



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO ENGENHARIA CIVIL**

FABLYNNE YANNE RIBEIRO MILHOMENS

**ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE GREENER COM BASE NAS NORMAS
TÉCNICAS DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO TOCANTINS**

Palmas - TO

2018

FABLYNNE YANNE RIBEIRO MILHOMENS

**ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE GREENER COM BASE NAS NORMAS
TÉCNICAS DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO TOCANTINS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Engenharia Civil do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Tocantins, campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Dias de
Araújo e Silva

Coorientador: Prof. Me. Adriano dos
Guimarães de Carvalho

Palmas - TO

2018

MILHOMENS, F. Y. R.

Adaptação do método de Gretener com base nas normas técnicas do corpo de bombeiros militar do estado do Tocantins. / Fablynne Yanne Ribeiro Milhomens – Palmas, 2018. 86 f.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal do Tocantins – Campus Palmas, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva

Co-orientador: Prof. Me. Adriano dos Guimarães de Carvalho

1. Risco de incêndio. 2. Método de Gretener. 3. Normas Técnicas do CBMTO. 4. Aplicativo. I. Adaptação do método de Gretener com base nas Normas técnicas do corpo de bombeiros militar do estado do Tocantins.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Fablynne Yanne Ribeiro Milhomens

Adaptação do método de Gretener com base nas normas técnicas do corpo de bombeiros militar do estado do Tocantins

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: 21/03/2018

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva
IFTO – *Campus* Palmas

Prof. Me. Adriano dos Guimarães de Carvalho
IFTO – *Campus* Palmas

Prof. Me. Adriana Soraya Alexandria Monteiro
IFTO – *Campus* Palmas

Prof. Me. Flávio da Silva Ornelas
IFTO – *Campus* Palmas

À minha família: meus pais, meu irmão, minha irmã (*in memoriam*), meus avós, meus tios e tias.

A todos que de alguma forma contribuíram para conclusão desta etapa na minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser sempre a minha força e coragem para enfrentar todos os meus medos e obstáculos que a vida traz.

Aos meus pais, Antônio Jorge e Irani, por todo apoio, confiança e amor, por sempre me ensinarem a ser uma pessoa melhor e por me darem exemplo disso. Sou grata por cada passo que vocês dão por mim, espero um dia poder retribuir com louvor toda essa dedicação.

Ao meu irmão Fablycio, por ser sempre a minha alegria, meu companheiro, meu protetor e está presente sempre que preciso.

A toda minha família, em especial a minha tia Ivanildes, por ter sido o meu amparo durante todo este período e ter exercido o seu papel com muito êxito, segunda mãe.

Ao meu namorado Túlio, pelo amor, por sempre me apoiar nos momentos difíceis, pelo companheirismo, paciência e pela motivação.

Aos meus amigos, em nome de Kathyuce, pelo apoio nos momentos difíceis, pelas risadas e descontrações e pela amizade em todas as horas.

As zikas, pela amizade, por tirarem de mim aquele sorriso sincero e por sempre terem me dado abrigo.

Ao meu amigo Rodrigo Chianca, pelo apoio nos momentos difíceis da jornada acadêmica, pelo incentivo e pelo companheirismo.

Ao meu orientador Thiago Dias de Araújo e Silva, por me incentivar e motivar, por sua dedicação ao me orientar e por sua postura como profissional.

Ao meu co-orientador Adriano dos Guimarães de Carvalho, por todo o suporte em sua orientação.

Aos demais professores que pude conhecer e que me incentivaram ao longo do curso.

Ao meu colaborador Rodrigo Soares Mendes, por todo comprometimento e dedicação, por me motivar e incentivar.

A todos meus colegas de curso, pela colaboração e contribuição, direta ou indiretamente, para minha formação.

“Em meio à dificuldade encontra-se a oportunidade”

Albert Einstein

RESUMO

MILHOMENS, F.Y.R. **Adaptação do método de Gretener com base nas normas técnicas do corpo de bombeiros militar do estado do Tocantins**. 2018. Projeto de Trabalho de conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2018.

Ao longo dos anos há registros de várias ocorrências de incêndios em edificações residenciais, comerciais e industriais, tendo em vista que todos os edifícios estão expostos ao risco de incêndio. Com a evolução das edificações, houve também um crescimento dos fatores de risco para propagação de um incêndio levando vários estudiosos, como Max Gretener e Eric de Smet, desenvolverem metodologias para avaliação deste risco. O método mais difundido para avaliação do risco de incêndio é o método de Gretener, desenvolvido pelo engenheiro suíço Max Gretener com o objetivo de quantificar o risco de incêndio, aplicando-se a edifícios de grande porte e industrial. A Federação de Bombeiros Suíços, em 1968, recomendou a aplicação deste método a qualquer tipo de edifício, tendo em vista as necessidades das empresas seguradoras contra incêndio. Diante da problemática do Estado do Tocantins não possuir um método de avaliação de risco de incêndio em edificações que seja baseado em suas Normas Técnicas é que este trabalho tem como proposta adaptar o método de Gretener para a legislação do Tocantins, utilizando como base as Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins (CBMTO) e desenvolver um aplicativo para celular validando o mesmo com alguns testes práticos.

Palavras-chave: Risco de incêndio. Método de Gretener. Normas Técnicas do CBMTO. Aplicativo.

ABSTRACT

MILHOMENS, F.Y.R. **Adaptation of the Gretener's method based on the technical standards of the military fire brigade of the state of Tocantins.** 2018. Project of final paper - Bachelor in Civil Engineering - Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins. Palmas, 2018.

Over the years there are records of various fire occurrences in residential, commercial and industrial buildings, since all buildings are exposed to fire risk. With the evolution of the buildings, there was also an increase in the risk factors for fire propagation, leading several scholars, such as Max Gretener and Eric de Smet, to develop methodologies for the assessment of this risk. The most widespread method for assessing fire risk is the Gretener method, developed by the swiss engineer Max Gretener with the objective of quantifying the fire risk, applying to large and industrial buildings. The Swiss Firefighters Federation in 1968 recommended the application of this method to any type of building in view of the needs of fire insurance companies. Faced with the problem of having no State of Tocantins' method of fire risk assessment in buildings which is based on its Technical Norms is that this paper has as a proposal to adapt the Gretener method to the legislation of Tocantins, using as basis the Technical Norms of the State of Tocantins Military Fire Department (CBMTO) and develop a mobile's application validating it with some practical tests.

Keywords: Fire hazard. Gretener method. Technical Standards of CBMTO. App.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ocorrências de incêndios em edificações – por ocupação.....	20
Figura 2 – Ocorrências de incêndios em edificações – por estado.....	20
Figura 3 – Janela principal do Android Studio.....	46
Figura 4 – Rotina do aplicativo.....	48
Figura 5 – Tempo requerido de resistência ao fogo.....	58
Figura 6 – Croqui da edificação em estudo.....	71
Figura 7 – Comparação entre o método original e o método adaptado.....	74
Figura 8 – Classificação da edificação quanto à ocupação.....	75
Figura 9 – Classificação da edificação quanto à ocupação.....	75
Figura 10 – Determinação do fator n_1	75
Figura 11 – Determinação do fator n_2	75
Figura 12 – Determinação do fator n_3	76
Figura 13 – Determinação do fator n_3	76
Figura 14 – Determinação do fator n_4	76
Figura 15 – Determinação do fator n_5	76
Figura 16 – Determinação do fator s_1	77
Figura 17 – Determinação do fator s_2	77
Figura 18 – Determinação do fator s_3	77
Figura 19 – Determinação do fator s_3	77
Figura 20 – Determinação do fator s_4	78
Figura 21 – Determinação do fator s_4	78
Figura 22 – Determinação do fator s_5	78
Figura 23 – Determinação do fator s_6	78
Figura 24 – Determinação do fator e_1	79
Figura 25 – Determinação do fator e_2	79
Figura 26 – Determinação do fator e_3	79
Figura 27 – Determinação do fator e_3	79
Figura 28 – Determinação do fator e_4	80
Figura 29 – Determinação do fator e_4	80
Figura 30 – Determinação do fator q	80
Figura 31 – Determinação do fator i	80

Figura 32 – Determinação do fator i	81
Figura 33 – Determinação do fator h	81
Figura 34 – Determinação do fator a	81
Figura 35 – Determinação do fator a	81
Figura 36 – Determinação do fator de correção m	82
Figura 37 – Determinação do fator de correção m	82
Figura 38 – Apresentação do resultado.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Determinação do tipo de construção.....	25
Quadro 2 – Fator A – risco de ativação do incêndio.....	25
Quadro 3 – Extintores portáteis.....	27
Quadro 4 – Hidrantes interiores.....	27
Quadro 5 – Confiabilidade de adução de água.....	28
Quadro 6 – Distância do hidrante externo à entrada do edifício.....	28
Quadro 7 – Pessoal treinado.	29
Quadro 8 – Modo de detecção do fogo.....	29
Quadro 9 – Modo de transmissão do alarme.....	30
Quadro 10 – Qualidade do corpo de bombeiros local.	31
Quadro 11 – Tempo-resposta do corpo de bombeiros.....	32
Quadro 12 – Tipo de equipamento de extinção.	32
Quadro 13 – Exaustor de fumaça e calor.	33
Quadro 14 – Resistência ao fogo das estruturas.....	33
Quadro 15 – Resistência ao fogo da fachada.	34
Quadro 16 – Resistência ao fogo da vedação horizontal.....	34
Quadro 17 – Dimensões das células corta-fogo.....	34
Quadro 18 – Carga de Incêndio Mobiliária Q_m (MJ/m ²).....	35
Quadro 19 – Fator c.....	36
Quadro 20 – Fator f.....	36
Quadro 21 – Fator k.....	37
Quadro 22 – Fator i.....	37
Quadro 23 – Fator h – Edifícios de múltiplos andares.....	38
Quadro 24 – Fator h - Edifícios com um nível.....	38
Quadro 25 – Fator h – Andares no subsolo.....	39
Quadro 26 – Fator a - Amplitude de superfície.....	40
Quadro 27 – Categoria de exposição ao perigo para as pessoas.....	41
Quadro 28 – Classificação das edificações quanto à ocupação.....	49
Quadro 29 – Fator A – Risco de ativação do incêndio.....	55
Quadro 30 – Distância do hidrante externo à entrada do edifício.....	56
Quadro 31 – Resistência ao fogo das estruturas.....	58

Quadro 32 – Resistência ao fogo da fachada.....	59
Quadro 33 – Resistência ao fogo da vedação horizontal.....	59
Quadro 34 – Cargas de incêndio específicas por ocupação.....	60
Quadro 35 – Valores do potencial calorífico específico.....	67
Quadro 36 – Carga de incêndio mobiliária Q_m (MJ/m ²).....	68
Quadro 37 – Fator c	68
Quadro 38 – Fator f	68
Quadro 39 – Fator k	69
Quadro 40 – Categoria de exposição ao perigo para as pessoas.....	69
Quadro 41 – Característica do edifício em estudo.....	72
Quadro 42 – Obtenção das medidas protetivas normais.....	73
Quadro 43 – Obtenção das medidas protetivas especiais.....	73
Quadro 44 – Obtenção das medidas protetivas inerentes à construção.....	73
Quadro 45 – Obtenção dos perigos potenciais.....	73
Quadro 46 – Obtenção do risco efetivo.....	73
Quadro 47 – Obtenção do risco admissível e da segurança contra incêndio..	73

LISTA DE ABREVIATURAS

CBMTO	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins
ARICA	Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos
MARIEE	MARIE&FEUP
FRAME	<i>Fire Risk Assessment Method</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
DISTEC	Diretoria de Serviços Técnicos do Corpo de Bombeiros
JVM	Java Virtual Machine
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/ Internet Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	REVISÃO TEÓRICA	19
2.1.	RISCO	21
2.2.	AVALIAÇÃO DO RISCO	21
2.3.	INCÊNDIO	22
2.4.	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO	22
2.4.1.	Arica.....	22
2.4.2.	Mariee	22
2.4.3.	Frame.....	23
2.4.4.	Gretener.....	23
2.5.	DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE GRETENER	23
2.5.1.	Tipos de edificações	24
2.5.2.	Perigo de Ativação (A)	25
2.5.3.	Fator de Exposição ao Perigo (B)	26
2.5.4.	Medidas Normais (N).....	26
2.5.5.	Medidas Especiais (S).....	29
2.5.6.	Medidas Inerentes à Construção (E).....	33
2.5.7.	Perigos Inerentes ao Conteúdo.....	35
2.5.8.	Perigos Inerentes ao Edifício	37
2.5.9.	Fator de Correção - m	40
2.5.10.	Risco de Incêndio Admissível (R_u).....	42
2.5.11.	Prova de uma Segurança Suficiente Contra Incêndio.....	42
2.6.	NORMAS TÉCNICAS DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO TOCANTINS	43
2.7.	SOFTWARE DE ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO	44
2.7.1.	Linguagem operacional	44
2.7.2.	Ferramenta de desenvolvimento.....	45
3.	METODOLOGIA.....	47
4.	ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE GRETENER.....	49
4.1.	TIPOS DE EDIFICAÇÕES	49
4.2.	PERIGO DE ATIVAÇÃO (A)	54

4.3.	FATOR DE EXPOSIÇÃO AO PERIGO (B).....	55
4.4.	MEDIDAS NORMAIS (N)	55
4.5.	MEDIDAS ESPECIAIS (S)	57
4.6.	MEDIDAS INERENTES À CONSTRUÇÃO (E)	57
4.7.	PERIGOS INERENTES AO CONTEÚDO.....	59
4.8.	PERIGOS INERENTES AO EDIFÍCIO.....	69
4.9.	FATOR DE CORREÇÃO - M	69
4.10.	RISCO DE INCÊNDIO ADMISSÍVEL (R_U).....	70
4.11.	PROVA DE UMA SEGURANÇA SUFICIENTE CONTRA INCÊNDIO	70
5.	RESULTADO E DISCUSSÕES.....	71
5.1.	COMPARAÇÃO DO MÉTODO ORIGINAL COM O ADAPTADO	71
5.2.	TESTE PRÁTICO DO SOFTWARE	74
6.	CONCLUSÃO.....	83
7.	RECOMENDAÇÕES.....	84
	REFERÊNCIAS.....	85

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos há registros de várias ocorrências de incêndios em edificações residenciais, comerciais e industriais. O site de notícias G1 (www.g1.globo.com) possibilitou a coleta de três registros de incêndios ocorridos em ocupações residenciais de diferentes localizações:

No dia 03 de novembro de 2017, um prédio de dois pavimentos, localizado no bairro Próspera em Criciúma - SC, foi atingido por um incêndio. Segundo o Corpo de bombeiros, dois apartamentos foram destruídos, o fogo começou em um dos apartamentos e se propagou para o outro, não houve feridos e os bombeiros não informaram as causas do incêndio.

No dia 14 de novembro de 2017, um incêndio destruiu uma casa na Avenida Tamandaré, no centro de Herculândia - SP, não havia ninguém na residência no momento do incêndio. O fogo teria começado em um cômodo e se espalhado por toda a residência, não havia sido relatado ainda as causas do incêndio.

Também no dia 14 de novembro de 2017, um incêndio atingiu o 15º andar de um prédio residencial no bairro Meireles em Fortaleza - CE. As causas do incêndio serão investigadas, entretanto, um morador do prédio afirmou que o fogo começou após uma oscilação de energia. Não houve feridos.

Os incêndios mencionados acima são exemplos dos inúmeros episódios em todo o Brasil, tendo em vista que todos os edifícios estão expostos ao risco de incêndio.

Com a evolução das edificações, houve também um crescimento dos fatores de risco para propagação de um incêndio, levando vários estudiosos, como Max Gretener e Eric de Smet, a começarem desenvolver metodologias para avaliação deste risco.

Para atingir um nível aceitável de segurança, a avaliação do risco de incêndio deve acompanhar o crescimento dos fatores de risco do mesmo. Segundo Macedo (2009), o desenvolvimento de um incêndio depende de elementos que podem ou não contribuir para sua evolução. Tais elementos devem ser identificados e considerados para a avaliação do risco de incêndio, evitando assim fatos inesperados.

Nos últimos 40 anos diferentes métodos para avaliação de riscos, com área de aplicação quase limitada à utilização dos edifícios, têm se desenvolvido. (LOPES, 2008).

O mais difundido método para avaliação do risco de incêndio é o método de Gretener. Segundo Macedo (2009, p. 4) o método de Gretener:

Foi desenvolvido pelo suíço M. Max Gretener que, desde 1960, se tem dedicado ao estudo e desenvolvimento de um processo analítico para a quantificação do risco de incêndio das construções industriais e outras edificações de grande porte.

É notável que em vários lugares do mundo o incêndio em edificações é uma preocupação permanente, despertando assim o interesse de estudantes e pesquisadores a falarem sobre o tema, abordando os diversos métodos de avaliação do risco de incêndio.

Brandão (2012) dissertou sobre a avaliação da suscetibilidade dos incêndios urbanos através da aplicação da metodologia simplificada ARICA (*Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos*). Ele realizou um estudo de caso da Avenida Sousa Cruz em Santo Tirso em Portugal, com a finalidade de melhorar a preparação e prevenção do risco de incêndio urbano. Seus estudos indicaram que os edifícios analisados mesmo tendo apresentado baixa suscetibilidade de incêndio urbano, deve-se levar em consideração algumas situações devido, principalmente, à má utilização da instalação de gás e as más condições das instalações elétricas.

Segundo Brandão (2012, p. 30), o método de ARICA e o método de Gretener apresentam como característica comum a escala de aplicabilidade à escala do edifício.

Pissarra (2014) dissertou sobre o desenvolvimento e implementação numérica de um modelo de análise de risco de incêndio urbano, o método de MARIEE (*MARIE&FEUP*). Ele realizou uma análise para determinar o risco de incêndio em edifícios existentes de Porto em Portugal, com a finalidade de encontrar meios de intervenção para obter um risco aceitável. Os edifícios analisados apresentaram risco de incêndio maior para aqueles em que as áreas eram menores, por atingir com rapidez o volume limite de fumo no compartimento.

“O método MARIEE diferencia-se dos restantes métodos, pois este traz para avaliação de risco os conceitos físicos do fogo e da combustão” (PISSARA, 2014, p. 177).

Já Silveira (2017) dissertou sobre a avaliação do risco de incêndio em edifícios comerciais, utilizando o método FRAME (*Fire Risk Assessment Method*). Ela avaliou o risco de incêndio em edificações comerciais do estado de Santa Catarina e propôs melhorias para reduzir o mesmo. Seus estudos indicaram que o método de FRAME apresenta valores invertidos para os fatores de recurso de água e de proteção normal, pois quando a edificação se classifica com quantidade inadequada ou inexistência destes fatores, retornam valores do índice de risco de incêndio menores.

Desta forma, este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo adaptar o método de Gretener (método de avaliação do risco de incêndio em edificações) para a legislação do Tocantins, utilizando como base as Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins, depois compará-lo com o método original e desenvolver um aplicativo para celular verificando o mesmo com alguns testes práticos.

2. REVISÃO TEÓRICA

Em todo o mundo, a sociedade se depara com situações de risco, seja ele qual for. Risco é a possibilidade de um evento acontecer, podendo ser de teor negativo ou positivo.

“A diversidade de fatores que podem constituir uma situação de risco associada à sua manifestação intermitente, constitui um desafio para a sua análise” (LOPES, 2008, p.7).

“A segurança em cada caso é conseguida através da imposição de um risco limite, dito aceitável” (LOPES, 2008, p. 8).

Pensando nisso é que vários estudiosos começaram a desenvolver metodologias de avaliação do risco, este trabalho irá abordar a avaliação do risco de incêndio em edificações.

Segundo o Instituto Sprinkler Brasil (2015), o Brasil estava em terceiro lugar no ranking mundial de mortes por incêndio. Essa constatação teve como base

os dados do Sistema Único de Saúde (SUS) e uma pesquisa realizada pela Geneva Association. No ano de 2015, houve uma média de 112 incêndios em edificações (exceto residenciais) por mês, totalizando 1349 ocorrências. Este número representa menos que 3% da quantidade real. As Figuras 1 e 2 expõem as ocorrências de incêndios em edificações (exceto residenciais), na Figura 1 são as noticiadas no ano de 2015, já a Figura 2 as noticiadas por mês em 2015.

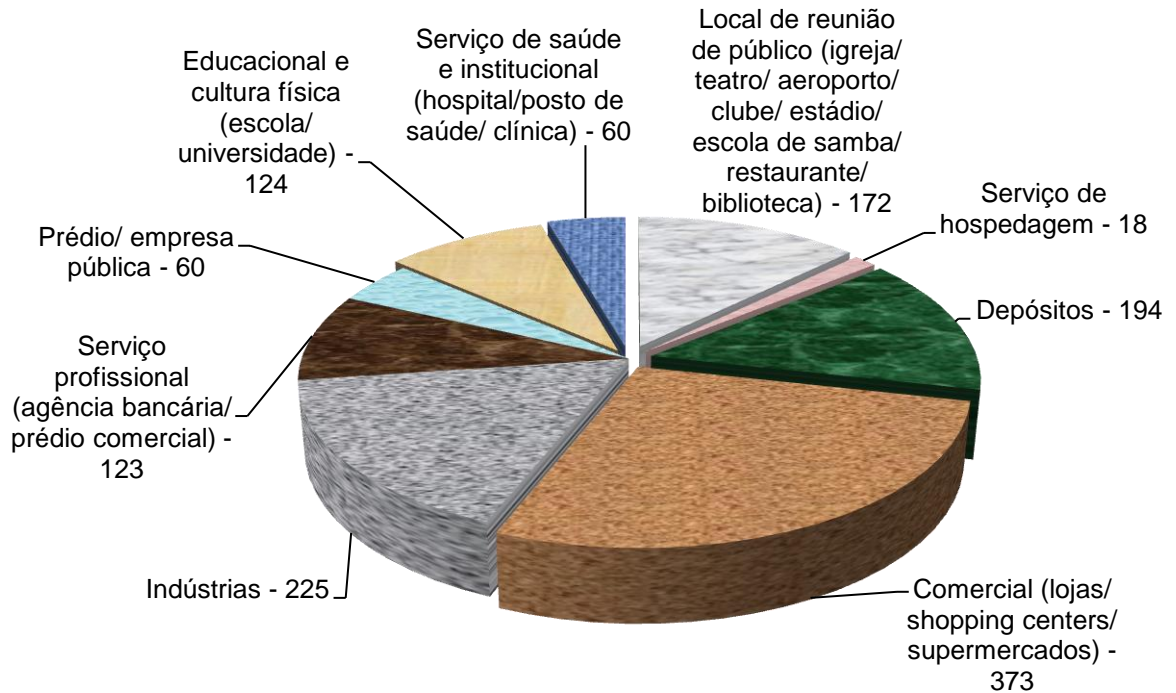


Figura 1 - Ocorrências de incêndios em edificações – por ocupação. Fonte: Instituto Sprinkler Brasil (2015).

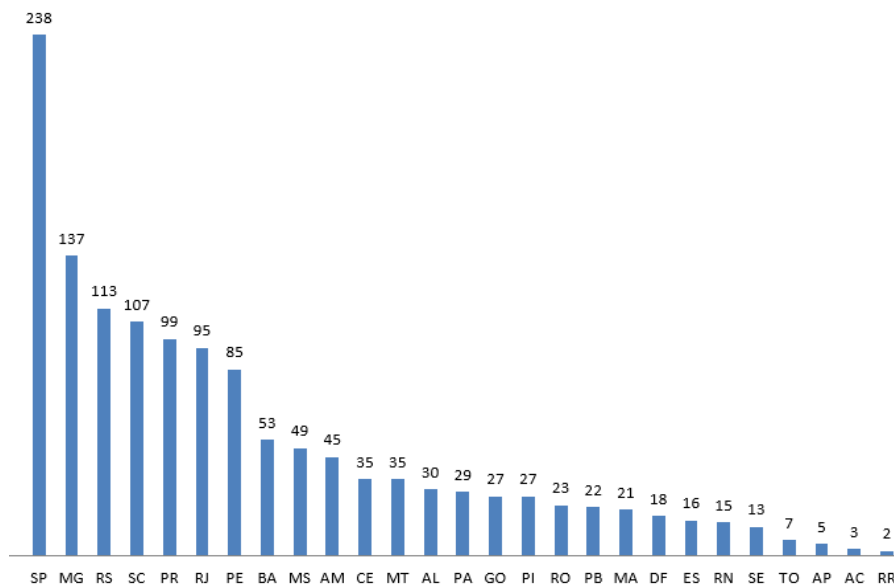


Figura 2 – Ocorrências de incêndios em edificações – por estado. Fonte: Instituto Sprinkler Brasil (2015).

“Nestes últimos anos, e nomeadamente a partir da década de 70, tem-se consolidado um largo campo de análise dedicado ao estudo quer do risco de incêndio, quer dos riscos ambientais” (LOPES, 2008, p. 2).

Existem várias metodologias de avaliação do risco de incêndio, entre elas pode-se destacar: ARICA, MARIEE, FRAME e GRETENER.

O método a ser tratado no decorrer deste trabalho será o método de Gretener, sendo este o método mais difundido em todo o mundo.

2.1. RISCO

“Acontecimento possível, futuro e incerto sejam quanto a sua realização, seja quanto à época em que poderá ocorrer independente da vontade humana ou não e de cuja ocorrência decorre prejuízos de qualquer natureza” (Norma Técnica nº2 do CBMTO, 2010, p. 34).

O Risco pode ser classificado de acordo com o evento que se refere. O risco de incêndio, por exemplo, segundo a Norma técnica nº9 do CBMTO (2010, p. 3), é classificado quanto à carga de incêndio. É considerado risco baixo para edificações com carga de incêndio até 300 MJ/m², risco médio para carga de incêndio entre 300 e 1200 MJ/m² e risco alto para carga de incêndio acima de 1200 MJ/m².

2.2. AVALIAÇÃO DO RISCO

“A avaliação do risco no sentido lato é uma matéria revestida de incerteza pela dificuldade de identificação dos perigos” (LOPES, 2008, p.8).

A finalidade da avaliação de riscos é auxiliar na tomada de decisões com base nos resultados da análise de riscos, sobre quais riscos necessitam de tratamento e a prioridade para a implementação do tratamento (ABNT NBR ISSO 31000:2009, p.18).

Segundo Lopes (2008, p. 7), a probabilidade de ocorrência do evento e a sua gravidade definem o risco e são abordados na análise de risco. A quantificação do risco se obtém através da Equação (1).

$$R = P \times G \quad (1)$$

P = Probabilidade de ocorrência do evento

G = Gravidade do evento

2.3. INCÊNDIO

“É o fogo sem controle” (Norma Técnica nº2 do CBMTO, 2010, p. 20).

Segundo Macedo (2009), o desenvolvimento de um incêndio depende de elementos que podem ou não contribuir para sua evolução. Tais elementos devem ser identificados e considerados para a avaliação do risco de incêndio, evitando assim fatos inesperados.

A avaliação de risco de incêndio sempre despertou nos estudiosos do tema o interesse em calcular, de maneira mais exata, qual seria a real necessidade dos equipamentos de prevenção e combate a incêndios, meios materiais e de pessoal que deveriam ser exigidos para as edificações (Seito et al, 2008, apud FAVARIN, 2015, p. 27).

Existem vários métodos para avaliação do risco de incêndio em edificações, o próximo item trará uma definição sucinta dos quatro métodos citados no decorrer deste trabalho (ARICA, MARIEE, FRAME e GRETENER).

2.4. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO

2.4.1. Arica

Segundo Brandão (2012, p. 32), o método ARICA (*Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos*) tem como ideia principal comparar as condições existentes nos edifícios de centros urbanos antigos, com as exigências da norma de segurança ao incêndio para os edifícios novos. A segurança é verificada caso o valor do risco de incêndio for inferior ou igual a um.

2.4.2. Mariee

De acordo com Pissarra (2014, p.10), o método MARIEE (*MARIE&FEUP*) foi desenvolvido por Ana Costa (aluna que em 2013 apresentou o método na sua dissertação de mestrado em Construções pela FEUP), com a finalidade de avaliar o risco de incêndio em edifícios existentes. A segurança é verificada caso o valor do risco de incêndio for inferior ou igual a um.

2.4.3. Frame

Segundo Barra; Rodrigues; Fitzgerald (2014, apud SILVEIRA, 2017, p.38), o método FRAME (*Fire Risk Assessment Method*), foi desenvolvido com base no método de Gretener e outros similares, assim como também, nas normas alemãs e austríacas pelo engenheiro belga Eric de Smet. O objetivo deste método é calcular três índices de risco de incêndio, risco aos bens patrimoniais, risco aos ocupantes e risco as atividades econômicas desenvolvidas no edifício. A segurança é verificada caso o valor para cada um dos três índices seja menor ou igual a um.

2.4.4. Gretener

Segundo Pissarra (2014, p.5), o método de Gretener foi desenvolvido pelo engenheiro Max Gretener, publicado em 1965, com o objetivo de quantificar o risco de incêndio, aplicando-se a edifícios de grande porte e industriais. Em 1968, a Federação de Bombeiros Suíços recomendou a aplicação deste método a qualquer tipo de edifício, tendo em vista as necessidades das empresas seguradoras contra incêndio.

Em 1984, a SAI (Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes) publicou o documento SAI-81 “Método de avaliação de risco de incêndio”, tendo por princípios os trabalhos de Gretener submetidos a revisão por um grupo de especialistas das companhias de seguro privadas e estatais e da SAI. Esse grupo adaptou o método ao atual estágio de conhecimento e experiência suíço e internacional (SILVA, 2001, p.225).

Segundo Macedo (2009, p.12), a segurança contra incêndio neste método é verificada quando o risco de incêndio efetivo é menor que o risco de incêndio admissível.

2.5. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE GRETENER

A descrição do método de Gretener se dará de acordo com a apresentada por Mário José Macedo em 2009, utilizando as tabelas do material apresentado por Valdir Pignatta e Silva em 2001.

No método de Gretener, a segurança contra incêndio de uma edificação é garantida quando o Risco Efetivo é menor que o Risco Admissível ($R \leq R_u$).

O Risco Efetivo de incêndio se obtém do produto entre o fator de exposição ao incêndio e o perigo de ativação, como expressa a Equação (2). Em seguida, serão descritos todos os fatores necessários para a obtenção desta equação.

$$R = B \times A \quad (2)$$

R = Risco efetivo

B = Exposição ao incêndio

A = Perigo de Ativação

2.5.1. Tipos de edificações

Max Gretener classifica as edificações em três tipos, de acordo com o perigo de propagação de incêndio:

- Tipo Z – Construção em células

Edificações tipo Z, dificultam e limitam a propagação horizontal e vertical de um incêndio. O compartimento engloba um andar, cada andar está fracionado em pequenos locais resistentes ao fogo (formação de células) com o máximo de 200 m².

- Tipo G – Construção de grande superfície

Edificações tipo G, permitem e facilitam a propagação horizontal de um incêndio, mas não a vertical. O compartimento de incêndio estende-se a um andar inteiro ou a partes de grande superfície.

- Tipo V – Construção de grande volume

Edificações tipo V, favorecem e aceleram a propagação horizontal e vertical de um incêndio. O compartimento de incêndio estende-se ao conjunto do edifício ou a uma parte deste, separado de maneira a resistir ao fogo.

Os edifícios que não se enquadram aos tipos Z ou G devem ser classificados na categoria do tipo V.

O Quadro 1 permite determinar o tipo de edifício de acordo com o gênero e modo de construção.

Quadro 1 – Determinação do tipo de construção.

MODO DE CONSTRUÇÃO	GÊNERO DE CONSTRUÇÃO		
	A MACIÇA (resistência ao fogo definida)	B MISTA (resistência ao fogo variável)	C COMBUSTÍVEL (pequena resistência ao fogo)
Em células Local 30 a 200 m ²	Z	Z(1) G(2) V(3)	V
De grandes superfícies - andares separados entre si	G	G(2) V(3)	V
De grandes volumes - conjunto do edifício, vários andares ligados	V	V	V

(1) Separações entre células e andares resistentes ao fogo;

(2) Separações entre andares resistentes ao fogo e entre células insuficientemente resistentes ao fogo;

(3) Separações entre células e andares insuficientemente resistentes ao fogo.

Fonte: Mário José de Macedo (2009).

2.5.2. Perigo de Ativação (A)

O perigo de ativação (A) quantifica a probabilidade de ocorrência de um incêndio. O Quadro 2 demonstra os valores do fator A de acordo com o perigo de ativação em cada tipo de edificação.

Quadro 2 – Fator A – risco de ativação do incêndio.

Risco de ativação do incêndio	A
Pequeno	0,85
Normal	1,00
Médio	1,20
Alto	1,45
Muito alto	1,80

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

2.5.3. Fator de Exposição ao Perigo (B)

O fator de exposição ao perigo de incêndio (B) é definido como o produto de todos os fatores de perigo, dividido pelo produto de todos os fatores de proteção, como expressa a Equação (3).

$$B = \frac{P}{M} \rightarrow B = \frac{q.c.f.k.i.h.a}{N.S.E} \quad (3)$$

P = Perigo potencial

q = Carga de incêndio mobiliária Qm (MJ/m²)

c = Combustibilidade

f = Perigo de fumo

k = Perigo de Corrosão/Toxicidade

i = Carga de incêndio imobiliária

h = Nível do andar ou altura útil do local

a = Amplitude da superfície

M = Medidas de proteção

N = Medidas normais

S = Medidas especiais

E = Medidas inerentes à Construção

2.5.4. Medidas Normais (N)

As medidas normais (N) são avaliadas por meio do produto dos fatores n₁ a n₅. Conforme a Equação (4).

$$N = n_1.n_2.n_3.n_4.n_5 \quad (4)$$

n₁ = Extintores portáteis

n₂ = Hidrantes interiores

n₃ = Confiabilidade de adução de água

n₄ = Hidrantes externos

n₅ = Pessoal treinado

- **Extintores Portáteis (n_1)**

Os extintores portáteis devem ser aprovados, dotados de distintivo de homologação e reconhecidos pelas entidades competentes.

Quadro 3 – Extintores portáteis.

Extintores portáteis	Valores de n_1
Suficientes	1,00
Insuficientes ou Inexistentes	0,90

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Hidrantes interiores (n_2)**

Os hidrantes interiores devem estar equipados para permitir uma primeira intervenção feita por pessoas treinadas e devem possuir um número suficiente de mangueira.

Quadro 4 – Hidrantes interiores.

Hidrantes interiores	Valores de n_2
Suficientes para uma primeira intervenção de pessoas treinadas	1,00
Insuficientes ou Inexistentes	0,80

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Confiabilidade de adução de água (n_3)**

São exigidas condições mínimas de reserva de água exclusiva para incêndio, assim como fiabilidade de alimentação e de pressão. O Quadro 5 apresenta os valores de n_3 .

Quadro 5 – Confiabilidade de adução de água

	Valores de n_3		
	Pressão no hidrante		
	< 0,2 MPa (2kgf/cm ²)	Entre 0,2 e 0,4 MPa	> 0,4 MPa (4 kgf/cm ²)
Reservatório elevado com reserva de água	0,70	0,85	1,00
Reservatório elevado sem reserva de água	0,65	0,75	0,90
Bombeamento independente da rede	0,60	0,70	0,85
Bombeamento dependente da rede	0,50	0,60	0,70
Água natural	0,50	0,55	0,60

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Hidrantes externos (n_4)**

Considera-se para a obtenção do valor n_4 , a distância do hidrante externo até a entrada do edifício ou acesso mais próximo.

Quadro 6 – Distância do hidrante externo à entrada do edifício.

Distância do hidrante externo à entrada do edifício	Valores de n_4
< 70 m	1,00
70 m a 100 m	0,95
> 100 m	0,90

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Pessoal Treinado (n_5)**

O pessoal treinado deve estar habilitado a manusear os extintores portáteis e os hidrantes internos disponíveis na edificação, assim como também possuir conhecimento das suas obrigações em caso de incêndio e das rotinas de alarme e alerta, bem como as possibilidades de evacuação e salvamento.

Quadro 7 – Pessoal treinado.

Pessoal treinado	Valores de n_5
Disponível e treinado	1,00
Inexistente	0,80

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

2.5.5. Medidas Especiais (S)

As medidas especiais (S) são avaliadas por meio do produto dos fatores s_1 a s_6 , conforme a Equação (5). Quando para um dos fatores (s_1 a s_6) não está prevista qualquer medida especial, adotar para este fator o valor 1,0.

$$S = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 \cdot s_6 \quad (5)$$

s_1 = Modo de detecção do fogo

s_2 = Modo de transmissão do alarme

s_3 = Qualidade do corpo de bombeiros local

s_4 = Tempo-resposta do corpo de bombeiros

s_5 = Tipo de equipamento de extinção

s_6 = Exaustor de fumaça e calor

- **Modo de detecção do fogo (s_1)**

O Quadro 8 apresenta os modos de detecção do fogo que serão considerados para a obtenção dos valores de s_1 .

Quadro 8 – Modo de detecção do fogo

Modo de detecção do fogo	Valores de s_1
Vigilância noturna e em fins de semana com, pelo menos, duas rondas	1,05
Idem, com rondas a cada duas horas	1,10
Detecção automática com transmissão a um posto ocupado permanentemente	1,45
Chuveiros automáticos	1,20

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Modo de transmissão do alarme (s_2)**

O Quadro 9 apresenta os modos de transmissão do alarme, em caso de incêndio, que serão considerados para a obtenção dos valores de s_2 .

Quadro 9 – Modo de transmissão do alarme

Transmissão do alarme	Valores de s_2
Transmissão a um posto (portaria) ocupado permanentemente por, pelo menos, uma pessoa com acesso a um telefone.	1,05
Transmissão a um posto ocupado permanentemente por, pelo menos, duas pessoa treinadas para retransmitir o alarme, via rede telefônica.	1,10
Transmissão automática do alarme a um posto oficial de alarme (brigada).	1,10
Transmissão automática do alarme a um porto oficial de alarme (brigada) por meio de linha telefônica supervisionada e que não possa ser bloqueada.	1,20

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Qualidade do corpo de bombeiros local (s_3)**

O Quadro 10 apresenta a qualidade do corpo de bombeiros local e as classes de brigada contra incêndio da empresa, que serão considerados para a obtenção dos valores de s_3 .

Quadro 10 – Qualidade do corpo de bombeiros local.

Valores de s_3					
Corpo de Bombeiros Oficial	Classe de brigada contra incêndio da empresa				
	Classe 1 ≥ 10 pessoas treinadas para extinção, durante a jornada de trabalho	Classe 2 ≥ 20 pessoas treinadas para extinção, durante a jornada de trabalho, com comandante	Classe 3 ≥ 20 pessoas treinadas para extinção, com intervenção além do horário de trabalho	Classe 4 ≥ 20 pessoas treinadas para extinção, com grupo de quatro pessoas de plantão nos fins de semana	Sem brigada
Corpo de Bombeiros que não se enquadra nas categorias descritas abaixo	1,20	1,30	1,40	1,50	1,00
20 pessoas treinadas convocadas por telefone. Plantão aos fins de semana. Equipe de intervenção motorizada	1,30	1,40	1,50	1,60	1,15
Idem item anterior com caminhão pipa e bombeamento	1,40	1,50	1,60	1,70	1,30
Idem item anterior com caminhão de 1200 litros	1,45	1,55	1,65	1,75	1,35
Idem item anterior com caminhão de 2400 litros	1,50	1,60	1,70	1,80	1,40
Idem item anterior com serviço de plantão permanente	1,55	1,65	1,75	1,85	1,45
Equipe de bombeiros em plantão permanente, alojado em casernas, na zona urbana, preparados para tender as necessidades da região	1,70	1,75	1,80	1,90	1,60

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Tempo-Resposta do Corpo de Bombeiros (s_4)**

O tempo-resposta é contado entre a recepção do alarme e a chegada dos bombeiros ao local, geralmente, é a distância em linha reta entre o quartel dos bombeiros e o local do incêndio.

Quadro 11 – Tempo-resposta do corpo de bombeiros.

Tempo-resposta do Corpo de Bombeiros	Valores de s_4					
	Chuveiros automáticos com verificação anual	Chuveiros automáticos	Brigada Classe 1 ou 2	Brigada Classe 3	Brigada Classe 4	Sem brigada
≤ 15 min	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
≤ 30 min	1,00	0,95	0,90	0,95	1,00	0,80
≥ 30 min	0,95	0,90	0,75	0,90	0,95	0,60

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Tipo de Equipamento de Extinção (s_5)**

Os valores indicados no Quadro 13 qualificam a ação de extinção, são válidos para uma proteção total do edifício ou de um compartimento de incêndio isolado.

Quadro 12 – Tipo de equipamento de extinção.

Tipo de equipamento	Valores de s_5
Chuveiros automáticos com verificação anual	2,00
Chuveiros automáticos	1,70
Proteção automática de extinção a gás	1,35

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Exaustor de fumaça e calor (s_6)**

As instalações de exaustor de fumaça e calor permitem reduzir o perigo devido a uma acumulação de calor sob o teto do edifício, é uma medida eficaz aplicável aos edifícios de vários andares.

Quadro 13 – Exaustor de fumaça e calor.

	Valor de s_6
Exaustor de fumaça e calor	1,20

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

2.5.6. Medidas Inerentes à Construção (E)

As medidas construtivas (E) são avaliadas por meio do produto dos fatores f_1 a f_4 . Conforme a Equação (6).

$$E = e_1 \cdot e_2 \cdot e_3 \cdot e_4 \quad (6)$$

e_1 = Resistência ao fogo das estruturas

e_2 = Resistência ao fogo da fachada

e_3 = Resistência ao Fogo da Vedação Horizontal

e_4 = Dimensões das Células Corta-Fogo

- **Resistência ao fogo das estruturas (e_1)**

A resistência ao fogo das estruturas do compartimento de incêndio considerado determina o coeficiente de proteção e_1 , apresentado no Quadro 14.

Quadro 14 – Resistência ao fogo das estruturas.

Resistência ao fogo das estruturas	Valores de e_1
< 30 min	1,00
30 min	1,20
≥ 60 min	1,30

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Resistência ao Fogo da Fachada (e_2)**

O fator e_2 quantifica a resistência ao fogo das fachadas do compartimento considerado.

Quadro 15 – Resistência ao fogo da fachada.

Resistência ao fogo da fachada	Valores e_2
< 30 min	1,00
30 min	1,10
≥ 60 min	1,15

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Resistência ao Fogo da Vedação Horizontal (e_3)**

O fator e_3 quantifica a separação entre andares, tendo presentes os seguintes parâmetros:

- Resistência ao fogo dos pavimentos
- Tipo de ligações verticais e de aberturas nos pavimentos

Quadro 16 – Resistência ao fogo da vedação horizontal.

Resistência ao fogo dos elementos de vedação horizontal	Número de andares	Valores e_3		
		Circulação vertical		
		Fechada	Protegida (abertas com chuveiros)	Sem proteção
< 30 min	≤ 2	1,05	1,00	1,00
30 min	≤ 2	1,15	1,05	1,00
≥ 60 min	≤ 2	1,20	1,10	1,00

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Dimensões das Células Corta-Fogo (e_4)**

São consideradas como células corta-fogo as subdivisões de andares cuja superfície não ultrapassa 200 m² e cujas divisórias apresentam uma resistência ao fogo de 30 minutos ou mais.

Quadro 17 – Dimensões das células corta-fogo.

Área de piso da célula	Valores e_4		
	Área da ventilação/área do compartimento		
	≥ 10 %	< 10 %	< 5 %
< 50 m ²	1,40	1,30	1,20
< 100 m ²	1,30	1,20	1,10
≤ 200 m ²	1,20	1,10	1,00

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

2.5.7. Perigos Inerentes ao Conteúdo

- **Carga de Incêndio Mobiliária Q_m (MJ/m²) - fator q**

Representa para cada compartimento de incêndio a quantidade total de calor libertada na combustão completa de todas as matérias mobiliárias, dividida pela superfície do pavimento do compartimento de incêndio considerado. Para os tipos de edifícios Z e G, determina-se a carga de incêndio mobiliária Q_m por andar; o cálculo efetua-se, portanto, para cada andar. Para o tipo V, soma-se a carga de incêndio mobiliária do conjunto dos andares comunicando entre si, referindo-se à superfície mais importante do compartimento (andar que apresenta maior superfície).

Quadro 18 – Carga de Incêndio Mobiliária Q_m (MJ/m²).

Q_m (MJ/m²)	Q	Q_m (MJ/m²)	Q
< 50	0,60	1201 - 1700	1,60
51 - 75	0,70	1701 - 2500	1,70
76 - 100	0,80	2501 - 3500	1,80
101 - 150	0,90	3501 - 5000	1,90
151 - 200	1,00	5001 - 7000	2,00
201 - 300	1,10	7001 - 10000	2,10
301 - 400	1,20	10001 - 14000	2,20
401 - 600	1,30	14001 - 20000	2,30
601 - 800	1,40	20001 - 28000	2,40
801 - 1200	1,50	> 28000	2,50

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Combustibilidade - fator c**

Quantifica a inflamabilidade e a velocidade de combustão dos materiais combustíveis. Considera-se o material com o maior valor de c , tendo em vista que esse material represente pelo menos 10% da carga de incêndio do compartimento.

Quadro 19 – Fator c.

Tipo de material	C
Altamente inflamável	1,60
Facilmente inflamável	1,40
Inflamável, facilmente combustível	1,20
Normalmente combustível	1,00
Difícilmente combustível	1,00
Incombustível	1,00

Exemplo:

c = 1,00 → cinema, igreja, escola;

c = 1,20 → local de produção ou venda de artigos de madeira, papel ou alimentação, biblioteca, escritório, drogaria (depósito), bebidas alcoólicas, hospital, hotel, asilo, albergue, montagem de automóveis, livraria, lojas de eletroeletrônicos, estacionamento, indústria têxtil, jornaleiro, venda de pneus, mercearia, restaurante, apartamento;

c = 1,40 → depósito de produtos farmacêuticos, oficina de automóveis, fábrica de óleo comestível, hangar;

c = 1,60 → local de pintura ou envernizamento, laboratório químico, fábrica de bebidas alcoólicas, sala de máquinas de impressão, drogaria (venda).

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Perigo de Fumo - fator f**

É um fator de correção atendendo à presença de materiais que ardem desenvolvendo um fumo intenso.

De todos os materiais presentes que contribuam para a carga de incêndio Q_m com pelo menos 10%, adota-se o que tem maior valor de f.

Se existirem materiais fortemente fumígenos e a sua participação for igual à $Q_m < 10\%$, deve adotar 1,1 para o valor de f.

Quadro 20 - Fator f.

Esfumaçamento	f
Normal	1,00
Médio	1,10
Grande	1,20

Exemplo:

f = 1,00 → madeira, apartamento, albergue, hotel (quarto), biblioteca, escritório, cinema, escola, farmácia, fábrica de bebidas alcoólicas, papelaria, restaurante, indústria têxtil;

f = 1,20 → montagem ou oficina de automóveis, hangar, local para pintura ou envernizamento, hotel (restaurante, hall), fábrica de óleo comestível, grandes lojas, estacionamento, tinturaria.

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Perigo de Corrosão/Toxicidade - fator k**

É um fator de correção atendendo à presença de materiais que, ao arder, produzem gases corrosivos ou tóxicos.

De todos os materiais presentes que contribuam para a carga de incêndio Q_m com pelo menos 10%, adota-se o que tem maior valor de k.

Se existirem materiais com um grande perigo de corrosão ou de toxicidade e a sua participação for igual à $Q_m < 10\%$, deve adotar 1,1 para o valor de k.

Quadro 21 – Fator k.

Toxicidade	k
Normal	1,00
Médio	1,10
Grande	1,20

Exemplo:

k = 1,00 → madeira, apartamento, albergue, hotel (quarto), biblioteca, escritório, cinema, escola, farmácia, fábrica de bebidas alcoólicas, papelaria, restaurante, indústria têxtil, local para pintura ou envernizamento, hotel (restaurante, hall), fábrica de óleo comestível, estacionamento;

k = 1,10 → tinturaria;

k = 1,20 → montagem ou oficina de automóveis, hangar, grandes lojas.

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

2.5.8. Perigos Inerentes ao Edifício

- **Carga de Incêndio Imobiliária - fator i**

Parte combustível contida nos elementos de construção de um edifício (estrutura, pavimentos, fachadas) e à sua influência sobre a propagação do incêndio.

Quadro 22 – Fator i.

Estrutura	Valores de i		
	Elementos de fachada e telhado		
	Incombustível (1)	Combustível protegido (2)	Combustível (3)
Incombustível (1)	1,00	1,05	1,10
Combustível protegido (4)	1,10	1,15	1,20
Combustível (5)	1,20	1,25	1,30

(1) - Aço, concreto, alvenaria;

(2) - Em camadas, sendo a externa incombustível;

(3) - Madeira, materiais sintéticos;

(4) - Madeira revestida, laminada colada, maciça;

(5) - Madeira leve.

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Nível do Andar ou Altura Útil do Local - fator h**

No caso de edifícios de vários andares, este termo quantifica, em função da situação dos andares, as dificuldades de evacuação das pessoas que ocupam o edifício e de intervenção dos bombeiros através do Quadro 23.

No caso de edifícios de um só andar este termo quantifica, em função da altura útil do local, as dificuldades proporcionais à altura do mesmo, que os meios de extinção terão de superar.

Quadro 23 – Fator h – Edifícios de múltiplos andares.

Edifícios de múltiplos andares	
Altura do andar (*)	h
≤ 34 m	2,00
≤ 25 m	1,90
≤ 22 m	1,85
≤ 19 m	1,80
≤ 16 m	1,75
≤ 13 m	1,65
≤ 10 m	1,50
≤ 7 m	1,30
≤ 4 m	1,00
Rés do chão	1,00

(*) distância entre o nível do terreno e o nível superior da laje do piso.

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

Para edifícios com um nível, o fator h determina-se em função da altura útil H do local em metros através do Quadro 24.

Quadro 24 – Fator h - Edifícios com um nível.

Altura útil do edifício (H)	Valores de h		
	Qm ≤ 200 MJ/m²	Qm ≤ 100 MJ/m²	Qm ≤ 1000 MJ/m²
≤ 7m	1,00	1,00	1,00
H = 10 m	1,00	1,15	1,30
H > 10 m	1,00	1,25	1,50

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

A diferença de altura entre o caminho de acesso e a cota do pavimento da cave considerada permite determinar o valor do fator h , conforme o Quadro 25.

Quadro 25 – Fator h – Andares no subsolo.

Andares no subsolo	
Cota do andar (**)	h
- 3 m	1,00
- 6 m	1,90
- 9 m	2,60
- 12 m	3,00

(**) distância entre o nível do piso do andar, no subsolo, e o nível do terreno.

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Amplitude da Superfície - fator a**

Este termo quantifica probabilidade de propagação horizontal de um incêndio.

Os valores de “ a ” estão representados no Quadro 26 em função da superfície do compartimento de incêndio $AB = l \times b$, bem como da relação comprimento/largura = l/b . Para os edifícios do tipo V deve considerar o andar com a maior superfície.

Para compartimentos de incêndios no subsolo, incêndios interiores em andares inferiores ou igual ao sétimo e em andares superiores ao sétimo, deve determinar o valor de “ a ” correspondente a $l:b = 1$, mesmo se a relação $l:b$ for diferente.

Quadro 26 – Fator a - Amplitude de superfície.

		Comprimento/Largura (*)							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Á R E A D O C O M P A R T I M E N T O	800	770	730	680	630	580	500	400	0,40
	1200	1150	1090	1030	950	870	760	600	0,50
	1600	1530	1450	1370	1270	1150	1010	800	0,60
	2000	1900	1800	1700	1600	1450	1250	1000	0,80
	2400	2300	2200	2100	1900	1750	1500	1200	1,00
	4000	3800	3600	3400	3200	2900	2500	2000	1,20
	6000	5700	5500	5100	4800	4300	3800	3000	1,40
	8000	7700	7300	6800	6300	5800	5000	4000	1,60
	10000	9600	9100	8500	7900	7200	6300	5000	1,80
	12000	11500	10900	10300	9500	8700	7600	6000	2,00
	14000	13400	12700	12000	11100	10100	8800	7000	2,20
	16000	15300	14500	13700	12700	11500	10100	8000	2,40
	18000	17200	16400	15400	14300	13000	11300	9000	2,60
	20000	19100	18200	17100	15900	14400	12600	10000	2,80
	22000	21000	20000	18800	17500	15900	13900	11000	3,00
	24000	23000	21800	20500	19000	17300	15100	12000	3,20
	26000	24900	23600	22200	20600	18700	16400	13000	3,40
	28000	26800	25400	23900	22200	20200	17600	14000	3,60
	32000	30600	29100	27400	25400	23100	20200	16000	3,80
	36000	34400	32700	30800	28600	26000	22700	18000	4,00
40000	38300	36300	34200	31700	28800	25200	20000	4,20	
44000	42100	40000	37600	34900	31700	27700	22000	4,40	
52000	49700	47200	44500	41300	37500	32800	26000	4,60	
60000	57400	54500	51300	47600	43300	37800	30000	4,80	
68000	65000	61800	58100	54000	49000	42800	34000	5,00	

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

2.5.9. Fator de Correção - m

O Quadro 27 apresenta o fator de correção "m" em função da categoria da exposição ao perigo para as pessoas, do nível do andar e do número de pessoas do compartimento de incêndio considerado.

Quadro 27 – Categoria de exposição ao perigo para as pessoas.

	Restaurantes, salas de convenção, exposição ou entretenimento, museus, escolas, grandes lojas				Hotéis, pensões, albergues, creches				Hospitais, asilos				m
	Nível dos andares												
	≤ 1º	2º ao 4º	5º ao 7º	≥ 8º	≤ 1º	2º ao 4º	5º ao 7º	≥ 8º	≤ 1º	2º ao 4º	5º ao 7º	≥ 8º	
Pessoas por compartimento	> 1000	≤ 30			> 1000				> 1000				1,00
		≤ 100				≤ 30							1,05
		≤ 300				≤ 100							1,10
		≤ 1000	≤ 30			≤ 300				≤ 30			1,15
		> 1000	≤ 100			≤ 1000	≤ 30			≤ 100			1,25
			≤ 300			> 1000	≤ 100			≤ 300			1,35
			≤ 1000	≤ 30			≤ 300			≤ 1000	≤ 30		1,45
			> 1000	≤ 100			≤ 1000	≤ 30		> 1000	≤ 100		1,55
				≤ 300			> 1000	≤ 100			≤ 300		1,65
				≤ 1000				≤ 300			≤ 1000	≤ 30	1,80
				> 1000				≤ 1000			> 1000	≤ 100	2,00
								> 1000				≤ 300	2,20
												≤ 1000	2,20
											> 1000	2,50	

Fonte: Valdir Pignatta e Silva (2001).

Para os edifícios não mencionados acima, o fator de correção é $m = 1,0$.

- **m < 1 perigo elevado para as pessoas**

- Grande concentração de pessoas (edifícios administrativos, hotéis);
- Risco de pânico (teatros, cinemas, museus, exposições);
- Dificuldades de fuga em virtude da idade e da doença (hospitais, asilos, lares, creches/infantários, escolas primárias);
- Dificuldades de evacuação devido à construção e organização (estabelecimentos prisionais);

→ Dificuldades de evacuação dada a afetação especial (garagens subterrâneas de vários andares, edifícios de grande altura).

- **m = 1 perigo normal para as pessoas**

Construções industriais com ocupação normal

- **m > 1 perigo reduzido para as pessoas**

Construções não acessíveis ao público, ocupadas por um número restrito de pessoas que conhecem bem os locais.

2.5.10. Risco de Incêndio Admissível (R_u)

O risco de incêndio admissível deve ser definido caso a caso, não podendo admitir o mesmo valor para todos os tipos de edifícios.

O método recomenda fixar o valor limite admissível partindo de um risco normal corrigido por um fator que tem em conta o maior ou menor perigo para as pessoas.

$$R_u = R_n \times \frac{1}{m} \quad (7)$$

R_u = Risco de incêndio admissível;

R_n = 1,3 (risco de incêndio normal);

m = fator de correção do risco normal em função do número de pessoas e do nível do andar.

2.5.11. Prova de uma Segurança Suficiente Contra Incêndio

A segurança contra incêndio é suficiente quando o risco efetivo não é superior ao risco admissível, ou seja,

$$R \leq R_u \quad (8)$$

Segurança contra incêndio (γ):

$$\gamma = \frac{R_u}{R} \quad (9)$$

R_u = Risco de incêndio admissível;

R = Risco efetivo;

γ = Segurança contra incêndio.

Se $R_u < R$, teremos que $\gamma < 1$, o que significa que o edifício ou compartimento de incêndio está insuficientemente protegido contra o incêndio. A segurança contra incêndio é suficiente se as medidas de segurança escolhidas cumprirem as condições dos objetivos de proteção e simultaneamente for $\gamma \geq 1$.

2.6. NORMAS TÉCNICAS DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO TOCANTINS

Segundo o site do Corpo de Bombeiro Militar do Estado do Tocantins (CBMTO), eles têm por missão prevenir e realizar ações de combate a incêndios, salvamentos, resgates, segurança e proteção contra pânico; proteger o meio ambiente e executar ações de defesa civil para promover o bem-estar social e garantir a ordem pública do povo tocantinense.

Existem as Normas técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins, onde serão expostas todas as exigências para que se possa controlar um incêndio. As normas técnicas são o resultado de um processo de consenso estabelecido por um organismo reconhecido onde todas as partes interessadas podem participar e contribuir. Ao todo são 33 Normas técnicas e uma Lei (Lei 1781 de maio de 2007). As Normas técnicas de incêndio servem para ajudar a prevenir e/ou controlar um incêndio, caso ocorra, e estão disponibilizadas no site da Diretoria de Serviços Técnicos do Corpo de Bombeiros (DISTEC).

Neste trabalho as normas técnicas serviram como base para o desenvolvimento da adaptação do método de Gretener para a legislação do Estado

do Tocantins. Como exemplo do que foi modificado, tem-se os extintores que devem possuir no mínimo 2 unidades extintoras, uma para incêndio classe A e outra para incêndio B e C, em edificações com área a partir de 50 m². Essa exigência se expressa pela norma técnica nº 16. Portanto, considera-se quantidade suficiente de extintores no método de Gretener, edificações com área a partir de 50 m² que possuir no mínimo duas unidades extintoras, uma para incêndio classe A e outra para incêndio classe B e C; e insuficientes aqueles em que este requisito não atender.

2.7. SOFTWARE DE ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO

Como proposta deste trabalho tem-se a criação de um aplicativo para celular com a capacidade de avaliar o risco do incêndio de edificações tendo como base o método de Gretener por sua vez adaptado para a Legislação do Tocantins.

O intuito é que este aplicativo alcance o maior número de usuários, pensando nisto foi escolhido o sistema operacional Android para ser o alvo desta pesquisa, tendo em vista que este se encontra presente em mais de 90% dos celulares utilizados no mundo. O aplicativo atenderá as versões de Android de 4.4 a 7.0.

2.7.1. Linguagem operacional

Baseado no site [TI Expert.net](http://TIExpert.net) pode-se obter as informações a seguir.

As três principais linguagens operacionais para celular são C# desenvolvida para Windowsphone, Objective C desenvolvida para Iphone e Java desenvolvida para o sistema operacional Android que foi a linguagem utilizada para o desenvolvimento deste trabalho. Foi utilizada também a linguagem organizacional XML.

A linguagem mãe do sistema operacional Android é a Java. Java é uma linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida na década de 90 pela empresa Sun Microsystems.

A plataforma de programação Java utiliza o recuso JVM (Java Virtual Machine), onde se cria uma interface entre o código Java e as chamadas do sistema

operacional, isto o diferencia das outras linguagens convencionais, pois permite que seja executado em qualquer plataforma sem a necessidade de recompilação.

A linguagem Java tem inúmeras vantagens, como:

- Orientação a objeto - Baseado no modelo de Smalltalk e Simula67;
- Portabilidade - Independência de plataforma;
- Recursos de Rede - Possui extensa biblioteca de rotinas que facilitam a cooperação com protocolos TCP/IP, como HTTP e FTP;
- Segurança - Pode executar programas via rede com restrições de execução;

2.7.2. Ferramenta de desenvolvimento

Baseado na apostila de Android – Programando Passo a Passo - Programação básica (versão Android Studio), desenvolvida pelo autor Luciano Alves da Silva em abril de 2015 e no site oficial da ferramenta Android Studio, pode-se obter as informações a seguir.

A ferramenta de desenvolvimento escolhida foi o Android Studio, IDE (Integrated Development Environment) criada pelo próprio Google para oferecer um ambiente de desenvolvimento prático, rápido e eficiente para aplicativos.

É a plataforma mais robusta no momento para desenvolvimento em Android, tendo em vista que a IDE Eclipse foi descontinuada. Conta com um editor de códigos inteligente tem seu próprio emulador que permite executar as mais diversas aplicações sem a instalação de aplicativos de terceiros, o sistema de compilação é robusto e flexível com a facilidade no uso de bibliotecas e possibilidade de gerar diversas compilações para um único projeto; dentre outros.

Para que a ferramenta de desenvolvimento Android Studio funcione é necessário que já se tenha instalado, antes de tudo, a Máquina Virtual Java. Depois de tudo configurado e instalado, começa a desenvolver as aplicações para a plataforma Android usando Android Studio

A janela principal do Android Studio é composta de diversas áreas lógicas, identificadas na Figura 3.

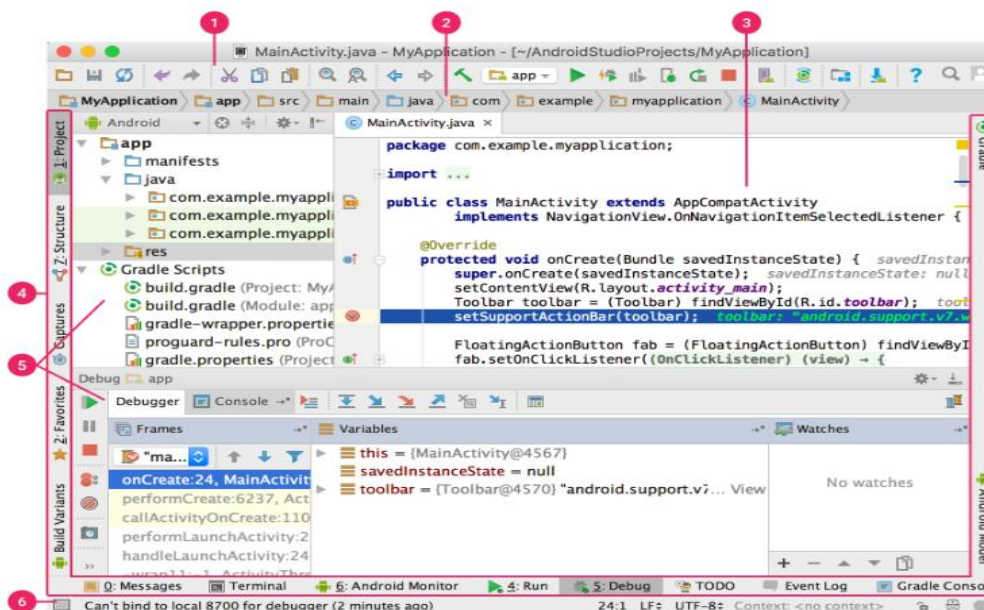


Figura 3 – Janela principal do Android Studio.

Fonte: <https://developer.android.com/studio/index.html?hl=pt-br#features> (2017).

- 1 – **Barra de ferramentas:** permite executar diversas ações, incluindo executar aplicativos e inicializar ferramentas do Android.
- 2 – **Barra de navegação:** ajuda na navegação pelo projeto e na abertura de arquivos para edição. Ela oferece uma visualização mais compacta da estrutura visível na janela Project.
- 3 – **Janela do editor:** é o local em que você cria e modifica código. Dependendo do tipo de arquivo atual, o editor pode mudar. Por exemplo, ao visualizar um arquivo de layout, o editor abre o Editor de layout.
- 4 – **Barra de janela de ferramentas:** fica fora da janela do IDE e contém os botões que permitem expandir ou recolher a janela de cada ferramenta.
- 5 – **Janela das ferramentas:** dá acesso a tarefas específicas, como gerenciamento de projetos, busca, controle de versão e muitos outros. Você pode expandi-las e recolhê-las.
- 6 – **Barra de status:** mostra o status do projeto e do próprio IDE, além de advertências e mensagens.

O android Studio usa o Gradle como o sistema de compilação de base, com outros recursos específicos do Android sendo disponibilizados pelo Android Plugin for Gradle. Esse sistema de compilação é executado com uma ferramenta integrada no menu do Android Studio e de forma independente na linha de comando.

3. METODOLOGIA

O foco de estudo deste trabalho é a adaptação do método de Gretener para a legislação do Tocantins, utilizando as Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins e a criação de um aplicativo para celular com a capacidade de avaliar o risco de incêndio de edificações.

O Tipo de pesquisa utilizada para este estudo foi analítica, determinando através das tabulações do método de Gretener as variáveis que influenciam no mesmo e adaptando-as a legislação do estado do Tocantins, através das Normas Técnicas do CBMTO.

Primeiramente, para embasamento desta pesquisa, realizou uma revisão bibliográfica, englobando os artigos, teses, dissertações e publicações, buscando assim máximo conhecimento sobre o tema.

Em seguida, um estudo do método de Gretener foi o ponto principal para chegar ao objetivo determinado, identificando os parâmetros utilizados por Gretener para avaliar o risco de incêndio. Este estudo viabilizou um conhecimento do que era necessário alterar no método para que fosse adaptado para o estado do Tocantins.

Próxima etapa foi a busca do conhecimento das Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins, identificando os parâmetros que são utilizados no método de Gretener, para assim fazer a adaptação do método à legislação do Tocantins, se atentando as distâncias, dimensões, quantidades exigidas, entre outros fatores que serão de suma importância para tal modificação.

Feito isso, iniciou o trabalho de adaptação do método de avaliação de risco de incêndio de Gretener para edificações do estado do Tocantins. Depois da adaptação realizada, realizou uma comparação com o método original utilizando um exemplo numérico.

Logo após, foi desenvolvido o aplicativo, utilizando como memória de cálculo o método já adaptado, que foi desenvolvido em parceria com o colaborador Rodrigo Soares Mendes, estudante de Sistemas para internet do IFTO campus Palmas, em linguagem Java e XML (linguagem de marcação para criação de documentos com dados organizados hierarquicamente).

Primeiramente foram inseridos os quadros, estes foram lançados como array de string que é uma matriz de caracteres que é salva diretamente no aplicativo. As informações dos quadros são estáticas, não sendo necessário que o

usuário altere qualquer informação, por esse motivo não foi utilizado banco de dados. O não uso do banco de dados evitou atrasos no aplicativo e diminuiu o tamanho do mesmo.

Logo após criou-se as listas na tela e na programação (front end e back end). A lista é um spinner (lista suspensa), que ao ser selecionado as opções ficam em primeiro plano enquanto a tela principal passa a ficar em segundo plano.

O próximo passo foi “linkar” o front end com o back end, depois coleta os dados do front end (informada pelo usuário) para o back end. Foi utilizado o cascadeamento para reduzir o que será visualizado pelo usuário.

Por fim, executou os cálculos. Para determinar o valor das variáveis, busca-se o índice da opção que usuário escolheu na lista, através desse índice vai ser determinado o valor da variável o qual a tabela se refere.

O aplicativo seguiu a rotina representada pela Figura 4. O usuário entrará com os dados que são as características da edificação, internamente estarão as fórmulas e tabelas que servirão como base para os cálculos (rotina de cálculo) e por fim aparecerá para o usuário uma interface com o resultado.

Por fim, o aplicativo foi verificado com testes práticos utilizando características de uma edificação.

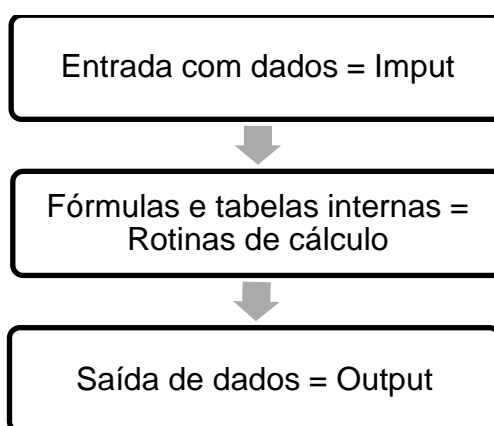


Figura 4 – Rotina do aplicativo
Fonte: Do autor.

4. ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE GREENER

A adaptação do método de Greener para a legislação do estado do Tocantins teve como base as Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins.

A base de adaptação foi a metodologia utilizada por Max Greener, tendo em vista que, se dispuser de algum fator não abordado nas Normas Técnicas do CBMTO permanecerá com o exposto no método de Greener.

4.1. TIPOS DE EDIFICAÇÕES

Para a classificação das edificações, optou-se por permanecer a classificação de Max Greener em relação ao perigo de propagação de incêndio, Quadro 1 e aditar a classificação das Normas Técnicas do CBMTO em relação a ocupação como demonstra o Quadro 28.

Quadro 28 – Classificação das edificações quanto à ocupação

Grupo	Ocupação/Us	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas) e condomínios horizontais.
		A-2	Habitação multifamiliar	Edifícios de apartamento em geral.
		A-3	Habitação coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos, residências geriátricas. Capacidade máxima de 16 leitos.
B	Serviço de Hospedagem	B-1	Hotel e assemelhado	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, pousadas, albergues, casas de cômodos e divisão A3 com mais de 16 leitos. E assemelhados.
		B-2	Hotel residencial	Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis residenciais) e assemelhados.
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Armarinhos, artigos de metal, louças, artigos hospitalares e outros.

Continua

Grupo	Ocupação/Usos	Divisão	Descrição	Exemplos
C	Comercial	C-2	Comércio com média e alta carga de incêndio	Edifícios de lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros.
		C-3	Shopping centers	Centro de compras em geral (shopping centers).
D	Serviço profissional	D-1	Local para prestação de serviço profissional ou condução de negócios	Escritórios administrativos ou técnicos, instituições financeiras (que não estejam incluídas em D-2), repartições públicas, cabelereiros, centros profissionais e assemelhados.
		D-2	Agência bancária	Agências bancárias e assemelhados.
		D-3	Serviço de reparação (exceto os classificados em G-4)	Lavanderias, assistência técnica, reparação e manutenção de aparelhos eletrodomésticos, chaveiros, pintura de letreiros e outros.
		D-4	Laboratório	Laboratórios de análises clínicas sem internação, laboratórios químicos, fotográficos e assemelhados.
E	Educacional e cultura física	E-1	Escola em geral	Escolas de primeiro, segundo e terceiro graus, cursos supletivos e pré-universitário e assemelhados.
		E-2	Escola especial	Escolas de artes e artesanato, de línguas, de cultura geral, de cultura estrangeira, escolas religiosas e assemelhados.
		E-3	Espaço para cultura física	Locais de ensino e/ou práticas de artes marciais, ginástica (artística, dança, musculação e outros) esportes coletivos (tênis, futebol e outros que não estejam incluídos em F-3), sauna, casas de fisioterapia e assemelhados.
		E-4	Centro de treinamento profissional	Escolas profissionais em geral.
		E-5	Pré-escola	Creches, escola maternais, jardins-de-infância.
		E-6	Escola para portadoras de deficiências	Escolas para excepcionais, deficientes visuais e auditivos e assemelhados.

Continua

Grupo	Ocupação/Us	Divisão	Descrição	Exemplos
F	Local de reunião de Público	F-1	Local onde há objeto de valor inestimável	Museus, centro de documentos históricos, bibliotecas e assemelhados.
		F-2	Local religioso e velório	Igrejas, capelas, sinagogas, mesquitas, templos, cemitérios, crematórios, necrotérios, salas de funerais e assemelhados.
		F-3	Centro esportivo e de exibição	Estádios, ginásios e piscinas com arquibancadas, rodeios, autódromos, sambódromos, arenas em geral, academias, pista de patinação e assemelhados.
		F-4	Estação e terminal de passageiro	Estações rodoferroviárias e marítimas, portos, metrô, aeroportos, heliporto, estações de transbordo em geral e assemelhados.
		F-5	Arte cênica e auditória	Teatro em geral, cinemas, óperas, auditórios de estúdios de rádio e televisão, auditórios em geral e assemelhados.
		F-6	Clube social e diversão	Boates, clubes em geral, salões de baile, restaurantes dançantes, clubes sociais, bingo, bilhares, tiro ao alvo, boliche e assemelhados.
		F-7	Construção provisória	Circos e assemelhados.
		F-8	Local para refeição	Restaurantes, lanchonetes, bares, cafés, refeitórios, cantinas e assemelhados.
		F-9	Recreação pública	Jardim zoológico, parques recreativos e assemelhados. Edificações permanentes.
		F-10	Exposição de objetos e animais	Salões e salas de exposição de objetos e animais, showroom, galerias de arte, aquários, planetários, e assemelhados. Edificações permanentes.
G	Serviço automotivo e assemelhados	G-1	Garagem sem acesso de público e sem abastecimento	Garagens automáticas.
		G-2	Garagem com acesso de público e sem abastecimento	Garagens coletivas sem automação, em geral, sem abastecimento (exceto veículos de carga e coletivos).

Continua

Grupo	Ocupação/Usos	Divisão	Descrição	Exemplos
G	Serviço automotivo e assemelhados	G-3	Local dotado de abastecimento de combustível	Postos de abastecimento e serviço, garagens (exceto veículos de carga e coletivos).
		G-4	Serviço de conservação, manutenção e reparos	Oficinas de conserto de veículos, borracharia (sem recauchutagem). Oficinas e garagens de veículos de carga e coletivos, máquinas agrícolas e rodoviárias, retificadoras de motores.
		G-5	Hangares	Abrigos para aeronaves com ou sem abastecimento.
H	Serviço de saúde e institucional	H-1	Hospital veterinário e assemelhados	Hospitais, clínicas e consultórios veterinários e assemelhados (inclui-se alojamento com ou sem adestramento).
		H-2	Local onde pessoas requerem cuidados especiais por limitações físicas ou mentais	Asilos, orfanatos, abrigos geriátricos, hospitais psiquiátricos, reformatórios, tratamento de dependentes de drogas, álcool. E assemelhados. Todos sem celas.
		H-3	Hospital e assemelhado	Hospitais, casa de saúde, prontos-socorros, clínicas com internação, ambulatórios e postos de atendimento de urgência, postos de saúde e puericultura e assemelhados com internação.
		H-4	Repartição pública, edificações das forças armadas e policiais	Edificações do Executivo, Legislativo e Judiciário, tribunais, cartórios, quartéis, centrais de polícia, delegacias, postos policiais e assemelhados.
		H-5	Local onde a liberdade das pessoas sofre restrições	Hospitais psiquiátricos, manicômios, reformatórios, prisões em geral (casa de detenção, penitenciárias, presídios) e instituições assemelhadas. Todos com celas.
		H-6	Clínica e consultório médico e odontológico	Clínicas médicas, consultórios em geral, unidades de hemodiálise, ambulatórios e assemelhados. Todos sem internação.

Continua

Grupo	Ocupação/Usos	Divisão	Descrição	Exemplos
I	Indústria	I-1	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam baixo potencial de incêndio. Locais onde a carga de incêndio não chega a 300 MJ/m ²	Atividades que manipulam materiais com baixo risco de incêndio, tais como fábricas em geral, onde os processos não envolvem a utilização intensiva de materiais combustíveis (aço; aparelhos de rádio e som; armas; artigos de metal; gesso; esculturas de pedra; ferramentas; fotografias; jóias; relógios; sabão; serralheria; suco de frutas; louças; metais; máquinas).
		I-2	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam médio potencial de incêndio locais com carga de incêndio de 300 MJ/m ² a 1200 MJ/m ²	Atividade que manipulam materiais com médio risco de incêndio, tais como: artigos de vidro; automóveis; bebidas destiladas; instrumentos musicais; móveis; alimentos marcenarias, fábricas de caixas e assemelhados.
		I-3	Locais onde há alto risco de incêndio. Com carga de incêndio que ultrapassa 1200 MJ/m ²	Fabricação de explosivos, atividades industriais que envolvam líquidos e gases inflamáveis, materiais oxidantes, destilarias, refinarias, ceras, espuma sintética, elevadores de grãos, tintas, borracha e assemelhados.
J	Depósito	J-1	Depósitos de material incombustível	Edificações sem processo industrial que armazenam tijolos, pedras, areais, cimentos, metais e outros materiais incombustíveis e assemelhados. Todos sem embalagem.
		J-2	Todo tipo de depósito. Carga de incêndio até 300 MJ/m ²	Depósito com carga de incêndio até 300 MJ/m ² .
		J-3	Todo tipo de depósito. Carga de incêndio de 300 MJ/m ² a 1200 MJ/m ²	Depósito com carga de incêndio de 300 MJ/m ² a 1200 MJ/m ² .
		J-4	Todo tipo de depósito. Carga de incêndio que ultrapassa 1200 MJ/m ²	Depósito com carga de incêndio que ultrapassa 1200 MJ/m ² .
L	Explosivos	L-1	Comércio	Comércio em geral de fogos de artifício e assemelhados.

Continua

Grupo	Ocupação/Usos	Divisão	Descrição	Exemplos
L	Explosivos	L-2	Indústria	Indústria de material explosivo.
		L-3	Depósitos de material incombustível	Depósito de material explosivo.
M	Especial	M-1	Túnel	Túnel rodoferroviário e marítimo, destinados a transporte de passageiros ou cargas diversas.
		M-2	Tanques ou Parque de Tanques	Edificação destinada a produção, manipulação, armazenamento e distribuição de líquidos ou gases combustíveis e inflamáveis.
		M-3	Central de comunicação e energia	Central telefônica, centros de comunicação, centrais de transmissão ou de distribuição de energia e assemelhados.
		M-4	Propriedade em transformação	Locais em construção ou demolição e assemelhados.
		M-5	Processamento de lixo	Propriedade destinada ao processamento, reciclagem ou armazenamento de material recusado/descartado.
		M-6	Terra selvagem	Floresta, reserva ecológica, parque florestal e assemelhados.
		M-7	Pátio de containers	Área aberta destinada a armazenamento de containers.
N		N-1	Agroindústria	Silos, secadores de grãos, armazéns e similares.

Fonte: Lei 1787 de maio de 2007 (2018).

4.2. PERIGO DE ATIVAÇÃO (A)

Para o perigo de ativação, foi suprimido do Quadro 2 o valor de “A” para um risco de ativação do incêndio muito alto, pois na Normas técnicas do CBMTO não dispõe dessa classificação “muito alto”. Houve uma harmonização da classificação das edificações quanto ao risco de ativação do incêndio realizada por Max Gretenner com a classificação da Lei 1787 de maio de 2007 do CBMTO, resultando o Quadro 29 a seguir.

Quadro 29 – Fator A – Risco de ativação do incêndio.

Risco de ativação do incêndio	A	Tipo de Edificação
Pequeno	0,85	F
Normal	1,00	A, B, E, H, C
Médio	1,20	I, J, N
Alto	1,45	D, L, M, G

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

4.3. FATOR DE EXPOSIÇÃO AO PERIGO (B)

Para o cálculo do fator de exposição ao perigo usa-se a equação 3.

4.4. MEDIDAS NORMAIS (N)

Para o cálculo das medidas normais usa-se a equação 4.

- **Extintores Portáteis (n_1)**

Para classificação da suficiência de extintores portáteis subsistiu o quadro utilizado no método de Gretener, Quadro 3, modificando apenas o requisito para serem considerados os extintores portáteis como suficientes ou não.

Segundo a Norma Técnica nº 16 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins, área a partir de 50 m² devem possuir no mínimo duas unidades extintoras, sendo uma para incêndio classe A e outra para incêndio classe B e C, podendo substituir qualquer tipo de extintor de classes específicas (A, B e C) por um extintor com agente múltiplo uso (ABC). Para área inferior a 50 m² permite-se a instalação de uma única unidade extintora.

Portanto, considera-se quantidade suficiente área a partir de 50 m² que possuir no mínimo duas unidades extintoras, uma para incêndio classe A e outra para incêndio classe B e C. E insuficiente aquele em que este requisito não atender.

- **Hidrantes interiores (n_2)**

Para identificação do abastamento de hidrantes interiores perdurou o quadro utilizado no método de Gretener, Quadro 4, alterando apenas a condição para serem considerados os hidrantes interiores como suficientes ou não.

Segundo a Norma Técnica nº 17 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins, os hidrantes devem ser posicionados nas proximidades das portas externas, escadas e/ou acesso principal a ser protegido, não mais de 5 m, devendo preferencialmente ser instalados antes de portas de repartições internas.

Portanto, para ser considerado como suficiente os hidrantes interiores, os mesmos devem ser posicionados nas proximidades das portas externas, escadas e/ou acesso principal a ser protegido, não mais de 5 m, devendo preferencialmente ser instalados antes de portas de repartições internas.

- **Confiabilidade de adução de água (n_3)**

Não houve mutação neste item, permanecendo para o cálculo o Quadro 5, do método de Gretener.

- **Hidrantes externos (n_4)**

Segundo a Norma Técnica nº 30 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins, os hidrantes públicos terão, cada um, um raio de ação de, no máximo 300 m. Com vazão mínima de 1890 l/min.

Portanto, realizou-se uma equiparação entre os valores para que pudesse ser originado um novo intervalo de distâncias de acordo com a legislação do Tocantins, como mostra no Quadro 30.

Quadro 30 – Distância do hidrante externo à entrada do edifício.

Distância do hidrante externo à entrada do edifício	Valores de n_4
< 210 m	1,00
210 m a 300 m	0,95
> 300 m	0,90

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Pessoal Treinado (n₅)**

Não houve alteração neste item, subsistindo para o cálculo o Quadro 7, do método de Gretener.

4.5. MEDIDAS ESPECIAIS (S)

Para o cálculo das medidas especiais usa-se a equação 5.

Para as medidas especiais, modo de detecção do fogo (Quadro 8), modo de transmissão do alarme (Quadro 9), qualidade do corpo de bombeiros local (Quadro 10), tempo-resposta do corpo de bombeiros (Quadro 11), tipo de equipamento de extinção (Quadro 12), exaustor de fumaça e calor (Quadro 13), não houve nenhuma alteração, por não existir nas Normas Técnicas do CBMTO informações pertinentes para tal.

4.6. MEDIDAS INERENTES À CONSTRUÇÃO (E)

Para o cálculo das medidas inerentes à construção usa-se a equação 6.

Segundo a Norma Técnica nº06 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins, classifica-se a resistência ao fogo das edificações conforme a Figura 5.

Grupo	Divisão	Profundidade do Subsolo		Altura da edificação						
		h > 10 m	h ≤ 10 m	h ≤ 6 m	6 m < h ≤ 12 m	12 m < h ≤ 23 m	23 m < h ≤ 30 m	30 m < h ≤ 54 m	h > 54 m	
A	A-1 a A-3	90	60	30	30	60	90	120	CT	
B	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120		
C	C-1	90	60	60 (30)	60 (30)	60	90	120		
	C-2 e C-3	90	60	60	60 (30)	60	90	120		
D	D-1 a D-3	90	60	30	60 (30)	60	90	120		
E	E-1 a E-6	90	60	30	30	60	90	120		
F	F-1, F-2, F-5, F-6, F-8, F-10, F-11	90	60	60 (30)	60	60	90	120		
	F-3, F-4 e F-7	90	60	60	60	30	30	CT		
	F-9	CT								
G	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-6	90	60 (30)	30		60	90	120		120
	G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	60 (30)	30	30	60	CT	
H	H-1 e H-4	90	60	30	60	60	90	120		
	H-2, H-3 e H-5	90	60	30	60	60	90	120		
I	I-1	90 (60)	60 (30)	30	30	30	60	120		
	I-2	120	90	30	30	60 (30)	90	120		
	I-3	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120		
J	J-1	60	30	30	30	30	30	60		
	J-2	90	60 (30)	30	30	30	30	60		
	J-3	90	60 (30)	30	60	60	120 (90)	120		
	J-4	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120		
L	L-1, L-2 e L-3	120	120	120	CT					
M	M-1	150	150	150	CT					
	M-2	CT								
	M-3	120	90	90	90	120	CT			
N	N-1	120	90	30	30	60 (30)	CT			

*Nota: CT – Comissão Técnica do CBMTO

Figura 5 – Tempo requerido de resistência ao fogo

Fonte: Norma Técnica nº06 do CBMTO (2018).

- **Resistência ao fogo das estruturas – e_1 / Resistência ao fogo da fachada – e_2 / Resistência ao fogo da vedação horizontal – e_3**

Para obtenção dos coeficientes de proteção e_1 , e_2 e e_3 , foi delimitado um novo intervalo de resistência ao fogo das estruturas, da fachada e da vedação horizontal do compartimento de incêndio considerado, tendo como base os dados obtidos na Figura 5. Resultando nos Quadros 31, 32 e 33 abaixo.

Quadro 31 – Resistência ao fogo das estruturas.

Resistência ao fogo das estruturas	Valores de e_1
30 min	1,00
30 min < R < 60 min	1,20
≥ 60 min	1,30

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

Quadro 32 – Resistência ao fogo da fachada.

Resistência ao fogo da fachada	Valores e_2
30 min	1,00
30 min < R < 60 min	1,10
≥ 60 min	1,15

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

Quadro 33 – Resistência ao fogo da vedação horizontal.

Resistência ao fogo dos elementos de vedação horizontal	Valores e_3		
	Circulação vertical		
	Fechada	Protegida (abertas com chuveiros)	Sem proteção
30 min	1,05	1,00	1,00
30 min < R < 60 min	1,15	1,05	1,00
≥ 60 min	1,20	1,10	1,00

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Dimensões das Células Corta-Fogo (e_4)**

Não houve alteração neste item, permanecendo para o cálculo o Quadro 17, do método de Gretener.

4.7. PERIGOS INERENTES AO CONTEÚDO

- **Carga de Incêndio Mobiliária Q_m (MJ/m²) - fator q**

Através do Quadro 34, obtido da Norma Técnica nº 9 do CBMTO, pode-se determinar a carga de incêndio específica de uma edificação por ocupação. A carga de incêndio específica é o valor da carga de incêndio dividido pela área de piso do espaço considerado.

Quadro 34 – Cargas de incêndio específicas por ocupação

Ocupação/Usos	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (Q _{fi}) em MJ/m ²
Residencial	Alojamentos estudantis	A-3	300
	Apartamentos	A-2	300
	Casas térreas ou sobrados	A-1	300
	Pensionatos	A-3	300
Serviço de Hospedagem	Hotéis	B-1	500
	Motéis	B-1	500
	Apart-hotéis	B-2	300
Comercial, varejista, loja	Açougue	C-1	40
	Antiguidades	C-2	700
	Aparelhos domésticos	C-1	300
	Aparelhos eletrônicos	C-2	400
	Armarinhos	C-1	600
	Armas	C-1	300
	Artigos de bijuteria, metal ou vidro	C-1	300
	Artigos de cera	C-2	2100
	Artigos de couro, borracha, esportivos	C-2	800
	Automóveis	C-1	200
	Bebidas destiladas	C-2	700
	Brinquedos	C-2	500
	Calçados	C-2	500
	Drogarias (Incluindo depósitos)	C-2	1000
	Ferragens	C-1	300
	Floricultura	C-1	80
	Galeria de quadros	C-1	200
	Joalherias	C-1	300
	Livrarias	C-2	1000
	Lojas de departamento ou centro de compras (shoppings)	C-2/C-3	800
	Máquinas de costura ou de escritório	C-1	300
	Materiais fotográficos	C-1	300
	Móveis	C-2	400
	Papelarias	C-2	700
	Perfumarias	C-2	400
	Produtos têxteis	C-2	600
	Relojoarias	C-2	600
Supermercados	C-2	400	

Continua

Ocupação/Usos	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (Q _{fi}) em MJ/m ²
Comercial, varejista, loja	Tapetes	C-2	800
	Tintas e vernizes	C-2	1000
	Verduras frescas	C-1	200
	Vinhos	C-1	200
	Vulcanização	C-2	1000
Serviços profissionais, pessoais e técnicos	Agências bancárias	D-2	300
	Agências de correios	D-1	400
	Centrais telefônicas	D-1	100
	Cabelereiros	D-1	200
	Copiadora	D-1	400
	Encadernadoras	D-1	1000
	Escritórios	D-1	700
	Estúdios de rádio ou de televisão ou de fotografia	D-1	300
	Laboratórios químicos	D-4	500
	Laboratórios(outros)	D-4	300
	Lavanderias	D-3	300
	Oficinas elétricas	D-3	600
	Oficinas hidráulicas ou mecânicas	D-3	600
	Pinturas	D-3	500
	Processamentos de dados	D-1	400
Educacional e cultura física	Academias de ginástica e similares	E-3	300
	Pré-escolas e similares	E-5	300
	Creches e similares	E-5	300
	Escolas em geral	E-1/E-2/E-4/E-6	300
Locais de reunião de público	Bibliotecas	F-1	2000
	Cinemas, teatros e similares	F-5	600
	Circos e assemelhados	F-7	500
	Centros esportivos e de exibição	F-3	150
	Clubes sociais, boates e similares	F-6	600
	Estações e terminais de passageiros	F-4	200
	Exposições	F-10	Equação 10
	Igrejas e templos	F-2	200
	Museus	F-1	300
	Restaurantes	F-8	300

Continua

Ocupação/Usos	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (Q _{fi}) em MJ/m ²
Serviços automotivos e assemelhados	Estacionamentos	G-1/G-2	200
	Oficinas de conserto de veículos e manutenção	G-4	600
	Postos de abastecimentos (tanque enterrado)	G-3	400
	Hangares	G-5	200
Serviços de saúde e institucionais	Asilos	H-2	350
	Clínicas e consultórios médicos ou odontológicos	H-6	200
	Hospitais em geral	H-1/H-3	300
	Presídios e similares	H-5	100
	Quartéis e similares	H-4	450
Industrial	Aparelhos eletroeletrônicos, fotográficos, ópticos	I-2	400
	Acessórios para automóveis	I-1	300
	Acetileno	I-2	700
	Alimentação	I-2	800
	Aço, corte e dobra, sem pintura, sem embalagem	I-1	40
	Artigos de borracha, cortiça, couro, feltro, espuma	I-2	600
	Artigos de argila, cerâmica ou porcelanas	I-1	200
	Artigos de bijuteria	I-1	200
	Artigos de cera	I-2	1000
	Artigos de gesso	I-1	80
	Artigos de madeiras em geral	I-2	800
	Artigos de madeiras, impregnação	I-3	3000
	Artigos de mármore	I-1	40
	Artigos de metal, forjados	I-1	80
	Artigos de metal, fresados	I-1	200
	Artigos de peles	I-2	500
	Artigos de plásticos em geral	I-2	1000
	Artigos de tabaco	I-1	200
Artigos de vidro	I-1	80	

Continua

Ocupação/Us o	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (Q _{fi}) em MJ/m ²
Industrial	Automotiva e autopeças (exceto pintura)	I-1	300
	Automotiva e autopeças (pintura)	I-2	500
	Aviões	I-2	600
	Balanças	I-1	300
	Barco de madeira ou de plástico	I-2	600
	Barco de metal	I-2	600
	Baterias	I-2	800
	Bebidas destiladas	I-2	500
	Bebidas não alcoólicas	I-1	80
	Bicicletas	I-1	200
	Brinquedos	I-2	500
	Café (inclusive torrefação)	I-2	400
	Caixotes barris ou pallets de madeira	I-2	1000
	Calçados	I-2	600
	Carpintarias e marcenarias	I-2	800
	Cera de polimento	I-3	2000
	Cerâmica	I-1	200
	Cereais	I-3	1700
	Cervejarias	I-1	80
	Chapas de aglomerado ou compensado	I-1	300
	Chocolate	I-2	400
	Cimento	I-1	40
	Cobertores, tapetes	I-2	600
	Colas	I-2	800
	Colchões (exceto espuma)	I-2	500
	Condimentos, conservas	I-1	40
	Confeitarias	I-2	400
	Congelados	I-2	800
	Cortiça, artigos de	I-2	600
	Couro, curtume	I-2	700
	Couro sintético	I-2	1000
	Defumados	I-1	200
	Discos de música	I-2	600
	Doces	I-2	800
Espumas	I-3	3000	
Farinhas	I-3	2000	

Continua

Ocupação/Us	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (Q _{fi}) em MJ/m ²
Industrial	Feltros	I-2	600
	Fermentos	I-2	800
	Fiações	I-2	600
	Fibras sintéticas	I-1	300
	Fios elétricos	I-1	300
	Flores artificiais	I-1	300
	Fornos de secagem com grade de madeira	I-2	1000
	Forragem	I-3	2000
	Frigoríficos	I-3	2000
	Fundições de metal	I-1	40
	Galpões de secagem com grade de madeira	I-2	400
	Geladeiras	I-2	1000
	Gelatinas	I-2	800
	Gesso	I-1	80
	Gorduras comestíveis	I-2	1000
	Gráficas (empacotamento)	I-3	2000
	Gráficas (produção)	I-2	400
	Guarda-chuvas	I-1	300
	Instrumentos musicais	I-2	600
	janelas e portas de madeira	I-2	800
	Jóias	I-1	200
	Laboratórios farmacêuticos	I-1	300
	Laboratórios químicos	I-2	500
	Lápis	I-2	600
	Lâmpadas	I-1	40
	Laticínios	I-1	200
	Malas, fábricas	I-2	1000
	Malharias	I-1	300
	Máquinas de lavar de costura ou de escritório	I-1	300
	Massas alimentícias	I-2	1000
	Mastiques	I-2	1000
	Matadouro	I-1	40
	Materiais sintéticos ou plásticos	I-3	2000
	Metalúrgica	I-1	200
Montagens de automóveis	I-1	300	
Motocicletas	I-1	300	

Continua

Ocupação/Usos	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (Q _{fi}) em MJ/m ²
Industrial	Motores elétricos	I-1	300
	Móveis	I-2	600
	Olarias	I-1	100
	Óleos comestíveis	I-2	1000
	Padarias	I-2	1000
	Papéis (acabamento)	I-2	500
	Papéis (preparo de celulose)	I-1	80
	Papéis (procedimento)	I-2	800
	Papelões betuminados	I-3	2000
	Papelões ondulados	I-2	800
	Pedras	I-1	40
	Perfumes	I-1	300
	Pneus	I-2	700
	Produtos adesivos	I-2	1000
	Produtos de adubo químico	I-1	200
	Produtos alimentícios (expedição)	I-2	1000
	Produtos com ácido acético	I-1	200
	Produtos com ácido carbônico	I-1	40
	Produtos com ácido inorgânico	I-1	80
	Produtos com albumina	I-3	2000
	Produtos com alcatrão	I-2	800
	Produtos com amido	I-3	2000
	Produtos com soda	I-1	40
	Produtos de limpeza	I-3	2000
	Produtos graxos	I-1	1000
	Produtos refratários	I-1	200
	Rações	I-3	2000
	Relógios	I-1	300
	Resinas	I-3	3000
	Roupas	I-2	500
	Sabões	I-1	300
	Sacos de papel	I-2	800
	Sacos de juta	I-2	500
	Sorvetes	I-1	80
Sucos de fruta	I-1	200	
Tapetes	I-2	600	
Têxteis em geral	I-2	700	
Tintas e solventes	I-3	4000	
Tintas látex	I-2	800	

Continua

Ocupação/Usos	Descrição	Divisão	Carga de Incêndio (Q _{fi}) em MJ/m ²
Industrial	Tintas não-inflamáveis	I-1	200
	Transformadores	I-1	200
	Tratamento de madeira	I-3	3000
	Tratores	I-1	300
	Vagões	I-1	200
	Vassouras ou escovas	I-2	700
	Velas de cera	I-3	1300
	Vidros ou espelhos	I-1	200
	Vinagres	I-1	80
	Vulcanização	I-2	1000
Demais usos	Demais atividades não enquadradas acima		Equação 10

Fonte: Norma Técnica nº09 do CBMTO (2018).

Para os itens não citados acima, utiliza-se a Equação 10 para determinar a carga de incêndio específica. Para a obtenção da carga de incêndio a partir desta equação devem ser utilizadas áreas de no máximo 500 m². A carga de incêndio específica do piso analisado deve ser tomada como sendo a média entre as duas áreas de maior valor.

$$q_{fi} = \frac{\sum M_i \cdot H_i}{A_f} \quad (10)$$

q_{inc} – valor da carga de incêndio específica, em megajoule por metro quadrado de área de piso;

M_i – massa total de cada componente i do material combustível, em quilograma. Esse valor não poderá ser excedido durante a vida útil da edificação exceto quando houver alteração de ocupação, ocasião em que M_i deverá ser reavaliado;

H_i – potencial calorífico específico de cada componente i do material combustível, em megajoule por quilograma, conforme o Quadro 35 abaixo;

A_f – área do piso do compartimento, em metro quadrado;

Quadro 35 – Valores do potencial calorífico específico.

Tipo de material	H (MJ/kg)
Acetona	30
Acrílico	28
Algodão	18
Benzeno	40
Borracha	Espuma - 37 Tiras -32
Celulose	16
C-Hexano	43
Couro	19
D-glucose	15
Epóxi	34
Etano	47
Etanol	26
Eteno	50
Etino	48
Fibra sintética 6,6	29
Grãos	17
Graxa, lubrificante	41
Lã	23
Lixo de cozinha	18
Madeira	19
Metano	50
Metanol	19
Monóxido de carbono	10
N-Butano	45
N-Octano	44
N-Pentano	45
Palha	16
Papel	17
Petróleo	41
Poliacrilonitríco	30
Policarbonato	29
Poliéster	31
Poliestireno	39
Polietileno	44
Polimetilmetacrílico	24
Polioximetileno	15
Poliuretano	23
Polipropileno	43
Polivinilclorido	16
Propano	46
PVC	17
Resina melamínica	18
Seda	19

Fonte: Norma Técnica nº09 do CBMTO (2018).

Para obtenção do Fator q do método de Gretnener, transcorreu uma redução no Quadro 18, para melhor didática, não causando alteração significativa no resultado quando o mesmo foi comparado com o original, tendo uma diferença de 0,05 entre ambos.

Quadro 36 – Carga de Incêndio Mobiliária Q_m (MJ/m²).

Q_m (MJ/m²)	Q
Até 300	0,85
Acima de 300 até 1200	1,35
Acima de 1200	2,05

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

- **Combustibilidade – fator c / Perigo de fumo – fator f / Perigo de corrosão/toxicidade – fator k**

Para os fatores c , f e k , foram realizadas adequações da classificação das edificações quanto à combustibilidade, ao perigo de fumo e ao perigo de corrosão/toxicidade realizada por Max Gretnener com a classificação da Lei 1787 de maio de 2007 do CBMTO. Obtendo os Quadros 35, 36 e 37.

Quadro 37 – Fator c .

Tipo de material	C	Tipo de edificação
Altamente inflamável	1,60	D, I, L
Facilmente inflamável	1,40	G, M, J, C
Inflamável, facilmente combustível	1,20	H, B, A, N
Normalmente combustível	1,00	F, E
Difícilmente combustível	1,00	
Incombustível	1,00	

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

Quadro 38 - Fator f .

Esfumaçamento	f	Tipo de Edificação
Normal	1,00	A, D, F, E, C
Médio	1,10	M, H
Grande	1,20	I, G, B, N, L, J

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

Quadro 39 – Fator k.

Toxidade	k	Tipo de Edificação
Normal	1,00	A, B, D, E, F, H, N
Médio	1,10	I, J, M
Grande	1,20	G, C, L

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

4.8. PERIGOS INERENTES AO EDIFÍCIO

Para os perigos inerentes ao edifício, carga de incêndio imobiliária (Quadro 22), nível do andar ou altura útil do local (Quadros 23, 24 e 25), amplitude da superfície (Quadro 26), não houve nenhum tipo de alteração, por não existir nas Normas Técnicas do CBMTO informações pertinentes para tal.

4.9. FATOR DE CORREÇÃO - m

Para este fator foi realizada uma harmonização da classificação das edificações quanto à exposição ao perigo de pessoas realizado por Max Gretener com a classificação da Lei 1787 de maio de 2007 do CBMTO. Como mostra o Quadro 40.

Quadro 40 – Categoria de exposição ao perigo para as pessoas.

	C, D, E, F, G, I, J, L, M, N				A, B				H				m
	Nível dos andares												
	≤ 1º	2º ao 4º	5º ao 7º	≥ 8º	≤ 1º	2º ao 4º	5º ao 7º	≥ 8º	≤ 1º	2º ao 4º	5º ao 7º	≥ 8º	
Pessoas por compartimento	>1000	≤ 30			>1000				>1000				1,00
		≤ 100				≤ 30							1,05
		≤ 300				≤ 100							1,10
		≤ 1000	≤ 30			≤ 300				≤ 30			1,15
		>1000	≤ 100			≤ 1000	≤ 30			≤ 100			1,25
			≤ 300			>1000	≤ 100			≤ 300			1,35
			≤ 1000	≤ 30			≤ 300			≤ 1000	≤ 30		1,45
			>1000	≤ 100			≤ 1000	≤ 30		> 1000	≤ 100		1,55
				≤ 300			>1000	≤ 100			≤ 300		1,65
				≤ 1000				≤ 300			≤ 1000	≤ 30	1,80
				>1000				≤ 1000			>1000	≤ 100	2,00
								>1000				≤ 300	2,20
												≤ 1000	2,20
												>1000	2,50

Fonte: Adaptado do Valdir Pignatta e Silva (2001).

4.10. RISCO DE INCÊNDIO ADMISSÍVEL (R_u)

$$R_u = R_n \times \frac{1}{m} \quad (15)$$

R_u = Risco de incêndio admissível;

R_n = 1,3 (risco de incêndio normal);

m = fator de correção do risco normal em função do número de pessoas e do nível do andar.

4.11. PROVA DE UMA SEGURANÇA SUFICIENTE CONTRA INCÊNDIO

A segurança contra incêndio é suficiente quando o risco efetivo não é superior ao risco admissível, ou seja,

$$R \leq R_u \quad (16)$$

Segurança contra incêndio (γ):

$$\gamma = \frac{R_u}{R} \quad (17)$$

R_u = Risco de incêndio admissível;

R = Risco efetivo;

γ = Segurança contra incêndio.

Se $R_u < R$, teremos que $\gamma < 1$, o que significa que o edifício ou compartimento de incêndio está insuficientemente protegido contra o incêndio. A segurança contra incêndio é suficiente se as medidas de segurança escolhidas cumprirem as condições dos objetivos de proteção e simultaneamente for $\gamma \geq 1$.

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1. COMPARAÇÃO DO MÉTODO ORIGINAL COM O ADAPTADO

Para comparar o método adaptado com o original, utilizamos o caso prático de Mário Macedo.

O edifício em análise é uma construção antiga, adaptado a estabelecimento de ensino privado, com dois pisos, com uma área de implantação de 400 m², com elementos estruturais em alvenaria de pedra, com estrutura, pavimentos e divisões interiores em madeira. A cobertura, em telha, assenta igualmente em asnas de madeira. As fachadas nos dois pisos são dotadas de superfícies vidradas. A ligação entre os dois pavimentos é obtido através de uma escada em pedra. O pé direito de ambos os pisos é de 4 m.

Quanto aos elementos estruturais admite-se, para efeitos da presente avaliação de risco, que os mesmos oferecem uma resistência ao fogo de 60 minutos.

A estrutura, pavimentos e divisões interiores não oferecem qualquer resistência ao fogo. Assim, todo o edifício é considerado como um único compartimento de incêndio.

Considera-se, pois que se trata de um edifício com desenvolvimento em volume, sem separação corta-fogo entre pisos, e será por esta razão considerado como um edifício do tipo V, comprimento 28 m e uma largura de 14 m.

Quanto às fachadas do edifício, considera-se que elas têm uma resistência ao fogo inferior a 30 minutos uma vez que apresentam uma superfície vidrada com uma área considerável em relação à superfície total.

A Figura 6 representa a planta baixa e o Quadro 41 apresenta algumas características do edifício em estudo.



Figura 6 – Croqui do edifício em estudo
Fonte: Mário José de Macedo p.3.

Quadro 41 – Característica do edifício em estudo

Parâmetro	Valor
Tipo de construção	V
Comprimento característico (l)	28
Largura característica (b)	14
Área (m ²)	400
Relação l/b	2

Fonte: Mário José de Macedo p.4.

Para o método adaptado a edificação é classificada de acordo com sua ocupação. O edifício em estudo é classificado como E (Educativo e cultura física) e subitem E-1 (Escolas em geral).

A carga de incêndio é de 932 MJ/m² que através dos Quadros 18 e 36 obtém o valor do fator q.

O perigo de ativação é considerado médio para o método original e normal para o método adaptado.

Os extintores portáteis e hidrantes interiores foram avaliados com insuficientes ou inexistentes para as duas versões. A reserva interna de água é alimentada diretamente pela rede pública não existindo sistema de bombagem. Não existe hidrante na vizinhança do edifício, por esta razão, assume-se que o hidrante mais próximo se encontra a mais de 100 metros para o método original e mais de 300 metros para o método adaptado.

O pessoal não possui nenhum tipo de formação nem existe uma estrutura interna organizada. Não existe nenhum processo de detecção do fogo, nem de transmissão do alarme. O edifício não possui brigada de incêndio e o corpo de bombeiros é composto por 20 pessoas treinadas convocadas por telefone, com serviço de plantão permanente e caminhão de 2400 litros, o tempo-resposta estimado é de 10 minutos. Não existe qualquer sistema automático de extinção de incêndios, nem exaustor de fumaça.

Considera-se o edifício em análise como inflamável/facilmente combustível para o método original e normalmente combustível para o método adaptado. O perigo de fumo é normal para ambos os métodos, o perigo de corrosão/toxicidade é considerado médio para o método original e normal para o adaptado. A estrutura é não combustível, enquanto os elementos das fachadas/coberturas são combustíveis. Através do Quadro 26 obtém o valor da amplitude da superfície.

Os Quadros 42, 43, 44, 45, 46 e 47, apresentam os resultados obtidos do método adaptado e original.

Quadro 42 – Obtenção das medidas protetivas normais.

Fatores	Método	
	Original	Adaptado
n ₁	0,90	0,90
n ₂	0,80	0,80
n ₃	0,50	0,50
n ₄	0,90	0,90
n ₅	0,80	0,80
N	0,26	0,26

Fonte: Do autor.

Quadro 43 – Obtenção das medidas protetivas especiais.

Fatores	Método	
	Original	Adaptado
s ₁	1,00	1,00
s ₂	1,00	1,00
s ₃	1,45	1,45
s ₄	1,00	1,00
s ₅	1,00	1,00
s ₆	1,00	1,00
S	1,45	1,45

Fonte: Do autor.

Quadro 44 – Obtenção das medidas protetivas inerentes à construção.

Fatores	Método	
	Original	Adaptado
e ₁	1,20	1,20
e ₂	1,00	1,00
e ₃	1,00	1,00
e ₄	1,00	1,00
E	1,20	1,20

Fonte: Do autor.

Quadro 45 – Obtenção dos perigos potenciais.

Fatores	Método	
	Original	Adaptado
q	1,50	1,35
c	1,20	1,00
f	1,00	1,00
k	1,10	1,00
i	1,10	1,10
h	1,30	1,30
a	0,40	0,40
P	1,13	0,77

Fonte: Do autor.

Quadro 46 – Obtenção do risco efetivo.

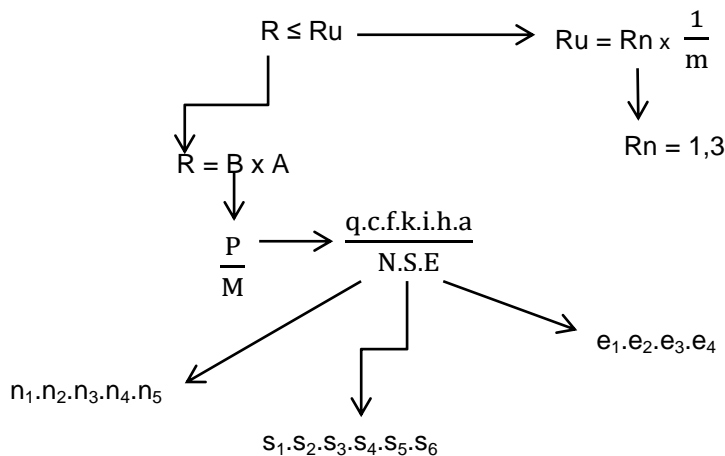
Fatores	Método	
	Original	Adaptado
B	2,51	1,71
A	1,20	1,00
R	3,01	1,71

Fonte: Do autor.

Quadro 47 – Obtenção do risco admissível e da segurança contra incêndio.

Fatores	Método	
	Original	Adaptado
Rn	1,30	1,30
m	1,00	1,00
Ru	1,30	1,30
γ	0,43	0,76

Fonte: Do autor.



$$\gamma = \frac{Ru}{R}$$

$\gamma \geq 1 \rightarrow$ A segurança contra incêndio é suficiente

$\gamma < 1 \rightarrow$ O edifício está insuficientemente protegido contra incêndio

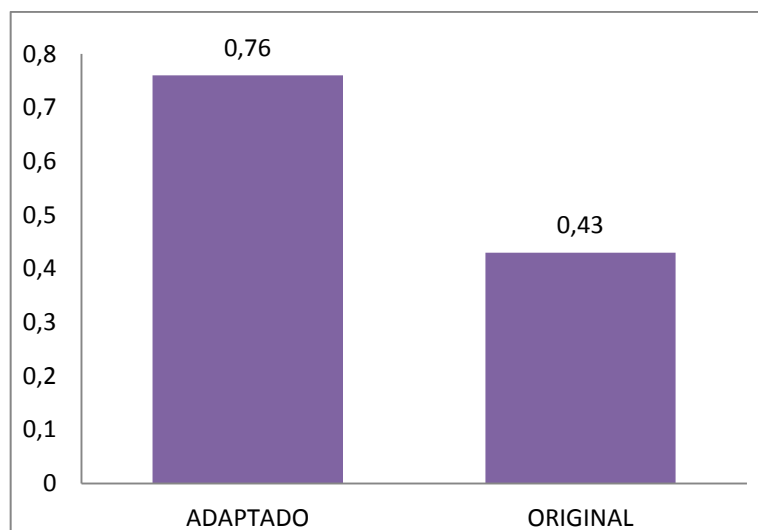


Figura 7 – Comparação entre o método original e o método adaptado
Fonte: Do autor.

Para classificação da edificação no método adaptado, utilizou a classificação disposta na Lei 1787 de maio de 2007. O tipo de edificação para o método adaptado influencia diretamente na obtenção dos fatores de combustibilidade, perigo de fumo, perigo de corrosão/toxicidade, perigo de ativação e amplitude da superfície.

A influência direta no método adaptado, na obtenção de alguns fatores, da classificação da edificação quanto à ocupação e a redução do quadro para obtenção do fator q , justifica a diferença de 0,33, apresentada na Figura 7, entre o método original e o adaptado para o edifício em estudo.

O método original de Gretnier apresentou-se mais conservador, haja vista, que neste são considerados características que nas Normas Técnicas do CBMTO não cita. Com essa diferença a análise de uma mesma edificação pode apresentar-se segura contra incêndio para o método adaptado e apresentar-se insegura contra incêndio para o método original.

Verifica-se que mesmo havendo diferentes considerações, o edifício em análise encontra-se inseguro de acordo com os métodos (adaptado e original).

5.2. TESTE PRÁTICO DO SOFTWARE

Para que haja uma melhor verificação do funcionamento do aplicativo foi escolhida para o teste prático a mesma edificação utilizada na comparação do método original com o adaptado, no item 5.1., fornecida por Mário Macedo em seu exemplo prático.

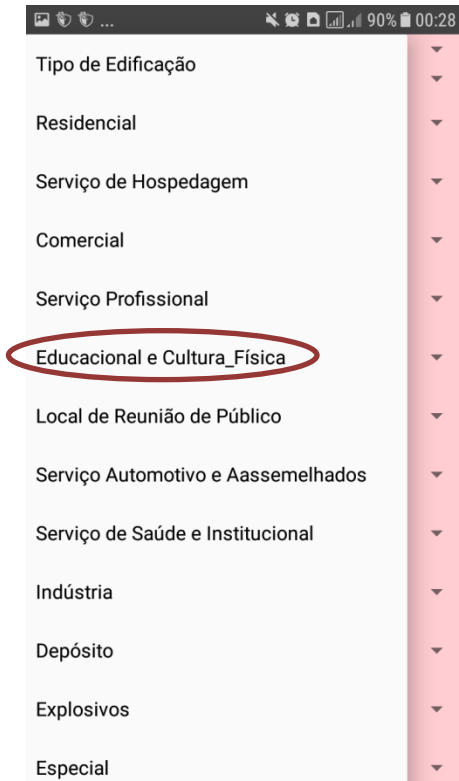


Figura 8 – Classificação da edificação quanto à ocupação
Fonte: Print da tela do celular.

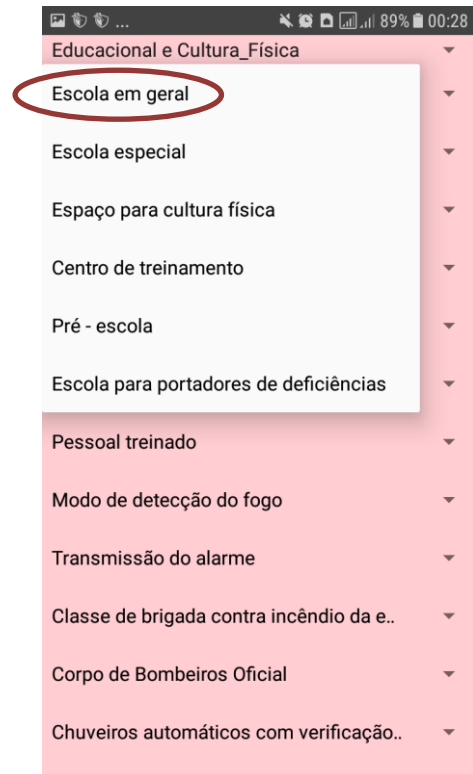


Figura 9 – Subclassificação da edificação quanto à ocupação
Fonte: Print da tela do celular.

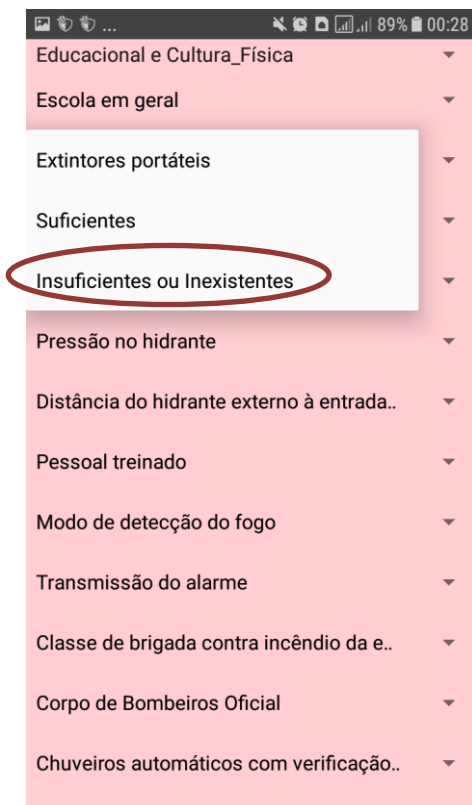


Figura 10 – Determinação do fator n_1
Fonte: Print da tela do celular.

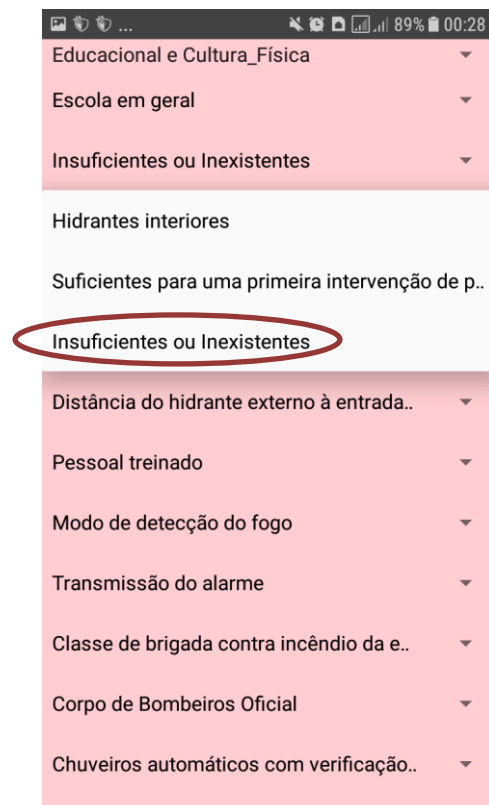


Figura 11 – Determinação do fator n_2
Fonte: Print da tela do celular.

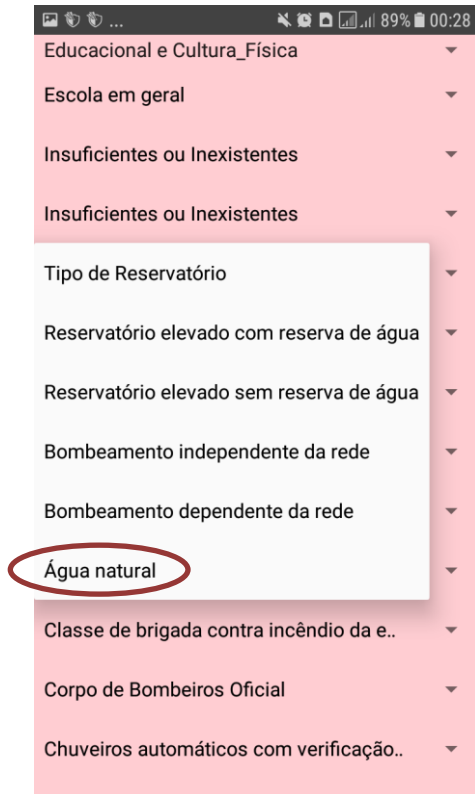


Figura 12 – Determinação do fator n_3
Fonte: Print da tela do celular.

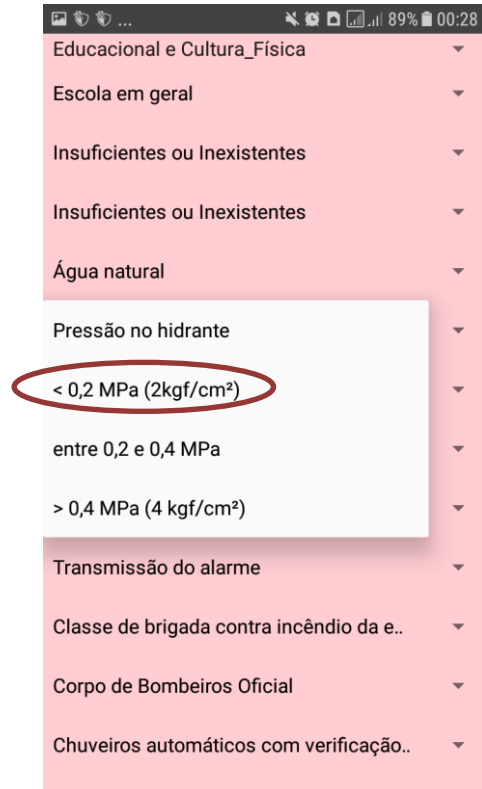


Figura 13 – Determinação do fator n_3
Fonte: Print da tela do celular.

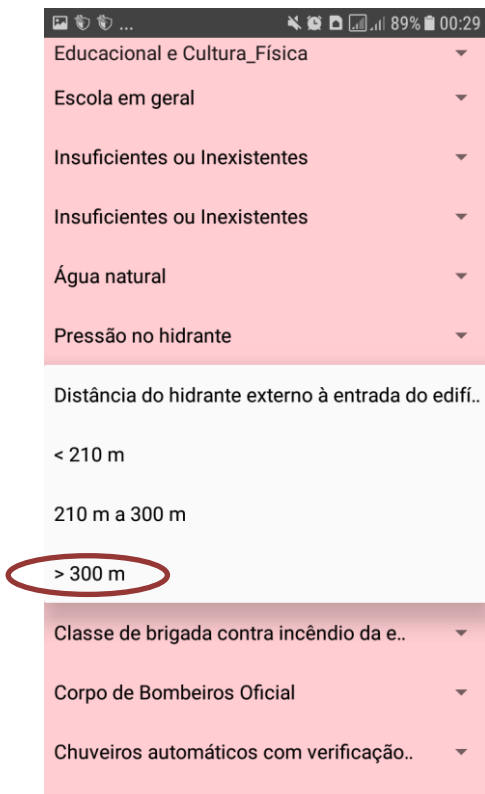


Figura 14 – Determinação do fator n_4
Fonte: Print da tela do celular.

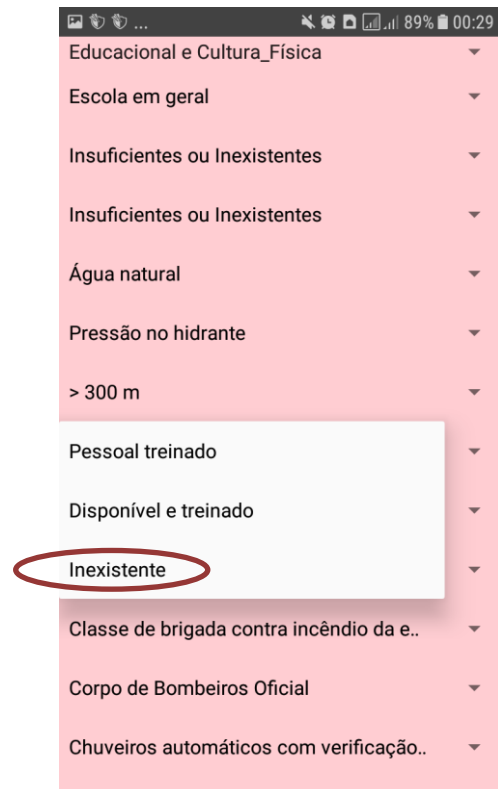


Figura 15 – Determinação do fator n_5
Fonte: Print da tela do celular.

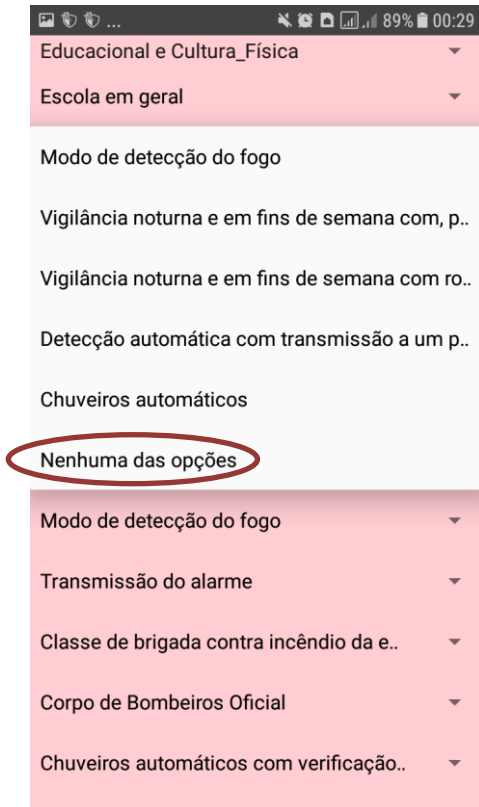


Figura 16 – Determinação do fator s_1
 Fonte: Print da tela do celular.

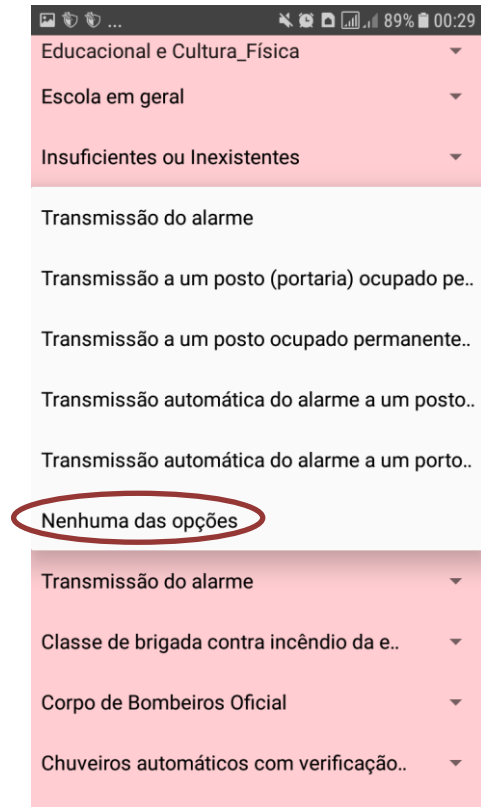


Figura 17 – Determinação do fator s_2
 Fonte: Print da tela do celular.

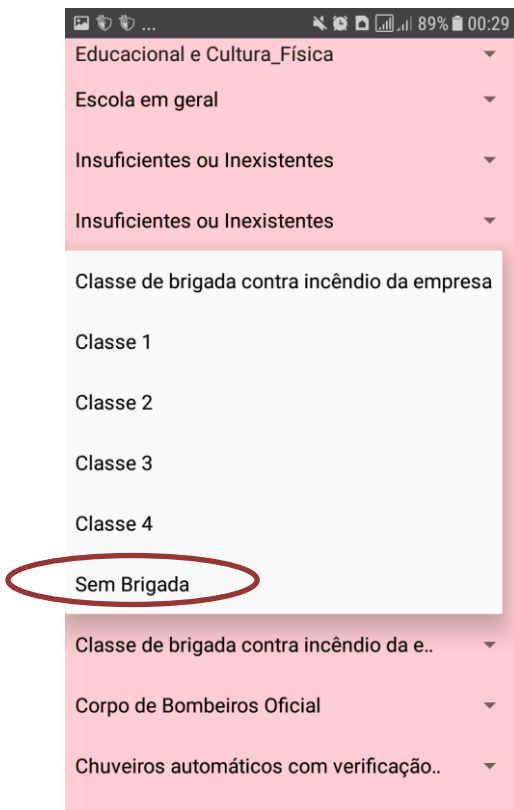


Figura 18 – Determinação do fator s_3
 Fonte: Print da tela do celular.

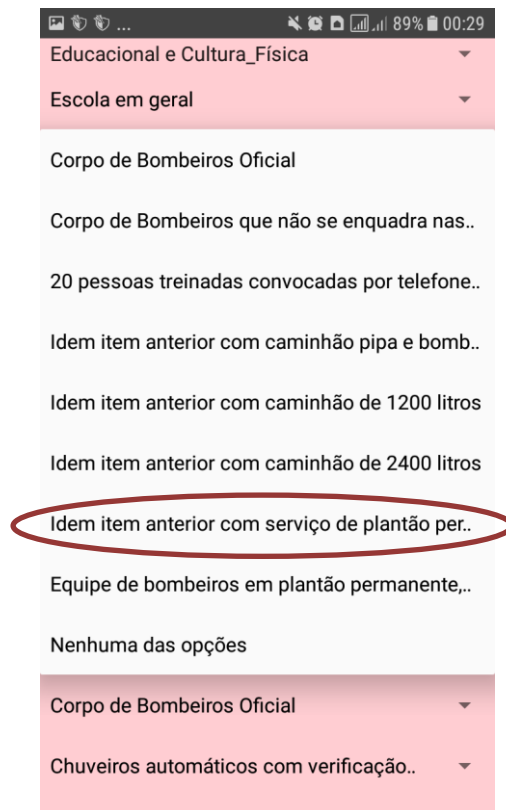


Figura 19 – Determinação do fator s_3
 Fonte: Print da tela do celular.

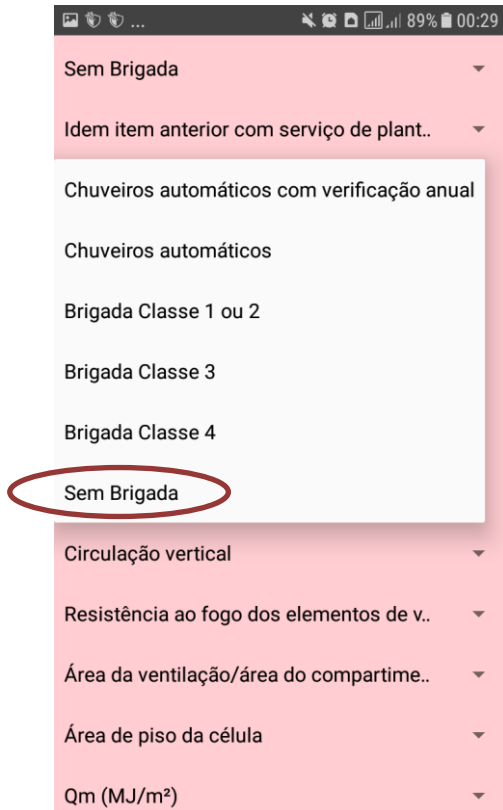


Figura 20 – Determinação do fator s_4
Fonte: Print da tela do celular.

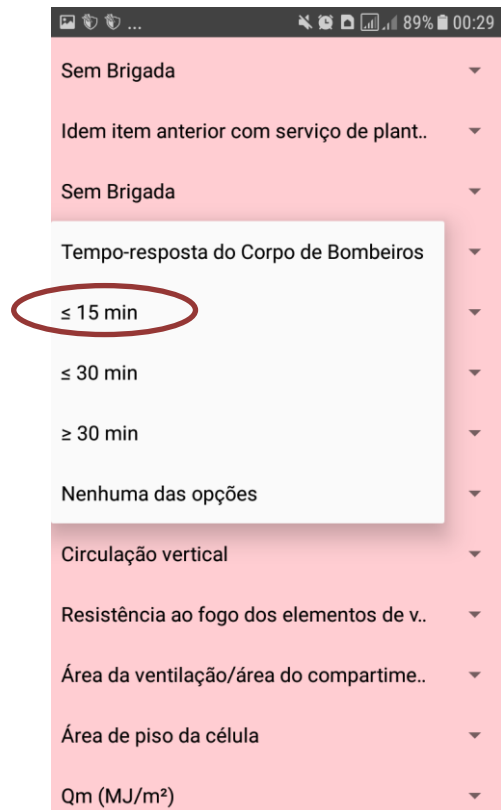


Figura 21 – Determinação do fator s_4
Fonte: Print da tela do celular.

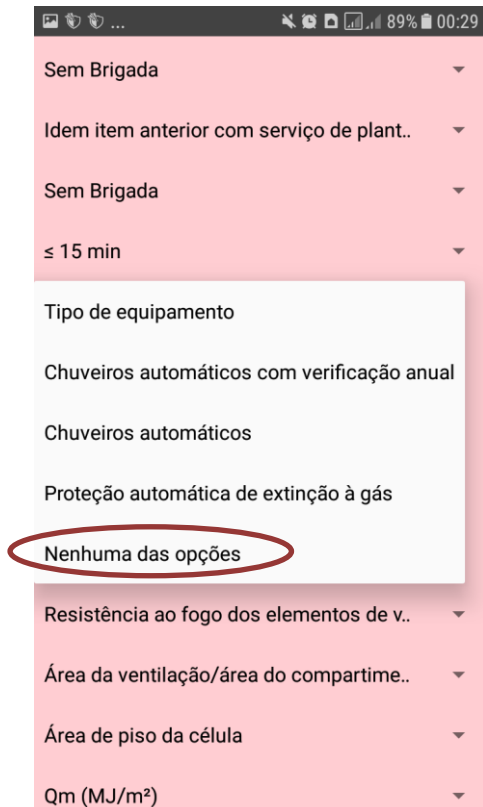


Figura 22 – Determinação do fator s_5
Fonte: Print da tela do celular.

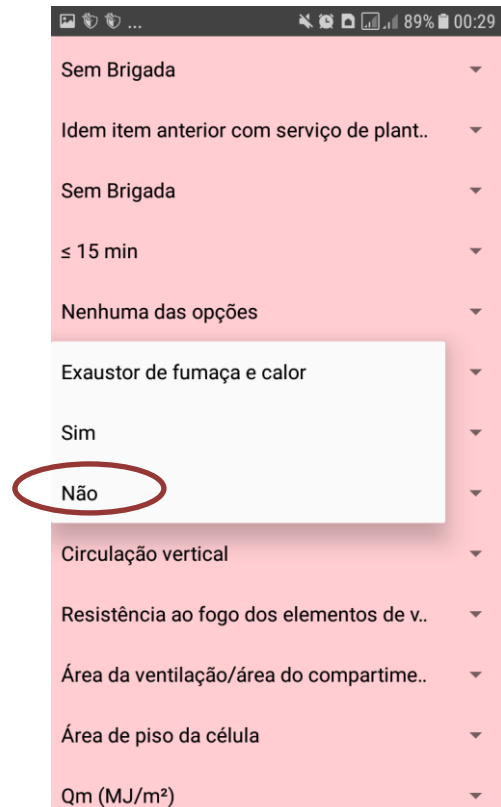


Figura 23 – Determinação do fator s_6
Fonte: Print da tela do celular.

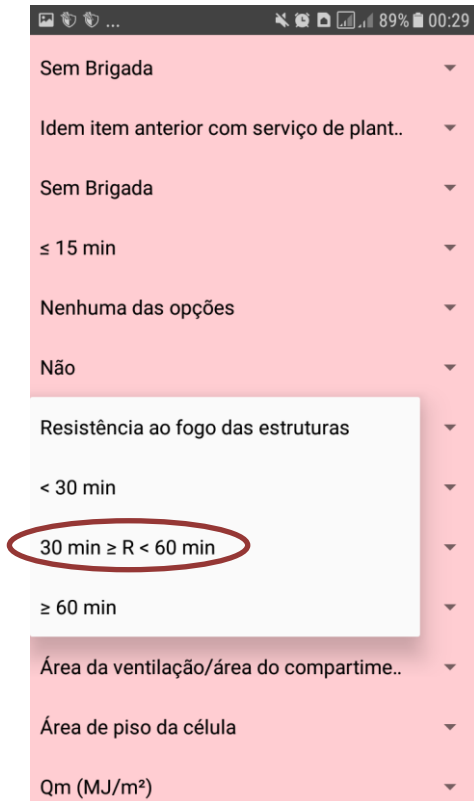


Figura 24 – Determinação do fator e_1
Fonte: Print da tela do celular.

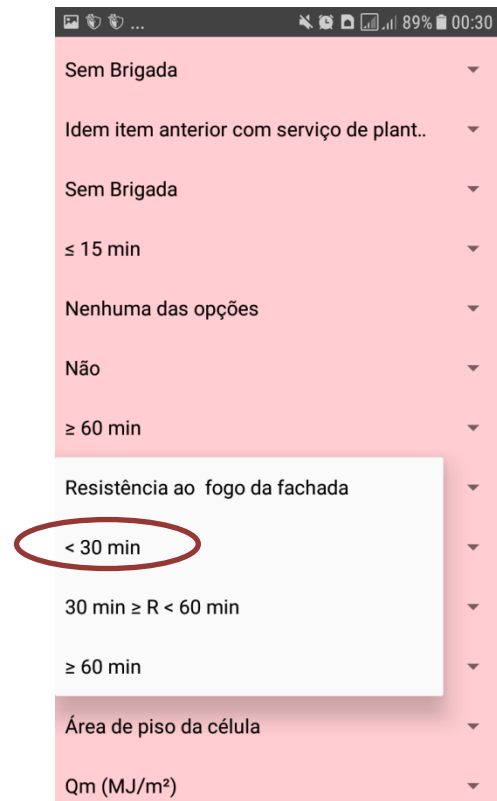


Figura 25 – Determinação do fator e_2
Fonte: Print da tela do celular.

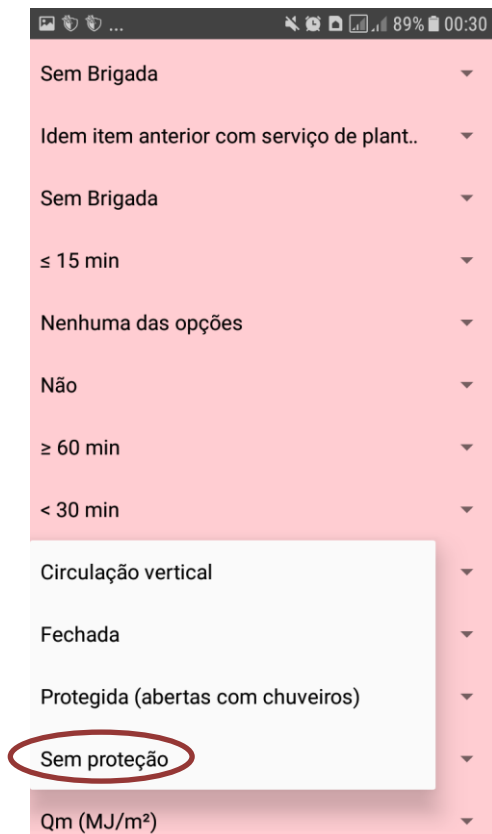


Figura 26 – Determinação do fator e_3
Fonte: Print da tela do celular.

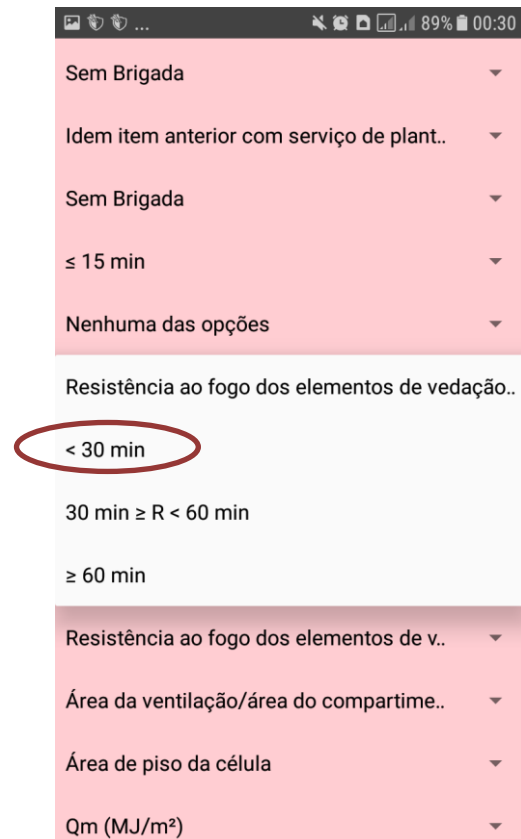


Figura 27 – Determinação do fator e_3
Fonte: Print da tela do celular.

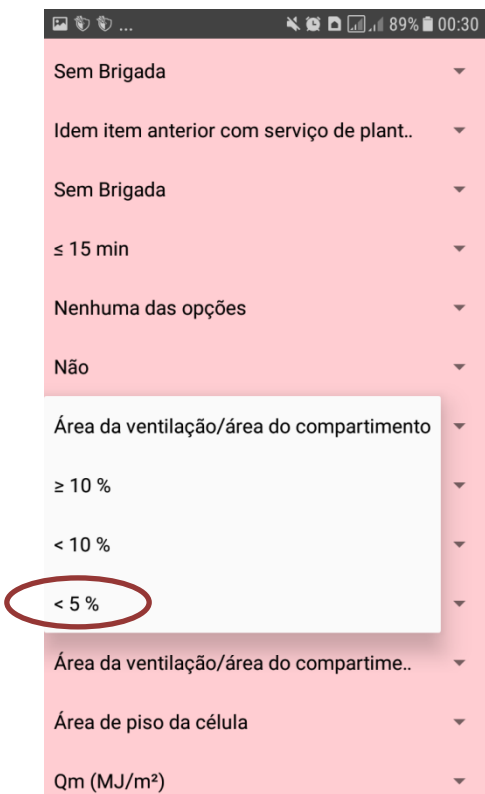


Figura 28 – Determinação do fator e_4
 Fonte: Print da tela do celular.

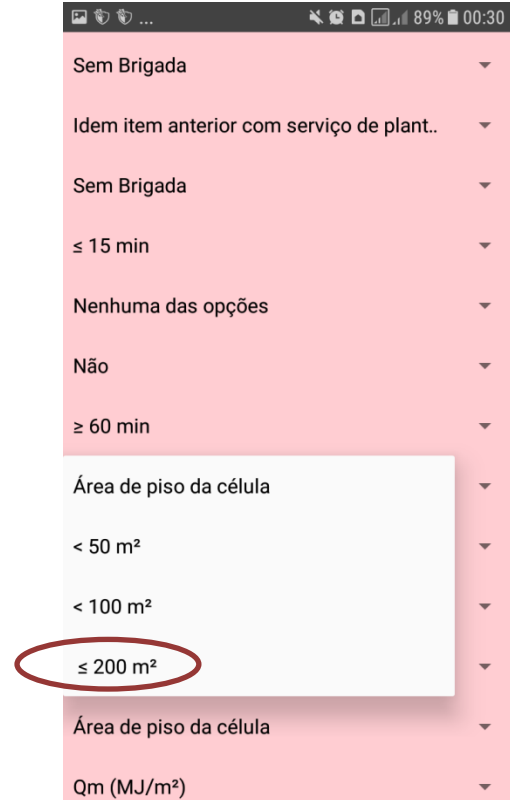


Figura 29 – Determinação do fator e_4
 Fonte: Print da tela do celular.

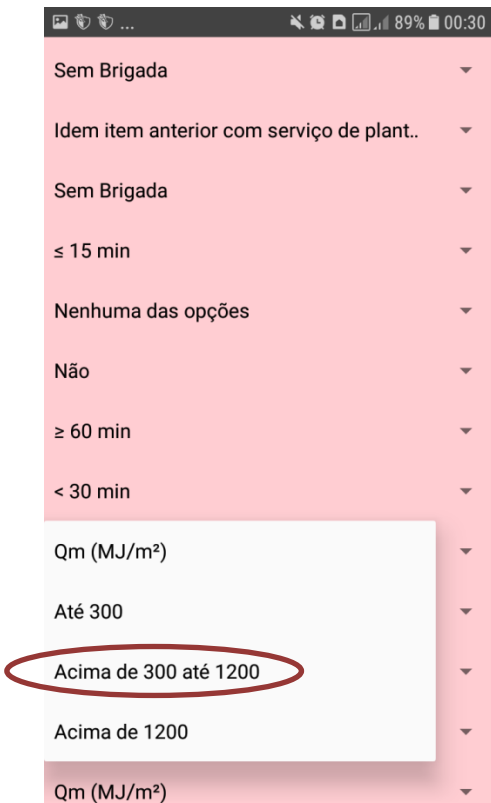


Figura 30 – Determinação do fator q
 Fonte: Print da tela do celular.

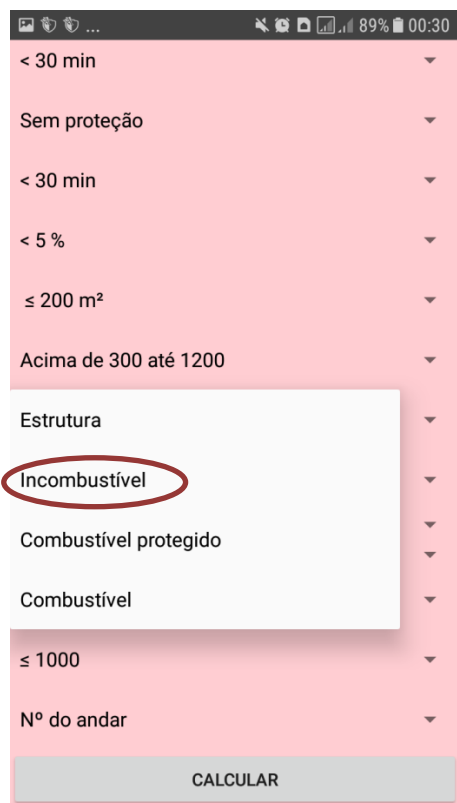


Figura 31 – Determinação do fator i
 Fonte: Print da tela do celular.

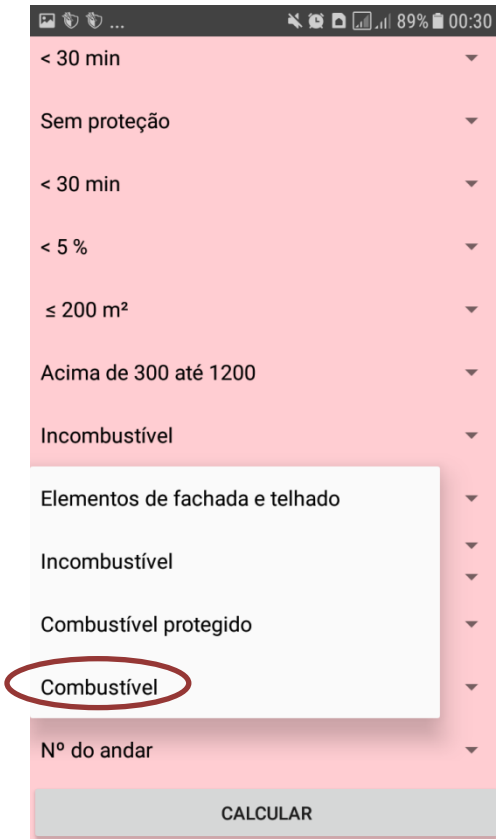


Figura 32 – Determinação do fator i
Fonte: Print da tela do celular.

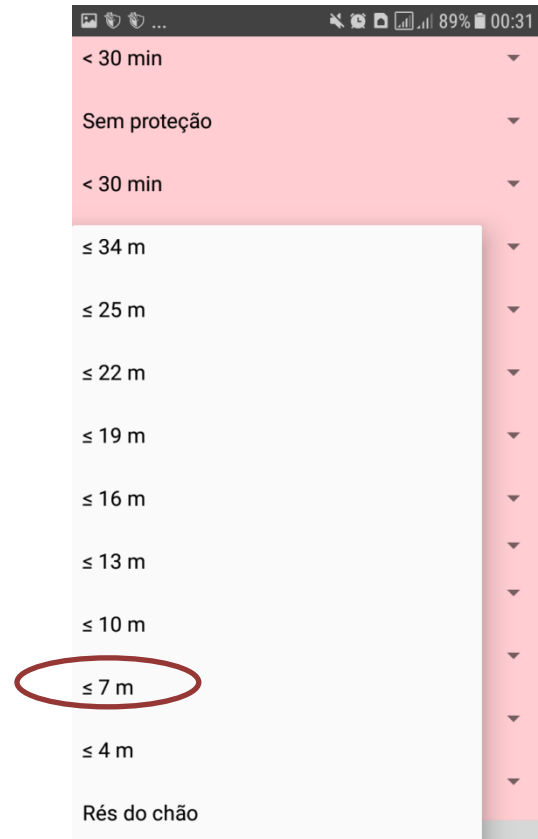


Figura 33 – Determinação do fator h
Fonte: Print da tela do celular.

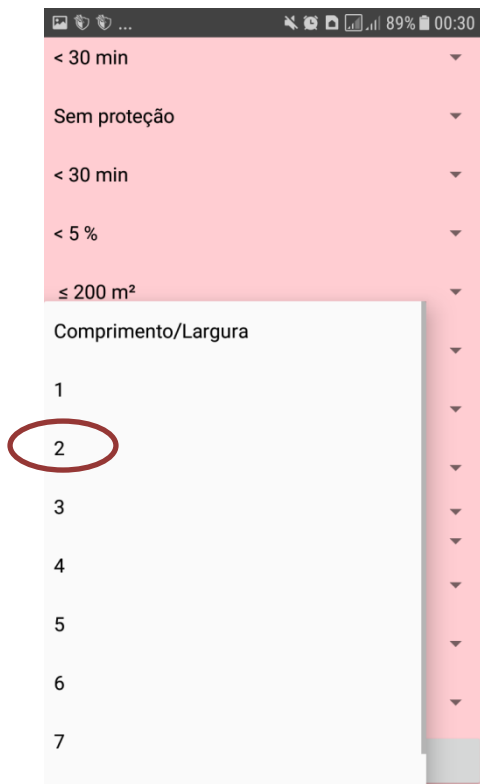


Figura 34 – Determinação do fator a
Fonte: Print da tela do celular.

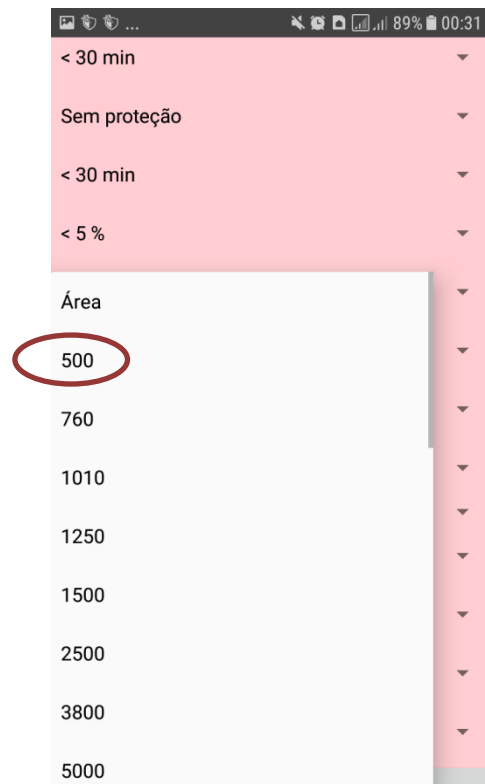


Figura 35 – Determinação do fator a
Fonte: Print da tela do celular.

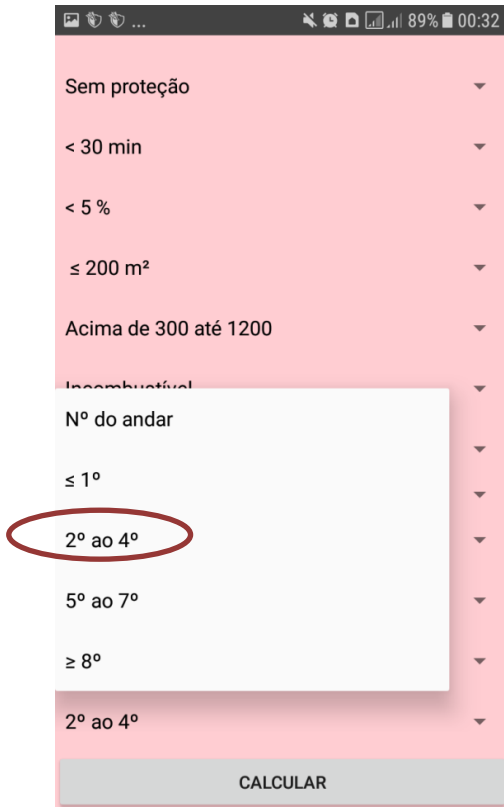


Figura 36 – Determinação do fator de correção m
Fonte: Print da tela do celular.

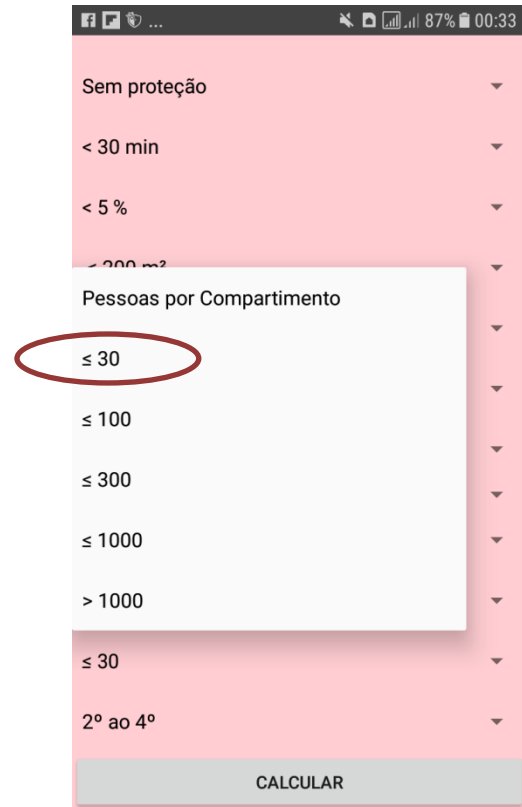


Figura 37 – Determinação do fator de correção m
Fonte: Print da tela do celular.



Figura 38 – Apresentação do resultado
Fonte: Print da tela do celular.

Verifica-se que o resultado obtido com o aplicativo é compatível com o resultado numérico, o edifício em estudo encontra-se inseguro contra incêndio.

6. CONCLUSÃO

Para alcançar os objetivos do trabalho, foram desenvolvidas adaptações no método de Gretener para melhor atender as condições do estado do Tocantins. Em seguida, foi desenvolvido um aplicativo no intuito de integrar o estudo à atualidade.

Foram realizadas as adaptações, entretanto, constatou alguns itens que não foram encontrados nas Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militares do estado do Tocantins, mantendo a versão original do método de Gretener.

Verificou-se na simulação utilizando a metodologia de Gretener e a adaptada que houve uma diferença de 0,33 para o edifício em estudo, que se justifica pela classificação das edificações e pela redução do quadro para obtenção do fator q .

No método adaptado existem fatores que dependem diretamente do tipo de edificação por ocupação, já no original não.

Constatou-se que o resultado obtido pelo aplicativo no teste prático é compatível com o resultado numérico.

A utilização da tecnologia na análise do risco de incêndio em edificações facilitará com o trabalho dos profissionais de engenharia.

Devido ao número expressivo de informações técnicas, é indispensável que o usuário possua conhecimentos de engenharia e de segurança ao incêndio.

7. RECOMENDAÇÕES

Visando agregar conhecimento ao tema pesquisado, recomenda-se o estudo desta adaptação de forma mais detalhada, realizando testes práticos em edificações do estado, para melhor analisar a diferença apresentada entre os métodos. Podendo ainda traçar um novo intervalo para a segurança contra incêndio, classificando de forma hierárquica o risco de incêndio de determinada edificação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos – princípios e diretrizes**. 32 p. 2009.

ANDROID STUDIO. **Guia do usuário**: Conheça o Android Studio. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/index.html?hl=pt-br#features>>. Acesso em: 27 de Outubro de 2017.

BRANDÃO, Mélodie R. **A avaliação da suscetibilidade dos incêndios urbanos: O caso de estudo da Avenida Sousa Cruz em Santo Tirso**. 2012. 204 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Letras, Universidade do Porto, Portugal, 2012.

BRASIL. Lei nº 1787 de maio de 2007. **Segurança contra incêndio e pânico em edificações e áreas de risco no estado do Tocantins**. Palmas – TO, maio 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO TOCANTINS. **Diretoria de Serviços Técnicos**. Disponível em: <<http://distec.bombeiros.to.gov.br/pags/menu/legi/>>. Acesso em: 24 de Outubro de 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO TOCANTINS. **Por um Tocantins mais seguro**. Disponível em: <<http://bombeiros.to.gov.br/>>. Acesso em: 24 de Outubro de 2017.

FAVARIN, Eleusa de V. **Avaliação do risco de incêndio de edificações em conformidade com a legislação de prevenção e proteção contra incêndio do estado do rio grande do sul através do método de Gretener**: Um estudo em uma IES. 2015. 80 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2015.

G1. **Incêndio atinge apartamentos em Criciúma**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/incendio-atinge-apartamentos-em-criciuma.ghtml>>. Acesso em: 16 de Novembro de 2017.

G1. **Incêndio atinge prédio residencial na praia de Iracema em Fortaleza**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ceara/noticia/incendio-atinge-predio-residencial-na-praia-de-iracema-em-fortaleza.ghtml>>. Acesso em: 16 de Novembro de 2017.

G1. **Incêndio destrói casa no centro de Herculândia**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/incendio-destroi-casa-no-centro-de-herculandia.ghtml>>. Acesso em: 16 de Novembro de 2017.

INSTITUTO SPRINKLER BRASIL. **Brasil é o 3º país com o maior número de mortes por incêndio (Newsletter nº5)**. Disponível em: <<http://www.sprinklerbrasil.org.br/imprensa/brasil-e-o-3o-pais-com-o-maior-numero-de-mortes-por-incendio-newsletter-no-5/>>. Acesso em: 27 de Outubro de 2017.

INSTITUTO SPRINKLER BRASIL. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/>>. Acesso em: 27 de Outubro de 2017.

LOPES, Gonçalo A. de S. C. **Risco de incêndio de um edifício complexo**. 2008. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2008.

MACEDO, Mário J. **Ação de formação – avaliação do risco de incêndio: Método de Gretener**. 2009. 43 f. Apostila de aula. Portugal, 2009.

NORMAS TÉCNICAS DO CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DO ESTADO DO TOCANTINS. **NT 02: Terminologias de proteção contra incêndio e pânico**. 42 p. 2010.

NORMAS TÉCNICAS DO CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DO ESTADO DO TOCANTINS. **NT 09: Carga de Incêndio nas Edificações e áreas de risco**. 13 p. 2010.

PISSARRA, Jorge F. L. **Desenvolvimento e implementação numérica de um modelo de análise de risco de incêndio urbano – MARIEE – edifícios comerciais, bibliotecas e salas de espetáculo**. 2014. 277 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2014.

SILVA, Luciano A. da. **Apostila de Android – Programando passo a passo: Programação básica (Versão Android Studio)**. 2015. 195 p. Disponível em: <https://cdn.fbsbx.com/v/t59.2708-21/20505355_1739612269413021_9116569256903835648_n.pdf/apostila-android.pdf?oh=e2132534fec568f5f59aea13dc0a03e4&oe=59F55992&dl=1> Acesso em: 26 de Outubro de 2017.

SILVA, Valdir Pignatta e. **Estruturas de aço em situação de incêndio**. São Paulo: Zigurate, 2001, 249p.

SILVA, Valdir Pignatta e. **Método de avaliação de risco de incêndio em edificações – Método de Gretener**. 2002. 10 p. Artigo - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

SILVEIRA, Maria P. **Avaliação do risco de incêndio em edifícios comerciais**. 2017. 172 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

TI EXPERT.NET. **Java**. Disponível em: <<http://www.tiexpert.net/programacao/java/introducao.php>>. Acesso em: 27 de Outubro de 2017.