



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL – UAEC
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

EMANUEL PEDRO CAVALCANTE SOUSA

**MODELAGEM DE EVACUAÇÃO EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA E PÂNICO
EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS. ESTUDO DE CASO: SHOPPING EDSON DINIZ
EM CAMPINA GRANDE – PB.**

Campina Grande – PB

2020

EMANUEL PEDRO CAVALCANTE SOUSA

**MODELAGEM DE EVACUAÇÃO EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA E PÂNICO
EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS. ESTUDO DE CASO: SHOPPING EDSON DINIZ
EM CAMPINA GRANDE – PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária

Orientadora: Prof.^a Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues

Campina Grande – PB

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL - UAEC
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FOLHA DE APROVAÇÃO

MODELAGEM DE EVACUAÇÃO EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA E PÂNICO EM
EDIFICAÇÕES COMERCIAIS. ESTUDO DE CASO: SHOPPING EDSON DINIZ EM
CAMPINA GRANDE – PB.

Emanuel Pedro Cavalcante Sousa
Orientando

Prof.^a Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues
Orientadora

Prof.^a Dra. Kainara Lira dos Anjos
Examinadora interna

Ms. Roberta Lima de Lucena
Examinadora interna

Campina Grande – PB
2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por todas as graças derramadas nela até hoje. Por ter me dado saúde, força de vontade e coragem para superar todos os desafios, que me proporcionaram chegar até aqui, concluindo o meu curso de graduação.

À minha família, em especial aos meus pais Melquíades Pedro e Lenilda Cavalcante por todo amor, apoio, cuidado e força. Meus pais, obrigado por todo o esforço, todas as renúncias, dedicação, ensinamentos e educação que destes, fazendo de mim o homem que sou e o profissional que estou me tornando. Essa conquista é de vocês e para vocês! Não posso deixar de agradecer também aos meus irmãos que estiveram sempre na torcida, em especial ao meu irmão Sávio Pedro por todo companheirismo, todos os aprendizados, conselhos e oportunidades que me deste para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus tios Orlando Brindeiro e Filomena Lúcia e prima Ana Clara que me acolheram, cuidaram e tiveram todo o carinho quando estive longe de casa. Obrigado pela torcida e por todas as demonstrações de carinho!

Agradecer também pelos meus tios Ozair Filho, Janilene Fernandes e primos Simone Fernandes e Matheus Fernandes por me acolherem, me apoiaram e me incentivaram nesses últimos anos em Campina Grande. Sou imensamente grato a vocês.

A todos meus amigos por todo apoio, ajuda, força, cuidado, carinho, cumplicidade, por compartilhar todos os momentos de alegrias e angústias, e por estarem sempre dispostos a estender a mão quando eu mais precisava. Seria inviável citar cada um aqui, que apesar de poucos, são verdadeiros. E aos meus futuros colegas de profissão, que dividiram esses últimos anos, obrigado por todo aprendizado, conhecimento compartilhado, momentos de alegrias e descontração. A caminhada não teria sido a mesma sem vocês. Vocês também fazem parte dessa conquista!

Aos mestres, por toda dedicação, todos os ensinamentos, conhecimentos transmitidos ao longo desses anos. Em especial, queria agradecer à minha orientadora, a Professora Andréa Carla, que com toda a sua paciência, dedicação e atenção, fez com que esse trabalho se tornasse concreto. Tenho certeza que ele não teria sido um terço do que é sem a sua mão. Obrigado pelos conselhos, direcionamentos e gestos de carinho. Tenho uma enorme admiração pela excelente profissional que és.

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de concluir o curso de Engenharia Civil.

A toda a equipe do Eco Premium Residence, em especial ao Engenheiro Civil Bianchine Feitosa, pela receptividade e oportunidade que me possibilitaram ganhar grandes experiências profissionais, ajudando a enriquecer meus conhecimentos práticos e técnicos com o estágio ao longo de todo o ano de 2020.

E, por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram para chegar até aqui e para obter êxito neste trabalho.

RESUMO

Os diversos acontecimentos de incêndio ocorridos, ao longo dos anos, no Brasil e no Mundo, contribuíram para a elaboração de normas reguladoras cada vez mais rigorosas e que tem como objetivo principal nortear a construção de edificações seguras e que garantam a integridade física dos seus ocupantes e dos bens ali existentes. Diante da importância da temática, neste trabalho foi feita uma avaliação dos riscos potenciais de incêndio e pânico em uma edificação pública e comercial na cidade de Campina Grande – PB. O shopping popular Edson Diniz, objeto de estudo, além de ser um local com grande variedade de materiais potencialmente combustíveis (tecidos, papéis, materiais eletrônicos, entre outros), apresenta uma grande movimentação diária de pessoas, principalmente em finais de semana e feriados. A metodologia da pesquisa foi dividida em duas etapas: diagnóstico e modelagem. Na etapa de diagnóstico foi feito o levantamento dos riscos de incêndio da edificação a partir de dados coletados *in loco* e através de projetos disponibilizados pelo IPSEM (Instituto de Previdência do Servidor Municipal), órgão municipal responsável pela administração, juntamente com a Associação dos Comerciantes do shopping, que trouxeram discussões acerca da atual situação do estabelecimento, analisando irregularidades e propondo melhorias de segurança para o mesmo. Na etapa de modelagem foram realizadas simulações para diferentes cenários populacionais, utilizando o software *Pathfinder*, no modo de evacuação *Steering*, que retrata a dinâmica de abandono levando em consideração o comportamento humano em situações de risco. Em relação ao diagnóstico, os resultados mostraram que apesar dos equipamentos de combate existentes, instalados após um princípio de incêndio ocorrido em 2014, a edificação ainda apresenta vários elementos de risco que precisam ser corrigidos principalmente relacionados a larguras irregulares de escadas de emergência e corredores entre lojas, tipo de escada, ausência de iluminação de emergência, subdimensionamento de brigada de incêndio e fiscalização mais efetiva da obstrução dos equipamentos de combate. Os resultados da modelagem confirmaram a inadequação das larguras das escadas mostrando, justamente nesses pontos, a presença de congestionamentos e gargalos durante os processos de evacuação simulados. Por fim, concluiu-se que deve ser realizada uma melhoria em relação as instalações físicas da edificação objetivando o aumento da segurança dos lojistas e clientes; a fiscalização mais efetiva do corpo de bombeiros para o cumprimento das legislações vigentes; e uma conscientização dos comerciantes em relação ao cumprimento das condições de ocupação.

Palavras chave: Evacuação, Edificações comerciais, Segurança, Modelo computacional.

ABSTRACT

The various fire events that have occurred over the years in Brazil and in the World have contributed to the development of increasingly stringent regulatory standards and whose main objective is to guide the construction of safe buildings that guarantee the physical integrity of their occupants and the assets there. In view of the importance of the theme, this work made an assessment of the potential risks of fire and panic in a public and commercial building in the city of Campina Grande - PB. The popular shopping mall Edson Diniz, object of study, in addition to being a place with a wide variety of potentially combustible materials (fabrics, papers, electronic materials, among others), presents a great daily movement of people, mainly on weekends and holidays. The research methodology was divided into two stages: diagnosis and modeling. In the diagnostic stage, the building's fire risks were surveyed based on data collected on the spot and through projects made available by IPSEM (Municipal Social Security Institute), the municipal agency responsible for administration, together with the Association of Merchants shopping, which brought discussions about the current situation of the establishment, analyzing irregularities and proposing security improvements for the same. In the modeling stage, simulations were performed for different population scenarios, using the Pathfinder software, in Steering evacuation mode, which depicts the abandonment dynamics taking into account human behavior in risk situations. Regarding the diagnosis, the results showed that despite the existing combat equipment, installed after a fire started in 2014, the building still presents several risk elements that need to be corrected mainly related to irregular widths of emergency stairs and corridors between stores, type of stairs, absence of emergency lighting, undersizing fire brigades and more effective monitoring of obstruction of combat equipment. The modeling results confirmed the inadequacy of the stair widths, showing, precisely at these points, the presence of congestion and bottlenecks during the simulated evacuation processes. Finally, it is concluded that an improvement should be made in relation to the building's physical facilities, aiming at increasing the security of tenants and customers; the more effective inspection of the fire brigade to comply with current legislation; and an awareness of traders in relation to the fulfillment of occupation conditions.

Keywords: Evacuation, Commercial buildings, Security, Computational model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de uma vista 3D utilizada no Pathfinder.	30
Figura 2: Localização geográfica do município de Campina Grande no estado da Paraíba. ...	32
Figura 3: Vistas do Shopping Centro Edson Diniz.	34
Figura 4: Croquis das Plantas Baixas dos Pavimentos Subsolo, Térreo, 1º Pavimento e 2º Pavimento.	35
Figura 5: Presença de hidrantes, extintores, alarme de incêndio e placas de sinalização ao longo do estabelecimento.	36
Figura 6: Plantas Baixas do Shopping Edson Diniz introduzidas no Pathfinder.	39
Figura 7: Vistas do Shopping Edson Diniz no Pathfinder.	40
Figura 8: Fluxograma das etapas realizadas ao longo da pesquisa.	44
Figura 9: Presença de obstáculos em hidrantes e extintores ao longo da edificação.	46
Figura 10: Presença de obstáculos em corredores e avanço de áreas destinadas aos lojistas ao longo do estabelecimento.	48
Figura 11: Escada do tipo não enclausrada (aberta).	50
Figura 12: Presença de elevada quantidade de materiais expostos em lojas.	51
Figura 13: Gráfico da relação número de ocupantes versus tempo de evacuação para o Cenário A.	54
Figura 14: Simulação de evacuação dos ocupantes no Cenário A.	55
Figura 15: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do subsolo ao longo da modelagem no Cenário A.	57
Figura 16: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do pavimento térreo ao longo da modelagem no Cenário A.	58
Figura 17: Gráfico da relação número de ocupantes versus tempo de evacuação para o Cenário B.	61
Figura 18: Simulação de evacuação dos ocupantes no Cenário B.	62
Figura 19: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do subsolo ao longo da modelagem no Cenário B.	64
Figura 20: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do pavimento térreo ao longo da modelagem no Cenário B.	64
Figura 21: Gráfico da relação número de ocupantes versus tempo de evacuação para o Cenário C.	66
Figura 22: Simulação de evacuação dos ocupantes no Cenário C.	67
Figura 23: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do subsolo ao longo da modelagem no Cenário C.	69
Figura 24: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do pavimento térreo ao longo da modelagem no Cenário C.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais incêndios ocorridos em ambientes comerciais no Mundo.	17
Quadro 2: Principais incêndios ocorridos em ambientes comerciais no Brasil.	18
Quadro 3: Principais incêndios ocorridos em ambientes comerciais no estado da Paraíba....	19
Quadro 4: Classificação dos tipos de edificações comerciais e a aplicabilidade de sistemas segundo a NBR 13714/00.....	22
Quadro 5: Classificação dos tipos de edificações comerciais quanto a ocupação ou uso segundo a NT CBMPB 04/13.	23
Quadro 6: Tipos de escadas de emergência por ocupação segundo a NT 12/15.	25
Quadro 7: Tipos de cenários utilizados na modelagem com suas características.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de dimensionamento de saídas de emergência segundo a NBR 9077/01 e a NT 12/15 do CBMPB.....	24
Tabela 2: Número de saídas e tipos de escadas utilizadas em cada edificação segundo a NBR 9077/01.....	25
Tabela 3: Composição da brigada de incêndio por pavimento ou compartimento em estabelecimentos comerciais.....	27
Tabela 4: Características da edificação estudada.....	37
Tabela 5: Dados de dimensionamento de saídas de emergência segundo a NBR 9077/01 e NT CBMPP 12/15.....	38
Tabela 6: Parâmetros utilizados no Pathfinder.....	41
Tabela 7: População dimensionada para cada pavimento do Cenário A.....	52
Tabela 8: Saídas de emergências dimensionadas para os pavimentos do Cenário A.....	53
Tabela 9: Desempenho de evacuação no Cenário A.....	54
Tabela 10: População dimensionada para cada pavimento do Cenário B.....	59
Tabela 11: Saídas de emergências dimensionadas para cada tipo nos pavimentos do Cenário B.....	60
Tabela 12: Desempenho de evacuação no Cenário B.....	61
Tabela 13: População dimensionada para cada pavimento do Cenário C.....	65
Tabela 14: Saídas de emergências dimensionadas para cada tipo nos pavimentos do Cenário C.....	66
Tabela 15: Desempenho de evacuação no Cenário C.....	67

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BAN	Bangladesh
CBMPB	Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba
<i>D</i>	Densidade
EP	Escadas Protegidas
EUA	Estados Unidos da América
FDS	Fire Dynamics Simulator
H	Altura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBS	Instituto Sprinkler Brasil
IESVE	Integrated Environmental Solutions Virtual Environmental
IPSEM	Instituto de Previdência do Servidor Municipal
NBR	Norma Técnica Brasileira
NE	Escada Não Enclausurada
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NT	Norma Técnica
PAR	Paraguai
PB	Paraíba
PF	Escada à Prova de Fumaça
PPCI	Projeto de Prevenção e Combate à Incêndio
RS	Rio Grande do Sul
s	Segundos
SC	Santa Catarina
SFPE	Sociedade de Engenheiros de Proteção Contra Incêndio
SP	São Paulo
<i>v</i>	Velocidade média

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos.....	16
<i>1.1.1 Objetivo geral</i>	<i>16</i>
<i>1.1.2 Objetivos específicos</i>	<i>16</i>
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Histórico de Incêndio em Ambientes Comerciais.....	16
<i>2.1.2 Incêndios comerciais registrados na Paraíba.....</i>	<i>18</i>
2.2 Comportamento Humano em situações de pânico	20
2.3 Exigências legais e o projeto de incêndio em ambientes comerciais segundo as normas técnicas nacionais e estaduais	21
<i>2.3.1 Hidrantes</i>	<i>22</i>
<i>2.3.2 Extintores.....</i>	<i>23</i>
<i>2.3.3 Saídas de Emergência.....</i>	<i>24</i>
<i>2.3.4 Sinalização de emergência</i>	<i>26</i>
<i>2.3.5 Brigada de Incêndio</i>	<i>26</i>
<i>2.3.6 Iluminação de Emergência</i>	<i>27</i>
2.4 Estudo da análise de risco utilizando modelagem computacional	28
<i>2.4.1 Simulação computacional utilizadas em métodos de análise de risco quantitativos</i>	<i>29</i>
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	31
3.1 Caracterização da área de estudo	31
<i>3.1.1 O município de Campina Grande – PB.....</i>	<i>31</i>
<i>3.1.2 O Shopping Edson Diniz.....</i>	<i>33</i>
3.2 Coleta de dados	34
<i>3.2.1 Cálculo da população.....</i>	<i>37</i>
3.3 Modelagem matemática	39
<i>3.3.1 Modelagem da edificação usando o software Pathfinder</i>	<i>39</i>
<i>3.3.2 Dados comportamentais do modelo</i>	<i>40</i>
3.4 Cenários propostos para a simulação	41

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1 Resultados do Diagnóstico	44
4.1.1 <i>Hidrantes e Extintores</i>	44
4.1.2 <i>Sinalização, Iluminação de emergência e Brigada de incêndio.....</i>	46
4.1.3 <i>Saídas de emergência</i>	47
4.1.3 <i>Cargas de Incêndio.....</i>	50
4.2 Resultados das Simulações.....	51
4.2.1 <i>Cenário A.....</i>	51
4.2.2 <i>Cenário B.....</i>	59
4.2.3 <i>Cenário C.....</i>	65
5. CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

Na pré-história, o fogo era utilizado pelo homem em diversas atividades como a preparação de alimentos, utilização no trabalho e como fonte de iluminação e aquecimento. Com o passar do tempo, esse elemento foi se tornando cada vez mais essencial na vida cotidiana da humanidade no desenvolvimento de novos equipamentos e novas técnicas (GOMES, 2014).

Segundo Brentano (2015) o fogo é uma reação química denominada combustão que ocorre com a oxidação rápida do material combustível, oxigênio do ar e uma fonte de calor, gerando chamas, gases, fumaça e outros resíduos. Porém em algumas situações o fogo pode sair do controle provocando incêndios e, conseqüentemente, danos materiais e ambientais, devido a sua intensa capacidade de destruir, além de riscos à saúde humana, como queimaduras, irritação nos olhos, lesões no sistema respiratório e, em casos mais graves, levar a morte (GOMES, 2014).

Atualmente, uma variedade de normas e leis devem ser seguidas para garantir a prevenção e o combate a incêndios em edificações. Entretanto, antes que o normativo legal fosse criado e vigorasse, muitas tragédias ocorrerem e muitas vidas foram perdidas, vítimas de incêndios, em todo o mundo. No Brasil, apesar do rigor das normas, muitos casos de incêndio ainda acontecem alertando para a grande importância dos projetos de prevenção e combate.

A prevenção contra incêndio é de grande importância para toda a sociedade. Não é dever apenas dos profissionais da área, como engenheiros, arquitetos, bombeiros e agentes de saúde, buscar conhecimentos acerca do assunto. Treinamentos dos usuários para utilização de forma correta de equipamentos de combate a incêndio nas edificações, como extintores e hidrantes, devem ser realizados e conhecimentos básicos sobre os riscos do fogo, riscos elétricos, de produtos químicos e qualquer material que seja passível de combustão, perigos, procedimentos de emergência e rotas de fuga devem ser repassados (FERIGOLO, 1997 apud CHIERIGHINI, 2019).

Os riscos de incêndio podem variar dependendo do tipo de uso da edificação. Os ambientes comerciais, por exemplo, além da carga de incêndio que está diretamente associada aos produtos estocados, ainda apresentam como característica o trânsito diário de um elevado número de pessoas. Apesar do risco inerente a esse tipo de ocupação, muitas vezes, as exigências legais de prevenção e combate a incêndio são minimizadas e/ou descumpridas.

A consequência é que grandes incêndios em ambientes comerciais vêm ocorrendo nos últimos anos. Segundo a *National Fire Protection Association* (NFPA) mais de 3.300 incêndios, nos EUA, surgem em escritórios todos os anos, contabilizando 86% destes em escritórios comerciais. Materiais inflamáveis e combustíveis são a principal razão pela qual o fogo se espalha em prédios comerciais. Outros fatores comuns incluem equipamento elétrico, eletrônico e de iluminação (CAMPBELL, 2013).

No Brasil a realidade não é muito diferente, em 2018 o Instituto Sprinkler Brasil – IBS que monitora as informações sobre incêndios no país, contabilizou 531 ocorrências de incêndio estruturais noticiadas pela imprensa. Dentre as diferentes categorias de estruturas, a que registrou o maior número de notícias foram os estabelecimentos comerciais (lojas, shopping centers e supermercados), com 190 registros (ISB, 2018).

Diante de um cenário tão preocupante e considerando o avanço da ciência do fogo e da capacidade de processamento dos computadores, observou-se nas últimas décadas uma evolução dos modelos matemáticos, a exemplo dos modelos computacionais de abandono que são capazes de simular eventos críticos permitindo avaliar o comportamento humano em situações de risco e propor alternativas para aumentar a segurança dos ocupantes das edificações, servindo assim, como ferramentas de apoio da decisão.

Segundo Ono (2010) os modelos computacionais de abandono são ferramentas de uso crescente da engenharia de segurança contra incêndio. A partir deles pode-se verificar quais locais dentro de uma edificação são mais susceptíveis a congestionamentos, facilitando assim a análise local e reduzindo os problemas de evacuações em situações de emergência e pânico, principalmente em edificações com grande circulação de pessoas.

O shopping Edson Diniz, localizado na cidade de Campina Grande, interior da Paraíba é um estabelecimento comercial que recebe diariamente um grande número de pessoas. Instalado em um prédio antigo, com vários problemas estruturais e com manutenção precária, já houve registro de incêndio em 2014 após o qual algumas melhorias foram feitas. Apesar disso, o risco de incêndio é constante e pode ser potencializado pela grande diversidade de materiais existentes no local. Assim, essa pesquisa visa colaborar, a partir do uso de um modelo computacional de abandono, com informações relevantes que permitam a evacuação segura dos ocupantes da edificação em uma situação de pânico, ocasionada ou não por um incêndio e a

redução do risco de incêndio por meio da avaliação das medidas de prevenção e combate existentes neste estabelecimento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar os riscos potenciais de incêndio e pânico em uma edificação comercial na cidade de Campina Grande – PB.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a segurança contra incêndio do Shopping Edson Diniz a partir do diagnóstico e caracterização dos elementos de proteção ativa e passiva existentes no local;
- Realizar um estudo da dinâmica de evacuação da população usuária do shopping durante um evento de risco utilizando modelagem computacional;
- Propor soluções viáveis de melhoria de segurança com base no diagnóstico e na avaliação dos pontos críticos de risco identificados por meio da modelagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico de Incêndio em Ambientes Comerciais

Um incêndio pode se dar em diversos ambientes, sejam urbanos, como habitações, edifícios, áreas de lazer ou de estudos, hospitais, comércios, monumentos históricos, entre outros, ou rurais, sendo mais conhecido como florestal.

Os estabelecimentos comerciais são ambientes que historicamente estão listados como alvos de incêndios. Desde o século XX, muitas tragédias e uma elevada quantidade de mortes foram provocadas por esse fenômeno tanto no cenário internacional quanto nacional.

O Quadro 1 apresenta alguns dos principais casos de incêndio em ambientes comerciais no Mundo, trazendo os principais fatos ocorridos em cada um deles.

Quadro 1: Principais incêndios ocorridos em ambientes comerciais no Mundo.

Local do Incêndio e ano de ocorrência do evento	Descrição do Incêndio	Fonte
Fábrica da <i>Triangle Shistwaist</i> (1911) – Nova York (EUA)	Causou a morte de 141 trabalhadores, entre mulheres, crianças e adolescentes, de um total de 500 pessoas que estavam presentes no local. Essa tragédia, em seguida, deu forças para os direitos das mulheres e foi o marco inicial para a temática de incêndios em ambientes comerciais.	Blaschkauer (2009)
Supermercado <i>Ycuá Bolaños</i> (2004) – Assunção (PAR)	É considerado a maior tragédia da história contemporânea do país. Foram totalizados 400 mortos e 600 feridos.	Seito et al (2008)
Edifício de 15 andares (2017) – Teerã (IRÃ)	O edifício que abrigava um centro comercial e ateliês têxteis foi totalmente esvaziado pelas pessoas que frequentavam o local, mas em seguida, entrou em colapso quando dezenas de bombeiros tentavam combater o fogo, provocando a morte de 30 profissionais.	RODRIGUES (2017)
Edifícios comerciais (2019) – Daca (BAN)	Em fevereiro do referido ano, mais de 70 pessoas morreram em um incêndio que se espalhou por lojas de produtos químicos em uma área antiga da cidade. Um mês depois, em março, um incêndio de grandes proporções atingiu um edifício comercial numa avenida movimentada da cidade, deixando 19 mortos e 25 feridos.	QUADIR (2019)

Fonte: Autoral.

No Brasil, o histórico de incêndios em ambientes comerciais se concentra, principalmente, nos estados das regiões Sul e Sudeste do país. No Quadro 2 estão apresentados os principais casos de incêndios nesses ambientes no país.

Quadro 2: Principais incêndios ocorridos em ambientes comerciais no Brasil.

Local do Incêndio e ano de ocorrência do evento	Descrição do Incêndio	Fonte
Edifício Andraus (1972) – São Paulo (SP)	Provocou a morte de 16 pessoas e centenas foram resgatadas por helicóptero, já que a rápida propagação do fogo impossibilitou o uso de escadas de emergência no edifício de 32 andares.	Seito et al (2008)
Edifício Joelma (1974) – São Paulo (SP)	Entrou para a história do maior ocorrido na capital paulista, deixando 187 mortos e mais de 300 feridos.	Seito et al (2008)
Lojas Americanas (1973) – Porto Alegre (RS)	Provocou a morte de 5 funcionárias do estabelecimento.	FREIRE (2009)
Lojas Renner (1976) – Porto Alegre (RS)	Localizada em um edifício com 10 andares, com lojas e restaurantes, totalizando 41 mortos e 65 feridos.	FREIRE (2009)
Mercado Público de Porto Alegre (1912, 1976, 1979 e 2013)	Foi alvo de 4 incêndios e no mais recente foram necessários reforços do Corpo de Bombeiros de outras cidades e felizmente não houve vítima fatal.	Truda e Diniz (2013)
Centro Comercial na rodovia SC-401 (2016) - (Florianópolis -SC)	O fogo possivelmente tem se iniciado na central de ar-condicionado do prédio, onde cerca de 300 pessoas estavam no local, mas nenhuma morte foi registrada.	G1 Santa Catarina (2016)
Boxes de Comércio na fronteira do Brasil com o Paraguai (2017)	O fogo iniciou no lado paraguaio e as chamas se alastraram para a parte do comércio brasileiro em Ponta Porã (MS). Os comerciantes de ambos os países, juntamente com o Corpo de Bombeiros, tentaram controlar as chamas que atingiram cerca de 250 barracas que forma construídas em parceria com os governos dos dois países.	TV Morena, 2017

Fonte: Autoral.

2.1.2 Incêndios comerciais registrados na Paraíba

A Paraíba também apresenta histórico de incêndios em ambientes comerciais. A maioria deles se concentram nas cidades da Grande João Pessoa e em Campina Grande. Os principais casos estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Principais incêndios ocorridos em ambientes comerciais no estado da Paraíba.

Local do Incêndio e ano de ocorrência do evento	Descrição do Incêndio	Fonte
Loja Esplanada (2008) – Campina Grande (PB)	Foi o primeiro grande incêndio comercial registrado no estado. Devido à ausência de hidrantes na edificação, houve dificuldade para controlar o incêndio sendo necessário reforço do Corpo de Bombeiros de outras cidades.	Jornal da Paraíba (2008)
Shopping Popular Edson Diniz (2014) – Campina Grande (PB)	O sinistro iniciou-se no 1º andar do prédio e aconteceu em um dia de domingo enquanto o prédio estava fechado, havendo apenas danos materiais. Dez lojas foram atingidas, sendo quatro delas totalmente destruídas. Não haviam instalações de extintores e a rede de hidrante estava sem água, o que dificultou a controle do fogo pela equipe do Corpo de bombeiros.	G1 Paraíba (2014)
Supermercado Pão de Açúcar (2014) – João Pessoa (PB)	Um total de 24 pessoas foram socorridas, vítimas de intoxicação. Além disso, moradores da redondeza tiveram o fornecimento de energia interrompidos por várias horas.	Paraíba Total (2014)
Feira de Artesanato (2018) – João Pessoa (PB)	O sinistro foi provocado por dois adolescentes que tentavam roubar mercadorias. Apesar de não ter registrado feridos, houve grande perda de bens materiais por parte dos comerciantes	Lucena e Alves (2018)
Dois galpões na BR-230 (2019) – Cabedelo (PB)	Foram parcialmente destruídos por incêndios possivelmente causados por oscilações na rede elétrica. Não houve vítimas, mas parte dos materiais foram atingidos pelas chamas.	G1 Paraíba (2019)
Parque do Povo (2018) – Campina Grande (PB)	O fogo deixou 24 barracas e 6 quiosques destruídos. O fogo teve início com a troca de um botijão de gás, mas o Corpo de Bombeiros conseguiu controlar as chamas e apenas duas pessoas ficaram levemente feridas.	GOMES V. R. (2019)
Supermercado no Bairro da Liberdade (2018) – Campina Grande (PB)	Um grupo fortemente armado arrombou, durante a madrugada, um supermercado e tentou explodir o cofre provocando um grande incêndio que destruiu totalmente o local, inaugurado cerca de 3 meses antes, deixando um grande prejuízo material, porém sem vítimas fatais.	Paraíba Agora (2018)
Barraca de lanches na Central de Aulas da UEPB (2019) - Campina Grande (PB)	A barraca foi atingida por um incêndio deixando-a totalmente destruída e a comerciante ferida. A possível causa foi um vazamento no botijão de gás de cozinha.	LIRA (2019)

Fonte: Autoral.

Após serem citadas tantas situações de incêndios em ambientes comerciais, percebe-se o quanto esse tipo de edificação necessita de uma maior atenção. Em muitas ocasiões os incidentes acontecem devido a fatores como: desrespeito as exigências legais, inexistência de projetos de prevenção e combate a incêndio e pânico, fiscalização insuficiente e equipamentos sem funcionamento adequado.

2.2 Comportamento Humano em situações de pânico

Cada pessoa tem a sua personalidade, forma de agir e pensar individualizada a cada situação. Entretanto, ocorrendo a ampliação no número de pessoas, suas personalidades se fundem e um novo organismo com características e comportamentos próprios surge. Porém, frente a imprevistos, esse “novo organismo” pode proporcionar situações indesejadas e perigosas (SOUZA, 2013).

Estudos publicados no *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, mostram que as pessoas mudam de comportamento de acordo com as suas expectativas em relação ao comportamento dos outros, como em situação de desafio. O comportamento não cooperativo em situações de pânico provém da percepção das pessoas a respeito da situação da sua expectativa do que poderá ocorrer. Constantemente os participantes interagem entre si e mudam de opinião sobre o que fazer, que direção tomar ou mesmo a velocidade adotada (Mintz, 1951 apud Oliveira, 2014).

Ferreira (2007) cita que os riscos de emergência podem ter sua origem natural, tecnológica e social. Para o risco natural pode-se citar o incêndio florestal, descarga atmosférica, inundações e sismo, por exemplo. Incêndio ou explosão em um edifício, derrame de substâncias perigosas, fuga de combustível ou gás estão enquadrados na origem tecnológica dessas situações, enquanto que para os riscos sociais estão enquadradas ameaças de bombas, roubos, vandalismos, entre outros.

Diante dessas situações, cabe a cada indivíduo tomar suas decisões levando em consideração os fatores internos de comportamento e os fatores externos, aqueles presentes em seus ambientes que o auxiliam a tomar tal ação. Reis (2014) confirma que os aspectos que influenciam a evacuação em edifícios estão relacionados tanto ao comportamento humano, quanto as características físicas do edifício e suas metodologias passíveis de adotar para a gestão da emergência.

Segundo Paiva et al (2009) os principais fatores envolvidos na decisão humana estão ligados ao seus sentimento e emoções. Shields (2000 apud Oliveira, 2014) com base na análise de vários exercícios de evacuação em quatro hipermercados da Inglaterra, verificou que em caso de evacuação 28 a 50% dos clientes procuram os seus acompanhantes e, só saem do edifício, na condição de já estarem junto das pessoas com que chegaram ao edifício.

Souza (2013) fala da importância do estudo da Logística Humanitária no apoio as multidões após grandes acontecimentos que provocaram situações de emergência e pânico. Trata-se do ramo da logística responsável por processos que envolvem a mobilização de pessoas, recursos e conhecimentos para ajudar comunidades afetadas por desastres naturais ou provocadas pelo homem. Apte (2009) considera que ela se baseia em três fases, sendo a preparação (elaboração de um plano de emergência que são fundamentais para possíveis acontecimentos), resposta ao desastre (atividades relacionadas às decisões relativas às operações de socorro e evacuação de pessoas) e ajuda humanitária.

O comportamento humano coletivo tem uma das formas mais desastrosas a debanda da multidão que é induzida pelo pânico, que em sua grande maioria é levada a mortes, ferimentos graves, até mesmo com pessoas sendo esmagadas ou pisoteadas. Nessas situações, o nervosismo pode tomar conta, empurrões podem se tornar frequentes, aglomerações ocorrem próximo as saídas, trazendo o fenômeno de arco, a fuga é retardada apresentando pessoas caídas tornando-se obstáculos e tantos outros acontecimentos chegam a acontecer. Sendo assim, elementos de grande importância para a evacuação, como portas e corredores de acesso devem apresentar suas dimensões adequadas (SOUZA, 2013).

Dessa forma, vem-se o quão importante e fundamental é estar de acordo com regras e exigências legais visando a rápida extinção de situações de emergências. Várias normas técnicas estão disponíveis para que todas as edificações estejam em conformidade e tragam uma maior segurança para aqueles que usufruem do seu espaço.

2.3 Exigências legais e o projeto de incêndio em ambientes comerciais segundo as normas técnicas nacionais e estaduais

No Brasil as normas técnicas nacionais e estaduais de segurança contra incêndio trazem diversas exigências legais que devem ser respeitadas dentro das edificações. Algumas delas apresentam aspectos relacionados as medidas de proteção ativa e outras as medidas passivas. A seguir são abordadas algumas das exigências mais relevantes necessárias para garantir a segurança dos ocupantes de edificações comerciais.

2.3.1 Hidrantes

Segundo a NBR 13.714/00, todas as edificações que possuem uma área construída superior a 750 m² e/ou altura superior a 12 metros devem ser protegidas por sistemas de hidrantes ou mangotinhos. Especialmente para edifícios comerciais a referida norma apresenta a classificação indicada no Quadro 4. Neste quadro estão contemplados os vários exemplos de edificações que se enquadram na tipologia comercial, sendo classificadas como o Grupo C, quanto à sua ocupação.

Quadro 4: Classificação dos tipos de edificações comerciais e a aplicabilidade de sistemas segundo a NBR 13714/00.

Grupo	Ocupação/Us	Sistema	Divisão	Descrição	Exemplos
C	Comercial Varejista	2	C-1	Comércio em geral, de pequeno, médio e grande porte	Armarinhos, tabacarias, mercearias, fruteiras, butiques, outros. Edifícios de lojas, lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros.
C	Comercial Varejista	2	C-2	Centros comerciais	Centros de compras em geral (<i>shopping centers</i>)

Fonte: Adaptada da ABNT (2000).

Para as edificações enquadradas em ambientes comerciais varejistas, a referida norma exige que devem ser protegidas por sistemas de hidrantes, com saídas duplas de 40 mm (1 ½”), dotados de pontos de tomada de água com mangueiras semirrígidas acopladas. Cada ponto deve conter duas mangueiras com 40 mm de diâmetro e uma mangueira semirrígida permanentemente acoplada (ABNT, 2000).

Além desses tipos, nas edificações com ocupações mistas, ou seja, as que apresentam fins residenciais e comerciais, que requeiram sistemas distintos, cada ocupação deve ser protegida pelo seu respectivo sistema. Em caso de presença de garagem, essas edificações devem ser protegidas pelo sistema destinado ao maior risco.

No estado da Paraíba, a Norma Técnica NT 015/2016, do Corpo de Bombeiros Militar apresenta todas as condições necessárias para o dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio dos sistemas de hidrantes e mangotinhos em ambientes comerciais.

A norma que apresenta a classificação da edificação quanto ao seu uso e ocupação é a NT 04/2013 do CBMPB. O Quadro 5 apresenta a classificação determinada por essa norma técnica.

Quadro 5: Classificação dos tipos de edificações comerciais quanto a ocupação ou uso segundo a NT CBMPB 04/13.

Grupo	Ocupação/Us	Divisão	Descrição	Exemplos
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Armarinhos, artigos de metal, louças, artigos hospitalares e outros.
		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	<i>Shoppings Centers</i>	Centro de compras em geral.

Fonte: Adaptada do CBMPB (2013).

2.3.2 Extintores

A presença de extintores é uma importante medida de prevenção contra incêndios. Entretanto, a quantidade, o tipo e o posicionamento dos extintores dependem das condições indicadas na NBR 12693/2013 que leva em consideração a classe de risco e a carga de incêndio devido aos materiais existentes.

Assim, para elaboração de um projeto de incêndio deve-se levar em consideração a análise da edificação para o seu dimensionamento e distribuição, manutenção, presença de pessoas habilitadas para o uso e todas as responsabilidades exigidas pela Norma.

Segundo a NBR 12693/2013, as classes de risco podem ser divididas em A, B e C e, para cada tipo de classe de fogo, deve ser utilizado um extintor com grau de capacidade adequada. Em ambientes comerciais devem estar localizados em lugares de fácil acesso e que não sejam obstruídos e impossibilitados do seu uso pela presença de mercadorias, matérias-primas ou qualquer outro material (ABNT, 2013).

A Paraíba não possui norma técnica específica voltada para sistemas de proteção por extintores, o que obriga os projetos a serem seguidos pela NBR 12693/2013.

2.3.3 Saídas de Emergência

As saídas de emergências estão relacionadas a acessos ou rotas de saídas horizontais, ou seja, acessos às escadas, como corredores, terraços, mezaninos, patamares e outros, quando houver, e suas respectivas portas ou ao espaço livre exterior, nas edificações térreas, assim como as rampas (ABNT, 2001).

Segundo a NBR 9077/01, essas saídas de emergências são dimensionadas em função da população da edificação e do fluxo de pessoas que por elas devem transitar. Além disso, deve-se levar em consideração os aspectos construtivos como, por exemplo, a presença de corrimãos e guarda-corpos em escadas e rampas, alarme de incêndio e comunicação de emergência, iluminação e sinalização.

Para ambientes comerciais são exigidos além dos acessos permanentemente livres de quaisquer obstáculos, como exposição de mercadorias; declividades das rampas internas de 12,5%, quando o sentido de saída é uma descida, e declividade de 10% em sentido contrário, quando a saída apresentar um aclave.

A Tabela 1 apresentam os dados necessários para o dimensionamento das saídas de emergências de estabelecimentos comerciais exigidos pelas NBR 9.077/01 e NT CBMPB 12/15, respectivamente. É possível observar diferenças significativas entre os valores atribuídos pelas normas e este fato alerta para a falta de conexão entre as especificações normativas existentes no Brasil e para a importância da verificação e uso da norma correta durante a elaboração de um projeto de incêndio.

Tabela 1: Dados de dimensionamento de saídas de emergência segundo a NBR 9077/01 e a NT 12/15 do CBMPB.

Ocupação		População	Capacidade da Unidade de Passagem (UP)		
Grupo	Divisão		Acessos e Descargas	Escadas e Rampas	Portas
C	-	Uma pessoa por 3,00 m ² de área (NBR 9077/01)	100	60	100
C	-	Uma pessoa por 5,00 m ² de área (NT 12/15)	100	75	100

Fonte: Adaptada da ABNT (2001) e CBMPB (2015).

Ainda dentro do item de saídas de emergência, observa-se pelas normas federal e estadual que cada tipo de edificação tem as indicações para o tipo de escada mais adequado. A

Tabela 2 e o Quadro 6 mostram quais os tipos e a quantidade adequada para cada estabelecimento, no âmbito nacional e estadual, respectivamente.

Em galerias comerciais, ou galerias de lojas, o acesso à descarga pode existir desde que a ligação seja feita por meio de antecâmara enclausurada e ventilada. Outra exigência em edificações desse tipo é que para altura acima de 30 metros e área acima de 5.000 m² é necessária a instalação da comunicação de emergência, ligada à Central de Emergência e Controle de Alarme (CECA).

Tabela 2: Número de saídas e tipos de escadas utilizadas em cada edificação segundo a NBR 9077/01.

Dimensão		P (Área do pavimento ≤ 750 m ²)								Q (Área do pavimento ≥ 750 m ²)											
Altura		K		L		M		N		O		K		L		M		N		O	
Ocupação		N ^{os}	N ^{os}	Tipo esc.	N ^{os}	Tipo esc.	N ^{os}	Tipo esc.	N ^{os}	Tipo esc.	N ^{os}	Tipo esc.	N ^{os}	N ^{os}	Tipo esc.	N ^{os}	Tipo esc.	N ^{os}	Tipo esc.	N ^{os}	Tipo esc.
Gr.	Div.																				
C	C-1	1	1	NE	1	NE	2	PF	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	2	PF	2	PF
	C-2	1	1	NE	1	NE	2	PF	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	3	PF	3	PF
	C-3	1	1	NE	2	EP	2	PF	2	PF	2	2	NE	2	EP	3	PF	4	PF	4	PF

Legenda: K = edificações térreas; L = edificações baixas, com alturas menores ou iguais a 6 metros; M = edificações de média altura, maiores que 6 metros e menores ou iguais a 12 metros; N = edificações medianamente altas, com alturas entre 12 e 30 metros; O = edificações altas, acima de 30 metros.

Fonte: Adaptada da ABNT (2001).

Quadro 6: Tipos de escadas de emergência por ocupação segundo a NT 12/15.

Dimensão					
Altura (em metros)		H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 30	Acima de 30
Ocupação		Tipo de Escada	Tipo de Escada	Tipo de Escada	Tipo de Escada
Grupo	Divisão				
C	C-1	NE	NE	EP	PF
	C-2	NE	NE	PF	PF
	C-3	NE	EP	PF	PF

Legenda: NE = escada não enclausurada; EP=escada protegida; PF = escada a prova de fumaça

Fonte: Adaptada do CBMPB (2015).

Segundo a NT 12/15 do CBMPB, a quantidade de saídas de emergência e escadas depende do cálculo da população, larguras das escadas, dos parâmetros de distância máxima a percorrer e a quantidade mínima de unidades de passagem para a lotação prevista.

2.3.4 Sinalização de emergência

A NBR 13.434/2004 apresenta a sinalização contra incêndio e pânico em dois tipos, a sinalização básica, que é constituída por categorias de proibição, alerta, orientação ou salvamento e de equipamentos de combate e alarme; e a sinalização complementar, apresentadas por faixa de cor ou mensagens.

Essa sinalização tem como objetivo orientar os ocupantes da edificação quanto a localização das saídas de emergência, presença de obstáculos e sentido de fluxo; reduzir o risco de ocorrências de sinistro e garantir que ações adequadas sejam adotadas em caso de incêndio. Deve estar presente em qualquer tipo de edificação onde são exigidas por norma ou regulamentação e devem seguir todas as recomendações indicadas pela mesma (ABNT, 2004).

O estado da Paraíba também apresenta a sua Norma Técnica para sinalização, a NT CBMPB 06/2013. Ela segue exigências bem parecidas com a norma nacional.

De todas as classes de exigências, a sinalização pode ser vista como a mais simples de ser projetada e executada. Além disso, a sua fácil compreensão pode auxiliar ocupantes em caso de incêndio, mostrando-se eficiente. Atenção especial deve ser dada, em edificações comerciais, a esse item de segurança pois, comumente, há existência de outras placas contendo informações sobre produtos, setores e preços e que podem ofuscar ou dificultar a visualização das placas indicativas de segurança.

2.3.5 Brigada de Incêndio

A brigada de incêndio segue as recomendações da NBR 14.276/2006. Trata-se de pessoas treinadas e capacitadas para atuar na prevenção e combate ao princípio de incêndio. A composição da brigada é determinada por pavimento ou compartimento a partir do tipo de edificação. Para o caso de edificações comerciais a indicação para o cálculo da brigada é feita conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Composição da brigada de incêndio por pavimento ou compartimento em estabelecimentos comerciais.

Grupo	Divisão	Descrição	Exemplos	Grau de risco	População fixa por pavimento ou compartimento						Nível do treinamento (Anexo B)	Nível da instalação (NBR 14277)
					Até 2	Até 4	Até 6	Até 8	Até 10	Acima de 10		
C - Comercial	C-1	Comércio	Açougue, artigos de bijuteria, metal ou vidro, automóveis, ferragens, floricultura, material fotográfico, verduras e vinhos	Baixo	1	2	2	2	2	(nota 5)	Básico	Básico
				Médio	1	2	3	4	4	(nota 5)	Básico	Básico
				Alto	Todos	2	3	4	5	(nota 5)	Intermediário	Intermediário
	C-2	Comércio	Edifícios de lojas de departamentos, armazéns, drogarias, tintas e vernizes, magazines, galerias comerciais, mercados, supermercados etc.	Baixo	1	2	2	2	2	(nota 5)	Básico	Básico
				Médio	1	2	3	4	4	(nota 5)	Intermediário (nota 11)	Intermediário (nota 11)
				Alto	Todos	2	3	4	5	(nota 5)	Intermediário	Intermediário
	C-3	Shopping Centers (nota 10)	Centro de compras em geral (shopping centers)	Baixo	Todos	3	4	5	6	(nota 5)	Intermediário (nota 13)	Intermediário (nota 13)
				Médio	Todos	Todos	Todos	Todos	8	(nota 5)	Intermediário (nota 13)	Intermediário (nota 13)
				Alto	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos	(nota 5)	Intermediário	Intermediário

Fonte: Adaptada da ABNT (2006).

Em ambientes comerciais, onde a circulação de pessoas é grande, a presença da brigada de incêndio é de fundamental importância para realizar as primeiras ações de orientação e combate. Para isso, a norma exige treinamento qualificado para a capacitação dos brigadistas.

O estado da Paraíba não apresenta norma técnica de brigada de incêndio. Sendo assim, deve-se seguir todas as exigências determinadas pela norma nacional, a NBR 14276/2006.

2.3.6 Iluminação de Emergência

O item iluminação de emergência é contemplado na NBR 10.898/2013. Essa norma aborda sobre os tipos de sistemas existentes, materiais utilizados, localização adequada, projetos, instalações e manutenções. A intensidade de iluminação deve ser adequada para evitar acidentes e garantir a evacuação de pessoas, bem como o controle de áreas ocupadas por equipes treinadas para socorrer e combater o incêndio. Ela deve respeitar as limitações da visão humana, considerando condições fisiológicas de visão diurna e noturna.

Segundo a referida norma existem dois tipos de iluminação de emergência: aclaramento e sinalização. A iluminação de aclaramento é obrigatória em ambientes que apresentem circulação vertical ou horizontal, de saídas para o exterior dos mesmos, permitindo o reconhecimento de obstáculos que possam dificultar a circulação em rotas de saídas. Já a

iluminação para sinalização trata-se de apresentar mudanças de direção, obstáculos, saídas e escadas, não podendo ser obstruídas por anteparos (ABNT, 2013).

A presença da iluminação em estabelecimentos comerciais é de grande importância para auxiliar seus ocupantes em momentos de incêndio e/ou pânico, sendo assim, é necessário seguir todas as exigências determinadas pela norma. O estado da Paraíba não apresenta uma NT para iluminação de emergência, o que leva a utilizar a norma nacional, citada anteriormente.

Todos os tópicos contemplados nas normas e descritos no item 2.3 desse trabalho são imprescindíveis para a elaboração de projetos de incêndio, aprovação pelo analista e utilização como balizadores no processo de fiscalização ao longo da vida útil da edificação. Entretanto, em edificações já existentes, muitas vezes, são necessários ajustes e adaptações dos requisitos estabelecidos pelas normas. É importante, nesse caso, uma avaliação prévia dos riscos potenciais a que estão submetidos os ocupantes da edificação. Essa avaliação poderá auxiliar na tomada de decisão sobre as melhores alternativas a serem seguidas. Uma ferramenta bastante difundida e que pode ajudar em situações desse tipo é a análise de risco por meio da modelagem computacional.

2.4 Estudo da análise de risco utilizando modelagem computacional

Venezia (2011) afirma que a análise de risco está relacionada ao processo de compreender a natureza do risco e determinar o nível do mesmo, seguindo as etapas de identificação, análise, avaliação e tratamento de riscos, para que ocorra uma tomada de decisões onde há aspectos incertos.

Segundo Stravranidis e Bhimavarapu (2000) apud VENEZIA (2011) essa análise é dividida em três tipos de técnicas, que são classificadas como qualitativas, quantitativas e quali-quantitativas. As técnicas qualitativas estão relacionadas com a experiência e o conhecimento de especialistas sobre o assunto que buscam identificar e avaliam a probabilidade e as consequências dos eventos de risco. Os riscos que são avaliados quanto as técnicas quantitativas são baseadas na quantificação e identificação dos mesmos, que estimam a probabilidade de sua ocorrência quanto ao seu impacto. Já as técnicas quanti-qualitativas são aquelas que se baseiam em experiências de especialistas, assim como na análise quantitativa dos dados.

As técnicas quantitativas possuem valores determinados por relações matemáticas e, por isso, costumam ser mais complexos que os demais e exigem um amplo conhecimento na área de segurança contra incêndio. Em contrapartida busca chegar a um valor único, sendo

assim possível comparar com outras avaliações, realizar julgamentos acerca desse valor e assim classificar o risco de incêndio para determinada situação.

2.4.1 Simulação computacional utilizadas em métodos de análise de risco quantitativos

As simulações computacionais utilizadas para incêndio são importantes para o conhecimento da dinâmica e determinação dos efeitos que ele pode provocar. Além disso, ela permite compreender os aspectos estruturais, ambientais e de materiais utilizados no processo construtivo (ALVES; CAMPOS; BRAGA, 2008).

Na modelagem computacional de incêndio podem ser utilizados dois métodos, o probabilístico e o determinístico. No método probabilístico não se faz uso direto de princípios físicos e químicos do fogo, ela envolve a distribuição de probabilidades de determinados eventos ocorrerem a partir de um cenário. Nesse caso, a evolução do fogo é determinada por dados experimentais e estatísticos de ocorrências reais. Já o método determinístico utiliza princípios físicos e químicos do fogo, dividindo-se em diversas categorias, de acordo com o tipo de problema a ser investigado (KARLSSON; QUINTIERE, 2000 apud ALVES; CAMPOS; BRAGA, 2008).

Diversos tipos de modelos matemáticos são utilizados para os dois métodos citados anteriormente. Valentin (2008) cita os diversos tipos de modelos utilizados em situações de incêndio e abandono apontados em pesquisas. Dentre eles, estão os modelos de zona, de campo, para detecção de incêndio, de resistência ao fogo da estrutura e de abandono. A quantidade de modelos utilizados vem sendo gradativamente aumentada, tendo como referência para profissionais ligados diretamente a segurança de incêndios.

Os modelos de abandono buscam avaliar o tempo necessário para evacuação dos usuários de ambientes em caso de emergência. Para essa classificação, alguns dos modelos utilizados são o Exodus, o Simulex e o Pathfinder, sendo este último utilizado para a modelagem do estudo de caso.

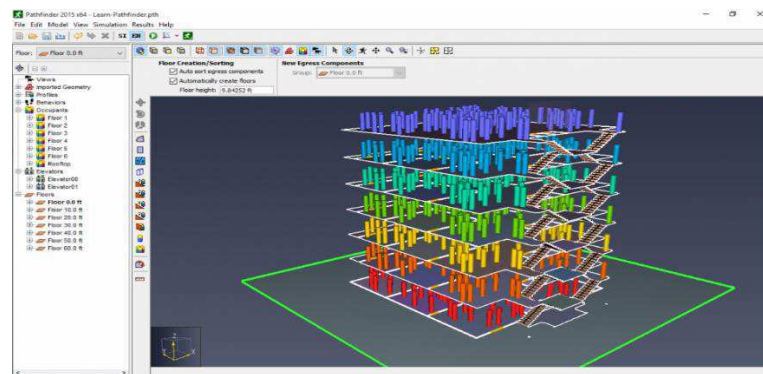
2.4.1.1 Pathfinder

O Pathfinder é um modelo desenvolvido pela empresa *Thunderhead Engineering* e utilizado para realizar a simulação da movimentação e do comportamento de ocupantes em uma edificação durante um processo de evacuação em situações de saída de emergência.

O modelo utiliza uma malha triangulada 3D para representar a sua geometria, apresentando mais precisão e detalhes, facilitando o movimento contínuo dos ocupantes. (THUNDERHEAD ENGINEERING, 2019). Essa malha de circulação pode ser introduzida automaticamente como base em dados importados e corresponde às dimensões reais da construção utilizada. Cada ocupante é representado como cilindro vertical e apresenta parâmetros de entrada, como por exemplo, velocidade máxima, sexo, idade e entre outros, para o cálculo dos seus movimentos de forma independente (MUNIZ, 2013).

Na Figura 1 está sendo representada uma vista 3D utilizada no software.

Figura 1: Representação de uma vista 3D utilizada no Pathfinder.



Fonte: Pathfinder Fundamentals (2019).

O software utiliza duas formas para a modelagem do movimento dos seus ocupantes, que são o *SFPE* e *Steering* (direção). Fornece resultados quantitativos e qualitativos por meio de dados de tempo de evacuação, taxas de fluxo e representação visual no processo de evacuação. Além disso, ele avalia o movimento em pequenos intervalos de tempo, o passo a passo de cada ocupante, calculando a sua direção e velocidade e atualiza pontos-alvo (RONCHI et. al. 2010).

a) *SFPE*

De acordo com os Recursos do Pathfinder (2019), nesse modo são utilizados comportamentos que seguem as diretrizes da Sociedade de Engenheiros de Proteção Contra Incêndio (SFPE). As velocidades dos ocupantes dependem da densidade, como mostrada na Equação 1, e limites de fluxo para as portas e não impedem que várias pessoas ocupem o mesmo espaço.

$$v = 1,40 - (0,372 * D) \quad (1)$$

Onde: v é velocidade (m/s) e D é densidade (pessoas/m²).

Para densidades que apresentem valor menor que 0,55 pessoas/m², a velocidade tem um valor máximo de 1,19 m/s. E para densidades iguais ou superiores a 3,8 pessoas/m², a equação 1 tenderá a zero, significando que praticamente não haverá movimento, ou seja, ele irá parar.

b) Steering

Nesse modo de simulação, os agentes procedem independentemente do seu objetivo, de forma que evitem outros ocupantes e obstáculos que venham a existir. As taxas do fluxo da porta não são especificadas, porém resultam da interação dos ocupantes entre si e com os limites.

Almeida (2013) cita que em uma situação real, as pessoas se movimentam por um nível estratégico, com objetivos, onde a cada instante é selecionado o melhor e mais seguro percurso para o ocupante, chamado nível tático, e que decisões são tomadas quando relacionadas a velocidade, direção e desvio de obstáculos, determinado o nível do movimento.

Martins (2016) estudou a dinâmica de evacuação em locais de reunião de público utilizando o modelo Pathfinder na cidade de Campina Grande – PB. O autor concluiu que o nível de segurança propiciado pelas normas de saídas de emergência não é o esperado, associando ao fato da falta de cultura por parte dos responsáveis pelos estabelecimentos de realizarem modificações sem haver nenhuma preocupação com a segurança dos ocupantes.

Gomes, I. S. (2019) faz uma análise de evacuação de incêndio utilizando o software Pathfinder e concluiu que é possível determinar um mapa de risco para uma determinada edificação e pontos com maior densidade, sendo útil para situações que buscam garantir um abandono satisfatório, apresentando dados que se aproximam da realidade.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

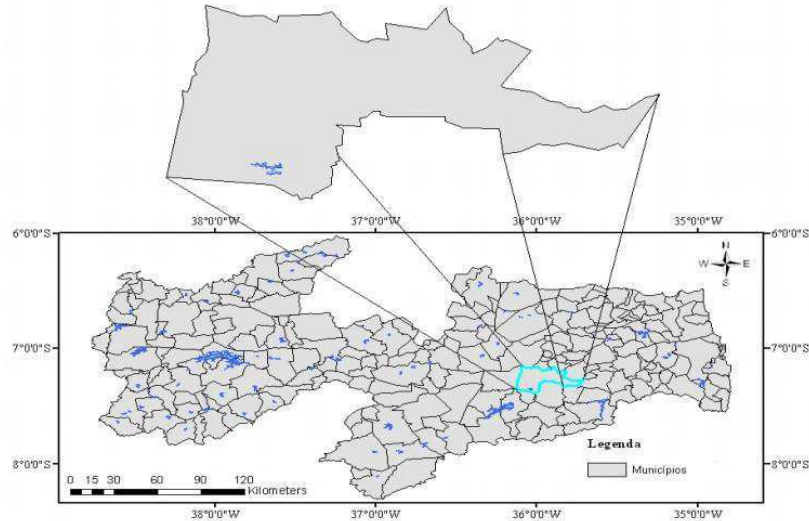
3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 O município de Campina Grande – PB

O município de Campina Grande está localizado na Mesorregião do Agreste Paraibano, é conhecido com a “Rainha da Borborema” e está à 125 km de João Pessoa, capital do Estado. Apresenta uma área de 593.026 km² e segundo o IBGE (2010), possui uma população de

407.754 habitantes com estimativa para o ano de 2016, com uma densidade demográfica de 648,31 hab/km². A Figura 2 mostra a localização geográfica do município no estado da Paraíba.

Figura 2: Localização geográfica do município de Campina Grande no estado da Paraíba.



Fonte: MACEDO et al. (2011)

Campina Grande é considerado o segundo maior município da Paraíba, tanto em extensão territorial quanto em população. Exerce grande influência política e econômica sobre outros 57 municípios do Estado. É um importante centro universitário e considerado um dos principais pólos industriais da Região Nordeste e o principal pólo tecnológico da América Latina, de acordo com a Prefeitura Municipal de Campina Grande (2019).

O comércio na cidade de Campina Grande sempre foi destaque em diversas áreas e produtos, tendo inicialmente o gado como principal mercadoria antes mesmo dela se tornar cidade. No início do século XX, também fez parte da economia da cidade a farinha de mandioca, o cereal e a produção de algodão, que possibilitou a chegada da linha férrea, com o objetivo de distribuir esse algodão para todo o Brasil e o exterior. Após a década de 1980, as calçadas das ruas centrais da cidade começaram a ser ocupadas informalmente para comercialização de diversos tipos de produtos por meio de barracas conhecidas como camelôs, dando início ao comércio popular da cidade (ARAÚJO, 2013).

Esse tipo de trabalho comercial, considerado de caráter informal, expandiu-se no centro da cidade gerando um conflito com os empresários lojistas locais que alegavam serem prejudicados pelas pequenas atividades dos camelôs. Diante disso, o poder público incluiu a problemática no projeto de revitalização da área central de Campina Grande. Com esse projeto, novos espaços comerciais foram criados no centro da cidade para que pudessem abrigar esses

pequenos comerciantes, resultando em transformações significativas, sendo um desses espaços o Shopping Centro Edson Diniz, mais conhecido popularmente como o “shopping dos Camelôs” (DINIZ, 2009) e área escolhida para o desenvolvimento do presente estudo.

3.1.2 O Shopping Edson Diniz

O Shopping Centro Edson Diniz está localizado na região central da cidade de Campina Grande, esquina entre a Rua Marquês de Herval e a Avenida Marechal Floriano Peixoto, principal avenida da cidade. É o principal local de comércio popular da cidade e o mais procurado, onde apresenta uma grande população flutuante todos os dias. Suas atividades foram iniciadas em 2001 (ARAÚJO, 2013).

Atualmente, o estabelecimento apresenta um pouco mais de 300 boxes distribuídos em três pavimentos: subsolo (semienterrado), térreo e 1º andar, onde cada comerciante tem a sua estrutura em local específico, além da presença da administração, provadores e banheiros distribuídos ao longo de toda a edificação.

A edificação também dispõe de um 2º andar destinado a praça de alimentação, com oito lanchonetes, e uma área disponível para armazenamento de estoque de material, com acesso restrito apenas aos funcionários. Anteriormente, nesse local utilizado para estoque funcionava um Restaurante Popular que atendia, diariamente, a uma grande população flutuante. O comércio é do tipo popular e é possível encontrar uma grande diversidade de materiais tais como têxteis, papelaria, eletrônicos e acessórios, artigos religiosos entre outros.

Pertence a Prefeitura Municipal de Campina Grande, sendo de responsabilidade do IPSEM (Instituto de Previdência do Servidor Municipal), e possui uma administração local. Na Figura 3 é mostrada a fachada do Shopping Edson Diniz, com (a) apresentando a fachada frontal, localizada na Rua Marquês de Herval e (b), a fachada lateral, na Avenida Marechal Floriano Peixoto.

Figura 3: Vistas do Shopping Centro Edson Diniz.



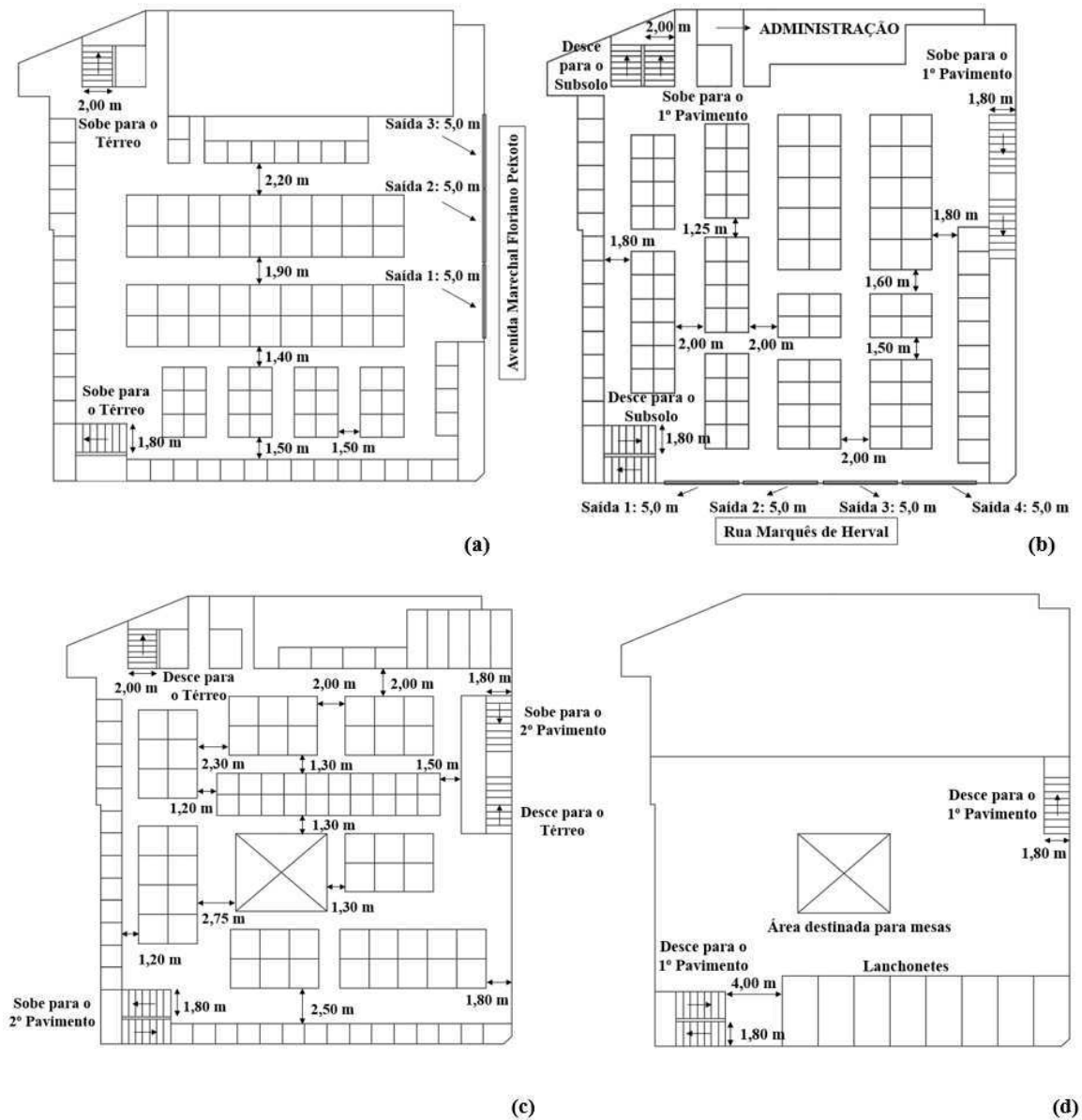
Fonte: Autoral.

O shopping foi alvo de um incêndio sem vítimas fatais em 2014 ocasionado por problemas no sistema elétrico da edificação. Durante o incêndio algumas lojas foram destruídas. No período do acidente o estabelecimento não contava com todos os instrumentos necessários de combate ao incêndio e a rede de hidrantes não apresentava água o que colaborou para a rápida expansão do fogo. Após o sinistro, o shopping passou por uma reforma e algumas modificações foram feitas em relação à segurança contra incêndio. Entre elas a manutenção e instalações de hidrantes, extintores e placas de sinalização. Entretanto, muitas condições de segurança ainda não se encontram em conformidade com as estabelecidas pelos dispositivos legais, acarretando em riscos para os comerciantes e para a população que transita diariamente pelo local.

3.2 Coleta de dados

Para a coleta de dados do estabelecimento, plantas baixas foram fornecidas pelo IPSEM (Instituto de Previdência do Servidor Municipal), órgão municipal responsável pelo estabelecimento. Além das plantas, a administração local, feita pela Associação dos Comerciantes do Shopping Edson Diniz, disponibilizou outras informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa, como existência e composição da brigada de incêndio, quantidade de associados, entre outras. Não foi possível obter dados da população flutuante, ou seja, número diário de frequentadores do shopping pois não havia nenhum estudo anterior quanto a ocupação local. A Figura 4 apresenta os croquis das plantas baixas arquitetônicas fornecidas pelo órgão responsável, contendo em (a) a Planta Baixa do Subsolo, (b) a Planta Baixa do Térreo, (c) a Planta Baixa do 1º Pavimento e (d) a Planta Baixa do 2º Pavimento, onde localiza a Praça de Alimentação.

Figura 4: Croquis das Plantas Baixas dos Pavimentos Subsolo, Térreo, 1º Pavimento e 2º Pavimento.



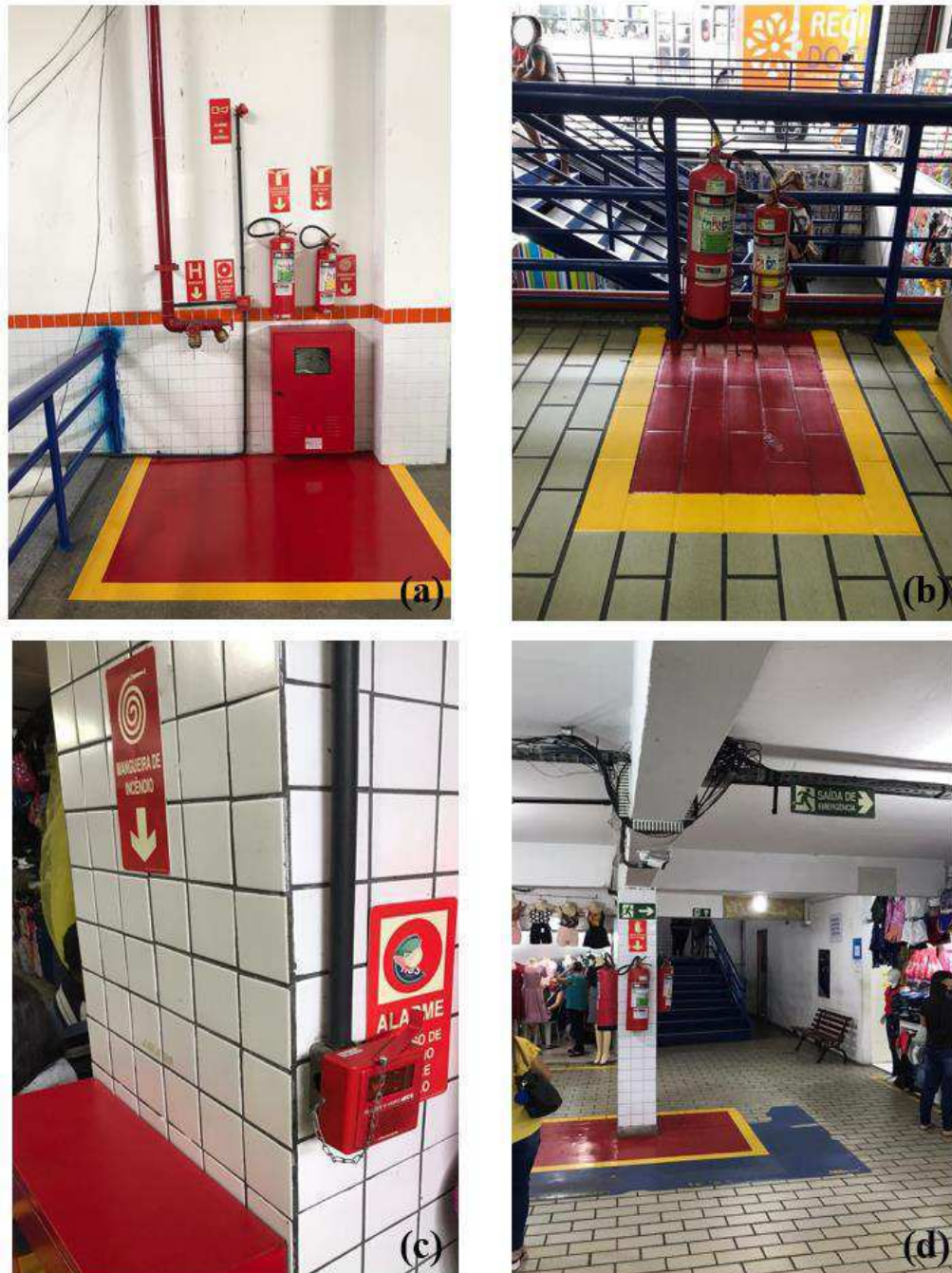
Fonte: Autoral.

Visitas *in loco* foram realizadas para comparar os dados reais com os apresentados em projeto, como largura portas e corredores, além de verificar a presença de equipamentos de proteção contra incêndio como hidrantes, extintores e elementos de orientação como iluminação e placas de sinalização de emergência. Também pôde-se medir comprimento, largura e altura de degraus e patamares de escadas.

As imagens da Figura 5 mostram dados coletados nas visitas em campo, quanto a presença de hidrantes (a), extintores (b), alarme (c), além de placas de sinalização em sequência, orientando a saída de emergência, e demarcação de piso (d). Com a visita *in loco*, pôde-se

observar que os elementos mostrados nas figuras estavam distribuídos por toda a edificação e em todos os seus pavimentos.

Figura 5: Presença de hidrantes, extintores, alarme de incêndio e placas de sinalização ao longo do estabelecimento.



Fonte: Autoral.

A Tabela 4 traz um resumo das características da edificação estudada.

Tabela 4: Características da edificação estudada.

CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO	
Classificação quanto a ocupação (NT CBMPB 04/13)	C (comércio) Subdivisão C-3 (<i>shopping center</i>)
Área total construída	3.153,03 m ²
Área disponível ao público e comerciantes¹	3.003,89 m ²
Área restrita aos comerciantes	1509,42 m ²
Quantidade de pavimentos	04
Área média por pavimento	790,0 m ²
Altura da edificação (pisos do térreo até o piso do 2º pavimento)	7,20m
Quantidade de saídas por pavimento	01 (Subsolo e Térreo) e 02 (1º e 2º Pavimentos)
Largura total das saídas das descargas	Saída do Subsolo: 15,0 m
	Saída do Térreo: 20,0 m
Quantidade de escadas	03
Tipo de escada	Não enclausurada (NE)
Carga de incêndio (NBR 12693/13)/Risco de incêndio (NT CBMPB 04/13)	800 MJ/m ² /Risco médio
População Funcionários	340 pessoas
População Visitantes²	479 pessoas
População Total	819 pessoas
Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento	Não
Iluminação de Emergência	Não há presença de luminárias
Sinalização de Emergência	Placas de sinalização da rota de fuga e de equipamentos
Extintores	35 extintores
Brigada de Incêndio	11 brigadistas

Nota 1. Área calculada retirando locais que são proibido o acesso de pessoas.

Nota 2. População calculada considerando a área estimada para o público conforme a Nota 1.

Fonte: Autoral.

3.2.1 Cálculo da população

Para o dimensionamento da população, foram considerados os grupos de ocupação C (Comercial varejista) para as barracas dispostas ao longo do estabelecimento e áreas livres, D (Serviços profissionais, pessoais e técnicos) para a área administrativa e para as lanchonetes, e F-8 (Locais de reunião de público, do tipo locais para refeições) para a área da praça de alimentação. A Tabela 5 mostra os dados apresentados nas normas que foram utilizados ao longo do dimensionamento.

Tabela 5: Dados de dimensionamento de saídas de emergência segundo a NBR 9077/01 e NT CBMPP 12/15.

Ocupação		População	Capacidade da Unidade de Passagem (UP)		
Grupo	Divisão		Acessos e Descargas	Escadas e Rampas	Portas
C	-	Uma pessoa por 3,00 m ² de área (NBR 9077/01)	100	60	100
C	-	Uma pessoa por 5,00 m ² de área (NT 12/15)	100	75	100
D	-	Uma pessoa por 7,00 m ² de área (NBR 9077/01)	100	60	100
D	-	Uma pessoa por 7,00 m ² de área (NT 12/15)	100	75	100
F	8	Uma pessoa por 1,00 m ² de área (NBR 9077/13)	100	75	100
F	8	Uma pessoa por 1,00 m ² de (NT 12/15)	100	75	100

Fonte: Adaptada da ABNT (2001) e CBMPB (2015).

Analisando-se os dados acima, é possível notar que a situação mais desfavorável para o dimensionamento da população do grupo C seria por meio da densidade determinada pela NBR 9077/01. Mas por se tratar de um estabelecimento localizado no estado da Paraíba, o dimensionamento é indicado seguir as Normas Técnicas estabelecidas pelo órgão estadual responsável, sendo este o Corpo de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba (CBMPB), que segue a NT 12/15. Quanto aos demais grupos, ambas as normas estabelecem a mesma densidade.

O dimensionamento das saídas de emergência foi realizado pela Equação 2:

$$\frac{\text{População}}{\text{Capacidade da Unidade de Passagem (UP)}} \cdot N = \text{Largura Necessária} \quad (2)$$

O valor de N, que representa o número de unidade de passagem, é fixada em 0,55 metros, segundo a NBR 9077/01.

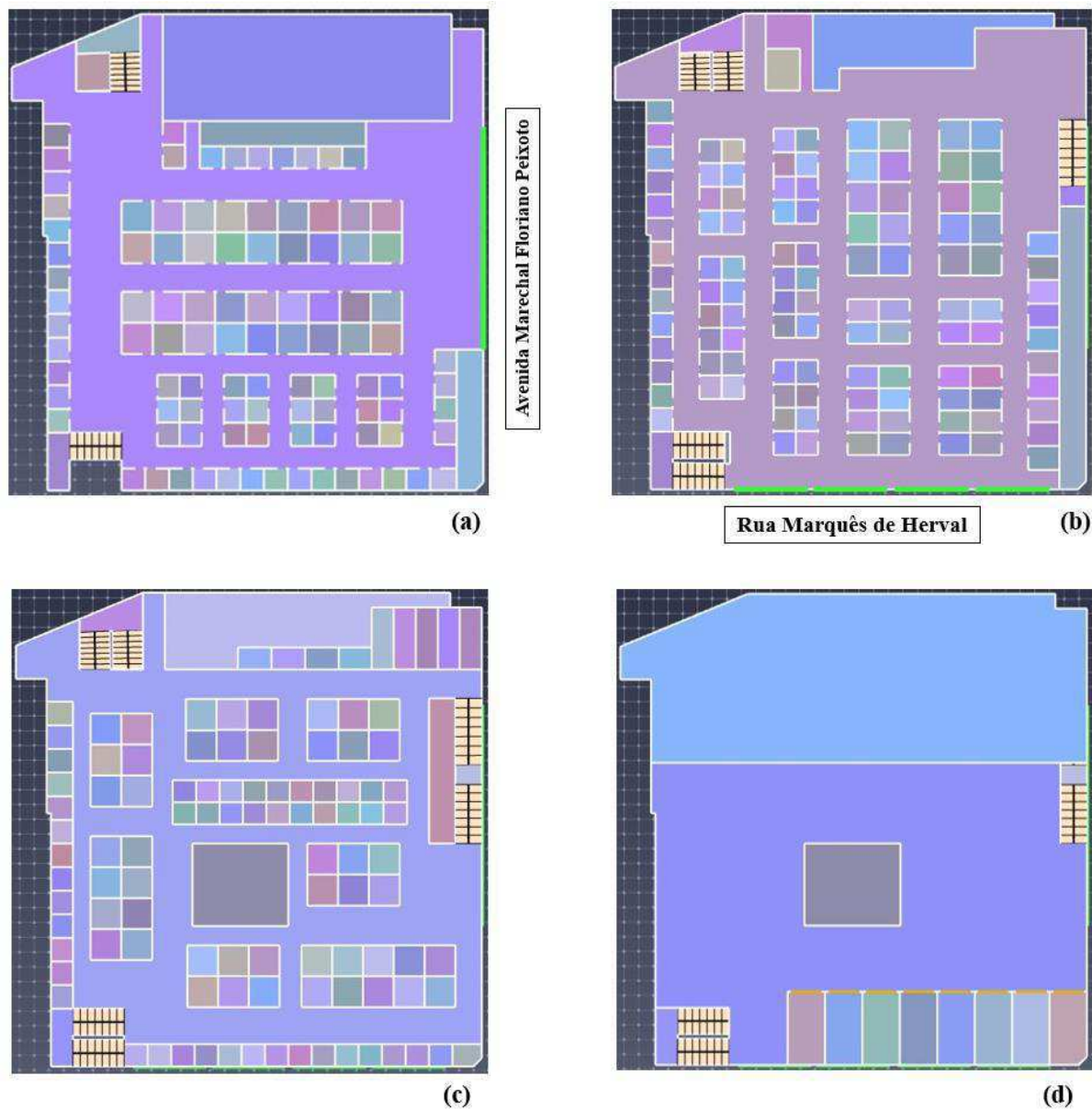
Por fim, utilizando o software Pathfinder, todos os dados foram inseridos nele e o modelo foi processado, buscando verificar o comportamento dos seus ocupantes e o tempo total de evacuação de todos eles.

3.3 Modelagem matemática

3.3.1 Modelagem da edificação usando o software Pathfinder

Para modelagem da dinâmica de evacuação do shopping Edson Diniz foi utilizado o software *Pathfinder*. Com auxílio da ferramenta CAD da Autodesk, foram importados para o software os arquivos das plantas da edificação em dwg, já existentes. Na Figura 5 estão apresentadas as plantas baixas de cada pavimento já inseridas no *Pathfinder*, sendo (a), (b), (c) e (d) correspondentes as plantas baixas do subsolo, pavimento Térreo, 1º Pavimento e 2º Pavimento, respectivamente.

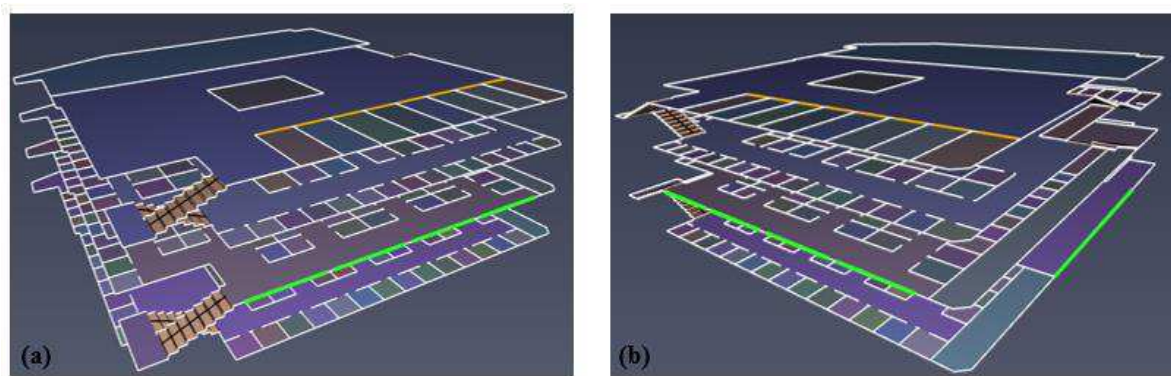
Figura 6: Plantas Baixas do Shopping Edson Diniz introduzidas no Pathfinder.



Fonte: Autoral.

Todos os pavimentos são interligados por meio de escadas. Suas dimensões estão de acordo com o estudo realizado em campo e também foram avaliadas por meio do dimensionamento estabelecido pela NBR 9077/01 e pela NT 12/15. Na Figura 6 estão apresentadas imagens das escadas que permitem as ligações entre os pavimentos da edificação e, em verde, as saídas que dão acesso as ruas externas. O pavimento térreo possui saída para a Rua Marquês de Herval (a) e o subsolo (semienterrado) permite uma parte com acesso direto a Avenida Floriano Peixoto (b).

Figura 7: Vistas do Shopping Edson Diniz no Pathfinder.



Fonte: Autoral.

3.3.2 Dados comportamentais do modelo

Na simulação de evacuação, o *Pathfinder* apresenta parâmetros gerais, que são aplicados aos dois modos, o SFPE e *Steering*, e os parâmetros avançados, que são aplicados apenas ao *Steering*. Na Tabela 6 estão descritos os parâmetros usados no modelo e obtidos em Thunderhead Engineering (2012).

Tabela 6: Parâmetros utilizados no Pathfinder.

Tipo de Parâmetro	Descrição
Parâmetros Gerais	A largura do ombro será o valor do diâmetro do cilindro que representa cada ocupante, que apresenta um valor padrão de 45,58 cm;
	A velocidade máxima é de 1,19 m/s;
	A altura do ocupante, representado pelo cilindro tem o valor de 1,82 m;
Parâmetros Avançados	Fator de Redução igual a 0,7. Mostra como o ocupante pode se deslocar em corredores apertados sem que outro ocupante atrapalhe;
	Distância de conforto igual a 0,8 m. Representa a distância mínima respeitada de um ocupante para outro;
	Tempo de persistência igual a 1,0 s. Informa o tempo que o ocupante terá para solucionar conflitos no movimento;
	Tempo de resposta a colisão igual a 1,5 s. Controla a distância que o ocupante vai começar a calcular um custo para colidir com outro;
	Fator de Demora igual a 0,1. Especifica uma fração da velocidade na qual eles são considerados para ser lenta;
	Fator de Lentidão igual a 0,1. Especifica uma fração da velocidade na qual eles são considerados lentos;

Fonte: Adaptado de Thunderhead Engineering (2012)

No estudo de caso, a edificação foi totalmente dividida em espaços destinados aos funcionários do Shopping Edson Diniz, seja para vendedores ou para administração, além de espaços destinados ao público e clientes. Em cada área foi calculada a capacidade da ocupação, segundo os cenários propostos que serão apresentados a seguir.

3.4 Cenários propostos para a simulação

Neste estudo foram estabelecidos três cenários de população para realização das simulações. No primeiro, chamado de Cenário A, a quantidade de ocupantes foi estimada pelo cálculo da população com o auxílio da NBR 9077/01 e da NT 12/15 do Corpo de Bombeiros do Estado da Paraíba, ou seja, esse cenário foi montado de acordo com a capacidade de ocupantes que é determinada pelas normas federal e estadual para a referida edificação.

Após realizada essa estimativa, outros dois cenários foram formados, os Cenários B e C. O Cenário B foi determinado com um aumento de 50% da capacidade do estabelecimento, enquanto o Cenário C foi atribuído um acréscimo de 100% da população inicial estimada. Os

percentuais atribuídos justificam-se pelo fato de que aos sábados e em determinados dias do ano que apresentam datas comemorativas, a exemplo do dia das mães e do natal, a circulação de pessoas no local intensifica-se tornando muito superior ao limite máximo permitido legalmente. Dessa forma, atribuiu-se percentuais de população acima do determinado por norma com o intuito de avaliar a dinâmica de evacuação em situações críticas e, assim, verificar o risco a partir de uma condição realista.

O Quadro 7 resume a quantidade de ocupantes utilizadas em cada cenário.

Quadro 7: Tipos de cenários utilizados na modelagem com suas características.

Tipo de Cenário	Característica
A	População calculada com base nos parâmetros de densidade ocupacional e capacidade de passagem estabelecidos pela NBR 9077/01 e pela NT 12/15.
B	Aumento de 50% da população visitante e de 100% da população comerciante da edificação considerada no Cenário A.
C	Aumento de 100% da população considerada no Cenário A.

Fonte: Autoral.

Em todas as simulações foi utilizado o tempo de movimento dado pelo software, desde a posição inicial do ocupante até a sua evacuação da edificação. Também não foram considerados riscos inerentes a um incêndio, como por exemplo, aumento de temperatura, presença de gases tóxicos, dificuldade de visibilidade, bem como quaisquer tipos de obstáculos nos acessos e descargas, salvo aqueles que já existiam no local e foram observados durante as visitas de campo.

Não foi apresentado nenhum comportamento não adaptativo, como cita Valentin (2008) que venha interferir na evacuação dos ocupantes por meio de situações de pânico, como por exemplo medo irracional e anti-social. Todos os ocupantes conseguem abandonar a edificação sem nenhuma interferência, seguindo os padrões normais de comportamento, o chamado comportamento adaptativo, aquele que se adapta a uma determinada realidade.

A edificação apresenta quatro pavimentos e durante a simulação, cada ocupante foi direcionado a saída mais próxima da sua localização. Assim, toda a população do pavimento subsolo (semienterrado) saía pela passagem que dá acesso à Avenida Floriano Peixoto, enquanto a população dos demais pavimentos era direcionada para a saída principal, situada no pavimento térreo, localizada na Rua Marquês de Herval, lembrando que os pavimentos superiores são interligados por escadas até o pavimento térreo.

Foi informada na simulação que todas as saídas encontravam-se sinalizadas e livres para a passagem dos ocupantes, para que a execução obtivesse êxito. Durante a visita de campo, verificou-se presença de sinalização de segurança em toda a edificação.

Ao final da simulação, o *Pathfinder* fornece informações visuais em formato 3D do comportamento de evacuação de todos os ocupantes desde a sua posição inicial, assim como gráficos em cores de densidade de pessoas/m² e gráficos numéricos de ocupantes por tempo de evacuação e de taxas de fluxo.

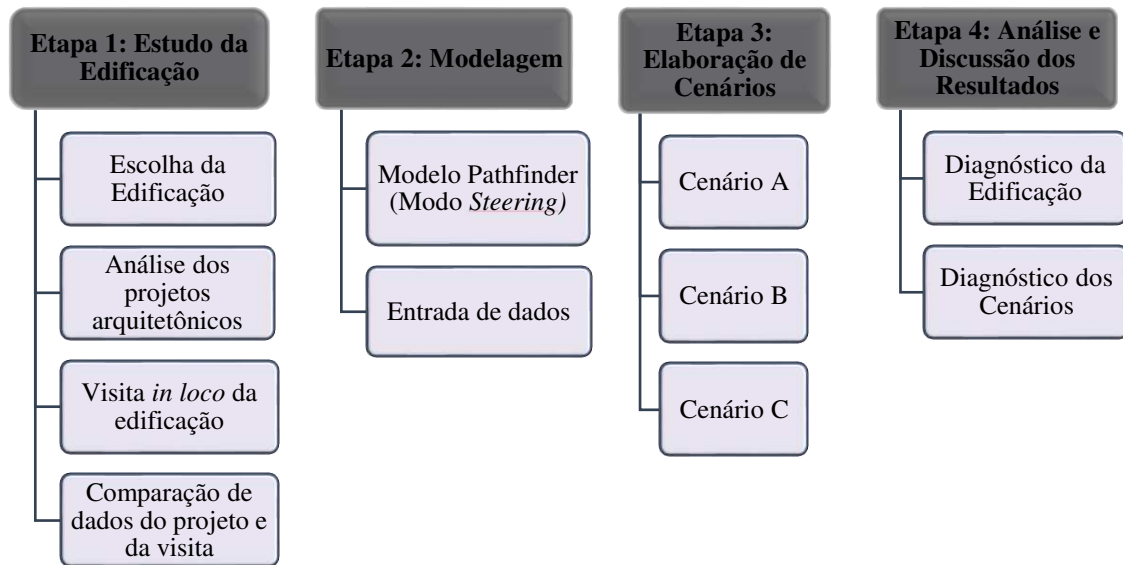
Também é importante ressaltar que as simulações foram realizadas considerado apenas modo de evacuação *Steering* proposto pelo programa. Esse modo foi escolhido por apresentar uma maior semelhança com o comportamento humano real em uma situação de emergência, onde normalmente os ocupantes se aglomeram em forma de arco próximo as saídas.

Apesar das normas, sejam NBR's ou NT's, estabelecerem os valores das capacidades de passagem a partir da evacuação em filas, como é retratado no modo SFPE, autores de estudos anteriores (Alves; Campos; Braga (2008); Ono e Vitorino (2010); Martins; Rodrigues; Braga (2019)) criticam essa forma de cálculo uma vez que, na prática, a saída em fila dificilmente aconteceria em uma situação de emergência mascarando o real risco a que está sujeito o ocupante da edificação.

Após concluída cada simulação foram realizadas análises do dimensionamento de acessos e descargas, escadas e portas. Diante dos resultados obtidos, foram apontadas quais irregulares estão presentes nessas saídas de emergência.

Na Figura 8 é apresentado o fluxograma que mostra as etapas do presente trabalho, desde a escolha da edificação até a análise dos resultados e discussão.

Figura 8: Fluxograma das etapas realizadas ao longo da pesquisa.



Fonte: Autoral.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram divididos em duas partes. A primeira contendo o diagnóstico obtido com as visitas ao local de estudo e a segunda com as respostas das simulações realizadas utilizando o modelo computacional.

4.1 Resultados do Diagnóstico

Ao longo das visitas “*in loco*” foi possível constatar algumas irregularidades que, em situações de emergência e pânico, incluindo casos de incêndio, provavelmente interfeririam no momento de evacuação e contribuiriam para a propagação do fogo. A seguir estão apresentadas essas situações.

4.1.1 Hidrantes e Extintores

A presença de hidrantes e extintores é vista ao longo de toda a edificação e em todos os pavimentos. Foram encontradas ao todo 8 unidades de hidrantes (2 por pavimento) e 35 extintores divididos entre os tipos A, BC e ABC (sendo os agentes extintores, predominantemente, água e pó químico).

O posicionamento dos hidrantes atende ao preconizado pela NBR 13.714/00 e NT CBMPB 15/16, isto é, até 5 metros das entradas dos pavimentos e até 30 metros entre dois

hidrantes de um mesmo pavimento. Com relação ao posicionamento dos extintores, estes apresentam distâncias variadas e bem inferiores ao limite máximo de 15 metros estabelecido pela NBR 12.693/13. Apesar do número adequado e do atendimento as distâncias mínimas, não foi possível testar hidrantes e extintores, desse modo, não se pode afirmar que tais equipamentos estejam em perfeitas condições de uso.

As principais situações que podem interferir no seu uso e dificultar os procedimentos de combate pelos brigadistas e bombeiros estão relacionadas a ocupação da área delimitada para o posicionamento dos equipamentos, utilização de unidades de hidrantes como porta-objeto, ausência de unidade extintora e localização próxima a um obstáculo. A NBR 13.434/2004 que trata da sinalização de emergência especifica que, em ambientes com grande circulação de pessoas, caso dos shopping centers, nos locais onde forem instalados hidrantes e extintores deve ser estabelecida uma área de piso de 1 m² devidamente demarcada onde é proibida a obstrução.

Na Figura 9 estão apresentadas situações como estas. Obstáculos como a presença de cadeiras e manequins são mostrados em (a) e (b); a presença de objetos dispostos em cima da caixa de hidrante em (c) e a presença de uma porta com abertura para dentro do limite da área demarcada para o extintor (d).

Sendo assim, é recomendado que todas as áreas demarcadas pela sinalização de piso desses equipamentos sejam totalmente desobstruídas removendo quaisquer tipos de objetos indevidamente posicionados nesses locais ou em cima dos equipamentos. Também sugere-se que todas as unidades extintoras e hidrantes estejam de acordo com o PSCI, avaliado e aprovado pelo Corpo de Bombeiros Militar. Dessa forma, pode-se ter uma maior facilidade de uso, visando a segurança de todos que frequentam o estabelecimento.

Figura 9: Presença de obstáculos em hidrantes e extintores ao longo da edificação.



Fonte: Autoral.

4.1.2 Sinalização, Iluminação de emergência e Brigada de incêndio

Com relação a sinalização de emergência, observou-se o atendimento a NBR 13434/2004 e NT CBMPB 06/2013 quanto a presença de placas de equipamentos acima dos hidrantes, extintores e alarme de incêndio e demarcação de piso, já mencionado anteriormente (Figuras 9a e 9c). Também foram verificadas placas de orientação de sentido rota de fuga nos corredores, escadas e portas de saída (Figura 5d e 9a, 9c e 9d). Entretanto, placas de indicação de andar não foram encontradas. Já placas de proibição, como por exemplo, proibido fumar, foi

encontrada apenas informativa, como pode ser vista na Figura 9d, em amarelo, porém diverge da recomendada pela norma de sinalização.

Quanto a iluminação, durante a visita *in loco*, não foi encontrada nenhuma luminária de emergência nos andares da edificação. Leça Coelho (2006) apud Oliveira (2014) destaca a importância da iluminação dos ambientes descrevendo uma pesquisa onde um grupo de bombeiros foi conduzido de olhos vendados para um espaço que eles não conheciam dotado de várias saídas. Concluiu que os mesmos se deslocaram para as saídas mais visíveis mesmo estas sendo mais distantes e em menor tamanho que as indicadas pela sinalização. Ou seja, constatou que a visibilidade tinha maior predominância que o fluxo e a distância a percorrer na escolha das saídas.

Em relação a brigada de incêndio, as informações obtidas junto a administração local, indicam a existência de 11 brigadistas para auxílio aos ocupantes da edificação. Entretanto, conforme dimensionamento exigido pela NRB 14276/06, considerando uma população fixa de aproximadamente 75 pessoas por pavimento e um risco médio para a edificação, seriam necessários 28 brigadistas no total, ou seja, mais que o dobro do número atualmente existente. Este desacordo em relação a normativo legal aumenta o risco para os funcionários e clientes que fazem uso da edificação uma vez que a brigada é formada por pessoas treinadas para atuarem em situações de emergência, realizando ações de orientação quanto rota de fuga, primeiros socorros de feridos e, especificamente para o caso de incêndio, combate ao princípio de fogo.

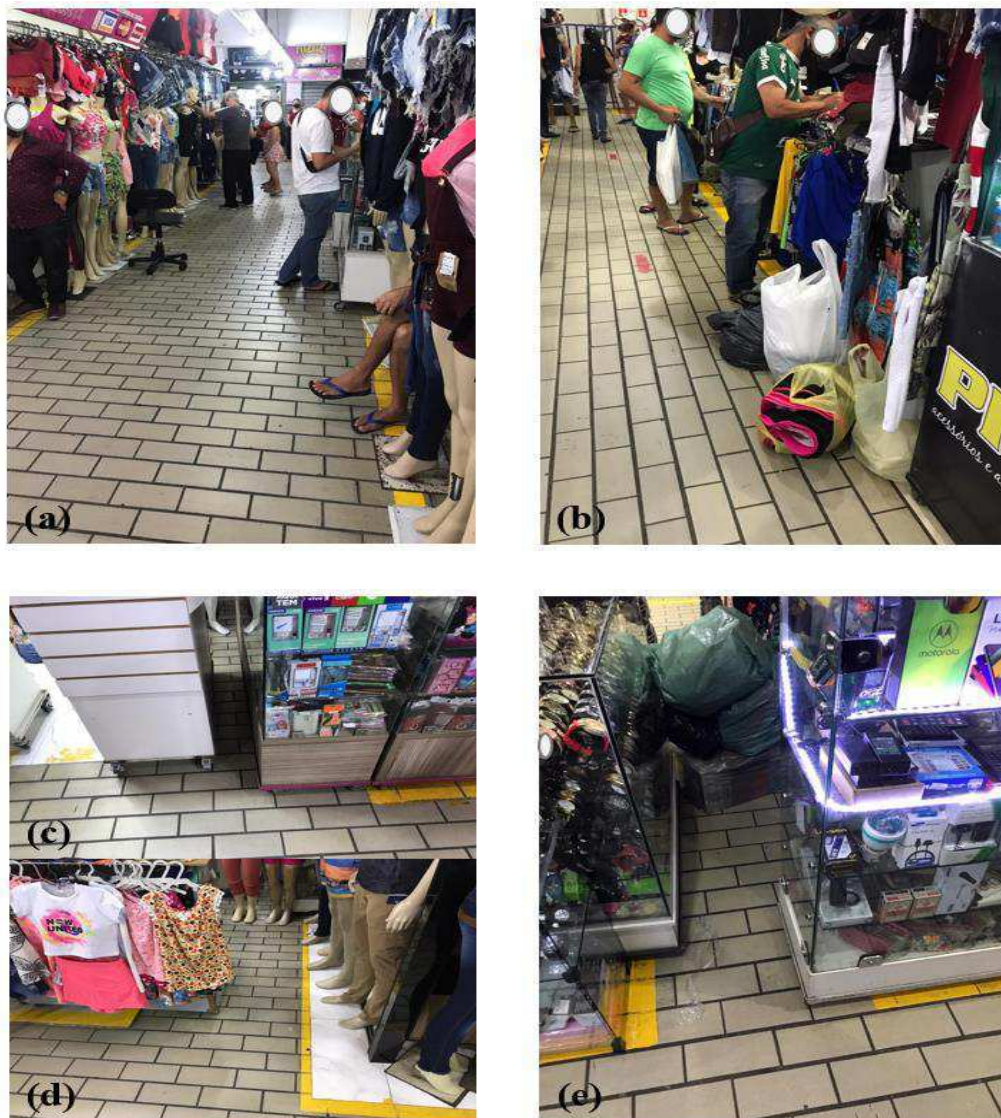
4.1.3 Saídas de emergência

Em relação as saídas de emergência algumas irregularidades podem ser destacadas. De acordo com a NBR 9077/01 e a NT CMBPB 12/15, é necessário que acessos e corredores da rota de fuga estejam totalmente livres de obstáculos que venham impedir ou atrapalhar a passagem de pessoas em uma situação de emergência. Foram observados ao longo do estabelecimento a presença de obstáculos como cadeiras e até mesmo mercadorias impedindo parte da circulação de pessoas. Além disso, divergindo da proposta do projeto arquitetônico, parte de corredores estão totalmente e/ou parcialmente obstruídos com o avanço das barracas ultrapassando a área restrita estabelecida para elas, assim como para utilização de armazenamento de mercadorias, e até mesmo a presença de outras lojas em áreas que não estão destinadas para elas.

Na Figura 10 estão apresentadas situações como essas. A presença de obstáculos nos corredores conforme ilustrado nas imagens (a) e (b); avanços de áreas restritas aos lojistas em

(c), (d) e (e), além da ocupação dos corredores por lojas conforme mostrado em (f). A desobstrução dos acessos e corredores, a relocação e reorganização das novas lojas em áreas destinadas a estas, conforme projeto, são as correções mais indicadas em casos como estes. Com isso, a evacuação de pessoas, em momentos de emergência e pânico, tenderá a ocorrer de forma mais tranquila, evitando quedas e pisoteamentos, principalmente em dias que apresentem uma elevada quantidade de visitantes, como mostrado em (g).

Figura 10: Presença de obstáculos em corredores e avanço de áreas destinadas aos lojistas ao longo do estabelecimento.





Fonte: Autoral.

Quando as distancias máximas a serem percorridas pelos ocupantes da edificação a NT CBMPB 12/15 considera para o caso de mais de uma saída por pavimento, o limite máximo de 50 metros para a descarga e 40 metros para os demais pavimentos. Durante a visita in loco, verificou que todas as distâncias são atendidas. Para o subsolo e térreo (pavimentos de descarga) as distancias medidas foram de 43 metros e 35 metros, respectivamente e para os demais pavimentos os valores obtidos foram 35 metros (1º pavimento) e 20 metros (2º pavimento). Com relação a NBR 9077/01 observou-se uma incoerência apenas em relação ao subsolo, uma vez que a norma nacional estabelece um limite de máximo de 40 m. Contudo, como a edificação está localizada na Paraíba, prevalecem os valores estabelecidos pela legislação estadual.

As escadas também fazem parte das saídas de emergência e são importantes elementos de fuga pois permitem a circulação vertical entre pavimentos. De acordo com a classificação estabelecida pela NT CBMPB 12/15 e também pela NR 9077/01, para a ocupação C-3 e altura $H_d = 7,2$ m (medida do piso do pavimento térreo até o piso do 2º pavimento) o tipo de escada exigida é a Protegida, caracterizada por estar confinada dentro de paredes e separada do ambiente externo por porta corta fogo que dificultam a entrada de fumaça na escada. Entretanto, a edificação possui escadas do tipo não enclausurada (aberta) conforme mostrado na Figura 11. A recomendação é que seja feita uma adaptação das escadas existentes para que possam atender as normas e também sejam verificadas as condições de uso com relação a guarda-corpos, corrimãos, proporcionalidade dos degraus (altura, largura) e material de revestimento piso.

Figura 11: Escada do tipo não enclausrada (aberta).



Fonte: Autoral.

4.1.3 Cargas de Incêndio

O shopping popular dispõe de variados tipos de mercadorias destinadas ao consumidor. Materiais têxteis, de papelaria, eletrônicos, acessórios e tantos outros tipos estão disponíveis ao longo do estabelecimento. Em situações de incêndio, cada tipo de material apresenta a sua carga de incêndio, definida pela NBR 12693/2013 como sendo “a soma das energias caloríficas possíveis para serem liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis em um espaço.” Assim, cada material apresenta uma determinada energia calorífica que contribui para a propagação de calor em casos de incêndio.

Foi constatada a presença de uma grande quantidade de materiais expostos em várias lojas, provavelmente ultrapassando o limite do espaço físico, conforme as imagens da Figura 12. Em uma situação de incêndio essa grande quantidade de produtos potencializaria a rápida propagação de fogo e, conseqüentemente, do calor e da fumaça ao longo da edificação, dificultando a saída dos ocupantes e aumentando o risco de morte por queimaduras e asfixia. Portanto, sugere-se reavaliar o limite de mercadorias por loja.

Figura 12: Presença de elevada quantidade de materiais expostos em lojas.



4.2 Resultados das Simulações

A partir dos cenários descritos na metodologia foram realizadas as simulações no *Pathfinder* e obtidos os resultados apresentados a seguir.

Inicialmente, para cada cenário, foi realizado o dimensionamento da quantidade máxima de ocupantes em cada pavimento a partir do que preconiza a NBR 9077/01 e a NT CBMPB 12/15 e de acordo com a densidade de cada grupo de ocupação, tendo assim a população total do estabelecimento no cenário determinado.

Em seguida, foram analisadas as situações das saídas de emergência em cada cenário. Foram dimensionadas as larguras mínimas dos acessos e descargas, escadas e rampas, e por fim, das portas externas do estabelecimento. Assim, após determinar as medidas necessárias, pôde-se constatar se havia irregularidade ou não em cada uma delas.

4.2.1 Cenário A

O primeiro cenário proposto no estudo, baseia-se no cálculo da população seguindo a densidade ocupacional preconizada pelas normas de saída de emergências nacional e estadual além de retratar fielmente a atual distribuição das barracas, administração, praça de alimentação, com seus devidos distanciamentos, e disposição de escadas e portas no estabelecimento.

A Tabela 7 mostra a quantidade estimada de ocupantes dimensionada segundo a NT 12/15 para cada pavimento. No pavimento subsolo são distribuídas 100 barracas com área de

4,41 m² cada uma, possibilitando, segundo a norma, a presença de 1 ocupante por barraca, enquanto a área livre do pavimento, que totaliza um valor de 413 m², dispõe de uma capacidade de 83 ocupantes. Desse modo, o pavimento comporta um total de 183 ocupantes. O mesmo procedimento foi feito para os demais pavimentos. No pavimento térreo que apresenta 112 barracas, a administração com uma área de 10 m² e a área livre com 455,12 m², estimou-se 206 ocupantes.

O 1º pavimento contém 2 tipos de barracas com áreas distintas, sendo 100 barracas com a área de 4,41 m² (contendo 1 ocupante cada) e 5 outras com área de 6,3 m² (sendo possível 2 ocupantes em cada uma), além da área livre de 392,23 m², o que totaliza uma população de 189 pessoas nesse pavimento. Por fim, o 2º pavimento apresenta espaço para 8 lanchonetes, cada uma com uma área de 12,75 m² tendo capacidade para 2 ocupantes cada uma e uma área de 224,12 m² com a presença de mesas podendo comportar até 225 ocupantes, totalizando 241 pessoas nessa praça de alimentação. Considerando essas estimativas, totaliza-se 819 ocupantes para este cenário. A Tabela 7 apresenta um resumo dos dados de população obtidos em cada pavimento da edificação para o cenário A.

Tabela 7: População dimensionada para cada pavimento do Cenário A.

POR NORMA (NT 12/15 do CBMPB)	
Pavimento	Quantidade de Ocupantes
Subsolo	183
Térreo	206
1º Pavimento	189
2º Pavimento (Praça de Alimentação)	241
TOTAL	819

Fonte: Autoral.

Na Tabela 8 estão apresentadas as reais situações dos acessos, descargas, escadas e portas do Shopping Edson Diniz para o cenário A. Conforme indica as normas de saídas nacional e estadual, o dimensionamento dos acessos e descargas foi realizado com dados da população do pavimento que eles estão inseridos, enquanto nas escadas e portas o número de ocupantes utilizado foi o do maior pavimento.

Nota-se que as larguras de acessos e descargas dos pavimentos apresentam um valor acima da largura mínima dimensionada seguindo a NT 12/15 do CBMPB, exceto a do pavimento térreo, que apresenta uma largura de 1,25 metros, bem abaixo do mínimo de 1,65 metros estabelecido pela norma.

Quanto às escadas, tem-se que todas aquelas usadas para rotas de fuga apresentam larguras que atendem ao estabelecido pelas normas estadual e nacional para a população estimada que estão sujeitas a utilizá-las. Nesse ponto, verificou-se ao longo da modelagem a presença de uma aglomeração de pessoas durante o processo de evacuação do local sendo entendido como um ponto de gargalo na rota de fuga. Essa situação reforça a teoria de que as normas nacional e estadual, quando consideram o dimensionamento das saídas a partir do comportamento em fila podem estar desconsiderando a dinâmica real em uma situação extrema e subdimensionando esses elementos, conforme relatado por Martins, Rodrigues e Braga (2019).

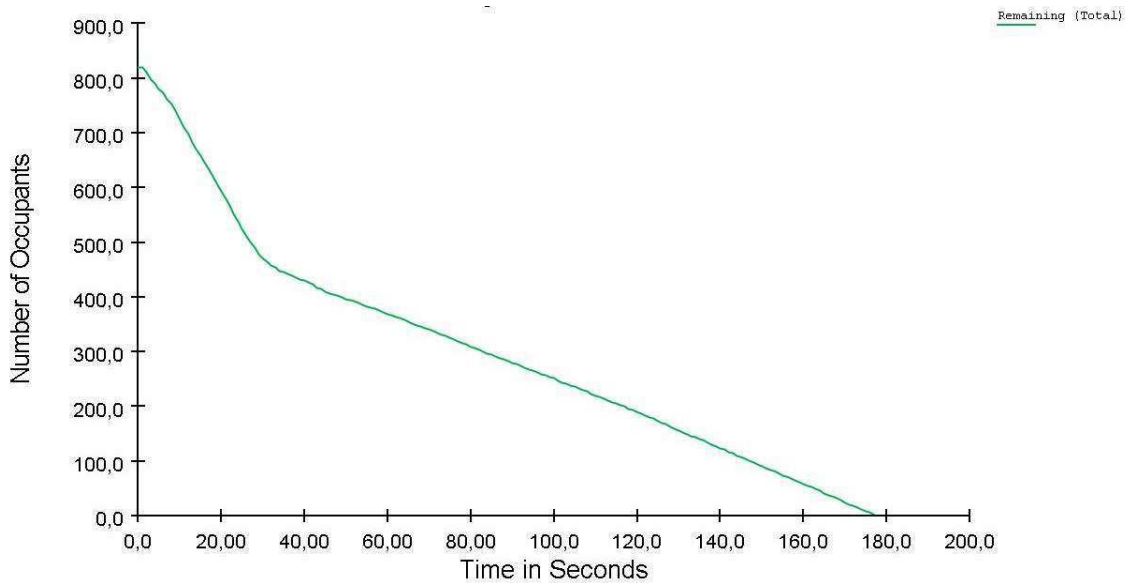
Por fim, analisando as larguras das portas, foi possível verificar que nos pavimentos térreo e subsolo onde estão localizadas as descargas para a parte externa da edificação, os valores encontram-se bem acima do necessário, chegando a ser 9 vezes maior que o valor estimado para as portas do subsolo e 12 vezes maior para as localizadas no térreo e garantindo, desse modo, a saída com segurança dos ocupantes da edificação. Entretanto, apesar dessa folga em relação as portas de saída, os pontos críticos detectados a montante das portas podem comprometer o fluxo das pessoas durante uma situação de emergência impedindo ou dificultando a dinâmica da evacuação.

Tabela 8: Saídas de emergências dimensionadas para os pavimentos do Cenário A.

POR NORMA (NT 12/15 do CBMPB)									
Pavimento	Tipo de Saída								
	Acessos e Descargas			Escadas			Portas		
	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação
Subsolo	1,4 m	1,2 m	Regular	-	-	-	15,0 m	1,65 m	Regular
Térreo	1,25 m	1,65 m	Irregular	3,8 m	2,2 m	Regular	20,0 m	1,65 m	Regular
1º Pavimento	1,2 m	1,2 m	Regular	3,8 m	2,2 m	Regular	-	-	-
2º Pavimento	4,0 m	1,65 m	Regular	3,6 m	2,2 m	Regular	-	-	-

Fonte: Autoral.

A Figura 13 retrata o desempenho do esvaziamento da edificação para o cenário A a partir da relação entre o número de ocupantes e tempo de evacuação. Nesta simulação obteve-se um tempo total de 177,5 segundos, ou seja, 2 minutos e 58 segundos para que todas as pessoas saíssem do prédio. Observa-se que há um decaimento acelerado do número de pessoas nos primeiros instantes e, após certo tempo, a dinâmica ocorre de modo mais lento. Vale salientar que neste gráfico está sendo apresentado o tempo total de evacuação desde a saída do primeiro ocupante até o último.

Figura 13: Gráfico da relação número de ocupantes versus tempo de evacuação para o Cenário A.

Fonte: Autoral.

Para entender melhor essa dinâmica, a Tabela 9 apresenta a relação entre tempo, pessoas e o percentual de evacuação neste cenário. É possível ver que mais da metade da população, 450 pessoas, correspondente a um percentual de 54,94%, consegue deixar o ambiente em menos de 60 segundos, sendo 42,61% (349 ocupantes) nos primeiros 30 segundos. No decorrer do próximo minuto, apenas 179 pessoas (21,85%) saem da edificação. Entre o 2º tempo e o final da modelagem, os 190 ocupantes restantes conseguem sair do local até chegar ao tempo de quase 3 minutos.

Observa-se que durante os primeiros 30 segundos o fluxo de saída das pessoas é maior uma vez que ainda não houve aglomeração em nenhum ponto da rota de fuga e, com isso a dinâmica do movimento dos ocupantes acontece com maior fluidez e de modo mais eficiente. A partir do primeiro minuto percebe-se uma perda de tempo com a espera principalmente nos pontos críticos, como as escadas, onde a velocidade de deslocamento é reduzida em decorrência da proximidade entre as pessoas podendo chegar a valores próximos a zero. O Essa assertiva pode ser comprovada observado a Figura 13.

Tabela 9: Desempenho de evacuação no Cenário A.

Tempo (s)	30	60	120	177,5
População evacuada	349	450	629	819
Percentual	42,61%	54,94 %	76,80 %	100 %

Fonte: Autoral.

Na Figura 14 é apresentada a dinâmica de evacuação da edificação em quatro tempos distintos para o cenário A, desde o instante inicial com o tempo de 0 segundos até o instante

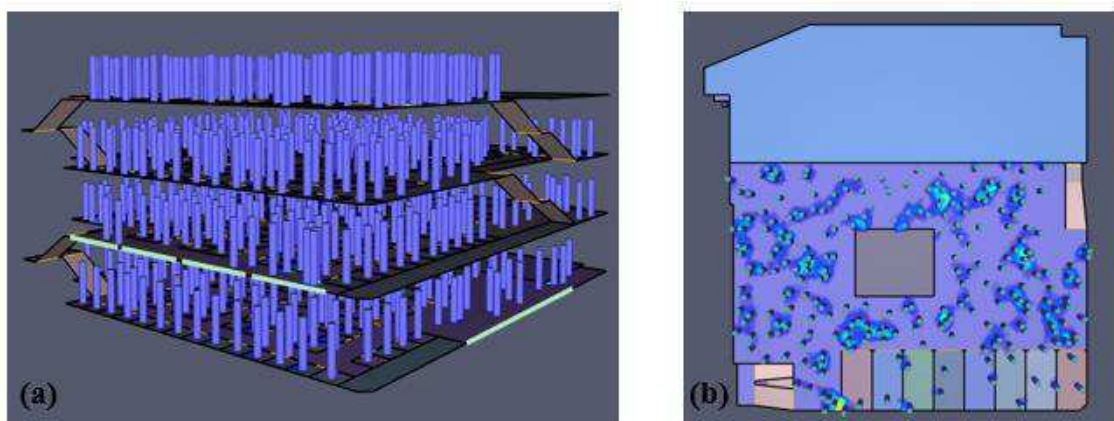
final da fuga quando o último ocupante deixa o estabelecimento comercial. Inicialmente em (a) tem-se uma imagem tridimensional da distribuição inicial dos ocupantes, presentes nas barracas, administração, lanchonetes e áreas livres ao longo dos pavimentos; enquanto (b) mostra a planta baixa do 2º pavimento com o tempo de 0 segundos.

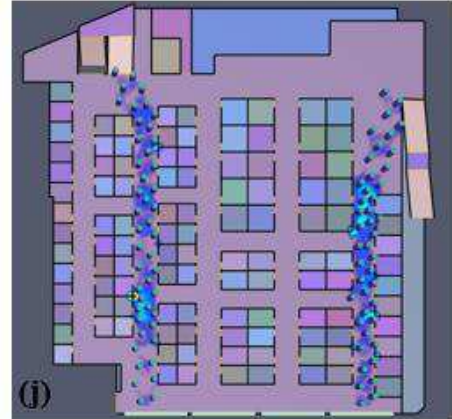
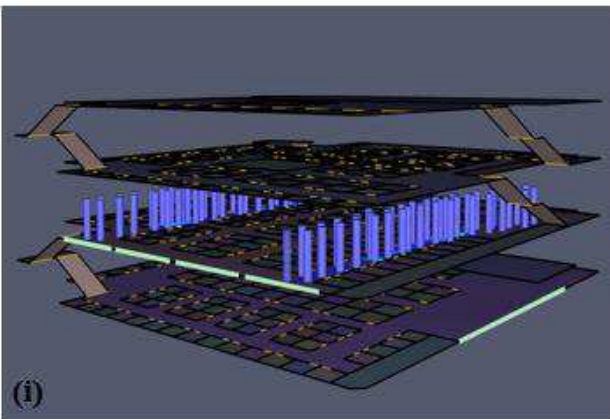
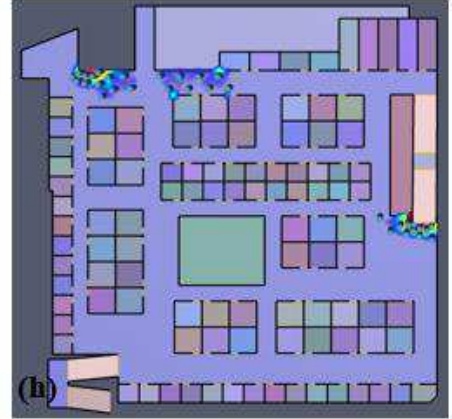
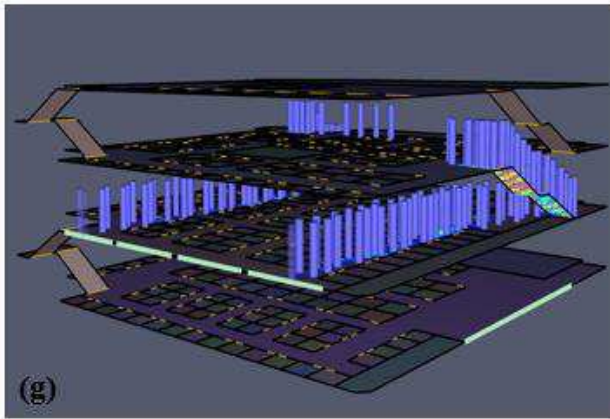
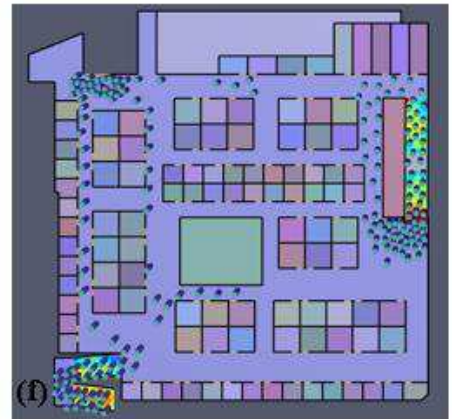
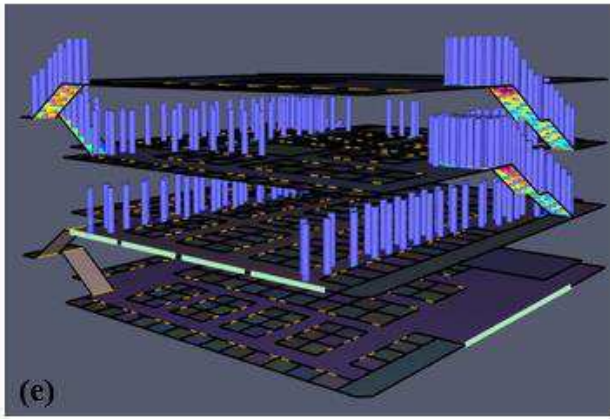
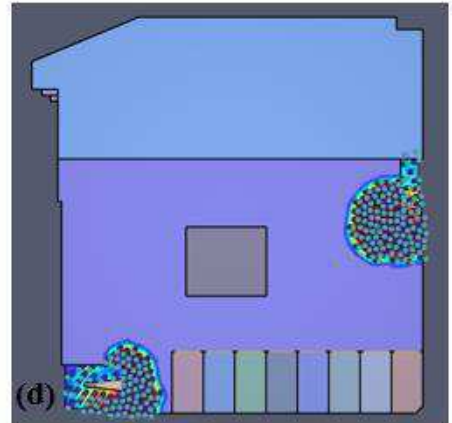
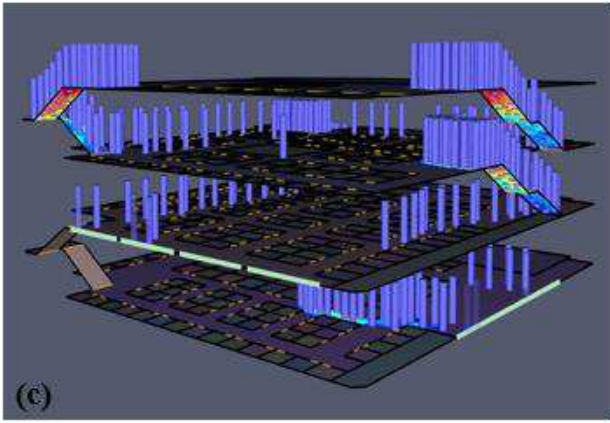
Ao iniciar a fuga, é possível verificar os ocupantes se deslocando até a saída mais próxima do seu local de origem. Assim, todos os indivíduos presentes no subsolo dirigem-se as saídas do mesmo pavimento e os situados nos demais pavimentos seguem em direção à saída do pavimento térreo, como mostrado na vista (c) e na planta baixa do 2º pavimento (d) formando congestionamentos nos acessos das escadas, ambos no tempo de 30 segundos.

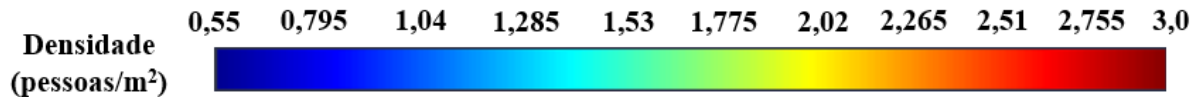
Pela planta baixa (d) também pode-se notar a formação de arcos junto as saídas no 1º Pavimento. Saloma et al. (2003) comandaram investigações numéricas sobre evacuações de pessoas em situações de pânico. O estudo revelou vários cenários de movimentação dinâmicos, entre eles a formação de arco nas saídas. De acordo com Helbing, Farkas e Vicsek (2000) apud Martins (2016), o arco é decorrente da tentativa do pedestre desviar obstáculos ou pessoas que estejam muito próximas a ele e, se sustenta pela pressão exercida de quem está atrás sobre a pessoa que está na frente, impedindo a saída destes. Eventualmente quando os arcos se quebram, o fluxo de pedestres que deixam o local aumenta, até que um novo arco se forme.

Na vista (e), com um tempo de 60 segundos, é possível notar a ausência de ocupantes no subsolo, sendo utilizadas apenas as saídas do Térreo. A planta baixa (f) mostra a movimentação dos ocupantes no 1º pavimento buscando a rota de fuga mais próxima, nesse mesmo tempo. As imagens (g) e (h) apresentam a modelagem no tempo de 120 segundos, onde o 1º pavimento está praticamente vazio. Por fim, (i) e (j) retratam a evacuação aos 150 segundos, em que todos os ocupantes já se encontram no Pavimento Térreo, próximo ao final do processo de saída.

Figura 14: Simulação de evacuação dos ocupantes no Cenário A.



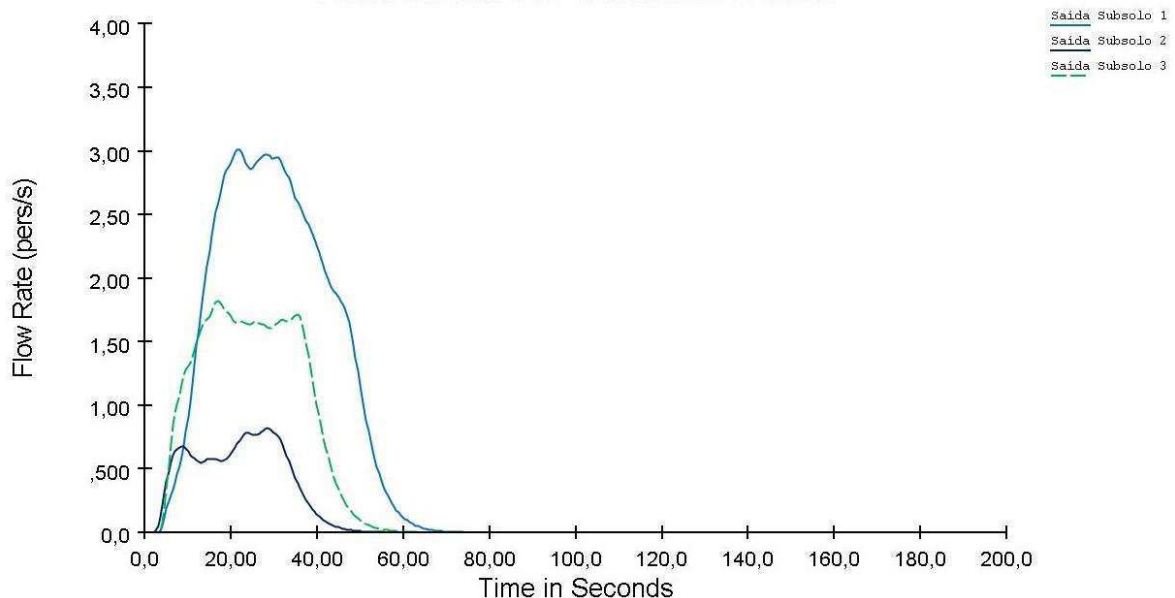




Fonte: Autoral.

A Figura 15 mostra a taxa de fluxo em pessoas/segundo em cada saída. A saída do subsolo é dividida em 3 partes iguais sendo denominadas de Saída Subsolo 1, Saída Subsolo 2 e Saída Subsolo 3. Nota-se que os 183 ocupantes desse pavimento conseguem esvaziar o pavimento em um tempo um pouco maior que 60 segundos. Apesar de apresentarem larguras distribuídas igualmente entre as saídas, a saída 1 apresenta uma maior taxa de fluxo, chegando a um valor máximo de aproximadamente 3 pessoas por segundo por se tratar da saída mais próxima para grande parte dos ocupantes desse pavimento.

Figura 15: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do subsolo ao longo da modelagem no Cenário A.



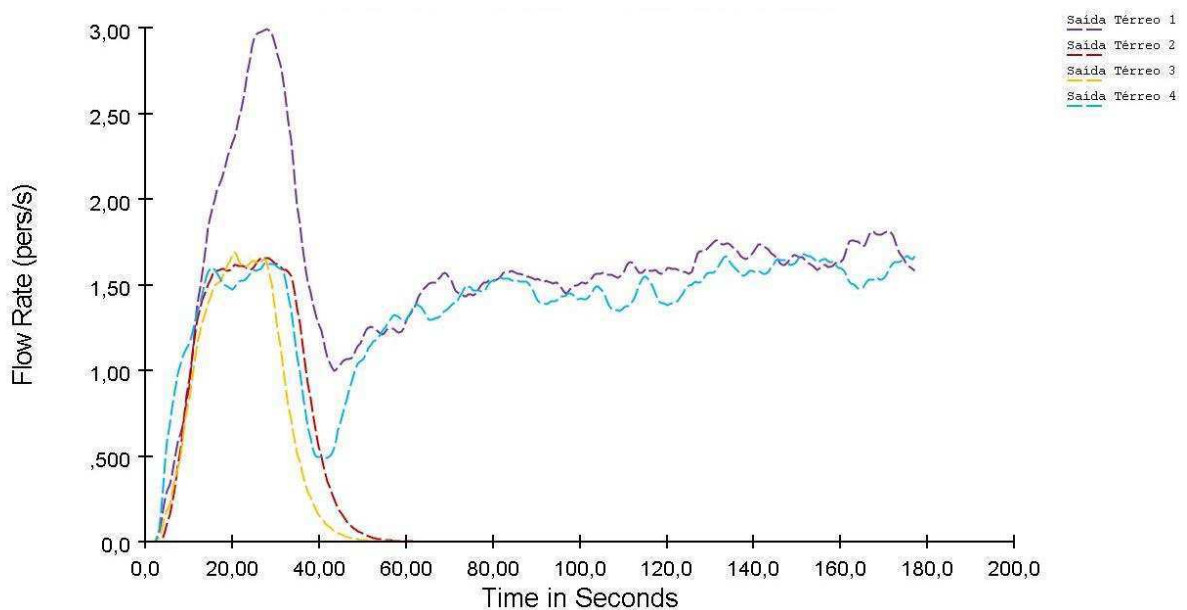
Fonte: Autoral.

Já a saída do pavimento térreo é dividida em 4 partes iguais: Saída Térreo 1, Saída Térreo 2, Saída Térreo 3 e Saída Térreo 4. A Figura 16 mostra a taxa de fluxo para as saídas desse pavimento. É notório que as saídas 1 e 4, laterais, são as mais procuradas com a tentativa de fuga do estabelecimento e isso ocorre devido a localização de ambas estarem mais próximas das escadas que interligam o pavimento superior a este. Enquanto isso, as demais saídas (2 e 3) são utilizadas apenas para os ocupantes do térreo que, em cerca de 60 segundos, conseguem sair do local. A saída 1 é a mais requisitada chegando a uma taxa de fluxo de 3 pessoas por segundo. Em grande parte do tempo, as taxas das saídas 1 e 4 permanecem próximo ao valor de 1,5 pessoas por segundo, metade da máxima alcançada pela saída 1, quando passam por ela

aqueles ocupantes que estavam presentes no gargalo formado no 2º pavimento e que ao longo da modelagem proporcionaram congestionamento também nas escadas que dão acessos do 1º Pavimento ao Térreo.

Em uma situação real, provavelmente a partir de 60 segundos e estando as saídas centrais desobstruídas, parte dos ocupantes da edificação ainda em processo de fuga se dirigiriam para essas saídas, reduzindo, assim, o tempo total de evacuação do local e também as taxas de fluxo das saídas laterais. Vale salientar que este fato só aconteceria porque, especialmente para a edificação estudada, as portas estão juntas em um mesmo local, sendo possível a visualização delas pelas pessoas durante o processo de saída. Entretanto, se as saídas estivessem distribuídas ao longo do pavimento térreo, como ocorre frequentemente nas edificações, não seria possível a visualização de outras saídas que, mesmo vazias, seriam preteridas às mais próximas da rota de fuga, apesar da formação de aglomerações, ocasionando um maior tempo das pessoas no interior da edificação e aumentando o risco para a população.

Figura 16: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do pavimento térreo ao longo da modelagem no Cenário A.



Fonte: Autoral.

Segundo Yang et al. (2005) em uma situação de pânico um fenômeno recorrente é o de guiar-se pela multidão. O ocupante deixa de seguir seu raciocínio para acompanhar a massa. Durante a evacuação as pessoas perdem a calma e a noção de localização das saídas e seguem as outras confiando que estas conhecem a saída.

No caso específico de incêndio onde a fumaça rapidamente se espalha ocupando todos os espaços e tornando a atmosfera local irrespirável, o tempo é fator primordial para garantir a integridade física das pessoas. Quando menos tempo dentro da edificação menor também o risco de ferimentos e morte dos ocupantes. Portanto, pontos de aglomerações e gargalos devem ser reduzidos ou eliminados.

Braga et al. (2010) estudando a dinâmica de evacuação de um prédio comercial típico de cidades brasileiras concluiu que as simulações computacionais de incêndio e de evacuação constituem importantes ferramentas para elaboração de projetos, pois permitem levar em consideração entre outros fatores, a escolha dos materiais, distribuição dos espaços e comprovação do que prescreve a norma, além de possibilitar a adoção de soluções alternativas personalizadas de baixo custo, atendendo aos objetivos da segurança contra incêndio.

4.2.2 Cenário B

Para o cenário B, foi proposto um aumento na população dimensionada para a edificação. Adotou-se um acréscimo de 100% da população das barracas, contabilizando 2 ocupantes em cada uma, caso recorrente no dia a dia da maioria dos lojistas instalados no shopping, e nas demais áreas, como administração, lanchonetes, praça de alimentação e áreas livres, com 50% de aumento da população. Vale salientar que não houve alterações na quantidade de barracas distribuídas dentro da edificação, apenas alterações na quantidade de ocupantes. A Tabela 10 traz o resumo dos dados de dimensionamento da população para o cenário B.

Tabela 10: População dimensionada para cada pavimento do Cenário B.

ADOTANDO-SE BARRACAS (100%) E DEMAIS ÁREAS 50% A MAIS	
Pavimento	Quantidade de Ocupantes
Subsolo	325
Térreo	364
1º Pavimento	339
2º Pavimento (Praça de Alimentação)	362
TOTAL	1390

Fonte: Autoral.

Com os dados da população resumidos acima, foi possível redimensionar a largura necessária das saídas de emergência para este cenário. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 11. Com o aumento da população todas as larguras sofreram alterações. Tratando-se de acessos e descargas, a largura ideal para esse tipo de saída em todos os pavimentos passa a

ser 2,2 metros, o que tornam subdimensionados também os acessos para o subsolo e 1º pavimento, já que, para o cenário A, apenas o pavimento térreo se encontrava fora do preconizado pelas normas. Enquanto isso, a largura mínima presente no 2º pavimento é de 4 metros, valor este que continua apresentando uma situação de regularidade.

As escadas, por sua vez, apesar de terem as larguras alteradas para 2,75 metros continuaram compatíveis com as normas, atendendo as necessidades de uso dos ocupantes que as utilizarão para deixar os pavimentos 1 e 2.

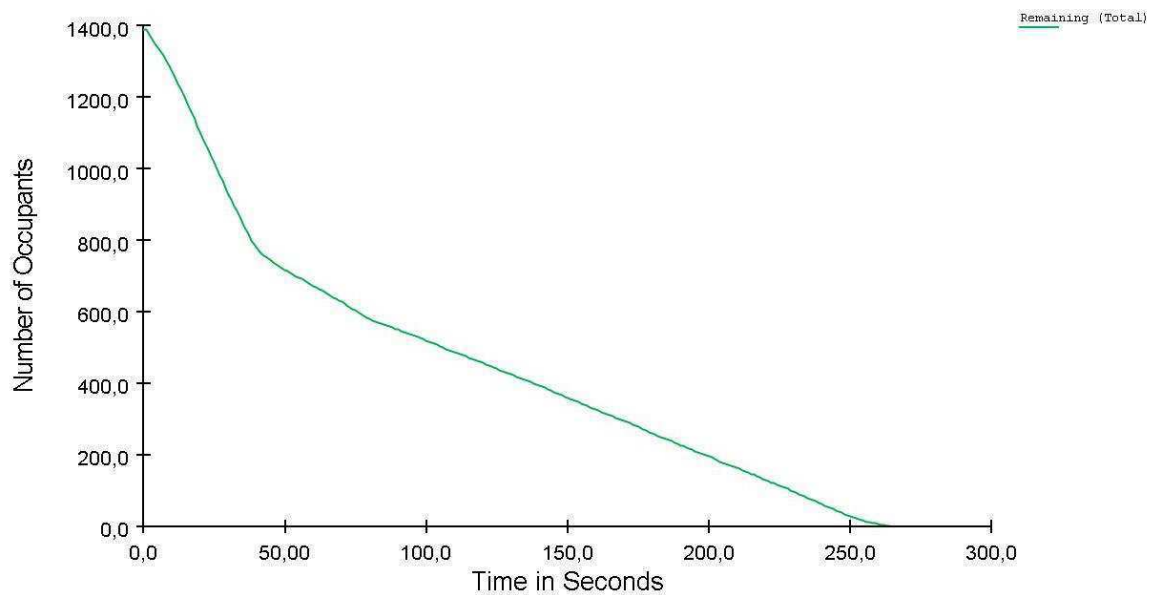
Quanto às portas, o aumento populacional não alterou a condição de regularidade verificada no cenário A. Aqui, nota-se um valor quase 7 vezes maior que o necessário para a saída no pavimento subsolo, enquanto para o térreo, cerca de 9 vezes maior trazendo uma maior segurança em situações de emergência e pânico.

Tabela 11: Saídas de emergências dimensionadas para cada tipo nos pavimentos do Cenário B.

ADOTANDO-SE BARRACAS (100%) E DEMAIS ÁREAS 50% A MAIS									
Pavimento	Tipo de Saída								
	Acessos e Descargas			Escadas			Portas		
	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação
Subsolo	1,4 m	2,2 m	Irregular	-	-	-	15,0 m	2,2 m	Regular
Térreo	1,25 m	2,2 m	Irregular	3,8 m	2,75 m	Regular	20,0 m	2,2 m	Regular
1º Pavimento	1,2 m	2,2 m	Irregular	3,8 m	2,75 m	Regular	-	-	-
2º Pavimento	4,0 m	2,2 m	Regular	3,6 m	2,75 m	Regular	-	-	-

Fonte: Autoral.

A Figura 17 traz resultado do tempo de evacuação da população no Cenário B. A modelagem apresentou um tempo total de 264,3 segundos, que representa 4 minutos e 24 segundos aproximadamente, aumentando cerca de 48,9% no tempo de fuga comparado ao cenário anterior.

Figura 17: Gráfico da relação número de ocupantes versus tempo de evacuação para o Cenário B.

Fonte: Autoral.

Na Tabela 12 consta ainda a relação de tempo, população evacuada e o percentual de evacuação ao longo da modelagem. Aproximadamente metade da população (51,58%) consegue evadir-se do estabelecimento nos primeiros 60 segundos, esse percentual é um pouco inferior ao obtido no Cenário A (54,94%) para o mesmo tempo. No tempo de 120 segundos o percentual de pessoas que deixa a edificação é de 67,05 % no Cenário B, também inferior ao Cenário A (76,80 %). Ao final do processo de evacuação, o Cenário B apresentou um tempo total de saída de 264,3 segundos bem maior que o tempo obtido no Cenário A (177,5 segundos), mostrando que o subdimensionamento das larguras dos acessos e descargas realmente contribui para a redução da eficiência do processo de saída.

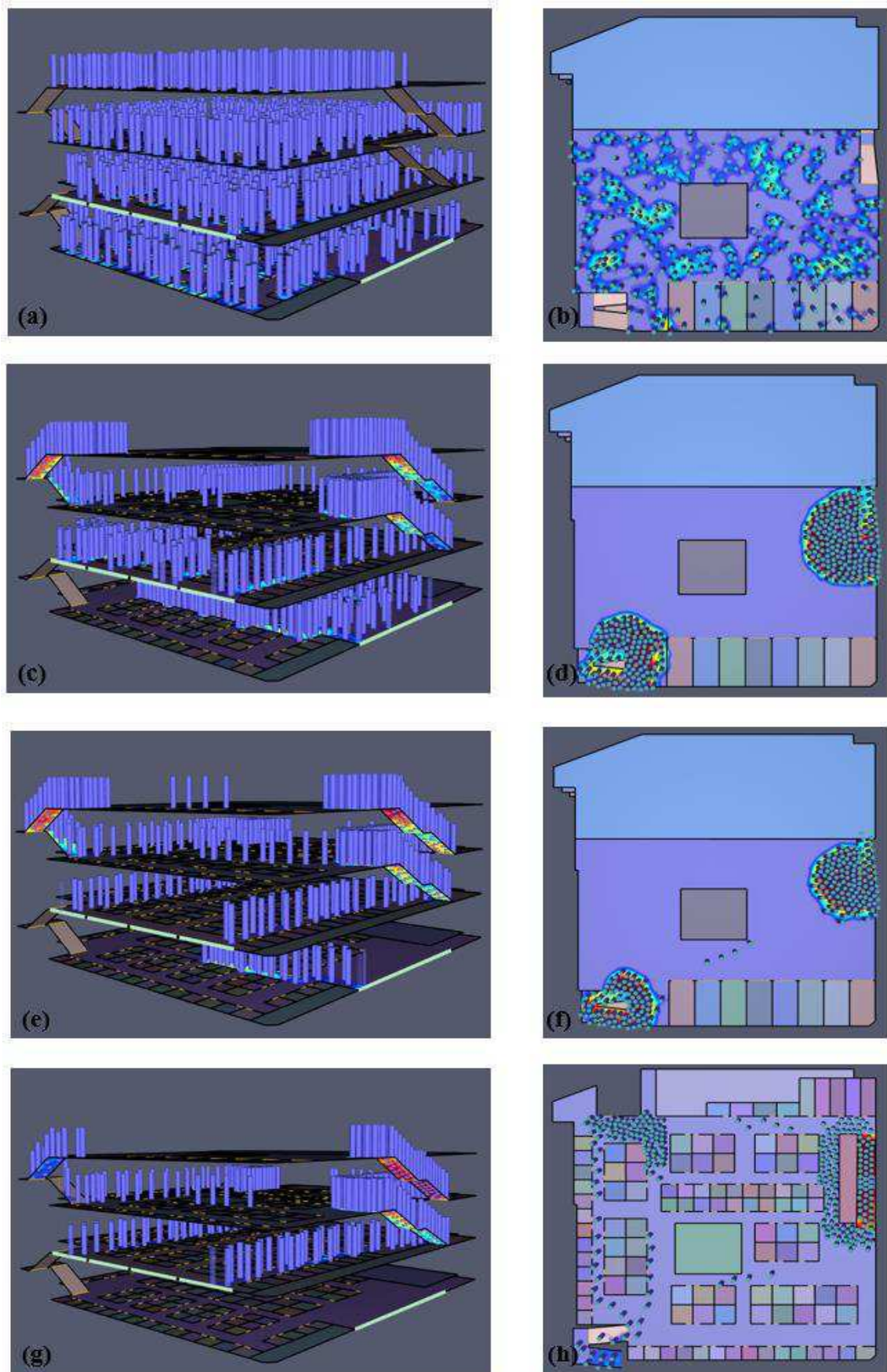
Tabela 12: Desempenho de evacuação no Cenário B.

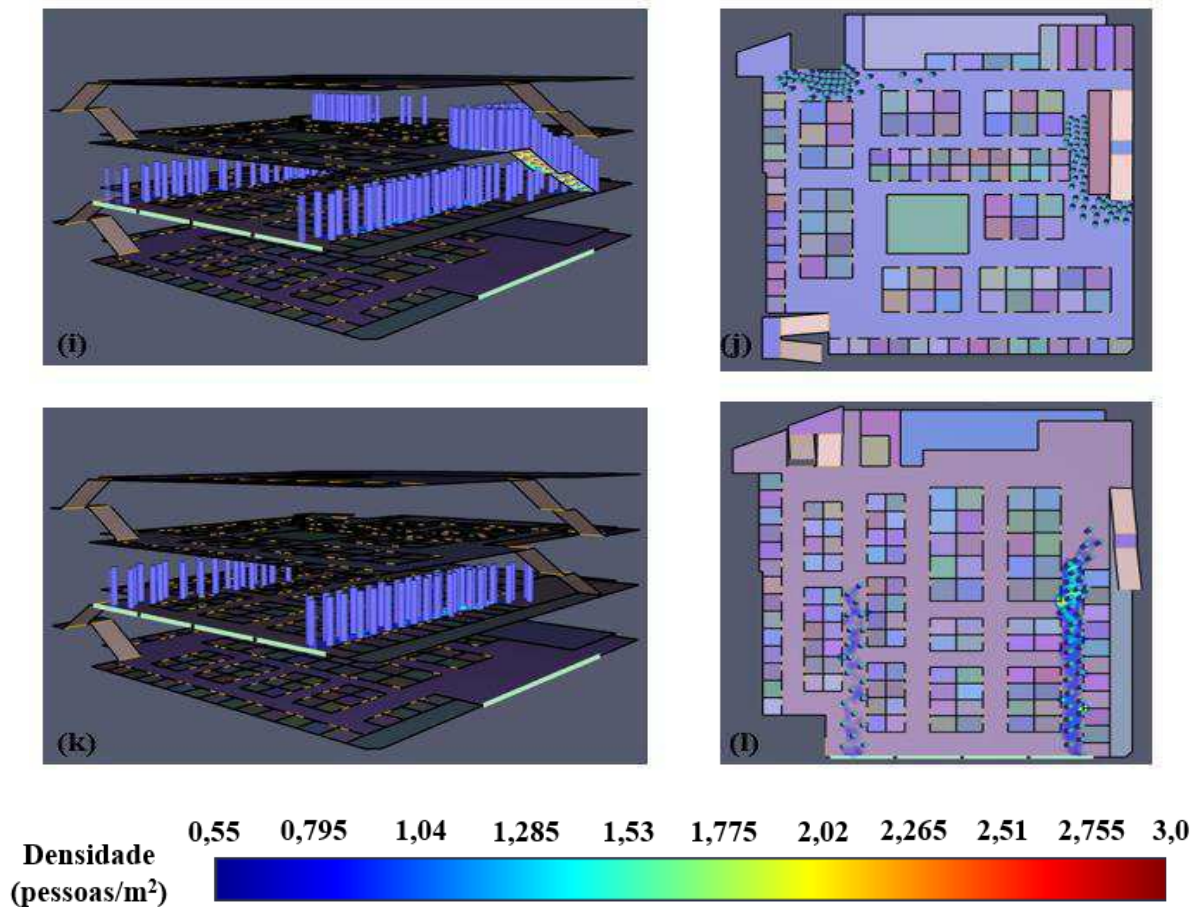
Tempo (s)	30	60	120	180	240	264,3
População evacuada	461	717	932	1129	1327	1390
Percentual	33,16 %	51,58 %	67,05 %	81,22 %	95,47 %	100 %

Fonte: Autoral.

A Figura 18 mostra momentos da modelagem do cenário B. Pode-se ver que a dinâmica da evacuação é semelhante a apresentada no cenário A, em que os ocupantes buscam a saída mais próxima ao seu local inicial e que os gargalos formado nos acessos às escada dos 1º e 2º pavimentos continuam na fase inicial, e dessa vez ,com uma quantidade maior de pessoas. Esses fatos podem ser comparados com as imagens do cenário anterior mostradas na Figura 14.

Figura 18: Simulação de evacuação dos ocupantes no Cenário B.





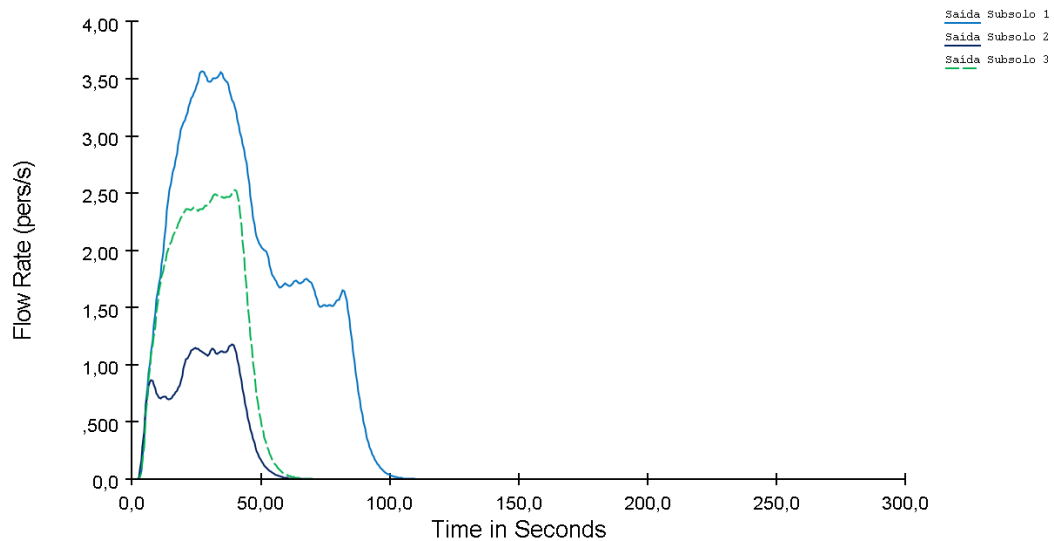
Fonte: Autoral.

Na Figura 18 são apresentados momentos que os ocupantes estão dispostos em suas posições iniciais (a) sendo a vista da edificação e (b), a planta baixa do 2º Pavimento. As imagens (c) e (d) mostram a simulação no tempo de 30 segundos, com a formação de congestionamentos nos acessos as escadas que interligam o 1º e o 2º Pavimentos como mostrado em (d). Ao tempo de 60 segundos, a situação é semelhante aos 30 segundos, diferenciando apenas no subsolo, em que quase todos os ocupantes deste pavimento se encontram fora do estabelecimento, como é mostrado em (e) e (f). A imagem (g) representa a vista e (h), a planta do 1º Pavimento em 120 segundos simulados. No tempo de 180 segundos, pode-se ver que os últimos ocupantes ainda se encontram no 1º Pavimento indo em direção as saídas dispostas no Térreo, sendo retratado em (i) e (j). Já (k) e (l) mostram respectivamente a vista e a planta do pavimento Térreo no tempo de 240 segundos, chegando ao fim da simulação.

A Figura 19 mostra a taxa de fluxo em pessoas/segundo em cada saída do pavimento subsolo para o Cenário B. Os 325 ocupantes dimensionados para este pavimento levam um tempo um pouco maior que 100 segundos para deixarem o local. A saída 1 apresenta a maior taxa de fluxo, com o valor aproximado de 3,5 pessoas por segundo. Vale salientar que as saídas

apresentam as mesmas larguras e que o direcionamento dos ocupantes foi feito de forma aleatória pelo próprio software.

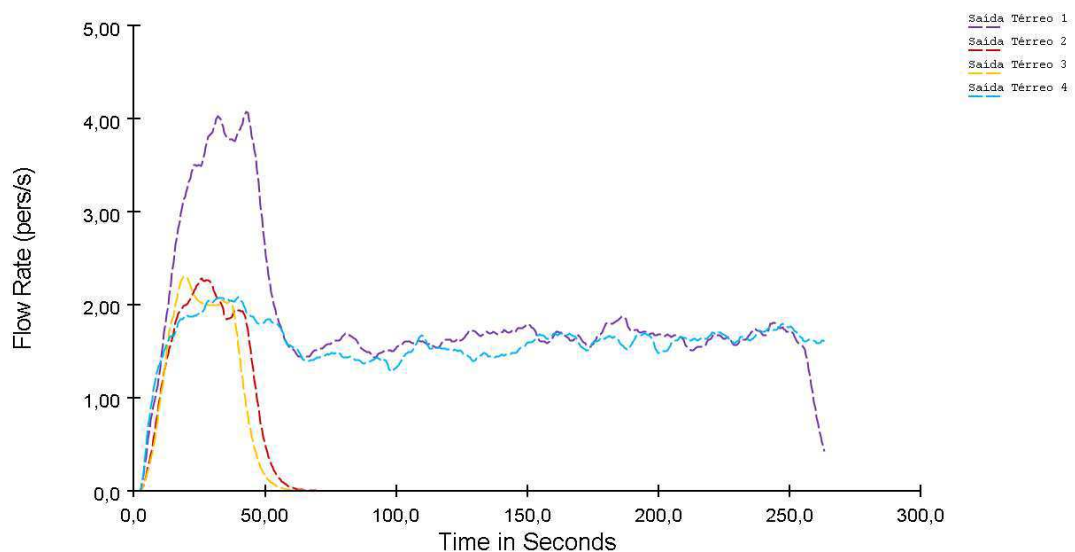
Figura 19: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do subsolo ao longo da modelagem no Cenário B.



Fonte: Autoral.

A Figura 20 apresenta a taxa de fluxo para as saídas do pavimento térreo. Os ocupantes que utilizam as saídas 2 e 3 levam cerca de 60 segundos para evadirem-se do estabelecimento. Da mesma forma do cenário A, saída 1 é a mais requisitada, apresentando uma taxa máxima de 4 pessoas por segundo. Em grande parte do tempo a taxa permanece próxima a valores entre 1,5 e 2 pessoas por segundo nas saídas 1 e 4.

Figura 20: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do pavimento térreo ao longo da modelagem no Cenário B.



Fonte: Autoral.

4.2.3 Cenário C

Para este cenário, um acréscimo de 100% na população dimensionada inicialmente foi realizado, em todas as áreas dispostas no estabelecimento, como barracas, áreas livres, administração, lanchonetes e praça de alimentação. No cenário B já havia sido adotada 100% na ocupação das barracas, neste caso, o objetivo foi representar uma possível superlotação desse comércio em horários e dias de picos, com grandes aglomerações. Os dados dispostos na Tabelas 13 resumem a quantidade de ocupantes para cada pavimento no Cenário C, que irá auxiliar na análise das condições das saídas de emergência e na modelagem.

Tabela 13: População dimensionada para cada pavimento do Cenário C.

ADOTANDO-SE 100% A MAIS EM TODAS AS ÁREAS	
Pavimento	Quantidade de Ocupantes
Subsolo	366
Térreo	410
1º Pavimento	378
2º Pavimento (Praça de Alimentação)	482
TOTAL	1636

Fonte: Autoral.

Os dados apresentados na Tabela 14, mostram as condições das saídas de emergência em cada pavimento baseadas na população que será utilizada para este cenário. Comparando-se ao cenário B, poucas alterações são identificadas quanto as suas irregularidades.

Analisando inicialmente os acessos e descargas, apenas o 2º pavimento apresenta regularidade da largura necessária, com um valor atual superior ao proposto garantindo a segurança dos ocupantes. Os demais pavimentos apresentam larguras atuais inferiores à necessária, recomendadas pelo cálculo da NT 12/15 do CBMPB. Neste caso, nota-se que essa análise coincide com a realizada no cenário B, alterando-se apenas as dimensões necessárias para esse tipo de saída.

Tratando-se agora de escadas, a irregularidade é constatada dessa vez em todos os pavimentos, com uma pequena diferença de 5 centímetros nas escadas que ligam o 1º pavimento ao térreo e as que estão entre o térreo e subsolo. Já nas escadas presentes no 2º Pavimento, a diferença é maior, com um valor de 25 centímetros abaixo do necessário. Sendo assim, será possível verificar congestionamentos ainda maiores na simulação e maior tempo total de saída.

Da mesma forma que foram analisadas nos cenários A e B, as portas continuam regulares para este cenário. Dessa vez, a largura que consta no pavimento subsolo apresenta um

valor quase 5,5 vezes maior que o recomendado, enquanto as saídas do térreo possuem aproximadamente 7 vezes do valor necessário. Sendo assim, elas estão adequadas para todos os cenários, não sendo necessária alterações neste tipo de saída de emergência.

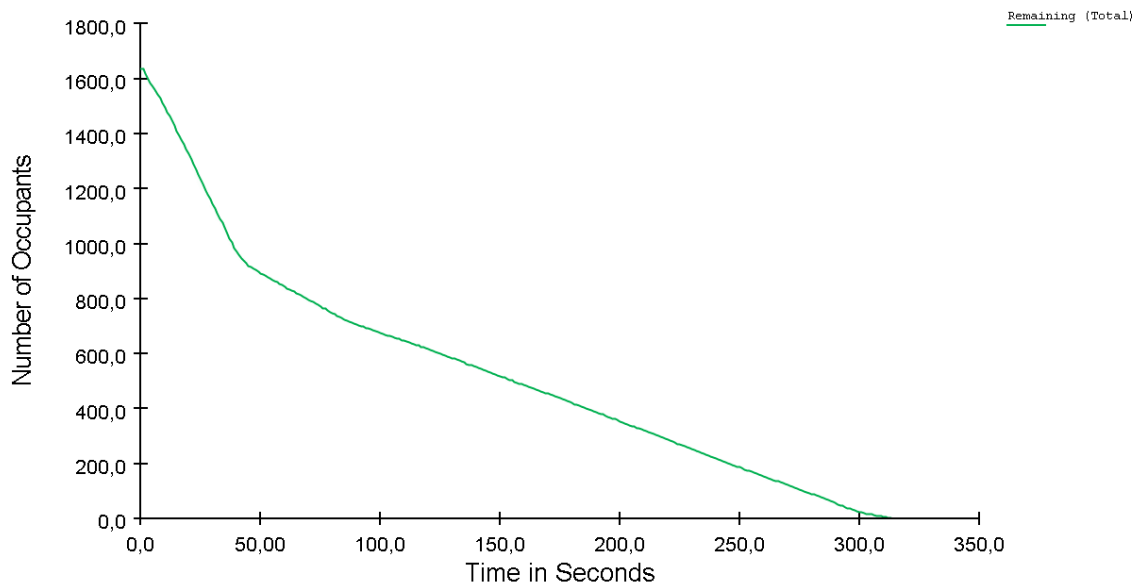
Tabela 14: Saídas de emergências dimensionadas para cada tipo nos pavimentos do Cenário C.

Pavimento	ADOTANDO-SE 100% A MAIS EM TODAS AS ÁREAS								
	Tipo de Saída								
	Acessos e Descargas			Escadas			Portas		
	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação	Largura Mínima Atual	Largura Necessária	Situação
Subsolo	1,4 m	2,2 m	Irregular	-	-	-	15,0 m	2,75 m	Regular
Térreo	1,25 m	2,75 m	Irregular	3,8 m	3,85 m	Irregular	20,0 m	2,75 m	Regular
1º Pavimento	1,2 m	2,2 m	Irregular	3,8 m	3,85 m	Irregular	-	-	-
2º Pavimento	4,0 m	2,75 m	Regular	3,6 m	3,85 m	Irregular	-	-	-

Fonte: Autoral.

Na Figura 21 é apresentado o desempenho da evacuação com a população proposta. A população deste cenário, 1.636 ocupantes, demorou 313,8 segundos para esvaziar todo o estabelecimento, ou seja, cerca de 5 minutos e 14 segundos. Esse valor foi 76,79% e 18,73% maior que aqueles obtidos para os cenários A e B, respectivamente.

Figura 21: Gráfico da relação número de ocupantes versus tempo de evacuação para o Cenário C.



Fonte: Autoral.

A relação entre tempo da modelagem, pessoas evacuadas e percentual de fuga deste cenário estão apresentados na Tabela 15. No primeiro minuto é constatado que pouco menos da metade dos ocupantes, um total de 790 pessoas (48,29%) conseguem deixar o local. Esse percentual, com esperado, é menor do que nos cenários A (54,94 %) e B (51,58 %).

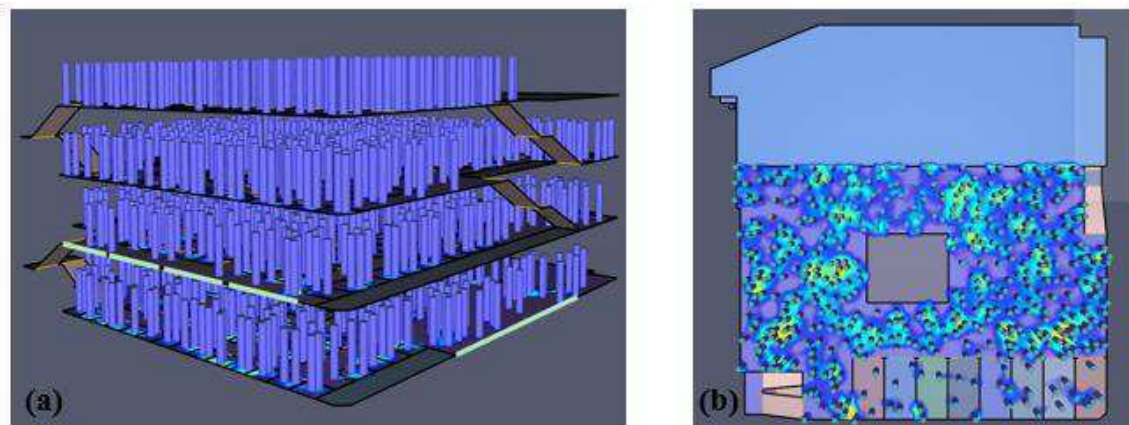
Tabela 15: Desempenho de evacuação no Cenário C.

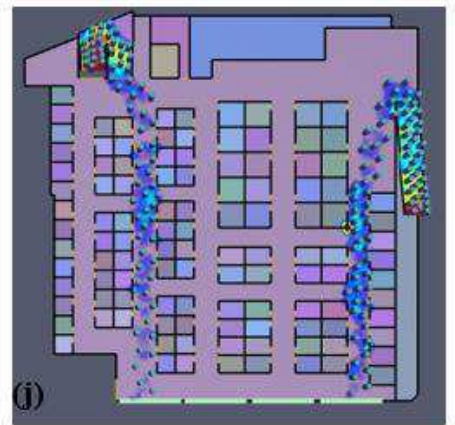
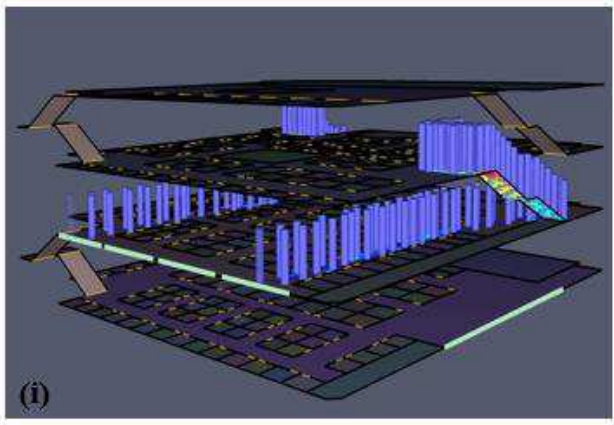
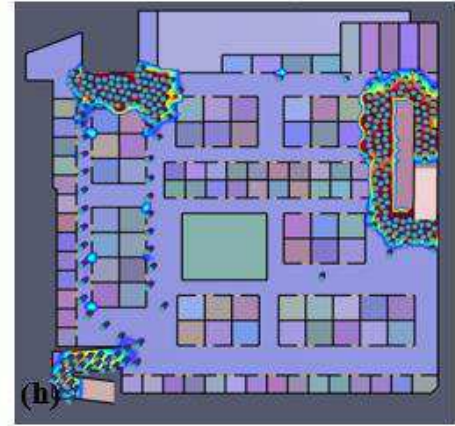
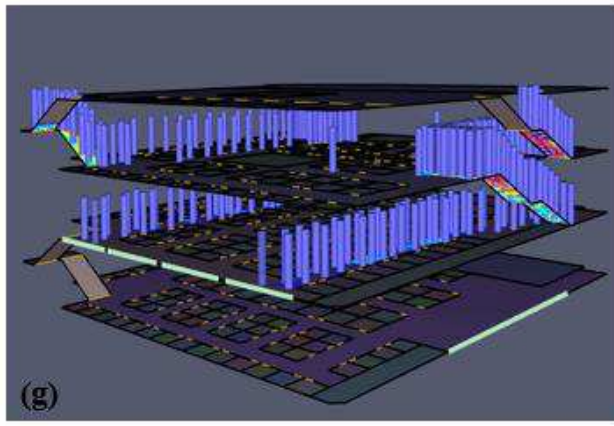
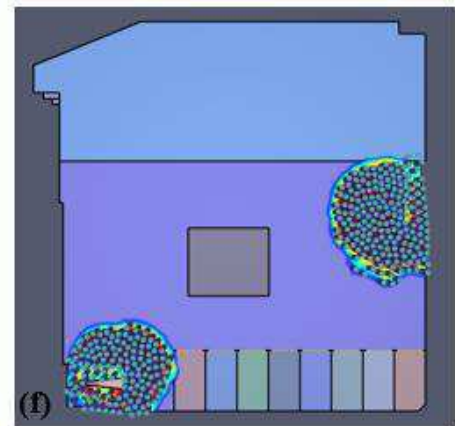
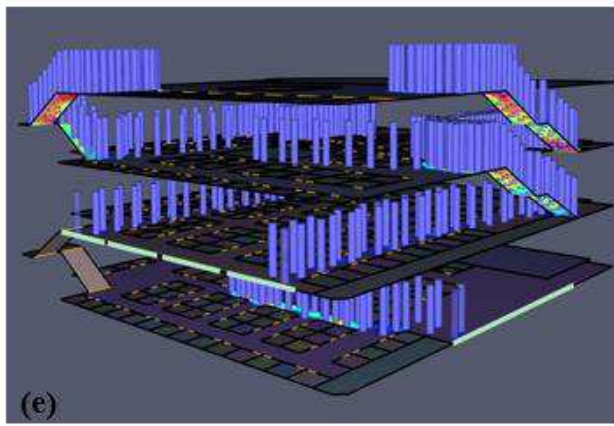
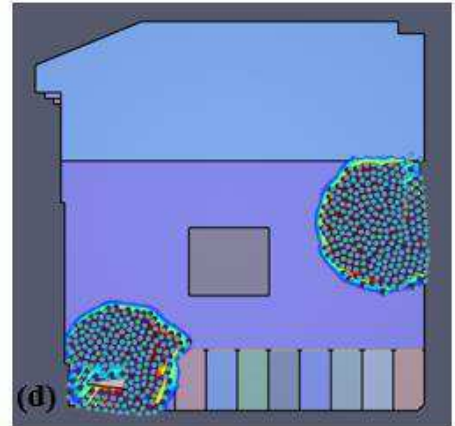
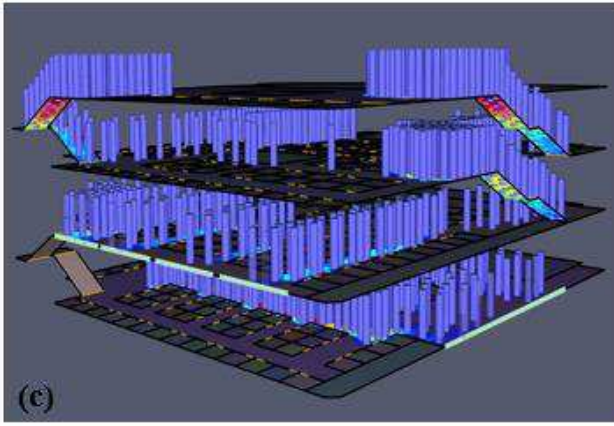
Tempo (s)	30	60	120	180	240	300	313,8
População evacuada	490	792	1020	1216	1418	1613	1636
Percentual	28,95 %	48,41 %	62,34%	74,33 %	86,87 %	98,59 %	100 %

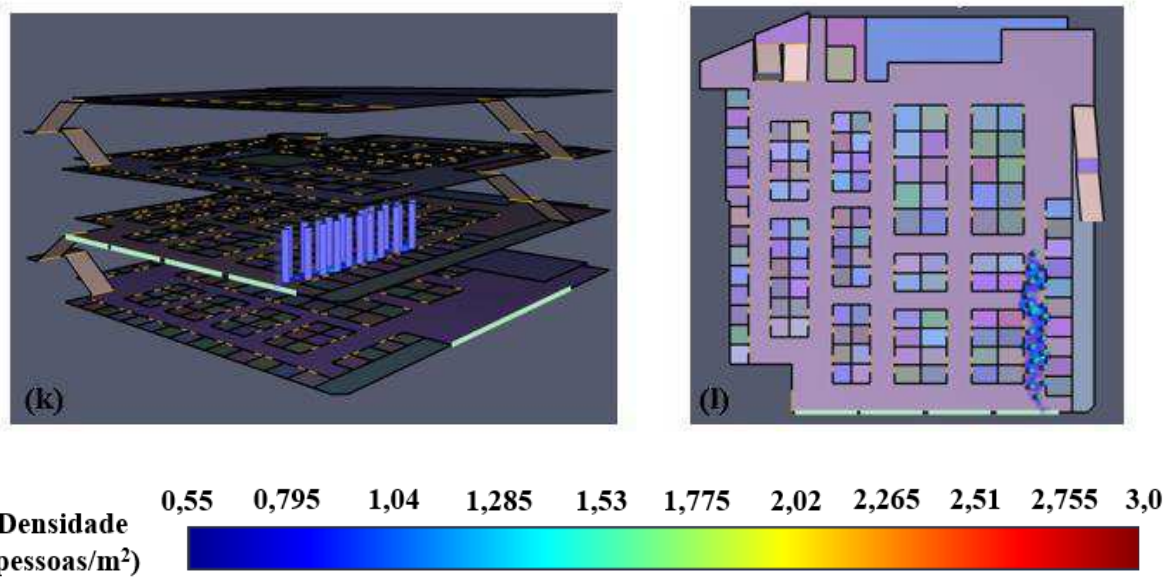
Fonte: Autoral.

Por apresentar uma população maior, os congestionamentos formados nos acessos das escadas do 1º e do 2º pavimentos são ainda maiores, proporcionando o aumento do tempo de evacuação e justificando o desempenho inferior como foi mostrado anteriormente na Tabela 14.

A Figura 22, retrata vários momentos ao longo da modelagem neste cenário C, onde o comportamento dos ocupantes e o decorrer da modelagem são semelhantes aos já apresentados nos cenários anteriores. Em (a) é representada a vista da edificação no tempo 0 segundos, (b) a planta baixa do 2º Pavimento na posição inicial, (c) o momento de 30 segundos, (d) a planta do 2º Pavimento referente a esse tempo, com dois grandes gargalos apresentados, (e) a vista e (f) planta também do 2º Pavimento aos 60 segundos, (g) a simulação no tempo de 180 segundos e (h) com os últimos ocupantes do 2º Pavimento se direcionando ao pavimento inferior. Já (i) e (j) mostram o momento em que completa 240 segundos, em que o 1º Pavimento está quase todo desocupado e os ocupantes utilizam as saídas 1 e 4 do pavimento Térreo e, por fim, (k) e (l) apresentam momentos finais da simulação deste cenário aos 300 segundos.

Figura 22: Simulação de evacuação dos ocupantes no Cenário C.

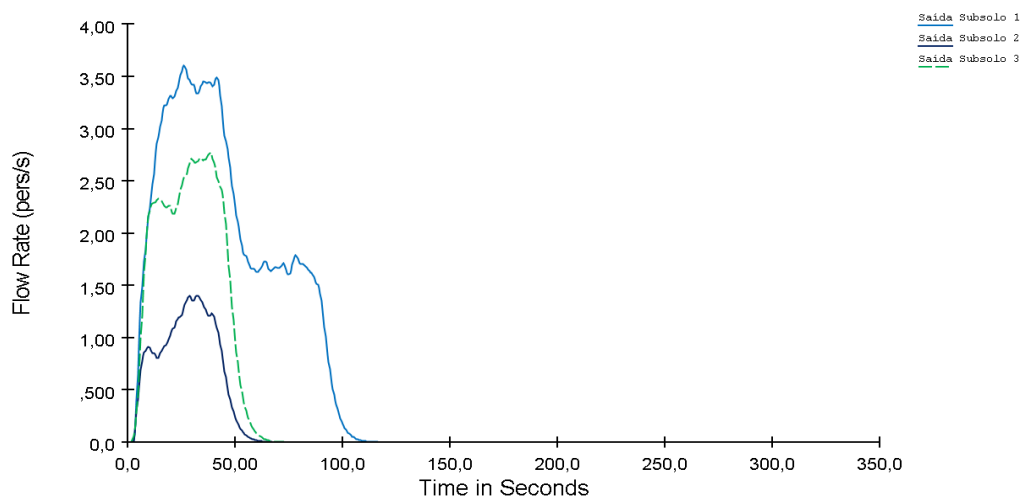




Fonte: Autoral.

A variação da taxa de fluxo em pessoas/segundo em cada saída do pavimento subsolo deste cenário está apresentada na Figura 23. Neste cenário também é perceptível a preferência pela saída 1, que apresenta uma taxa de fluxo pouco acima de 3,5 pessoas por segundo, sendo similar ao obtido no cenário B. Este fato ocorre porque a avaliação está sendo feita em relação a portas de saída e, neste caso, a largura existente atende tanto a condições populacionais do Cenário B quanto do C.

Figura 23: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do subsolo ao longo da modelagem no Cenário C.

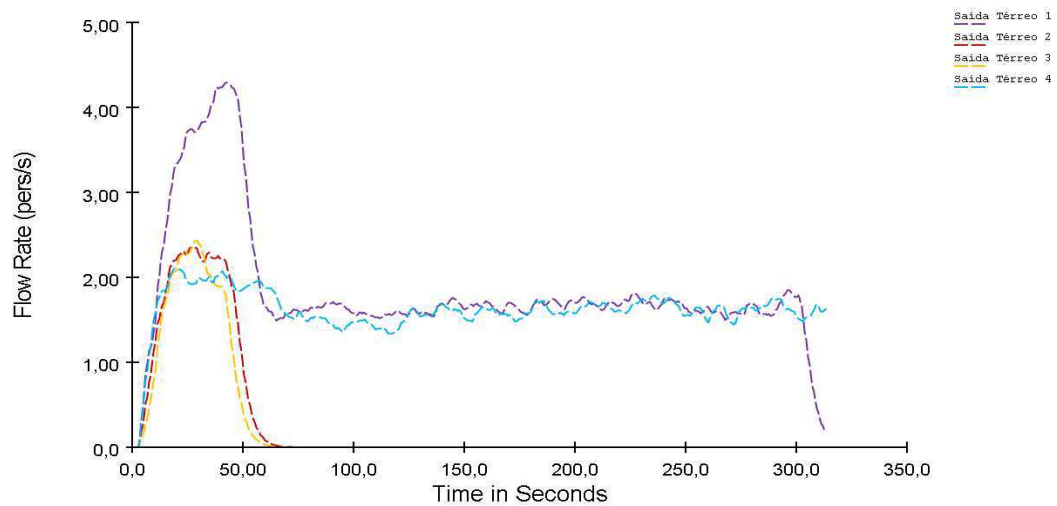


Fonte: Autoral.

A taxa de fluxo para as 4 divisões da saída do pavimento térreo está retratada na Figura 24. Similarmente os cenários A e B, os ocupantes que utilizam as saídas 2 e 3 levam cerca de 60 segundos para sair do estabelecimento. Também no Cenário 3, a saída 1 é a mais requisitada

em certo momento, porém apresenta uma taxa máxima de mais de 4 pessoas por segundo e a taxa de 2 pessoas por segundo prevalece em grande parte do tempo até o fim da modelagem para esta saída, assim como para a saída 4.

Figura 24: Gráfico da taxa de fluxo das saídas do pavimento térreo ao longo da modelagem no Cenário C.



Fonte: Autoral.

As deficiências observadas na etapa de diagnóstico e os problemas de congestionamentos e gargalos identificados durante a etapa de simulação reforçam a ideia de que ações urgentes devem ser tomadas pela administração local com o intuito de reduzir os riscos associados a edificação e garantir uma maior segurança para seus ocupantes.

5. CONCLUSÕES

Apesar da grande quantidade de normas técnicas disponíveis nacional e internacionalmente, a ocorrência de incêndios ainda provoca tragédias todos os dias. O respeito as exigências legais é a principal forma de conduta para a regulamentação dos PPCIs, apesar de parte das edificações ainda negligenciarem a projeção e a execução dos mesmos.

A edificação avaliada neste trabalho, que foi caso de incêndio no ano de 2014, passou por mudanças para que se adequasse completamente ao projeto de incêndio. Melhorias foram realizadas, mas ainda é necessário continuar buscando o atendimento a todas as exigências legais para garantir a segurança dos frequentadores do estabelecimento, sejam lojistas ou visitantes, principalmente em dias e horários que apresentam superlotações.

As visitas realizadas “*in loco*” foram de extrema importância para realizar análises sobre o funcionamento do estabelecimento, diagnosticar possíveis falhas presentes no local e sugerir mudanças a serem realizadas visando a adequação do mesmo às legislações vigentes. Os maiores problemas observados foram com relação a ocupação de áreas proibidas, inadequação quanto aos tipos de escadas existentes, ausência de iluminação de emergência e o sub dimensionamento da brigada de incêndio. Quanto a ocupação das áreas, sugere-se que a administração, com o apoio do corpo de bombeiros, realize ações educacionais junto aos comerciantes locais para conscientização da necessidade de respeito às normas de segurança. Quanto aos demais problemas, esses devem ser corrigidos o mais rapidamente possível, tendo como base as exigências legais.

A utilização do *Pathfinder* proporcionou uma ampla análise acerca da evacuação em situações de emergência e pânico no estabelecimento comercial podendo-se verificar possíveis comportamentos dos ocupantes quando submetidos a esses momentos. Além disso, a presença de congestionamentos ou gargalos em acessos de escadas, tempo total de evacuação e taxa de fluxo dos ocupantes ao longo da modelagem trouxeram resultados que podem auxiliar na busca por uma maior segurança proposta para a edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Alessandra B. C. G.; CAMPOS, André T.; BRAGA, George C. B. **Simulação Computacional de Incêndio Aplicada ao Projeto de Arquitetura**. São Paulo, USP, 2008.

APTE, Aruna. **Humanitarian Logistics: A New Field of Research and Action, Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management**. Volume 3, 2009.

ARAÚJO, Antônio E. A. **O comércio popular e a presença dos circuitos da economia urbana no Shopping Centro Edson Diniz – Campina Grande/PB**. Campina Grande – PB. UEPB, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9077 – Saída de emergência em edifícios**. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 10898 – Sistema de iluminação de emergência**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 12693 – Sistemas de proteção por extintores de incêndio**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13434 – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 13714 – Sistema de hidrantes de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 14276 – Brigada de incêndio - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.

BLASCHKAUER, Dani. **Dia da mulher tornou-se internacional após revolução, violência e mortes**. G1 Mundo. São Paulo, 08 mar. 2009.

BRAGA, George C. B., CAMPOS, André T., ALVES, Alessandra B. C. G. “**Simulação Computacional de Incêndio Aplicada ao Projeto de Arquitetura**”. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

BRENTANO, Telmo. **A Proteção Contra Incêndios no Projeto de Edificações**. 3ª edição. 2015.

CAMPBELL R. U.S. **Structure Fires in Office Properties**. *NFPA Fire analysis and Research*, Quincy, MA, 2013.

CHIERIGHINI, Diego. **Projeto de prevenção e combate a incêndio: Estudo de caso em edificação comercial.** Palhoça – SC. UNISUL, 2019.

DINIZ, Lincoln S. **Faces atuais do espaço comercial em Campina Grande/PB: algumas considerações sobre a coexistência de formas modernas e tradicionais do comércio na “nova” dinâmica sócio-espacial.** Recife – PE. UFPE, 2009.

FERREIRA, Isabel C. G. **O Plano de Emergência: a sua importância.** Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2007.

FREIRE, Carlos D. R. **Projeto de Proteção Contra Incêndio (PPCI) de um prédio residencial no centro de Porto Alegre.** Porto Alegre – RS. UFRS, 2009.

G1 PARAÍBA. **Incêndios destroem escritórios de galpões na Grande João Pessoa.** 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2019/07/21/incendios-destroem-escritorios-de-galpoes-na-grande-joao-pessoa.ghtml>>. Acesso em: Setembro de 2019.

_____. **Incêndio gera interdição de shopping popular em Campina Grande.** 2018. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2014/02/incendio-gera-interdicao-de-shopping-popular-em-campina-grande.html>>. Acesso em: Setembro de 2019.

G1 SÃO PAULO. **Incêndio atinge restaurante do Edifício Copan no Centro de SP.** 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/12/07/incendio-atinge-restaurante-do-edificio-copan-no-centro-de-sp.ghtml>>. Acesso em: Setembro de 2019.

G1 SANTA CATARINA. **Incêndio atinge centro comercial na SC-401; homem saltou do 1º andar.** 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2016/06/incendio-atinge-centro-empresarial-na-sc-401-homem-saltou-do-1-andar.html>>. Acesso em: Setembro de 2019.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar. **Fundamentos de Combate a Incêndio:** Manual dos Bombeiros. 1ª Edição. Goiás, 2016.

GOMES, Tais. **Projeto de Prevenção e Combate à Incêndio.** Santa Maria - RS. UFSM, 2014.

GOMES, Igor S. **Análise de evacuação em situação de incêndio utilizando o software Pathfinder.** Brasília – DF. UniCEUB, 2019.

GOMES, Vinicius Ribeiro. **Contribuição dos programas de fomento no desenvolvimento do empreendedorismo: um estudo do Programa Empreender Paraíba com comerciantes do São João de Campina Grande (PB)**. Campina Grande - PB. UEPB, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: Dezembro de 2019.

INSTITUTO SPRINKLER BRASIL (ISP). **Estatísticas 2018**. Disponível em: <<https://sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/estatisticas-2018/>>. Acesso em: Setembro de 2020.

JORNAL DA PARAÍBA. **Incêndio queima loja no Centro de CG e ameaça prédios vizinhos**. 2008. Disponível em: <http://www.jornaldaparaiba.com.br/vida_urbana/incendio-queima-loja-no-centro-de-cg-e-ameca-predios-vizinhos.html>. Acesso em: Setembro de 2019.

LIRA, Artur. **Incêndio atinge barraca de lanches na Central de Aulas da UEPB, em Campina Grande**. G1 Paraíba. Paraíba, 08 ago. 2019.

LUCENA, I. D.; ALVES, D. **Incêndio destrói feira de artesanato, em João Pessoa; adolescentes são apreendidos**. G1 Paraíba. Paraíba, 30 out. 2018.

MACEDO, M. J. H; GUEDES, R. V. S; SOUSA, F. A. S. **Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB**. Revista Brasileira de Climatologia, vol. 8, jan/jun, 2011.

MARTINS, Diego de S. **Saídas de Emergência em locais de reunião de público. Estudo de casos na cidade de Campina Grande-PB**. Campina Grande-PB. UFCG, 2016.

MARTINS, D. de S.; RODRIGUES, A. C. L.; BRAGA, G. C. B. **Modelagem computacional da dinâmica de evacuação em locais de reunião de público**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 147-164, jul./set. 2019.

MUNIZ, Rosane M. D. **O uso de simuladores como uma ferramenta de auxílio na definição dos requisitos de planos de retirada de emergência: estudo de caso em um centro de pesquisas de uma instituição pública de ensino superior**. Rio de Janeiro – RJ. UFRJ, 2013.

OLIVEIRA, J. V. de. **Evacuação de Pessoas em emergência em estádios de futebol: A Arena Castelão em Fortaleza, Brasil**. Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da FCTUC programa em Segurança aos Incêndios Urbanos. Coimbra, 2014.

ONO, Rosaria. **O impacto do método de dimensionamento das saídas de emergência sobre o projeto arquitetônico de edifícios altos: uma análise crítica e proposta de aprimoramento**. São Paulo – SP, USP, 2010.

ONO, R.; VITORINO, F. **Desempenho da Largura das Portas no Tempo de Abandono de Compartimentos**. In: Encontro Nacional de Tecnologia de Ambiente Construído, 13. Canela: UFRS, ENTAC, 2010.

PAIVA, Daniel C.; SILVA, Jaqueline A. G.; NETTO, Marcio L. **Um Simulador de Decisão Humana em Situações de Emergência**. São Paulo – SP, EPUSP; Ubá – MG, FAGOC; 2009.

PARAÍBA. Corpo de Bombeiros Militar. **NT 004 – Classificação das Edificações quanto à Natureza da Ocupação, Altura, Carga de Incêndio e Área Construída**. Paraíba, 2013.

_____. **NT 006 – Sinalização de Segurança e Emergência Contra Incêndio e Pânico**. Paraíba, 2013.

_____. **NT 012 – Saídas de Emergência**. Paraíba, 2015.

_____. **NT 015 – Sistemas de Hidrantes e Mangotinhos para Combate a Incêndio**. Paraíba, 2016.

PARAÍBA AGORA. **Bombeiros trabalham no rescaldo de incêndio em hipermercado de Campina Grande**. 2018. Disponível em: <<https://paraibaonline.com.br/2018/12/bombeiros-trabalham-no-rescaldo-de-incendio-em-hipermercado-de-campina-grande/>>. Acesso em: Setembro de 2019.

PARAÍBA TOTAL. **Após quase um mês do incêndio, supermercado Pão de Açúcar da Capital ainda não tem previsão para abertura**. 2014. Disponível em: <<http://www.paraibatotal.com.br/noticias/2014/07/24/16886-apos-quase-um-mes-do-incendio-supermercado-da-rede-pao-de-acucar-da-capital-ainda-nao-tem-previsao-de-reabertura>>. Acesso em: Setembro de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE. **História**. Disponível em: <<https://campinagrande.pb.gov.br/historia/>>. Acesso em: Dezembro de 2019.

QUADIR, S.; PAUL, R. **Incêndio em prédio de Bangladesh mata 19 pessoas e deixa mais de 70 feridos.** Terra. 28 mar. 2019.

REIS, Maria do R. F. **Estudo da evacuação em caso de incêndio de edifícios que recebem público: o caso do Shopping Center Fórum Coimbra.** Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2014.

RODRIGUES, A. **A queda: Um incêndio em Teerã.** Folha de São Paulo. Piauí, Mar. 2017.

SALOMA, C., PEREZ, G. J., TAPANG, G., LIM, M., PALMES C. **Self-organized queuing and scale-free behavior in real escape panic,** 2003.

SEITO, Alexandre I., et al. **A segurança contra incêndio no Brasil.** Projeto Editora. São Paulo. 2008.

SOUZA, João C. **Evacuação emergencial em locais com grande público. Logística Humanitária, comportamento de multidões e acessibilidade espacial.** UFSC, 2013.

THUNDERHEAD ENGINEERING. **Pathfinder Features.** 2019. Disponível em: <<https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/pathfinder-features/>>. Acesso em: Maio de 2020.

THUNDERHEAD ENGINEERING. **Pathfinder Fundamentals.** 2019. Disponível em: <<https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/fundamentals/>>. Acesso em: Maio de 2020.

TRUDA, F.; DINIZ, M. **Incêndio atinge prédio do Mercado Público de Porto Alegre.** G1 Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 06 jul. 2013.

TV MORENA. **Incêndio destrói boxes de comércio popular na linha de fronteira do Brasil com o Paraguai.** 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ms/mato-grosso-do-sul/noticia/incendio-destroi-boxes-de-comercio-popular-na-linha-de-fronteira-do-brasil-com-o-paraguai.ghtml>>. Acesso em: Setembro de 2019.

VALENTIN, Marcos V. **Saídas de Emergências em Edifícios Escolares.** São Paulo -SP. FAU, USP, 2008.

VENEZIA, Adriana P.P.G. **Avaliação de risco de incêndio para edificações hospitalares de grande porte – Uma proposta de método qualitativo para análise de projeto.** São Paulo. FAU, USP, 2011.

Yang, L. Z., Zhao, D. L., Li J., Fang, T. Y. (2005). **Simulation of the kin behavior in building occupant evacuation based on cellular automaton**. Building and Environment, v. 40, n. 3.