

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Peter Knak**

**ANÁLISE CRÍTICA DAS NORMAS DE SAÍDA DE  
EMERGÊNCIA: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS**

Porto Alegre

Abril de 2023

**PETER KNAK**

**ANÁLISE CRÍTICA DAS NORMAS DE SAÍDA DE  
EMERGÊNCIA: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de  
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Ângela Gaio Graeff**  
**Orientador: Fabrício Longhi Bolina**

Porto Alegre

Abril de 2023

**PETER KNAK**

**ANÁLISE CRÍTICA DAS NORMAS DE SAÍDA DE  
EMERGÊNCIA: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, abril de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Ângela Gaio Graeff (UFRGS)**  
Dra. pela University of Sheffield, Inglaterra  
Orientadora

**Prof. Fabrício Longhi Bolina (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade de Coimbra, Portugal  
Orientador

**Prof. Vanessa Fátima Pasa Dutra (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

**Prof. Jean Marie Desir (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha família, por terem sempre me incentivado e apoiado em todas as etapas da minha vida.

Aos professores que contribuíram para o meu aprendizado, em especial Ângela e Fabrício, pela orientação nesta última etapa da graduação.

A Escola de Engenharia da UFRGS, por proporcionar um ambiente de aprendizado e profissionalização.

E aos colegas e amigos que fizeram parte desta jornada de graduação superior.

## RESUMO

A saída de emergência de uma edificação é componente essencial para garantir a segurança durante uma situação de emergência, como um incêndio, por exemplo, e deve estar corretamente dimensionada de acordo com os procedimentos normativos aplicáveis, de forma a permitir a rápida e segura evacuação da população. Este artigo visa comparar a RTCBMRS (Resolução Técnica do Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul) nº 11 – Parte 01/2016 e o projeto de norma ABNT NBR 9077/2022 em termos de classificação da edificação, cálculo da população, distância máxima a percorrer, número de saídas e dimensões mínimas de corredores e escadas, identificando semelhanças e diferenças nos critérios de dimensionamento, bem como aplicando tais normativos em dois projetos de edificações de uso residencial. No estudo de caso, constatou-se que os procedimentos normativos apresentam métodos diferentes de cálculo, no entanto, para edificações residenciais, devido à baixa densidade populacional, a tendência é que as dimensões calculadas sejam menores do que as mínimas exigidas. Dessa forma, a diferença significativa se apresenta apenas no critério de distância máxima a percorrer, pois não leva em consideração a população do pavimento. Assim, verificou-se que, em razão do critério de distância máxima a percorrer, disposto na norma ABNT NBR 9077/2022 de forma diversa do que consta na RTCBMRS nº 11 – Parte 01/2016, há a necessidade de implementação de mais uma escada na edificação em estudo, e, portanto, o projeto de norma ABNT NBR 9077/2022 se mostra mais conservador, proporcionando maior segurança aos ocupantes de uma edificação.

Palavras-chave: Saídas de emergência. Segurança contra incêndio. Edificações Residenciais

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Medida da largura em corredores e passagens conforme RT nº 11.....	16
Figura 2 – Medida da largura em corredores e passagens conforme NBR.....	18
Figura 3 – Reposicionamento das escadas.....	22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios de dimensionamento das normas.....	14
Tabela 2 – Características das edificações.....	15
Tabela 3 – População calculada segundo cada método.....	19
Tabela 4 – Larguras calculadas segundo cada método.....	20
Tabela 5 – Distâncias máximas a percorrer segundo cada método.....	20
Tabela 6 – Larguras de escada a percorrer segundo cada método.....	21

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira aprovada pela ABNT

RS – Rio Grande do Sul

RT – Resolução Técnica

RTCBMRS – Resolução Técnica do Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul



## LISTA DE SÍMBOLOS

mm – milímetro

cm – centímetro

m – metro

m<sup>2</sup> – metro quadrado

m<sup>2</sup>/pessoa – metro quadrado por pessoa

MJ/m<sup>2</sup> - mega joule por metro quadrado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES .....	15
2.2 IMPACTO NA ÁREA DOS APARTAMENTOS .....	15
<b>3 DIMENSIONAMENTO CONFORME NORMATIVOS .....</b>	<b>16</b>
3.1 DIMENSIONAMENTO CONFORME RT N° 11 (2016) .....	16
<b>3.1.1 Classificação do Uso .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.2 Cálculo da População .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.3 Dimensionamento dos Corredores .....</b>	<b>16</b>
3.1.3.1 Largura e altura.....	16
3.1.3.2 Distância máxima a percorrer. ....	17
3.1.3.3 Quantidade de saídas de emergência .....	17
<b>3.1.4 Dimensionamento de Escadas .....</b>	<b>17</b>
3.2 DIMENSIONAMENTO CONFORME PROJETO DE NORMA ABNT NBR 9077/22.....	17
<b>3.2.1 Classificação do Uso .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.2 Cálculo da População .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.3 Dimensionamento dos Corredores .....</b>	<b>18</b>
3.2.3.1 Largura e altura.....	18
3.2.3.2 Distância máxima a percorrer. ....	18
3.2.3.3 Quantidade de saídas de emergência .....	18
<b>3.2.4 Dimensionamento de Escadas .....</b>	<b>19</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
4.1 CLASSIFICAÇÃO DO USO .....	19
4.2 CÁLCULO DA POPULAÇÃO .....	19
4.3 DIMENSIONAMENTO DOS CORREDORES .....	19
<b>4.3.1 Altura e Largura .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3.2 Distância Máxima a Percorrer .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3.3 Quantidade de Saídas de Emergência .....</b>	<b>21</b>
4.4 DIMENSIONAMENTO DE ESCADAS .....	21
4.5 IMPACTO NAS ÁREAS DOS APARTAMENTOS .....	22
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>22</b>

6 REFERÊNCIAS .....	23
ANEXO A .....	26
ANEXO B .....	28



## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos grandes incêndios como o do teatro Iroquois (Chicago, 1903), o do edifício Joelma (São Paulo, 1974) e o da boate Kiss (Santa Maria, 2013) marcaram a história pelo seu elevado número de óbitos, tendo como característica comum a falha na evacuação das pessoas [1]. Para evitar tragédias desta magnitude toda edificação deve possuir saídas de emergência que, em situações de incêndio, permitem que todos os seus ocupantes alcancem locais seguros com um conforto mínimo e sem serem expostos aos riscos e reflexos provenientes do fogo, principalmente o calor e a fumaça [2–7].

A exposição à fumaça é a maior causadora de vítimas e feridos em situações de incêndio [8–10], e considerando que logo após o início do fogo a fumaça rapidamente se espalha pelo ambiente [11], uma das formas de aprimorar a segurança dos ocupantes da edificação é através da célere evacuação, pois reduz o tempo de percurso de qualquer ponto do prédio até um local seguro [12] protegido da ação do fogo e da fumaça [13].

O exercício da evacuação compreende dois estágios: o pré-movimento, etapa entre o recebimento do alerta e o início da evacuação, e o movimento, processo de deslocamento até o local seguro [6, 12, 14] sendo o pré-movimento a etapa que toma mais tempo [15], podendo levar vários minutos, [16] principalmente quando o alarme é mal posicionado [17] e quando as pessoas estão adormecidas ou embriagadas [18].

O alarme sonoro, sistema complementar das saídas de emergência [19], é o alerta mais comumente utilizado para comunicar a existência de perigo e a necessidade de evacuação. No entanto, o alarme nem sempre desperta o sentimento de urgência, de modo que as pessoas acabam por assumir comportamentos de risco, como ignorar o aviso ou guardar objetos pessoais antes de qualquer ação [10, 15]. A comunicação por brigadistas de incêndio reduz consideravelmente os comportamentos de risco e tempos de pré-movimento [10, 20].

Kobes [21] comparou a tomada de decisão durante a simulação de um hotel real com uma réplica construída em ambiente virtual, e em sua análise encontrou similaridade nos resultados, indicando que testes virtuais podem ser utilizados para estudo do comportamento humano. Igualmente através de simulações computacionais, Bode *et al.* [22] evidenciaram que as pessoas tendem a reagir com mais seriedade às informações dinâmicas, como a presença de placas piscantes, fumaça, movimentação dos ocupantes ou a formação de filas, do que informações estáticas, como o alarme e a sinalização [23]. Além disso, há uma tendência de as pessoas ignorarem placas de orientação de fuga (informações estáticas) se existir fumaça no caminho, ou se o fluxo de pessoas estiver no sentido contrário (informações dinâmicas) [24], e ainda, tal inclinação se amplifica com o pânico, inexperiência em evacuações e pouca familiaridade com a edificação. Estes fatores frequentemente resultam na demora da tomada de decisão, na escolha da saída mais distante e no congestionamento, aumentando o tempo de percurso das saídas de emergência [25].

Fahy [16] apresenta tabelas com tempos de pré-movimento e velocidades de movimento: em nível; em subida; e em descida de escadas, em evacuações de edificações com diferentes ocupações. A velocidade é reduzida em até 3 vezes em situações de baixa visibilidade pouca luz ou fumaça muito densa [26, 27]. Nestes casos, a sinalização posicionada próxima ao chão melhora a eficiência das saídas de emergência [21]. A obstrução das saídas de emergência também reduz drasticamente os tempos de evacuação, podendo ser parcial [5] ou total [28, 29]. No mesmo estudo constatou-se que, quando a saída está claramente visível, a tendência é que a sinalização seja ignorada - efeito também que fora observado por Zhu *et al.* [25]. Em seu experimento, o aumento no acesso visual das saídas de emergência, como paredes de vidro ao invés de alvenaria, ou uma inteligente distribuição dos pilares, acelerou a tomada de decisão das pessoas. Assim, verificou-se que, aumentar o acesso visual melhora a distribuição da população entre as saídas de emergência disponíveis, o que contribui positivamente para a redução dos tempos de evacuação [28].

Durante o movimento as pessoas mantêm uma distância das paredes e entre elas mesmas, fazendo com que a largura efetiva de corredores, espaço utilizável para o percurso, seja 30 cm menor do que a largura real [30]. Este movimento é fluído e a capacidade da travessia cresce de acordo com o aumento da largura efetiva, e não apenas em múltiplos de unidades de passagem [31]. Gwynne [32] sugere um modelo hidráulico para calcular o fluxo de pessoas nos corredores, com a utilização de dados de velocidade, densidade de população e largura efetiva, permitindo que as larguras necessárias para a evacuação sejam obtidas em função direta da dimensão, ao invés da tradicional unidade de passagem [10]. No entanto, este modelo calcula somente o tempo de movimento, desconsiderando o tempo de pré-movimento, sendo necessário incorporar mais variáveis para simular situações mais próximas da realidade [28, 33]. Enriquecendo os modelos e as bases de dados, estas simulações podem: identificar pontos de congestionamento; testar cenários de evacuação [29]; considerar o tempo necessário para pessoas adormecidas despertarem [34]; prever a distribuição da população nas saídas de emergência [28]; e até

criar modelos probabilísticos de análise de risco, variando velocidades, tempo de pré-movimento e tomada de decisão em evacuações [35, 36].

Até o início da década de 70 a legislação brasileira sobre segurança contra incêndio era escassa e incompleta, bem como não existia nenhum documento normatizando as saídas de emergência. Somente após diversos incidentes com vítimas fatais nos anos 70, o estado da arte da segurança contra incêndio começou a evoluir no território nacional. No entanto, a legislação produzida na época, era rigorosa em alguns sentidos e em outros deixava lacunas, fator que, combinado com a constante evolução da sociedade e suas tecnologias, exige que os regramentos e as normativas sofram constantes revisões e atualizações [1]. Como por exemplo a RTCBMRS nº 11 – Parte 01/2016 com 2 revisões, assim como a NBR 9077 – Saídas de emergência em edifícios, tendo 7 versões, ambas objetos de estudo deste trabalho.

Convém esclarecer que a RTCMBRS nº 11 é atualmente a regra vigente para o Rio Grande do Sul, de forma que qualquer edificação no estado deve seguir suas exigências. E, o projeto de norma ABNT NBR 9077/2022, quando aprovado, terá aplicação nacional, de modo que, poderá substituir a RT nº 11 – se assim definido legalmente - como procedimento vigente no Rio Grande do Sul, como fora antes da elaboração da RT nº 11.

Diversos estudos compararam as legislações de saídas de emergência dos 26 estados brasileiros entre si [37] e com normativos estrangeiros, identificando que, além de grande similaridade entre eles, os procedimentos do Brasil apresentam caráter prescritivo, padronizando soluções e reduzindo a interferência do projetista na tomada de decisão [38–41]. Em contrapartida, os normativos estrangeiros são mais flexíveis pois permitem dimensionamentos por desempenho, resultando em soluções mais eficientes e incentivam a implementação de novas tecnologias. Entretanto, estes métodos requerem uma centralização do desenvolvimento dos normativos, profissionais capacitados e uma cultura de segurança contra incêndio difundida, situação não encontrada atualmente no Brasil [42].

À vista disso, o foco deste artigo é: (a) identificar semelhanças e diferenças nos critérios para o dimensionamento de saídas de emergência de edificações, comparando as exigências da RTCBMRS nº 11 – Parte 01/2016, procedimento vigente atualmente no estado do Rio Grande do Sul, com o projeto de norma ABNT NBR 9077/2022, que se encontra em revisão, já na etapa de consulta pública; e (b) aplicar os requisitos das normativas supracitadas em 2 projetos de edificações.

## 2. METODOLOGIA

O estudo consiste no dimensionamento das saídas de emergência de duas edificações residenciais, conforme dois procedimentos normativos: o projeto de norma ABNT NBR 9077/2022 e a Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 01/2016. Estes procedimentos são divididos em critérios similares, e foram agrupados, para fins deste artigo, conforme tabela 1.

**Tabela 1:** Critérios de dimensionamento das normas

CRITÉRIO	PROJETO DE NORMA ABNT NBR 9077/2022	RTCMBRS Nº 11 - PARTE 01/2016
Classificação do uso	4.3 Características da população ocupante 4.4 Classificação das edificações 4.5 Perfil de risco de vida	5.1 Classificação das edificações
Cálculo da população	5.1 Cálculo da população 5.2 Densidade populacional 5.3 Locais com assentos fixos	5.3 Cálculo da população
Dimensionamento de corredores	7 Rotas horizontais 7.1 Dimensionamento das rotas de saídas 7.2 Numero de saídas nas rotas horizontais 7.3 Rotas horizontais de saídas alternativas 7.4 Rota única de saída horizontal 7.5 Condições aplicadas às rotas de saída horizontais 8 Subdivisão de corredores 8.1 Geral	5.4 Dimensionamento das saídas de emergência 5.5 Acessos 5.5.1 Generalidades 5.5.2 Distâncias máximas a serem percorridas 5.9 Áreas de acomodação de público

CRITÉRIO	PROJETO DE NORMA ABNT NBR 9077/2022	RTCBMRS Nº 11 - PARTE 01/2016
	8.2 Disposição de assentos fixos	
Dimensionamento de escadas	6 Estratégia de Abandono	5.5 Tipo de escada
	9 Rotas verticais de saída	5.6 Rampas
	9.1 Requisitos gerais, guarda-corpos e corrimãos	5.7 Escadas
	9.2 Número de rotas verticais de saída	5.8 Guarda-corpos e corrimãos
	9.3 Saída única vertical	5.10 Elevadores de emergência
	9.4 Largura das saídas verticais	
	9.5 Escadas e rampas	
	9.6 Elevadores de emergência	
	9.7 Características construtivas e de operação	

Primeiramente, realizou-se uma revisão dos requisitos de cada norma (apresentados no item 3), em observância aos critérios listados na tabela 1: classificação do uso; cálculo da população; dimensionamento de corredores; e dimensionamento de escadas. Após compiladas as normas, as suas divergências e similaridades foram levantadas, e posteriormente, os normativos foram aplicados em dois projetos de edificações residenciais, de modo a analisar criticamente ambos os procedimentos.

### 2.1. Características das edificações

As edificações escolhidas são residenciais, uma delas possui pavimento tipo com apenas 2 apartamentos enquanto a outra possui um pavimento tipo com 10 apartamentos. As edificações de estudo deste trabalho localizam-se na cidade de Porto Alegre/RS. Na tabela 2 estão descritas as suas características e nos anexos A e B estão apresentadas a planta baixa e corte das edificações.

**Tabela 2:** Características das edificações

DIMENSÃO	EDIFICAÇÃO A	EDIFICAÇÃO B
Área total (m <sup>2</sup> )	4927,15	10864,15
Altura (m)	34,55	39,05
Pavimentos tipo	12	13
Apartamentos por pavimento	2	10
Dormitório por apartamento	3	2,4
Largura dos corredores (m)	1,5	1,24
Largura das escadas (m)	1,2	1,2
Quantidade de escadas	1	1
Número de dormitórios	72	312

### 2.2. Impacto na área dos apartamentos

As arquiteturas estudadas foram elaboradas com o objetivo de otimizar o terreno disponível e maximizar a área construída, observando as exigências de recuos laterais, conforme o plano diretor, de forma que não é possível o aumento de área de pavimento além dos perímetros das paredes externas já estabelecidos. Posteriormente ao dimensionamento, as medidas encontradas pelo projeto de norma NBR 9077/2022 e pela RT nº 11 foram aplicadas nas plantas baixas das edificações com o intuito de, em um cenário hipotético onde seria imperativa a adequação dos projetos arquitetônicos para com os procedimentos normativos estudados, verificar se alguma alteração se mostra necessária e mensurar a redução nas áreas dos apartamentos, o que traria uma consequência econômica aos empreendedores que estão a construir a edificação.

### 3. DIMENSIONAMENTO CONFORME NORMATIVOS

#### 3.1. Dimensionamento conforme RT nº 11 (2016)

##### 3.1.1. Classificação do uso

De acordo com a RT nº 11 as edificações em estudo classificam-se como A-2, habitação multifamiliar, tipo VI, altura maior que 30 m e baixo grau de risco, com carga de incêndio inferior a 300 MJ/m<sup>2</sup>.

##### 3.1.2. Cálculo da população

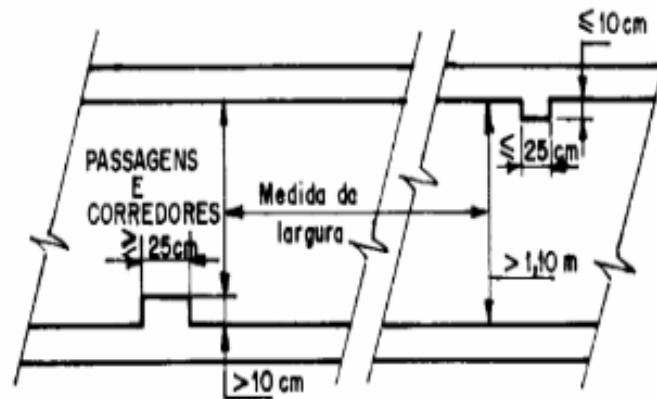
Para edificações classificadas como A-2 (habitações multifamiliares) a população é definida pela multiplicação da quantidade de dormitórios por uma densidade de duas pessoas por dormitório. Para dimensionar a largura dos corredores e escadas a população foi calculada por pavimento. Assim, para a edificação A que possui 12 pavimentos e 6 dormitórios por pavimento, a população calculada por pavimento é de 12 pessoas, totalizando 144 pessoas. Enquanto que na edificação B, que possui 13 pavimentos e 24 dormitórios por pavimento, a população calculada por pavimento é de 48 pessoas, totalizando 624 pessoas.

##### 3.1.3. Dimensionamento dos corredores

As rotas horizontais são dimensionadas de acordo com a população que por ela transita, e possui como parâmetros a quantidade de saídas, a distância máxima a percorrer, a largura e a altura.

##### 3.1.3.1. Largura e altura

A altura das saídas de emergência é a medida do piso acabado até o teto, e deve ser de no mínimo 2,20 m, e de 2,10 m em obstáculos como vigas ou portas. A largura dos corredores é a medida entre as superfícies das paredes no ponto mais estreito, sendo desconsideradas saliências menores do que 10 cm no sentido transversal, e 25 cm no sentido longitudinal, conforme figura 1.



**Figura 1:** Medida da largura em corredores e passagens conforme RT nº 11 (fonte: RTCBMRS nº11 –parte 01, 2016, p. 6)

A largura necessária é calculada a partir da população de cada pavimento e a capacidade de unidade de passagem, conforme equação 1:

$$N = P/C \quad (1)$$

Sendo:

N = Número de unidades de passagem, arredondado para o número inteiro imediatamente superior;

P = População calculada;

C = Capacidade da unidade de passagem, definido de acordo com a classificação da edificação.

A unidade de passagem simboliza a largura necessária para o escoamento de uma fila de pessoas, e mede 55 cm. A capacidade de uma unidade de passagem é a quantidade de pessoas que transitam por esta largura em 1 minuto, a depender da classificação da edificação. A população do pavimento tipo da edificação A é de 12 pessoas,



e para a edificação B de 48 pessoas, e a capacidade da unidade de passagem para acessos de edificações multifamiliares é de 60. Desse modo, para as edificações A e B a quantidade de unidade de passagem necessária é de 1, ambas abaixo da largura mínima, de modo que a largura utilizada foi a mínima exigida, de 2 unidades de passagem, o que corresponde a 1,10 m.

### 3.1.3.2. Distância máxima a percorrer

Para a definição do percurso desenvolvido por um ocupante de um ponto do pavimento até atingir uma área segura foi utilizado o eixo central de corredores, e mantida uma distância de uma unidade de passagem dos obstáculos presentes. Além disso, a porta de acesso da unidade autônoma foi considerada como ponto de início do deslocamento.

Para edificações A e B, sem chuveiros automáticos, com saída única, sem detecção automática de incêndio e com mediana resistência ao fogo, a distância máxima a ser percorrida permitida é de 45 m para o pavimento de descarga e de 40 m para os demais andares. As distâncias máximas medidas para as edificações A e B foram de 6,48 m e 26,24 m, ambas atendendo à exigência.

### 3.1.3.3. Quantidade de saídas de emergência

Edificações classificadas como A-2, altura inferior a 72 m e distância a ser percorrida menor do que a máxima permitida, podem ter apenas uma saída de emergência, como observado nas edificações deste estudo.

### 3.1.4. Dimensionamento de escadas

Edificações classificadas como A-2, com altura entre 30 m e 50 m e área de pavimento menor do que 750 m<sup>2</sup> devem ter escadas enclausuradas e protegidas, com largura conforme equação 1, utilizando o pavimento de maior população, sendo de no mínimo 2 unidades de passagem. Para os casos estudados a capacidade da unidade de passagem para escadas é de 45, e os pavimentos têm a mesma população, sendo de 12 pessoas para a edificação A e 48 para a edificação B. A largura calculada das escadas para as edificações é de 1 unidade de passagem para a edificação A, e de 2 unidades de passagem para a edificação B, dessa forma sendo utilizada a mínima exigida, que corresponde a 1,10 m. Além disso, ambas devem ter uma área livre de 0,80 m x 1,20 m na caixa de escadas para o posicionamento de cadeirantes.

## 3.2. Dimensionamento conforme projeto de norma ABNT NBR 9077/2022

### 3.2.1. Classificação do uso

O projeto de norma NBR 9077/2022 determina, para as edificações em estudo, os ocupantes como adormecidos, familiarizados com o edifício e sem restrições de mobilidade, e a velocidade de crescimento do incêndio como lenta. Frente a estas características, a população é classificada como Ci, e o perfil de risco da edificação como C1.

### 3.2.2. Cálculo da população

A população é calculada conforme equação 2.

$$P = A/D \quad (2)$$

Sendo:

P = População calculada;

A = Área efetiva, que é definida como a área total descontada de áreas sem ocupação humana contínua;

D = Coeficiente de densidade, definido em tabelas.

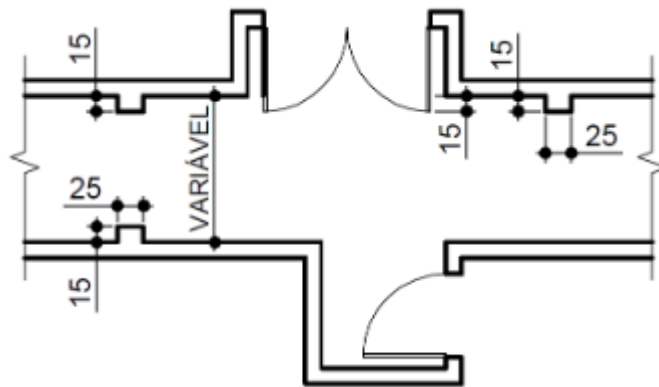
Para mensuração da área efetiva foram descontadas as áreas comuns, banheiros, shafts, paredes e vazios de elevadores, e para edificações residenciais (Ci) a densidade populacional é de 18 m<sup>2</sup>/pessoa. Assim, para a edificação A que possui 12 pavimentos e 168,92 m<sup>2</sup> de área efetiva por pavimento, a população calculada por pavimento é de 10 pessoas, totalizando 120 pessoas. Enquanto que na edificação B, que possui 13 pavimentos e 466,64 m<sup>2</sup> de área efetiva por pavimento, a população calculada por pavimento é de 28 pessoas, totalizando 338 pessoas.

### 3.2.3. Dimensionamento dos corredores

Além dos parâmetros de quantidade de saídas, distância máxima a percorrer e a largura mínima, o projeto de norma NBR 9077/2022 também considera a estratégia de abandono, que pode ser total e simultânea, horizontal e progressiva ou faseada e vertical. Para o dimensionamento de ambas as edificações a estratégia de abandono adotada foi a total e simultânea em um estágio.

#### 3.2.3.1. Largura e altura

A altura das saídas de emergência é a medida do piso acabado até o teto, e deve ser de no mínimo 2,30 m, e de 2,10 m em obstáculos como vigas ou portas. A largura dos corredores é a medida entre as superfícies das paredes no ponto mais estreito, sendo desconsideradas saliências menores do que 15 cm no sentido transversal, e 25 cm no sentido longitudinal, conforme figura 2.



**Figura 2:** Medida da largura em corredores e passagens conforme NBR (fonte: projeto de norma NBR 9077, 2022, p. 21)

A largura necessária é calculada conforme equação 3 utilizando a população calculada e o coeficiente de largura por pessoa.

$$L = P \times C \quad (3)$$

Sendo:

L = Largura calculada (mm);

P = População calculada;

C = Coeficiente de largura necessário por pessoa, definido em tabelas (mm/pessoa).

O coeficiente de largura para o perfil de risco C1 é de 3,6 mm/pessoa, e a população do pavimento é de 10 pessoas para a edificação A, e de 26 pessoas para a edificação B. Por conseguinte, para as edificações A e B a largura calculada é de 3,6 cm e 9,4 cm, respectivamente. Em ambos os casos a largura utilizada foi a mínima, de 1,20 m.

#### 3.2.3.2. Distância máxima a percorrer

Para a definição do percurso foi utilizado o eixo central de corredores, e mantida uma distância de 50 cm dos obstáculos, e o ponto de início do percurso foi o mais distante da porta de acesso à caixa de escada de emergência.

Para edificações com perfil de risco C1, sem detecção de alarme ou controle de fumaça, com altura da via de escape menor que 3 m e com apenas uma saída de emergência, a distância máxima a percorrer é de 25 m, por outro lado, quando há mais de uma possibilidade de saída de emergência, a distância máxima a percorrer é de 45 m. As distâncias máximas medidas para as edificações A e B foram de 24,42 m e 39,76 m, apenas a edificação A atende a exigência com apenas uma saída de emergência. No caso da edificação B foi necessário a implementação de mais uma saída.

#### 3.2.3.3. Quantidade de saídas de emergência

Para pavimentos com menos de 100 pessoas pode-se adotar apenas uma saída de emergência, contudo, a edificação B não atende às distâncias máximas a serem percorridas, sendo necessária a utilização de duas saídas de

emergência.

### 3.2.4. Dimensionamento de escadas

De modo a calcular a largura das escadas utilizou-se a equação 3, que utiliza a população total da edificação e coeficiente correspondente ao perfil de risco de vida C1, sendo 2,05 mm/pessoa. Para a edificação A e B a largura calculada é de 24,6 cm e 69,3 cm. Dessa maneira, a largura utilizada será a mínima, de 120 cm. Para edificações com características de ocupantes  $C_i$  e mais de 30 m de altura as escadas devem ser à prova de fumaça, além de uma área livre de 0,80 m x 1,20 m na caixa de escadas para o posicionamento de pessoas em cadeira de rodas.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1. Classificação do uso

Os normativos concordam em classificar as edificações quanto à altura, velocidade de propagação do incêndio e a característica da população. Todavia, apresentam diferença na caracterização da população. A RT nº 11 mantém-se prescritiva, definindo tipo de usos para cada edificação, como residencial ou hospitalar. Em contrapartida, o projeto de norma NBR 9077/2022 se aprofunda mais, identificando as características dos ocupantes, como familiarização com a edificação, estado de vigília e condições de mobilidade. Em situações de emergência, quando não familiarizadas com a edificação as pessoas tendem a comportamentos de risco [20], e escolhem a saída pela qual entraram, mesmo que não seja a saída mais próxima [21]. Pessoas adormecidas ou sob efeito de substâncias psicoativas não estão em estado de vigília, e necessitam de mais tempo para completar a evacuação [18]. Pessoas com dificuldade motora – crianças, idosos e doentes – deslocam-se com velocidades menores [16]. Em essência, ambos os normativos consideram o tempo de evacuação para classificar o uso, contudo o projeto de norma NBR 9077/2022 é menos prescritivo, e convida o projetista a criticar as características dos ocupantes da edificação.

### 4.2. Cálculo da população

As normas utilizam critérios diferentes para estimar a população. A RT nº 11 define a população pela quantidade de dormitórios presentes no pavimento, enquanto que o projeto de norma NBR 9077/2022 utiliza a área do pavimento. Os resultados encontrados estão apresentados na tabela 3.

**Tabela 3:** População calculada segundo cada método

	RTCBMRS Nº 11 - PARTE 01/2016		PROJETO DE NORMA ABNT NBR 9077/2022	
	ED. A	ED. B	ED. A	ED. B
População por pavimento	12	48	10	26
Quantidade de pavimentos	12	13	12	13
População total	144	624	120	338

Para os casos estudados a RT nº 11 apresenta valores mais conservadores, sendo ligeiramente maior para a edificação A, que possui apartamentos maiores, e quase o dobro para a edificação B, que possui apartamentos menores. Estes resultados indicam que apartamentos com grandes áreas não destinadas a dormitórios, o projeto de norma NBR 9077/2022 tende a estimar maiores populações, em contrapartida, quando as áreas não destinadas a dormitórios são pequenas, a RT nº 11 se mostra mais conservadora.

A divergência do critério de cálculo da população é presente apenas para a classificação de uso residencial, para outras classificações a RT nº 11 também utiliza a equação 2 para definição da população, inclusive ambos os normativos utilizam tabelas de coeficientes de densidade muito similares.

### 4.3. Dimensionamento dos corredores

#### 4.3.1. Altura e largura

Nenhum normativo estabelece procedimentos de cálculo para a definição da altura necessária, apenas definem uma altura mínima, sendo o projeto de norma NBR 9077/2022 ligeiramente mais conservador, pois exige 10 cm a

mais de altura. Além disso, o projeto de norma NBR 9077/2022 também permite o aumento nas distâncias a serem percorridas, diante do aumento da altura do corredor. Assim, em razão dessa geometria, a camada de fumaça leva mais tempo para atingir o rosto das pessoas, o que aumenta a velocidade de percurso e proporciona uma maior janela de tempo de evacuação [27]. Neste quesito o projeto de norma NBR 9077/2022 aumenta as alternativas do projetista.

Para a definição da largura os procedimentos utilizam métodos de cálculo diferentes, a RT nº 11 assume que a evacuação ocorre em filas, com as pessoas lado a lado. Já o projeto de norma NBR 9077/2022 utiliza métodos mais complexos, considerando movimentos fluídos e mais dinâmicos, de modo que, define a largura necessária por pessoa [43]. Para os casos estudados as larguras calculadas pela RT nº 11 foram mais conservadoras. Em todos os casos, devido à baixa densidade populacional, os valores encontrados de larguras calculadas estão abaixo do mínimo exigido, os quais são apresentados na tabela 4.

**Tabela 4:** Larguras calculadas segundo cada método

	RTCBMRS Nº 11 - PARTE 01/2016		PROJETO DE NORMA ABNT NBR 9077/2022	
	ED. A	ED. B	ED. A	ED. B
Largura calculada (m)	0,55	0,55	0,036	0,09
Largura mínima (m)	1,10	1,10	1,20	1,20
Largura utilizada (m)	1,10	1,10	1,20	1,20

Tendo em vista que a largura necessária para evacuar uma quantidade de pessoas aumenta com maiores populações [10], ao definir incrementos de largura de corredor a cada inteiro de unidade de passagem o método de cálculo utilizado pela RT nº 11 diverge do comportamento real de um escoamento de pessoas. Por exemplo, em edificações residenciais a largura necessária para uma população de 121 pessoas é a mesma que para 180 pessoas, porém a largura necessária para 181 pessoas é 150% maior do que para 180 pessoas. Ademais, a largura necessária para 121 pessoas também é capaz de escoar 180 pessoas. Isto sugere que edificações residenciais dimensionadas conforme a RT nº 11 que possuem população ligeiramente acima da faixa de incremento tendem a possuir corredores superdimensionados. O projeto de norma NBR 9077/2022 se mostra mais fiel ao escoamento real, pois exige incrementos de largura para cada ocupante da edificação, de forma que não ocorram superdimensionamentos da largura de corredores.

#### 4.3.2. Distância máxima a percorrer

No que tange a medição da distância máxima a percorrer, além de permitir distâncias maiores, para edificações residenciais a RT nº 11 também permite medir a distância a partir da entrada da unidade autônoma, o que não é fiel a um cenário real, dado que o ocupante pode estar em qualquer cômodo de seu apartamento. Ainda que as distâncias totais fossem consideradas pela RT nº 11, o projeto de norma NBR 9077/2022 se mostra mais conservador neste quesito, pois além de exigir distâncias menores, também prevê que estas sejam medidas a partir do ponto menos favorável. As distâncias de percurso estão dispostas na tabela 5.

**Tabela 5:** Distâncias máximas a percorrer segundo cada método

DISTÂNCIA MÁXIMA A PERCORRER	RTCBMRS Nº 11 - PARTE 01/2016		PROJETO DE NORMA ABNT NBR 9077/2022	
	ED. A	ED. B	ED. A	ED. B
Apenas uma saída (m)	40,00	40,00	25,00	25,00
Mais de uma saída (m)	50,00	50,00	45,00	45,00
Real - apenas uma saída (m)	6,47	26,24	24,42	39,76

Ambos os normativos permitem o aumento da distância a percorrer se as medidas de redução do tempo de pré-movimento e velocidade de propagação do fogo estiverem presentes. Sistemas de detecção e alarme iniciam a evacuação mais rapidamente [20], e controle de materiais e fumaça e sistema de chuveiros automáticos atrasam a

proliferação do incêndio, o que aumenta a segurança dos ocupantes pois permite que a evacuação ocorra em uma janela maior de tempo.

Em caso de utilização de sistema de sprinklers, o projeto de norma NBR 9077/2022 permite que para a definição da distância máxima a percorrer, o perfil de risco seja considerado como A1, o qual proporciona as maiores distâncias. Para o restante das medidas – sistema de detecção e alarme, controle de fumaça e calor e altura da via de escape – são permitidos acréscimos percentuais, limitados a 36 %. Já a RT nº 11 determina os aumentos permitidos, quando da utilização de sistemas que aumentam a segurança, através de valores tabelados.

Em casos de múltiplas saídas, ambos os normativos aceitam uma distância máxima a percorrer maior do que a distância em uma única direção. No entanto, o projeto de norma NBR 9077/2022 é mais criterioso do que a RT nº 11, em virtude de exigir distâncias menores e de avaliar 2 medidas – rota de saída alternativas e rota de saída em uma única direção - para eleger 2 rotas como distintas. Mesmo que existam duas saídas elas só serão distintas se o percurso do ponto menos favorável até a primeira bifurcação for menor do que a distância máxima em uma direção. Nesse sentido o projeto de norma NBR 9077/2022 reduz a probabilidade de obstrução de todas as rotas de evacuação, o que torna a edificação mais segura [5, 28, 29].

#### 4.3.3. Quantidade de saídas de emergência

A necessidade de múltiplas saídas se dá por dois motivos: congestionamento dos acessos ou excessivas distâncias de deslocamento. Para edificações residenciais, a distância tende a ser crítica muito antes do congestionamento dos acessos se tornar um problema, caso observado ao dimensionar a edificação B pelo projeto de norma NBR 9077/2022. Para atender ao critério de distância máxima a ser percorrida foi necessário mais uma escada de emergência. Nos demais casos apenas uma saída de emergência foi necessária.

Em casos de múltiplas saídas, ambas as normas avaliam um critério para que elas sejam consideradas como saídas distintas. O projeto de norma NBR 9077/2022 considera duas saídas como distintas apenas se o ângulo entre elas e o ponto menos favorável for maior do que 45°, enquanto a RT nº 11 exige apenas distância linear maior que 10 m. O critério utilizado pelo projeto de norma NBR 9077/2022 se mostra mais conservador, pois considera não apenas a distância entre as saídas, mas também a posição relativa das saídas com a localização dos ocupantes e o percurso realizado por eles.

#### 4.4. Dimensionamento de escadas

Os procedimentos apresentam grande similaridade no que tange às escadas de saídas de emergência, salvo no que se refere a estratégia de abandono e o cálculo da largura necessária. A RT nº 11 não versa sobre estratégia de abandono, enquanto o projeto de norma NBR 9077/2022 permite dimensões menores para evacuações mais complexas e eficientes. Sobre o cálculo da largura, as normativas divergem da mesma forma que o cálculo da largura dos corredores. Destarte, os valores encontrados para a largura das escadas estão apresentados na tabela 6.

**Tabela 6:** Larguras de escada a percorrer segundo cada método

	RTCBMRS Nº 11 - PARTE 01/2016		PROJETO DE NORMA ABNT NBR 9077/2022	
	ED. A	ED. B	ED. A	ED. B
Largura calculada (m)	0,55	1,10	0,24	0,69
Largura mínima (m)	1,10	1,10	1,20	1,20
Largura utilizada (m)	1,10	1,10	1,20	1,20

Ao utilizar a equação 3 para realizar o cálculo reverso e definir a população atendida por uma escada de 1,20 m de largura e com coeficiente de 2,05 mm/pessoa, encontrou-se uma população de 585 pessoas. Para o cálculo da largura considerando estratégia de abandono vertical e faseado, utilizou-se apenas os 2 pavimentos mais populosos, visto que esta evacuação assume que o alarme dispara primeiramente no pavimento de ocorrência do incêndio e o diretamente acima. Pelo cálculo reverso, com um coeficiente de 3,8 mm/pessoa, uma escada de 1,20 m atende a dois pavimentos de 315 pessoas, ou 157 pessoas por pavimento. Em vista disso, edificações residenciais com 13 pavimentos e largura de escadas com 1,20 m, como a edificação B, por exemplo, se aplicadas estratégias de abandono faseado vertical poderiam comportar 2041 pessoas.

Em linhas gerais a implementação de estratégias de abandono vertical e faseada permite reduções

consideráveis das larguras de escadas, porém, sua aplicação demanda onerosos sistemas como compartimentação vertical, plano de abandono, treinamento periódico da brigada e população, sistema de detecção e central de alarme que permita o alerta de forma faseada. Independente da estratégia adotada, um positivo aspecto do projeto de norma NBR 9077 é que este propõe alternativas, e eleva o poder de decisão do projetista.

#### 4.5. Impacto nas áreas dos apartamentos

Não foram necessários ajustes para adequar a edificação A conforme o projeto de norma NBR 9077/2022 e a RT nº 11, e a edificação B conforme a RT nº 11, visto que as dimensões de corredores e escadas, quantidade de saídas e distância máxima a percorrer já são atendidas no projeto em estudo.

Em contrapartida, ao verificar a edificação B frente às exigências do projeto de norma NBR 9077/2022, mostrou-se mandatória a adição de mais uma saída de emergência. Para ajustar o projeto foi necessária a alteração do leiaute, de forma a reposicionar a primeira escada e inserir a segunda, com o intuito de atender ao critério de distância máxima a percorrer, agora em duas direções. São diversas as possibilidades de redistribuição dos elementos de evacuação e unidades autônomas, porém neste estudo, a adequação do leiaute foi limitada ao perímetro das paredes externas já definido, e que, para atender ao normativo, a segunda escada deve ser igual a primeira. Dessa forma, nesta análise o corredor não sofreu deslocamento, a configuração de portas, paredes e cômodos foi desconsiderada e a área por pavimento necessária para implementar a segunda saída de emergência é de 20,85 m<sup>2</sup> por pavimento, idêntica à primeira escada. A edificação B possui 13 pavimentos, portanto, no total, a segunda escada consumiu 271,05 m<sup>2</sup> e também, considerando que, em média um apartamento tem 47,49 m<sup>2</sup>, a adição da segunda saída resultou na redução de aproximadamente 6 apartamentos, o que corresponde a 4,4% do total de unidades autônomas. Na figura 3 está representado um possível cenário para o posicionamento das escadas, indicadas com hachura vermelha, respeitando a distância máxima a percorrer, indicadas em linhas vermelhas.

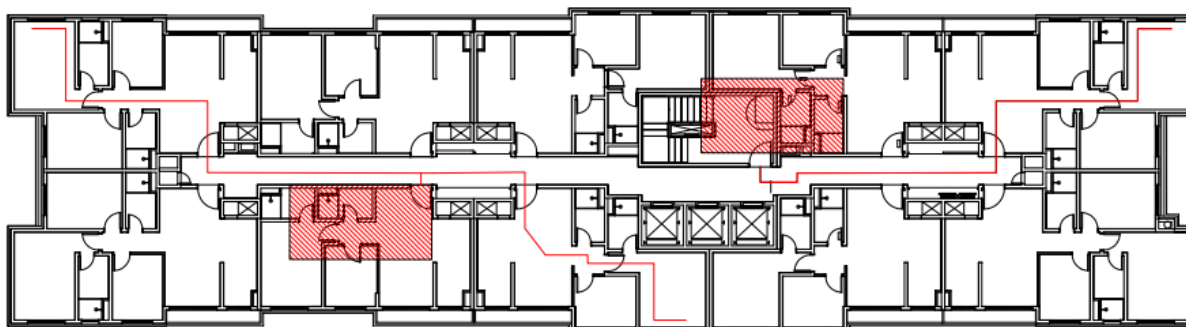


Figura 3: Reposicionamento das escadas

## 5. CONCLUSÃO

Neste estudo comparou-se os normativos de dimensionamento de saídas de emergência RT nº 11 e o projeto de norma NBR 9077/2022, os quais foram aplicados em duas edificações residenciais. Constatou-se que os normativos apresentam métodos distintos de dimensionamento, sendo a RT nº 11 mais prescritiva, eis que utiliza conceitos tradicionais, e o projeto de norma NBR 9077/2022 mais flexível, pois apresenta soluções mais dinâmicas e abrangentes, que proporcionam mais liberdade ao projetista e elevam o seu poder de tomada de decisão.

Uma característica intrínseca às edificações residenciais é a baixa densidade populacional, o que, para a grande maioria das arquiteturas condominiais, gera uma tendência das larguras calculadas de corredores e escadas serem menores do que a mínima exigida. Neste estudo de caso os métodos da RT nº 11 exigiram valores maiores de população e larguras de corredores e escadas, do que o projeto de norma NBR 9077/2022. Contudo, independentemente do procedimento normativo utilizado, estes valores ficaram abaixo do mínimo exigido. Dessa forma, para os critérios de população, largura de corredores e escadas, os normativos apresentam similaridade para o dimensionamento de edificações residenciais.

Nos casos estudados a única diferença significativa encontrada foi a necessidade de uma saída de emergência a mais para a edificação B, quando dimensionada pelo projeto de norma NBR 9077/2022. Esta necessidade não se deu diretamente pelo critério específico de números de saídas, que utiliza a população presente como condicional, mas sim pela distância máxima a percorrer. Assim sendo, o critério que mais impacta no

dimensionamento de edificações residenciais é a distância máxima a percorrer, pois ele não leva em consideração a população do pavimento, mas apenas a geometria presente. Mesmo em pavimentos extensos, onde a população seria grande o suficiente para exigir aumento de larguras de acessos ou número de saídas, a distância máxima a percorrer se torna crítica muito antes.

Em edificações residenciais os tempos de pré-movimento são elevados, pois as pessoas podem estar adormecidas e tendem a executar comportamentos de risco, e para compensar esta etapa da evacuação, o tempo de movimento deve ser reduzido. Este efeito é contemplado pelos normativos através da exigência de curtas distâncias a serem percorridas, no entanto o projeto de norma NBR 9077/2022 se mostra muito mais conservador neste critério, pois exige distâncias consideravelmente menores, bem como que o percurso seja medido do ponto menos favorável do pavimento, enquanto a RT nº 11 permite distâncias maiores, e que o ponto inicial seja a porta de acesso da unidade autônoma.

Por fim, embora haja similaridade nos resultados obtidos para edificações residenciais, existe uma grande divergência nos métodos de cada procedimento normativo analisado no presente artigo. Isto posto, sugere-se que o projeto de norma NBR 9077/2022 e a RT nº 11 sejam aplicados a edificações de outros usos, como por exemplo, prédios comerciais, para averiguar os possíveis reflexos quando da utilização de cada um dos normativos.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] SEITO, A.I., ANTONIO GILL, A., DOMINGOS PANNONI, F., *et al.*, *A segurança Contra Incêndio no Brasil*, 1º ed, São Paulo, Projeto Editora, 2008.
- [2] SILVA, V.P., *Segurança Contra Incêndio em Edifícios*, 1º ed, São Paulo, Blucher, 2014.
- [3] JEON, G.Y., NA, W.J., HONG, W.H., *et al.*, *Influence of design and installation of emergency exit signs on evacuation speed*, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, vol. 18, nº 2, p. 107–114, mar. 2019.
- [4] LIN, J., ZHU, R., LI, N., *et al.*, *How occupants respond to building emergencies: A systematic review of behavioral characteristics and behavioral theories*, Safety Science, vol. 122, fev. 2020.
- [5] DIAS, R.S., *Comparação de Procedimentos Normativos de Dimensionamento de Saídas de Emergência para Boates e Casas Noturnas por meio de Simulação Computacional de Evacuação de Pessoas*, Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- [6] PURSER, D.A., BENSILUM, M., *Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations*, Safety Science, 2001.
- [7] STOLLARD, P., ABRAHAMS, J., *Fire from First Principles*, 3º ed, London and New York, E & FN Spon, 1999.
- [8] STEC, A.A., *Fire toxicity – The elephant in the room?*, Fire Safety Journal, vol. 91, p. 79–90, jul. 2017.
- [9] GANN, R.G., *Estimating data for incapacitation of people by fire smoke*, Fire Technology, vol. 40, nº 2, p. 201–207, abr. 2004.
- [10] SFPE, “Effects of Fire Effluent”, *SFPE Guide to Human Behavior in Fire*, 2º ed, Springer International Publishing, p. 41–47, 2019.
- [11] BRUNETTO, L.D.O., *Simulação Computacional de Incêndios: Uma Aplicação no Prédio da Escola de Engenharia Nova da UFRGS*, Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- [12] ISO, 19706: *Guidelines for assessing the fire threat to people*, Genebra, set. 2011.
- [13] CBMRS, *Resolução Técnica CBMRS Nº 11 –Parte 01/2016: Saídas de Emergência*, Porto Alegre, 2016.

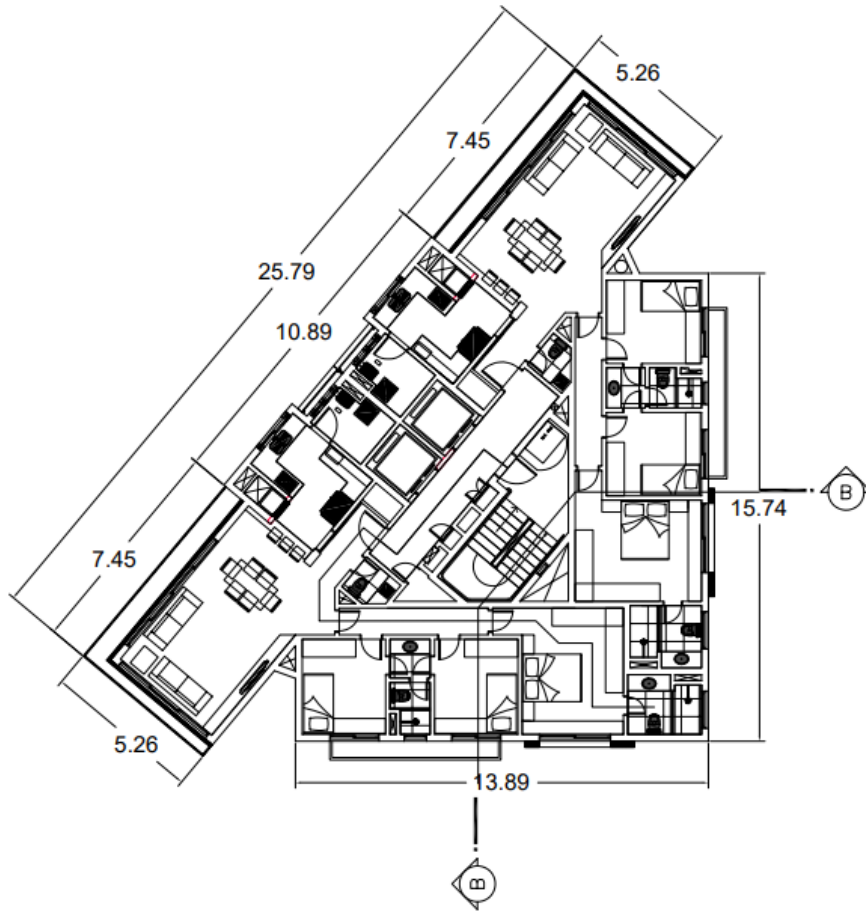
- [14] FRANTZICH, H., *Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering*, Doctoral Thesis (monograph), Lund University, Lund, 1998.
- [15] PROULX, G.N., *Evacuation Time and Movement in Apartment Buildings*, Fire Safety Journal, vol. 24, p. 229–246, 1995.
- [16] FAHY, R., PROULX, G., *Toward creating a database on delay times to start evacuation and walking speeds for use in evacuation modeling*, Paper presented at the 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire, 2001.
- [17] MOINUDDIN, K.A.M., BRUCK, D., SHI, L., *An experimental study on timely activation of smoke alarms and their effective notification in typical residential buildings*, Fire Safety Journal, vol. 93, p. 1–11, out. 2017.
- [18] BALL, M., BRUCK, D., *The effect of alcohol upon response to fire alarm signals in sleeping young adults*, In Proceedings of the 3rd International Symposium on Human Behaviour in Fire, p. 291–302, 2004.
- [19] ABNT, *Projeto de Norma ABNT NBR 9077: Saídas de Emergência em Edifícios*, Rio de Janeiro, 2022.
- [20] VAN DER WAL, C.N., ROBINSON, M.A., BRUINE DE BRUIN, W., *et al.*, *Evacuation behaviors and emergency communications: An analysis of real-world incident videos*, Safety Science, vol. 136, abr. 2021.
- [21] KOBES, M., HELSLOOT, I., DE VRIES, B., *et al.*, “Exit choice, (pre-)movement time and (pre-)evacuation behaviour in hotel fire evacuation - Behavioural analysis and validation of the use of serious gaming in experimental research”, em *Procedia Engineering*, 2010, vol. 3, p. 37–51.
- [22] FILIPPIDIS, L., XIE, H., GALEA, E.R., *et al.*, *Exploring the potential effectiveness of dynamic and static emergency exit signage in complex spaces through simulation*, Fire Safety Journal, vol. 125, out. 2021.
- [23] BODE, N.W.F., WAGOUM, A.U.K., CODLING, E.A., *Information use by humans during dynamic route choice in virtual crowd evacuations*, Royal Society Open Science, vol. 2, n° 1, jan. 2015.
- [24] PEETERS, M., COMPERNOLLE, T., VAN PASSEL, S., *Influence of information provided at the moment of a fire alarm on the choice of exit*, Fire Safety Journal, vol. 117, out. 2020.
- [25] ZHU, R., LIN, J., BECERIK-GERBER, B., *et al.*, *Influence of architectural visual access on emergency wayfinding: A cross-cultural study in China, United Kingdom and United States*, Fire Safety Journal, vol. 113, maio 2020.
- [26] ZHIMING, F., HUIHENG, G., LIXUE, J., *et al.*, *Human movement characteristics during emergency evacuations in a virtual environment*, Fire Safety Journal, vol. 115, jul. 2020.
- [27] FUJII, K., SANO, T., OHMIYA, Y., *Influence of lit emergency signs and illuminated settings on walking speeds in smoky corridors*, Fire Safety Journal, vol. 120, mar. 2021.
- [28] SAGUN, A., BOUCLAGHEM, D., ANUMBA, C.J., *Computer simulations vs. building guidance to enhance evacuation performance of buildings during emergency events*, Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 19, n° 3, p. 1007–1019, mar. 2011.
- [29] SUDTE, J., PATVICHACHOD, S., “Evacuation time analysis of high-rise building by Using Pathfinder case study: Residential Occupancy”, em *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 715, n° 1.
- [30] HABICHT, A.T., BRAAKSMA, J.P., ASCE, M., *Effective Width of Pedestrian Corridors*, Journal of Transportation Engineering, vol. 110, n° 1, p. 80–93, fev. 1984.
- [31] MARTINS, D. de S., *Saídas de Emergência Horizontais em Locais de Reunião de Público. Estudo de Casos na Cidade de Campina Grande-PB*, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

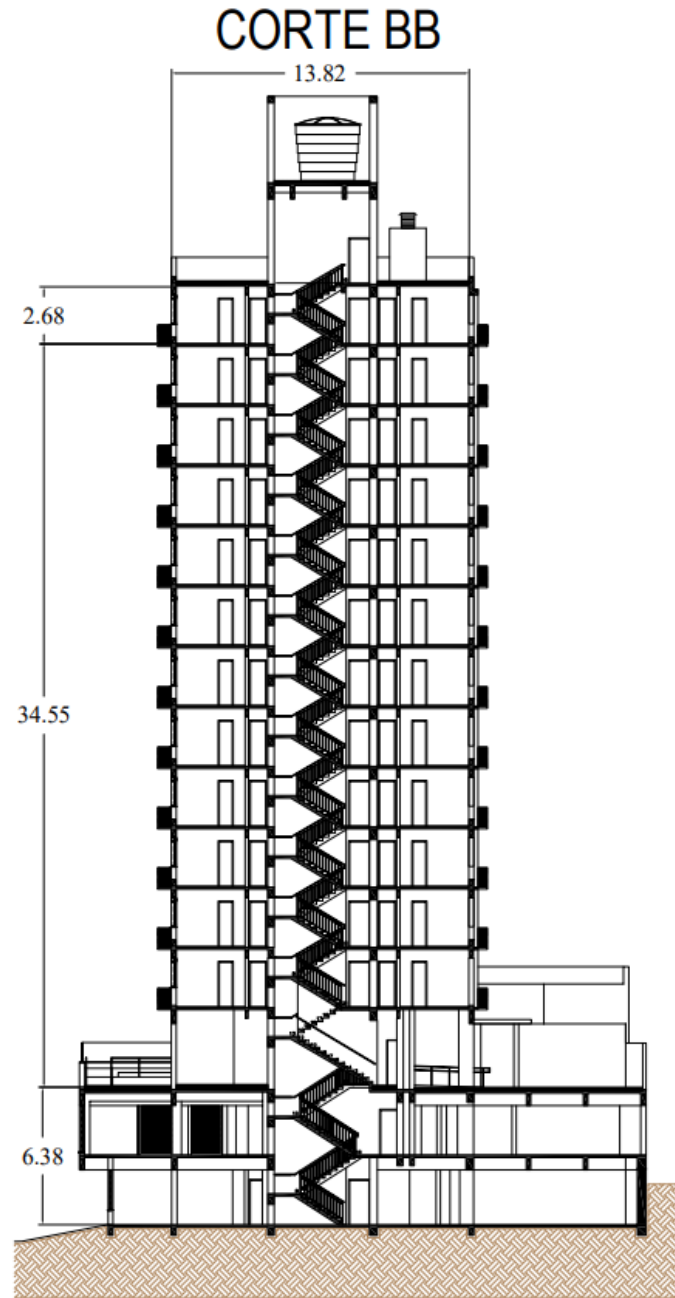


- [32] HURLEY, M.J., *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering Editor-in-Chief Fifth Edition*, 5<sup>o</sup> ed, New York, Springer, 2016.
- [33] KULIGOWSKI, E., *Predicting Human Behavior During Fires*, Fire Technology, vol. 49, n<sup>o</sup> 1, p. 101–120, jan. 2013.
- [34] SPEARPOINT, M., LOVREGLIO, R., GWYNNE, S., *The response of sleeping adults to smoke alarm signals in the Evacuation Decision Model*, Fire Safety Journal, vol. 123, jul. 2021.
- [35] ZHANG, X., LI, X., HADJISOPHOCLEOUS, G., *A probabilistic occupant evacuation model for fire emergencies using Monte Carlo methods*, Fire Safety Journal, vol. 58, p. 15–24, 2013.
- [36] ZHANG, X., LI, X., MEHAFFEY, J., *et al.*, *A probability-based Monte Carlo life-risk analysis model for fire emergencies*, Fire Safety Journal, vol. 89, p. 51–62, abr. 2017.
- [37] SILVA SANTOS, W., *Análise Comparativa entre as Resoluções Técnicas De SCI em Relação às Medidas Compensatórias Aplicadas às Saídas de Emergência nos Estados Brasileiros*, Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.
- [38] MARCHETTO, M.V., *Comparação entre os Procedimentos Normativos Relativos a Saídas de Emergência do Rio Grande do Sul, São Paulo e Reino Unido*, Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- [39] SCHEIDT, N., *Comparação Entre O Dimensionamento De Saídas De Emergência Em Estabelecimentos Assistenciais De Saúde (EAS) Segundo a Legislação do Estado do Rio Grande do Sul, a Australiana e a ABNT NBR 16651*, Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.
- [40] SCALCO, B.Z., *Comparativo Entre os Procedimentos Normativos do Estado do Rio Grande do Sul e Australiano Referentes a Saídas de Emergência em Restaurantes e Casas Noturnas*, Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- [41] MENTZ, B.B., *Mudança nos procedimentos normativos utilizados para análise das saídas de emergência desde a concepção da lei Kiss no RS: estudo aplicado a edificações existentes*, Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- [42] TAVARES, R.M., *An analysis of the fire safety codes in Brazil: Is the performance-based approach the best practice?*, Fire Safety Journal, vol. 44, n<sup>o</sup> 5, p. 749–755, jul. 2009.
- [43] SFPEB, “Physical Movement Concepts”, *SFPE Guide to Human Behavior in Fire*, 2<sup>o</sup> ed, Springer International Publishing, p. 73–83, 2019.

## ANEXO A – PLANTAS DA EDIFICAÇÃO A

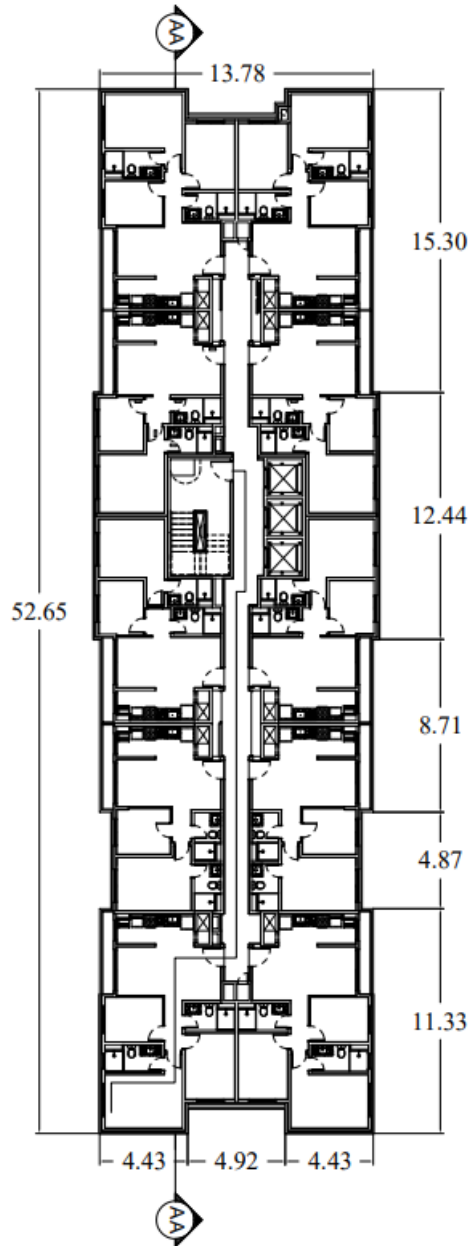
## PAVIMENTO TIPO





## ANEXO B – PLANTAS DA EDIFICAÇÃO B

## PAVIMENTO TIPO



## CORTE AA

