



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ESTEFANY FERREIRA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE UM INCÊNDIO NUMA EDIFICAÇÃO ESCOLAR ATRAVÉS DE  
UMA ANÁLISE NUMÉRICA NO FDS**

Recife

2021

ESTEFANY FERREIRA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE UM INCÊNDIO NUMA EDIFICAÇÃO ESCOLAR ATRAVÉS DE  
UMA ANÁLISE NUMÉRICA NO FDS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal de Pernambuco, como requisito parcial  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Ancelmo de Carvalho Pires de Oliveira.

Recife  
2021

Catalogação na fonte:  
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

O48a Oliveira, Estefany Ferreira de.  
Avaliação de um incêndio numa edificação escolar através de uma análise numérica no FDS / Estefany Ferreira de Oliveira. – 2021.  
74 f.: il., figs., e tabs.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Ancelmo de Carvalho Pires de Oliveira.  
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Recife, 2021.  
Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia civil. 2. Segurança contra incêndios. 3. Incêndio em edificações.  
4. Simulação computacional de incêndio. 5. Fire Dynamics Simulator (FDS). I. Oliveira, Tiago Ancelmo de Carvalho Pires de (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-351

ESTEFANY FERREIRA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE UM INCÊNDIO NUMA EDIFICAÇÃO ESCOLAR ATRAVÉS DE  
UMA ANÁLISE NUMÉRICA NO FDS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia  
e Geociências, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia  
Civil.

Aprovado em: 14 / 12 / 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Tiago Ancelmo de Carvalho Pires de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Andrea Diniz Fittipaldi (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Ma. Roberta Tabaczenski Sá (Examinadora Externa)  
Universidade Federal de Pernambuco

## RESUMO

Incêndios são eventos que causam perda de vidas e patrimônio, por isso, tão importante quanto fornecer a resposta prática adequada à situação de incêndio é promover o estudo de comportamento de incêndios, pois permite prover meios de prevenção visando minimizar danos patrimoniais e à vida humana. Por esse motivo a área do Segurança Contra Incêndio em Edificações (SCIE) demonstra-se como campo amplo para pesquisas internacionais. A simulação computacional tem se mostrado eficiente nestes estudos, apresentando grandes potencialidades. A ferramenta usada nesta pesquisa foi o *software Fire Dynamics Simulator* (FDS), que permite a construção de simulação computacional por meio de volumes finitos. Como arquivos de saída desse *software* estão dados tabulados de taxa de liberação de calor, temperatura, altura de camada livre de fumaça e concentração de gases como monóxido de carbono, entre outros. Além disso, o FDS conta com o *Smokeview* (SMV), que possibilita a visualização gráfica da geometria e animações da propagação de incêndio, fumaça e gradientes de temperatura. Dentre os diversos cenários modelados dois nortearam a obtenção de resultados. O primeiro caso trata-se de um pavimento contendo dois ambientes: dormitório e sala, e foi desenvolvido visando compreender os parâmetros de uso do *software* FDS. O segundo caso tratou de um incêndio ocorrido numa instituição escolar em 2005. Em ambos casos foram definidos parâmetros, como por exemplo, domínio com malha cúbica; aberturas do domínio nos limites para que ocorresse troca gasosa; parâmetros combustíveis dos materiais empregados, definição de superfície queimadora para dar início ao incêndio, dentre outros. Na análise dos resultados alcançados observou-se que, quando calibrado adequadamente, as simulações numéricas de incêndio apresentam resultados compatíveis com resultados experimentais e situações reais de incêndio quanto ao desenvolvimento de temperatura e dinâmica dos incêndios.

**Palavras-chave:** segurança contra incêndios; incêndio em edificações; simulação computacional de incêndio; *Fire Dynamics Simulator* (FDS).

## ABSTRACT

Fires are events that cause loss of life and property; therefore, as important as providing the appropriate practical response to a fire situation is to promote the study of fire behavior, because it allows to provide means of prevention aimed at minimizing damage to property and human life. For this reason, the area of Fire Safety in Buildings (SCIE) is proving to be a broad field for international research. Computer simulation has been shown to be efficient in these studies, showing great potential. The tool used in this research was the *Fire Dynamics Simulator* (FDS) software, which allows the construction of computer simulation using finite volumes. As output files of this *software* are tabulated data of heat release rate, temperature, smoke free layer height, and concentration of gases such as carbon monoxide, among others. In addition, FDS features *Smokeview* (SMV), which enables graphical visualization of geometry and animations of fire spread, smoke, and temperature gradients. Among the various scenarios modeled, two guided the achievement of results. The first case is a floor containing two environments: bedroom and living room, and was developed to understand the usage parameters of the *FDS* software. The second case dealt with a fire that occurred in a school institution in 2005. In both cases parameters were defined, such as, for example, a domain with a cubic mesh; domain openings at the limits so that gas exchange could occur; combustible parameters of the materials used, definition of the burning surface to start the fire, among others. In the analysis of the results achieved, it was observed that, when properly calibrated, the numerical fire simulations present results compatible with experimental results and real fire situations regarding temperature development and fire dynamics.

**Keywords:** fire safety; fire in buildings; computer simulation of fire; Fire Dynamics Simulator (FDS).

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa e motivação .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos gerais e específicos .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>MODELO DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL (CFD) .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>FDS (Fire Dynamics Simulator) .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1</b>	<b><i>Criação de cenários de incêndio no FDS .....</i></b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Estudo de caso 01 .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Estudo de caso 02 .....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>
	<b>APÊNDICE A – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DESENVOLVIDA NO FDS RELATIVO AO ESTUDO DE CASO 01.....</b>	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE B – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DESENVOLVIDA NO FDS RELATIVO AO ESTUDO DE CASO 02.....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao tratar sobre o tema incêndio em edificações a primeira ideia associada como forma de combate é o Corpo de Bombeiros como ator principal, entretanto responder de maneira imediata uma situação de emergência com todos os aparelhos necessários não é a única forma de lidar com a questão. Tão importante quanto responder de modo eficiente à situações de emergência é prover meios de prevenção através de mecanismos e técnicas capazes de minimizar danos patrimoniais e à vida humana. Buscando estabelecer medidas de proteção passiva a condição de incêndio está o campo científico de pesquisa estudado internacionalmente: a Segurança Contra Incêndios em Edificações (SCIE), (DUARTE, 2008, p. 10).

Observa-se que existe uma tendência de exigência em realizar testes em materiais, componentes de sistemas construtivos, equipamentos e utensílios usados em edificações, expondo-os isoladamente a altas temperaturas visando observar seu desempenho e comportamento estrutural em incêndios (DEL CARLO, 2008a, p. 1).

De acordo com Tabaczenski (2018a, p.15), maioria dos estudos de SCIE são direcionados para análise do comportamento de elementos estruturais e construtivos submetidos a altas temperaturas. Nesses estudos o incêndio é representado por meio de uma curva padronizada internacionalmente, e essas são descritas por uma curva logarítmica ascendente em temperatura em função do tempo do sinistro, como por exemplo, a apresentada na ISO 834-1 (1999).

Apesar de ser muito usada e eficiente em análise de comportamento resistivo de materiais que compõem elementos estruturais, a curva de incêndio-padrão não representa o comportamento de um incêndio real, visto que outros fatores como compartimentação, posição e quantidade de aberturas, grau de ventilação, tipos de materiais combustíveis e incombustíveis presentes no ambiente podem interferir no comportamento do incêndio (COSTA & SILVA, 2006, p. 4).

Em incêndios reais, além da elevação da temperatura devido à combustão ocorre também a liberação de fumaça e gases tóxicos ao ser humano como o monóxido de carbono. De acordo com Lima (2019, p. 5) o contato de pouco material inflamável em combustão com o oxigênio pode gerar uma grande quantidade de monóxido de carbono, que surge na forma

inodora, incolor e insípida e reage nas hemoglobinas 200 vezes mais rápido do que o oxigênio, podendo acarretar em várias mortes.

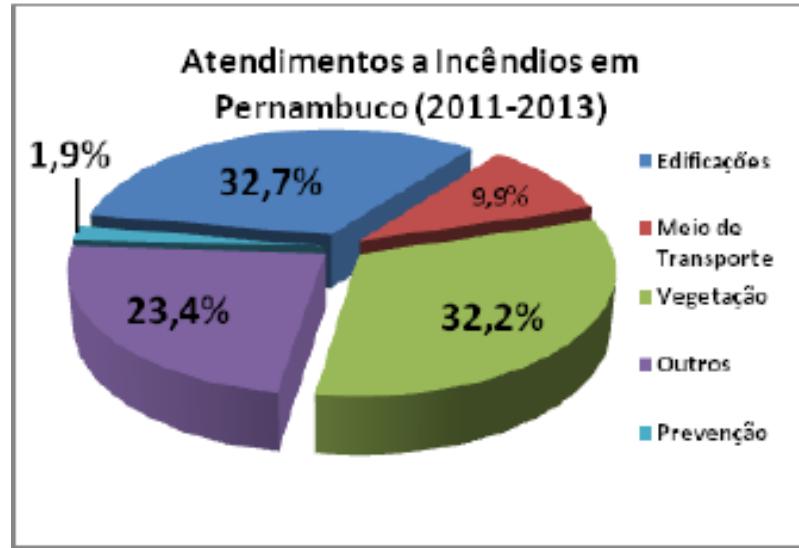
Dessa forma, observa-se que os incêndios são influenciados por vários fatores. Por isso, a simulação computacional surge como ferramenta auxiliar na SCIE, permitindo observar em escala real, cenários desenvolvidos em modelos de volumes finitos por meio de simulação numérica no *software Fire Dynamics Simulator* (FDS).

### **1.1 Justificativa e motivação**

Incêndios são eventos trágicos que na maioria das vezes conduz a perdas patrimoniais irreparáveis ou de vidas humanas, como por exemplo, o incêndio ocorrido no Museu Nacional do Brasil no Rio de Janeiro em setembro de 2018, e o incêndio ocorrido na boate Kiss na cidade de Santa Maria/RS em 2013, vitimando fatalmente 242 pessoas.

De acordo com a Figura 1, em Pernambuco observa-se que 32,7% dos atendimentos a incêndio são em edificações, ou seja, aproximadamente um terço do total dos atendimentos.

Figura 1 - Incêndios Atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco



Fonte: Seção de Estatística Operacional do CBMPE (Correia *et al*, 2015)

No Brasil, existe ainda uma carência de quantificação e obtenção de dados mais concisos sobre a ocorrência de sinistros e a necessidade de literaturas em língua portuguesa

em SCIE, por isso pode-se afirmar que esses são motivos da falta de sensibilização sobre o tema ao se elaborar projetos de edificações.

## **1.2 Objetivos gerais e específicos**

O objetivo geral é observar o comportamento e propagação de incêndio em espaços fechados através de simulação numérica.

Dentre os objetivos específicos que visa esse estudo estão:

- Desenvolver o estudo do primeiro cenário de incêndio em um dormitório, com o intuito de obter sensibilidade dos parâmetros empregados no *software* FDS.
- Reproduzir o estudo de caso de incêndio ocorrido numa edificação escolar através de simulação numérica.
- Analisar a influência da compartimentação e existência de aberturas nessas simulações numéricas de incêndio;
- Analisar distribuição de temperatura, concentração de gases no ambiente como monóxido de carbono e oxigênio;
- Promover ferramentas computacionais na área de segurança contra incêndio;
- Desenvolver um manual básico de uso do *software* FDS que auxilie na criação de cenários de incêndio.

## 2 MODELO DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL (CFD)

Os *softwares* de simulação de incêndio são ferramentas que permitem ao usuário observar o desenvolvimento de um incêndio. Porém, devido à complexidade das variáveis envolvidas o fenômeno pode ser tratado de forma simplificada (SHEER & BARANOSKI, 2007).

De acordo com Cunha (2016), em ambientes fechados o oxigênio é consumido ligeiramente durante o incêndio, e a insuficiência desse gás acarreta na queima incompleta do material combustível, ocasionando a redução da temperatura, todavia aumenta a produção de fuligem e monóxido de carbono (CO).

Ainda de acordo com Cunha (2016), o fenômeno do incêndio pode ser representado graficamente por meio da curva temperatura x tempo, a qual possibilita analisar informações como etapas de ignição, *flashover*, temperatura máxima atingida, tempo de duração do incêndio e o processo de extinção do incêndio.

Existem alguns modelos computacionais de representação de incêndio e a maioria dos *softwares* que permitem simulação computacional se baseia em modelo de zonas ou em Fluidodinâmica computacional (CFD, em inglês *Computational Fluid Dynamics*).

De acordo com Tabaczenski (2018), os modelos de fluidodinâmica analisam o domínio computacional dividindo-o em células e aplicando numericamente equações diferenciais parciais fundamentais do escoamento de fluidos, analisando em cada uma delas o fluxo de fluidos, a transferência de calor e outros fenômenos. Essas equações obedecem às leis de conservação da física: a massa de um fluido mantém-se constante, a taxa de variação do momento linear de uma partícula de fluido é igual à resultante das forças atuantes sobre ela (segunda lei de Newton); a taxa de variação da energia é igual à soma da taxa de aumento da quantidade de calor com a taxa de trabalho realizado sobre uma partícula de fluido (primeira lei da termodinâmica). Dessa forma é possível obter em todos os pontos do compartimento os dados termodinâmicos e aerodinâmicos (NP EM 1991-1-2).

### 2.1 Fire Dynamics Simulator (FDS)

O *Fire Dynamics Simulator* (FDS) é um *software* de fluidodinâmica computacional que resolve numericamente as equações de Navier-Stokes adequada para fluxo de baixa

velocidade movido termicamente, com ênfase no transporte de fumaça e calor provocados por incêndios (McGRATTAN *et al.*, 2017).

Dentre as informações de entrada através das *namelist's* é possível especificar:

- Parâmetros ambientais como temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento;
- A geometria dos compartimentos através de coordenadas da simulação bem como suas aberturas;
- Características de materiais que compõem a simulação tais como densidade, cor, temperatura de ignição, condutividade térmica, calor específico e emissividade;
- Características do combustível gasoso que substitui todas as fontes de combustível em potencial tais como, calor de combustão, taxa de formação de fuligem, fumaça e gás monóxido de carbono;
- Taxa de liberação de calor;
- Tempo da simulação;
- Posição de termopares e medidores de concentração de gases.

Nos arquivos tabulados de saída pode-se obter temperatura dos gases, temperatura em objetos sólidos, concentração de gases como oxigênio, monóxido e dióxido de carbono e altura da camada de fumaça.

Junto ao FDS é instalado seu complemento, o *Smokeview* (SMV), que permite a visualização gráfica dos dados inseridos, possibilitando visualizar a geometria do ambiente modelado, animações da propagação do fogo e fumaça, e resultados gráficos quanto ao gradiente de temperatura.

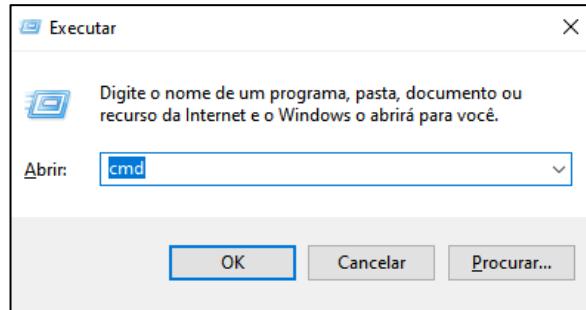
### *2.1.1 Criação de cenários de incêndio no FDS*

Este tópico tem como objetivo demonstrar as ferramentas desenvolvidas no FDS e auxiliar o manuseio do *software*, entretanto, ressalta-se a necessidade de estudo de bibliografias complementares para acrescentar o entendimento do seu uso e suas diversas aplicações.

Para a simulação de um primeiro cenário, recomenda-se copiar um arquivo existente executável “.fds” e redigir as linhas de comando da nova simulação nesse arquivo base. Para

execução da simulação basta clicar duas vezes no arquivo executável ou pode-se digitar o atalho “Windows+R” e digitar o comando “cmd” para acionar o prompt de comando do Windows.

Figura 2 - Execução do comando “cmd”



Fonte: O autor (2021)

Com a execução do prompt de comando do Windows é possível acessar a pasta que contém a simulação e executar o arquivo, para isso, digita-se “cd nome\_da\_pasta” seguida da tecla “Enter”, e quando chegar na pasta que contém o arquivo digita-se “nome\_do\_arquivo.fds”. Esse meio de execução é bastante útil para rastrear algum erro de digitação de comando, e para facilitar esse meio de execução recomenda-se salvar o arquivo numa pasta na área de trabalho do computador.

Figura 3 - Execução de arquivo teste

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [versão 10.0.19041.1110]
(c) Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

C:\Users\estef>CD DESKTOP
C:\Users\estef\Desktop>CD MANUAL_FDS
C:\Users\estef\Desktop\MANUAL_FDS>TESTE.FDS
Mesh 1 is assigned to MPI Process 0
OpenMP thread 0 of 7 assigned to MPI process 0 of 0
OpenMP thread 1 of 7 assigned to MPI process 0 of 0
OpenMP thread 2 of 7 assigned to MPI process 0 of 0
OpenMP thread 3 of 7 assigned to MPI process 0 of 0
OpenMP thread 4 of 7 assigned to MPI process 0 of 0
OpenMP thread 5 of 7 assigned to MPI process 0 of 0
OpenMP thread 6 of 7 assigned to MPI process 0 of 0
OpenMP thread 7 of 7 assigned to MPI process 0 of 0
Completed Initialization Step 1
Completed Initialization Step 2
Completed Initialization Step 3
Completed Initialization Step 4

Fire Dynamics Simulator

Current Date : August 1, 2021 18:05:47
Version : FDS 6.5.2
Revision : Git-r21-0-g4e9103f
Revision Date : Wed Aug 24 16:29:46 2016 -0400
Compilation Date : Wed 08/24/2016 10:28 PM

MPI Enabled; Number of MPI Processes: 1
OpenMP Enabled; Number of OpenMP Threads: 8

MPI version: 3.0
MPI library Version: Intel(R) MPI Library 5.1.3 for Windows* OS

Job TITLE : TESTE
Job ID string : TESTE

Time Step: 1, Simulation Time: 0.19 s
Time Step: 2, Simulation Time: 0.39 s
Time Step: 3, Simulation Time: 0.58 s
```

Fonte: O autor (2021)

Não é necessária uma ordem para inserção das *namelists*, entretanto aconselha-se sequenciar de forma sistemática, de maneira que as informações mais específicas como geometria e obstruções sejam adicionadas mais ao fim do arquivo de texto e informações como definições de materiais e parâmetros ambientais sejam adicionadas no início.

Uma boa prática para evitar erros de leitura da última linha de comando é inserir ao fim do arquivo a *namelist* “&TAIL/”. Ao inserir uma *namelist* inicia-se com “&” em seguida o nome da *namelist* e seus parâmetros separados por vírgula, finalizando a linha de comando com “/”.

A seguir algumas *namelists* com seus respectivos parâmetros de uso e suas aplicações:

- **HEAD:** *namelist* que nomeia o arquivo tendo seus parâmetros:

- a) CHID: Texto sem espaço que nomeia os arquivos de saída após o processamento do arquivo executável “.fds”. Aconselha-se usar o mesmo nome do arquivo executável.
- b) TITLE: Texto em que pode ser inserida uma descrição da simulação, podendo ter até 60 caracteres.

Exemplo:

```
&HEAD CHID='TESTE', TITLE='TESTE' /
```

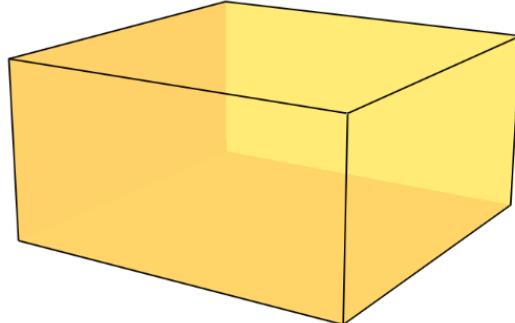
- **MESH:** Trata-se do limite geométrico em que ocorre a simulação do cenário. Esse comando é definido pelos parâmetros:

- a) IJK é a quantidade de células definidas nas direções x, y e z;
- b) XB são as coordenadas inicial e final do domínio nas direções x, y e z.

Exemplo:

```
&MESH IJK=40,25,20, XB=-2.7,9.3,-3.0,4.5,-0.3,5.7 /
```

Figura 4 – Domínio computacional



Fonte: O autor (2021)

O domínio definido no exemplo acima possui 40 subdivisões na direção x, 25 subdivisões na direção y, e 20 subdivisões na direção z.

- **TIME T\_END:** É o tempo de duração da simulação em segundos. Caso esse tempo definido seja de zero segundos apenas a geometria é preparada possibilitando uma verificação da geometria.

```
&TIME T_END=3000.0 /
```

- **DUMP DT\_RESTART:** Cria arquivos de reinício da simulação, por exemplo, se esse parâmetro for definido com valor de 10 segundos, então a cada intervalo de 10 segundos da simulação será criado um arquivo que permitirá o reinício da simulação a partir dos últimos 10 segundos salvo. Esse recurso é bastante útil para que não se perca uma simulação inteira em caso de falta de energia ou imprevisto similar que interrompa indevidamente a simulação.

```
&DUMP DT_RESTART=10.0 / cria arquivos de restart a cada 10s  
de simulação
```

- **MISC:** Define um conjunto de parâmetros ambientais:
  - a) TMPA: Define a temperatura;
  - b) P\_INF: Determina a pressão local;
  - c) HUMIDITY: Define a umidade do ar;
  - d) MEAN FORCING: Utilizado para impulsionar a velocidade média em direção ao valor de U0 e V0 que são as componentes da velocidade do vento;

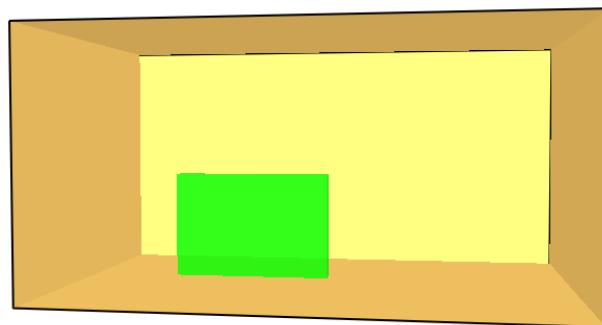
- e) RESTART: Se inserido esse parâmetro dentro do comando MISC, ao executar o arquivo ele irá simular a partir do ponto em que ficou salvo, ou seja, se definido a *namelist* DUMP DT\_RESTART com intervalo de 10 s e uma simulação de 60 s foi interrompida aos 34 s, ficará salvo os 30 s de simulação e ao ativar o comando RESTART em MISC, a simulação ao ser executada irá reiniciar a partir dos 30 s.

```
&MISC TMPA=29.5
P_INF=101325.0
HUMIDITY=80.0
MEAN_FORCING(1:2)=.TRUE.,.TRUE.
U0=2.12
V0=2.12
RESTART=.TRUE. / (simulação reiniciará de onde parou)
```

- **OBST:** Comando usado para criar obstrução, ou seja, um volume tridimensional retangular com coordenadas definidas. Todos os objetos sólidos presentes no cenário são criados a partir desse comando. Recomenda-se que a espessura da obstrução tenha pelo menos a dimensão de uma célula.

```
&OBST XB=0.0,3.7 ,-0.3,0.0 , 0.0,2.4, COLOR='GREEN',
TRANSPARENCY=0.8 /
```

Figura 5 – Modelagem de parede na cor verde, e com 20% de transparência



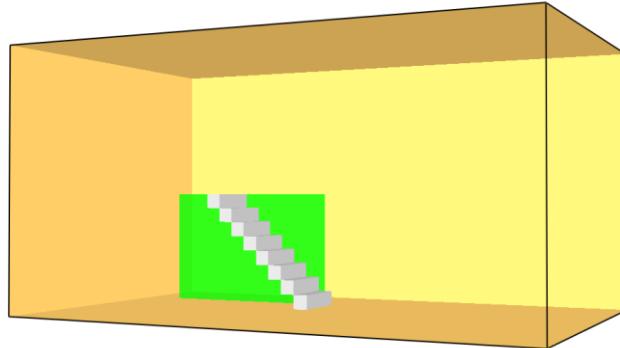
Fonte: O autor (2021)

- **MULT ID:** Definido esse parâmetro e inserido na *namelist* OBST permite gerar repetições de obstruções.

**ESCADA:**

```
&MULT ID='escada', DXB=-0.3,-0.3,0.0,0.0,0.3,0.3,
N_LOWER=0, N_UPPER=7 /
&OBST XB=3.6,3.9,-1.5,-0.3,0.0,0.3, MULT_ID='escada' /
```

Figura 6 – Modelagem de escada na cor cinza



Fonte: O autor (2021)

- **HOLE:** Produz uma abertura na obstrução. Recomenda-se definir espessura maior que do elemento transpassado pela abertura.

```
&HOLE XB=2.0,2.2 , -0.6,0.3, 1.1,2.1 /
```

- **MATL ID:** Define características dos materiais empregados no cenário. Abaixo segue um exemplo no qual são definidos os parâmetros de calor específico (SPECIFIC\_HEAT), condutividade (CONDUCTIVITY), emissividade (EMISSIVITY), densidade (DENSITY), e calor de combustão (HEAT\_OF\_COMBUSTION), do material denominado como “MADEIRA”.

```
&MATL ID='MADEIRA'
SPECIFIC_HEAT=1.34
CONDUCTIVITY=0.12
EMISSIVITY=0.9
DENSITY=400.0
HEAT_OF_COMBUSTION=17500.0 /
```

- **SURF ID:** Parâmetro que define o material empregado na OBST, e caso não seja especificado, o material é definido no cenário como inerte. Caso queira-se definir um novo padrão de superfície, de forma que todas as obstruções sigam o padrão, adiciona-se o

comando “DEFAULT=.TRUE.”. Por padrão, o comando DEFAULT é definido como “DEFAULT=.FALSE.”, não havendo necessidade de adicionar esse comando na *namelist* SURF. Outros parâmetros podem ser definidos na *namelist* SURF, como:

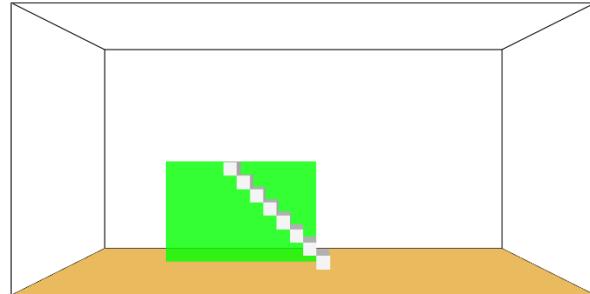
- a) COLOR ou RGB: Define uma cor para a obstrução;
- b) BURN\_AWAY: Quando definido como “.TRUE.”, é consumido o material da superfície.
- c) MATL\_ID: Define as características de um ou mais materiais empregados na obstrução;
- d) THICKNESS: Define a dimensão de uma ou mais espessuras do material;
- e) TRANSPARENCY: Valor numérico de 0 à 1 que define o percentual de transparência da superfície. Esse comando pode ser inserido na *namelist* OBST para definir transparência em determinado elemento do cenário;
- f) IGNITION\_TEMPERATURE: Temperatura de ignição (°C);
- g) HRRPUA: Taxa de liberação de calor por unidade de área (kW/m<sup>2</sup>).

```
&SURF ID='MAD'
COLOR='BROWN'
BURN_AWAY=.TRUE.
BACKING='EXPOSED'
MATL_ID='MADEIRA'
THICKNESS=0.3
IGNITION_TEMPERATURE=210
HRRPUA=225 /
```

• **VENT**: Usa-se para definir planos próximos às obstruções ou limites externos permitindo também a entrada ou saída de ar do domínio computacional (definido pelo MESH), que por padrão é fechado, dessa forma se faz necessário inserir a linha de comando:

```
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /
```

Figura 7 – Abertura do domínio para ocorrer trocas gasosas



Fonte: O autor (2021)

- **SPEC ID:** *namelist* que serve para definir um tipo de combustão especificando a fórmula química do material combustível sendo essa definição de material atribuída à *namelist* REAC ID através do parâmetro FUEL
- **REAC ID:** Através desse comando é possível definir um combustível gasoso que atua como um substituto para todas as fontes de combustível em potencial. Dentre os parâmetros que podem ser definidos estão:
  - a) FUEL: Parâmetro que retoma o material combustível definido na *namelist* SPEC ID.
  - b) HEAT\_OF\_COMBUSTION: Calor de combustão;
  - c) SOOT\_YIELD: Parâmetro que define a taxa de queima que irá formar fuligem e fumaça na simulação;
  - d) CO\_YIELD: Taxa de formação de gás monóxido de carbono.

• **VENT (PARA CRIAR FOGO):** Inicialmente precisa das definições da *namelists* REAC ID e do parâmetro SURF\_ID, no qual podem ser definidas características como cor, taxa de liberação de calor por unidade de área, e no caso dos estudos, foi empregada também a função RAMP\_Q que tem por objetivo fazer que o incêndio se espalhe radialmente com taxa especificada.

```

&SPEC ID='madeira', FORMULA='CH1.700.74N0.002' /
&REAC ID='MADEIRA'
FUEL='madeira'
HEAT_OF_COMBUSTION=17500.0
SOOT_YIELD=0.015
CO_YIELD=0.004 /

&SURF ID='QUEIMADOR'
COLOR='RED'
HRRPUA=3000.0
RAMP_Q = 'fire_ramp' /
&RAMP ID='fire_ramp', T=0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='fire_ramp', T=30.0, F=1.0 /
&RAMP ID='fire_ramp', T=120.0, F=1.0 /
&RAMP ID='fire_ramp', T=150.0, F=0.0 /
&VENT XB=0.6,0.9,2.4,2.7,0.0,0.0, SURF_ID='QUEIMADOR',
IOR=3 /

```

- **SLCF:** Permite criar um plano de visualização de determinados parâmetros da simulação. Abaixo alguns parâmetros:

- PBX, PBY ou PBZ: Define a coordenada no eixo escolhido para definir o plano de visualização no *Smokview*;
- QUANTITY: Define o que será avaliado, no caso abaixo, temperatura;
- VECTOR: Se especificado como “.TRUE.” permite visualizar no *Smokview* o gradiente vetorial do parâmetro definido em QUANTITY.

```

&SLCF    PBY=1.5,    QUANTITY='TEMPERATURE',    VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_Y150' /

```

- **DEVC:** Usa-se para quantificar quantidade de temperatura num ponto coordenado do cenário ou concentração de gás através de um volume definido por coordenadas. Abaixo segue exemplo de aplicação:

```

&DEVC XYZ=1.95,1.5,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H180' /
&DEVC XB=0.0,3.9,0.0,3.0,0.0,2.4, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='CCOx_DORM' /

```

Por fim, é possível obter o tempo cronológico total da simulação através do arquivo de saída da simulação com extensão “.out”, que pode ser aberto através de leitor de bloco de

notas. Ao fim do arquivo é colocado o tempo cronológico total da simulação. No exemplo abaixo a simulação foi definida em 100 segundos e foi necessário de 40,078 s:

Time Stepping Wall Clock Time (s):	36.996
Total Elapsed Wall Clock Time (s):	40.078

### **3 ESTUDOS DE CASO**

Essa pesquisa tem sido desenvolvida em volumes finitos por meio de simulação numérica no *software Fire Dynamics Simulator* (FDS) para reproduzir dois cenários de incêndio em ambientes fechados e assim analisar seu comportamento e propagação nos ambientes. O primeiro cenário foi reproduzido com o intuito de obter sensibilidade dos parâmetros empregados no *software* FDS.

O *software* FDS foi desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology dos Estados Unidos da América* (NIST/EUA), tendo sido instalado na versão 6.5.2 em um *desktop* com processador Intel® Core™ i5 1.80 GHz e 8.0 Gb de memória RAM. É um *software* do tipo executável no qual seus dados de entrada são inseridos por meio de uma linha de comando composta por *namelist's* escritas entre os caracteres “&” e “/” em um programa editor de textos. Ao ser salvo o arquivo com extensão “.fds” torna-se um arquivo executável da simulação, e ao ser executado são gerados arquivos de saída como, por exemplos, arquivos tabulados de temperatura, taxa de liberação de calor, e o *Smokeview*.

Por se tratar de um programa cujos dados de entrada são inseridos por meio de linguagem de programação própria do software a primeira etapa dessa pesquisa foi compreender o uso da ferramenta usada nesse projeto: o FDS, e para isso foi estudado os manuais de utilização do *software* e as bibliografias referentes a ele.

#### **3.1 Estudo de caso 01**

Com o intuito de compreender os parâmetros de uso do FDS, foi analisado um caso de estudo observado por Tabaczenski (2018), que trata da simulação de incêndio em um cômodo com características similares a um dormitório pertencente a residências típicas incendiadas em Recife. Além de simular nos *softwares* FDS e Ozone o cômodo foi incendiado experimentalmente na oficina de treinamento de combate a incêndio do centro de ensino e instrução do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco (CBMPE), a fim de validar os resultados obtidos ao simular esse caso nos *softwares* em seus estudos.

Figura 8 – Dormitório antes do ensaio experimental.



Fonte: Adaptado de Corrêa *et al.* (2017)

No estudo Tabaczenski (2018), a modelagem dessa edificação foi feita em uma malha cúbica de 10 cm sendo esse tamanho de malha de maior refinamento e consequentemente requer maior demanda de processos computacionais.

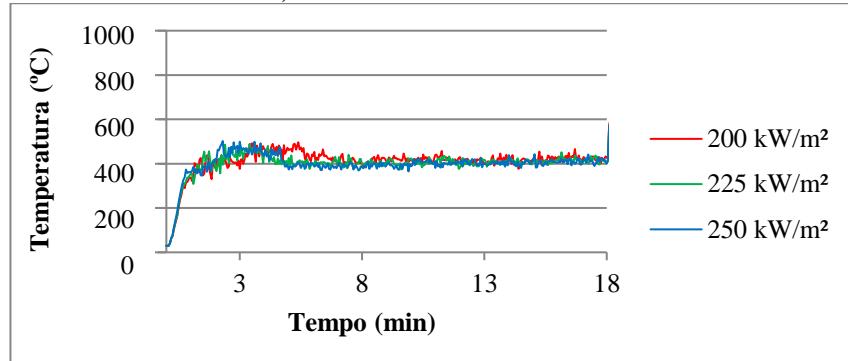
No estudo de Sá *et al* (2019), foram desenvolvidas três simulações numéricas do estudo experimental de Teixeira *et al* (2012). Este experimento foi produzido em um container cujas dimensões internas são de 2,0 m x 5,0 m x 2,4 m, e a carga de incêndio de 500 MJ/m<sup>2</sup> foi materializada em caibros de madeira. Esse cenário foi simulado no *software* FDS nas malhas de 10 cm, 20 cm e 30 cm de aresta, utilizando uma taxa de liberação de calor por unidade de área (HRRPUA) de 100 kW/m<sup>2</sup>, 150 kW/m<sup>2</sup> e 225 kW/m<sup>2</sup> respectivamente.

De acordo com Sá *et al* (2019), os resultados de taxa de liberação de calor e temperatura foram satisfatórios ao terem sido comparados aos resultados de Teixeira *et al* (2012). Com isso, foi alcançado um ganho de tempo e processamento computacional, visto que o tempo aproximado para a realização dessas três simulações foram de: dois dias (malha de 10 cm de aresta), três horas (malha de 20 cm de aresta) e uma hora (malha de 30 cm de aresta).

O valor da taxa de liberação de calor adotado por Tabaksenski (2018) foi de 100 kW/m<sup>2</sup> baseando-se em literaturas, entretanto a malha cúbica usada foi de 10 cm e dessa forma a área superficial de exposição dos elementos é maior por existirem mais subdivisões dos elementos inseridos se comparado a uma malha de 30 cm de aresta, dessa forma, baseando-se em Sá *et al* (2019) foi adotado um valor maior dessa taxa para que fosse consumido mais rapidamente a carga de material combustível presente no container.

Para a simulação do estudo de caso 01 desta pesquisa, utilizando a malha de 30 cm de aresta, foram observadas as seguintes variações de temperaturas para a mesma altura de termopar, e taxas de liberação de calor de 200 kW/m<sup>2</sup>, 225 kW/m<sup>2</sup> e 250 kW/m<sup>2</sup>:

Figura 9 – Temperaturas dos gases na camada superior do dormitório: FDS ( $h=2,4\text{ m}$ , HRRPUA = 250 kW/m<sup>2</sup>) – Malha cúbica de 30 cm

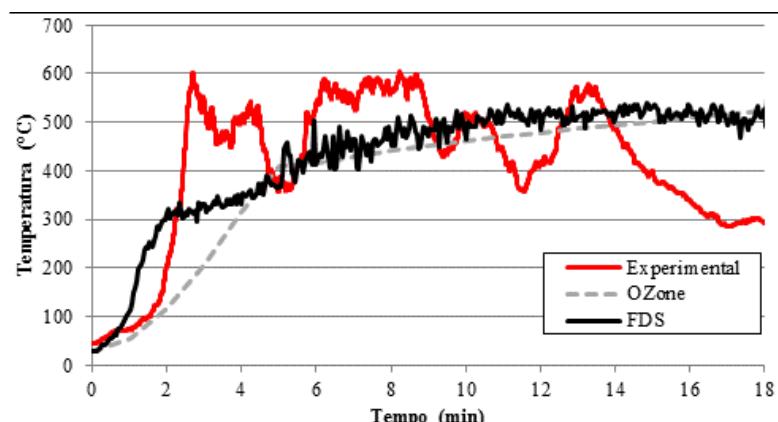


Fonte: O autor (2021)

Na Figura 9, comparando as curvas obtidas para o mesmo termopar no FDS observou-se que para uma mesma disposição de móveis e objetos colocados nos ambientes resulta em curvas de temperaturas com pouca variação mesmo variando a taxa de liberação de calor por unidade de área (HRRPUA). A variação observada no gráfico acima é explicada pelo aumento de calor emitido para cada taxa de liberação de calor.

Na Figura 9, observa-se que a temperatura desenvolvida chega a atingir 500 °C e a partir dos 5 minutos de simulação se estabiliza em torno de 410 °C. Numericamente, foi observada uma semelhança no comportamento da temperatura por Tabaksenski (2018) conforme Figura 10.

Figura 10 – Temperaturas dos gases na camada superior do dormitório: Experimental (termopar 08,  $h = 2,4\text{ m}$ ), FDS ( $h = 2,3\text{ m}$ ), OZone (zona quente)



Fonte: Tabaksenski (2018)

Portanto, nesse estudo de caso 01, referente ao incêndio no dormitório, foram analisados os resultados por meio de uma simulação numérica com malha cúbica de 30 cm, totalizando 20.000 elementos.

Ao empregar o tamanho da malha em 30 cm de aresta houve uma readequação da geometria original de forma que os ambientes permanecessem com a área igual ou maior que a área original, isso porque a geometria da edificação deveria conter elementos geométricos com dimensões múltiplas da dimensão da malha para ocupar um elemento inteiro do domínio computacional.

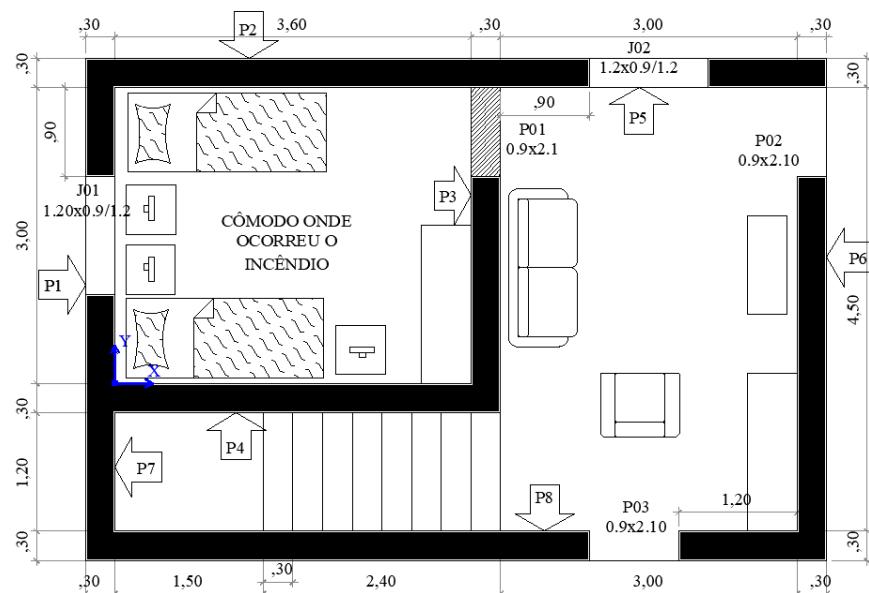
Para o cálculo da fluidodinâmica no *software* o usuário insere o tamanho do domínio e da malha por meio da *namelist* “MESH”, sendo especificado por meio da linha de comando:

```
&MESH IJK=40,25,20, XB=-2.7,9.3,-3.0,4.5,-0.3,5.7 /
```

O domínio estabelecido mede 12,0 m no eixo x, 7,5 m ao longo do eixo y, e 6,0 m ao longo do eixo z, e os itens “XB” indicam o sexteto de coordenadas, e “IJK” a quantidade de segmentos que haverá ao longo de X, Y e Z no domínio, determinando assim a precisão da malha.

A seguir, a geometria desse dormitório:

Figura 11 - Croqui esquemático do pavimento térreo da edificação em que ocorreu o ensaio experimental do dormitório



Fonte: O autor (2021)

Nos extremos máximos dos eixos coordenados X, Y e Z, bem como nos extremos mínimos dos eixos coordenados X e Y, foram abertas as superfícies do domínio (*namelist OPEN VENTS*) de forma que houvesse abertura para o exterior do domínio possibilitando a alimentação do incêndio com o gás oxigênio.

As condições ambientais foram inseridas assim como foi feito por Tabaczenski (2018a, p.15) por meio da *namelist MISC*:

- Temperatura ambiente de 29,50°C;
- Pressão atmosférica ao nível do mar de 101.325,0 Pa;
- Umidade relativa do ar de 80% assim como estava na situação experimental indicado por INMET (2017);
- Velocidade do vento de 3,0 m/s incidindo na edificação, indicado por INMET (2017), com inclinação de 45° com relação ao eixo x.

Para inserir as propriedades térmicas e de combustão dos materiais da estrutura da edificação (paredes, piso, teto) foi tomado por base às indicações da norma ABNT NBR 15220-2 (2005) que são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 1 - Propriedades térmicas dos materiais empregados no modelo

<b>Material</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Condutividade térmica (W/m.K)</b>	<b>Calor específico (kJ/kg.K)</b>	<b>Emissividade</b>
Tijolo cerâmico	1400	0,90	0,92	0,90
Argamassa de Gesso	1200	0,70	0,84	0,90
Argamassa de Cimento	2000	1,15	1,00	0,90
Concreto	2300	1,75	1,00	0,90
Madeira	400(1)	0,12(1)	1,34(1)	0,90

(1) ABNT NBR 15220-2 (2005)

Fonte: O autor (2021)

Esses materiais são declarados no FDS por meio da *namelist MATL ID*, como exemplo a seguir:

```
&MATL ID='TIJOLO', DENSITY=1400.0, CONDUCTIVITY=0.9,
SPECIFIC_HEAT=0.92, EMISSIVITY=0.9 /
```

Da mesma forma são especificados os materiais combustíveis, que por simplicidade, assim como no estudo de Tabacsenski (2018), foi materializada essa carga no ambiente por meio de cubos de madeira de dimensões 30 x 30 x 30 cm.

As propriedades térmicas da madeira, além das que já foram mostradas na tabela anterior, também são declarados os parâmetros de calor de combustão de 17500 kJ/kg, temperatura de ignição de 210°C e taxa de liberação de calor de 225 kW/m<sup>2</sup>.

Assim como Tabaczenski (2018), para estimar a densidade de carga de incêndio existente no dormitório e na sala foi obtido o poder calorífico dos materiais dos objetos contidos nos ambientes da simulação por meio da instrução normativa do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina: CBMSC IN 003 (2014). Com o valor do peso do objeto e estimando o peso correspondente de cada material constituinte obteve-se a energia calorífica do objeto e assim a carga total de energia no ambiente.

Por exemplo, para calcular a carga de incêndio de um sofá sabe-se que ele é composto basicamente por madeira, poliuretano (espuma) e tecido, o peso do móvel foi obtido com base em sites que comercializam o móvel. Em seguida estimou-se o peso de cada material constituinte e multiplicando pelo poder calorífico obteve-se a energia total:

Tabela 2 - Cálculo da Energia calorífica de um objeto do modelo

Móvel / Objeto	Material constituinte	Peso estimado (kg)	Poder calorífico (MJ/kg)	Energia calorífica (MJ)
Sofá	Madeira	28,0	21	588
	Poliuretano (espuma)	4,0	43	172
	Tecido	3,0	21	63
Total:				823

Fonte: O autor (2021)

Em seguida, o volume necessário desse material na simulação foi obtido pela expressão:

$$\text{Volume} = \text{Energia calorífica do objeto} / (\text{Densidade da madeira} \times \text{Potencial calorífico da madeira})$$

E ao dividir esse volume pelo volume de um cubo de 30 cm de aresta obteve a quantidade de cubos a serem modelados para representar a carga daquele objeto por meio da *namelist* OBST, especificando as propriedades do material pela *namelist* SURF.

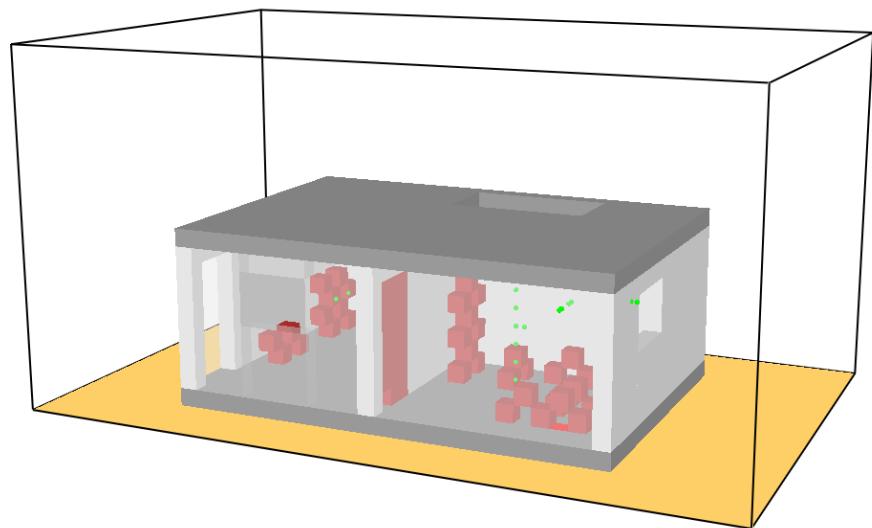
A ignição é dada pela inserção de uma superfície queimadora localizada abaixo dos cubos que representam a cama beliche assim como foi feito no experimento. Esse queimador foi colocado apenas para dar início ao incêndio sendo desativado aos 150 segundos.

Foram declarados também ao programa termopares nas paredes 01, 02, 03 e 06, assim como uma linha de termopares no centro do dormitório espaçados a cada 30 cm conforme estudos de Corrêa *et al.* (2017).

No estudo de Tabaczenski (2018) foi considerado carga de incêndio apenas no ambiente do quarto. Para essa pesquisa, foi simulada a situação em que existe carga de incêndio no compartimento ao lado, como representado na Figura 1, e entre eles existe uma porta feita de madeira com densidade menor do que a densidade empregada na carga de incêndio. As características da madeira da porta obtidas na ABNT NBR 15220-2 (2005) são mostradas na Tabela 1.

Ressalta-se que a porta foi modelada de forma que existisse uma pequena passagem de gás entre os ambientes para representar que não ocorre vedação entre os compartimentos.

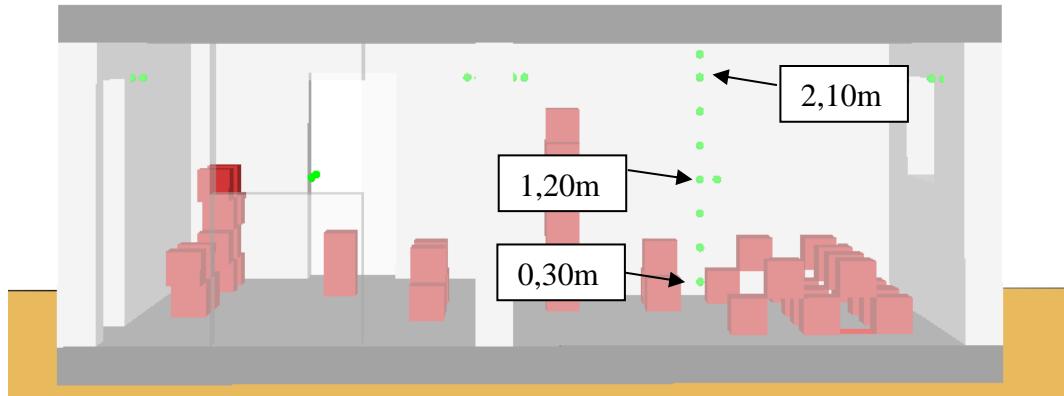
Figura 12 - Modelagem de pavimento térreo com a porta 01 fechada



Fonte: O autor (2021)

O modelo desenvolvido não contempla os ciclos de combustão e exaustão como no ensaio experimental e isso interfere no desenvolvimento e comportamento das temperaturas e gases no dormitório. Por esse motivo não são observados os ciclos de aumento e diminuição das temperaturas dos gases no ambiente. Para obtenção da temperatura dentro dos ambientes, foram locados termopares conforme esquema a seguir:

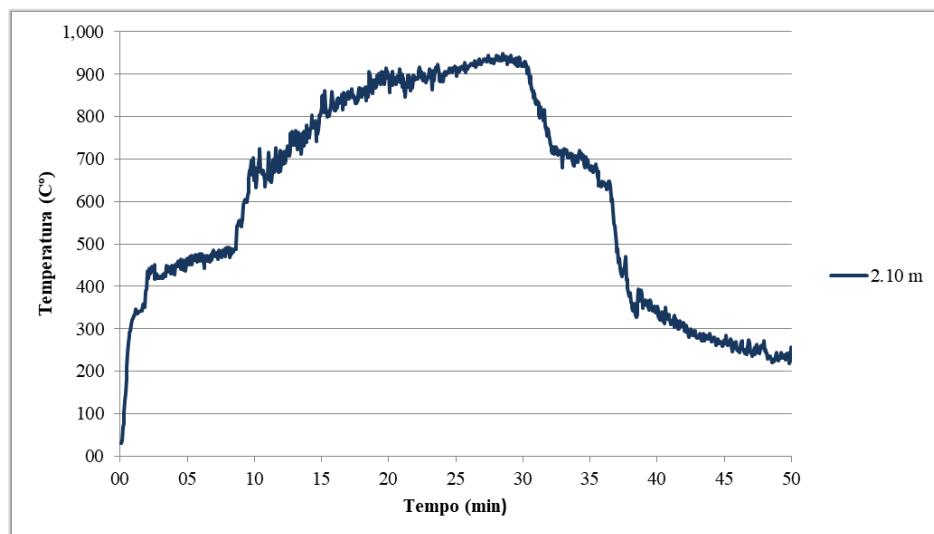
Figura 13 – Localização dos termopares



Fonte: O autor (2021)

A Figura 14 mostra gráfico de temperatura obtido pelo termopar situado a 2,10 m de altura no centro do dormitório, tendo sido considerada a taxa de liberação de calor de 225 kW/m<sup>2</sup>:

Figura 14 - Temperatura dos gases na camada superior do dormitório



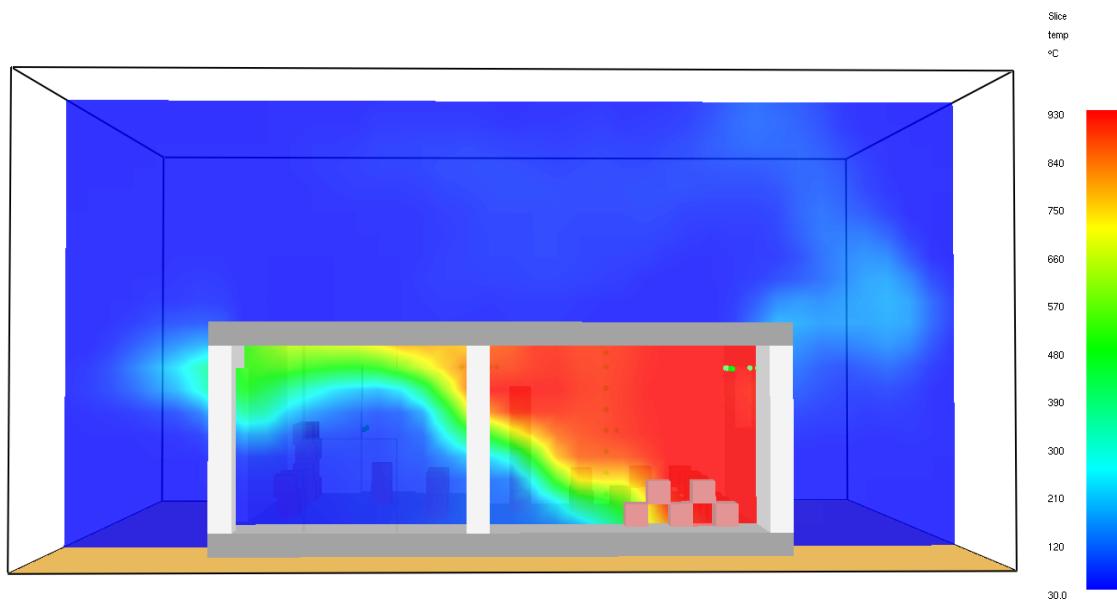
Fonte: O autor (2021)

É possível observar que até o tempo de 2 minutos ocorre um crescimento gradual e tende a estabilizar até o tempo de 9,6 minutos, momento esse em que a porta começa a entrar em ignição. A partir desse momento volta a aumentar a temperatura, pois além da combustão

rápida da porta aumenta a abertura para o cômodo da sala dando início a propagação do incêndio para o outro cômodo e aumenta a concentração de gases quentes atingindo o pico de temperatura como demonstrado na Figura 15.

Ao atingir a temperatura de 500 °C, sérios danos podem ser causados a estrutura a depender do tempo de exposição e do material que a compõe. Quando submetidas a altas temperaturas estruturas sofrem alterações na micro e macroestrutura, ocasionando redução de resistência e de rigidez podendo levar ao colapso estrutural. Estruturas de aço resistiriam por menos tempo exposta à elevadas temperaturas, se comparado a estrutura de concreto armado, porém o *spalling* – fenômeno de lascamento do concreto em altas temperaturas – pode reduzir essa resistência ao fogo (VARGAS et al. 2003).

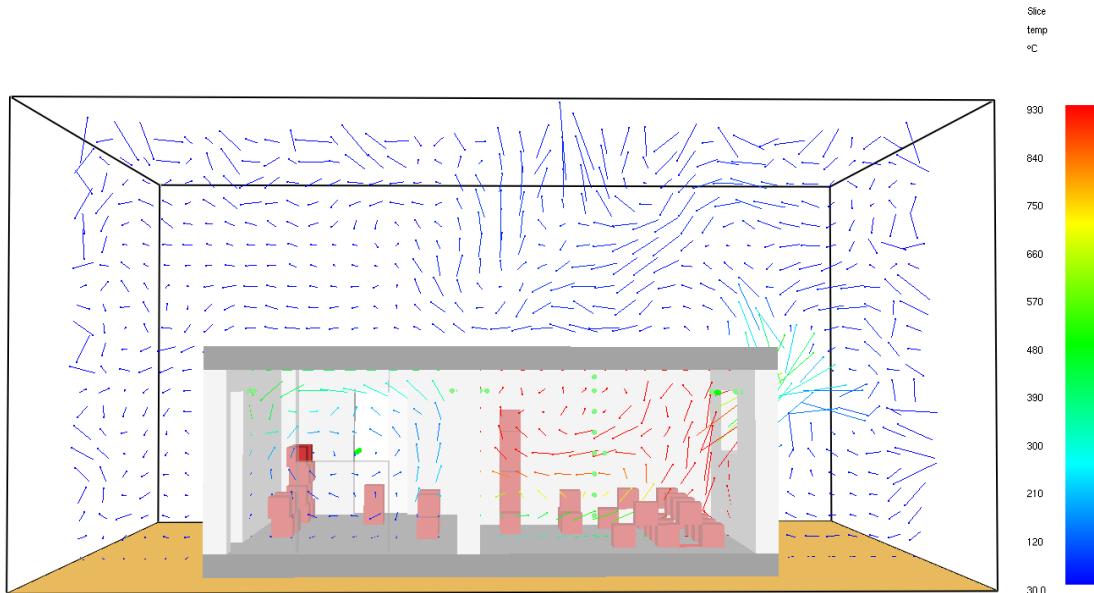
Figura 15 - Perfil de temperaturas dos gases passando pelo eixo da porta aos 27 minutos



Fonte: O autor (2021)

A Figura 16 a seguir indica a direção do fluxo dos gases aos vinte e sete minutos de simulação computacional.

Figura 16 - Perfil de gradiente de temperaturas dos gases passando pelo eixo da porta aos 27 minutos

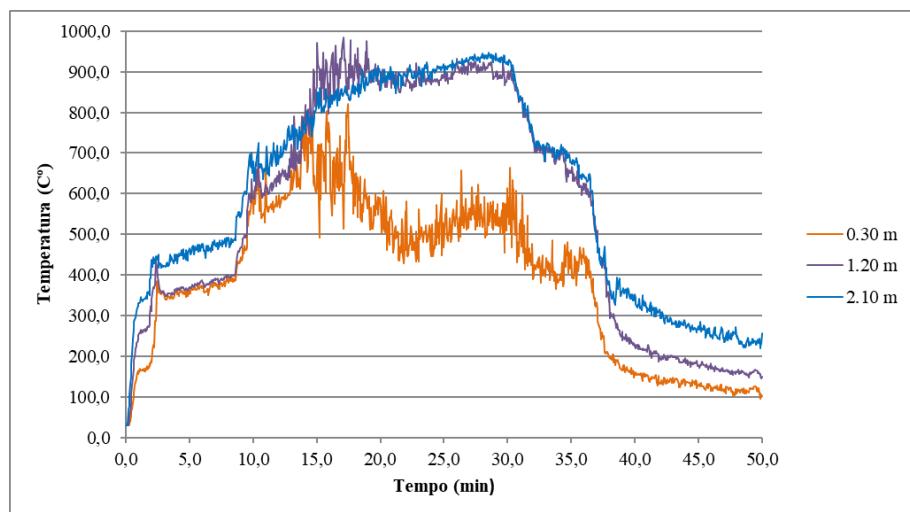


Fonte: O autor (2021)

Por meio desse perfil de temperaturas no plano XZ observa-se o gradiente de temperaturas decorrente da convecção dos gases no instante que é registrado o pico de temperatura. Constatava-se que as temperaturas mais elevadas na região mais próxima ao teto do ambiente e a entrada de gases mais frios em cotas mais baixa na porta 01.

A Figura 17 mostra o perfil de temperaturas ao longo da simulação medido pela linha de termopares situados no centro do dormitório:

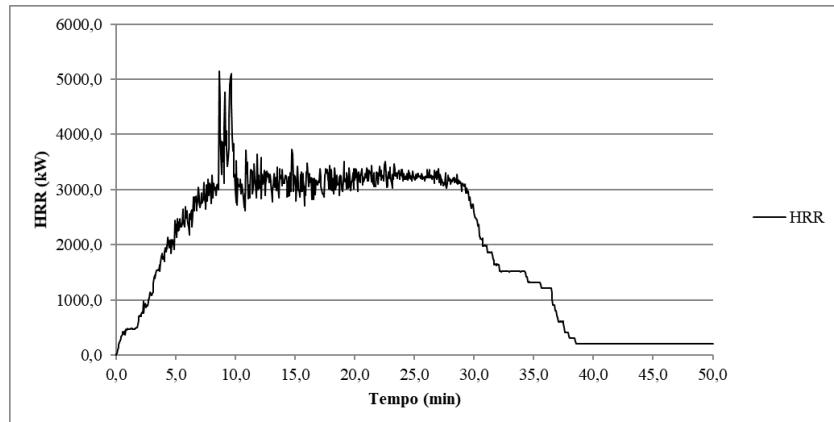
Figura 17 - Perfil de temperaturas dos gases medidos no centro do dormitório



Fonte: O autor (2021)

A taxa de liberação de calor (*Heat Realise Rate - HRR*) é a quantidade de energia liberada por unidade de tempo. No gráfico de HRR gerado pelo FDS pode-se notar o que é observado graficamente no arquivo smokview:

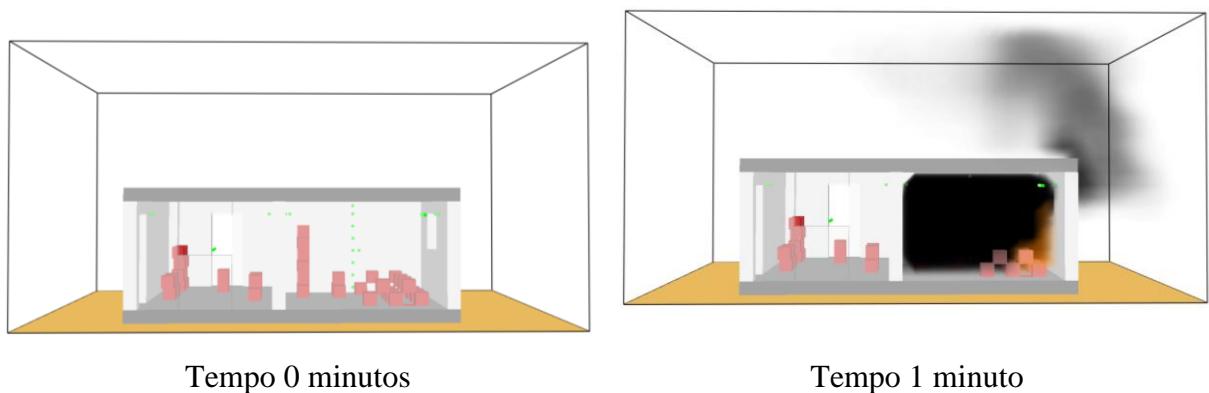
Figura 18 - Taxa de liberação de calor (HRR)

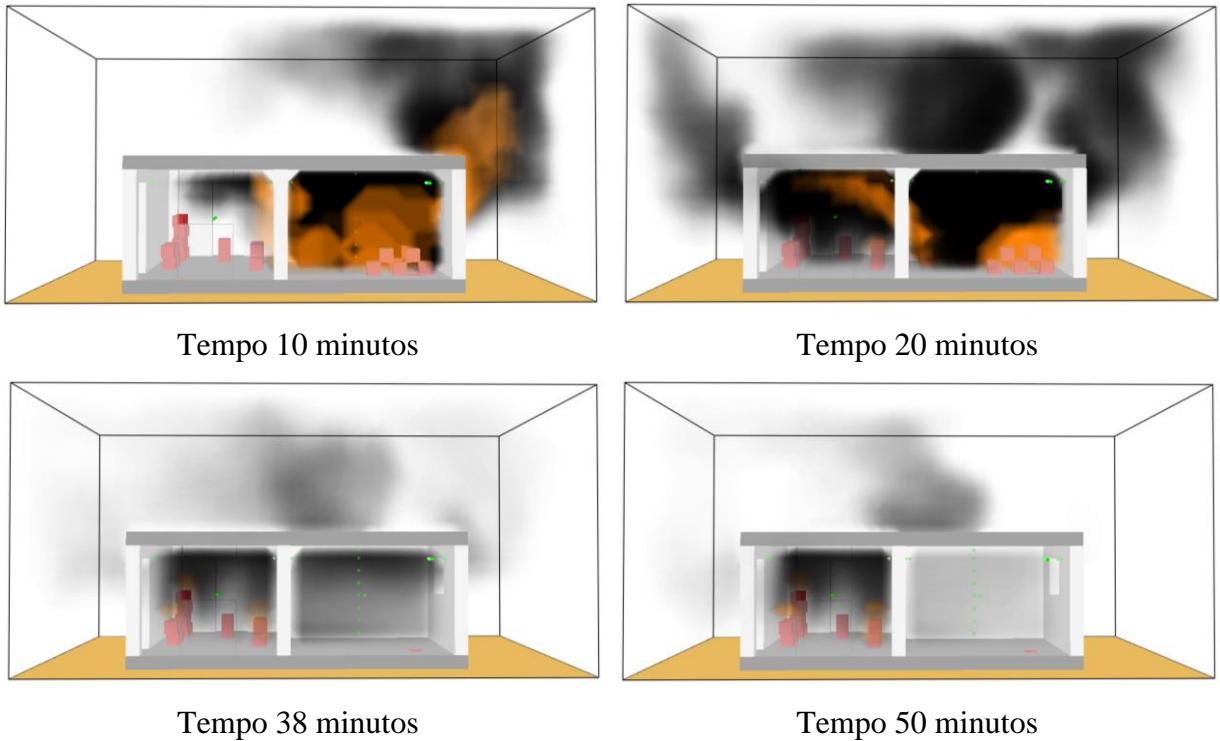


Fonte: O autor (2021)

Ocorre até os 9,6 minutos o período de crescimento. Aos 9,6 minutos ocorre o primeiro pico no gráfico que é o momento em que a porta de madeira é consumida mais rapidamente do que as demais cargas de incêndio, e como a passagem de gás entre sala e quarto aumenta, o incêndio se propaga para a sala aos 10 minutos da simulação. Dos 10 aos 27 minutos, aproximadamente, estaciona na taxa inicialmente fixada em 3000,00 kW, e depois ocorre o arrefecimento, mantendo-se constante a partir de 40 minutos até o fim da simulação.

Figura 19 - Propagação de incêndio e fumaça no pavimento



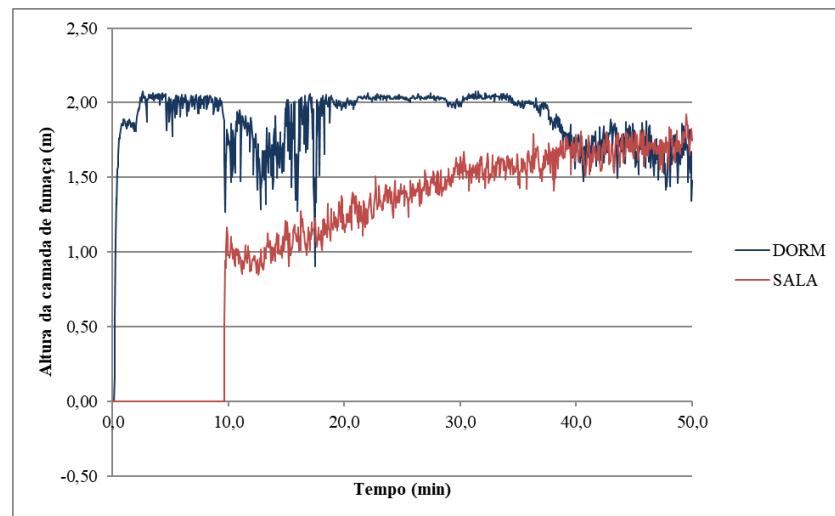


Fonte: O autor (2021)

De acordo com a sequência de imagens da simulação pode-se notar que aos 38 minutos toda a carga de incêndio do dormitório foi consumida, e mesmo atingindo os 50 minutos de simulação ainda existem cargas em combustão na sala.

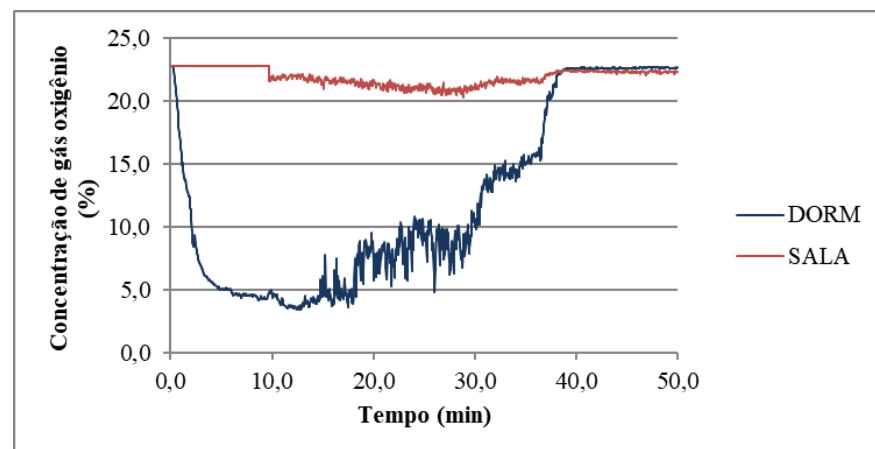
Na Figura 20 a altura da camada de fumaça na sala decresce exatamente quando a do quarto aumenta e ambos gráficos tendem a convergir devido a dissipação da fumaça nos ambientes. Na Figura 21 a concentração de gás oxigênio quase não decresce na sala, mesmo após a combustão da porta, pois a quantidade de aberturas na sala é bem maior do que no dormitório. O mesmo pode ser observado quanto à concentração de dióxido de carbono na Figura 22.

Figura 20 - Altura da camada de fumaça nos ambientes



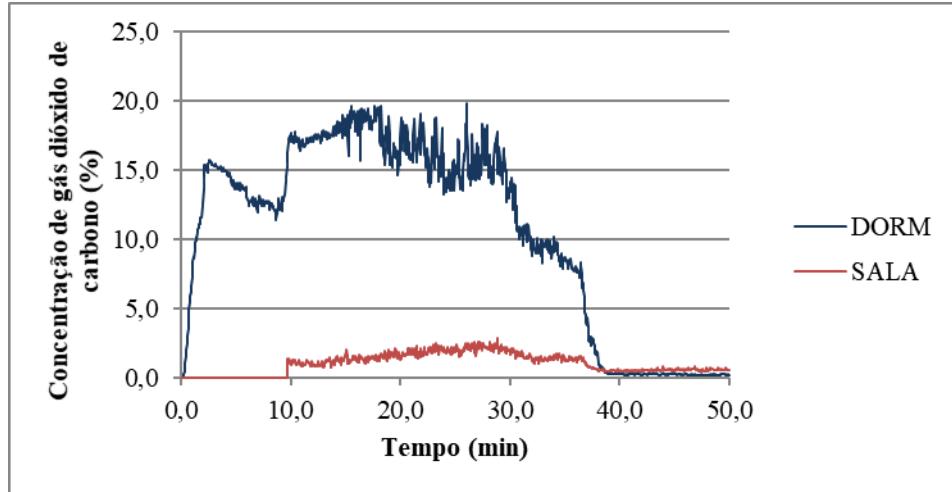
Fonte: O autor (2021)

Figura 21 - Concentração de gás oxigênio medido nos cômodos



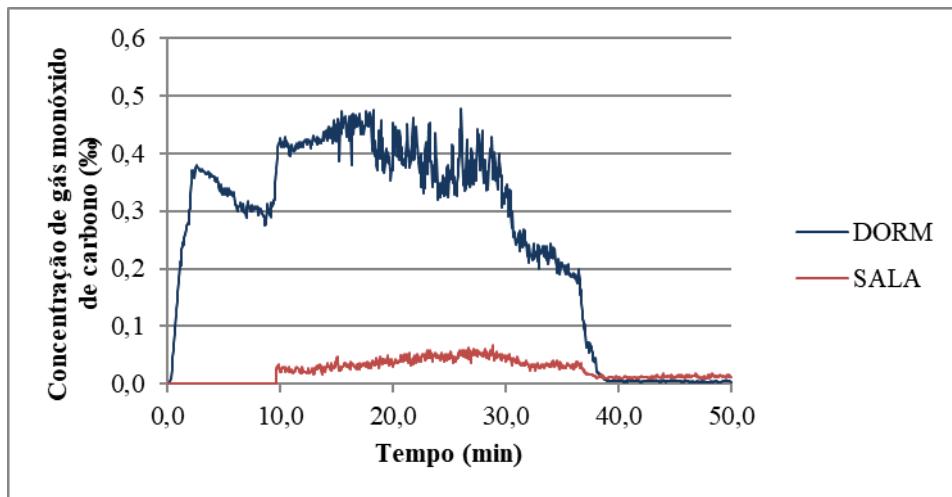
Fonte: O autor (2021)

Figura 22 - Concentração de gás dióxido de carbono medido nos cômodos



Fonte: O autor (2021)

Figura 23 - Concentração de gás monóxido de carbono medido nos cômodos



Fonte: O autor (2021)

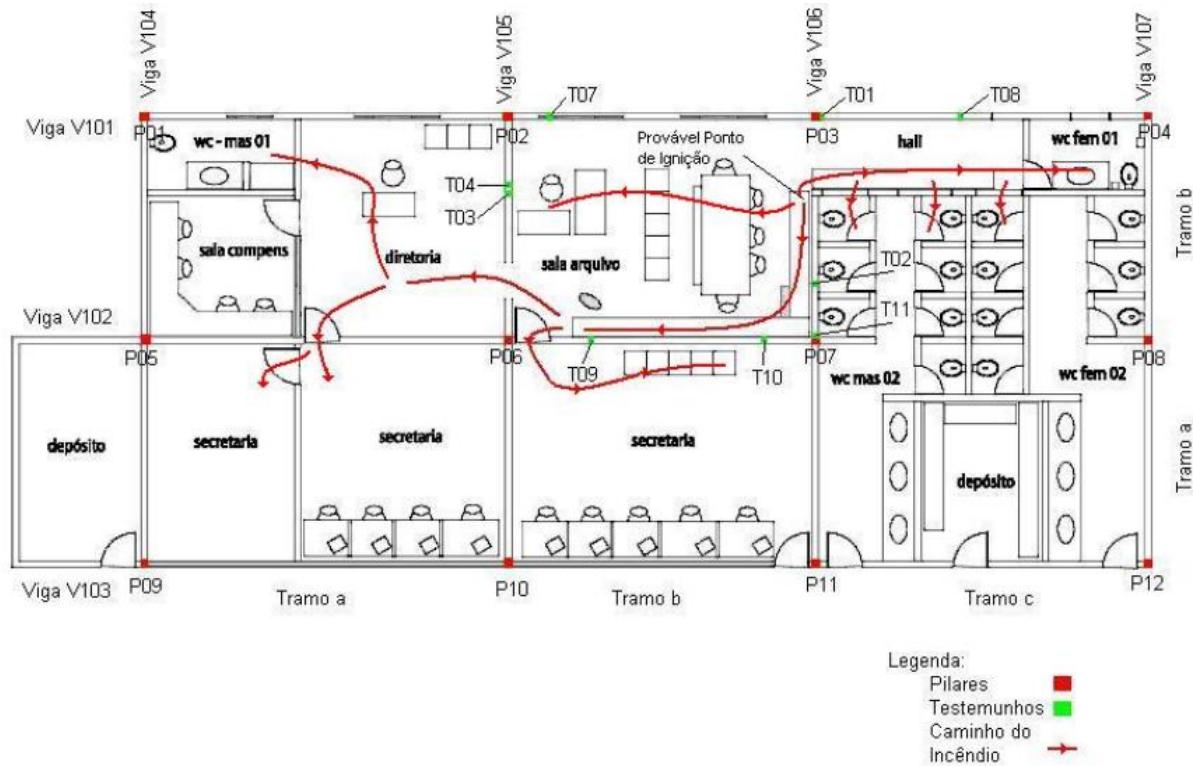
De acordo com Affonso (2006), o percentual de concentração de gás monóxido de carbono começa a afetar o ser humano com sintomas de dores de cabeça a partir de 0,02%, e de acordo com a simulação no FDS demonstrado na Figura 23, a concentração máxima desse gás atinge 0,46%, o que seria relevante ao ser inalado por via respiratória. Entretanto, é importante a realização de testes experimentais para validação e calibração desse item da simulação numérica.

Ainda de acordo com Affonso (2006), a ventilação interfere diretamente nesse percentual de concentração do gás no ambiente, ou seja, quanto mais ventilado menor a concentração desse gás.

### 3.2 Estudo de caso 02

Neste estudo de caso a análise foi feita com base na pesquisa realizada por Oliveira (2006), na qual foi observado a gestão de risco de incêndios por meio da análise do impacto do incêndio em estrutura de concreto armado. Trata-se do incêndio ocorrido em setembro de 2005 em uma instituição de ensino superior situada no município de Arcoverde. O trecho da planta abaixo diz respeito a uma parte da construção que foi mais afetada pelo sinistro e apresenta o provável caminho que a fumaça se propagou nos ambientes afetados.

Figura 24 - Croqui do setor afetado por incêndio



Fonte: Oliveira (2006)

De acordo com o depoimento dos funcionários não teve como detectar o momento em que iniciou o incêndio, porém foi detectado por volta das 5:45 am, quando ocorria a troca de turno dos seguranças. No momento em que foi identificado o incêndio os funcionários

observaram fumaça na saída do hall e barulho de vidro estilhaçando, além disso, a sala de arquivo estava envolta em chamas. Vale ressaltar que a cidade está localizada a 70 km do posto do corpo de bombeiro mais próximo chegando ao local apenas 2 horas após receber notificação (OLIVEIRA, 2006).

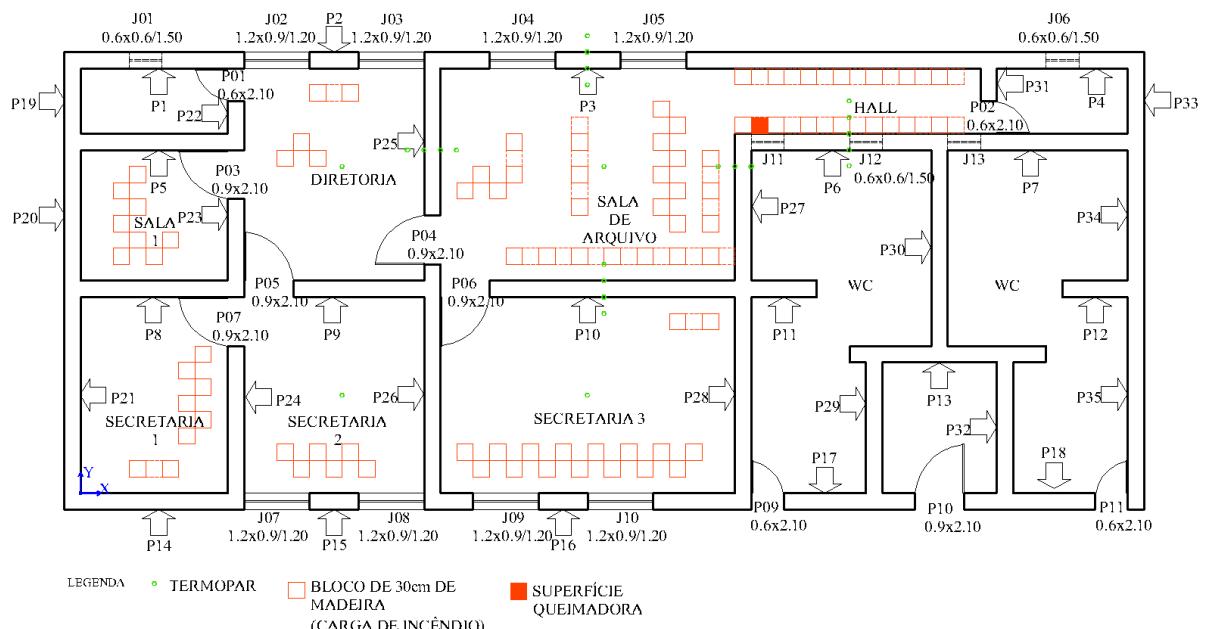
Logo, a simulação computacional foi considerada em um intervalo de 7200 seg (2 horas de duração do incêndio sem a intervenção do corpo de bombeiros).

Assim como no estudo de caso 01, a modelagem se deu em uma malha cúbica de 30 cm de aresta, e o domínio com dimensões de 25,8 m no eixo x, 15m no eixo y e 6m no eixo z, totalizando 86.000 elementos.

Dada a complexidade de modelar a carga de incêndio nas dimensões reais, por simplicidade optou-se por converter a carga de material combustível presente nos ambientes em cubos de madeiras dispostos de forma que ficasse o mais próximo da realidade, assim como foi feito no caso 01.

Vale ressaltar que o local em que iniciou o incêndio (hall) estava sendo usado como espaço para acondicionamento de arquivos de papel, sendo a carga estimada nesse local de 4032 MJ de energia calorífica.

Figura 25 - Croqui esquemático do trecho modelado no FDS



Fonte: O autor (2021)

As condições ambientais foram inseridas por meio da namelist MISC:

- Temperatura ambiente de 25 °C;

- Pressão atmosférica ao nível do mar de 101.325,0 Pa;
- Umidade relativa do ar de 80%.

Assim como no caso 01, foi declarado:

- A reação gasosa da madeira considerada para modelar a carga de incêndio;
- O domínio aberto para que houvesse troca gasosa;
- Todos os materiais incombustíveis e combustíveis;
- A superfície queimadora por meio da *namelist* VENT situada no hall, onde iniciou o incêndio.

Todas as aberturas de portas permaneceram abertas e foram declarados apenas fechadas as portas 09, 10 e 11 com material combustível. Além disso, todas as janelas foram fechadas com material de vidro incolor declarado pela *namelist* OBST com as características térmicas do vidro obtidas na norma ABNT NBR 15220-2 (2005) conforme Tabela 1.

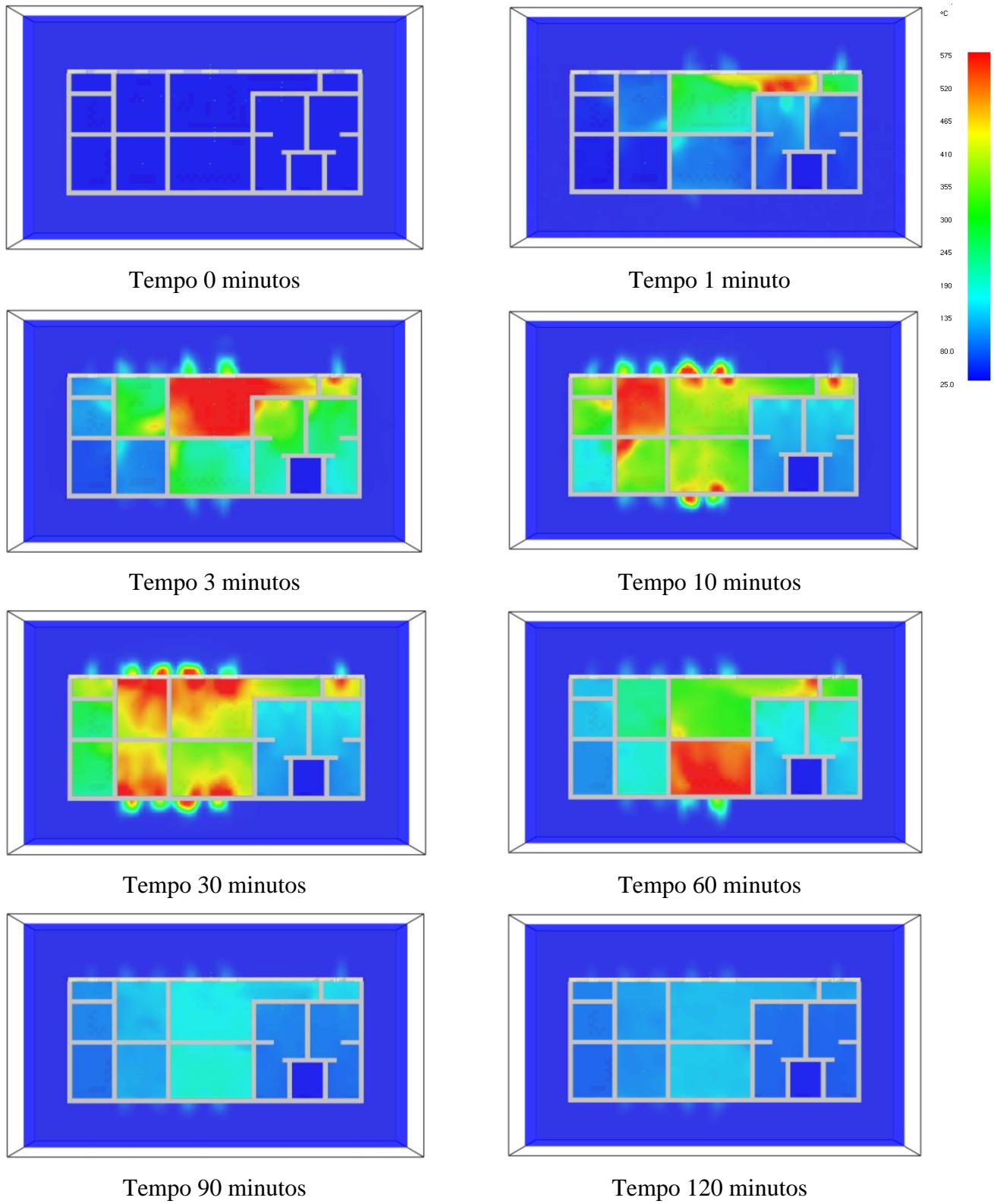
O vidro comum possui baixa condutividade térmica, logo ao ser aquecido em uma superfície são geradas tensões internas devido à dilatação térmica, logo, o vidro ao ser exposto a elevadas temperaturas promove a ruptura térmica. A dilatação depende da composição química do vidro, mas para vidros sodo-cálcico com espessura de 4 mm, suportam até 60 °C de variação de temperatura (GUEDES, 2007).

Para que ficasse o mais próximo da realidade possível, próximo de cada uma das janelas internamente a edificação, foi declarado um termopar de forma que ao registrar 85 °C a janela seria aberta. Isso devido ao fato de o ambiente ter sido declarado com 25 °C e quando ocorresse a variação de 60 °C de temperatura no vidro o ambiente internamente estaria registrando 85 °C, ou seja, 60 °C a mais que no ambiente externo, promovendo a ruptura térmica do vidro, conforme linha de comando a seguir:

```
&OBST      XB=0.9,1.5,      7.8,8.1,      1.5,2.1,      SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE',TRANSPARENCY=0.2, DEVC_ID='temp_quebra-termica01' /
&DEVC  XYZ=1.2,7.8,1.8, ID ='temp_quebra-termica01', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
```

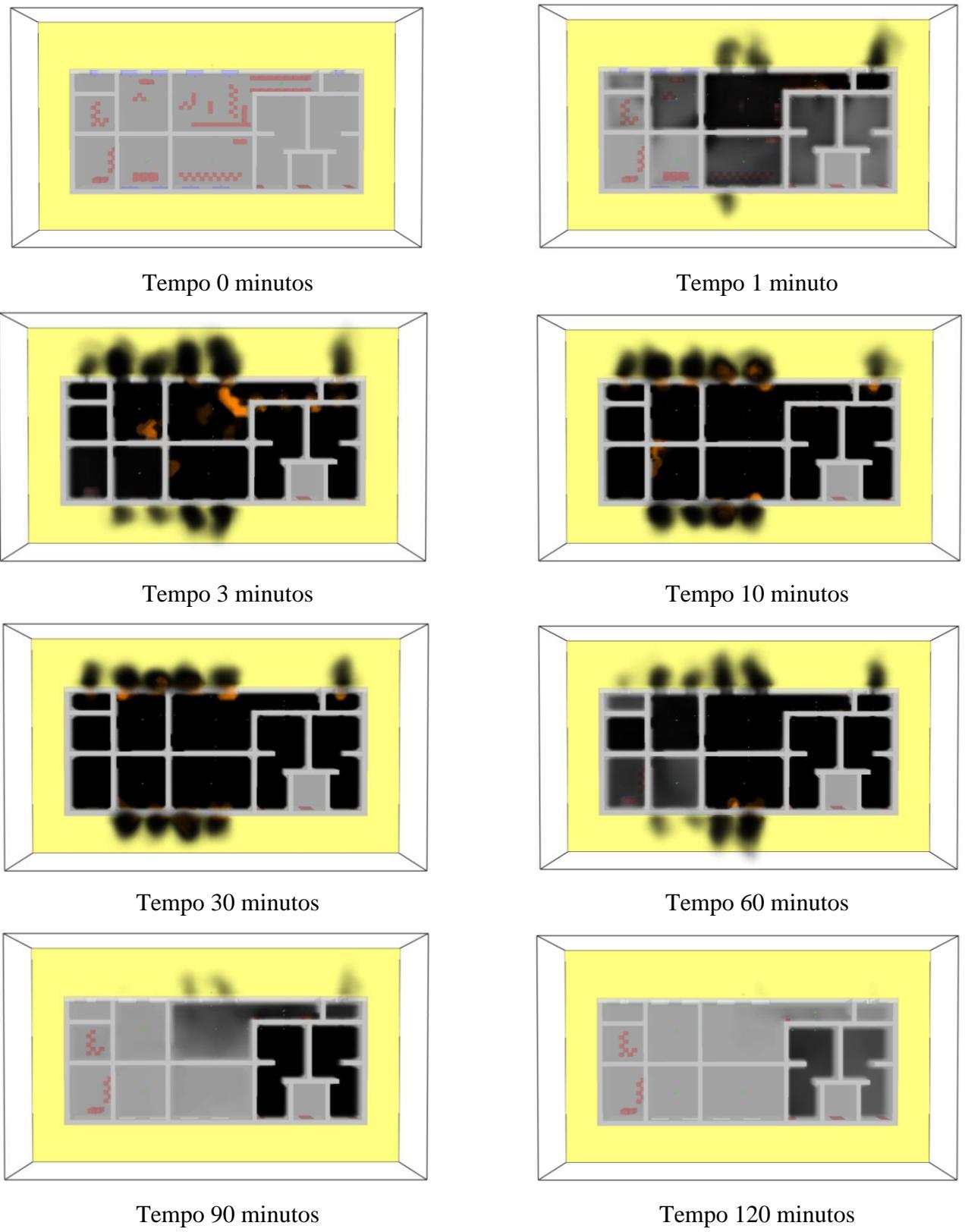
A seguir uma sequência de imagens que mostram a propagação do incêndio:

Figura 26 - Propagação de incêndio por meio de gradiente de temperatura na camada superior ( $h=2,4m$ )



Fonte: O autor (2021)

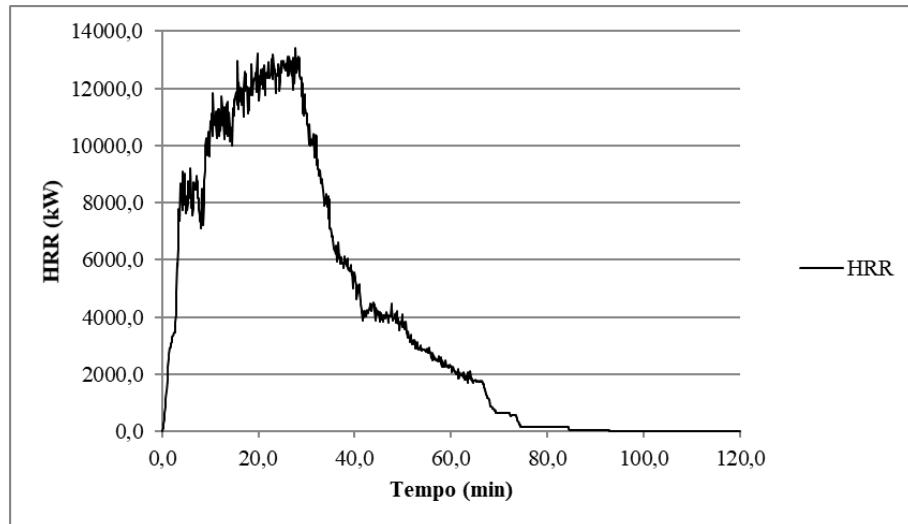
Figura 27 - Propagação de incêndio e fumaça



Fonte: O autor (2021)

Na Figura 28 é observada a quantidade de energia liberada por unidade de tempo de forma que a área sob o gráfico representa a carga combustível que foi consumida pelo fogo, visto que a taxa de liberação de calor refere-se ao domínio inteiro.

Figura 28 - Taxa de liberação de calor (HRR)



Fonte: O autor (2021)

Assim como a Figura 29, observa-se que aos 93 minutos a HRR é zero e já não há mais carga em combustão.

Figura 29 - Instantes inicial e final da combustão



Tempo 0 minutos

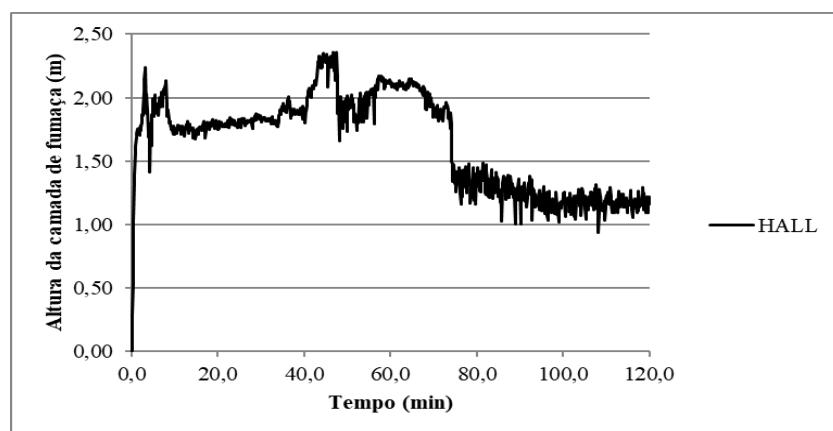


Tempo 93 minutos

Fonte: O autor (2021)

Verifica-se também na Figura 29 que apesar de atingir a temperatura de ignição da madeira de 210 °C aos 30 minutos, o incêndio não consumiu os blocos de madeira situados nas salas de secretaria 1 e sala 1 conforme indicado na Figura 25, sendo essas áreas afetadas principalmente pela incidência de fumaça, o que de fato ocorreu de acordo com depoimentos. Esse resultado é facilmente explicável devido ao fato desses dois ambientes não possuírem aberturas de janelas para o exterior, desfavorecendo a entrada de oxigênio para alimentar a combustão da carga de incêndio presente nesses ambientes.

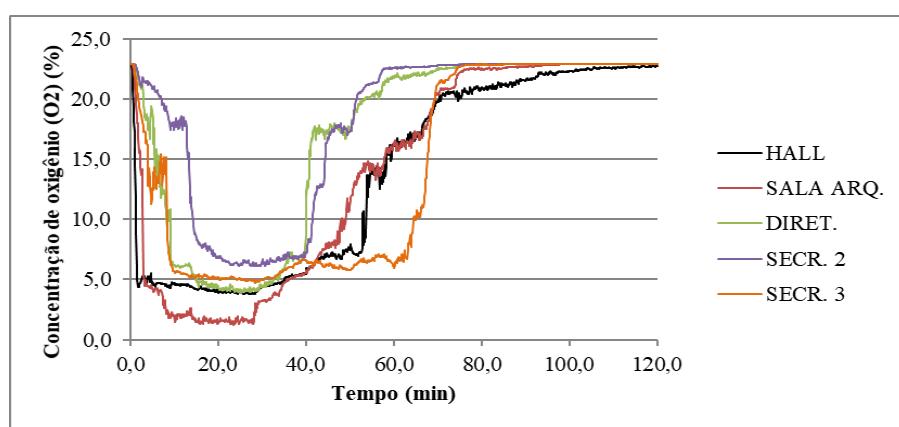
Figura 30 - Altura da camada de fumaça no hall



Fonte: O autor (2021)

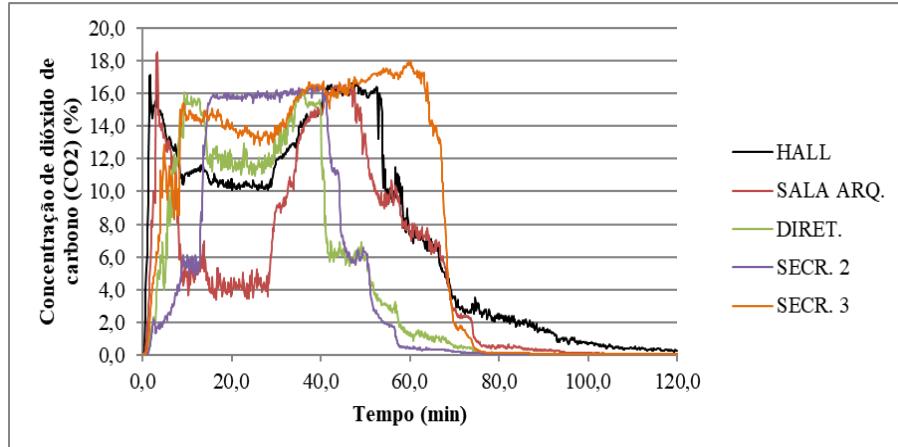
Pode-se observar pela Figura 30 que a fumaça rapidamente toma conta do hall, entretanto ocorre uma oscilação devido ao instante que são abertas as janelas presentes no corredor.

Figura 31 - Concentração do gás oxigênio medidos nos ambientes



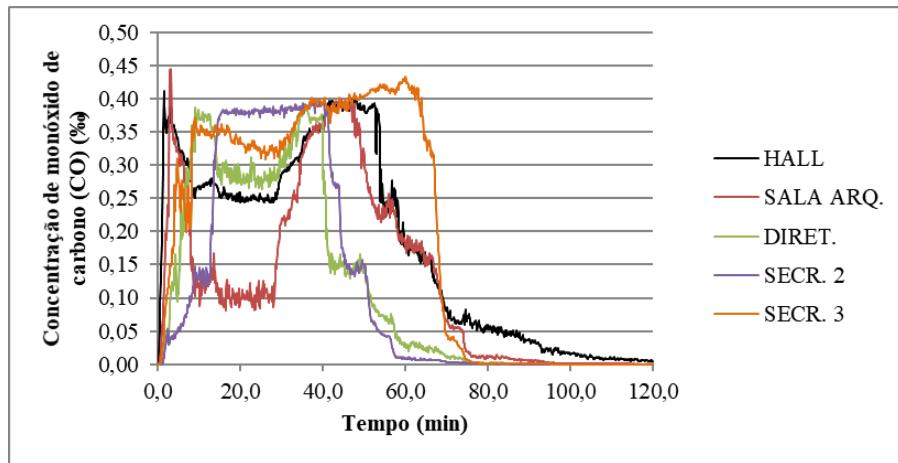
Fonte: O autor (2021)

Figura 32 - Concentração do gás dióxido de carbono medido nos ambientes



Fonte: O autor (2021)

Figura 33 - Concentração do gás monóxido de carbono medido nos ambientes



Fonte: O autor (2021)

Assim como no caso 01 pode-se observar que o ambiente com maior ventilação proporciona menores condições para concentração acentuada de gás, como observado na Figura 33 o ambiente que mais concentrou monóxido de carbono foi a secretaria 3 (SECR. 3) por possuir menor quantidade de aberturas em relação a área do ambiente. A mesma conclusão pode ser verificada na Figura 32.

## 4 CONCLUSÕES

Diante das atividades desenvolvidas foram alcançados os objetivos:

- O desenvolvimento do manual de uso do *software* FDS que auxilie na criação de cenários de incêndio;
- O estudo de caso do incêndio no dormitório alcançou resultados favoráveis ao comparar com os resultados de Tabaksenski (2018), proporcionando parâmetros confiáveis para realização do estudo do incêndio numa edificação escolar através de uma análise numérica no FDS;
- Os resultados para os cenários de incêndio no dormitório e na edificação escolar, observando parâmetros básicos ao estudo de SCIE: temperaturas atingidas, concentração de gases tóxicos à saúde humana, propagação do incêndio a partir da compartimentação, grau de ventilação, índice de abertura e materiais presentes nos ambientes.

Esse trabalho apresentou a análise de dois cenários de incêndios através do software FDS. Algumas observações são pertinentes com relação aos resultados obtidos das simulações:

- O tempo cronológico de simulação do estudo de caso do incêndio no dormitório foi de 01 hora, 53 minutos e 20 segundos, e do estudo de caso do incêndio na edificação escolar foi de 19 horas, 27 minutos e 06 segundos. Dessa forma, observou-se que o tempo excessivo necessário para simular numericamente um cenário de incêndio pode dificultar a utilização do *software* FDS;
- As concentrações de gases geradas pelo FDS permitem analisar a influência das aberturas nos ambientes para dissipação da fumaça, entretanto, para validação dos resultados das concentrações de gases monóxido e dióxido de carbono, encontrados nos estudos de caso 01 e 02, são necessários testes experimentais;
- A quantidade de aberturas para dissipação de gases tóxicos como o monóxido de carbono traz benefícios, porém quanto maior a taxa de aberturas maior será a retroalimentação do incêndio.
- O *software* permite a análise de temperaturas, concentrações de gases e fumaça, avaliar a propagação do incêndio, além de representar em detalhes o ambiente do cenário de incêndio.

Especificamente em relação ao estudo de caso 01 conclui-se que:

- O incêndio com a porta em material combustível mostra claramente como o grau de ventilação interfere diretamente na dinâmica do incêndio, dado que ao ser consumida a porta 01 o gráfico de temperatura dos gases na altura 2,10 m apresenta um crescimento gradual devido a própria energia proveniente da combustão da porta, bem como o aumento da taxa de abertura para o ambiente externo, retroalimentando o incêndio dentro do dormitório.

Acerca da simulação numérica de incêndio na edificação escolar, são pertinentes conclusões:

- Ao fim da simulação foi observada a preservação da carga combustível nas salas denominadas secretaria 1 e sala 1 e sendo essas áreas afetadas principalmente pela incidência de fumaça. Esse resultado da simulação converge com os depoimentos da época, o que confirma a eficiência do uso do *software* se os dados da simulação forem corretamente calibrados e configurada a dinâmica do incêndio da forma mais próxima possível da realidade. Entende-se que a dentre as configurações da simulação, a quebra do vidro diante de variação de temperatura interferiu para esse resultado mais assertivo.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2005.
- BRAGA, G. C. B. & LANDIM, H. R. O. Investigação de Incêndio. In: SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA, V. P. – **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, p.333-345, 2008.
- CADORIN, J. F.; PINTEA, D.; FRANSSEN, J. M. **The Design Fire Tool OZone V2.0 - Theoretical Description and Validation On Experimental Fire Tests**. 1rst DRAFT, University of Liege, Belgium, 11th of June 2001.
- CORRÊA, C.; SILVA, J. J. R.; OLIVEIRA, T. A. C. P.; BRAGA, G. C. Mapeamento de Incêndios em Edificações: um estudo de caso na cidade do Recife. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo / RS (Brasil), v.2 n.3, p. 15-34, 2015. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/1115/763>>. Acesso em: 25 jun. 2019.
- CORRÊA, C.; BRAGA, G. C.; JUNIOR, J. B.; SILVA, J. J. R.; TABACZENSKI, R.; PIRES, T. A. Incêndio em comportamento de residência na Cidade do Recife: Um estudo experimental. **Revista ALCONPAT**, Mérida/Yucatán (México), v.7 n.3, p. 215-230, 2017. Disponível em: <<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/221/273>>. Acessado em: 01 nov. 2021.
- COSTA, C. N. & SILVA, V. P. **Revisão histórica das curvas padronizadas de incêndio**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU'2006 – Inovações Tecnológicas e Sustentabilidade, Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP (Brasil), 2006.
- CUNHA, L. J. B. F. **O desempenho da compartimentação horizontal seletiva na promoção da segurança contra incêndio em edificações**. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN (Brasil), 237 p., 2016. 122. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/21137>>. Acessado em: 11 ago. 2021.
- DEL CARLO, U. A segurança contra incêndio no mundo. In: SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; DEL CARLO, U.; SILVA, V. P. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo/SP (Brasil): Projeto Editora, p.1-7, 2008.
- DE LIMA, P.Y.C.C.; HORMAN, A.; MARINHO, T. **Sistema de proteção contra vazamento de gás inflamável e acumulo de fumaça em ambientes fechados**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza/CE (Brasil), ano 2019, Nº. 000159. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/node/7613>>. Acesso em: 05 jul. 2019.
- DUARTE, R. B. Código e Normas de Segurança contra Incêndio. **Segurança Contra Incêndio – Recomendações**, Espírito Santo (Brasil), p. 8-22, set 2008. Disponível em: <<https://fundabom.org.br/wp-content/uploads/2019/02/Livro-SCIER.pdf>>. Acesso em 20 mai. 2019.

**GUEDES, S. Efeitos da Têmpera Térmica e Química em um Dielétrico de Vidro.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. São Paulo. dez. 2007. Disponível em: <[http://cassiopea.upt.br/teses/2007\\_PI\\_Silvano\\_Guedes.pdf](http://cassiopea.upt.br/teses/2007_PI_Silvano_Guedes.pdf)>. Acesso em: 22 jul. 2019.

**GOUVEIA, A. M. C. Introdução à engenharia de incêndio: para estudantes, arquitetos, engenheiros, administradores e bombeiros.** Belo Horizonte/MG (Brasil): 3i Editora, 230 p., 2017.

**INTERNATIONAL STANDARD – ISO 834-1: Fire-resistance tests - Elements of building construction. Part 1: General requirements.** Suíça, 1999.

McGRATTAN, K.; HOSTIKKA, S.; McDERMOTT, R.; FLOYD, J.; WEINSCHENK, C.; OVERHOLT, K. **Fire Dynamics Simulator – User's Guide.** NIST Special Publication 1019 Sixth Edition, Gaithersburg, Maryland, (EUA), (FDS Version 6.5.3), 18 jan. 2017a. Disponível em: <<https://github.com/firemodels/fds/releases>>. Acessado em: 20 abr. 2019.

**NORMA PORTUGUESA – NP EN 1991-1-2: Acções em estruturas Parte 1-2: Acções gerais. Acções em estruturas expostas ao fogo.** Caparica (Portugal), 2010.

SÁ, R. T.; PLENS, D. P.; OLIVEIRA, E. F.; PIRES, T. A. C.; SILVA, J. J. R. **Considerações sobre o tamanho da malha em simulações com o Fire Dynamics Simulator.** In: 5º Congresso Ibero-Latino-Americano em Segurança Contra Incêndios (5º CILASCI), p. 661-671, 2019.

SCHEER, S. & BARANOSKI, E. L. **A utilização de simuladores de incêndio como ferramenta auxiliar para o desenvolvimento de projetos de arquitetura e de prevenção de incêndio.** In: VII WBGPCE 2007, Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Curitiba, Brasil, 2007.

TABACZENSKI, R. **Simulação numérica de incêndios em edificações.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE (Brasil), 2018.

TABACZENSKI, R.; CORRÊA, C.; PIRES, T. A. C.; SILVA, J. J. R. **Simulação numérica e experimento de incêndio em dormitório residencial.** Revista ALCONPAT, 9(1), pp. 15-30. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i1.315>>. Acesso em jan 2019.

TEIXEIRA, C. M.; RODRIGUES, J. P. C.; BARATA, P.; PIRES, T. A. C. – **Experimental and Numerical Simulations of a natural Fire in a Compartment.** In: 15th ICEM15, International Conference on Experimental Mechanics, Porto (Portugal), 2012.

OLIVEIRA, T. **Gerenciamento de riscos de incêndio: avaliação do impacto em estruturas de concreto armado através de uma análise experimental de vigas isostáticas.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco. Recipe/PE, 2006.

VARGAS, M. R.; SILVA, V. P. **Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço.** Instituto Brasileiro de Siderurgia - IBS / Centro Brasileiro da Construção em Aço - CBCA, Rio de Janeiro, 2003.

## APÊNDICE A – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DESENVOLVIDA NO FDS RELATIVO AO ESTUDO DE CASO 01

A seguir é apresentado o arquivo de entrada desenvolvido para a simulação no *software* FDS referente ao cenário do estudo de caso 01, sendo este cenário uma adaptação do estudo de caso desenvolvido por Tabaczenski (2018).

```

&HEAD CHID='DORMITORIO_RECIFE_CPM_R01',
TITLE='DORMITORIO_RECIFE_CPM_R01'
-----
DEFINIÇÃO DA MALHA (30 cm):
&MESH IJK=40,25,20, XB=-2.7,9.3,-3.0,4.5,-0.3,5.7 /
-----
DEFINIÇÃO DO TEMPO DE SIMULAÇÃO (EM SEGUNDOS):
&TIME T_END=3000.0 /
&DUMP DT_RESTART=10.0 / cria arquivos de restart a cada 10 s de
simulação
-----
PARÂMETROS INICIAIS DO AMBIENTE:
TEMPERATURA AMBIENTE = 29.5°C
PRESSÃO ATMOSFÉRICA = 101325 Pa
HUMIDADE DO AR = 80%
VENTO DE 3 m/s À 45°
U0 = 3*cos(45) = 2.12
V0 = 3*sen(45) = 2.12
&MISC TMPA=29.5
P_INF=101325.0
HUMIDITY=80.0
MEAN_FORCING(1:2)=.TRUE.,.TRUE.
U0=2.12
V0=2.12
DT_MEAN_FORCING=10.0 /
RESTART=.TRUE. /
\\
>>> caso seja necessário, para iniciar um restart deve-se ativar
este comando na namelist MISC <<<
-----
ABRINDO A MALHA PARA O EXTERIOR (INTERAÇÃO COM O AMBIENTE):
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /

```

-----  
**REAÇÃO GASOSA DO INCÊNDIO:**

Em uma simulação de incêndio no FDS, há apenas um combustível gasoso que atua como um substituto para todas as fontes de combustível em potencial.

```
&SPEC ID='madeira', FORMULA='CH1.700.74N0.002' /
&REAC ID='MADEIRA'
FUEL='madeira'
HEAT_OF_COMBUSTION=17500.0
SOOT_YIELD=0.015
CO_YIELD=0.004 /
```

-----  
**MATERIAIS NÃO COMBUSTÍVEIS:**

Propriedades obtidas de ABNT NBR 15220 (2003)

-----  
**TIJOLO CERÂMICO:**

```
DENSIDADE = 1400 kg/m³
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 0.9 W/m.K
CALOR ESPECÍFICO = 0.92 kJ/(kg.K)
EMISSIVIDADE = 0.9
&MATL ID='TIJOLO'
DENSITY=1400.0
CONDUCTIVITY=0.9
SPECIFIC_HEAT=0.92
EMISSIVITY=0.9 /
```

-----  
**ARGAMASSA DE GESSO:**

```
DENSIDADE = 1200 kg/m³
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 0.7 W/m.K
CALOR ESPECÍFICO = 0.84 kJ/(kg.K)
EMISSIVIDADE = 0.9
&MATL ID='A_GESSO'
DENSITY=1200.0
CONDUCTIVITY=0.7
SPECIFIC_HEAT=0.84
EMISSIVITY=0.9 /
```

-----  
**ARGAMASSA DE CIMENTO:**

```
DENSIDADE = 2000 kg/m³
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 1.15 W/m.K
CALOR ESPECÍFICO = 1.0 kJ/(kg.K)
EMISSIVIDADE = 0.9
&MATL ID='A_CIMENTO'
DENSITY=2000.0
CONDUCTIVITY=1.15
SPECIFIC_HEAT=1.0
EMISSIVITY=0.9 /
```

```
-----  
CONCRETO:  
DENSIDADE = 2300 kg/m3  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 1.75 W/m.K  
CALOR ESPECIFICO = 1.0 kJ/(kg.K)  
EMISSIVIDADE = 0.9  
&MATL ID='CONCRETO'  
DENSITY=2300.0  
CONDUCTIVITY=1.75  
SPECIFIC_HEAT=1.0  
EMISSIVITY=0.9 /  
-----  
&SURF ID='PISO'  
COLOR='GRAY'  
MATL_ID='CONCRETO'  
THICKNESS=0.3  
BACKING='EXPOSED' /  
-----  
&SURF ID='TETO'  
COLOR='GRAY'  
MATL_ID='TIJOLO', 'CONCRETO'  
THICKNESS=0.07,0.03  
BACKING='EXPOSED' /  
-----  
&SURF ID='PAREDE_CIMENTO'  
COLOR='SILVER'  
MATL_ID='A_CIMENTO', 'TIJOLO', 'A_CIMENTO'  
THICKNESS = 0.025,0.1,0.025  
BACKING='EXPOSED' /  
-----  
&SURF ID='PAREDE_CHAPISCADA'  
COLOR='SILVER'  
MATL_ID='A_CIMENTO', 'TIJOLO', 'A_CIMENTO'  
THICKNESS = 0.01,0.1,0.025  
BACKING='EXPOSED' /  
-----  
&SURF ID='PAREDE_GESSO'  
COLOR='SILVER'  
MATL_ID='A_GESSO', 'TIJOLO', 'A_CIMENTO'  
THICKNESS = 0.025,0.1,0.025  
BACKING='EXPOSED' /  
-----  
-----  
MATERIAIS COMBUSTÍVEIS:  
-----  
-----  
MADEIRA:  
DENSIDADE = 400 kg/m3
```

```
EMISSIVIDADE = 0.9
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 0.12 W/m.K
CALOR ESPECIFICO = 1.34 kJ/(kg.K)
CALOR DE COMBUSTÃO = 17500 kJ/kg
TEMPERATURA DE IGNIÇÃO = 210 °C
TAXA DE LIBERAÇÃO DE CALOR = 100 kW/m²
&MATL_ID='MADEIRA'
SPECIFIC_HEAT=1.34
CONDUCTIVITY=0.12
EMISSIVITY=0.9
DENSITY=400.0
HEAT_OF_COMBUSTION=17500.0 /

-----
MADEIRA DA PORTA:
DENSIDADE = 200 kg/m³
EMISSIVIDADE = 0.9
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 0.058 W/m.K
CALOR ESPECIFICO = 2,3 kJ/(kg.K)
CALOR DE COMBUSTÃO = 17500 kJ/kg
TEMPERATURA DE IGNIÇÃO = 210 °C
TAXA DE LIBERAÇÃO DE CALOR = 100 kW/m²
&MATL_ID='MADEIRA_PORTA'
SPECIFIC_HEAT=2.3
CONDUCTIVITY=0.058
EMISSIVITY=0.9
DENSITY=200.0
HEAT_OF_COMBUSTION=17500.0 /

-----
&SURF_ID='MAD'
COLOR='BROWN'
BURN_AWAY=.TRUE.
BACKING='EXPOSED'
MATL_ID='MADEIRA'
THICKNESS=0.3
IGNITION_TEMPERATURE=210
HRRPUA=225 / *****ESSE VALOR FOI ALTERADO COM BASE NOS
ESTUDOS DE ROBERTA DE 100 PARA 225

-----
&SURF_ID='MAD30X30_PORTA'
COLOR='BROWN'
BURN_AWAY=.TRUE.
BACKING='EXPOSED'
MATL_ID='MADEIRA_PORTA'
THICKNESS=0.03
IGNITION_TEMPERATURE=210
HRRPUA=225 /
```

GEOMETRIA DO COMPARTIMENTO:

PISO:

```
&OBST XB=-0.3,7.2,-1.8,3.3,-0.3,0.0, SURF_ID='PISO' /
```

TETO:

```
&OBST XB=-0.3,1.5,-1.8,-0.3,2.4,2.7, SURF_ID='TETO' /
```

```
&OBST XB=1.5,3.9,-1.8,-1.5,2.4,2.7, SURF_ID='TETO' /
```

```
&OBST XB=3.9,7.2,-1.8,-0.3,2.4,2.7, SURF_ID='TETO' /
```

```
&OBST XB=-0.3,7.2,-0.3,3.3,2.4,2.7, SURF_ID='TETO' /
```

PAREDE P7:

```
&OBST XB=-0.3,0.0,-1.8,-0.3,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

PAREDE P1 (considerando a abertura da janela J01):

```
&OBST XB=-0.3,0.0,-0.3,0.9,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CHAPISCADA' /
```

```
&OBST XB=-0.3,0.0,0.9,2.1,0.0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CHAPISCADA' /
```

```
&OBST XB=-0.3,0.0,0.9,2.1,2.1,2.4, SURF_ID='PAREDE_CHAPISCADA' /
```

```
&OBST XB=-0.3,0.0,2.1,3.3,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CHAPISCADA' /
```

PAREDE P3 (considerando a abertura da porta P01):

```
&OBST XB=3.6,3.9,-0.3,2.1,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

```
&OBST XB=3.6,3.9,2.1,3.0,2.1,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

```
&OBST XB=3.6,3.9,3.0,3.3,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

Considerando que a porta de material combustível:

```
&OBST XB=3.6,3.9,2.1,3.0,0.3,2.1, SURF_ID='MAD30X30_PORTA' /
```

```
&OBST XB=3.6,3.9,2.1,2.7,0.0,0.3, SURF_ID='MAD30X30_PORTA' /
```

PAREDE P6 (considerando a abertura da porta P02):

```
&OBST XB=6.9,7.2,-1.8,2.1,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

```
&OBST XB=6.9,7.2,2.1,3.0,2.1,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

```
&OBST XB=6.9,7.2,3.0,3.3,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

PAREDE P2:

```
&OBST XB=0.0,3.7,3.0,3.3,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_GESSO',  
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5 /
```

PAREDE P5 (considerando a abertura da janela J02):

```
&OBST XB=3.9,4.8,3.0,3.3,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',  
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5 /
```

```
&OBST XB=4.8,6.0,3.0,3.3,0.0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',  
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5 /
```

```
&OBST XB=4.8,6.0,3.0,3.3,2.1,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',  
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5 /
```

```
&OBST XB=6.0,7.2,3.0,3.3,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',  
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5 /
```

```

-----
PAREDE P4:
&OBST XB=0.0,3.7,-0.3,0.0,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CHAPISCADA' /
-----
PAREDE P8 (considerando a abertura da porta P03):
&OBST XB=0.0,4.8,-1.8,-1.5,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
&OBST XB=4.8,5.7,-1.8,-1.5,2.1,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
&OBST XB=5.7,6.8,-1.8,-1.5,0.0,2.4, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
-----
ESCADA:
&MULT ID='escada', DXB=-0.3,-0.3,0.0,0.0,0.3,0.3, N_LOWER=0,
N_UPPER=7 /
&OBST XB=3.6,3.9,-1.5,-0.3,0.0,0.3, MULT_ID='escada',
SURF_ID='PISO' /
-----
CARGA DE INCÊNDIO:
CAMA + COLCHÃO:
&MULT ID='C1', DX=0.6, DX0=0.3, DY0=0.30, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='C1', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='C2', DX=0.6, DX0=0.6, DY0=0.30, DZ0=0.3, I_LOWER=0,
I_UPPER=1 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='C2', SURF_ID='MAD' /
-----
BELICHE + COLCHÃO:
&MULT ID='B1', DX=0.6, DX0=0.3, DY0=2.4, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='B1', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='B2', DX=0.6, DX0=0.6, DY0=2.4, DZ0=0.3, I_LOWER=0,
I_UPPER=1 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='B2', SURF_ID='MAD' /
-----
CRIADO MUDO 1 + VENTILADOR:
&MULT ID='CM1', DX=0.6, DX0=0.30, DY0=1.2, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=1 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='CM1', SURF_ID='MAD' /
&OBST XB=0.6,0.9,1.2,1.5,0.3,0.6, SURF_ID='MAD' /
-----
CRIADO MUDO 2 + VENTILADOR:
&MULT ID='CM2', DX=0.6, DX0=0.30, DY0=1.8, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=1 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='CM2', SURF_ID='MAD' /
&OBST XB=0.6,0.9,1.8,2.1,0.3,0.6, SURF_ID='MAD' /
-----
CRIADO MUDO 3 + VENTILADOR:
&MULT ID='CM3', DY=0.6, DX0=2.1, DY0=0.3, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=1 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='CM3', SURF_ID='MAD' /

```

```

&OBST XB=2.1,2.4,0.6,0.9,0.3,0.6, SURF_ID='MAD' /
-----
GUARDA-ROUPAS + ROUPAS + PAPÉIS:
&MULT ID='GR1', DZ=0.6, DX0=3.0, DY0=0.3, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='GR1', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='GR2', DZ=0.6, DX0=3.0, DY0=0.6, DZ0=0.3, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='GR2', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='GR3', DZ=0.6, DX0=3.0, DY0=0.9, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='GR3', SURF_ID='MAD' /
-----
SOFÁ
&MULT ID='SF1', DY=0.6, DX0=4.2, DY0=0.3, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=2/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='SF1', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='SF2', DY=0.6, DX0=4.2, DY0=0.6, DZ0=0.3, J_LOWER=0,
J_UPPER=1/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='SF2', SURF_ID='MAD' /
-----
POLTRONA
&OBST XB=5.1,5.4,0.0,-0.3,0.0,0.6, SURF_ID='MAD' /
-----
ESTANTE 1
&MULT ID='ET1', DY=0.6, DX0=6.3, DY0=0.6, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=1/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='ET1', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='ET2', DY=0.6, DX0=6.3, DY0=0.9, DZ0=0.30, J_LOWER=0,
J_UPPER=1/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='ET2', SURF_ID='MAD' /
-----
ESTANTE 2
&MULT ID='MV1', DY=0.6, DX0=6.3, DY0=-1.2, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=1/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='MV1', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='MV2', DY=0.6, DX0=6.3, DY0=-0.9, DZ0=0.30, J_LOWER=0,
J_UPPER=1/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='MV2', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='MV3', DY=0.6, DX0=6.3, DY0=-1.2, DZ0=0.60, J_LOWER=0,
J_UPPER=1/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='MV3', SURF_ID='MAD' /
&MULT ID='MV4', DY=0.6, DX0=6.3, DY0=-0.9, DZ0=0.90, J_LOWER=0,
J_UPPER=1/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='MV4', SURF_ID='MAD' /
-----
QUEIMADOR PARA IGNição DO INCêNDIO:
-----
&SURF ID='QUEIMADOR'

```

```

COLOR='RED'
HRRPUA=3000.0
RAMP_Q = 'fire_ramp' /
&RAMP ID='fire_ramp', T=0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='fire_ramp', T=30.0, F=1.0 /
&RAMP ID='fire_ramp', T=120.0, F=1.0 /
&RAMP ID='fire_ramp', T=150.0, F=0.0 /
&VENT XB=0.6,0.9,2.4,2.7,0.0,0.0, SURF_ID='QUEIMADOR', IOR=3 /
-----
MEDIDORES:
-----
TERMOPARES:
NO CENTRO DO COMPARTIMENTO:
&DEVC XYZ=1.95,1.5,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H30' /
&DEVC XYZ=1.95,1.5,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H60' /
&DEVC XYZ=1.95,1.5,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H90' /
&DEVC XYZ=1.95,1.5,1.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H120' /
&DEVC XYZ=1.95,1.5,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H150' /
&DEVC XYZ=1.95,1.5,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H180' /
&DEVC XYZ=1.95,1.5,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H210' /
&DEVC XYZ=1.95,1.5,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H230' /
-----
PAREDE P3:
&DEVC XYZ=3.6,1.6,2.1, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-1,
ID='09' / na face, do lado de dentro do dormitório
&DEVC XYZ=3.5,1.6,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='09G' / no gás,
do lado de dentro do dormitório
&DEVC XYZ=3.9,1.6,2.1, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=1,
ID='10' / na face, do lado de fora do dormitório
&DEVC XYZ=4.0,1.6,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='10G' / no gás,
do lado de fora do dormitório
-----
PAREDE P2:
&DEVC XYZ=0.5,3.0,2.1, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-2,
ID='11' / na face, do lado de dentro do dormitório
&DEVC XYZ=0.5,2.9,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='11G' / no gás,
do lado de dentro do dormitório
&DEVC XYZ=0.5,3.3,2.1, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=2,
ID='12' / na face, do lado de fora do dormitório
&DEVC XYZ=0.5,3.4,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='12G' / no gás,
do lado de fora do dormitório
-----
PAREDE P1:
&DEVC XYZ=0.0,2.5,2.1, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=1,
ID='13' / na face, do lado de dentro do dormitório
&DEVC XYZ=0.1,2.5,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='13G' / no gás,
do lado de dentro do dormitório

```

```

&DEVC XYZ=-0.3,2.5,2.1, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-1,
ID='14' / na face, do lado de fora do dormitório
&DEVC XYZ=-0.4,2.5,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='14G' / no
gás, do lado de fora do dormitório
-----
PAREDE P6:
&DEVC XYZ=6.9,1.8,2.1, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-1,
ID='15' / na face, do lado de dentro do dormitório
&DEVC XYZ=6.8,1.8,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='15G' / no gás,
do lado de dentro do dormitório
&DEVC XYZ=7.2,1.8,2.1, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=1,
ID='16' / na face, do lado de fora do dormitório
&DEVC XYZ=7.3,1.8,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='16G' / no gás,
do lado de fora do dormitório
-----
ALTURA DA CAMADA LIVRE DE FUMAÇA NO AMBIENTE:
&DEVC XB=1.8,1.8,1.5,1.5,0.0,2.4, QUANTITY='LAYER HEIGHT',
ID='ACF_DORM' /
&DEVC XB=5.4,5.4,1.2,1.2,0.0,2.4, QUANTITY='LAYER HEIGHT',
ID='ACF_SALA' /
-----
CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO NO AMBIENTE:
&DEVC XB=0.0,3.9,0.0,3.0,0.0,2.4, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='OXYGEN', ID='COx_DORM'/
&DEVC XB=3.9,6.9,-1.5,3.0,0.0,2.4, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='OXYGEN', ID='COx_SALA'/
-----
CONCENTRAÇÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO NO AMBIENTE:
&DEVC XB=0.0,3.9,0.0,3.0,0.0,2.4, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='CCOx_DORM'/
&DEVC XB=3.9,6.9,-1.5,3.0,0.0,2.4, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='CCOx_SALA'/
-----
CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NO AMBIENTE:
&DEVC XB=0.0,3.9,0.0,3.0,0.0,2.4, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', ID='CCOOx_DORM'/
&DEVC XB=3.9,6.9,-1.5,3.0,0.0,2.4, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', ID='CCOOx_SALA'/
-----
PLANO DE TEMPERATURAS DOS GASES:
&SLCF PBY=1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_Y150' /

&SLCF PBY=2.5, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_Y250' /
-----
&TAIL / FIM DO ARQUIVO

```

## APÊNDICE B – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DESENVOLVIDA NO FDS RELATIVO AO ESTUDO DE CASO 02

A seguir é apresentado o arquivo de entrada desenvolvido para a simulação no *software* FDS referente ao cenário do estudo de caso 02, sendo este cenário uma simulação de um estudo de caso feito por Oliveira (2006).

```

&HEAD CHID='ESCOLA_30X30_CJ_CPM_R04',
TITLE='ESCOLA_30X30_CJ_CPM_R04'

DEFINIÇÃO DA MALHA (30 cm):
-----
&MESH IJK=86,50,20, XB=-3.3,22.5 , -3.3,11.7 , -0.3,5.7/

DEFINIÇÃO DO TEMPO DE SIMULAÇÃO (EM SEGUNDOS):
-----
&TIME T_END=7200.0/ (2h de incêndio sem intervenção dos
bombeiros)
&DUMP DT_RESTART=10.0 / cria arquivos de restart a cada 10 s de
simulação

PARÂMETROS INICIAIS DO AMBIENTE:
-----
TEMPERATURA AMBIENTE = 25°C, PRESSÃO ATMOSFÉRICA = 101325 Pa,
HUMIDADE DO AR = 80%
&MISC TMPA=25, P_INF=101325.0,HUMIDITY=80.0 /
RESTART=.TRUE.
/\
>>> caso seja necessário, para iniciar um restart deve-se ativar
este comando na namelist MISC <<<

ABRINDO A MALHA PARA O EXTERIOR (INTERAÇÃO COM O AMBIENTE):
-----
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /

MATERIAIS NÃO COMBUSTÍVEIS:
-----
Propriedades obtidas de ABNT NBR 15220 (2003)

```

```
TIJOLO CERÂMICO:  
DENSIDADE = 1400 kg/m3  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 0.9 W/m.K  
CALOR ESPECÍFICO = 0.92 kJ/(kg.K)  
EMISSIVIDADE = 0.9  
&MATL ID='TIJOLO'  
DENSITY=1400.0  
CONDUCTIVITY=0.9  
SPECIFIC_HEAT=0.92  
EMISSIVITY=0.9 /  
-----  
ARGAMASSA DE CIMENTO:  
DENSIDADE = 2000 kg/m3  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 1.15 W/m.K  
CALOR ESPECÍFICO = 1.0 kJ/(kg.K)  
EMISSIVIDADE = 0.9  
&MATL ID='A_CIMENTO'  
DENSITY=2000.0  
CONDUCTIVITY=1.15  
SPECIFIC_HEAT=1.0  
EMISSIVITY=0.9 /  
-----  
CONCRETO:  
DENSIDADE = 2300 kg/m3  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 1.75 W/m.K  
CALOR ESPECÍFICO = 1.0 kJ/(kg.K)  
EMISSIVIDADE = 0.9  
&MATL ID='CONCRETO'  
DENSITY=2300.0  
CONDUCTIVITY=1.75  
SPECIFIC_HEAT=1.0  
EMISSIVITY=0.9 /  
-----  
VIDRO:  
DENSIDADE = 2500 kg/m3  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 1.0 W/m.K  
CALOR ESPECÍFICO = 0.84 kJ/(kg.K)  
EMISSIVIDADE = 0.84  
&MATL ID='VIDRO'  
DENSITY=2500  
CONDUCTIVITY=1.0  
SPECIFIC_HEAT=0.84  
EMISSIVITY=0.84/  
-----  
&SURF ID='PISO'  
COLOR='GRAY'  
MATL_ID='CONCRETO'  
THICKNESS=0.3
```

```

BACKING='EXPOSED' /
-----
&SURF ID='TETO'
COLOR='GRAY'
MATL_ID='TIJOLO', 'CONCRETO'
THICKNESS=0.07,0.03
BACKING='EXPOSED'
TRANSPARENCY=0.6 /
-----
&SURF ID='PAREDE_CIMENTO'
COLOR='SILVER'
MATL_ID='A_CIMENTO', 'TIJOLO', 'A_CIMENTO'
THICKNESS = 0.025,0.1,0.025
BACKING='EXPOSED' /
-----
&SURF ID='VIDRO'
COLOR='BLUE'
MATL_ID='VIDRO'
THICKNESS = 0.03
BACKING='EXPOSED' /
-----
```

#### REAÇÃO GASOSA DO INCÊNDIO:

Em uma simulação de incêndio no FDS, há apenas um combustível gasoso que atua como um substituto para todas as fontes de combustível em potencial.

```

&SPEC ID='madeira', FORMULA='CH1.700.74N0.002' /
&REAC ID='MADEIRA'
FUEL='madeira'
HEAT_OF_COMBUSTION=17500.0
SOOT_YIELD=0.015
CO_YIELD=0.004 /
```

#### MATERIAIS COMBUSTÍVEIS:

##### MADEIRA:

DENSIDADE = 400 kg/m<sup>3</sup>  
EMISSIVIDADE = 0.9  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA = 0.12 W/m.K  
CALOR ESPECIFICO = 1.34 kJ/(kg.K)  
CALOR DE COMBUSTÃO = 17500 kJ/kg  
TEMPERATURA DE IGNIÇÃO = 210 °C  
TAXA DE LIBERAÇÃO DE CALOR = 225 kW/m<sup>2</sup>  
&MATL ID='MADEIRA'  
SPECIFIC\_HEAT=1.34  
DUCTIVITY=0.12  
EMISSIVITY=0.9

```

DENSITY=400.0
HEAT_OF_COMBUSTION=17500.0 /
-----
&SURF ID='MAD30x30'
COLOR='BROWN'
BURN_AWAY=.TRUE.
BACKING='EXPOSED'
MATL_ID='MADEIRA'
THICKNESS=0.3
IGNITION_TEMPERATURE=210
HRRPUA=225 /
-----
&SURF ID='MAD30x30_PORTA'
COLOR='BROWN'
BURN_AWAY=.TRUE.
BACKING='EXPOSED'
MATL_ID='MADEIRA'
THICKNESS=0.03
IGNITION_TEMPERATURE=210
HRRPUA=225 /
-----
```

#### GEOMETRIA DO COMPARTIMENTO:

##### PISO:

```
&OBST XB=-0.3,19.5, -0.3,8.1 ,-0.3,0.0, SURF_ID='PISO' /
```

##### TETO:

```
&OBST XB=-0.3,19.5, -0.3,8.1 ,2.7,3.0, SURF_ID='TETO' /
```

#### PAREDES HORIZONTAIS:

##### P1:

```
&OBST XB= -0.3,.9, 7.8,8.1, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB= 0.9,1.5, 7.8,8.1, 0,1.5, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/(J1)
&OBST XB= 0.9,1.5, 7.8,8.1, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/(J1)
*****
```

Considerando que a janela 01 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=0.9,1.5, 7.8,8.1, 1.5,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE',TRANSPARENCY=0.2, DEVC_ID='temp_quebra-termica01' /
&DEVC XYZ=1.2,7.7,1.8, ID ='temp_quebra-termica01', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 1.5,3, 7.8,8.1, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/
```

P2:

```
&OBST XB= 3,4.2, 7.8,8.1, 0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J2)
&OBST XB= 3,4.2, 7.8,8.1, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J2)
*****
```

Considerando que a janela 02 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=3,4.2, 7.8,8.1, 1.2,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.2, DEVC_ID='temp_quebra-termica02' /
&DEVC XYZ=3.6,7.7,1.5, ID ='temp_quebra-termica02', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 4.2,5.1, 7.8,8.1, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB= 5.1,6.3, 7.8,8.1, 0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J3)
&OBST XB= 5.1,6.3, 7.8,8.1, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J3)
*****
```

Considerando que a janela 03 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=5.1,6.3, 7.8,8.1, 1.2,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.2, DEVC_ID='temp_quebra-termica03' /
&DEVC XYZ=5.7,7.7,1.5, ID ='temp_quebra-termica03', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

P3:

```
&OBST XB= 6.3,7.5, 7.8,8.1, 0,2.7,
SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB= 7.5,8.7, 7.8,8.1, 0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J4)
&OBST XB= 7.5,8.7, 7.8,8.1, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J4)
*****
```

Considerando que a janela 04 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=7.5,8.7, 7.8,8.1, 1.2,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.2, DEVC_ID='temp_quebra-termica04' /
&DEVC XYZ=8.1,7.7,1.5, ID ='temp_quebra-termica04', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 8.7,9.9, 7.8,8.1, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB= 9.9,11.1, 7.8,8.1, 0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J5)
&OBST XB= 9.9,11.1, 7.8,8.1, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J5)
*****
```

Considerando que a janela 05 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=9.9,11.1, 7.8,8.1, 1.2,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE',TRANSPARENCY=0.2, DEVC_ID='temp_quebra-termica05' /
&DEVC XYZ=10.5,7.7,1.5, ID ='temp_quebra-termica05', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE',INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 11.1,16.5, 7.8,8.1, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/
```

P4:

```
&OBST XB= 16.5,17.7, 7.8,8.1, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/
&OBST XB= 17.7,18.3, 7.8,8.1, 0,1.5, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/ (J6)
&OBST XB= 17.7,18.3, 7.8,8.1, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/(J6)
*****
```

Considerando que a janela 06 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=17.7,18.3, 7.8,8.1, 1.5,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE',TRANSPARENCY=0.2, DEVC_ID='temp_quebra-termica06' /
&DEVC XYZ=18,7.7,1.8, ID ='temp_quebra-termica06', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 18.3,19.5, 7.8,8.1, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER', TRANSPARENCY=0.5/
```

P5:

```
&OBST XB= -0.3,3, 6.3,6.6, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

P6:

```
&OBST XB= 12.3,12.9, 6.3,6.6, 0,1.5, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER'/ (J11)
&OBST XB= 12.3,12.9, 6.3,6.6, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER'/ (J11)
*****
```

Considerando que a janela 11 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=12.3,12.9, 6.3,6.6, 1.5,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE',TRANSPARENCY=0.3, DEVC_ID='temp_quebra-termica11' /
```

```
&DEVC XYZ=12.6,6.7,1.8, ID ='temp_quebra-termica11', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 12.9,14.10, 6.3,6.6, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
&OBST XB= 14.1,14.7, 6.3,6.6, 0,1.5, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER'/ (J12)
```

```
&OBST XB= 14.1,14.7, 6.3,6.6, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER'/ (J12)
```

```
*****
```

Considerando que a janela 12 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=14.1,14.7, 6.3,6.6, 1.5,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.3, DEVC_ID='temp_quebra-termica12' /
&DEVC XYZ=14.4,6.7,1.8, ID ='temp_quebra-termica12', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 14.7,15.6, 6.3,6.6, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

P7:

```
&OBST XB= 15.6,15.9, 6.3,6.6, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
&OBST XB= 15.9,16.5, 6.3,6.6, 0,1.5, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER'/ (J13)
```

```
&OBST XB= 15.9,16.5, 6.3,6.6, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER'/ (J13)
```

```
*****
```

Considerando que a janela 13 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=15.9,16.5, 6.3,6.6, 1.5,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.3, DEVC_ID='temp_quebra-termica13' /
&DEVC XYZ=16.2,6.7,1.8, ID ='temp_quebra-termica13', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 16.5,17.7, 6.3,6.6, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

```
&OBST XB= 17.7,18.3, 6.3,6.6, 0,1.5, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER'/ (J14)
```

```
&OBST XB= 17.7,18.3, 6.3,6.6, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO',
COLOR='SILVER'/ (J14)
```

```
*****
```

Considerando que a janela 14 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=17.7,18.3, 6.3,6.6, 1.5,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.3, DEVC_ID='temp_quebra-termica14' /
&DEVC XYZ=18.6.7,1.8, ID ='temp_quebra-termica14', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 18.3,19.5, 6.3,6.6, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
```

```

P8:
&OBST XB= -0.3,3, 3.6,3.9, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/

P9:
&OBST XB= 3,3.9, 3.6,3.9, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/(P5)
******(porta removida)
&OBST XB= 3.9,6.3, 3.6,3.9, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/

P10:
&OBST XB= 6.6,7.5, 3.6,3.9, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/(P6)
******(porta removida)
&OBST XB= 7.5,12, 3.6,3.9, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/

P11:
&OBST XB= 12,13.5, 3.6,3.9, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/

P12:
&OBST XB= 18,19.5, 3.6,3.9, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/

P13:
&OBST XB= 14.1,17.7, 2.4,2.7, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/

P14:
&OBST XB= -0.3,3, 0,-0.3, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/

P15:
&OBST XB= 3,4.2, 0,-0.3, 0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/(J7)
&OBST XB= 3,4.2, 0,-0.3, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/(J7)
*****
Considerando que a janela 07 foi aberta (ocorre a quebra do
vidro) em 60 graus Celsius:
&OBST XB=3,4.2, 0,-0.3, 1.2,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.3, DEVC_ID='temp_quebra-termica07' /
&DEVC XYZ=3.6,0.1,1.5, ID ='temp_quebra-termica07', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
&OBST XB= 4.2,5.1, 0,-0.3, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
&OBST XB= 5.1,6.3, 0,-0.3, 0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/(J8)
&OBST XB= 5.1,6.3, 0,-0.3, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
(J8)
*****
Considerando que a janela 08 foi aberta (ocorre a quebra do
vidro) em 60 graus Celsius:
&OBST XB=5.1,6.3, 0,-0.3, 1.2,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE', TRANSPARENCY=0.3, DEVC_ID='temp_quebra-termica08' /

```

```
&DEVC XYZ=5.7,0.1,1.5, ID ='temp_quebra-termica08', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

P16:

```
&OBST XB= 6.3,7.2, 0,-0.3, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
&OBST XB= 7.2,8.4, 0,-0.3, 0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/(J9)
&OBST XB= 7.2,8.4, 0,-0.3, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
(J9)
*****
```

Considerando que a janela 09 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=7.2,8.4, 0,-0.3, 1.2,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE',TRANSPARENCY=0.3, DEVC_ID='temp_quebra-termica09' /
&DEVC XYZ=7.8,0.1,1.5, ID ='temp_quebra-termica09', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 8.4,9.3, 0,-0.3, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
&OBST XB= 9.3,10.5, 0,-0.3, 0,1.2, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
(J10)
```

```
&OBST XB= 9.3,10.5, 0,-0.3, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
(J10)
*****
```

Considerando que a janela 10 foi aberta (ocorre a quebra do vidro) em 60 graus Celsius:

```
&OBST XB=9.3,10.5, 0,-0.3, 1.2,2.1, SURF_ID='VIDRO',
COLOR='BLUE',TRANSPARENCY=0.3, DEVC_ID='temp_quebra-termica10' /
&DEVC XYZ=9.9,0.1,1.5, ID ='temp_quebra-termica10', SETPOINT=85,
QUANTITY='TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.true. /
*****
```

```
&OBST XB= 10.5,11.1, 0,-0.3, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
&OBST XB= 11.1,12, 0,-0.3, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
(P8)
```

```
&OBST XB= 11.1,12, 0,-0.3, 0,2.1, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/(P8)
(fechada)
```

P17:

```
&OBST XB= 12.3,12.9, 0,-0.3, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
(P9)
```

```
&OBST XB= 12.3,12.9, 0,-0.3, 0,2.1, SURF_ID='MAD30x30_PORTA'/
(P9)
```

```
&OBST XB= 12.9,15.3, 0,-0.3, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
&OBST XB= 15.3,16.2, 0,-0.3, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO'/
(P10)
```

```
&OBST XB= 15.3,16.2, 0,-0.3, 0,2.1, SURF_ID='MAD30x30_PORTA'/
(P10)
```

P18:  
 &OBST XB= 16.2,18.6, 0,-0.3, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /  
 &OBST XB= 18.6,19.2, 0,-0.3, 2.1,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /  
 (P11)  
 &OBST XB= 18.6,19.2, 0,-0.3, 0,2.1, SURF\_ID='MAD30x30\_PORTA' /  
 (P11)

PAREDES VERTICAIS:

P19:  
 &OBST XB= -0.3,0, 6.6,7.8, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /

P20:  
 &OBST XB= -0.3,0, 3.9,6.3, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /

P21:  
 &OBST XB= -0.3,0, 0,3.6, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /

P22:  
 &OBST XB= 2.7,3, 6.6,7.2, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /  
 &OBST XB= 2.7,3, 7.2,7.8, 2.1,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' / (P1)  
 \*\*\*\*\*\*(porta removida)

P23:  
 &OBST XB= 2.7,3, 3.9,5.4, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /  
 &OBST XB= 2.7,3, 5.4,6.3, 2.1,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' / (P3)  
 \*\*\*\*\*\*(porta removida)

P24:  
 &OBST XB= 2.7,3, 0,2.7, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /  
 &OBST XB= 2.7,3, 2.7,3.6, 2.1,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' / (P7)  
 \*\*\*\*\*\*(porta removida)

P25:  
 &OBST XB= 6.3,6.6, 5.1,7.8, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /  
 &OBST XB= 6.3,6.6, 4.2,5.1, 2.1,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /  
 (P4)  
 \*\*\*\*\*\*(porta removida)

P26:  
 &OBST XB= 6.3,6.6, 0,4.2, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /

P27:  
 &OBST XB= 12,12.3, 3.9,6.6, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /

P28:  
 &OBST XB= 12,12.3, -.3,3.6, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /

P29:  
 &OBST XB= 14.4,14.7, 0,2.4, 0,2.7, SURF\_ID='PAREDE\_CIMENTO' /

```

P30:
&OBST XB= 15.6,15.9, 2.7,6.3, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /

P31:
&OBST XB= 16.5,16.8, 7.2,7.8, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
&OBST XB= 16.5,16.8, 6.6,7.2, 2.1,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
(P2)
******(porta removida)

P32:
&OBST XB= 16.8,17.1, 0,2.4, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /

P33:
&OBST XB= 19.2,19.5, 6.6,7.8, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /

P34:
&OBST XB= 19.2,19.5, 3.9,6.3, 0,2.7, SURF_ID='PAREDE_CIMENTO' /
-----

```

#### CARGA DE INCÊNDIO:

SALA COMPENS.

#### CONJUNTO MESA+CADEIRAS:

```

&MULT ID='A1', DY=0.6, DX0=0.6, DY0=4.2, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A1',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A2', DY=0.6, DX0=0.9, DY0=4.5, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A2',
SURF_ID='MAD30x30' /
&OBST XB=1.2,1.5,4.2,4.5,0.0,0.3, SURF_ID='MAD30x30' /
&OBST XB=1.5,1.8,4.5,4.8,0.0,0.3, SURF_ID='MAD30x30' /

```

#### DIRETORIA

#### MESA+CADEIRA:

```

&OBST XB=3.9,4.2,6.3,6.6,0,0.3, SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A3', DX=0.6, DX0=3.6, DY0=6.0, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=1 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A3',
SURF_ID='MAD30x30' /

```

```

ESTANTE:
&MULT ID='A4', DZ=0.6, DX0=4.2, DY0=7.2, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A4',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A5', DZ=0.6, DX0=4.5, DY0=7.2, DZ0=0.3, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A5',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A6', DZ=0.6, DX0=4.8, DY0=7.2, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A6',
SURF_ID='MAD30x30' /


SALA DE ARQUIVO
-----
ESCREVANINHA:
&OBST XB=7.2,7.5,5.7,6.0,0.0,0.3, SURF_ID='MAD30x30' / (CADEIRA)
&MULT ID='A7', DX=0.6, DX0=6.9, DY0=5.4, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=1 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A7',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A8', DY=0.6, DX0=7.8, DY0=5.7, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=1 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A8',
SURF_ID='MAD30x30' /
&OBST XB=7.8,8.1,6,6.3,0.3,0.6, SURF_ID='MAD30x30' /


MESA:
&MULT ID='A9', DY=0.6, DX0=10.5, DY0=5.0, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=3 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A9',
SURF_ID='MAD30x30' /
CADEIRAS:
&MULT ID='A10', DY=0.6, DX0=10.8, DY0=4.7, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=3 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A10',
SURF_ID='MAD30x30' /


ESTANTE 1
&MULT ID='A11', DZ=0.6, DX0=9, DY0=5.1, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A11',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A12', DZ=0.6, DX0=9, DY0=5.4, DZ0=0.30, K_LOWER=0,
K_UPPER=2/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A12',
SURF_ID='MAD30x30' /

```

```

&MULT ID='A13', DZ=0.6, DX0=9, DY0=5.7, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A13',
SURF_ID='MAD30x30' /

ESTANTE 2
&MULT ID='A14', DX=0.6, DX0=7.8, DY0=4.2, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A14',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A15', DX=0.6, DX0=8.1, DY0=4.2, DZ0=0.30, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A15',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A16', DX=0.6, DX0=7.8, DY0=4.2, DZ0=0.60, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A16',
SURF_ID='MAD30x30' /
&OBST XB=11.7,12,4.2,4.5,.9,1.2, SURF_ID='MAD30x30' /

ESTANTE 3
&MULT ID='A17', DZ=0.6, DX0=11.4, DY0=4.4, DZ0=0.30, K_LOWER=0,
K_UPPER=2/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A17',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A18', DZ=0.6, DX0=11.4, DY0=4.7, DZ0=0.00, K_LOWER=0,
K_UPPER=2/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A18',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A19', DZ=0.6, DX0=11.4, DY0=5.0, DZ0=0.30, K_LOWER=0,
K_UPPER=2/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A19',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A20', DZ=0.6, DX0=11.4, DY0=5.3, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=3/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A20',
SURF_ID='MAD30x30' /

HALL (DEPÓSITO IRREGULAR):
-----
ESTANTE
&MULT ID='A21', DX=0.6, DX0=12, DY0=6.6, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A21',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A22', DX=0.6, DX0=12.3, DY0=6.6, DZ0=0.30, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A22',
SURF_ID='MAD30x30' /

```

```

&MULT ID='A23', DX=0.6, DX0=12, DY0=6.6, DZ0=0.60, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A23',
SURF_ID='MAD30x30' /
&OBST XB=15.9,16.2,6.6,6.9,.9,1.2, SURF_ID='MAD30x30' /


ESTANTE
&MULT ID='A24', DX=0.6, DX0=12, DY0=7.5, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A24',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A25', DX=0.6, DX0=12.3, DY0=7.5, DZ0=0.30, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A25',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A26', DX=0.6, DX0=12, DY0=7.5, DZ0=0.60, I_LOWER=0,
I_UPPER=6/
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A26',
SURF_ID='MAD30x30' /
&OBST XB=15.9,16.2,7.5,7.8,.9,1.2, SURF_ID='MAD30x30' /


SECRETARIA 1:
-----
CONJUNTO MESA+CADEIRAS:
&MULT ID='A27', DY=0.6, DX0=1.8, DY0=0.9, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A27',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A28', DY=0.6, DX0=2.1, DY0=1.2, DZ0=0.0, J_LOWER=0,
J_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A28',
SURF_ID='MAD30x30' /


ESTANTE:
&MULT ID='A29', DZ=0.6, DX0=0.9, DY0=0.3, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A29',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A30', DZ=0.6, DX0=1.2, DY0=0.3, DZ0=0.3, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A30',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A31', DZ=0.6, DX0=1.5, DY0=0.3, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A31',
SURF_ID='MAD30x30' /

```

SECRETARIA 2:

```
-----
CONJUNTO MESA+CADEIRAS:
&MULT ID='A32', DX=0.6, DX0=3.6, DY0=0.6, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A32',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A33', DX=0.6, DX0=3.9, DY0=0.3, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A33',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A34', DX=0.6, DX0=3.6, DY0=0.3, DZ0=0.3, I_LOWER=0,
I_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A34',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A35', DX=0.6, DX0=3.9, DY0=0.6, DZ0=0.3, I_LOWER=0,
I_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A35',
SURF_ID='MAD30x30' /
```

SECRETARIA 3:

```
-----
ESTANTE:
&MULT ID='A36', DZ=0.6, DX0=10.8, DY0=3, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A36',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A37', DZ=0.6, DX0=11.1, DY0=3, DZ0=0.3, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A37',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A38', DZ=0.6, DX0=11.4, DY0=3, DZ0=0.0, K_LOWER=0,
K_UPPER=2 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A38',
SURF_ID='MAD30x30' /
```

CONJUNTO MESA+CADEIRAS:

```
&MULT ID='A39', DX=0.6, DX0=6.9, DY0=0.6, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=7 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A39',
SURF_ID='MAD30x30' /
&MULT ID='A40', DX=0.6, DX0=7.2, DY0=0.3, DZ0=0.0, I_LOWER=0,
I_UPPER=6 /
&OBST XB=0.0,0.3,0.0,0.3,0.0,0.3, MULT_ID='A40',
SURF_ID='MAD30x30' /
```

QUEIMADOR PARA IGNIÇÃO DO INCÊNDIO:

```

-----  

&SURF ID='QUEIMADOR'  

COLOR='RED'  

HRRPUA=3000.0  

RAMP_Q = 'fire_ramp' /  

&RAMP ID='fire_ramp', T=0.0, F=0.0 /  

&RAMP ID='fire_ramp', T=30.0, F=1.0 /  

&RAMP ID='fire_ramp', T=120.0, F=1.0 /  

&RAMP ID='fire_ramp', T=150.0, F=0.0 /  

&VENT XB=12.3,12.6,6.6,6.9,0.0,0.0, SURF_ID='QUEIMADOR', IOR=3 /

```

TERMOPARES:

HALL:

```

&DEVC XYZ=14.1,7.2,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H30' /  

&DEVC XYZ=14.1,7.2,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H60' /  

&DEVC XYZ=14.1,7.2,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H90' /  

&DEVC XYZ=14.1,7.2,1.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H120' /  

&DEVC XYZ=14.1,7.2,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H150' /  

&DEVC XYZ=14.1,7.2,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H180' /  

&DEVC XYZ=14.1,7.2,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H210' /  

&DEVC XYZ=14.1,7.2,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H240' /  

&DEVC XYZ=14.1,7.2,2.7, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='H270' /

```

SALA DE ARQUIVO:

```

&DEVC XYZ=9.6,6.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S30' /  

&DEVC XYZ=9.6,6.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S60' /  

&DEVC XYZ=9.6,6.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S90' /  

&DEVC XYZ=9.6,6.0,1.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S120' /  

&DEVC XYZ=9.6,6.0,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S150' /  

&DEVC XYZ=9.6,6.0,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S180' /  

&DEVC XYZ=9.6,6.0,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S210' /  

&DEVC XYZ=9.6,6.0,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S240' /  

&DEVC XYZ=9.6,6.0,2.7, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='S270' /

```

DIRETORIA:

```

&DEVC XYZ=4.8,6.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D30' /  

&DEVC XYZ=4.8,6.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D60' /  

&DEVC XYZ=4.8,6.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D90' /  

&DEVC XYZ=4.8,6.0,1.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D120' /  

&DEVC XYZ=4.8,6.0,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D150' /  

&DEVC XYZ=4.8,6.0,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D180' /  

&DEVC XYZ=4.8,6.0,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D210' /  

&DEVC XYZ=4.8,6.0,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D240' /  

&DEVC XYZ=4.8,6.0,2.7, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='D270' /

```

SECRETARIA 2:

```
&DEVC XYZ=4.8,1.8,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-30' /
&DEVC XYZ=4.8,1.8,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-60' /
&DEVC XYZ=4.8,1.8,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-90' /
&DEVC XYZ=4.8,1.8,1.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-120' /
&DEVC XYZ=4.8,1.8,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-150' /
&DEVC XYZ=4.8,1.8,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-180' /
&DEVC XYZ=4.8,1.8,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-210' /
&DEVC XYZ=4.8,1.8,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-240' /
&DEVC XYZ=4.8,1.8,2.7, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE2-270' /
```

SECRETARIA 3:

```
&DEVC XYZ=9.3,1.8,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-30' /
&DEVC XYZ=9.3,1.8,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-60' /
&DEVC XYZ=9.3,1.8,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-90' /
&DEVC XYZ=9.3,1.8,1.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-120' /
&DEVC XYZ=9.3,1.8,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-150' /
&DEVC XYZ=9.3,1.8,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-180' /
&DEVC XYZ=9.3,1.8,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-210' /
&DEVC XYZ=9.3,1.8,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-240' /
&DEVC XYZ=9.3,1.8,2.7, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='SE3-270' /
```

-----  
PAREDE P3:

```
&DEVC XYZ=9.3,7.8,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-2,
ID='01' / na face
&DEVC XYZ=9.3,7.5,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='01G' / no gás
&DEVC XYZ=9.3,8.1,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=2,
ID='02' / na face
&DEVC XYZ=9.3,8.4,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='02G' / no gás
```

-----

PAREDE P10:

```
&DEVC XYZ=9.6,3.9,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=2,
ID='03' / na face
&DEVC XYZ=9.6,4.2,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='03G' / no gás
&DEVC XYZ=9.6,3.6,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-2,
ID='04' / na face
&DEVC XYZ=9.6,3.3,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='04G' / no gás
```

-----

PAREDE P25:

```
&DEVC XYZ=6.6,6.3,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=1,
ID='05' / na face
&DEVC XYZ=6.9,6.3,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='05G' / no gás
&DEVC XYZ=6.3,6.3,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-1,
ID='06' / na face
&DEVC XYZ=6.0,6.3,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='06G' / no gás
```

-----

```

PAREDE P27:
&DEVC XYZ=12,6,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-1, ID='07'
/ na face
&DEVC XYZ=11.7,6,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='07G' / no gás,
&DEVC XYZ=12.3,6,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=1, ID='08'
/ na face
&DEVC XYZ=12.6,6,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='08G' / no gás
-----
PAREDE P6:
&DEVC XYZ=14.1,6.6,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=2,
ID='09' / na face
&DEVC XYZ=14.1,6.9,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='09G' / no gás
&DEVC XYZ=14.1,6.3,2.4, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-2,
ID='10' / na face
&DEVC XYZ=14.1,6,2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='10G' / no gás
-----
LOCADOS NOS PONTOS DE EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS:
&DEVC XYZ=12.0,7.8,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-2,
ID='T01' /
&DEVC XYZ=12.0,4.8,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-1,
ID='T02' /
&DEVC XYZ=6.6,5.7,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=1,
ID='T03' /
&DEVC XYZ=6.6,6.0,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=1,
ID='T04' /
&DEVC XYZ=7.2,7.8,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-2,
ID='T07' /
&DEVC XYZ=15.0,7.8,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-2,
ID='T08' /
&DEVC XYZ=8.4,3.9,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=2,
ID='T09' /
&DEVC XYZ=10.8,3.9,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=2,
ID='T10' /
&DEVC XYZ=12,4.2,1.5, QUANTITY='WALL TEMPERATURE', IOR=-1,
ID='T11' /

ALTURA DA CAMADA LIVRE DE FUMAÇA NA SALA DE ARQUIVO:
&DEVC XB=9.6,9.6,6.0,6.0,0.0,2.7, QUANTITY='LAYER HEIGHT',
ID='ACF' /
-----
CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO NOS AMBIENTES:
&DEVC XB=12.0,16.5,6.6,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='OXYGEN', ID='COX_HA' / (HALL)
&DEVC XB=6.6,12.0,3.9,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='OXYGEN', ID='COX_SA' / (SALA DE ARQUIVO)
&DEVC XB=3.0,6.3,3.9,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='OXYGEN', ID='COX_DI' / (DIRETORIA)

```

```

&DEVC XB=3.0,6.3,0.0,3.6,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='OXYGEN', ID='COx_SE2' / (SECRETARIA 2)
&DEVC XB=6.6,12.0,0.0,3.6,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='OXYGEN', ID='COx_SE3' / (SECRETARIA 3)
-----
CONCENTRAÇÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO NOS AMBIENTES:
&DEVC XB=12.0,16.5,6.6,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='CCOx_HA' / (HALL)
&DEVC XB=6.6,12.0,3.9,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='CCOx_SA' / (SALA DE ARQUIVO)
&DEVC XB=3.0,6.3,3.9,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='CCOx_DI' / (DIRETORIA)
&DEVC XB=3.0,6.3,0.0,3.6,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='CCOx_SE2' / (SECRETARIA 2)
&DEVC XB=6.6,12.0,0.0,3.6,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='CCOx_SE3' / (SECRETARIA 3)
-----
CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NOS AMBIENTES:
&DEVC XB=12.0,16.5,6.6,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', ID='CCOOx_HA' / (HALL)
&DEVC XB=6.6,12.0,3.9,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', ID='CCOOx_SA' / (SALA DE ARQUIVO)
&DEVC XB=3.0,6.3,3.9,7.8,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', ID='CCOOx_DI' / (DIRETORIA)
&DEVC XB=3.0,6.3,0.0,3.6,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', ID='CCOOx_SE2' / (SECRETARIA 2)
&DEVC XB=6.6,12.0,0.0,3.6,0.0,2.7, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', ID='CCOOx_SE3' / (SECRETARIA 3)
-----
PLANO DE TEMPERATURAS DOS GASES:
&SLCF PBY=4.8, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_Y480' /
&SLCF PBY=7.2, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_Y720' /
&SLCF PBX=3.6, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_X360' /
&SLCF PBX=7.2, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_X720' /
&SLCF PBX=10.5, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_X105' /
&SLCF PBZ=0.3, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_Z030' /
&SLCF PBZ=1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_Z150' /
&SLCF PBZ=2.4, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
ID='PerfilTemp_Z240' /
-----
&TAIL/

```