

CONTROLE DE FUMAÇA: Conceitos e dimensionamento do sistema¹

Vanessa Lenhart da Rosa²

Ewerthon Cezar Schiavo Bernadi (orientador)³

RESUMO

Este artigo aborda a importância do controle de fumaça em edificações, tendo em vista que, de acordo com a bibliografia especializada, mais da metade das mortes, em casos de incêndio, é ocasionada pela fumaça e substâncias tóxicas geradas durante o incêndio. Neste trabalho são descritos os casos mais famosos de incêndio no Brasil, dando contexto a evolução da legislação atual no Brasil e também no estado de Santa Catarina. Com um projeto exemplo é descrito todos os passos a passos que um projeto de controle de fumaça deve possuir, seguindo a instrução técnica n. 41 de Minas Gerais.

Palavras-chave: Controle de Fumaça. Incêndio. Instrução Técnica.

1 INTRODUÇÃO

O fogo pode ser definido como uma reação de oxidação que libera calor e luz. Para que este fenômeno ocorra, é necessário o combustível, comburente, calor e também a reação em cadeia. A milhares de anos a humanidade incorporou o fogo a sua rotina, embora hoje tenhamos o fogo como parte essencial para nossa sobrevivência, de acordo com pesquisas do paleoantropólogo Dennis Sandgathe e arqueólogo Harold L. Dibble, para a revista Sapiens, os neandertais, não tinham essa dependência, acredita-se que a nossa dependência tenha começado no paleolítico superior (entre 40 e 10 mil anos atrás), mas é certo que surgiu no período neolítico com o surgimento da agricultura (cerca de 10 mil anos atrás). Ao longo do tempo fomos criando formas de controlar e lidar com o fogo e assim incorporando ainda mais a nossa rotina, como aquecimento de alimentos, objetos ou ambientes, para iluminação entre outras atividades que em algum momento, utilizamos o fogo.

O fogo pode surgir de origem natural ou induzida, por acidente ou não. Os de origem natural acontecem pela ação da natureza ou na ausência de contato com uma

¹ Artigo Apresentado à Faculdade Unisul, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, em 2022.

² Graduando em Engenharia Civil. – E-mail: vanessalenhart12@gmail.com.br

³ Professor orientador. Mestre em Engenharia Ambiental. Docente na Faculdade Unisul. E-mail: ewerthon.bernardi@animaeducacao.com.br

fonte externa de calor em caso de incêndio. Os de origem induzidas, podem ser por negligência, imprudência, imperícia ou até mesmo ação criminosa, as principais causas são: falhas em sistemas elétricos, cigarro, fogos de artifício, vazamento de líquidos inflamáveis como gás de cozinha, entre outros. Como dito, o controle do fogo foi fundamental ao nosso desenvolvimento a anos atrás, assim desenvolvemos diversas técnicas para extinguir o fogo, o seu princípio a inibição de um dos componentes que servem para o criá-lo. As formas de fazer isso é isolando, abafando ou esfriando.

De forma intuitiva geralmente ligamos o perigo do fogo ao calor, sua capacidade de queimar, mas na maioria incêndios documentados, as queimaduras são a parte mais fácil de lidar. Quando as chamas consomem materiais e produtos químicos, geram gases como o monóxido de carbono. De acordo Antônio et al. (2013) cerca de 60% a 80% dos óbitos imediatos, são atribuídos a inalação de fumaça, que podem ser classificadas, em três tipos: Asfixia, quando o incêndio reduz a concentração de oxigênio para até 10% e a inalação da fumaça (e seus gases tóxicos) impede a entrega de oxigênio aos tecidos; Queimadura nas vias respiratórias como boca, orofaringe e laringe; E intoxicação causa por outros gases e/ou micropartículas que compromete o pulmão e/ou outros tecidos internos.

Assim podemos observar a importância de um projeto de controle de fumaça, porém é um assunto pouco discutido, com poucas padronizações e regulamentações no Brasil. Em Santa Catarina é ainda pior, não existindo leis ou instruções técnicas que regulamentem esse sistema. Este trabalho tem como objetivo de dar um panorama geral da linha do tempo de como a legislação evoluiu no Brasil, enfatizar a sua importância e desenvolver e entender o que as instruções técnicas dizem sobre esse sistema usando um projeto exemplo.

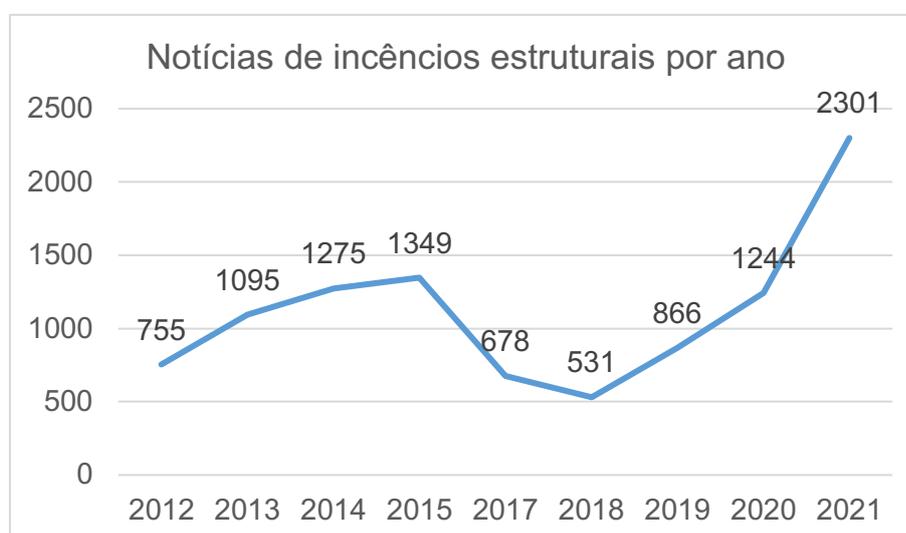
2 DESENVOLVIMENTO

A uma grande dificuldade em encontrar dados confiáveis sobre incêndio no Brasil, não há levantamentos dentro dos setores da segurança pública nacional, que mostrem o número de ocorrências de incêndio, o número de vítimas, a causa, entre inúmeros dados que são essenciais para se criar boas políticas de segurança contra incêndios. Entretanto é possível ter um panorama nacional com o ISB (Instituto

Sprinkler Brasil), uma organização sem fins lucrativos dedicada à divulgação de informações relativas ao combate a incêndios por meio da utilização de sprinklers.

Desde 2012, o ISB monitora diariamente as notícias sobre os chamados “incêndios estruturais” no Brasil, ou seja, aqueles que ocorreram em diversos tipos de locais construídos e que poderiam ter sido contornados com o uso de sprinklers. Estima-se, contudo, que os números representem menos que 3% da quantidade real de ocorrências. Analisando a Figura 1, é possível perceber um aumento expressivo no número de notícias de incêndios por ano no Brasil.

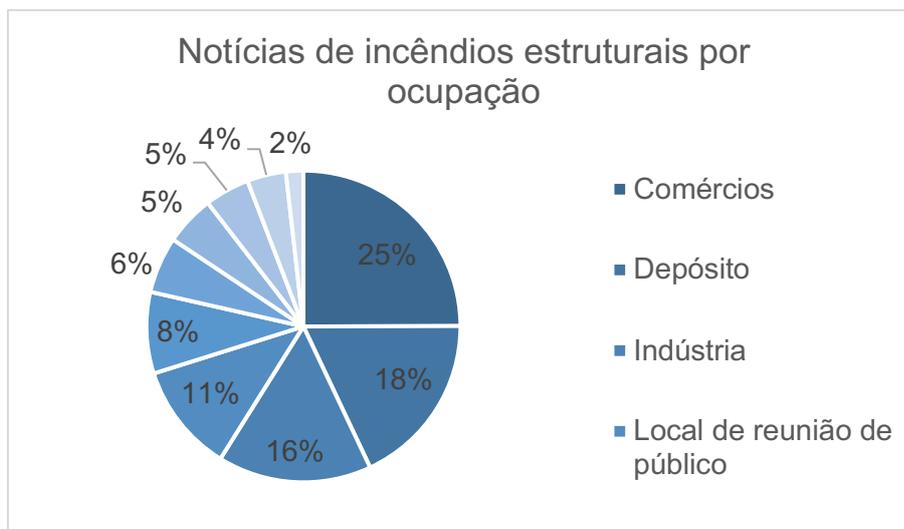
Figura 1 – Evolução dos casos entre 2012 e 2021



Fonte: Instituto Sprinkler Brasil – Estatísticas Gerais (2022)

Na Figura 2 temos a porcentagem de notícias de incêndio, por tipo de ocupação da edificação. Nele observamos que os estabelecimentos comerciais (lojas, shopping centers e supermercados) são os que mais têm registros de incêndios estruturais noticiados, seguidos por depósitos e indústria.

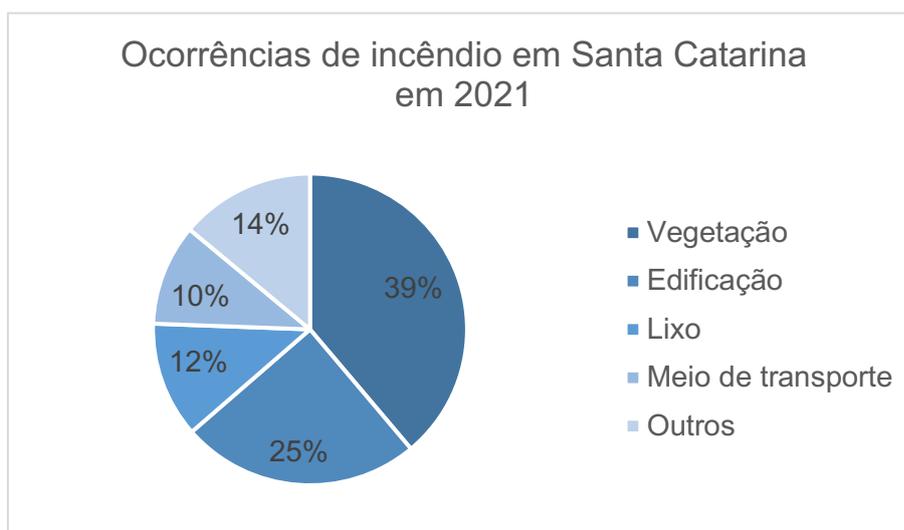
Figura 2 – Notícias de casos por tipo de ocupação em casos entre 2012 e 2021



Fonte: Instituto Sprinkler Brasil – Estatísticas Gerais (2022)

No estado de Santa Catarina o corpo de bombeiro disponibiliza alguns dados a respeito do número de ocorrências, onde ocorreram e a respeito de investigação, mas ainda assim bem genéricas. Na Figura 3, observamos que quase metade das ocorrências ocorridas em 2021 em Santa Catarina aconteceram em vegetações, seguido em edificações e lixo.

Figura 3 – Número de ocorrências de incêndio em Santa Catarina 2021



Fonte: Corpo de bombeiros militar de Santa Catarina – Estatísticas (2022)

2.1 CASOS DE INCÊNDIO NO BRASIL

O maior incêndio em número de vítimas que ocorreu no Brasil documentado foi a tragédia do Gran Circus Norte-Americano em 1961, no Rio de Janeiro, foi um ato criminoso cometido por um funcionário que havia sido dispensado a pouco tempo do circo, foram mais de 500 vítimas fatais e mais de 800 feridos, grande parte crianças (SEITO 2008). Entretanto, toda essa tragédia não foi o suficiente para mudar a perspectiva de como os incêndios eram tratados na época: sem legislação eficaz ou fiscalização. Apenas nos anos 70 os horizontes mudaram com uma sequência de grandes tragédias.

Em 1972, o edifício Andraus, localizado na região central da cidade de São Paulo, começou a pegar fogo após um provável curto-circuito, que incendiou cartazes de propaganda da loja Casas Pirani e em menos de 15 minutos, o fogo já havia consumido seis andares do prédio, foram 16 vítimas fatais e mais de 350 feridos, não sendo uma tragédia ainda maior por conta do heliponto que havia no prédio (SEITO 2008). Na Figura 4 temos uma fotografia do momento em que ocorria o incêndio no edifício Andraus.

Figura 4 – Incêndio no edifício Andraus



Fonte: Folha de São Paulo (2022)

Em 1974, o edifício Joelma, também localizado na região central da cidade de São Paulo, iniciou um incêndio a partir de um curto-circuito em um dos aparelhos de ar condicionado, com a grande quantidade de materiais inflamáveis, como carpetes e

cortinas (comuns em edifícios comerciais, haja visto que o edifício na época era locado pelo Banco CREFISUL), o fogo se espalhou ainda mais rápido, foram 187 vítimas e mais de 300 feridos, sendo que muitas das vítimas não conseguiram ser identificadas pelo nível de carbonização que se encontrava (SEITO 2008). Na Figura 5 temos uma fotografia aérea do edifício Joelma durante o trabalho dos bombeiros para conter o fogo.

Figura 5 – Incêndio no edifício Joelma



Fonte: BENI (2013)

Juntos Andraus e Joelma, causaram grande impacto na sociedade paulistana e deram início a um conjunto de processo de reformulação das medidas de segurança contra incêndios pelo Brasil, porém mudanças de verdade ocorreram após o caso da Boate Kiss.

Em 2013, a Boate Kiss, localizada na cidade de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, sediava uma festa universitária chamada “Agromerados”. Durante o show da Banda Gurizada Fandangueira, um dos integrantes disparou um artefato pirotécnico, conhecido popularmente como “Sputnik”, que atingiu o teto da edificação, incendiando a espuma de isolamento acústico (instalado de forma irregular), que por ser altamente inflamável e tóxico fez com que o fogo se espalhasse rapidamente e laudos confirmam que a causa da morte das vítimas foi intoxicação por cianeto, foram 242 mortes e mais de 600 feridos (TJRS 2021). Na Figura 6 temos uma fotografia do interior da boate, tirada no dia seguinte após a extinção do incêndio.

Figura 6 – Interior da Boate Kiss após a tragédia



Fonte: RBS TV (2013)

2.2 LEGISLAÇÃO

Uma semana após o incêndio no edifício Joelma, a prefeitura de São Paulo editou um decreto municipal e logo incorporou à lei o novo código de edificações para o município de São Paulo. A primeira manifestação técnica aconteceu no mês seguinte, quando o clube de engenharia do Rio de Janeiro realizou uma reunião para tratar da Segurança Contra Incêndio, buscando desenvolvimento de três frentes: como evitar incêndios; como combatê-los; e como minimizar seus efeitos. Durante todo o ano de 1974 até 1980, houve diversas movimentações no meio técnico, com realização de reuniões, relatórios, ações e edições, nos poderes legislativo e executivo por todo o Brasil.

Nos últimos 40 anos, o Brasil não elaborou uma única legislação para regulamentar o controle de fumaça, existem normas da ABNT e mais 27 regulamentações estaduais, que em muitos casos são conflitantes e possuem divergências técnicas. É importante a uniformização das leis de incêndio, assim criando um código nacional, padronizando os procedimentos e a fiscalização. Apenas em 2017, após o caso da Boate Kiss foi sancionada a Lei nº 13.425, que estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e desastres, onde regulamenta que cabe ao Corpo de Bombeiros Militar planejar, analisar, avaliar, vistoriar, aprovar e fiscalizar as medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público, sem

prejuízo das prerrogativas municipais no controle das edificações e do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano e das atribuições dos profissionais responsáveis pelos respectivos projetos.

Dentro deste contexto, Santa Catarina é um estado que possui a lei 16.157/2013 que exigia o controle de fumaça, porém foi revogada, por falta de uma instrução normativa que criasse parâmetros de projeto e defina métricas de fiscalização. Este fato não desmerece a importância do controle de fumaça em edificações, como dito anteriormente, cerca de 60% a 80%, dos óbitos imediatos são por conta da fumaça, que é extremamente nociva ao nosso organismo.

Apenas 7 (sete) estados possuem normativa específica sobre o sistema e quatro outros estados usam a normativa de São Paulo e 15 (quinze) estados mais distrito federal que não contam com nenhuma regulamentação. Conforme análise realizada por SOARES (2018) é possível concluir que, a IT 15 de São Paulo, possui uma grande importância para o Brasil, por ter sido a primeira e cumprir o papel de ser clara e objetiva, sendo uma boa referência para outros estados que não se regulamentaram ainda, porém a mesma conclui que IT 41 de Minas Gerais, se destaca por ser mais extensa e completa, envolvendo todos os sistemas e não causando repetição e sim colaboração entre os sistemas, de forma mais rigorosa, possui uma organização que permite uma interpretação mais clara de todos os processos.

2.3 PROJETO DE CONTROLE DE FUMAÇA

O projeto de controle de fumaça consiste em diversos mecanismos que retiram a fumaça da edificação. Esses mecanismos podem ser naturais ou mecânicos, porém independente do sistema deve garantir funcionamento pleno em caso de emergência. O objetivo com o sistema é garantir que a edificação possua pressão negativa, garantindo que o ar entre (permitindo a saída de todas as pessoas) e retirando toda a fumaça da edificação. O princípio básico do controle de fumaça, de acordo com SEITO (2008), é evitar que a fumaça se espalhe pela da edificação e para fornecer meios pelos quais a fumaça e o calor possam ser extraídos.

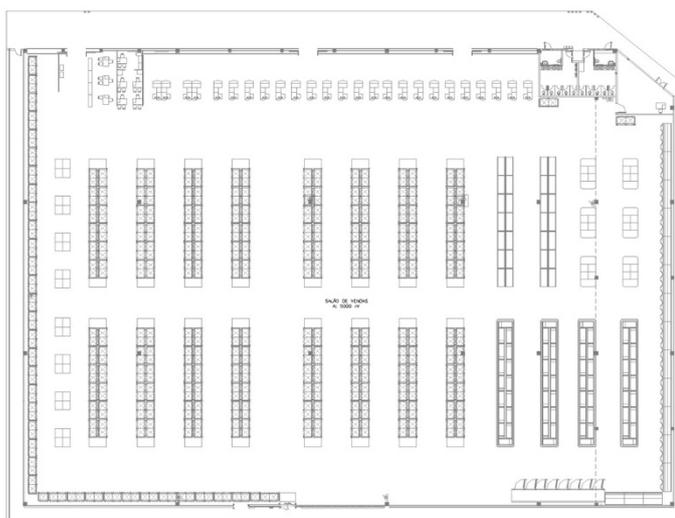
3 METODOLOGIA

Neste trabalho, usando metodologia aplicada com estudo exploratório, iremos fazer o projeto de controle de fumaça de um comércio de atacado, seguindo a instrução técnica IT 41 de Minas Gerais.

3.1 DADOS DO PROJETO

O projeto que será usado para fim de exemplo, é de um supermercado atacadista genérico (ver Figura 7). Sua área é de 5000 m² (cinco mil metros quadrados), possui um telhado em estrutura metálica de duas águas e seu pé direito no ponto mais alto é de 10 (dez) metros de altura e no ponto mais baixo 8 (oito) metros. Dentro do estabelecimento, será instalada prateleiras metálicas que terão capacidade de armazenamento de até 5 (cinco) metros de altura, podendo variar de acordo com o tipo de mercadoria. No estabelecimento serão armazenados diversos tipos de produtos como: alimentos, bebidas, itens para casa, equipamentos de refrigeração, além disto é um ambiente com grande capacidade de público, possuindo lotação máxima de 800 pessoas. Haverá sistema de chuveiros automáticos e sistema de detecção de fumaça.

Figura 7 – Projeto Supermercado Atacadista Genérico



Fonte: Do autor (2022)

3.2 INSTRUÇÃO TÉCNICA – IT 41

Antes de começar a projetar é importante entender as opções de sistemas que temos e quais seus limites. Conforme a IT 41, o sistema deve ser dimensionado de forma a proteger áreas comuns, de circulação, de concentração de público, átrios (espaço aberto, criado por um ou mais andares, conectando os pavimentos, podendo ser coberto ou não, geralmente usado em locais de com escadas ou shafts), corredores, subsolos, ambientes sem janelas, com área superior a 300 m² (trezentos metros quadrados) em edificações altas (com altura superior a 54 (cinquenta e quatro) metros).

A instrução define três tipos de sistemas, para o controle de fumaça, definidos pelo mecanismo adotado para realizar a entrada e a extração de fumaça, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Tipo de sistema por entrada de ar e extração de fumaça

TIPO	CONTROLE	ENTRADA DE AR	EXTRAÇÃO DE FUMAÇA
1	Natural	Natural	Natural
2	Mecânico	Mecânico	Mecânico
3	Combinado	Natural	Mecânico

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais – Instrução Técnica N. 41 (2020)

O sistema de controle natural (Tipo 1) não pode ser usado em qualquer situação. Não pode ser usado em edificações ou pavimentos sem janelas com área superior a 500 m² ou com população superior a 100 (cem) pessoas, em áreas de circulação dos átrios cobertos, em situações que a área de abertura de entrada de ar for menor que a área das aberturas para extração de fumaça e em edificações com altura superior a 54 (cinquenta e quatro) metros.

No sistema de controle natural entrada de ar pode ser composta por aberturas de entrada de ar localizadas nas fachadas, acantonamentos adjacentes ou ainda ligadas a dutos de captação de ar externo, grelhas e/ou venezianas, vãos das escadas abertas ou ao ar livre ou até outra forma, mas que atenda as necessidades. As

aberturas de entrada de ar devem ser permanentes ou automatizadas, de forma que garantam a entrada de ar independente de uma ação humana. As aberturas devem estar posicionadas com base no movimento da fumaça, de forma a não interferir nas saídas das pessoas. A extração de fumaça natural pode ser composta por exaustores naturais (aberturas, claraboia, alçapão, grelhas, janela...), mecanismo elétricos, pneumáticos e mecânicos de acionamento dos dispositivos de extração de fumaça, registros corta-fogo e fumaça ou ainda outros que atendam as exigências do projeto. As aberturas de extração devem estar localizadas longe das entradas de ar, a fim de se evitar a possibilidade de a fumaça entrar novamente para dentro da edificação.

O sistema de controle mecânico de fumaça (Tipo 2) é quando a entrada de ar e extração de fumaça se dá de forma mecânica. A entrada de ar pode ser realizada por abertura de ar com insuflação mecânica por meio de grelhas e/ou dutos. A extração de fumaça mecânica pode ser realizada por dutos, grelhas de extração de fumaça, mecanismos elétricos, pneumáticos, mecânicos de acionamento dos dispositivos de extração de fumaça, registro corta-fogo e fumaça e ventiladores de controle mecânicos de fumaça. Esse tipo também pode ser interligado ao sistema de climatização e/ou renovação de ar existente.

O sistema de controle combinado de fumaça (Tipo 3) é quando a entrada de ar se dá por meio natural e a extração de fumaça é mecânica. A entrada de ar é feita da mesma forma que o Tipo 1 e a extração mecânica é realizada da mesma forma que o Tipo 2.

3.2.1 EXTRAÇÃO DE FUMAÇA

A área de extração é obtida seguindo fatores, cálculos e tabelas definidas pela instrução. Para dimensionar a extração mecânica, devemos observar os seguintes fatores:

- Tamanho do incêndio (I_a): O tamanho do incêndio é obtido pelo produto da área do tamanho do incêndio (obtido pela Tabela 8 da CBMMG IT 41 – Controle de Fumaça) e a altura de estocagem;
- Taxa de liberação de calor (Q'): Taxa de liberação de calor é obtido pela Tabela 9 da CBMMG IT 41 – Controle de Fumaça;

- Altura da camada de fumaça em relação ao piso: A altura livre de fumaça deve garantir que as pessoas possam sair em segurança, sendo que deve estar no mínimo 2 (dois) metros acima do piso e no caso de depósito de mercadorias (como nosso exemplo) deve se considerar 0,5 (meio) metro acima do topo dos produtos;
- Taxa total de liberação de calor (Q_t): A taxa de liberação de calor total é obtida pelo produto do tamanho do incêndio e a taxa de liberação de calor;
- Tempo para camada de fumaça descer até a altura de projeto: O tempo para a camada de fumaça descer a altura de projeto, pode ser determinada pela relação das seguintes situações: quando nenhum sistema de extração estiver funcionando, quando a vazão máxima da extração for superior ou igual a coluna de fumaça e quando a vazão de extração for menor que a coluna de fumaça. Como o projeto possui chuveiros automáticos, devemos calcular o tempo considerando condições de queima estáveis, que é calculado como a Equação 1, da instrução técnica N. 41 do corpo de bombeiros militar de Minas Gerais:

$$z/H = 1,11 - 0,28 \times \ln \left[\frac{t \times Q^{1/3}}{\left(\frac{A}{H^2}\right)} \right] \quad (1)$$

Onde “z” é altura de projeto da camada de fumaça acima do piso (m), “H” é altura do teto acima da superfície de fumaça (m), “t” é tempo (s), “Q” é taxa de liberação de calor total de queima estável (kW) e “A” é área de acantonamento (m²);

- Altura da chama: Para determinar a altura da chama, seguimos a Equação 2, da instrução técnica N. 41 do corpo de bombeiros militar de Minas Gerais:

$$z_1 = 0,166 \times Q_c^{2/5} \quad (2)$$

Onde “z₁” é limite de elevação da chama (m) e Q_c é porção convectiva da taxa de liberação de calor, estimada em 70% da taxa de liberação de calor total (Q_t) (kW);

- Massa de fumaça a ser extraída: Para o dimensionamento da massa de fumaça a ser extraída, primeiro precisamos observar se a altura da

camada de fumaça (z) é maior ou menor a altura (z_1). No nosso caso $z \leq z_1$, então deve se usar a Equação 3 da instrução técnica N. 41 do corpo de bombeiros militar de Minas Gerais:

$$m = 0,032 \times Q_c^{3/5} \times z \quad (3)$$

Onde “ m ” é vazão mássica da coluna de fumaça para a altura z (kg/s), “ z ” é altura de projeto da camada de fumaça acima do piso (m) e Q_c é porção convectiva da taxa de liberação de calor, estimada em 70% da taxa de liberação de calor total (Q_t) (kW);

- Volume de fumaça produzido: O volume de fumaça produzido, se dá pelo quociente da vazão mássica da coluna de fumaça pela densidade da fumaça, de acordo com a temperatura adotada. A densidade depende da existência ou não de chuveiros automáticos e temos: com chuveiro automático: $T=70^\circ\text{C}$ e $\rho=0,92$ e sem chuveiro automático: $T=300^\circ\text{C}$ e $\rho=0,55$;
- Dimensionamento dos exaustores: Para o dimensionamento dos exaustores deve se acrescentar 25% em relação a vazão de fumaça, para compensar perdas no ventilador, dutos e coeficiente de segurança.

3.2.2 ENTRADA DE AR

A entrada de ar é calculada a partir da premissa que a soma das áreas de entrada de ar deve ser igual ou menor às áreas de abertura destinadas à extração de fumaça. Assim será considerado 60% da vazão do exaustor para as aberturas destinadas a entrada de ar, garantindo a diferença de pressão desejada.

3.2.3 ELEMENTOS E EQUIPAMENTOS DO SISTEMA

As áreas de acantonamentos não podem ultrapassar 1600 (mil e seiscentos) m^2 e o comprimento máximo é de 60 (sessenta) metros. Devem ser construídas de material rígido e estável, que sejam incombustíveis, que possuam resistência ao calor de no mínimo 60 minutos. As barreiras devem ser 25% da altura de referência, sendo no mínimo 0,5 (meio) metro, em casos que a altura for maior de 6 metros, deve se considerar a altura da barreira mínima igual a 2 (dois) metros.

Nas áreas de abertura de entrada de ar devem ser em zona livre de fumaça em pontos o mais baixo possível. A soma das áreas de entrada de ar deve ser igual ou menor às áreas de abertura destinadas à extração de fumaça, pois a ideia é criar um ambiente com pressão negativa, ajudando assim a saída da fumaça para fora da edificação.

Os dutos destinados ao sistema adotado no projeto (Tipo 3), devem seguir algumas características, sendo elas:

- Ser construída em material incombustível e ter resistência ao calor de no mínimo 60 minutos;
- Possuir estanqueidade satisfatória;
- Velocidade máxima de 10 m/s quando construído de alvenaria ou gesso e velocidade máxima de 15 m/s quando construído em chapa metálica;
- Quando atravessam paredes de divisão ou lajes entre pavimentos, deve ser instalados registros corta fogo, eles devem ter resistência ao fogo previstos anteriormente;
- Dutos utilizados para transporte de fumaça de 70°C (em sistemas que possuem chuveiros automáticos), podem ser construídos em chapa de aço galvanizado conforme NBR 16401, porém dutos para transporte de fumaça a 300°C, devem ser construídos em chapa de aço carbono com bitola mínima 16 MSG, de construção soldada nas juntas longitudinais e flangeadas nas juntas transversais, com vedação resistente ao calor por no mínimo 60 minutos.

Já as grelhas e veneziana, assim como os outros elementos, também devem ser constituídas de material incombustíveis, podem ou não possuir dispositivos corta fogo (registros), a relação entre altura e comprimento não deve ser superior a 2.

4 RESULTADOS

Analisando as informações, o Tipo 1 é descartado por não suprir as necessidades do projeto, entre o Tipo 2 e 3, será adotado o Tipo 3, a sua justificativa é que por possuir um sistema híbrido, permite que o sistema tenha um custo-benefício melhor, pois elimina a necessidade de ventiladores (equipamentos caros) na entrada de ar.

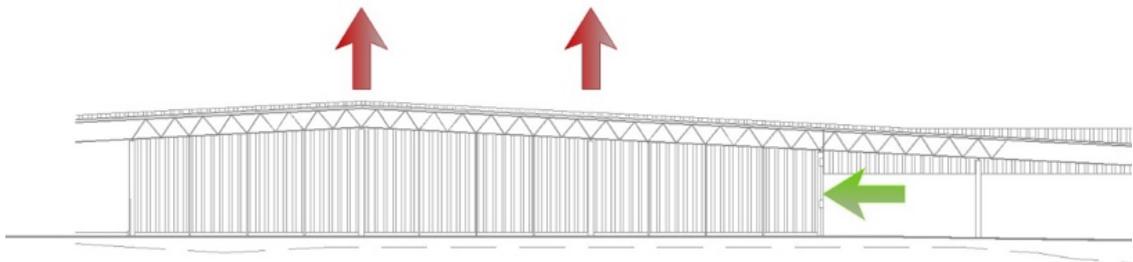
O primeiro passo é separar as edificações em zonas menores que 1600 m² que também são as definições dos acantonamentos e definir onde será realizada a entrada de ar e extração de fumaça conforme as Figuras 9 e 10.

Figura 9 – Zonas de acantonamentos e entrada de ar e extração de fumaça em planta baixa



Fonte: Do autor (2022)

Figura 10 – Entradas de ar e extração de fumaça em corte



Fonte: Do autor (2022)

No Quadro 2 temos os dados das zonas.

Quadro 2 – Dados do ambiente

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG		
1) Dados do ambiente		
Ambiente	Área (m ²)	Pé direto (m)
Zona 1	1240	8
Zona 2	1600	8
Zona 3	1225	8
Zona 4	935	8

Fonte: Do autor (2022)

4.1 EXTRAÇÃO DE FUMAÇA

Para calcular a extração de fumaça foi usado o procedimento da instrução técnica N. 41, conforme descrito anteriormente na metodologia. Para definir a altura livre de fumaça temos 8 (oito) metros de altura e 5 (cinco) metros de altura para estocagem, restando 2,5 (dois e meio) metros de camada de fumaça. Segue o restante dos resultados nos Quadros 3 a 9:

Quadro 3 – Tamanho do incêndio

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG						
2) Tamanho do incêndio						
Ambiente	Dados obtidos da Tabela 8 – Tamanho do incêndio				Altura de estocagem	Tamanho do incêndio (I_a)
	Categoria de risco (adotado)	Tamanho do incêndio (m)	Perímetro (m)	Área (m^2)		
Zona 1, 2, 3 e 4	Médio (de 300 a 1.200 MJ/ m^2)	4,0 x 4,0	16	16	5	80

Fonte: Do autor (2022)

Quadro 4 – Taxa de liberação de calor total

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG				
3) Taxa de liberação de calor total (Q_t)				
Ambiente	Dados obtidos da Tabela 9 – Taxa de liberação de calor		Tamanho do incêndio (I_a)	Taxa de liberação de calor total (Q_t) (kW)
	Ocupação (adotada)	Taxa de liberação (Q')		
Zona 1, 2, 3 e 4	Comercial	500	80	40000

Fonte: Do autor (2022)

Quadro 5 – Tempo para a camada de fumaça descer a altura de projeto

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG					
4) Tempo para a camada de fumaça descer a altura de projeto					
Ambiente	Altura da camada de fumaça (m)	Altura (m)	Taxa de liberação de calor total (Q_t)	Área de acantonamento (m^2)	Tempo (s)
Zona 1, 2, 3 e 4	2,5	8	40000	1240	156,5

Fonte: Do autor (2022)

Quadro 6 – Altura da chama

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG		
5) Altura da chama		
Ambiente	Taxa de liberação de calor total (Q_t)	Altura da chama (m)
Zona 1, 2, 3 e 4	40000	9,97

Fonte: Do autor (2022)

Quadro 7 – Massa de fumaça a ser extraída

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG		
6) Massa de fumaça a ser extraída		
Ambiente	Taxa de liberação de calor total (Q_t)	vazão mássica da coluna de fumaça (kg/s)
Zona 1, 2, 3 e 4	40000	9,36

Fonte: Do autor (2022)

Quadro 8 – Volume de fumaça produzida

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG			
7) Volume de fumaça produzido			
Ambiente	Vazão mássica da coluna de fumaça (kg/s)	Densidade da fumaça (kg/m ³)	Volume produzido pela fumaça (m ³ /s)
Zona 1, 2, 3 e 4	9,36	0,92	10,17

Fonte: Do autor (2022)

Quadro 9 – Vazão do exaustor

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG			
8) Volume de fumaça produzido			
Ambiente	Volume produzido pela fumaça (m ³ /s)	Volume produzido pela fumaça + 25% (m ³ /s)	Volume produzido pela fumaça + 25% (m ³ /h)
Zona 1, 2, 3 e 4	10,17	12,72	45792

Fonte: Do autor (2022)

Para fins de exemplo, foi dimensionado um exaustor de fumaça da empresa Berliner Luft. Dados de seleção:

- Para cada zona serão adotados 2 (dois) exaustores;
- Vazão 22.896 m³/h;
- Pressão 15 mmCA;
- Velocidade no ventilador 10 m/s.

Concluindo, serão 8 (oito) exaustores, sendo 2 (dois) por zona, com vazão de 22.896 m³/h cada, pressão 15 mmCA e velocidade no ventilador 10 m/s, modelo de referência: Berliner Luft VHFS 900.

4.2 ENTRADA DE AR

Para calcular a entrada de ar foi utilizado o procedimento da instrução técnica N. 41, conforme descrito anteriormente na metodologia. No Quadro 10 temos a volume da entrada de ar.

Quadro 10 – Volume de entrada de ar

Controle de fumaça segundo IT N.41 do CBM-MG		
9) Altura da chama		
Ambiente	Volume adotado para o exaustor (m ³ /h)	Volume adotado para entrada de ar (m ³ /h)
Zona 1, 2, 3 e 4	45792	27475,20

Fonte: Do autor (2022)

Para fins de exemplo, foi dimensionado as venezianas da empresa Tropical. Dados de seleção:

- Vazão cada zona 27475,20 m³/h;
- Velocidade na veneziana 2,5 m/s;
- Vão livre de 6,60mx0,50m

Concluindo, é necessárias uma abertura livre de 3,05 m² em cada zona, com 6 (seis) venezianas 1000x500, modelo referência: Tropical TAE 1000x500.

4.3 ENTRADA DE AR

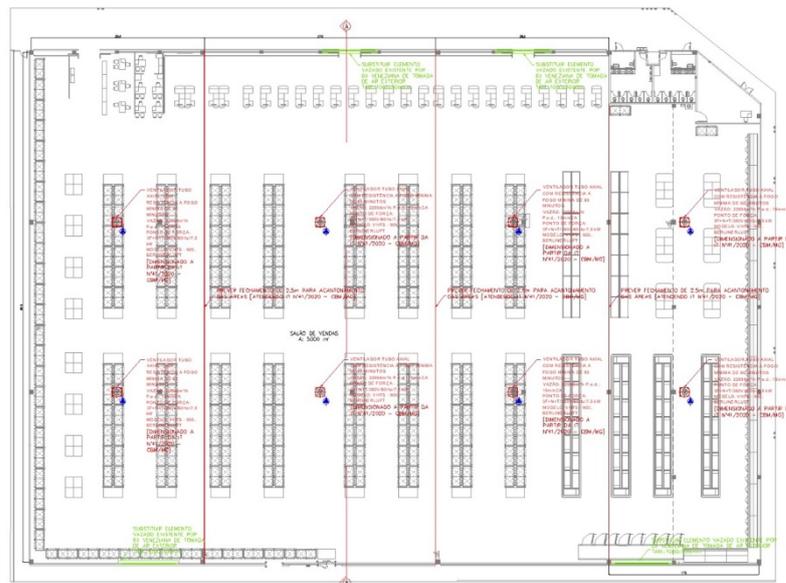
As áreas de acantonamentos, como calculado anteriormente, serão 4 (quatro) áreas de acantonamentos. No projeto foi adotado uma altura de 2,5 (dois e meio) metros e as barreiras foram posicionadas alinhadas com os pilares.

As áreas de aberturas de entrada no ar como já previsto no projeto arquitetônico, conjunto de elementos vazados logo acima da abertura das portas (cerca de 3 metros do piso) na fachada da frente e de trás da edificação que serão reformuladas para ser utilizadas junto ao sistema, seguindo o dimensionamento.

Todos os dutos do projeto deverão ser construídos em chapa de aço galvanizado conforme NBR 16401. As grelhas e veneziana, assim como os outros elementos, seguiram todas as discriminações da instrução técnica.

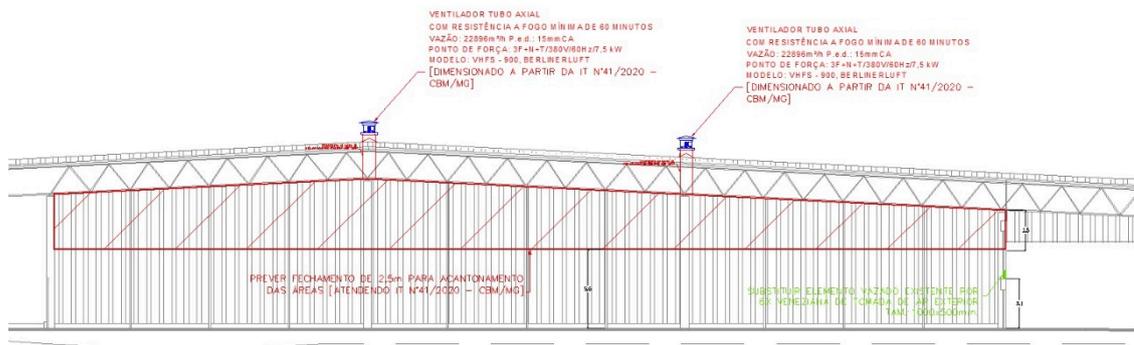
Com os cálculos prontos, podemos posicionar os elementos do sistema, eles serão descritos a seguir e podem ser observados nas Figuras 11 e 12 e mais detalhes do projeto final nos anexos A, B e C localizados no fim desse artigo.

Figura 11 – Projeto final planta baixa



Fonte: Do autor (2022)

Figura 12 – Projeto final corte



Fonte: Do autor (2022)

5 CONCLUSÃO

Após análises é possível identificar que o Brasil não possui um banco de dados sobre o número de ocorrências de incêndios, não sendo possível determinar o número real de vítimas. Devido ao tipo de legislação que temos hoje em dia, a evolução das leis e regulamentações para a prevenção de incêndios no Brasil foi pautada em grandes tragédias, que custou a vida de inúmeras vítimas e deixou sequelas em tantas outras.

É possível observar o impacto da fumaça em incêndios, como visto, mais da metade dos óbitos imediatos se dá pela inalação de fumaça. É de suma importância criamos estratégias para evitar situações como a Boate Kiss mencionada, onde grande parte dos obtidos se deu pela intoxicação de cianeto, uma substância tóxica liberada quando teve a queima do material de isolamento acústico da casa. Santa Catarina ainda não possui nenhuma legislação a respeito do controle de fumaça e ressaltamos a necessidade de uma revisão desse tipo de projeto, haja visto que é a principal causa de vítimas de óbito quando o assunto é incêndio.

Apesar da IT 15 de São Paulo, ser a mais utilizada no Brasil conforme SOARES (2018), tanto por estados que adotam ela, quanto estados que criaram suas próprias instruções baseadas nela, é possível observar que a IT 41 de Minas Gerais é satisfatória e trás o assunto de uma forma completa e didática, além de possuir revisões mais atuais (última revisão se deu em 2020). É bem simples seguir o passo a passo da instrução assim como foi realizado neste artigo, as informações são claras e objetivas.

Este artigo buscou tornar o assunto mais objetivo, através de dados que mostram a relevância do assunto e desenvolvimento de um projeto exemplo utilizando apenas a instrução técnica N. 41 de Minas Gerais. Entretanto é um assunto que precisa de estudos mais aprofundados, principalmente relacionado ao histórico regional das principais causas de incêndio no estado de Santa Catarina.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIO, A. C. P.; CASTRO, P. S.; FREIRE, L. O. **Lesão por inalação de fumaça em ambientes fechados: uma atualização.** Jornal Brasileiro de Pneumologia, 38 (3), jun. 2013

BENI, E. A. **O incêndio do Edifício Joelma – um breve relato.** São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/o-incendio-do-edificio-joelma-um-breve-relato/>. Acesso em 26 mai. 2022.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. **Instruções Técnicas.** Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://www.bombeiros.mg.gov.br/normastecnicas>. Acesso em: 15 abr. 2022.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Estatísticas.** Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://portal.cbm.sc.gov.br/institucional/estatisticas-cbm-sc>. Acesso em: 15 abr. 2022.

FLORES, B. C.; ORNELAS, É. A.; DIAS, L. E. **Fundamentos de Combate a Incêndio – Manual de Bombeiros.** Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Goiânia, 1aed: 2016, 150p.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Após 50 anos, sobreviventes relembram drama vivido no incêndio do Andraus.** São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2022/02/apos-50-anos-sobreviventes-relembra-drama-vivido-no-incendio-do-andraus.shtml>. Acesso em: 20 jun. 2022.

INSTITUTO SPRINKLER BRASIL. **Estatísticas.** 2021. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/>. Acesso em 18 abr. 2022.

MEMÓRIA GLOBO. **Incêndio no Edifício Joelma.** São Paulo, 2021. Disponível em: <https://memoriaglobo.globo.com/jornalismo/coberturas/incendio-no-edificio-joelma/noticia/incendio-no-edificio-joelma.ghtml>. Acesso em: 20 jun. 2022.

RBS TV. **Veja fotos do interior da boate Kiss após tragédia em Santa Maria.** Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/fotos/2013/01/veja-fotos-da-boate-onde-231-pessoas-morreram-em-santa-maria.html>. Acesso em 20 jun. 2022.

SAPIENS. **Who Started the First Fire?.** 2017. Disponível em: <https://www.sapiens.org/archaeology/neanderthal-fire/>. Acesso em: 18 abr. 2022.

SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; DA SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; Valdir P.; Silva. A. **Segurança Contra Incêndio no Brasil.** Projeto Editora, SP 2008.

SKOP. **Prevenção e as principais causas de incêndios.** 2016. Disponível em: <http://www.skop.com.br/2016/06/09/prevencao-e-as-principais-causas-de-incendios/>. Acesso em: 18 abr. 2022.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Caso Kiss – O Caso**. Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://www.tjrs.jus.br/novo/caso-kiss/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

7 ANEXOS

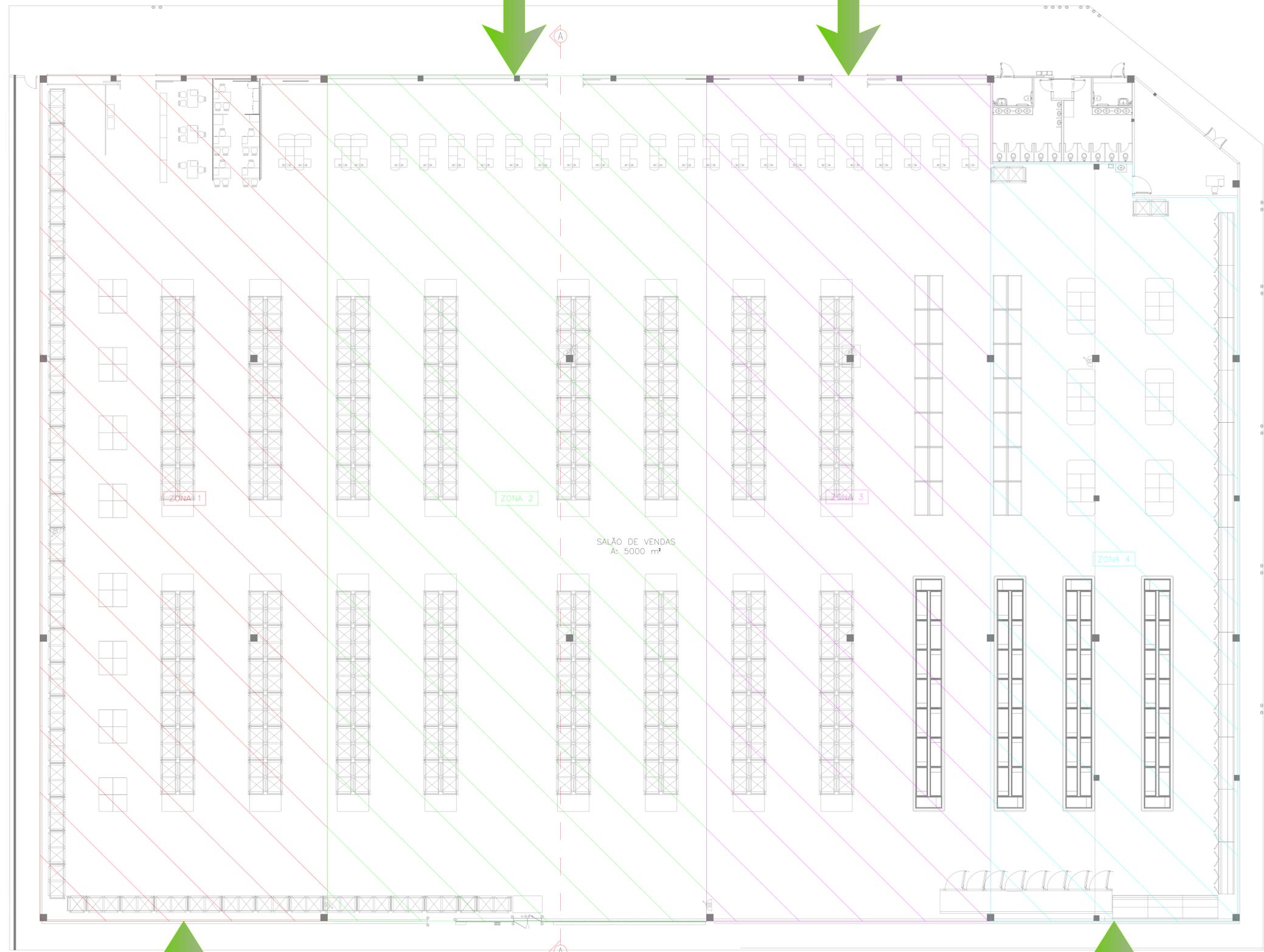
Anexos a seguir.

ANEJO A

CORTE A-A - SALÃO DE VENDAS
ESC.: 1/100



PLANTA BAIXA - SALÃO DE VENDAS
ESC.: 1/100



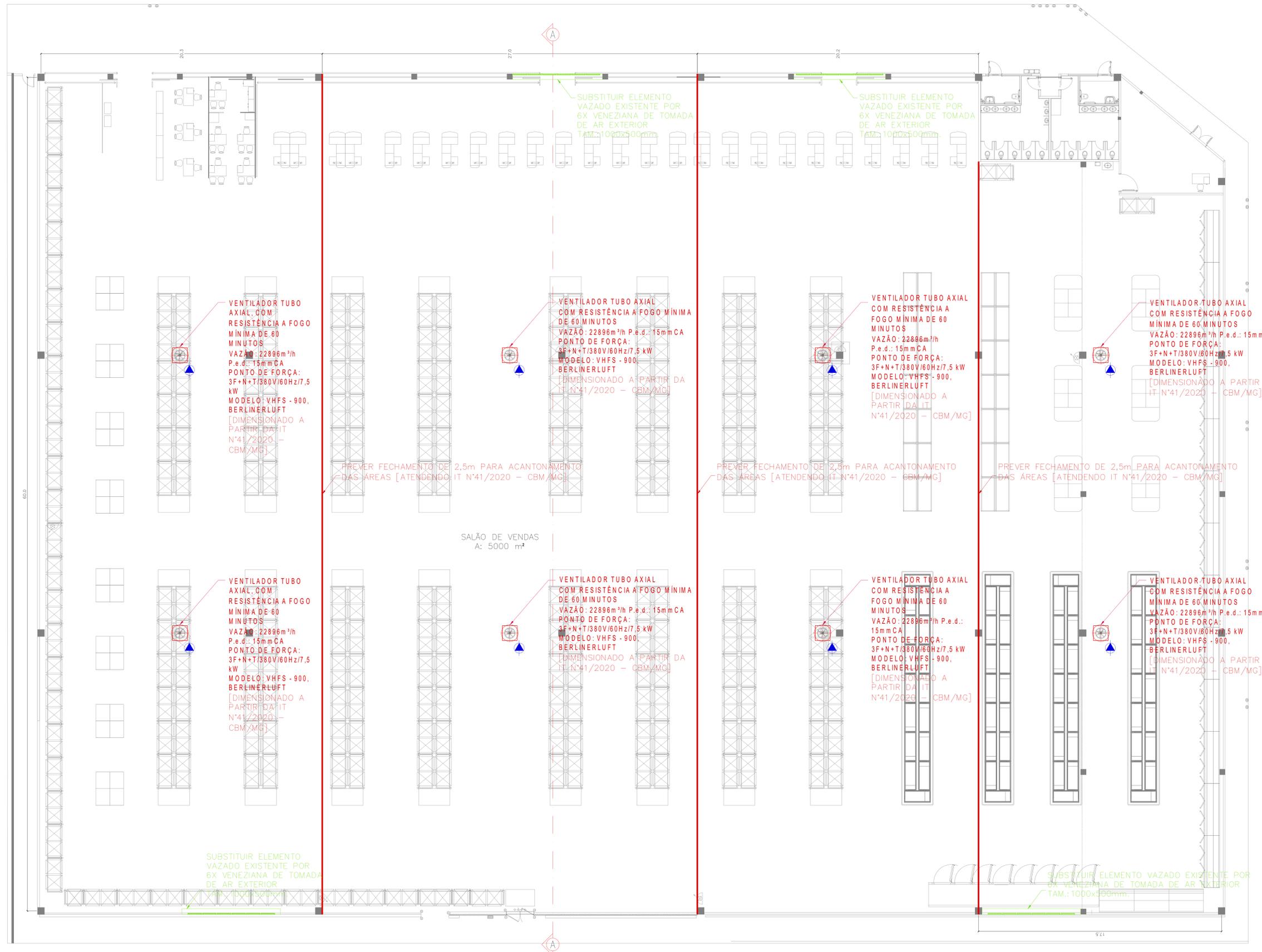
OBSERVAÇÕES

• O presente projeto está totalmente referenciado pelo I.T. N° 41/2020 do Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais.

REVISÕES

N°	DESCRIÇÃO	DES.	VERIF.	APROV.	DATA
00	Emissão Inicial				24/06/2022

OBRA	DESCRIÇÃO	FASE DO PROJETO	REVISÃO
	SUPERMERCADO ATACADISTA GERAL	ESTUDO PRELIMINAR	00
PROJETO	EXTRAÇÃO DE FUMAÇA - ZONAMENTO PLANTA BAIXA E CORTE	ESCALA	FOLHA
		1/100	01/03
CLIENTE	UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina	FLORIANÓPOLIS - SC	24/06/2022



SALÃO DE VENDAS
A: 5000 m²

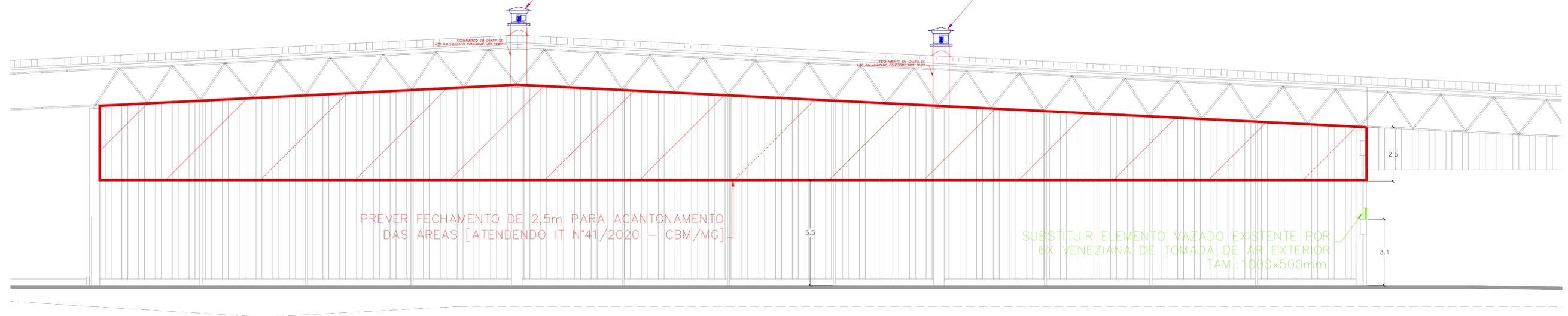
OBSERVAÇÕES			
O presente projeto está totalmente referenciado pelo I.T. N° 41/2020 do Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais			

REVISÕES					
N°	DESCRIÇÃO	DES.	VERIF.	APROV.	DATA
00	Emissão Inicial	VLR	VLR	VLR	24/06/2022

OBRA	SUPERMERCADO ATACADISTA GÊNÉRICO	FASE DO PROJETO	ESTUDO PRELIMINAR	REVISÃO	00
PROJETO	EXTRAÇÃO DE FUMAÇA PLANTA BAIXA	ESCALA	1/100	FOLHA	02/03
CLIENTE	UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina FLORIANÓPOLIS - SC	DATA	24/06/2022		

VENTILADOR TUBO AXIAL
 COM RESISTÊNCIA A FOGO MÍNIMA DE 60 MINUTOS
 VAZÃO: 22896m³/h P.e.d.: 15mmCA
 PONTO DE FORÇA: 3F+N+T/380V/60Hz/7,5 kW
 MODELO: VHFS - 900, BERLINERLUFT
 [DIMENSIONADO A PARTIR DA IT N°41/2020 -
 CBM/MG]

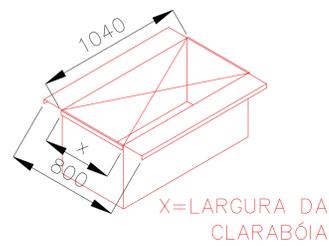
VENTILADOR TUBO AXIAL
 COM RESISTÊNCIA A FOGO MÍNIMA DE 60 MINUTOS
 VAZÃO: 22896m³/h P.e.d.: 15mmCA
 PONTO DE FORÇA: 3F+N+T/380V/60Hz/7,5 kW
 MODELO: VHFS - 900, BERLINERLUFT
 [DIMENSIONADO A PARTIR DA IT N°41/2020 -
 CBM/MG]



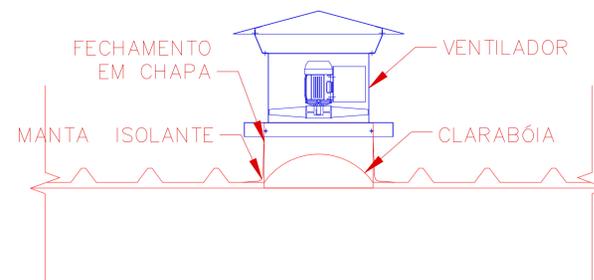
PREVER FECHAMENTO DE 2,5m PARA ACANTONAMENTO
 DAS ÁREAS [ATENDENDO IT N°41/2020 - CBM/MG]

SUBSTITUIR ELEMENTO VAZADO EXISTENTE POR
 6X VENEZIANA DE TOMADA DE AR EXTERIOR
 TAM.: 1000x500mm.

CORTE A-A - SALÃO DE VENDAS
 ESC.: 1/100



DETALHE - CAIXA PARA VENTILADOR
 ESC.: 1/25



DETALHE VENTILADOR DO TETO
 ESC.: 1/25

OBSERVAÇÕES

- O presente projeto está totalmente referenciado pela I.T. N° 41/2020 do Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais

REVISÕES

N°	DESCRIÇÃO	DES.	VERIF.	APROV.	DATA
00	Emissão Inicial	VLR	VLR	VLR	24/06/2022

OBRA	SUPERMERCADO ATACADISTA GENÉRICO	FASE DO PROJETO	REVISÃO
PROJETO	EXTRAÇÃO DE FUMAÇA CORTE E DETALHES	ESTUDO PRELIMINAR	00
CLIENTE	UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina FLORIANÓPOLIS - SC	ESCALA	FOLHA
		1/100	03/03
		24/06/2022	