



XVII CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR
São Paulo Expo – 23 à 25 de novembro de 2021

VENTILADORES DE INDUÇÃO E JATOS VENTILADORES: CONSIDERAÇÕES PARA OTIMIZAÇÃO DO PROJETO E DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E EXTRAÇÃO DE FUMAÇA EM GARAGENS E PARQUES DE ESTACIONAMENTOS.

PAPER 28

RESUMO

Nos últimos anos e principalmente neste período de Pandemia, há muita preocupação com a qualidade do ar interior, sobretudo pelo risco eminente da transmissão do vírus provocado pela falta da renovação de ar, entretanto a mesma inquietude não é tão percebida quando tratamos de amplos espaços fechados, como garagens e parques de estacionamento, que apresentam concentração de poluentes e agentes tóxicos acima dos níveis aceitáveis e permitidos por Lei. O sistema de ventilação adequadamente empregado, irá diluir e controlar a concentração de CO, entre outros gases provenientes do escape da combustão nos motores. Associado a escolha dos ventiladores para uso diário, poderá ser previsto equipamentos com resistência a temperatura apropriados a extração de fumaça e gases quentes em caso de incêndio, propiciando auxílio no combate ao fogo no local sinistrado. Desde a concepção do projeto arquitetônico e civil, devem ser levadas em consideração as necessidades para um apropriado sistema de ventilação, de modo a prever o dimensional e locação das aberturas para entrada e saída de ar, visando otimização da quantidade aparelhos empregados e conseqüentemente o menor consumo de energia na instalação.

Palavras-chave: Ventilação. Jatos Ventiladores. Garagem. Extração de fumaça.

ABSTRACT

In recent years and especially in this period of Pandemic, there is a lot of concern with the quality of indoor air, especially due to the imminent risk of transmission of the virus caused by the lack of air renewal, however the same concern is not so perceived when dealing with large closed spaces, such as garages and car parks, which have a concentration of pollutants and toxic agents above acceptable levels and permitted by law. The ventilation system properly employed will dilute and control the concentration of CO, among other gases from the combustion engines. Associated with the choice of fans for daily use, equipment with temperature resistance appropriate to the extraction of smoke and hot gases in the event of fire may be provided, providing assistance in fighting fire in the affected area. From the conception of the architectural and civil design, the needs for an appropriate ventilation system must be taken into account, in order to predict the size and location of the air inlet and outlet openings, aiming at optimizing the number of appliances used and consequently, the lowest energy consumption in the installation.

Keywords: Ventilation. Jet fans. Car Parking. Smoke extraction.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem a sexta maior frota de veículo do mundo e conta com a frota mais velha em comparados aos últimos 25 anos, no ano passado a idade média dos veículos estava em 10,2 anos (CNN, 2021). Isto significa uma maior quantidade de gases gerados pelos motores a combustão defasado ou sem a manutenção necessária, como também uma necessidade de mais vagas para estacionar, principalmente em grandes centros onde diminuem as possibilidades de áreas disponíveis, a existência de edificações em utilização com intenso movimento de pessoas, os parques de estacionamento fechados e ou garagens subterrâneas estão cada dia mais sendo utilizados como solução para aumentar a oferta de vagas.

Devido a configuração fechada ou mesmo enterrada para as garagens subterrâneas com vários subsolos, a ventilação natural não é uma opção, logo requerem o emprego de um sistema de ventilação para evitar a concentração de gases tóxicos, tão nocivos à saúde das pessoas.

O parâmetro normalmente utilizado para indicar qualidade do ar interno em estacionamentos é o monóxido de carbono (CO), pois em grandes concentrações causam dor de cabeça, náusea, perda da consciência, tontura e em casos extremos pode levar até a morte.

Um sistema de ventilação por meio de dutos em comparado ao uso de ventiladores de indução ou jatos ventiladores (Quadro 1), gera uma perda de pressão muito maior através da longa distância dos dutos e ainda a perda de carga imposta pelas inúmeras grelhas para admissão e extração do ar, gerando um maior consumo de energia.

Quadro 1. Comparativo visual entre sistema de ventilação através de dutos e sistema de ventilação através de jato ventilador.



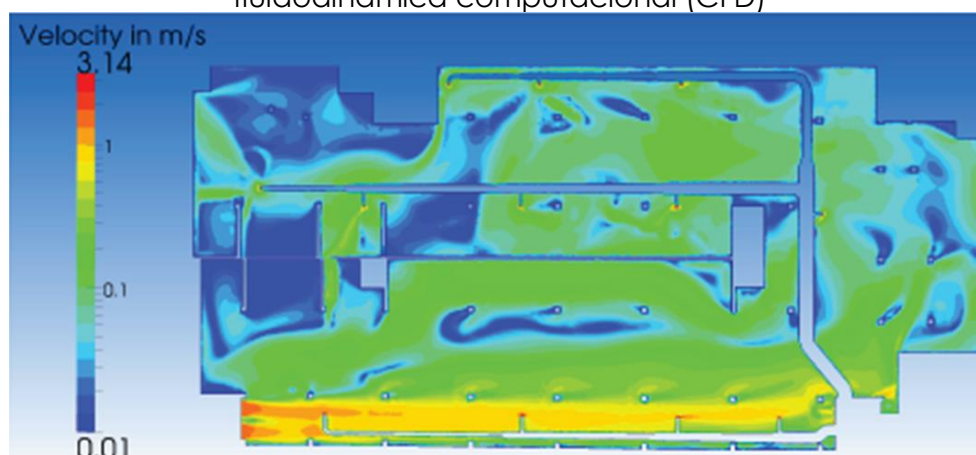
Fonte: Arquivo do autor

É possível listar outras características desvantajosas que levam a ser inviável na grande parte dos projetos o uso do sistema dutado.

- Comprometimento do pé direito (já reduzido ao máximo permitido);
- Estética “pesada”, muitas disciplinas concorrentes (elétrica, civil, hidráulica e ventilação) distorcendo inclusive a iluminação;

- Os dutos, quando aplicáveis, devem ser à prova de fogo, tornando muito pesados, caros e mais difíceis de fabricar e montar.
- Manutenção e limpeza mais frequentes;
- Não garante a distribuição da renovação de ar para todo a área do estacionamento, tendo vários pontos mortos (Figura 1), sem movimentação do ar – zero velocidade – principalmente em garagens com geometria irregular;

Figura 1 – Gráfico de contorno de velocidade do ar na altura das aberturas do duto a partir do estacionamento realizado através de simulação em software de análise fluidodinâmica computacional (CFD)



Fonte: Arquivo do Autor

O objetivo deste artigo é trazer luz ao uso da ventilação mecânica utilizando ventiladores de indução e jatos ventiladores através de considerações práticas para a otimização dos projetos e instalações que busquem atender a qualidade do ar interior nos estacionamentos e garagens subterrâneas como também na utilização dos mesmos para auxílio na extração de fumaça em caso de incêndio.

2 CONTROLE DE POLUIÇÃO

Existem estudos semiempíricos como o publicado pela PIARC (1995) que muito embora tivessem sido desenvolvidos para túneis rodoviários, permitem estimar com algumas adaptações, níveis de CO emitidos em função de diversos parâmetros:

- Tipo de veículo (em geral: automóveis de passeio / motocicletas);
- Ano de fabricação e modelo;
- Velocidade do veículo (entre 0 e 20 Km/h);
- Proporção para motores a combustão Gasolina e Diesel;
- Motor frio (arranque) ou quente (funcionamento contínuo);

No quadro 2 apresenta o limite de concentração ao monóxido de carbono CO para exposição de 8 horas contínuas ou conforme indicação, segundo as

Normas identificadas.

Quadro 2 – Guia da Qualidade Do Ar – Monóxido Carbono (CO)

NORMA	LIMITE de CO	Observação
NR 15 (Anexo 11) ¹	39 ppm	Até 48 horas/semana
OSHA	50 ppm	Limite de exposição permissível (PEL) – Total Weight Average (TWA) 8 horas
NIOSH	35 ppm	Total Weight Average (TWA) 1 hora
EPA	9 ppm	Total Weight Average (TWA) 1 hora
ASHRAE	9 ppm	
ACGIH	25 ppm	Total Weight Average (TWA) 8 horas
World Health Organization	9 ppm	

Fonte: Elaboração do Autor

Importante: para se obter uma eficiência no sistema de ventilação, a vazão de exaustão de ar deverá ser igual ou ligeiramente superior a vazão de ar imposta pelos ventiladores de indução ativos.

O padrão de escoamento obtido por esta conjugação é importante para garantir a existência de um número reduzido de pontos de estagnação.

Após percepção destes aspectos, podemos compreender a concepção genérica da ventilação por impulso.

- Promove a homogeneização de poluentes, reduzindo os picos de concentração,
- Promove a captação de poluentes através da sua incorporação no jacto,
- Direciona o ar poluído para a extracção.

2.1 Cálculo de vazão para determinação da vazão de ar

Segundo Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros de São Paulo IT-15 Parte 6 (2015) “A exaustão mecânica deve ser dimensionada para atender, no mínimo, 10 trocas do volume de ar por hora.”

Ou ainda, através da fórmula (1) segundo PIARC – World Road Association calcula-se a vazão necessária para o sistema de ventilação.

$$Q_{ae} = e \cdot \frac{n}{c - c_0} \quad (1)$$

onde:

Q_{ae} é a Vazão de ar externo (m³/s); **e** corresponde a emissão veicular de poluentes (g/h) veja Quadro 4; **n** é o quantidade de veículos no estacionamento;

¹ Norma regulamentadora Brasileira NR15, anexo 11

c é a concentração de CO máxima admissível e **co** é a Concentração de CO Ar Externo que podem ser obtidos através Quadro 3

Quadro 3 – Guia da Qualidade Do Ar – Monóxido Carbono (CO)

Contaminante	Concentração Exterior	Concentração Max. ambiente
NO ₂	0,05 – 0,1 ppm	1 – 5 ppm
CO	1 – 5 ppm	200 ppm

Fonte: PIARC

Quadro 4 – Guia da Qualidade Do Ar – Monóxido Carbono (CO)

TIPO DE COMBUSTÍVEL	CO	NO _x
Gasolina	29,5 g/h	4,4 g/h
Diesel	3,6 g/h	11,5 g/h

Fonte: PIARC

3 CONTROLE DE FUMAÇA

Em caso de incêndio, as forças aerodinâmicas fornecidas pelos ventiladores de indução formam compartimentos virtuais de fumos, de acordo com os objetivos de proteção estabelecidos. Isso permite que se construa grandes áreas de estacionamento abertas que, de outra forma, teriam que ser subdivididas com portões ou outros elementos. A necessidade de paredes de proteção contra incêndio e sistemas de sprinklers também é eliminada, reduzido custos e posterior manutenção.

Como principais objetivos das exigências regulamentares para controle de fumaça em parques cobertos, podemos distinguir:

- Assegurar a visibilidade, permitindo a evacuação do estacionamento pelos ocupantes;
- Evitar temperaturas elevadas que possam levar a colapsos estruturais;
- Assegurar aos bombeiros a visibilidade e o acesso ao sinistro.

Estes objetivos são atingidos não com a simples extração de fumaça, mas através do controle dela. A forma mais simples de buscar controlar a fumaça provenientes de um incêndio, é através da sua compartimentação, ou seja, reduzir a possibilidade de passagem da fumaça para as áreas adjacentes.

Se preve uma vazão mínima de ventilação para controle de fumaça, de 600 m³/h por veículo.

Não é somente a exaustão da fumaça que se procede com a exaustão, portanto deve-se atentar para demais características de um sistema de controle, onde são necessárias para a sua concepção:

- Empuxo e vazão dos ventiladores;
- Vazão de extração da fumaça;

- Vazão de ar admitida;
- Temperatura da fumaça e visibilidade.

A visibilidade é sem dúvida um dos fatores mais importantes a considerar, uma vez que é fundamental para a evacuação dos ocupantes e para a atuação no combate ao incêndio pelos bombeiros.

As zonas de estagnação e recirculação da fumaça, devem assim ter a sua maior dimensão limitada á visibilidade das fontes emissores de luz como por exemplo as sinaleiras de segurança, iluminação de emergência e indicativos das saídas.

A fumaça tende a ser diluída através da velocidade de escoamento do ar proporcionada pelos jatos ventiladores até os exaustores de extração.

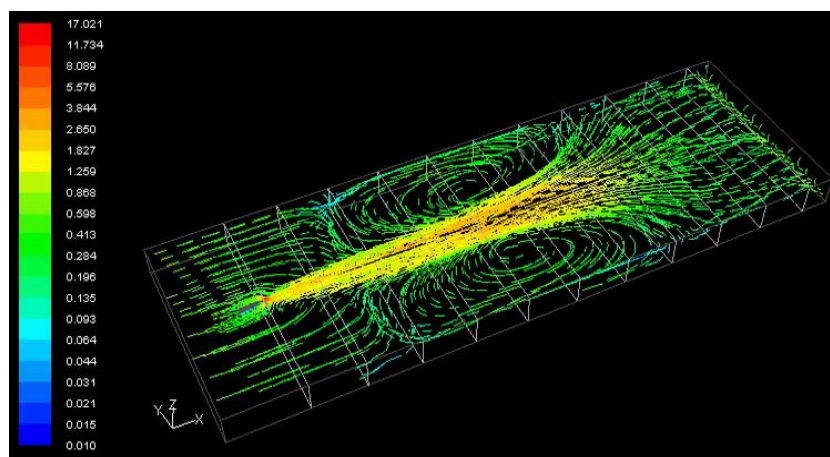
4 VENTILADORES DE INDUÇÃO E JATOS VENTILADORES

O fenômeno de indução é importante para entender o fluxo de ar dentro do estacionamento, o fenômeno indutivo no ar que o rodeia, proporciona um efeito de captação e arrastamento de partículas e poluentes contidas no ar.

O impulso de ar oferecido pelos jatos ventiladores causa o fenômeno de indução de ar que pode aumentar de 8 a 10 vezes a vazão nominal de ar do equipamento, logo um jato ventilador com Ø315mm de diâmetro com vazão de ar igual a 4.300m³/h pode induzir uma vazão escoada correspondente de até 43.000m³/h (dependo da posição em que estiver instalado, temperatura e fabricante) desta forma a varredura de ar é extremamente aumentada proporcionando que a ventilação alcance pontos mais extremos dos parques de estacionamento.

Pode ser melhor entendido através da simulação fluidodinâmica computacional (figura 2), onde mostra a grande movimentação do ar, proporcionada pelo ventilador de impulso ou indução que captura o ar em sua conduta através de fluxo laminar e o expele na saída, já sem conduta tornando em fluxo turbulento (figura 3).

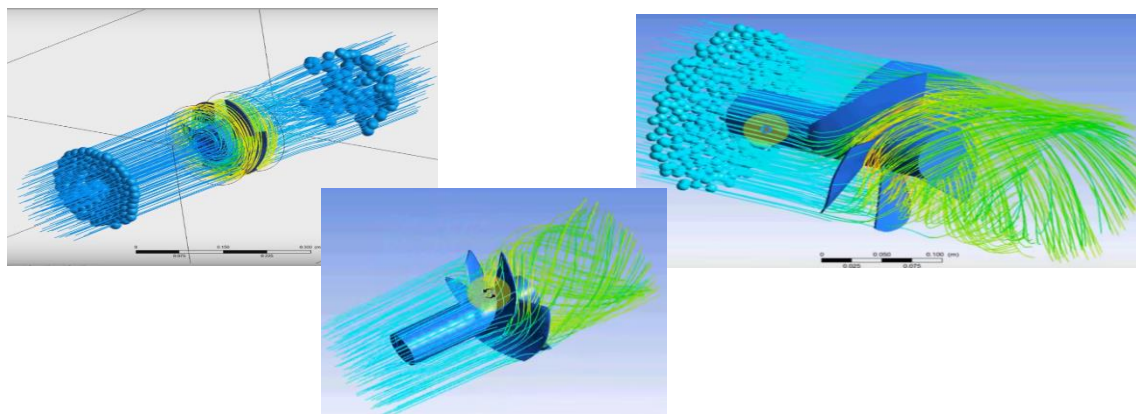
Figura 2: Simulação Fluidodinâmica Computacional (CFD) - Fenômeno da Indução de ar



Fonte: Arquivo do autor

Devido ao regime turbulento proporcionado ao escoamento do ar, ocorre a diluição dos agentes poluentes reduzindo assim a ocorrência de picos de concentração a níveis aceitáveis.

Figura 3: Simulação Fluidodinâmica Computacional (CFD)



Fonte: Arquivo do autor

Os ventiladores de indução utilizam como principal fator para seleção o seu empuxo em Newtons (N), isto porque as perdas de carga são expressas em Pascal (Pa), sendo que $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$, então a somatória das perdas de carga multiplicada pela área transversal (secção de passagem do ar) resulta em FORÇA, que por sua vez é expressa em Newtons (N).

Quadro 5: Obtenção da Força de empuxo (N) para ventiladores.

Descrição:	Unidade
Perdas de carga devido a obstáculos da construção, tais como vigas, pilares, rampas, paredes, etc.	Pa
Efeito Pistão: movimento contrário dos carros impondo resistência ao escoamento do ar.	Pa
Somatória das perdas de carga =	Pa
$\text{Total das perdas} \times \text{Área transversal} = \text{Força}$ $\text{Pa [N/m}^2\text{]} \quad \times \quad \text{m}^2 \quad = \quad \text{N}$	

Fonte: Autor

4.1 Tipos de ventiladores

Ventiladores de indução, de impulso ou ainda jatos ventiladores utilizam motores e rotores relativamente pequenos e por isto geralmente são fixados no teto e posicionados de forma a direcionar os vapores acumulados contidos no ar para os pontos de extração.

Existe uma grande variedade de ventiladores de indução disponíveis no mercado, dentre os quais possuem características específicas para atenderem aos diferentes requisitos dos projetos. Seja pela sua forma construtiva, menor altura, pela Força (N) disponível, associada a Vazão de ar (m^3/h), pela resistência a temperatura de operação (em caso de extração de fumaça), pelo sentido do fluxo de ar (unidirecional ou 100% reversível).

Figura 4: Tipos de ventiladores de indução mais utilizados

- 1 – Jato ventilador circular;
- 2 – Jato ventilador de perfil baixo;
- 3 – Ventilador de indução compacto*;
- 4 – Ventilador de indução Supercompacto*

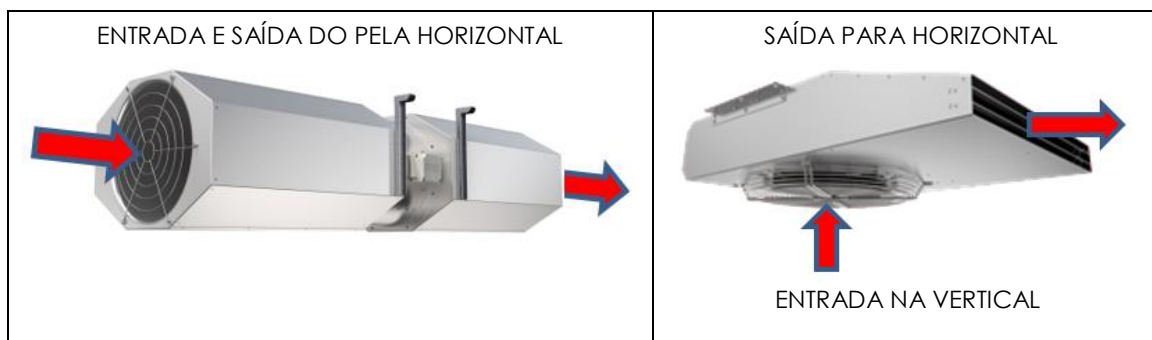
(*) Ventiladores com opção de motor do tipo eletrônico (EC)



Fonte: Catálogo Fabricante – 2019

Contamos com duas as configurações mais utilizadas para captação e impulso de ar pelo ventiladores de indução (Quadro 6), horizontal e vertical para horizontal.

Quadro 6: Direção do ar pelos jatos ventiladores



Fonte: Elaboração do Autor

5 OTIMIZAÇÃO PARA PROJETOS E INSTALAÇÃO

5.1 Projeto Civil e Arquitetura

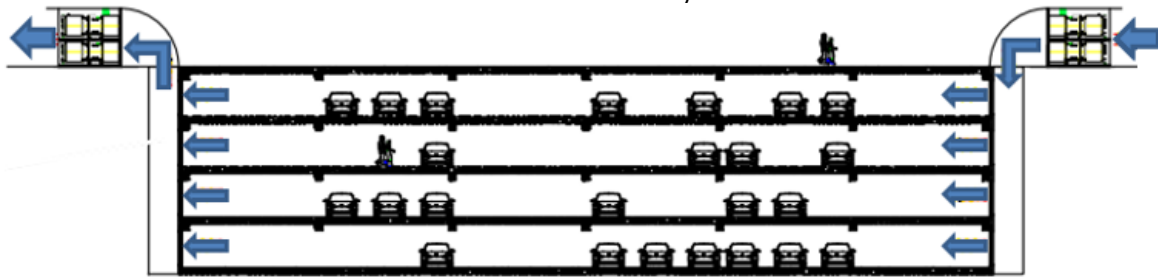
Geralmente a melhor consideração para projeto do sistema de ventilação para garagem fechada é que se tenham entradas (captação) e saídas (extração) para o ar, de modo que estejam posicionados nas extremidades, em pontos estratégicos para facilitar o escoamento e assim a varredura pelo ar de toda a extensão do parque de estacionamento com ou sem o auxílio de ventiladores de indução.

Em se tratando de plantas de estacionamento com geometrias mais uniformes, como por exemplos quadriláteros em geral, torna-se bastante simples o projeto e consequentemente a efetividade do sistema de ventilação de controle de poluição.

Ainda sob este ponto de vista, com a utilização de registros para controle de vazão de ar, mais conhecido como "damper", é possível compartimentar cada pavimento. Nas próximas figuras ilustra as possibilidades quanto a este sistema de ventilação, para as condições de ventilação diária e exaustão de fumaça utilizando equipamentos com fluxo único ou bidirecional (ventiladores

do tipo axial permitem esta configuração de reversão).

Figura 5: Princípio de ventilação unidirecional (ventilação diária para controle de contaminantes)



Fonte: Arquivo do autor

A figura 5 representa insuflamento e exaustão de ar trabalhando em um único fluxo (unidirecional). Cada pavimento deve utilizar dampers dimensionados para a vazão de ar necessária cumprindo com a renovação de ar e descontaminação dos poluentes.

Figura 6: Princípio de ventilação unidirecional (ventilação para extração de fumaça em caso de incêndio)



Fonte: Arquivo do autor

Na Figura 6, também com fluxo unidirecional e considerando que os equipamentos foram previstos para trabalhar com altas temperaturas, simula um incêndio no terceiro subsolo. Os dampers dos demais pavimentos são fechados, concentrando a ventilação apenas no nível em que ocorre a concentração da fumaça. Por razão do sentido do fluxo de ar, neste caso, a fumaça percorrerá toda a extensão do estacionamento até alcançar o poço de extração, oposto a contração.

Figura 7: Princípio de ventilação bidirecional (ventilação para extração de fumaça em caso de incêndio)



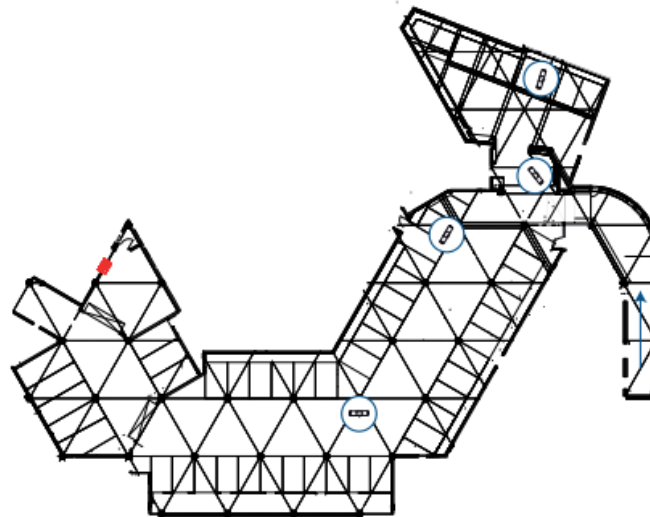
Fonte: Arquivo do autor

Na Figura 7, os equipamentos foram definidos como sendo reversíveis (fluxo bidirecional), considerando a mesma intercorrência de incêndio como ilustrado na figura 6, no entanto deverá ser previsto uma automação provida de monitoramento através de sensores, que farão a identificação e a posição de origem da fumaça, onde neste caso, fará a inversão do fluxo de ar e conduzirá para o poço de extração mais próximo, permitindo que o pavimento fique mais livre para o acesso e atuação do corpo de bombeiros para o combate ao fogo.

Em se tratando de plantas com características específicas, principalmente assimétricas, com contornos irregulares, contendo ou não projeções de paredes e outros obstáculos que impeçam o livre escoamento do ar, o projeto civil deverá levar em consideração que os dutos em alvenaria - “shafts”, assim como os ventiladores de insuflamento do ar fresco e de expurgo, tenham seus locais pré-definidos e posicionados levando-se em consideração a facilidade na distribuição do ar, evitando zonas mortas e que acarretará no emprego de um menor número de ventiladores de indução, portanto, um menor consumo de energia quando o sistema estiver em operação.

Na figura 8 é possível observar uma planta de estacionamento bastante irregular, onde a entrada de ar externo se deu através da rampa de acesso indicada pela seta em azul, no lado direito, e a extração está em vermelho, no lado esquerdo. Como orientação de posicionamento dos jatos ventiladores, foram alocados 4 ventiladores para que o ar seja direcionado e cubra a maior extensão possível, evitando zonas mortas com grande concentração de poluentes.

Figura 8: Planta de estacionamento com contorno irregular / assimétrico



Fonte: Arquivo do autor

5.2 Posicionamento dos ventiladores

Conforme as características de cada parque de estacionamento, deve-se verificar qual a melhor maneira para providenciar o arranjo dos ventiladores de indução e consequentemente garantir a existência de um número reduzido de pontos de estagnação.

Temos que começar o projeto analisando cuidadosamente a arquitetura do estacionamento, pois provavelmente terá obstáculos mais importante para a definição do tipo de ventilador.

Olhando para o projeto civil, devemos começar identificando onde estão alocados os poços de abastecimento e extração de ar para aumentar a eficiência do sistema e evitar curtos-circuitos de ar e zonas mortas. Principalmente entre rampas de acesso, poços de elevador e escadas.

Grandes impulsos, aumentam a velocidade do ar podendo criar vórtices e prejudicar a fluxo projetado.

Quadro 7: Problemas na distribuição do ar



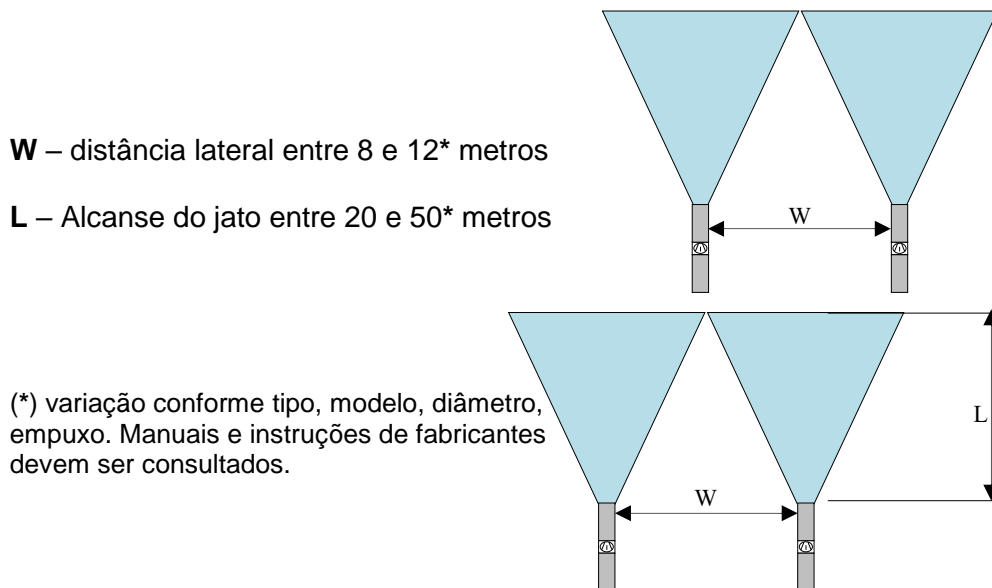
Fonte: Arquivo do autor

No Quadro 7 à esquerda exemplifica um curto-circuito de ar gerado pela disposição das rampas de acesso (admissão de ar) e o posicionamento dos poços de extração de ar. Já no lado direito demonstra a formação de vórtices ocasionado pela alta velocidade do ar e distúrbio no fluxo e ineficiência do sistema de ventilação.

A disposição dos ventiladores de impulso tem sido encarada de forma empírica, e quase sempre igual, mas na realidade varia com a arquitetura do parque, com as vazões de ar, com o impulso dos jatos ventiladores e com o tipo de controle pretendido, seja ele de despoluição ou de extração de fumaça.

Deve-se atentar para a velocidade do fluxo ar, pois grandes correntes de ar podem resultar em velocidades superiores a 5 m/s, criando vórtices indesejados. Distâncias menores que as recomendadas entre os jatos ventiladores no sentido do escoamento, podem causar distorção em toda a distribuição do ar, pois o alcance do jato não deve exceder a 2 m/s no ponto de captação pelo próximo jato ventilador.

Figura 9 –Distância entre linhas para posicionamento dos jatos ventiladores

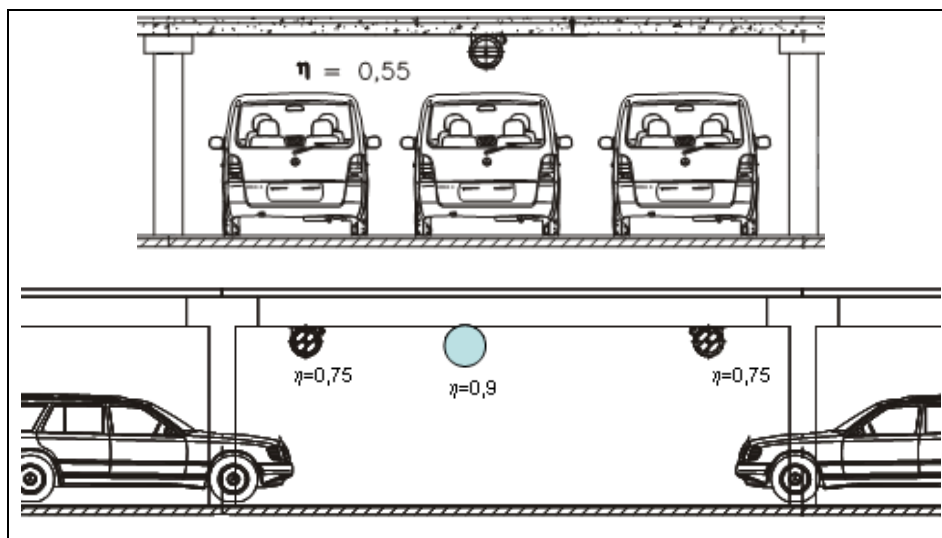


Fonte: Elaboração do autor

Grande atenção deve ser dada à distância entre os jatos ventiladores e as paredes longitudinais. É recomendada que a sucção para estes ventiladores não esteja muito próxima à parede - máximo de 1,5 m, para que a velocidade na aspiração seja próxima a 1 m/s, caso contrário a eficiência dos equipamentos poderá ser afetada e consequentemente do sistema como um todo.

Colunas e vigas que estejam posicionados a jusante ou montante dos ventiladores de indução também prejudicam a distribuição do ar, porém muitos equipamentos possuem defletoras horizontais que podem direcionar e desviar destes obstáculos, no entanto imprimem resistência ao alcance do jato, diminuindo-o. Estas venezianas geralmente possuem limitações de ajuste ficando entre 7 e 10° de ângulo, para baixo em relação ao eixo horizontal.

Quadro 8: Eficiência Vs Posição longitudinal do jatos ventiladores



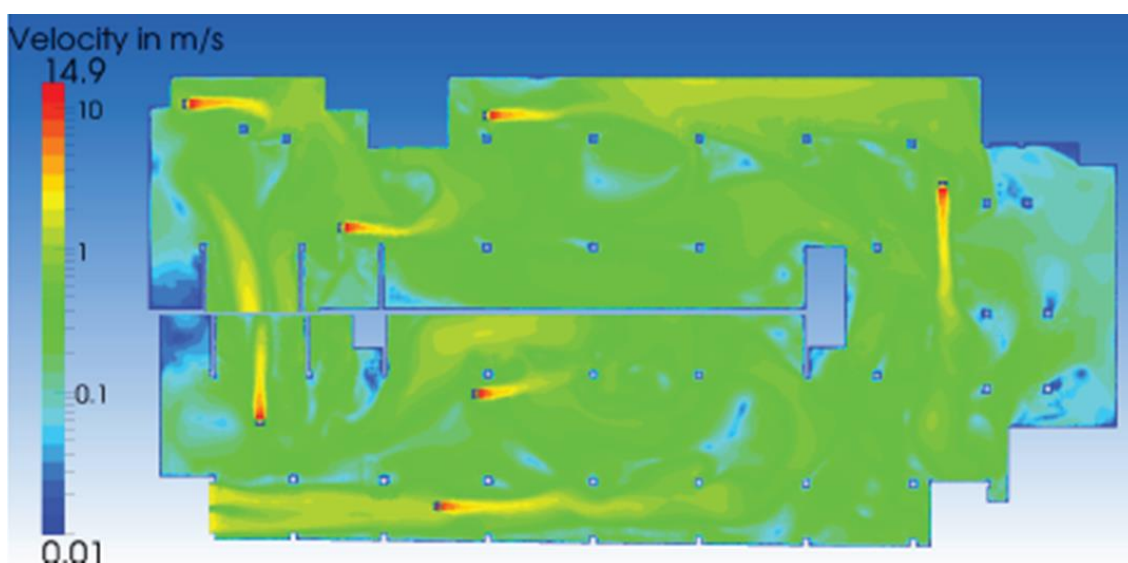
Fonte: Arquivo do autor

No quadro 8, são indicadas as eficiências para instalação dos jatos ventiladores em relação a distância de possível dos obstáculos longitudinais, como vigas, carros entre outros. A recomendação é que seja instalada sobre a via de passagem dos veículos aumentando a eficiência da ventilação.

5.3 Análise Computacional

O uso de programas computacionais como a análise fluidodinâmica, deve ser considerado, pois irá validar que o estacionamento tenha seus contornos ventilados com o emprego do menor número de ventiladores.

Figura 10: Simulação em software de análise fluidodinâmica computacional (CFD) da velocidade e distribuição de ar com jatos ventiladores em um estacionamento.



Fonte: Arquivo do autor

6 AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Quando se fala em automação, muitas possibilidades e variações são possíveis. Basicamente o sistema de controle deve estar localizado em uma "sala", separada da instalação, para que não tenha interferência em sua operação em caso de incêndio, ainda é aconselhável que se tenha incorporado proteções contra falta de energia.

O Controle consiste numa integração entre sensores e alarmes do nível de CO. Todos os ventiladores, dampers, sensores, indicativos luminosos e outros equipamentos necessários serão controlados por lá, assim como toda a interface de entrada e saída dos sinais e mensagens.

A qualidade do ar dentro do estacionamento será monitorada usando sensores de CO e avaliados por uma unidade central, onde é possível configurar os níveis: baixo, médio e de alerta, de forma que atue com o controle dos ventiladores, possibilitando que os mesmos possam aumentar ou diminuir sua velocidade bem como, em caso necessário, reverter o fluxo de ar e ainda sinalizar para que os dampers sejam fechados para a devida compartimentação da fumaça em caso de incêndio.

7 CONCLUSÃO

O presente artigo, não tem a pretensão de ser um guia ou uma cartilha, mas um fonte de consulta, pois o Brasil ainda é carente em literatura técnica para o tema em questão. Faltam, também, normas ou regulamentações brasileiras apropriadas que orientem e definam critérios para novos projetos e inclusive para a adequação de um sistema apropriado na maior parte dos estacionamentos fechados em funcionamento que não contam com um ventilação/exaustão. As considerações aqui expostas, são referências práticas, muitas vezes utilizadas em projetos em diversas regiões do mundo, seguindo regulamentações e práticas destes locais, no entanto, podem orientar o projeto civil, arquitetônico e principalmente o projeto do sistema de ventilação de garagens subterrâneas.

Recomenda-se sempre, buscar atualizações e novas bibliografias que possam complementar, corrigir ou ratificar este artigo e nunca dispensar a utilização de recursos mais avançados, como análise fluidodinâmica computacional (CFD).

Cabe ainda, um novo artigo, mais completo, abrangendo um roteiro prático para o dimensionamento de todo o sistema de ventilação, desde vazões de ar, definição dos ventiladores e critérios para escolha do monitoramento e controle da operação como um todo.

REFERÊNCIAS

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Instrução técnica Nº 15/2015 - Controle de fumaça. Parte 6 – Controle de fumaça, mecânico ou natural, nas rotas de fuga horizontais protegidas e subsolos. São Paulo, 2015.

GUIMARÃES, J. B. Dimensionamento de Sistema de Ventilação Forçada para um Estacionamento em Subsolo. Monografia – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GUARIN, HUGO. Ventilacion en estacionamientos Jet Fans. Systemair Webinar CPV, jun.2020

_____. **NR-15:** Atividades e Operações Insalubres. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>> acesso em 12 maio 2021

PIARC – Road Tunnels: Vehicle Emissions and Air Demand for Ventilation, 2004;

Silva, Cleide. Frota brasileira de veículos é a mais velha dos últimos 25 anos. CNN BRASIL, mar.2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/2021/03/21/frota-brasileira-de-veiculos-e-a-mais-velha-dos-ultimos-25-anos>> Acesso em 18 maio 2021

Smoke Extraction and Axial Fans. Systemair Academy, out.2019.

Viegas, J. C. G. Utilização de ventilação de impulso em parques de estacionamento cobertos, LNEC-Teses e programas de investigação, Portugal, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/handle/123456789/16605>> acesso em abr.2021