

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO PARA O LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE ESTÁCIO BELÉM/PA

SIZING A VENTILATION SYSTEM FOR THE CIVIL ENGINEERING LABORATORY OF THE BELEM/PA FACULTY

Marcelo Caires Melo¹
Fabricio Augusto Fernandes²
Brian Arruda de Lima³

RESUMO: A ventilação é deslocamento de ar, utilizado muito em lugares fechados onde se tem ausência da circulação de ar, utilizando desse artifício para promover a remoção do ar, retirando particular contaminantes. Tendo em vista isso, no laboratório de engenharia civil, observou-se a ausência de um sistema de ventilação, surgindo assim um estudo aprofundado gerando um dimensionamento de um sistema de ventilação geral diluidora para assim, remover as impurezas presentes nele advindas de materiais utilizados no recinto. Consequentemente, chegando a resultados no qual será possível analisar se haverá os benefícios propostos referentes ao sistema de ventilação.

Palavras-chave: Dimensionamento. Laboratório. Ar. Ventilação.

ABSTRACT: Ventilation is the displacement of air, used a lot in closed places where there is no air circulation, using this device to promote the removal of air, removing particular contaminants. In view of this, in the civil engineering laboratory, the absence of a ventilation system was observed, thus resulting in an in-depth study generating a dimensioning of a general diluting ventilation system to thus remove the impurities present in it arising from materials used in the enclosure. Consequently, reaching results in which it will be possible to analyze whether there will be the proposed benefits related to the ventilation system.

Keywords: Sizing. Laboratory. Air. Ventilation.

¹Engenharia mecânica graduado na Faculdade Estácio/Belém e Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho pela Faculdade Estácio/Belém.

²Engenharia mecânica, graduado na Faculdade Estácio/Belém.

³Engenharia mecânica, graduado na Faculdade Estácio/Belém.

I. INTRODUÇÃO

Em uma definição abrangente temos que a ventilação corresponde a um determinado deslocamento de ar que, aplicado na prática, a deslocação de massa de ar tem função de remover ou adicionar ar em local preliminarmente determinado, ou seja, a reiteração do ar em um ambiente determinado proporcionando um controle da pureza do mesmo em vista de assegurar o bem-estar dos indivíduos. (MACINTYRE, 1990).

Essa reiteração tem como principal finalidade a obtenção, no interior de um ambiente aludido fechado, de ar com um grau de pureza e velocidade de escoamento compatível com as condições fisiológicas para a saúde e conforto dos indivíduos envolvidos e, para tanto, é necessário uma apropriada distribuição de ar no local em questão.

Neste modo, a ventilação industrial se refere a ação realizada por intermédio da inserção de instrumentos mecânicos que se direcionam ao controle da temperatura, o fornecimento de ar, a umidade e buscam extinguir agentes poluidores do ambiente.

O referido sistema inserido para tratamento de ar vai filtrar o ar sugado do ambiente externo, que apresentará, em consequência a insuflação do local desejado, partículas contaminadas que serão filtradas e, a depender do sistema, este será tratado no intuito de não despejar as referidas partículas em outro ambiente e, dessa forma, contamina-lo já que não é intuito deslocar a contaminação de um lugar para outro. Dessa forma, a ventilação deve se propor a coletar essas partículas e submetê-las a um processo de filtragem ou tratamento.

É relevante ressaltar que a implementação de um projeto adequado e operacionalizada de forma eficaz, eficiente e que procura alcançar sua efetividade na ventilação industrial tem capacidade de acabar com agentes nocivos à saúde humana ou ainda os reduzir ao mínimo de concentração proporcionando expressiva redução de impacto.

O contato excessivo, motivado por inúmeros fatores, com elementos contaminantes tem expressiva probabilidade de gerar impactos graves as pessoas que a eles se expuseram gerando impactos na qualidade de vida dos mesmos, podemos citar como exemplo o desenvolvimento de doenças oftalmológicas, hipertensão arterial, irritação das mucosas, doenças do sistema nervoso central, câncer de pele, entre outros. (MACINTYRE, 1990).

Portanto, o objetivo deste trabalho é o dimensionamento para uma possível implementação de um sistema de ventilação em um local onde manipula produtos geradores de partículas que podem ocasionar poluição do ar, sendo assim, observou-se ausência de um

sistema de ventilação no laboratório de engenharia civil na faculdade Estácio Belém/Pa, motivando o trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA

A ideia para a elaboração de um sistema de ventilação geral diluidora para o laboratório de Engenharia Civil da Faculdade Estácio de Belém/PA, teve início quando se observou a quantidade de elementos poluidores que pairavam dentro do laboratório, quando se tinha aulas práticas.

Foi verificado que o laboratório não possuía uma ventilação adequada para dispersar os elementos poluidores ou extraí-los para o lado de fora do local, ferramenta que melhoraria a qualidade do ar.

A importância deste trabalho está relacionada com o estudo na área de ventilação, os quais servirão como patamar inicial para a elaboração do sistema de ventilação geral diluidora, para assim dar um conforto térmico e fazer um controle na concentração dos gases e partícula solidas.

Faz-se necessário também o sistema até pelo fato de não interferir nas operações e processos industriais e fazer a diluição enquanto as fontes causadoras de poluentes estão dispersas pelo ambiente do laboratório, seguindo a norma ABNT 16401-3.

As consequências de não ter um sistema de ventilação é a geração de uma poluição em grande escala, ocasionando vários tipos de doenças, como câncer de pele, anomalias congênitas (anencefalia, hidrocefalia e microcefalia) e alterações de fertilidade no homem e na mulher.

O que se pretende é dimensionar um sistema de ventilação para o laboratório é a coleta e separação dos agentes poluentes, processando um tratamento, quando for necessário, e dar ao produto residual a destinação no qual afetem prejudicialmente as condições ambientais ecológica.

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

1.3 Sistemas de ventilação e sua aplicabilidade.

A ventilação tem sua aplicabilidade para basicamente todas as atividades da humanidade. Podendo ser usada tanto para o meio de produção industrial como para o meio de processo para se obter um controle do ambiente. No que se refere aos locais habitados

pelo homem, para se ter um conforto e o bem-estar se aplica a ventilação (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999).

No dizer de Lisboa (2007) a ventilação pode ser definida como a movimentação intencional do ar de forma planejada a fim de atingir um determinado objetivo, tendo em mente que o ar irá se movimentar sempre da área de maior pressão para a de menor pressão.

Portanto um projeto bem planejado de diferencial de pressão é de suma importância para o funcionamento desejado. Além disso, pode se dizer também que ventilar é a troca de ar de um recinto fechado, se essa troca ocorrer por meios naturais é chamado de ventilação natural, se for induzida por equipamentos mecânicos se classifica como ventilação mecânica (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999).

A ventilação é um procedimento bastante eficaz para o controle da emissão de poluentes do ar em locais de trabalho. Sua correta utilização promove a diluição ou extração de substâncias nociva ou incômoda existente no ambiente de trabalho, de forma a não ultrapassar os limites impostos na legislação (LISBOA, 2007).

A emissão de gases, vapores, pó e calor são oriundos de alguns processos de produção os quais alteram a composição do ar, que podem ser perigosos à saúde das pessoas expostas, comprometendo a eficiência do trabalhador (CHAVES, 2012).

Para o controle da poluição do ar em ambientes residenciais, de trabalho ou de lazer é utilizado a ventilação, que é um mecanismo que proporciona a diluição ou retirada de substâncias poluentes buscando a adequação aos limites de tolerância e níveis aceitáveis ou recomendados (CHAVES, 2012).

Por fim, a ventilação industrial tem como finalidade fazer o controle da temperatura, da umidade, distribuição do ar a eliminar agentes poluidores do ambiente, como, gases, fumos, vapores, poeiras, nevoas e microrganismos com operações realizadas por sistemas mecânicos, buscando a segurança e o bem-estar físico dos trabalhadores (MACINTYRE, 1990)

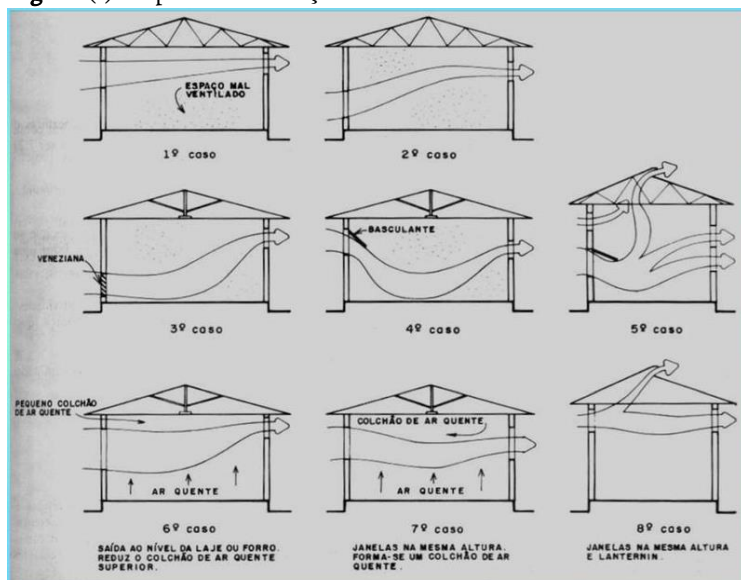
1.4 Ventilação natural

Para se caracterizar ventilação natural o emprego de recursos mecânicos não é utilizado para haver o traslado do ar pelo recinto. A movimentação do ar se faz através de janelas, portas, portas, lanternins, etc (MACINTYRE, 1990). A ventilação natural pode ocorrer por

diferencial de pressão provocada pela ação do vento ou por diferença de densidade entre o ar externo e interno.

A figura (1) mostra as formas em que a ventilação natural pode ser utilizada:

Figura (1): Tipos de ventilação natural



Fonte: Macintyre (1990).

A figura acima mostra os diversos tipos de ventilação natural e como deve ser aplicados para uma boa eficiência. Segundo Macintyre (1990) para se determinar a vazão Q para casos de ventilação natural, basta saber a velocidade média dos ventos locais e adotar 50% do valor da sua velocidade para base de cálculo, e através das aberturas de área, quando a velocidade do vento for igual a v . Para o cálculo de Q , usa-se a formula 1 a seguir:

$$Q = \omega \cdot A \cdot v$$

Formula 1

A grandeza ω é um fator que depende das características das aberturas. Pode se adotar: $\omega = 0,5$ a $0,6$, considerando ventos perpendiculares à parede onde estão as aberturas, e $\omega = 0,25$ a $0,35$, quando os ventos forem diagonais em relação à empena.

2. Ventilação geral diluidora

Segundo Mesquita (1977) a ventilação geral diluidora, tem a capacidade de promover uma diminuição de contaminantes, admitindo ou diluindo ar, misturando poluidores com ar limpo, dissolvendo antes de retirados do ambiente, mas isso não faz com que ela impeça a emissão de poluentes, por isso ela só pode ser aplicada quando o poluente não está em concentrações que exceda a sua capacidade de diluição.

Segundo Oliveira (2013) um sistema de ventilação geral diluidora tem como objetivos:

A proteção e saúde humana, fazendo a diminuição de agentes contaminantes nocivos, abaixo de um certo limite de tolerância.

Redução de concentração de contaminantes inflamáveis ou explosivos, abaixo dos parâmetros de inflamabilidades e explosividade.

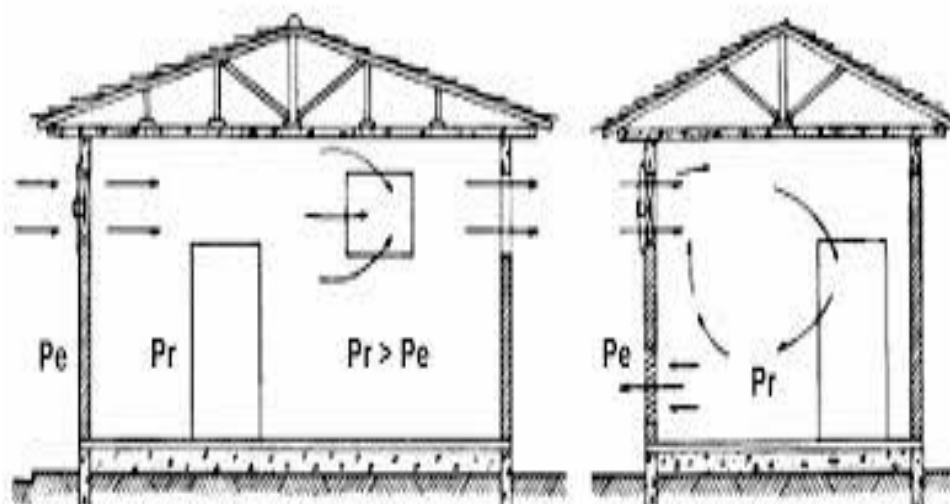
Eficiência e conforto humano, pelo controle de humidade e temperatura do ar ambiente.

De modo geral, ventilação geral diluidora utiliza equipamentos mecânicos (ventiladores) para a ventilação do recinto, podendo ser realizada por meio de exaustão; insuflação e insuflação e exaustão combinados, constituindo o chamado sistema misto (MACINTYRE, 1990).

2.1 Insuflação mecânica e exaustão natural

É utilizada quando não há condições que garantam a condição de eficiência para atender à temperatura, vazão e umidade que se espera, para isso nesse caso de ventilação um ou mais ventiladores irão mandar ar do meio externo para dentro do ambiente, sendo a pressão no interior do ambiente maior que a do exterior, o ar que foi admitido sai por outras aberturas existentes (MACINTYRE, 1990). A figura 2, a seguir, apresenta os tipos de ventilação.

Figura (2): Insuflação mecânica e exaustão natural.



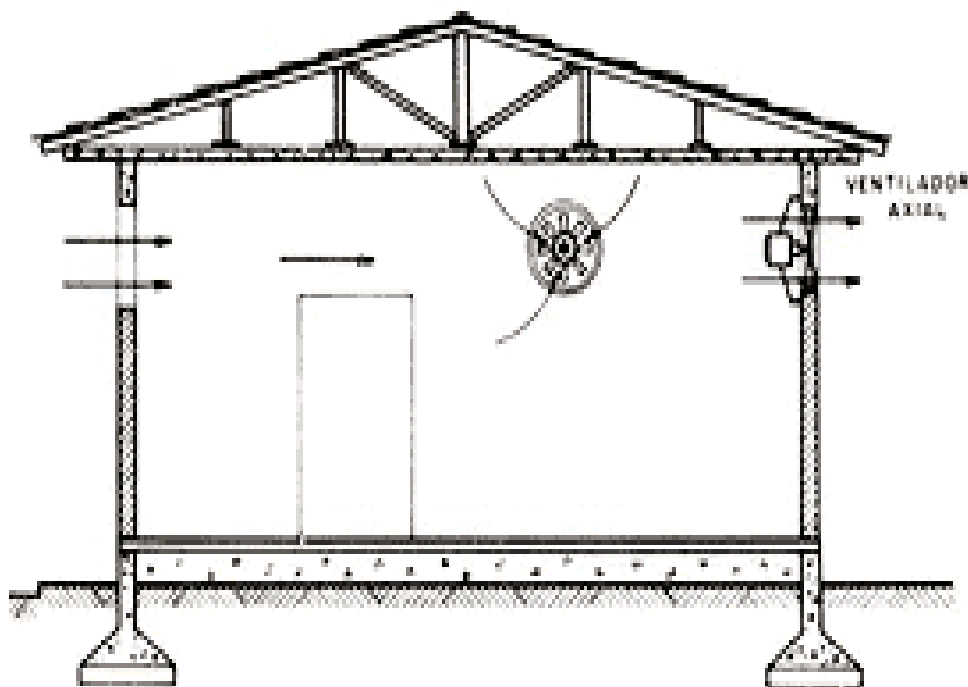
Fonte: Macintyre (1990).

A figura 2 acima mostra a insuflação mecânica e exaustão natural, onde se faz a insuflação por meio de um ventilador para manipular a entrada do ar e para a sua exaustão usa-se apenas aberturas, sem sistemas mecânicos.

2.2 Insuflação natural e exaustão mecânica

Ventiladores axiais retiram o ar do recinto para fora do ambiente, com a ação da exaustão a pressão no interior irá baixar, por conseguinte a pressão externa sendo maior, fazendo assim o ar se extraído de dentro do recinto. Pode haver necessidade de mais de uma abertura de admissão do ar, o que vai depender de como os equipamentos se distribuem pelo local (MACINTYRE, 1990). Na figura 3, é mostrada a insuflação natural e exaustão mecânica.

Figura (3): Insuflação natural e exaustão mecânica



Fonte: Macintyre (1990).

Na figura 3 mostra a insuflação natural e exaustão mecânica, onde se faz a insuflação por meio de aberturas, sem sistemas mecânicos, já na exaustão é utilizado ventilador para manipular a saída do ar.

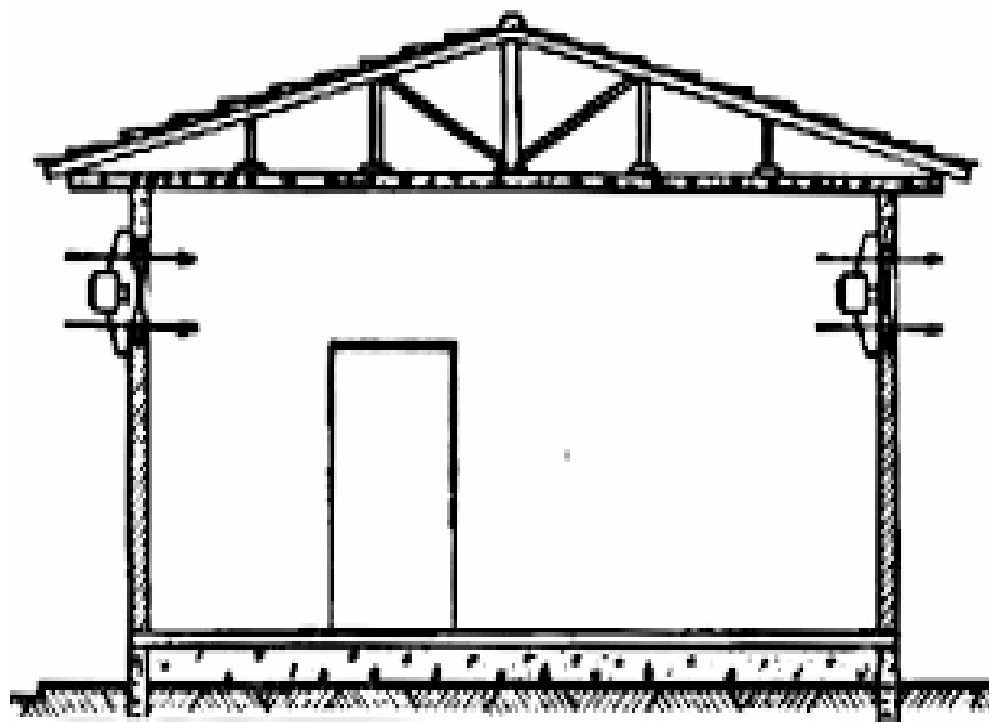
2.3 Insuflação e exaustão mecânicas

No caso em questão, existe tanto ventiladores para fazer a insuflação do ar quanto para a exaustão do mesmo, o objetivo desse tipo de ventilação é para obter um alto controle,

tanto em relação a qualidade do ar que entra, quanto à sua distribuição pelo o ambiente, sendo assim o sistema misto, como é conhecido, consegue quando bem projetado, evitar a circulação dos contaminantes do ar com mais eficiência (MACINTYRE, 1990).

Na figura 4, é mostrado a insuflação mecânica e exaustão mecânica.

Figura (4): Insuflação mecânica e exaustão mecânica.



Fonte: Macintyre (1990).

A figura 4 mostra a insuflação mecânica e exaustão mecânica, ambas utilizam sistemas mecânicos para manipular a entrada e saída do ar.

3.1 Ventilação local exaustora.

Há contaminantes que por sua concentração e quantidade produzida, e alta toxicidade, não podem ser diluídos na atmosfera, por um sistema de ventilação geral, podendo os trabalhadores que ficam por mais tempo no local sofrerem as consequências em seus organismos. A solução é recolher esses contaminantes junto a fonte que os produz, assim não haverá dispersão dos contaminantes no recinto (MACINTYRE, 1990).

Segundo Oliveira (2013) o objetivo principal da ventilação local exaustora é de capturar os contaminantes de uma fonte, sejam elas gases, poeiras tóxicas ou vapores, antes que aconteça uma dispersão pelo ar ambiente, ou seja, antes que cheguem a zona de respiração do ser humano.

Para Sobrinho (1996) a ventilação local exaustora é mais eficaz para o controle de locais de trabalho, especialmente quando aplicada em combinação com outras medidas que visam a redução ou até o fim da exposição de trabalhadores a agentes poluentes presentes ou liberados na forma vapores, poeiras, gases ou nevoas.

Uma instalação local exaustora deve possuir essencialmente as seguintes partes:

- Captor: equipamento capaz de recolher o ar que possui o poluente, é colocado no local onde se vai gerar o mesmo;
- Ventilador: produzir a diminuição ou depressão, por conta do captor que faz o ar poluído até a entrada do ventilador, e a pressão positiva, fazendo assim o ar sair do ventilador e ir para o ambiente exterior, ou outros filtros ou outros mecanismos de tratamento do ar;
- Rede de dutos: tem a função de conduzir o ar que contem agentes poluidores, do captor até o ventilador, e após lançar para o meio externo ou sistemas de tratamento;
- Coletores de partícula: esse tem por finalidade a retenção das partículas ou a diluição dos gases, para que não haja o lançamento livre para o ar externo desses materiais sem o tratamento devido. Alguns tipos colocados antes do ventilador, outros após o mesmo (MACINTYRE, 1990).

METODOLIGA

A exposição da pesquisa está organizada em três seções que integrados, exploram as determinações necessárias do objeto em debate na sua totalidade. Na primeira sessão será realizado o estudo das literaturas referentes ao tema, e seguir os parâmetros da norma ABNT NBR 16401-3 no qual expõem o nível mínimo e máximo de vazão para quantidade pessoas por metro quadrado, em seguida, utilizando planta baixa oficial do laboratório de engenharia civil, cedida pela faculdade Estácio, para assim utilizar as informações contidas na mesma como base para o estudo.

Na segunda sessão será tratado as etapas, ou seja, seguindo as sequências de cálculos realizando o processo do dimensionamento. Primeiramente assim, tirando a área, formula (2) do laboratório, adotando a altura de 3 metros, pois se enquadra no padrão, para após calcular o volume, formula (3).

Pelo resultado do produto entre o volume e o número de trocar de ar, que é tabelado, obteve-se a vazão do ventilador, formula (4) que será tirada do ar externo e jogada para o ambiente interno. Após o resultado de vazão do ventilador, faz-se a divisão de vazão do

mesmo pela quantidade de trechos da tubulação formula (5), esses trechos são representados em A-B; B-C; C-D e D-E.

Somente no primeiro trecho a vazão é a mesma do ventilador, nos demais, há necessidade de calcular sua específica vazão. Obtido a vazão do primeiro trecho, a vazão dos trechos seguinte serão encontradas, com a subtração da vazão do trecho anterior pelo resultado da divisão da formula (5), e isso irá ocorrer de forma consecutiva até achar a vazão de todos os trechos, representadas pelas formulas (6), (7) e (8).

Após isso, deu ênfase aos dutos, com objetivo de obter área e diâmetro de cada trecho, a área é extraída pela divisão entre a vazão do trecho e sua velocidade que é dada pela figura (6), possibilitando assim achar o diâmetro de cada trecho, presente nas formulas de (9) a (16).

Utilizando a velocidade, vazão e diâmetro, no qual foram angariados, proporciona encontrar na figura (7), a perda de carga. Já colhida na figura, faz-se o produto da perda de carga pelo comprimento da tubulação, para encontrar a pressão do sistema.

Na última sessão com os devidos cálculos realizados e o dimensionamento do sistema de ventilação do laboratório e qual tipo específico de sistema de ventilação, trazendo como resultados a escolha dos materiais dos dutos que serão utilizados para o sistema de ventilação e o ventilador ideal para o caso em questão.

Outro ponto é saber se a vazão será adequada para realizar a renovação do ar conforme a norma ABNT NBR 16401-3. Portanto, apresentando a conclusão iremos analisar os resultados adquiridos e levantar a discussão se necessário haver mudanças, um redimensionamento por fim, de forma ilustrativa, projetou-se através de um software o produto final do projeto de estudo.

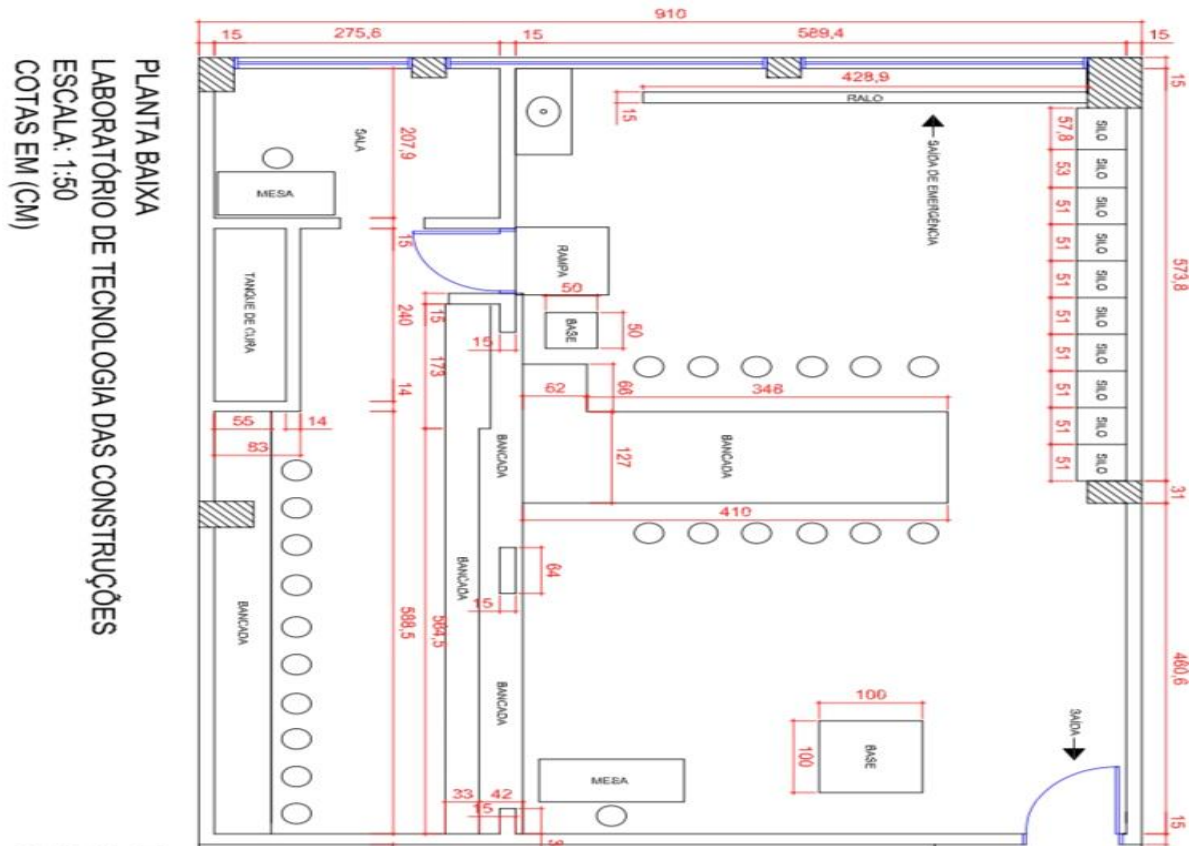
1. ESTUDO

1.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.

Para realizar os cálculos necessários para o de dimensionamento de um sistema de ventilação geral diluidora, iniciamos com o levantamento das dimensões do laboratório, pois para o cálculo de volume se faz necessário: Altura pé direto (A); Largura (L); Comprimento (C).

Esses dados foram obtidos através da planta do laboratório de engenharia civil.

Figura (5): planta do laboratório de engenharia civil



Fonte: Estácio

Com a coleta dos dados realizada, obtém-se o volume do laboratório pelo usa da formula: onde h representa altura do chão ao teto, C o comprimento e L a largura.

$$v_{\text{laboratorio}} = h * L * C \quad m^3 \quad (1)$$

O cálculo da área do laboratório é feito a partir do produto do comprimento pela largura.

$$A_{\text{laboratorio}} = L * C \quad m^2 \quad (2)$$

Após o resultado do volume pode-se calcular a vazão total do ventilador a partir do produto do volume do laboratório pelo número de trocas de ar.

$$\dot{V}_{\text{ventilador}} = V_{\text{Laboratorio}} * n_{\text{troca de ar}} \quad m^3/h \quad (3)$$

O número de trocar de ar, por hora, é achado através da tabela exposta no livro MACINTYRE, onde se considera o laboratório como uma oficina. Desta forma, adota-se o número de troca de ar por hora, onde se encontra na faixa de 4- 12.

Após o cálculo de vazão total será calculado a vazão de cada boca de insuflamento, basta fazer a relação entre a vazão total de operação do ventilador pelo número de bocas.

$$\dot{V}_{Boca\ de\ insuflamento} = \frac{\dot{V}_{ventilador}}{n_{bocas\ insuflamento}} = m^3/h \quad (4)$$

No caso em questão usaremos 4 bocas de insuflamento para o projeto. Para cada trecho da tubulação a sua vazão respectiva será:

$$\text{Trecho A-B} \rightarrow \dot{V}_{A-B} = \dot{V}_{ventilador} = m^3/h \quad (5)$$

$$\text{Trecho B-C} \rightarrow \dot{V}_{B-C} - \dot{V}_{Boca\ de\ insuflamento} = m^3/h \quad (6)$$

$$\text{Trecho C-D} \rightarrow \dot{V}_{C-D} - \dot{V}_{Boca\ de\ insuflamento} = m^3/h \quad (7)$$

$$\text{Trecho D-E} \rightarrow \dot{V}_{D-E} - \dot{V}_{Boca\ de\ insuflamento} = m^3/h \quad (8)$$

Para calcular a área de cada duto, irá ser feito a relação entre a vazão de cada trecho e da velocidade do ar, então:

Área A-B;

$$A_{duto} = \frac{\dot{V}_{ventilador}}{v} = m^2 \quad (9)$$

Diâmetro trecho A-B;

$$D_{A-B} = \sqrt{\frac{4A_{A-B}}{\pi}} = m \quad (10)$$

Área trecho B-C;

$$A_{B-C} = \frac{\dot{V}_{B-C}}{v} = m^2 \quad (11)$$

Diâmetro B-C;

$$D_{B-C} = \sqrt{\frac{4A_{B-C}}{\pi}} = m \quad (12)$$

Área C-D;

$$A_{C-D} = \frac{\dot{V}_{C-D}}{v} = m^2 \quad (13)$$

Diâmetro C-D;

$$D_{C-D} = \sqrt{\frac{4A_{C-D}}{\pi}} = m \quad (14)$$

Área D-E;

$$A_{D-E} = \frac{V_{D-E}}{v} = m^2 \quad (15)$$

Diâmetro D-E;

$$D_{D-E} = \sqrt{\frac{4A_{D-E}}{\pi}} = m \quad (16)$$

Utilizando a área do trecho D-E, é tirado o diâmetro e assim, com auxílio da tabela achar a perda de carga. A velocidade em cada duto pode ser determinada através da tabela a seguir.

Figura (6): velocidades máximas e recomendadas para dutos de ar e equipamentos de sistemas de baixa pressão.

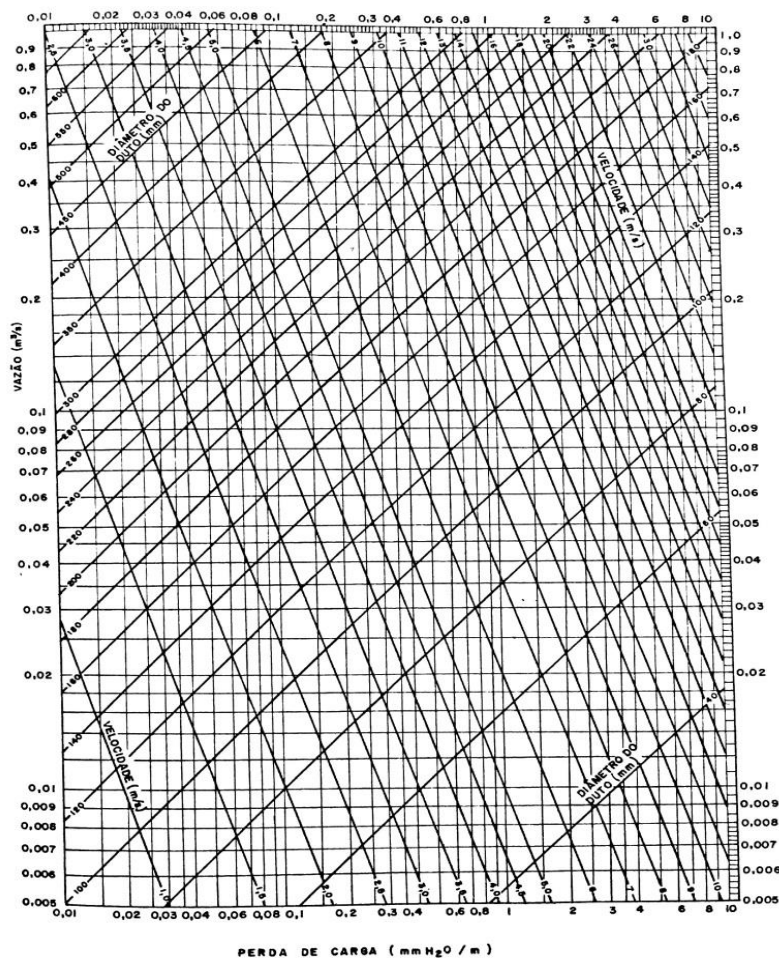
Tabela 9.3 Velocidades recomendadas e máximas para dutos de ar e equipamentos de sistemas de baixa pressão (NB-10/1978)

Designação	Recomendadas (m/s)			Máximas (m/s)		
	Residências	Escolas, teatros e edifícios públicos	Prédios industriais	Residências	Escolas, teatros e edifícios públicos	Prédios industriais
Tomadas de ar exterior	2,50	2,50	2,50	4,00	4,50	6,00
Serpentinas — resfriamento	2,25	2,50	3,00	2,25	2,50	3,60
— aquecimento	2,25	2,50	3,00	2,50	3,00	7,50
Lavadores de ar — borrifador	2,50	2,50	2,50	3,50	3,50	3,50
— alta velocidade	—	—	9,00	—	—	9,00
Descarga do ventilador mín	5,00	6,50	8,00	—	—	—
máx	8,00	10,00	12,00	8,50	11,00	14,00
Dutos principais mín	3,50	5,00	6,00	—	—	—
máx	4,50	6,50	9,00	6,00	8,00	10,00
Ramais horizontais mín	—	3,00	4,00	—	—	—
máx	3,00	4,50	5,00	5,00	6,50	9,00
Ramais verticais mín	—	3,00	—	—	—	—
máx	2,50	3,50	4,00	4,00	6,00	8,00

Fonte: Macintyre (1990)

Com base nos dados relacionados a vazão, velocidade e diâmetro adquiridos, foi realizada uma consulta na figura abaixo para verificar a perda de carga da tubulação por onde irá transitar o ar.

Figura (7): perda de carga por atrito em $\text{mmH}_2\text{O}/\text{m}$



Fonte: Macintyre (1990)

Após adquirir o valor da perda de carga, será realizado o cálculo de variação de pressão, pelo produto da perda de carga J e o tamanho da tubulação:

$$\Delta P = J * C_{Tubulação} = \text{mmH}_2\text{O} \quad (17)$$

5 RESULTADOS

O material dos dutos a ser utilizados foi o aço galvanizado, pois é comumente usados para gases não corrosivos.

Área do laboratório é: $98,4 \text{ m}^2$

O volume do laboratório é: $299,05 \text{ m}^3$

Comprimento da tubulação: $10,81 \text{ m}$

A vazão total do ventilador: $3.289,55 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $913,77 \text{ L/s}$

A vazão em cada boca de insuflamento é de: $822,387 \text{ m}^3/\text{h}$

A figura abaixo extraiu-se parâmetros para efeito de comparação, ou seja, selecionou-se o “laboratório de ciências”. Tendo em vista os parâmetros já adotados, compara-se com os resultados obtidos do dimensionamento, analisando se estão dentro da margem aceitável, conforme a figura.

Figura (8): vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² a
		F _p L/s*pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pess.	F _a L/s*m ²	
Edifícios públicos								
Aeroporto – saguão ^c	15	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Aeroporto – sala de embarque ^c	100	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Biblioteca	10	2,5	0,6	3,5	0,8	3,8	0,9	--
Museu, galeria de arte ^d	40	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Local de culto	120	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Legislativo – plenário	50	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – lobby	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório e platéia	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – palco	70	5	0,3	6,3	0,4	7,5	0,5	--
Tribunal – sala de audiências	70	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Esportes								
Boliche – área do público	40	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Ginásio coberto (área do público)	150	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Ginásio coberto (quadra)	--	--	0,3	--	0,4	--	0,5	--
Piscina coberta ^e	--	--	2,4	--	3,0	--	3,6	2,5
"Fitness center" – aeróbica	40	10	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
"Fitness center" – aparelhos	10	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Estabelecimentos de ensino								
Sala de aula	35	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de informática	25	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de ciências	25	5	0,9	6,3	1,1	7,5	1,4	5,0

Fonte: ABNT (2008)

O quadro abaixo representa os resultados obtidos pelas formulas de 3 a 16.

Quadro (i): resultados de cada seção da tubulação ao longo do sistema.

Trechos da tubulação	Vazão (V̇) m ³ /h	Área (A) m ²	Diâmetro (D) m	Perda de carga (J) mmH ₂ O/m	Pressão mmH ₂ O
A-B	3.289,55	0,091	0,34	0,35	-
B-C	2.467,16	0,07	0,30	0,4	-
C-D	1.644,77	0,05	0,25	0,45	-
D-E	822,38	0,025	0,20	0,5	-
Total	-	-	-	-	5,4

Fonte: autor

A escolha do ventilador é feita a partir dos dados da vazão e da pressão, com isso o ventilador mais adequado para esse sistema tem que gerar uma vazão volumétrica de $3.289,55 \text{ m}^3/\text{h}$ e uma pressão de $5,4 \text{ mmH}_2\text{O}$:

Quadro (2): seleção de ventilador de insuflação

Marca	VENTISILVA
Tipo	E
Modelo	5º
Classe	T6
Potencia	0,33 cv
Pressão	11 mmH_2O
Vazão	$6.000 \text{ m}^3/\text{h}$

Fonte: autor

Para saída forçada do ar, ou seja, se dá de forma mecânica, foi escolhido um ventilador adequado para tal operação. Para isso é necessário corresponder a vazão requerida, deste modo, sabendo-se que deve haver um fluxo constante de ar, logo o ventilador que fará a função exaustora deve atender vazão igual ao do de insuflamento.

2658

O ventilador escolhido para a função exaustora, deve ter filtro para quando jogar o ar para o ambiente externo conter o mínimo possível de agente contaminantes. Assim sendo, o ventilador escolhido:

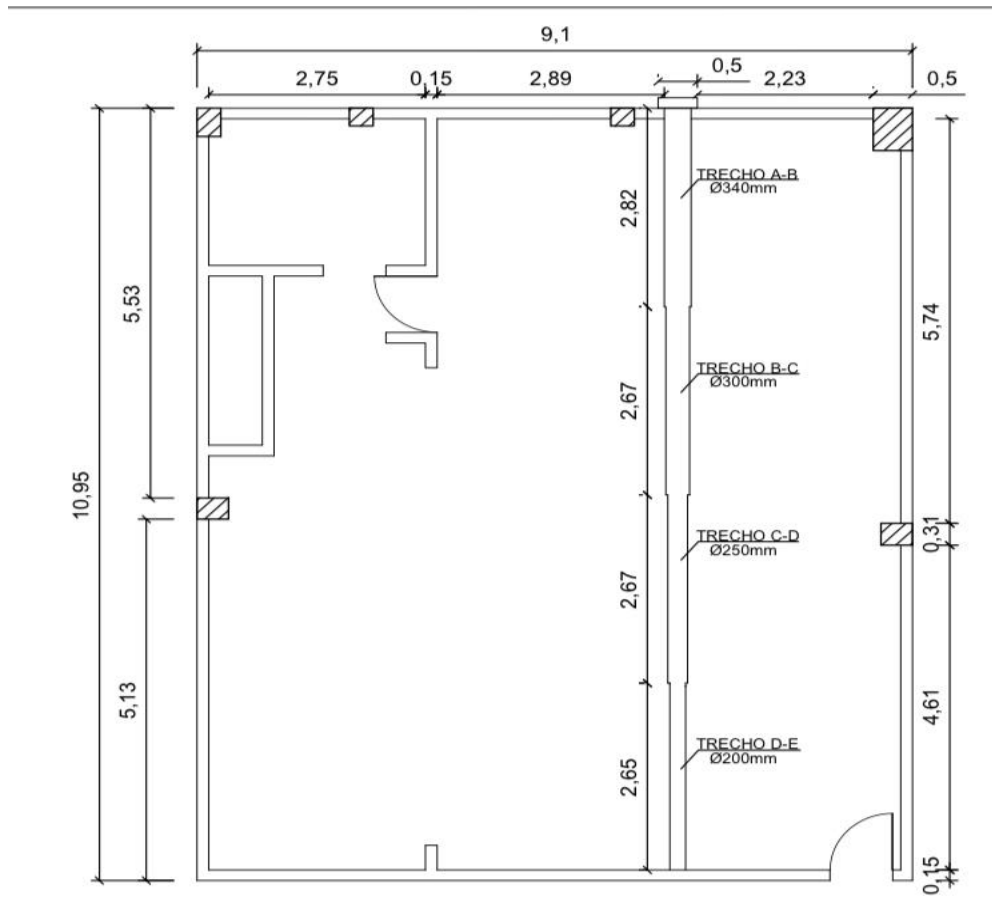
Quadro (3): seleção de ventilador de exaustão

Marca	BRASFAIBER
Tipo	VA
Modelo	27
Classe	M-CH
Potencia	$1/25 \text{ CV}$
Pressão	$5 \text{ mmH}_2\text{O}$
Vazão	$2.000 \text{ m}^3/\text{h}$

Fonte: autor

Por fim, a figura (8) desenhada no programa AutoCad, ilustra a posição do sistema no local de estudo, ou seja, no Laboratóri

Figura (9): Posição do Sistema de Ventilação no Laboratório de Engenharia Civil



Fonte: Autor

Após a dimensão e escolha de ventiladores a figura 9, esclarece de forma didática as dimensões de cada trecho e onde se situa no laboratório.

CONCLUSÃO

É possível fazer o dimensionamento e instalação do sistema de ventilação, dessa forma a localização do sistema e os ventiladores de exaustão foram colocados próximos aos recipientes de coletas de materiais onde geram poluentes mostrado na figura (9), tendo em vista que irá atender aos critérios solicitados gerando assim qualidade do ar e conforto térmico para os alunos e funcionários que utilizam o laboratório.

Porém, ao analisar houve a necessidade de implementar dois ventiladores para a exaustão, havendo assim a necessidade de saída de ar forçada, por não ter saída natural conforme exposto na figura (9).

Esses ventiladores são de menor vazão em relação ao ventilador de insuflação, em contra partida, somados atendem a vazão total correspondente a $3,289,55 \text{ m}^3/h$ do sistema e para se obter uma melhor distribuição no laboratório.

Conforme os resultados obtidos de vazão, ele fica bem acima do nível 3 da figura (8), nível esse que representa o número de vazão necessária para ocorrer a renovação do ar. Sabendo disso, o sistema irá funcionar, pois a vazão retirada do ambiente externo será maior do que a estipulada pela norma regulamentadora.

Dito isso, abre margem para um possível redimensionamento, por conseguinte, um sistema com um potencial menor de vazão, deste modo também supriria aos objetivos propostos e melhorias do ar do laboratório, e acima de tudo, além de funcionar, estaria também nos padrões exigidos pela norma.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (BRASIL). Instalação de Ar Condicionado: Sistemas Centrais e Unitários. **Qualidade do Ar Interior**, Rio de Janeiro, ed. 1, p. 1-24, 4 ago. 2008.

CLEZAR, C. A; NOGUEIRA, C. R. **Ventilação industrial**. Florianópolis: UFSC, 1999.

2660

CHAVEZ, E. L. Ventilação industrial aplicada à engenharia de segurança do trabalho. **Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Escola Pitágoras (Pós Graduação)**, [s. l.], 23 out. 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

LISBOA, H.M. Controle da poluição atmosférica: ventilação industrial. **Apostila, capítulo VI**, [s. l.], 2007.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação industrial: controle da poluição**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990. v. Unico. ISBN 978-85-216-1123-3.

MESQUITA, A. L. S; GUIMARÃES, F. A; NEFUSSI, N. **Engenharia de ventilação industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

OLIVEIRA, J. M. Noções de Ventilação Industrial. (**apostila**), [s. l.], 2013.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

TRIVIÑOS, A. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. ed. São Paulo: Atlas, 1987

VENTILADOR: BRAISFABER. [S. l.], 1 jun. 2020. Disponível em: <https://www.brasfaiber.com.br/ventilador-axial/>. Acesso em: 9 jun. 2020.

VENTILADOR: ventisilva. [S. l.], 8 jan. 2020. Disponível em: <https://www.ventisilva.com.br/exaustor-trifasico-e50-t6-74p>. Acesso em: 9 jun. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.