

Centro Paula Souza
ETEC Escola Professor Alfredo de Barros Santos
Guaratinguetá, SP

Grupo:

Antonio Aparecido Messias da Costa
Clayton Roberto de França
Gilson Serapião
José Paulo Rodrigues da Silva Marcelino
Magno Neves de Lima

Exaustão e Climatização na Oficina Solda da ETEC

Guaratinguetá, SP

2023

Curso: Técnico em Segurança do Trabalho

Professor: Lucio Gualiato Gonçalves

Professor: Moisés Peixoto da Silva

Agradecimentos:

Agradecemos a primeiramente a Deus, por ser nosso guia, protetor e por nos abençoar nessa caminhada e durante todo esse curto tempo que passamos juntos. Agradecemos a nossa família, por apoiar esta trajetória que decidimos caminhar. Especialmente nossos Mestres que sempre nos apoiou, incentivou e nunca mediu esforços para que realizássemos nossos sonhos.

Os nossos orientadores Mestres Lúcio Gualiato e Moises Peixoto por todo apoio, cobrança e profissionalismo durante este período.

Aos meus amigos e colegas de turma, por todo companheirismo e amizade durante esses 18 meses, levamos cada um em nossos corações e espero que nossa amizade perdure apesar da distância.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram na minha formação e realização desse trabalho.

"Não basta saber, é preciso aplicar, não basta querer, é preciso agir também."

Rui Barbosa

"Não se espante com a altura do voo. Quanto mais alto, mais longe do perigo. Quanto mais você se eleva, mais tempo há de reconhecer uma pane. É quando se está próximo do solo que se deve desconfiar".

Santo Dumont

RESUMO:

Os ambientes de trabalho comumente comportam alguns tipos de riscos de acidentes, físico, biológico, químicos ou ergonômicos, que afetam a saúde, segurança, eficiência e bem estar dos trabalhadores, no Brasil as (NR's) NR9 e NR15 definem as medidas de proteção e os limites de tolerância em relação às substâncias tóxicas presentes nos fumos metálicos. O presente trabalho foi proposto com objetivo de realizar e identificar os riscos existentes nos processos de soldagem da oficina de estudo na escola ETEC. O estudo identifica medidas de proteção individual e coletiva, para que os riscos sejam eliminados ou amenizados, preservando a saúde dos estudantes e a preservação ambiental, para essa avaliação, levamos em consideração aspectos como a disponibilidade e utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI), proteção coletiva (EPC), qualidade e estado dos postos de trabalho, equipamentos e o cumprimento dos deveres da escola em relação à saúde e segurança dos estudantes. A pesquisa foi a partir da bibliográfica, abordando aspectos teóricos de soldagem e segurança do trabalho seguidos do estudo de caso que trata das atividades e riscos encontrados na escola. Os riscos identificados foram os riscos físico, químico, ergonômico e de acidente. Assim, foram propostas medidas protetivas como a instalação do sistema de exaustão. Se faz necessário treinamento para a correta execução das atividades com conscientização e cobrança para utilização correta dos EPI's.

Palavras-chave: Segurança do trabalho; soldagem; riscos, EPI.

ABSTRACT:

Work environments commonly involve some type of risk of accidents, physical, biological, chemical or ergonomic, which affect the health, safety, efficiency and well-being of workers, in Brazil the (NR's) NR9 and NR15 define the protective measures and tolerance limits in relation to toxic substances present in metallic fumes. The present work was proposed with the objective of identifying the existing risks in the welding processes of the study workshop at the ETEC school. The study identifies individual and collective protection measures, so that risks are eliminated or mitigated, preserving the health of students and environmental preservation, for this evaluation, we took into account aspects such as the availability and use of personal protective equipment (PPE), collective protection (CPE), quality and condition of jobs, equipment and compliance with school duties regarding student health and safety. The research was based on bibliographical research, addressing theoretical aspects of welding and work safety, followed by a case study that deals with the activities and risks encountered at school. The identified risks were physical, chemical, ergonomic and accident risks. Thus, protective measures were proposed, such as the installation of an exhaust system. Training is necessary for the correct execution of activities with awareness and demand for the correct use of PPE.

Keywords: Work safety; welding; risks, PPE.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema fixo com captor de fenda lateral.....	
Figura 2 – Contornos de velocidades e as linhas de fluxo para captos de abertura circular (A) sem e (B) com flange.....	
Figura 4 – Balanceamento de dutos.....	
Figura 5 – Planta baixa do local de estudo.....	
Figura 6 – Captor Braço Extrator.....	
Figura 7 – Curva de Pressão Estática do Braço Extrator.....	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Velocidade de captura em função da operação.....	
---	--

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
4.1 SOLDAGEM	17
4.1.1 Riscos do processo de soldagem	17
4.2 SISTEMAS DE VENTILAÇÃO	19
4.2.1 Ventilação Geral Diluidora (VGD)	19
4.2.1 Ventilação Local Exaustora (VLE)	21
4.2.2.1 Captor	23
4.2.2.2 Sistema de dutos	24
4.2.2.4 Ventilador	26
4.2.2.5 Equipamento de controle de poluição do ar	27
5 METODOLOGIA	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
6.1 CAPTOR	34
6.2 SISTEMA DE DUTOS	35
6.2.1 Perda de carga	37
6.3 FILTRO	40
6.3 VENTILADOR	41
6.4 MODELAGEM DO SISTEMA	43
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47
ANEXO A – DIAGRAMA DE MOODY	50
ANEXO B – COEFICIENTE DE ATRITO K DAS SINGULARIDADES	51
ANEXO C – CURVA CARACTERÍSTICA DO VENTILADOR	53

INTRODUÇÃO

Através do processo de soldagem é possível obter a união de componentes e conjuntos metálicos, utilizando uma fonte de calor que é responsável por fundir ambos os materiais. O processo de soldagem Gás Metal Arc Welding (GMAW) se caracteriza por utilizar um eletrodo e gás de proteção, e consiste em um processo de soldagem amplamente utilizado para unir componentes na indústria. Além de permitir a união de componentes, o processo de soldagem apresenta alguns resultados indesejáveis, de poluentes nocivos à saúde, conhecidos como fumos metálicos e gases tóxicos. O contato dos soldadores com a fumaça resultante do processo de soldagem contribuiu para a diminuição das funções pulmonares e o surgimento de algumas doenças, como, pneumoconiose, intoxicação de manganês, febre de fumaça de solda, entre outros efeitos envolvendo o sistema nervoso central e os olhos. Esses poluentes são classificados como agentes de alta prioridade, pois sua composição é formada por óxidos metálicos (ferro, alumínio, cromo, níquel, manganês), compostos inorgânicos (fluoretos e silicatos não cristalinos) e gases (ozônio, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono). A emissão dos gases tóxicos e de fumos de soldagem está ligada a alguns parâmetros de soldagem como frequência de transferência, corrente elétrica, tempo de arco aberto, gás de proteção, entre outros fatores relacionados ao material e a seu tratamento superficial. Quando as indústrias utilizam somente ventilação natural com poucas correntes de ar nas áreas de soldagem, os gases e fumos originados neste processo ficam concentrados no ambiente industrial e contribuem para a contaminação dos colaboradores. Uma alternativa para reduzir esse problema é a aplicação de equipamentos de ventilação forçada, que evitam a dispersão dos contaminantes por meio da sua captação e transporte, minimizando os riscos e garantindo melhores condições de trabalho aos soldadores. A aplicação desse tipo de sistema é indicada para ambientes fechados ou que apresentam poucas correntes de ar, onde a ventilação mecânica é realizada por meio de ventiladores, evitando a dispersão dos contaminantes e permitindo a sua retirada do ambiente de trabalho, diminuindo consideravelmente os

danos à saúde. Este trabalho tem como objetivo determinar uma metodologia que permita realizar o dimensionamento de um sistema de captação e movimentação de partículas, desde a escolha do captor até a definição do tipo de ventilador, assim como tubos, conexões e reduções.

1- Processo de Soldagem GMAW

A Soldagem GMAW é denominada como o processo de união entre duas partes metálicas, usando uma fonte de calor que é responsável por fundir ambos os materiais. Caracteriza-se por ser empregada na união de componentes de estruturas metálicas e equipamentos nos mais variados campos de aplicação, incluindo a construção naval, estruturas civis, vasos de pressão, (BRANDI, 1992) tubulações, usinas hidrelétricas e diversos equipamentos. A soldagem a arco elétrico é definida como uma descarga elétrica que é mantida através de um gás ionizado, iniciada por uma quantidade de elétrons emitidos do eletrodo negativo aquecido e mantido pela ionização térmica do gás. Com isso, ocorre o surgimento da poça de fusão, resultando na união entre as duas partes metálicas. Outra peculiaridade deste processo está relacionada à utilização de um gás de proteção, que pode ser ativo ou inativo, e de um eletrodo (no caso do eletrodo revestido, não se utiliza gás de proteção). O eletrodo consiste em um arame que é consumido por meio do arco elétrico, resultando na fusão de ambos os materiais. Esse processo de soldagem é muito utilizado para unir materiais na indústria de máquinas e implementos. Como resultado desse processo, ocorre a produção de elementos nocivos à saúde humana, tais como fumos metálicos, gases, partículas e radiação. A geração de fumos metálicos no processo de soldagem GMAW caracteriza-se por estar diretamente ligada às características da transferência metálica (frequência de transferência, tempo de arco aberto e volume da poça de fusão), corrente elétrica e gás de proteção.

1- 2- Contaminantes

O profissional responsável por realizar a soldagem dos componentes está constantemente exposto aos mais variados riscos durante a realização de suas atividades, dentre os quais se destacam os agentes físicos, químicos, biológicos e ergonômicos. Além disso, o processo de soldagem utiliza altas temperaturas e radiação ultravioleta, resultando na geração elevada de gases venenosos próximos da área do arco elétrico. Neste contexto, em relação aos riscos químicos, os elementos encontrados nos fumos de soldagem são classificados como agentes de alta prioridade, os quais possuem óxidos metálicos de ferro, alumínio, cromo, níquel, manganês, compostos inorgânicos como fluoretos e silicatos não cristalinos, além de gases como o ozônio, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono. A formação dos fumos metálicos causa danos à saúde, dentre os quais se destacam a pneumoconiose, a intoxicação de manganês, a febre de fumaça de solda, os efeitos sobre o sistema nervoso central e os olhos, entre outros efeitos indesejáveis. Portanto, recomenda-se que a operação de soldagem seja efetuada em locais bem ventilados e, se necessário, com a utilização de ventiladores e exaustores para realizar a captação e a respectiva dispersão dos resíduos para fora do ambiente industrial.

2- Sistema de ventilação

Na concepção de Mesquita, Guimarães e Nefusi (1988), a ventilação consiste na movimentação de ar através de espaços confinados por meios naturais ou mecânicos, sendo necessária a retirada ou fornecimento de ar a determinado ambiente. Além disso, este tipo de sistema pode evitar a dispersão de contaminantes no ambiente industrial e ambiental, garantindo que homem e máquina convivam em um mesmo recinto, sem causar danos à saúde do ser humano e a natureza, Dentre os diversos tipos de ventilação, de forma a respeitar os limites estabelecidos na legislação (Lisboa, 2007),

(Ventilação Local Exaustora (VLE), Oliveira (2008), natural ou diluidora, Macintyre, 1990, utilizada na indústria, a ventilação local exaustora é realizada de forma mecânica e se destaca por extrair o contaminante no próprio local em que ele é produzido, antes mesmo de se espalhar pelo ambiente. Esse tipo de ventilação atua capturando os poluentes por meio de uma corrente de ar com velocidade adequada (velocidade de captura), criada por meios de dispositivos especiais, também conhecidos como captosres, Mesquita, Guimarães e Nefusi (1988). A velocidade do ar nas canalizações de ventilação local exaustora deve ser suficiente para manter as partículas do contaminante em suspensão, ao mesmo tempo em que elas devem ser transportadas. Além disso, também é responsável por transportar pelo ar detritos como poeiras, fumos metálicos e vapores. Os principais componentes de um sistema de ventilação exaustora, conforme Mesquita e Nefusi (1988) são:

Captor: Dispositivo instalado junto à fonte geradora dos poluentes, responsável pela captação do ar que contém o contaminante, no qual, pela diferença de pressões entre o ar ambiente e o existente no captor, estabelece uma corrente de ar para o seu interior (MACINTYRE, 1990). Segundo Lisboa (2007), os captosres podem ter uma grande variedade de configurações, Assunção (1989) ressalta que para selecionar o captor ideal deve-se levar em conta a fonte poluidora, Costa (2005) afirma que as partículas de contaminante, de acordo com sua origem e grau de toxicidade, deverão ser induzidas a se deslocar para o captor com uma determinada velocidade, denominada velocidade de captura (V_c). Em outras palavras, a velocidade V_c corresponde a velocidade do ar no ponto em que se encontram as partículas, capaz de impor o escoamento desejado.

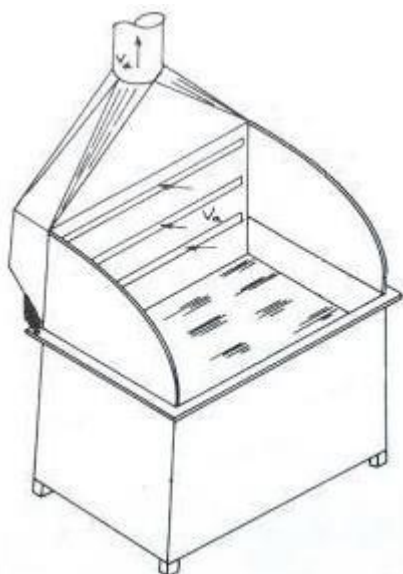


Figura 1: Sistema fixo com captor de fenda lateral. Fonte: Macintyre (1990)

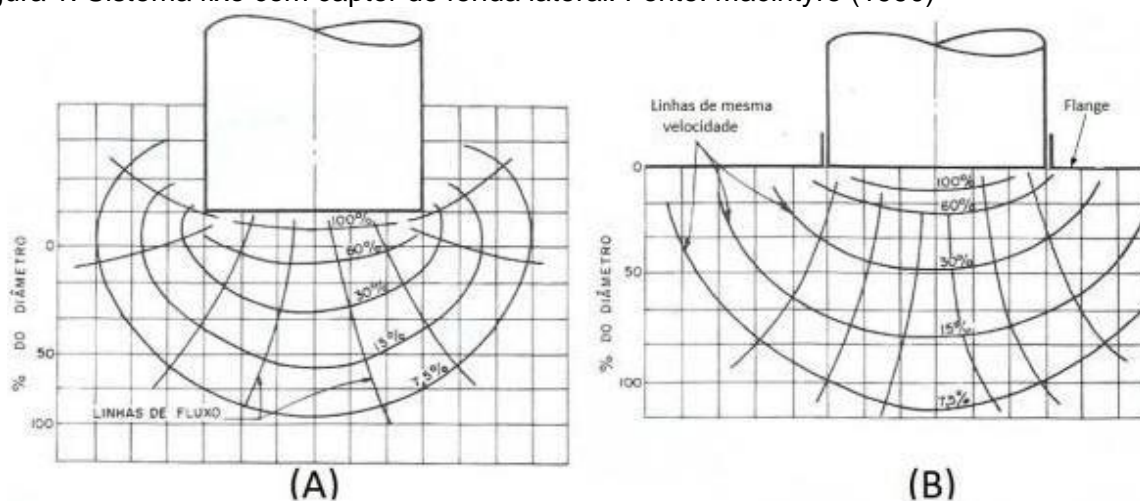


Figura 2 – Contornos de velocidades e as linhas de fluxo para captores de abertura circular (A) sem e (B) com flange.

Fonte: Adaptado de Macintyre (1990).

Sistema de dutos:

Equipamentos responsáveis por transportar o ar contaminado até a entrada do ventilador e deste ao exterior, ou, aos equipamentos de controle de poluição (MACINTYRE, 1990). Costa (2005) destaca que os dutos do sistema de ventilação local exaustora, sempre que possível devem possuir seção circular, para evitar que ocorra estagnação dos contaminantes em arestas ou zonas de velocidade reduzida. O material utilizado nos dutos normalmente é chapa de aço, soldada, ou chapa de aço galvanizada, soldada ou rebitada, para trabalhar abaixo de 200 °C. Além disso, os dutos devem possuir um apoio ou sustentação a cada distância equivalente a 20-30 vezes o seu diâmetro e deve ser posicionados afastados no mínimo 20 cm de paredes e teto, responsável pelo transporte dos gases captados;

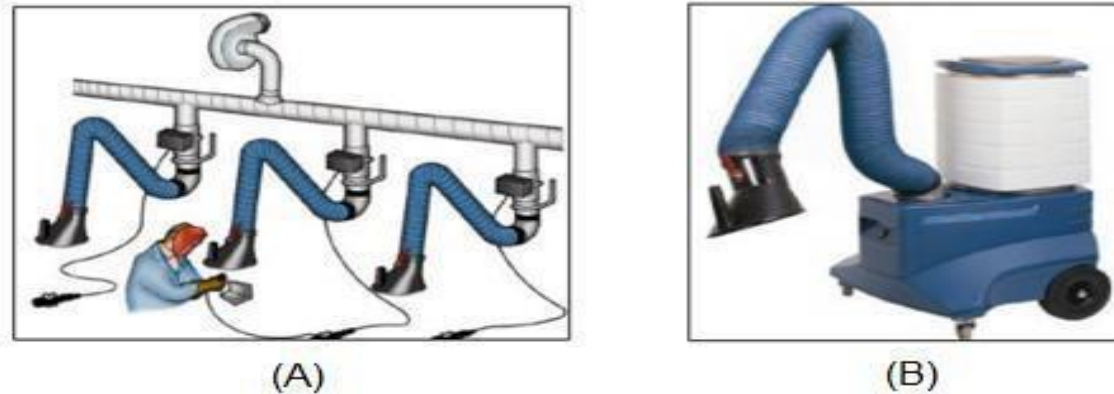


Figura 3: Captor Braço Extrator Flexível. Fonte: Nederman (2014).

Equipamentos responsáveis por transportar o ar contaminado até a entrada do ventilador e deste ao exterior, ou, aos equipamentos de controle de poluição (MACINTYRE, 1990). Costa (2005) destaca que os dutos do sistema de ventilação local exaustora, sempre que possível devem possuir seção circular, para evitar que ocorra estagnação dos contaminantes em arestas ou zonas de velocidade reduzida. O material utilizado nos dutos normalmente é chapa de aço, soldada, ou chapa de aço 25 galvanizada, rebitada, para trabalhar abaixo de 200 °C. Além disso, os dutos devem possuir um apoio ou sustentação a cada distância equivalente a 20-30 vezes o seu diâmetro e devem ser posicionados afastados no mínimo 20 cm de paredes e teto, O balanceamento estático consiste em atingir equilíbrio no ponto de junção entre dois ramais, de forma que em cada um deles se tenha as vazões requeridas. Como exemplificado na Figura 3.

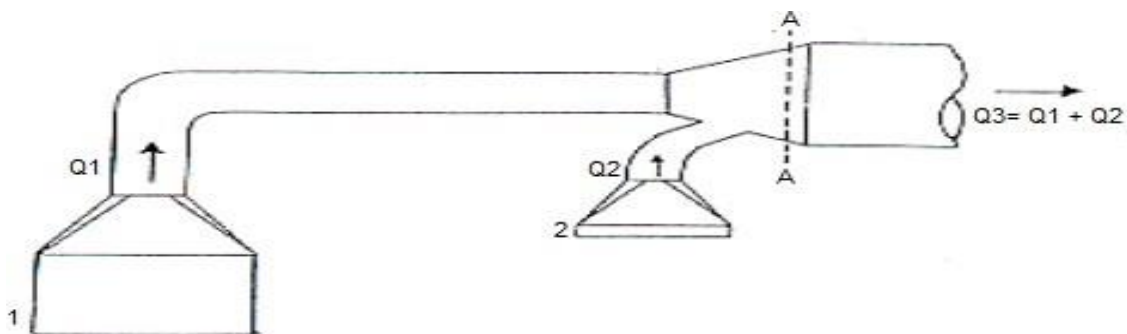


Figura 4: Balanceamento de dutos. Fonte: Lisboa (2007).

A metodologia aplicada para o dimensionamento do sistema de ventilação exaustora é baseada nos métodos propostos por Costa (2005), que consiste na aplicação de expressões matemáticas baseadas na mecânica dos fluidos e conservação de energia e massa. Tal metodologia também é utilizada por Santos (2015) e Antonietti (2020) no dimensionamento de sistemas de ventilação local exaustora em diferentes aplicações. A princípio foi escolhido um tipo de captor, considerando que este envolvesse ao máximo a fonte de contaminantes, possuísse mínima seção de boca possível, aproveitasse em seu desempenho o movimento inicial das partículas a serem geradas, não interferisse na atividade a ser executada e fosse de fácil manutenção e limpeza. Diante disso, optou-se pela utilização de um captor com flange e sua vazão pôde ser determinada, segundo Macintyre (1990), através da Equação 2. $Q = 0,75 \cdot (10x^2 + \Omega) \cdot V_c$ Na qual Q é a vazão (m^3/s), V_c a velocidade de captura dos contaminantes (m/s) definida de acordo com o tipo de partícula resultante do processo, Ω se refere área de coleta de contaminante (m^2) e x a distância entre o ponto de captação e o captor (m). Os valores da velocidade de captura são recomendados por ACGIH (1998) em função das condições de geração e da operação específica, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Velocidade de captura em função da operação. Operação V_c (m/s) Observação
Jatos Abrasivos 2,5 Em cabines, enchimento de barris 0,4 a 0,5 no ponto de operação

Corte manual de granito 1,0 no ponto de operação esmerilhamento 1,0 a 2,0 grelha de fluxo descendente pintura a pistola 0,5 a 1,0 face da cabine solda de prata 0,5 Face da coifa solda elétrica 0,5 a 1,0 no ponto de operação Fonte: Adaptado de Costa (2005). Para realização do dimensionamento dos dutos primeiramente analisou-se o layout da instalação, apresentado na Figura 4, observando o comprimento de cada ramificação e quais acessórios seriam necessários ao sistema. Sendo assim, a partir do resultado da vazão nos captores, é realizada a pré-seleção dos diâmetros dos dutos por meio da Equação da Continuidade (3). Tendo em vista que o ar deve carregar o contaminante, a velocidade de transporte (c) deve ser compatível com o tipo de partícula presente no escoamento, dessa forma é possível determinar a área (A) da seção transversal dos dutos em metros quadrados e, mediante este valor, determinar o diâmetro (D) em metros, de cada duto a ser utilizado. O método empregado para o balanceamento do sistema de VLE baseia-se no método do Balanceamento Estático, descrito por Lisboa (2007). Sendo assim, com a definição dos parâmetros do sistema como perda de carga, vazão e pressão total, será possível determinar o ventilador que melhor se aplica à necessidade da empresa através de pesquisa em catálogos de fabricantes. O Sistema de Ventilação Local Exaustora foi projetado para a disposição dos dutos conforme apresentado na Figura 4. De modo a possuir mais de uma ramificação, tanto para fins econômicos como para simplificar o arranjo físico da tubulação e outros componentes.

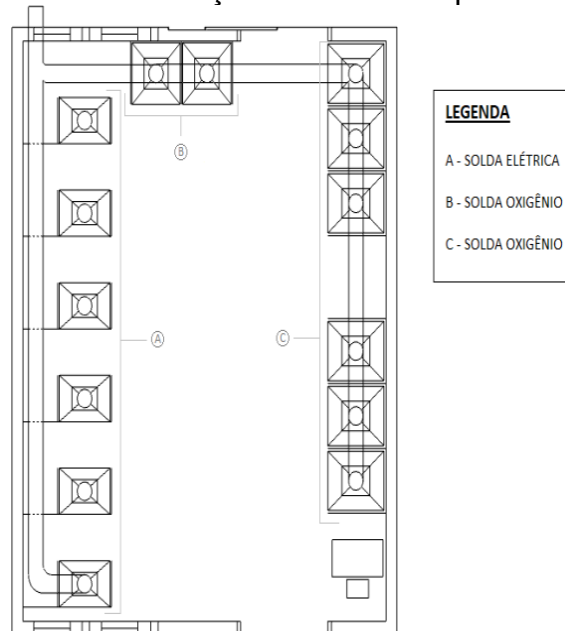


Figura 5 – Planta baixa Sistema de Ventilação Local Exaustora proposto.
Fonte: elaborado pelos autores.

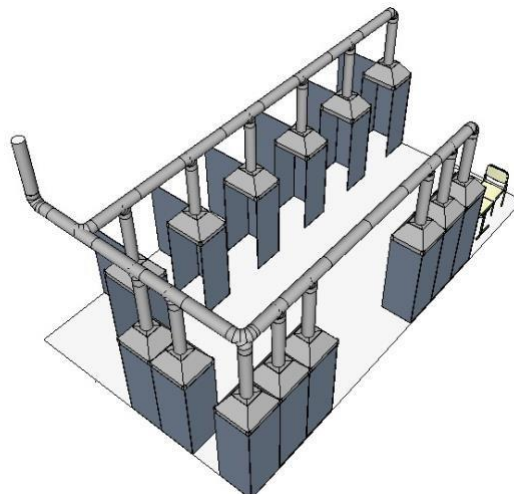


Figura 6: Vista isométrica do sistema de ventilação. Fonte: elaborado pelos autores. De acordo com Costa (2005), os materiais recomendados para a tubulação são alumínio ou aço galvanizado. Levando em consideração o custo do sistema optou-se por utilizar aço galvanizado. Concluído as etapas de dimensionamento e modelagem, chegou-se ao layout proposto nas figuras acima, em que é possível observar a disposição dos captores e demais componentes do sistema, possibilitando melhor visualização do projeto final.

Filtro: Gases e fumos provenientes de processos de soldagem possuem geralmente 0,5 µm (MESQUITA, GUIMARÃES, NEFUSSI,1988). Dessa forma, analisando a Tabela 1, pode-se dizer que os tipos de filtro que melhor se enquadram na situação proposta são os filtros lavador de gás, em função do custo e manutenção. Com base na vazão do sistema e aplicação,

Adequado para trabalhar em ambientes externos; Capacidade de operação de 4300 a 8600 m³/h; Área de filtragem de 144 m²; Diâmetro duto de entrada escolhido de 400 mm e saída 500 mm; Perda de carga de 1200 Pa.

Ventilador: Tendo dimensionado todos os componentes, é calculado, conforme Equação 9, a pressão total do sistema, e então escolhido a máquina de fluxo que melhorará atendê-lo. Segundo Costa (2005), os ventiladores mais indicados para sistemas de ventilação local exaustora são os centrífugos de pás voltadas para trás (limit load) Sendo assim, para selecionar o ventilador mais indicado foi utilizado o software online da OTAM S&P, chamado EASYVENT, o qual requer informações como pressão total, vazão, condição de operação, tolerância e o tipo de ventilador exaustor que se deseja. Fonte: OTAM.

Responsável pela variação de pressão entre o captor e a saída do sistema, movimentando os gases por meio da tubulação. De acordo com Goodfellow e Tahiti (2001) sistema de ventilação local exaustora deve possuir seção circular, sempre que possível, a fim de evitar arestas ou zonas de velocidade reduzida, que possibilitam a estagnação dos contaminantes. Como o sistema de exaustão possui uma série de tubos e elementos, que podem ser fabricados flexíveis ou rígidos a perda de carga deve ser considerada, pois ela ocorre por meio do atrito entre o gás e as paredes internas da tubulação, convertendo a energia mecânica em energia térmica. O resultado desse atrito causa a diminuição no nível de pressão total do sistema, o qual deverá ser compensado posteriormente. Além da perda de carga pelo atrito entre o fluido e o duto, as singularidades utilizadas ao longo da tubulação também devem ser consideradas. Essas singularidades (cotovelos, junções, curvas e reduções) causam distúrbios no fluxo do ar, além de representarem pontos em que ocorrem perda de carga localizada. Esses pontos devem ser projetados de forma que a geometria apresentada ocasione a menor perda de carga possível no sistema.

1- Metodologia

O trabalho foi desenvolvido em cinco etapas, conforme ilustrado na Figura 1. A revisão bibliográfica foi elaborada por meio de pesquisa em livros e artigos publicados em revistas, visita a fabricante do sistema de exaustão e climatização, por meio dos quais foi possível realizar o levantamento de informações sobre os fumos metálicos e a metodologia referente ao memorial descritivo a ser utilizado. Em relação à coleta dos dados, foi realizadas visitas a oficina de solda da ETEC Professor Alfredo de Barros Santos, realizada consulta de profissional da área, onde foi definida a quantidade de equipamentos de soldagem e a distância entre eles, de forma que fossem definidas as dimensões que o sistema deve possuir.

SITUAÇÃO ATUAL (Local)



Figura 7: Local atual. Fonte: Elaborado pelos Autores

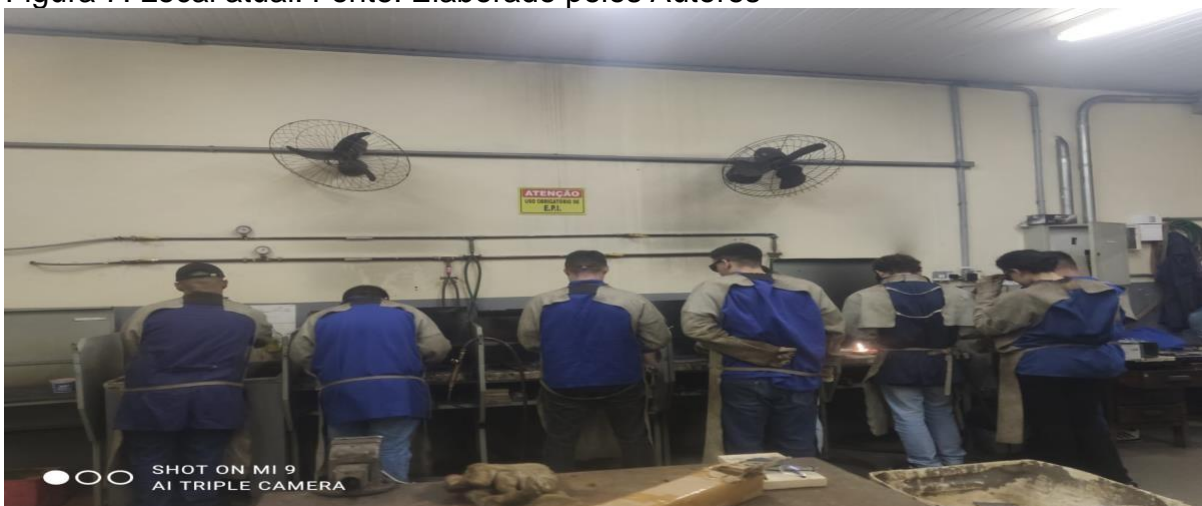


Figura 8 – Local atual. Fonte: Elaborado pelos Autores



Figura 9: Local atual. Fonte: Elaborado pelos Autores.

SISTEMA PROPOSTO

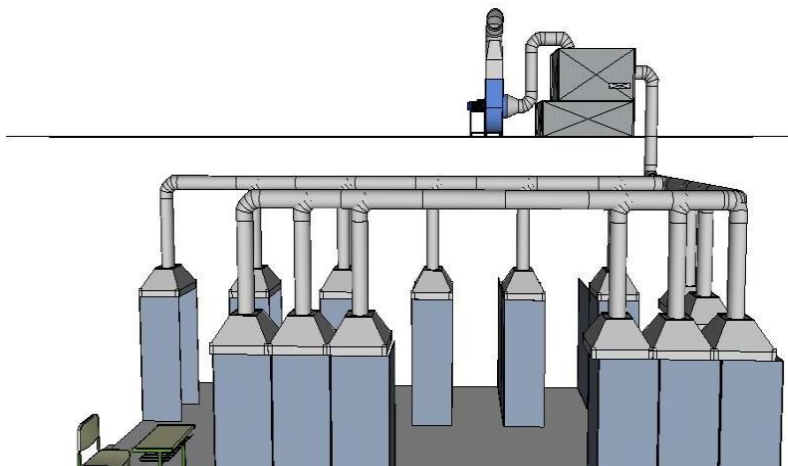


Figura 10: Sistema Proposto. Fonte: Elaborado pelos Autores

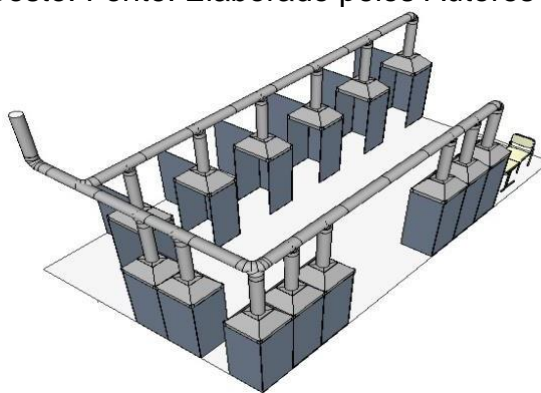


Figura 11: Sistema Proposto. Fonte: Elaborado pelos Autores

Planta Baixa:

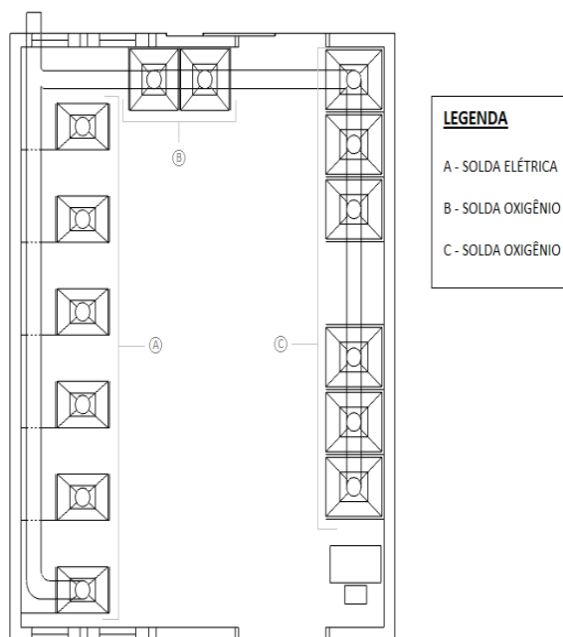


Figura 12 : Sistema Proposto. Fonte: Elaborado Autores

Etapas do desenvolvimento do trabalho.

O dimensionamento do sistema de ventilação exaustora foi realizado conforme a metodologia abordada por Costa. No memorial descritivo foram definidas as vazões e velocidades do gás em cada ponto de estrangulamento, além de determinar as perdas de cargas na tubulação e nas singularidades. A etapa final, relacionada à escolha do ventilador a ser utilizado, foi realizada em função da análise dos dados calculados em relação ao catálogo do fabricante de ventilador. Essa escolha considerou os seguintes parâmetros: perda de carga, potência necessária e vazão total utilizada pelo sistema.

Memorial descritivo

O memorial descritivo define as etapas realizadas para dimensionar o sistema de exaustão, que foi realizado seguindo o método proposto. Neste método, inicialmente foi necessário que um especialista realizasse uma avaliação do local onde é realizada a soldagem, permitindo definir o tipo de captor a ser utilizado, assim como a respectiva área do bocal (Ω_0) responsável pela coleta dos contaminantes. O bocal do captor pode ser definido. A escolha do tipo de captor está relacionada ao coeficiente de entrada do gás (λ) e ao coeficiente de atrito (f), que variam de acordo com a forma. Ambos influenciam a queda de pressão no sistema. A distância do ponto de operação até o bocal do captor (x) é outro parâmetro que foi considerado. Essa distância pode ser determinada conforme informações apresentadas.

Conclusão

Os problemas de emissões de fumos de soldagem já são suficientemente conhecidos nas empresas, para que se tenha conhecimento dos riscos que o mesmo pode trazer à saúde do estudante. Dessa forma, com a presente pesquisa pode-se perceber a importância do assunto e procurar soluções para melhorar o ambiente de estudo. Os resultados mostraram que o sistema de ventilação local exaustora é um dos sistemas mais eficientes e seguro, sendo possível idealizar o projeto em seus aspectos principais, que eram o dimensionamento dos captores piramidal, da rede de dutos, os dutos foram selecionados levando em consideração as dimensões do local e o custo de implantação, garantindo que atendessem a necessidade do sistema. Sendo assim foram dimensionados dutos circulares de aço galvanizado, visando sempre que a velocidade do escoamento fosse superior a velocidade requerida para o transporte do contaminante. Em seguida, foram determinados um filtro e um ventilador que melhor atendessem ao projeto, de modo que foram selecionados o filtro lavador de gás, o ventilador LMS 630 ARR.1 CL.IV – 3100 rpm com uma vazão de 2,21 m³/s. Assim, pode-se afirmar que o sistema de ventilação local exaustora dimensionado neste trabalho atende aos requisitos de sua aplicação, de forma que em condições regulares de operação dos equipamentos de soldagem, o sistema suprirá a exaustão necessária para neutralizar a geração de contaminantes, a fim de que o ar do ambiente mantenha níveis de impurezas dentro do recomendado. Portanto, preservando assim o meio ambiente e a saúde dos estudantes. Tendo em vista a importância da implantação do tema abordado no presente projeto, como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a realização da implantação do sistema de ventilação local exaustora, na cozinha da Escola Prof. Alfredo de Barros Santos ETEC, Guaratinguetá, SP, conforme NBR14.518- 2020.

REFERÊNCIAS

Referência: PAIVA, Paulo Roberto de. **Contabilidade ambiental:** contabilidade ambiental evidencição dos gastos. 2003. 154 f. Monografia (Especialização) - Curso de Administração, Lilacs, São Paulo, 2003. Cap. 1.**Citação com autor incluído no texto:** Paiva (2003)

Referência: VAFAI, Kambiz. Simulação Numérica da Eficiência de Coleta de Partículas de Fumaça de Soldagem. *Jornal da Ciência do Aerossol*. São Francisco, p. 1-70. fev. 2023. Citação com autor incluído no texto: Vafai (2023)

Referência: SPERRY, Ted. Simulação numérica da dosimetria pulmonar dos fumos de soldagem. *Jornal da Ciência do Aerossol*. Califórnia, p. 113-129. Set. 2019. Citação com autor incluído no texto: Sperry (2019)

Referência: FÜHR, Tiago Alexandre. RECONHECIMENTO E AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS GERADOS NOS PROCESSOS DE SOLDAGEM DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO METAL MECÂNICO. 2012. 1 f. TCC (Graduação) -Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí/Rs, 2012.

Referência: HAMZEH, Reza et al. A Sensor Based Monitoring System for Real-Time Quality Control: Semi-Automatic Arc Welding Case Study. 2021. 1 f. TCC(Graduação) - Curso de 30th International Conference On Flexible Automation And Intelligent Manufacturing (Faim2021), Department Of Mechanical Engineering, University Of Auckland, New Zealand, Athens, Greece, 2021.

LISBOA, H.M. 2007. Controle da poluição atmosférica: ventilação industrial. Disponível em: <http://www.lcqr.ufsc.br/adm/aula/Cap%206%20Ventilacao%20Industrial.pdf>. Acesso em: 13/07/2010.

MACYNTIRE, A.J. 1990. Ventilação industrial e controle de poluição. Ed. LTC, Rio de Janeiro, 416 p.

Referência: FERRARI, Camilly Selvático. **DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA PARA ESTAÇÃO DE SOLDAGEM**. 2021. 55 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo Campus São Mateus Curso de Engenharia Mecânica, São Mateus-Es, 2021. Cap. 1.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. NR9: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. 2019. Disponível em: .

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Telecurso: profissionalizante de mecânica: Processos de fabricação. 1 ed. Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2009.

FUNDACENTRO. Introdução a Higiene Ocupacional. São Paulo: Fundacentro, 2004.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. Soldagem: fundamentos e tecnologia. Belo Horizonte: UFMG. 2009.

MÁSCULO, F. S. O. Higiene e Segurança do Trabalho. Elsevier/Abepro, 2011. p. 261-300.

MATTOS, U. A. O. Higiene e Segurança do Trabalho. Elsevier/Abepro, 2011. p. 6-34.

MEDEIROS, V. S. P. Análise no processo produtivo de uma metalúrgica, com ênfase no jateamento e pintura de tubos de aço com costura. Recife, UPE. 69 p. 2010. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho).

MELO JR, A. S. Higiene e Segurança do Trabalho. Elsevier/Abepro, 2011. p. 96-118.

MENEGON, N.; RODRIGUES, M. F. Higiene e Segurança do Trabalho. Elsevier/Abepro, 2011. p. 120-144.

MILANEZ, B.; PORTO, M. F. S.. Higiene e Segurança do Trabalho. Elsevier/Abepro, 2011. p. 186-210.

MIRANDA, C. R.; DIAS, C. R. PPRA/PCMSO: auditoria, inspeção do trabalho e controle social. Cad. Saúde pública Rio de Janeiro, v. 20, n.1, p. 224-232, jan/fev. 2004.

NOTAS DE AULA. Disciplina: Higiene Industrial (Temperatura – Calor). Fevereiro, 2013.

NORMAS LEGAIS. Tribunal Superior do Trabalho – Resolução 186 de 14/09/2012. Disponível em: < <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/resolucao-tst-186-2012.htm>>. jul. 2014.

OLIVEIRA, P. A. B. Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente. Elsevier/Abepro, 2011. p. 53-77.

PETZOLD, M. F.. Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente. Elsevier/Abepro, 2011. p. 4-8.

RODRIGUES, C. L. P. Higiene e Segurança do Trabalho. Elsevier/Abepro, 2011. p. 35 - 49.

ROSSI, M. L.; VILARINHO, O. L. Medição de radiação UV-Visível durante a soldagem a arco visando questões de segurança e saúde do trabalho. Revista Soldagem Insp. São Paulo, v. 13, n. 4 p. 296-303, out./dez. 2008.

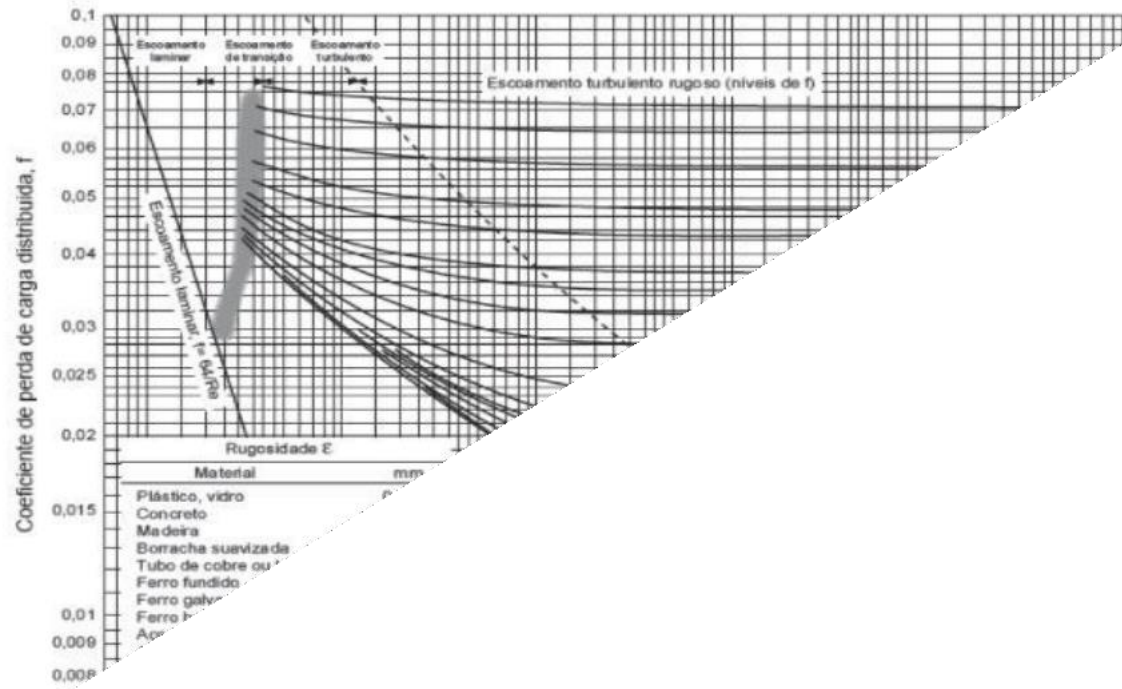
SENAI-PR. Competências transversais - curso de segurança do trabalho. Disponível em: <<http://ct.aticenter.com.br/course/index.php>>. Acesso em dez. de 2012.

SENAI-SP – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (São Paulo). Soldagem: Área Metalurgia. São Paulo: SENAI-SP, 2013. 719 p.

SESI – Serviço Social da Indústria. Técnicas de Avaliação de Riscos Ambientais: manual SESI. Brasília: SESI/DN, 2007.

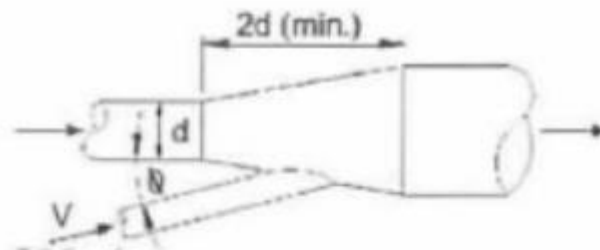
SETON. Cortina de solda. Disponível em: <<http://www.seton.com.br/cortina-de-solda-c5591w.html>>. Acesso em: set. 2014.

ANEXO A- DIAGRAMA DE MOODY



Fonte: Fox; Mcdonald; Pritchard; Leylegian (2014).

ANEXO B – COEFICIENTE DE ATRITO K DAS SINGULARIDADES



Ângulos em graus	fator (K)
10	0,06
15	0,09
20	0,12
25	0,15
30	0,18
35	0,21
40	0,25
45	0,28
50	0,32
60	0,44
90	1,00

Figura B.1 – Coeficiente de atrito para derivações. Fonte: Clezar e Nogueira (2009).

Figura B.2 – Coeficiente de atrito para reduções. Fonte: Clezar e Nogueira (2009).

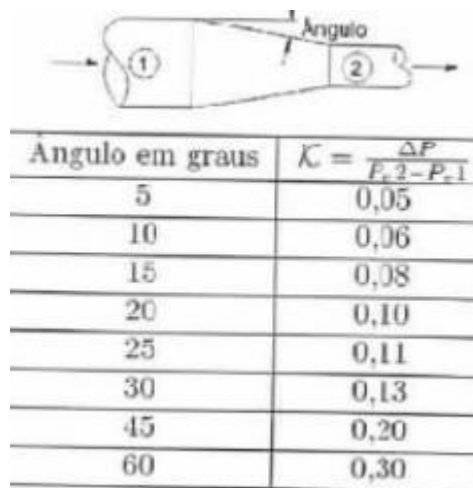


Figura B.3 – Coeficiente de atrito para curvas de 90°. Fonte: Macintyre (1990).

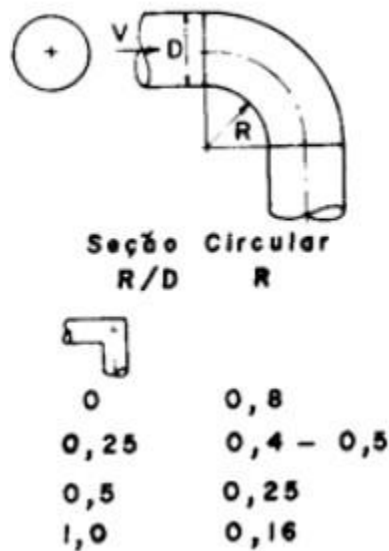
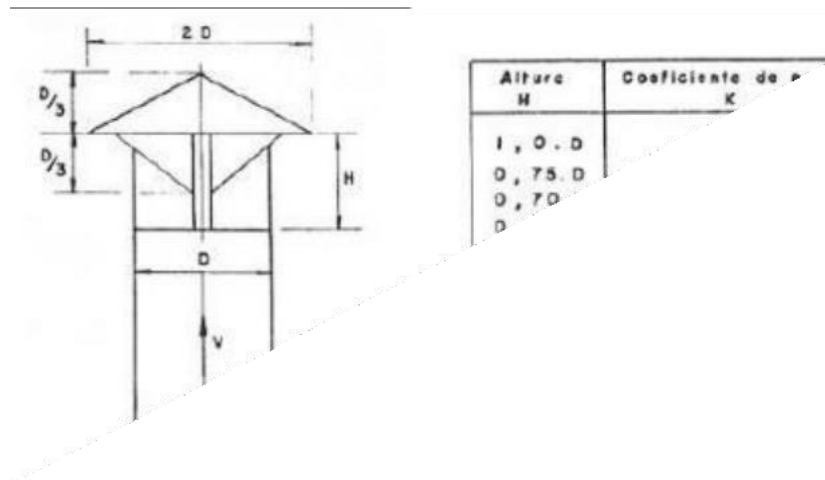


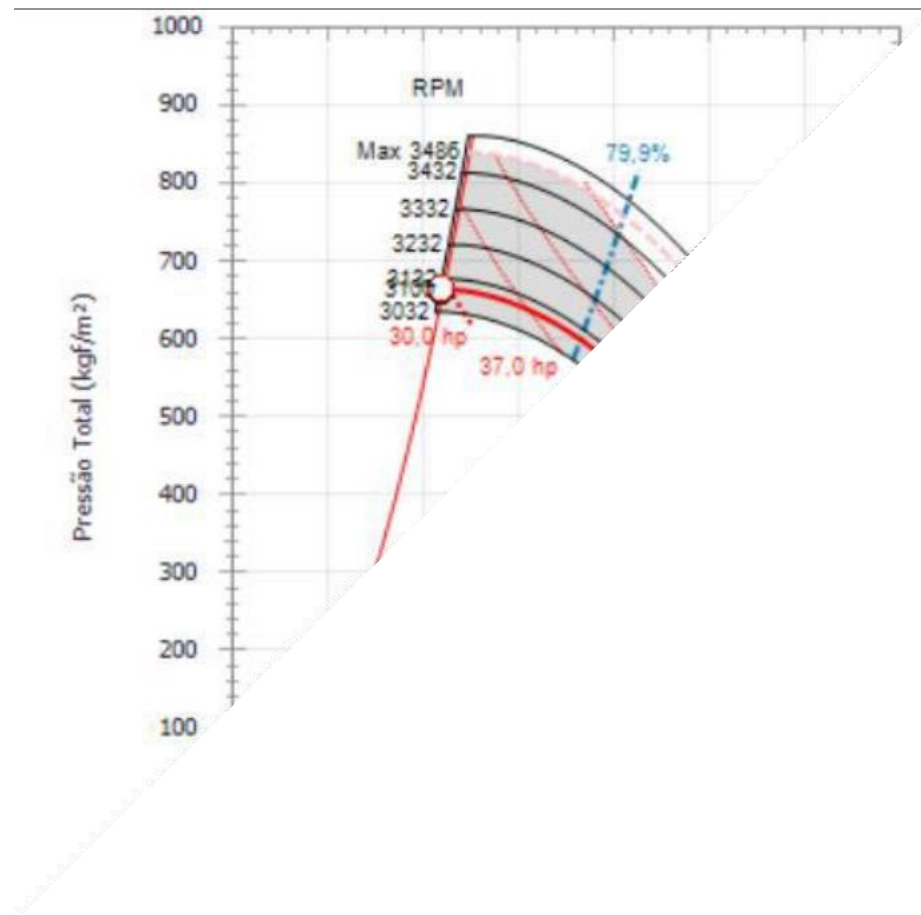
Figura B.4 – Coeficiente de atrito para curvas. Fonte: Adaptado de Costa (2005).

Ângulo da Curva	Multiplicador
120°	1,22
60°	0,67
45°	0,50
30°	0,33

Figura B.5 – Coeficiente de atrito para o chapéu. Fonte: Macintyre (1990).



ANEXO C – CURVA CARACTERÍSTICA DO VENTILADOR



Fonte: OTAM (2021).

antonimessia@hotmail.com

gserapiao2020@gmail.com

cfrancaeletricista@gmail.com

josepaulomarcelino@gmail.com

mnmagnoneves9@gmail.com