

LUANA FREIRE DA SILVA

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE DUTOS PARA UM SISTEMA DE
VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA EM GALVANOPLASTIA

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Viçosa Möller

Porto Alegre
2009



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE DUTOS PARA UM SISTEMA DE VENTI-
LAÇÃO LOCAL EXAUSTORA EM GALVANOPLASTIA**

LUANA FREIRE DA SILVA

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS RE-
QUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
ENGENHEIRO(A) MECÂNICO(A)
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Walter Jesus Paucar Casas
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Adriane Petry
UFRGS / DEMEC

Prof. Dr. Francis França
UFRGS / DEMEC

Prof. Dr. Sergio Frey
UFRGS / DEMEC

Porto Alegre
2009

SILVA, L. F. **Dimensionamento de um Sistema de Dutos para um Sistema de Ventilação Local Exaustora em Galvanoplastia**. 2009. 20f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RESUMO

Os processos de galvanoplastia muitas vezes possuem componentes com altos potenciais toxicológicos provenientes da composição e das reações ocorridas nos banhos. Para se realizar um controle deste ambiente de trabalho uma das medidas a ser tomada é o projeto de um sistema de ventilação local exaustora. Este consiste em captar os poluentes junto ao ponto de geração, transportá-los por um sistema de dutos através de um ventilador centrifugo e realizar a purificação do ar por um lavador de gases. Este trabalho tem como objetivo dimensionar um sistema de dutos para realizar a exaustão dos poluentes dos tanques de remoção de cromo e remoção de cádmio de um setor de galvanoplastia de uma empresa de manutenção aeronáutica. Para isso se dimensionou um sistema de dutos com duas ramificações e um duto principal. Esse dimensionamento foi realizado pelo balanceamento do sistema através da obtenção da mesma perda de carga em cada ramificação. O duto principal do sistema foi projetado de forma a se adequar ao layout da instalação, visando uma menor perda de carga para o sistema. Além disso, os outros componentes do sistema de ventilação local exaustora também foram selecionados. Para o ventilador do sistema foram escolhidos dois modelos de diferentes fabricantes mais adequados para o processo. Para se complementar o projeto também foi escolhido um lavador de gases tipo torre de enchimento para realizar a purificação do ar proveniente do processo.

PALAVRAS-CHAVES: Ventilação Local Exaustora, Sistema de Dutos, Captores, Galvanoplastia.

SILVA, L. F. **Design of Duct System to Local Exhaust Ventilation in a Electroplating.** 2009. 20f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ABSTRACT

Operations performed in electroplating often have components with high potential that can be produced from the reactions in the baths. To make the control of the workplace, one of the measures to be taken is the design of a system of local exhaust ventilation. This is to capture the pollutants close to the point of generation, transport them to a duct system, and perform the purification of air through a gas washer. The main objective of this paper is to design a duct system to a of local exhaust ventilation system to pollutants generated in the tanks of chromium removal and cadmium removal, in a electroplating of a company aircraft maintenance. For this, one designed a duct system with two branches and a main duct. This scaling was done by balancing the system by obtaining the same pressure drop in each branch. The main duct system was designed to fit the layout of the facility, aiming at a lower pressure drop for the system. In addition, other components of the local exhaust ventilation were also selected. For the fan system we have chosen two models of different manufacturers most suitable for the process. To complement the project, it was also chosen an air washes to perform the purification of air from the process.

KEYWORDS: Local Exhaust Ventilation, Duct System, Hoods, Electroplating.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	1
2.1 Ventilação industrial.....	1
2.2 Toxicologia.....	2
2.3 Galvanoplastia	2
2.4 Ventilação Local Exaustora.....	3
2.5 Captor	3
2.6 Sistema de dutos	3
2.7 Perda de carga em tubulações.....	4
2.7.1 Perdas devido ao atrito	4
2.7.2 Perdas de carga devido a acessórios	5
2.8 Métodos de dimensionamento de dutos.....	5
2.8.1 Método da igual perda de carga.....	5
2.8.2 Método da recuperação estática.....	5
2.9 Balanceamento de um sistema de ventilação local exaustora	5
2.10 Ventiladores.....	5
2.11 Equipamentos de controle	6
2.11.1 Lavadores de gases	6
3. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	6
3.1 Dimensionamento dos captores	7
3.2 Sistema de dutos	8
3.3 Ventilador	12
3.4 Lavador de gases	13
4. CONCLUSÕES	14
5. REFERÊNCIAS	15
APÊNDICE A	16
APÊNDICE B.....	17
ANEXO A	18
ANEXO B	19

1. INTRODUÇÃO

Os processos de galvanoplastia têm como objetivo dar acabamento final em peças de metal para proteger as mesmas contra corrosão, mudar a aparência, melhorar a resistência. Para atingir estes objetivos são utilizados diversos metais, que podem variar em função das propriedades desejadas e do acabamento pretendido. Entre os metais comuns usados na galvanoplastia estão: o cádmio, o cromo, o cobre, o níquel e suas ligas.

Para a realização de operações de galvanoplastia, as peças de metal são, com frequência, tratadas com banhos ácidos e alcalinos. Estes processos incluem riscos à saúde daqueles que manipulam o processo ou está presente no ambiente onde estes acontecem. Entre os principais riscos está a exposição à névoa ácida e alcalina, que é liberada como resultado do desprendimento de gases por operação eletrolítica ou contaminação por arraste nos tanques.

Existem contaminantes produzidos nos processos de galvanoplastia que por sua alta toxicidade ou pela elevada concentração e quantidade produzida, não podem ser diluídos na atmosfera ambiente através de um sistema de ventilação geral. Os trabalhadores do local, em um maior ou menor tempo, poderão vir a sofrer conseqüências em seu organismo da agressividade daqueles vapores e névoas presentes nas operações de galvanoplastia, não obstante a redução da concentração obtida com uma troca contínua de ar. A solução para evitar que os contaminantes se espalhem no ar consiste em captá-los junto à fonte que os produz, através de um sistema de ventilação local exaustora. (MACINTYRE, 1990)

A ventilação local exaustora é um dos recursos mais eficazes para o controle dos ambientes de trabalho, principalmente quando aplicada em conjunto com outras medidas que visem à redução ou mesmo a eliminação, da exposição de trabalhadores a contaminantes químicos presentes ou liberados na forma de névoas, vapores e poeiras (VIEIRA, 1996).

A TAP Manutenção e Engenharia S.A, possui em seu setor de galvanoplastia em torno de 50 tanques com diferentes composições para a realização de seus processos de eletrodeposição, desengraxe, decapagem ácida, entre outros. Muitos destes tanques possuem em materiais de elevada toxicidade necessitando por isso de sistemas de ventilação local exaustora. Na TAP Manutenção e Engenharia existem cerca de cinco sistemas de ventilação que realizam a captação de poluentes de quinze tanques. Porém a partir de um estudo realizado sobre recomendações de ventilação industrial se constatou que, além desses, outros tanques necessitavam de sistema de ventilação local exaustora, entre eles os tanques de remoção de cromo e remoção de cádmio, objetos deste trabalho.

O presente trabalho tem por objetivo realizar o projeto de captores e um sistema de dutos para um sistema de ventilação local exaustora para os tanques de remoção de cromo e remoção de cádmio, fazendo assim a escolha de diâmetros, comprimentos e acessórios necessários para o melhor funcionamento do sistema através de métodos de dimensionamento de dutos. Além disso, foi feita a escolha do tipo de ventilador mais adequado ao processo e também de um equipamento de controle da poluição, sendo escolhido para esse fim, um lavador de gases.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ventilação industrial

A ventilação industrial é em geral entendida como a operação realizada por meios mecânicos que visem a controlar a temperatura, a distribuição de ar, a umidade e a eliminar agentes poluidores do ambiente, tais como gases, vapores, poeiras, fumos, névoas, microorganismos e odores, designados por “contaminantes” ou “poluentes”. (MACINTYRE, 1990). Tem como objetivo fundamental controlar a pureza do ar visando à segurança e ao bem estar físico dos trabalhadores.

A ventilação industrial pode ser classificada em dois grandes grupos: local exaustora e geral diluidora. A ventilação local exaustora, é realizada por meio de um equipamento captor de junto a fonte poluidora. É um tipo de ventilação indicada para situações em que as fontes de poluição sejam perfeitamente identificadas e localizadas no interior do ambiente. A ventilação geral diluidora, proporciona a ventilação de um ambiente, de modo global. É indicada para situações em que a fonte de poluição do ar não está confinada em pontos perfeitamente identificáveis (NOGUEIRA, 1999).

2.2 Toxicologia

Nas indústrias que operam com banhos de galvanoplastia são encontrados diversos produtos químicos utilizados como matéria prima ou gerados nas reações que ocorrem nos processos.

Efeitos indesejáveis na saúde dos trabalhadores podem ocorrer quando os estes são expostos a riscos. A exposição do trabalhador a riscos depende da frequência, duração e magnitude dos eventos. Os efeitos na saúde do trabalhador podem ser crônicos ou agudos e podem ocorrer logo após a ou depois um longo período de exposição. A instalação de um sistema de ventilação deve ser instalada quando algum outro método de controle não for aplicável (ACGIH, 2007).

Os efeitos na saúde do trabalhador dependem dos seguintes fatores: toxicidade do produto, quantidade de produto em contato com o organismo e o tempo de exposição ao mesmo, via de penetração do produto no organismo e susceptibilidade individual (VIEIRA, 1996).

Na prática da ventilação industrial não existe a pretensão de se alcançar uma purificação total do ar, mas a de se atingir um grau de pureza, com base na concentração de contaminantes no ar, que não ofereça riscos à saúde do trabalhador. Os contaminantes do ar são gerados de diferentes formas. A maior aplicação da ventilação industrial é no controle de espaços em que trabalhadores estão expostos a partículas e a vapores (NOGUEIRA, 1999).

A norma Brasileira NR-15 estabelece os limites de concentração tolerados para agentes químicos. A ACGIH publica periodicamente os chamados limites de tolerância (*threshold limit values* TVL). Existem dois critérios para os valores de TVL.

TVL –TWA(TWA: *time weighted average*) corresponde a concentração ponderadas pelo tempo, para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias e uma semanal de 40 horas, às quais os trabalhadores podem ser expostos repetidamente, sem efeito adverso.

TVL – STEL (STEL: *short time exposure limit*) é a concentração à qual os trabalhadores podem ser expostos por um período máximo de 15 minutos. Deve haver pelo menos 60 minutos entre duas exposições sucessivas e não podem ser repetidas mais de quatro exposições ao dia (NOGUEIRA, 1999). Geralmente as fontes destes contaminantes podem ser encontradas no ponto de operação, no ponto onde a reação química ocorre.

2.3 Galvanoplastia

O processo de revestimento eletrolítico de uma peça de metal tem como finalidade o embelezamento, a proteção contra corrosão ou o aumento da resistência de um material destinado a trabalhos mecânicos pesados.

O processo consiste, basicamente, na imersão da peça a ser revestida em uma solução (banho) por um determinado período de tempo.

Durante o processo, ocorre a passagem de uma corrente elétrica contínua através da solução contendo íons do metal que irá revestir a peça. Os íons do metal da solução são atraídos para o cátodo (eletrodo negativo), que é a peça a ser trabalhada na qual o metal do revestimento se deposita, sendo formadas grandes quantidades de bolhas de hidrogênio, em consequência da reação secundária. Paralelamente, no ânodo (eletrodo positivo) ocorre o desprendimento de outro gás, normalmente o oxigênio. As bolhas liberadas no processo, juntamente

com a evaporação normal do banho, provocam o arraste de minúsculas partículas da solução para o ar formando névoas (VIEIRA, 1996).

2.4 Ventilação Local Exaustora

A ventilação local exaustora tem como objetivo principal a proteção da saúde do trabalhador, uma vez que capta poluentes de uma fonte antes que os mesmos se dispersem no ar do ambiente de trabalho. (MESQUITA, 1977)

Os componentes de instalação de um sistema de ventilação local exaustora estão descritos a seguir.

2.5 Captor

Sistemas de exaustão local são projetados para capturar e remover emissões do processo antes que as mesmas se dissipem para o local de trabalho. A função primária do captor é criar o escoamento que irá efetivamente capturar o contaminante e realizar o transporte através dos dutos (VIEIRA, 1996).

O captor é o ponto de entrada do contaminante no sistema, a sua geometria pode variar desde uma entrada abrupta na extremidade de um duto até um complexo sistema de enclausuramento de todo o processo de geração do contaminante (NOGUEIRA, 1999).

Os captores podem ter uma grande variedade de configurações, sendo classificados em dois grandes grupos: captores enclausurante e externo.

Captore enclausurantes: são aqueles que realizam o enclausuramento total ou parcial do processo ou do ponto de geração do contaminante.

Captore externos: são aqueles que estão localizados de forma adjacente a fonte de emissão. (ACGIH, 2007)

As partículas contaminantes, de acordo com sua natureza e seu grau de periculosidade, deverão ser induzidas a se deslocarem para o captor com uma certa velocidade, denominada velocidade de captura ou controle. Esta velocidade irá depender da velocidade na entrada do captor e no duto que se segue ao captor. É a mínima velocidade que deve ter a partícula contaminante localizada a uma certa distância a fim de que possa deslocar-se até o captor. Corresponde a velocidade do ar, no ponto em que se acha a partícula, capaz de imprimir o desejado escoamento.

É necessário no início do projeto, de exaustão mecânica determinar-se a velocidade de captura, pois a partir da mesma e do tipo de captor aplicável ao caso é que se procede o dimensionamento da instalação (MACINTYRE, 1990).

Para o dimensionamento do captor o critério a ser avaliado deverá ser a velocidade do ar no ponto mais desfavorável do sistema, que pode ser o ponto mais distante da abertura do captor ou o ponto de geração dos contaminantes.

2.6 Sistema de dutos

O sistema de dutos de ventilação vem a ser uma disposição de tubulações para condução do ar sob pressão pouco elevada, onde, portanto, a compressibilidade do ar pode ser desprezada (MACINTYRE, 1990).

Existem três tipos de pressões diferentes presentes em um escoamento, relacionadas com o movimento do ar.

Pressão estática: é função do estado termodinâmico do escoamento do ar e é exercida igualmente em todas as direções (NOGUEIRA, 1999).

Pressão de dinâmica: é associada com a energia cinética do escoamento do ar.

$$P_v = \frac{\rho V^2}{2} \quad (1)$$

Onde:

P_v = pressão dinâmica [Pa]

ρ = massa específica do ar [kg/m³]

V = velocidade média do escoamento [m/s]

Pressão total: é a soma algébrica das pressões estática e de velocidade.

O dimensionamento do sistema baseia-se na equação da continuidade e no princípio de conservação da energia para fluidos em escoamento, traduzida pela equação de Bernoulli. A equação da continuidade mostra que o valor da vazão é obtido pelo produto da área da seção normal ao escoamento pela velocidade média na mesma seção. (MACINTYRE, 1990).

$$Q = V \cdot A \quad (2)$$

Onde:

Q = vazão de ar [m³/s]

A = área de passagem de ar [m²]

A equação da energia aplicada a dois pontos a e b de um dispositivo de escoamento, a energia do ponto a deverá ser igual a energia do ponto b mais a perda de carga (FOX; MCDONALD, 2006).

$$\left(\frac{p_a}{\rho} + \alpha_a + gz_a\right) - \left(\frac{p_b}{\rho} + \alpha_b + gz_b\right) = H_{lt} = \frac{\Delta p}{\rho} \quad (3)$$

Onde:

p_a, p_b = pressões estáticas nos dois pontos considerados [Pa]

ρ = massa específica [kg/m³]

α_a, α_b = coeficientes de energia dinâmica

g = aceleração da gravidade [m/s²]

z_a, z_b = cota dos pontos a e b

H_{lt} = perda de carga por unidade de massa [J/kg]

Δp = perda de carga [Pa]

2.7 Perda de carga em tubulações

A perda de carga representa a energia mecânica convertida em energia térmica por efeitos de atrito. É oriunda, principalmente da resistência viscosa e de mudanças de direção do escoamento, com descolamento da camada limite. Tais perdas trazem com resultado uma diminuição no nível de pressão total (NOGUEIRA, 1999).

2.7.1 Perdas devido ao atrito

As perdas de carga devido ao atrito são calculadas como:

$$H_l = f \frac{l}{d} \frac{V^2}{2} \quad (4)$$

Onde:

H_{lt} = perda de carga por unidade de massa [J/kg]

f = fator de atrito

l = comprimento do duto [m]

d = diâmetro do duto [m]

V = velocidade média do escoamento [m/s]

g = aceleração da gravidade [m/s²]

A obtenção do fator de atrito pode ser feito através do diagrama de Moody e depende do número de Reynolds e da rugosidade relativa do duto.

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \quad (5)$$

Onde:

Re = número de Reynolds

μ = viscosidade absoluta [kg/m.s]

2.7.2 Perdas de carga devido a acessórios

O escoamento em tubulações pode exigir a passagem do fluido através de uma variedade de acessórios, curvas ou mudanças súbitas de área. Perdas de carga são encontradas, sobretudo, como resultado da separação do escoamento (FOX; MCDONALD, 2006).

Pode ser calculada da seguinte forma:

$$h_{tm} = K \frac{v^2}{2} \quad (6)$$

Onde:

h_{tm} = perda de carga por unidade de massa [J/kg]

K = coeficiente de perda de carga do acessório, que pode ser encontrado na bibliografia.

2.8 Métodos de dimensionamento de dutos

No projeto de um sistema de ventilação, a dimensão dos dutos é usualmente estabelecida a partir da vazão que escoar por ele, considerando critérios de acomodação no espaço disponível, economia, geração de ruídos e deposição de particulado.

2.8.1 Método da igual perda de carga

No método da igual perda de carga, os dutos são dimensionados para que tenham uma perda de carga constante por unidade de comprimento, isto é, um gradiente de pressão constante ao longo do sistema de ventilação (ASHRAE, 1993).

2.8.2 Método da recuperação estática

O objetivo do método da recuperação estática é obter a mesma pressão estática nas junções divergentes do escoamento através da mudança do diâmetro a jusante do duto. A idéia básica neste método é desacelerar o escoamento na medida em que energia é dissipada como perda de carga.

2.9 Balanceamento de um sistema de ventilação local exaustora

Para realizar o balanceamento do sistema de ventilação local exaustora existem três métodos: método do balanceamento estático, balanceamento com registros e balanceamento com plenum (MESQUITA, 1977). Para a realização do projeto dos dutos o método escolhido foi do balanceamento estático.

Esse método foi escolhido porque apresenta como maior vantagem em relação aos outros métodos a segurança, pois uma vez instalado, a vazão irá se desenvolver em cada ponto como especificada em projeto não sendo passível de fácil modificação. Outra vantagem é que esse tipo de sistema não sofrerá entupimentos e não estará sujeito a desbalanceamentos devido ao uso, o que pode ocorrer com o balanceamento por registros. O objetivo do método é obter a vazão desejada em cada captor do sistema enquanto mantém a velocidade desejada em cada ramificação e no duto principal.

2.10 Ventiladores

Ventiladores são turbomáquinas geratrizes ou operatrizes, que se destinam a produzir o deslocamento dos gases (MACINTYRE, 1990). A rotação de um rotor dotado de pás adequadas acionadas por um motor produz a transformação de energia mecânica do rotor em energia potencial e energia cinética para o fluido.

Podem ser classificados segundo seu nível energético, modalidade constitutiva, forma das pás, número de entradas de aspiração do rotor, número de rotores.

Os ventiladores com pás inclinadas para trás são usados na exaustão de gases limpos ou com baixa concentração de partículas. Além disso, apresenta maior eficiência e uma autolimi-

tação da potência. Isso significa que se o ventilador está sendo usado em sua máxima potência, o motor não será sobrecarregado por mudanças de sistemas de dutos. É um ventilador de alta eficiência e silencioso (MESQUITA, 1977).

2.11 Equipamentos de controle da poluição do ar

Os equipamentos coletores de contaminantes ou equipamentos de controle de poluição destinados a reter o contaminante após ser captada a fonte geradora têm sua utilização justificada por vários motivos destacando-se: evitar a poluição da atmosfera próxima às indústrias que geram ou transportam materiais particulados, gases ou vapores. Evitar risco de fogo ou contaminação no caso do contaminante ser tóxico (NOGUEIRA, 1999).

A separação e a coleta dos contaminantes da corrente de ar podem ser obtidas por ações físicas, químicas ou ainda a combinação de ambas. Os principais mecanismos de coleta e separação são: Filtragem – que pode ocorrer por impactação inercial, interceptação ou difusão-inércia, gravidade, lavagem e eletrostática (NOGUEIRA, 1999).

2.12 Lavadores de gases

São equipamentos coletores que utilizam a ação de lavagem, ou seja, o gás contendo o contaminante deve entrar em contato íntimo com o líquido do lavador, geralmente água, sendo o contaminante agregado ao líquido, no caso de contaminantes gasosos. Os lavadores apresentam elevados índices de eficiência, e também são indicados para particulados bastante finos. No caso de contaminantes gasosos, é a única alternativa disponível para processos industriais (NOGUEIRA, 1999).

3. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O setor de galvanoplastia na TAP Manutenção e Engenharia Brasil S.A é composto por mais de 50 tanques que realizam diversos processos de deposição eletrolítica, desengraxe e remoção de banhos em peças de diferentes materiais, sendo os mais comuns aço e alumínio. Os componentes químicos presentes nos banhos ou resultantes das reações do processo têm um potencial toxicológico que pode trazer efeitos indesejáveis à saúde do trabalhador. Para se reduzir a exposição a esses produtos químicos em forma de vapor ou névoas gerados no processo de galvanoplastia, se fez o projeto de um sistema de exaustão para os tanques de removedor de cromo e removedor de cádmio. Em ambos os tanques, o principal componente presente é o hidróxido de sódio. A inalação dessa substância pode causar irritação das vias respiratórias superiores e problemas pulmonares, além do contato que pode causar conjuntivite e queimaduras na pele.

A seguir, seguem as principais características dos tanques.

Tabela 3. 1: características dos tanques

Tanque	Comprimento	Largura	Altura	Principal componente químico	Contaminante liberado para atmosfera (segundo ACGIH)
Removedor de cromo	1,5 m	0,8 m	3,0 m	Hidróxido de sódio	Névoa alcalina, vapor
Removedor de cádmio	1,5 m	0,8 m	3,0 m	Hidróxido de sódio	Névoa alcalina, vapor

A ACGIH faz recomendações para os componentes do sistema e velocidades e vazões de controle necessárias ao sistema para que a captação dos poluentes ocorra de forma eficiente.

3.1 Dimensionamento dos captores

A escolha do tipo de captor mais adequado para cada processo depende de fatores ambientais, da forma como é executado o processo e do layout da instalação. O fluxo de ar necessário para se obter a mínima velocidade de controle é determinado através da classe de risco do material usado no processo. A velocidade de controle é a velocidade mínima que garante a captação dos poluentes no ponto mais desfavorável do processo. Os valores da velocidade de controle são encontrados em tabelas de ACGIH (2007) de acordo com as variáveis do processo e a toxicidade dos poluentes, levando-se em consideração o desnível entre a borda do tanque e a superfície do banho, e ainda influências de correntes de ar incidentes sobre o processo controlado.

Depois de obtidas as classes de risco, se pode obter a velocidade de controle necessária para cada tanque. O dimensionamento correto de um sistema de exaustão deve ser feito em função da vazão de controle, que é a vazão mínima necessária para exaustão total dos poluentes gerados no processo. Seu valor é obtido através da taxa de exaustão, que se encontra em tabelas de ACGIH, 2007 e varia de acordo com as dimensões do tanque, tipo de captor e a classe de risco associada aos poluentes gerados no banho.

Para a obtenção da taxa de exaustão foi necessário se fazer uma pré-seleção do tipo de captor. O captor do tipo enclausurante foi descartado devido ao fato de que os trabalhadores realizam o processo de forma manual ou com o auxílio de talhas, dependendo do tamanho da peça. Com isso escolheu-se um captor com plenum para baixo em uma das laterais do tanque. As classes de risco e as demais características encontram-se na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: classes de risco e vazões de controle dos tanques

Tanque	Classe de risco	Velocidade de controle	Taxa de exaustão	Vazão de controle
Removedor de cromo	C-3	0,254 m/s	0,558 m ³ /s/m ²	0,67 m ³ /s
Removedor de cádmio	C-3	0,254 m/s	0,558 m ³ /s/m ²	0,67 m ³ /s

Além da vazão de controle, também foi considerada a vazão necessária para a captura de poluentes no ponto mais distante do captor, que para o caso de um tanque com fresta lateral pode ser calculada de acordo com a equação 7. Nesse caso a vazão encontrada foi de 0,85 m³/s. Esta vazão será usada nos cálculos do sistema visto que é maior que a vazão de controle, portanto assim haverá maior eficiência na captação nos pontos onde ocorre a formação dos poluentes.

$$Q = 2,8 L W V_c \quad (7)$$

Onde:

L = comprimento do tanque [m]

W = largura do tanque [m]

V_c = velocidade de controle [m/s]

Para o dimensionamento do captor o primeiro passo foi a determinação da altura da fresta. Para isso, foi utilizada a equação da continuidade, com os valores da vazão encontrada pela equação 7 e a velocidade de fresta de 10 m/s, recomendada por de ACGIH. Portanto, a área da fresta encontrada foi de 0,085m² e a altura da fresta de 57 mm.

O plenum foi dimensionado com o auxílio das recomendações de ACGIH. Primeiramente para se calcular qual seria a largura do plenum levou-se em consideração a que a velocidade no plenum não poderia ultrapassar a metade da velocidade de fresta, ou seja, 5 m/s. Com isso a dimensão mínima da largura do plenum seria de 114 mm. Porém a largura escolhida foi de 200 mm a 320 mm, porque esta ficaria mais adequada com as outras dimensões

do plenum. O ângulo do plenum escolhido foi de 45°, mínimo recomendado por ACGIH, devido as outras dimensões do captor e ao layout das instalações. As medidas dos captosres estão na figura 1. A dimensão de 310 mm na figura 1 foi calculada de acordo com a dimensão indicada por ACGIH que deve ser no mínimo de 12 polegadas ou 304 mm.

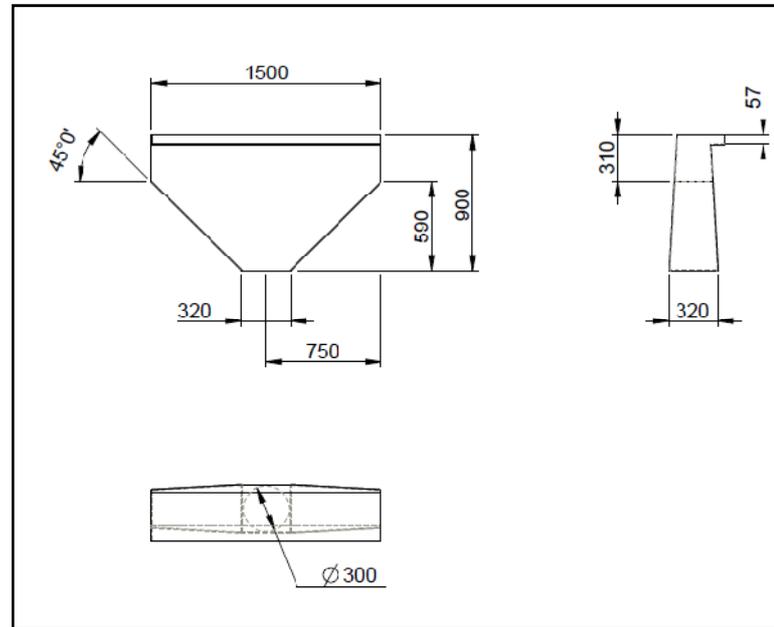


Figura 3.1: dimensões dos captosres em milímetros.

A perda de carga no captor é composta pela perda de carga do fluido ao atravessar a fresta e a perda de carga da transição do plenum para o duto. A perda de carga para cada um dos dois captosres obtida pela equação 8 foi de 229,43 Pa.

$$h_e = F_s VP_s + F_h VP_d \quad (8)$$

Onde:

h_e = perda de carga no captor [Pa]

F_s = coeficiente de perda de carga da fresta

VP_s = pressão de velocidade da fresta [Pa]

F_h = coeficiente de perda de carga da entrada do captor

VP_d = pressão dinâmica no duto [Pa].

Para um captor do tipo plenum com frestas laterais ACGIH determina que os valores de F_h e F_s sejam respectivamente: 1,78 e 1,25.

A pressão estática em cada captor foi obtida com o uso da equação 9 foi de 316,2 Pa.

$$P_e = h_e + F_a VP_d \quad (9)$$

Onde: F_a é coeficiente de aceleração, segundo ACGIH 2007 deve ser considerado igual a 1.

3.2 Sistema de Dutos

O sistema de dutos projetado tinha como principal característica possuir mais de uma ramificação. Isso foi feito por questões econômicas e para simplificar o arranjo físico de tubulações e outros componentes, visto que no setor de galvanoplastia já havia outros sistemas de dutos. O projeto foi realizado através do dimensionamento de cada ponto que necessitava de ventilação fazendo a conexão destes a um duto principal que seria ligado ao lavador de gases e ventilador. O material escolhido para dutos e captosres foi o PVC devido a sua indicação para exaustão de gases e vapores.

Para sistemas com várias ramificações é necessário fornecer um meio de distribuir adequadamente o fluxo de ar entre todas as ramificações, por isso o sistema deve estar balanceado de forma que a vazão se distribua de acordo com a perda de pressão das partes individuais do sistema. A vazão que se desenvolve em cada ramificação é função da resistência oposta pela ramificação à passagem do fluxo de ar. Para balancear o sistema foi necessário prover meios para que a pressão do ponto de junção de duas ramificações seja a adequada, ou seja, a pressão que fará com que as vazões necessárias fluam em cada uma das ramificações.

Para a realização do dimensionamento dos dutos primeiramente se analisou o layout da instalação e se observou qual o comprimento dos dutos a partir de uma posição do lavador/ventilador já pré-estabelecida. Como dito anteriormente eram necessárias duas ramificações e um duto principal. Conhecidos os comprimentos dos dutos se fez uma análise de quais acessórios seriam necessários ao sistema. Além disso, foi levada em consideração a recomendação de ACGIH para a velocidade de transporte nos dutos. Para o caso de contaminantes como vapores, gases ou fumos a velocidade ótima está entre 5,08 m/s e 10,16 m/s. Para se realizar a pré-seleção dos diâmetros de cada uma das partes do sistema, se fez uma avaliação do diâmetro e a velocidade no duto, através da vazão já estabelecida, com o uso de diâmetros comerciais de dutos de PVC. Os diâmetros para os três segmentos de dutos mais adequados, com as recomendações de velocidade e que apresentavam uma menor perda de carga, encontram-se na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: velocidade nos dutos através da variação dos diâmetros

Segmento 1 e segmento 2			Segmento 3		
Vazão (m ³ /s)	Diâmetro (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)	Diâmetro (m)	Velocidade (m/s)
0,85	0,25	17,32	1,7	0,40	13,53
0,85	0,30	12,03	1,7	0,45	10,69
0,85	0,35	8,83	1,7	0,50	8,66

Após a pré-seleção dos diâmetros foi feito um esboço de como seria a disposição dos dutos no layout e quais os acessórios necessários, para com isso se iniciarem os cálculos.

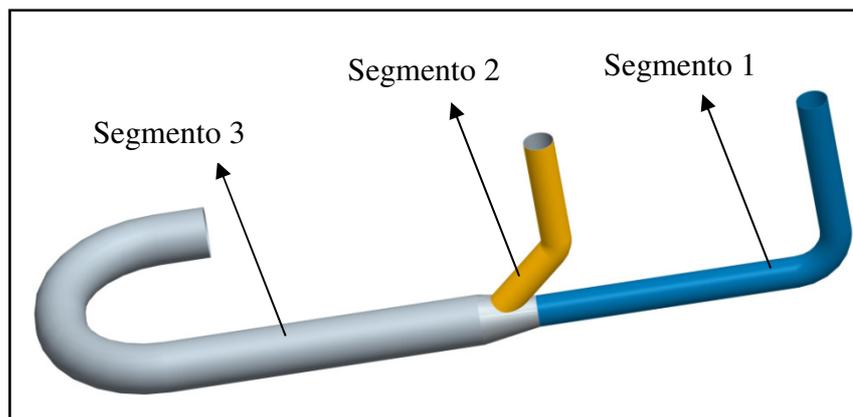


Figura 3.2: esboço do sistema de dutos a jusante do ventilador

De posse do esboço do sistema se iniciou os cálculos de perda de carga, pressão de dinâmica e pressão estática do sistema.

Os cálculos do sistema iniciaram pela ramificação que aparentemente apresentava a maior perda de carga. Com isso determinou-se qual a pressão estática que deveria existir no ponto de junção para que flua a vazão necessária. A segunda ramificação foi calculada de forma semelhante. O ponto onde ocorre a junção das duas ramificações deve ter a mesma pressão estática, ou seja, o valor da pressão estática, no ponto da junção calculado para a pri-

meira ramificação deverá ser igual ao valor calculado para a segunda ramificação para que se tenha um sistema balanceado. Além disso, como a mesma vazão era necessária para as duas ramificações do sistema, seria necessário também que estas possuíssem igual perda de carga. Para atender esses dois requisitos do sistema foram testadas algumas possibilidades. Como a única alteração possível no duto da primeira ramificação era o seu diâmetro, as variações ocorreram principalmente no duto da segunda ramificação.

A primeira hipótese foi a variação apenas dos diâmetros das ramificações a partir de curvas já estipuladas como se pode ver na figura 3.2. As curvas e acessórios escolhidos nesse caso foram os que apresentavam menor coeficiente de perda de carga. Em uma primeira tentativa os valores não coincidiriam, com isso a segunda ramificação foi recalculada, modificando algumas de suas características para que se igualassem os valores da pressão estática no ponto de junção. Para isso, foi feito um cálculo iterativo, através de modificações no diâmetro do duto, nas curvas, nas junções até conseguir o mesmo valor da pressão estática e perda de carga calculada para a primeira ramificação. Portanto, para se alcançar a mesma perda de carga nos dois segmentos de dutos foram utilizadas diversas configurações dos acessórios que apresentavam diferentes valores de coeficiente de perda de carga. As Tabelas 3.4, 3.5 e 3.6 apresentam as perdas de carga e pressão estáticas nos segmentos 1 e 2, com diâmetros e comprimentos de dutos.

Tabela 3.4: perdas de carga distribuídas do sistema

Segmento	Diâmetro (m)	Velocidade (m/s)	Comprimento (m)	Reynolds	Fator de atrito	Perda de carga (Pa)
1	0,30	12,03	5,00	$2,4 \cdot 10^5$	0,0155	22,41
2	0,30	12,03	2,00	$2,4 \cdot 10^5$	0,155	8,97

Tabela 3.5: perdas de carga localizadas dos segmentos 1 e 2

Segmento	Acessório	Tipo	K	Perda de carga (Pa)
1	Curva 90°	Sem gomos com $r/d = 1,5$	0,15	13,01
2	Curva 45°	3 gomos e $r/d = 0,75$	0,27	23,42

Tabela 3.6: perdas de carga totais e pressão estática nos segmentos 1 e 2.

Segmento	Perda de carga total do segmento	Pressão estática	Pressão dinâmica
1	265 Pa	352 Pa	86,76 Pa
2	262 Pa	349 Pa	86,76 Pa

Os coeficientes de perda de carga, K, foram retirados de ACGIH e ASHRAE. Os detalhes do sistema se encontram no Apêndice B. A perda de carga total foi calculada pela soma das perdas de carga distribuídas, conforme equação 4 e das perdas de carga localizadas conforme equação 6.

Além dessas, outras perdas de carga foram calculadas de forma semelhante as demais em relação ao segmento 3 e aos dutos que seriam necessários para se fazer a conexão do sistema ao lavador de gases e esse ao ventilador. Além do duto de descarga do sistema, que deve ter uma altura superior as tomadas de ar do prédio, para que não ocorra nesse caso o duto de descarga deveria ter o comprimento de 10 metros. Os acessórios foram dimensionados para que houvesse a menor perda de carga possível. A configuração das curvas dos segmentos 1,2 e 3 estão representadas nas Figuras 3.3, 3.4 e 3.5. As perdas de carga em relação ao segmento 3 e os dutos que seriam necessários a montante do ventilador. Estas perdas de carga se encontram nas tabelas abaixo.

Tabela 3.7: perdas de carga localizadas segmento 3

Acessório	Tipo	K	Perda de carga (Pa)
Ramificação com expansão	Ângulo 45°	0,28	12,59
Curva 90°	5 peças r/d = 2	0,13	5,85
Curva 90°	5 peças r/d = 2	0,13	5,85
Curva 90°	5 peças r/d = 2	0,13	5,85
Curva 90°	5 peças r/d = 2	0,13	5,85
Lavador de gases			490
Chapéu de chaminé		0,07	3,15

Tabela 3.8: perdas de carga distribuídas do segmento 3

Diâmetro (m)	Velocidade (m/s)	Comprimento (m)	Número de Reynolds	Fator de atrito de	Perda de carga (Pa)
0,50	8,66	16,00	$2,9 \cdot 10^5$	0,15	21,59

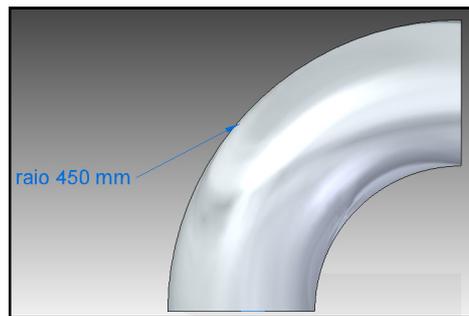


Figura 3.3: configuração da curva de 90° do segmento 1

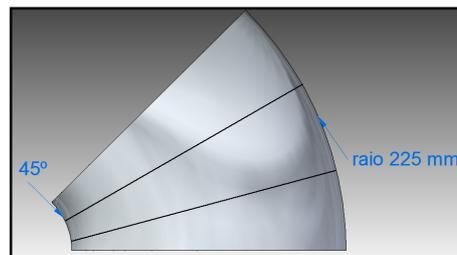


Figura 3.4: configuração da curva de 45° do segmento 2

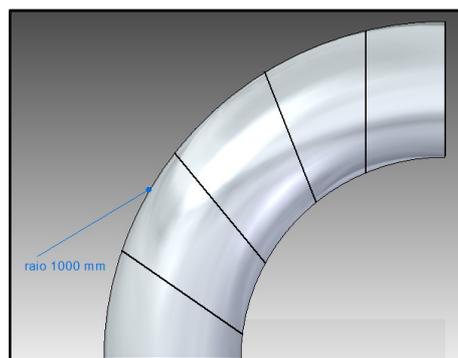


Figura 3.5: configuração das curvas de 90° do segmento 3

Além das perdas de carga já calculadas nas tabelas acima, outras perdas de carga deveriam ser incorporadas ao sistema devido à instalação do ventilador, como a condição de entrada e de saída do ventilador. A condição de entrada foi dimensionada a fim de se ter uma menor perda de carga, isto é, a distância entre a entrada do ventilador e a curva de 90° necessária ao sistema de dutos deve ser de no mínimo 3m. Além disso, a curva deve ser de 5 partes e possuir a razão entre raio e diâmetro de 2. Com essa constituição a pressão estática e total adicional será de 6%, e a perda de vazão será de 2,5%.

O desenho da composição final juntamente com todas as dimensões de dutos e acessórios do sistema se encontram no Apêndice B.

3.3 Ventilador

A escolha do ventilador adequado para o processo levou em consideração as características do sistema de exaustão. Foi selecionado um ventilador de um estágio, visto que o sistema possui baixa pressão de até 200 mmca. Optou-se por um ventilador com pás para trás devido a sua aplicabilidade para gases limpos ou com baixa concentração de partículas. Além disso esse tipo de ventilador apresenta maior eficiência e uma autolimitação da potência.

Para a seleção do modelo adequado de ventilador, algumas grandezas características devem ser consideradas como a vazão e a pressão total a ser fornecida pelo ventilador. A pressão total a ser fornecida pelo ventilador pode ser considerada como:

$$P_t = \sum \Delta P_m + \sum \Delta P_j \quad (10)$$

Onde:

P_t = pressão total fornecida pelo ventilador [Pa]

ΔP_m e ΔP_j = perdas de carga a montante e a jusante do ventilador [Pa]

A pressão estática do ventilador é calculada através da seguinte equação:

$$P_{est} = P_t - \frac{\rho V_{out}^2}{2} \quad (11)$$

Onde:

P_{est} = pressão estática fornecida pelo ventilador [Pa]

V_{out} = velocidade de insuflamento do ventilador [m/s]

Feitas todas as considerações sobre perda de carga do sistema a pressão total requerida pelo ventilador é de: 116,53 mmca e a vazão de 6273 m³/h.

Para a escolha do ventilador adequado para o processo, foram selecionados dois fabricantes e escolhido um modelo de cada um através das curvas características de modelos de ventiladores centrífugos com pás inclinadas para trás e com transmissão indireta disponíveis. Os fabricantes escolhidos foram: TORIN e OTAN Ventiladores Industriais. Os modelos mais adequados de cada fabricante e as características do ponto de funcionamento de cada um encontram-se nas tabelas 3.9 e 3.10. Nas tabelas encontram-se três modelos de cada fabricante levando-se em consideração dentre os modelos indicados para essa operação aqueles que possuíam maior eficiência.

As seguintes condições foram consideradas para a escolha dos modelos: fluido de operação ar, pressão atmosférica 760 mmHg, temperatura do ar 20°C. Todos com simples aspiração e acionamento indireto.

Tabela 3.9: características dos ventiladores TORIN

Fabricante/ modelo	Rotação	Pressão dinâmica	Pressão estáti- ca	Rendimento	Potência absorvida
BDB – 508-196	1874 rpm	4,78 mmca	111,75 mmca	56,01 %	4,76 HP
BDB – 565-219	1589 rpm	3,25 mmca	113,28 mmca	56,06 %	4,76 HP
BDB- 635-240	1359,rpm	1,87 mmca	114,60 mmca	52,87 %	5,05 HP

Tabela 3.10: características dos ventiladores OTAM

Fabricante/ modelo	Rotação	Pressão dinâmica	Pressão estática	Rendimento	Potência absorvida
LMS 560	1684 rpm	9,5 mmca	107 mmca	77,61%	3,49 CV
LMS 630	1390 rpm	5,9 mmca	110,6 mmca	80,06 %	3,38 CV
LMS 710	1179 rpm	3,7 mmca	112,8 mmca	79,20 %	3,42 CV

A partir de uma análise superficial se optou pelos modelos de maior eficiência, no caso o modelo TORIN BDB – 565-219 e OTAM LMS 630. Suas curvas características se encontram no Anexo B.

Com a análise de catálogos de fabricantes constatou-se que uma série de diferentes modelos poderia ser utilizada para o caso em questão. Para uma escolha mais precisa do modelo e do fabricante do ventilador outros dados seriam necessários para uma tomada de decisão, entre eles o custo e eficiência do ventilador. Para esta análise se levou em consideração os modelos de cada fabricante adequados para o projeto que tivessem a maior eficiência.

3.4 Lavador de gases

O equipamento de controle de poluentes escolhido para o projeto foi um lavador de gases devido ao fato de que é o único equipamento de controle possível nos casos de contaminantes gasosos. O lavador de gases escolhido foi do tipo torre de enchimento. Nesse tipo de lavador o ar atravessa de baixo para cima uma camada de enchimento, que lembra uma colméia, que pode ser fabricada de materiais como polipropileno, poliestireno, fibra de vidro e aço inoxidável, a qual recebe o borrfio de água de aspersores colocados acima do enchimento.

Para esse tipo de equipamento existem muitos fabricantes. Para a escolha mais criteriosa do fabricante deveria ser feita uma análise econômica de cada um deles. Apenas como modelo ilustrativo a figura 3 apresenta um lavador de gases da marca GW Equipamentos Industriais.

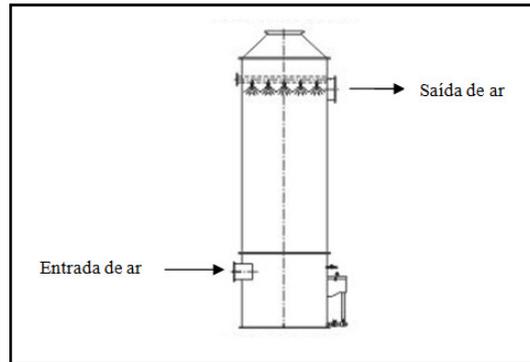


Figura 3.6: lavador de gases marca GW

4. CONCLUSÕES

O uso de substâncias químicas em processos galvânicos implica em uma série de efeitos na saúde dos trabalhadores. Para atenuar esse efeito uma das medidas a ser tomada é o projeto adequado de um sistema de exaustão para poluentes resultantes deste processo. O sistema de exaustão que foi projetado teve seu foco no dimensionamento do sistema de dutos e captores, visto que outros componentes envolviam questões financeiras pertinentes a empresa onde o trabalho foi realizado. O dimensionamento de dutos foi realizado através de recomendações da literatura no que diz respeito a configuração de curvas, ramificações, captores e outros acessórios presentes no sistema, buscando sempre que este tivesse maior eficiência possível dentro das restrições do layout. Além disso, o sistema foi projetado sempre visando seu balanceamento. Como resultado se conseguiu dimensionar um sistema de dutos mais eficiente e com menor utilização de materiais dentro das restrições de layout presentes. Como a montagem do sistema não estava concluída até o final da realização deste trabalho, não sendo possível a verificação das velocidades e vazões do sistema.

Ao longo do trabalho devem ser realizadas várias considerações no projeto do sistema de exaustão. Dentre elas a principal são as restrições do layout, uma vez que o setor já possuía uma série de tanques grandes e outros sistemas de exaustão que juntos ocupavam grande parte do espaço disponível no interior da instalação. Para o dimensionamento do duto principal foi necessário utilizar as curvas com menores coeficientes de perda de carga visto que sua utilização foi muitas vezes necessária devido às restrições imposta por equipamentos presentes no local.

Esse projeto considera que para o funcionamento da instalação os dutos deverão ser limpos assim, a falta de manutenção adequada de qualquer sistema de exaustão produzirá degradação e queda de eficiência no decorrer do tempo.

5. REFERÊNCIAS

ACGIH. **Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice.** 26.ed. Cincinnati, 2007.

ASHRAE HANDBOOK. **Fundamentals.** Atlanta, 1993.

CLEZAR, C. A.; NOGUEIRA, A. C. R. **Ventilação Industrial.** 1.ed. Florianópolis: UFSC, 1999.

FOX, R. W.; MCDONALD, A.T. **Introdução à Mecânica dos Fluidos.** 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

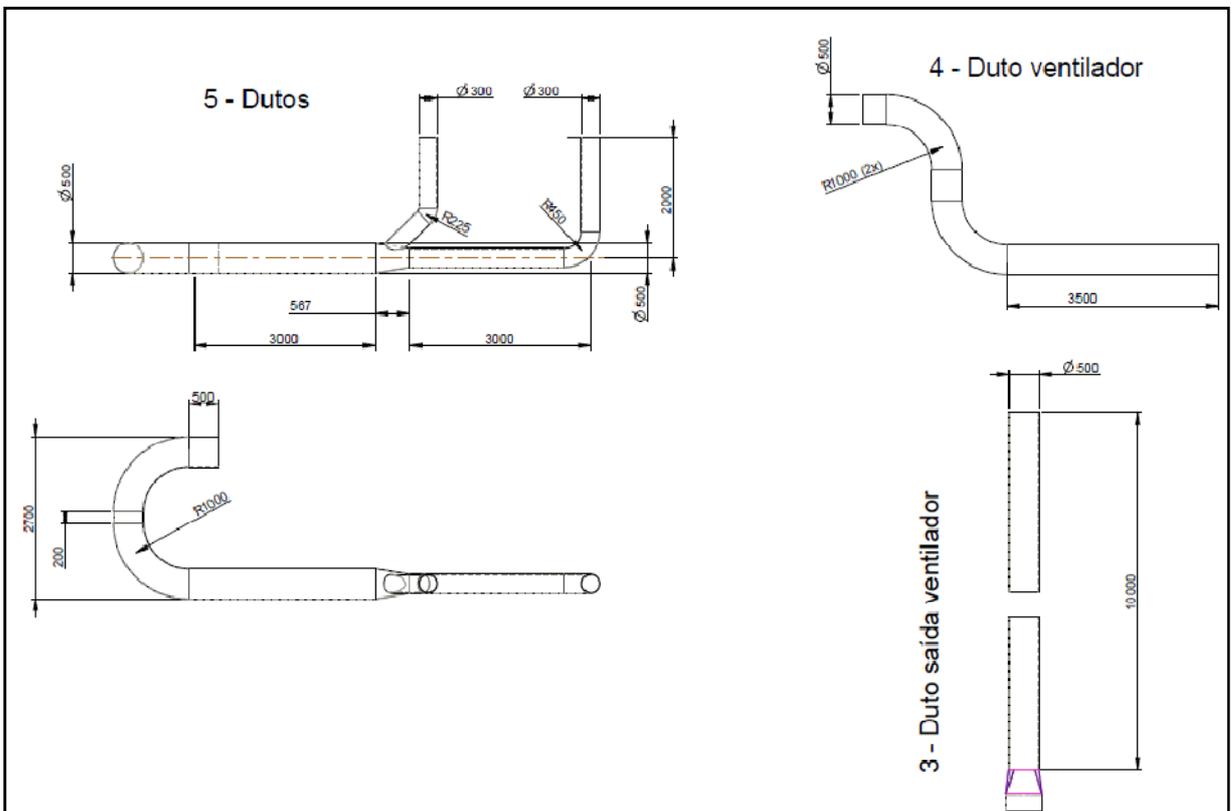
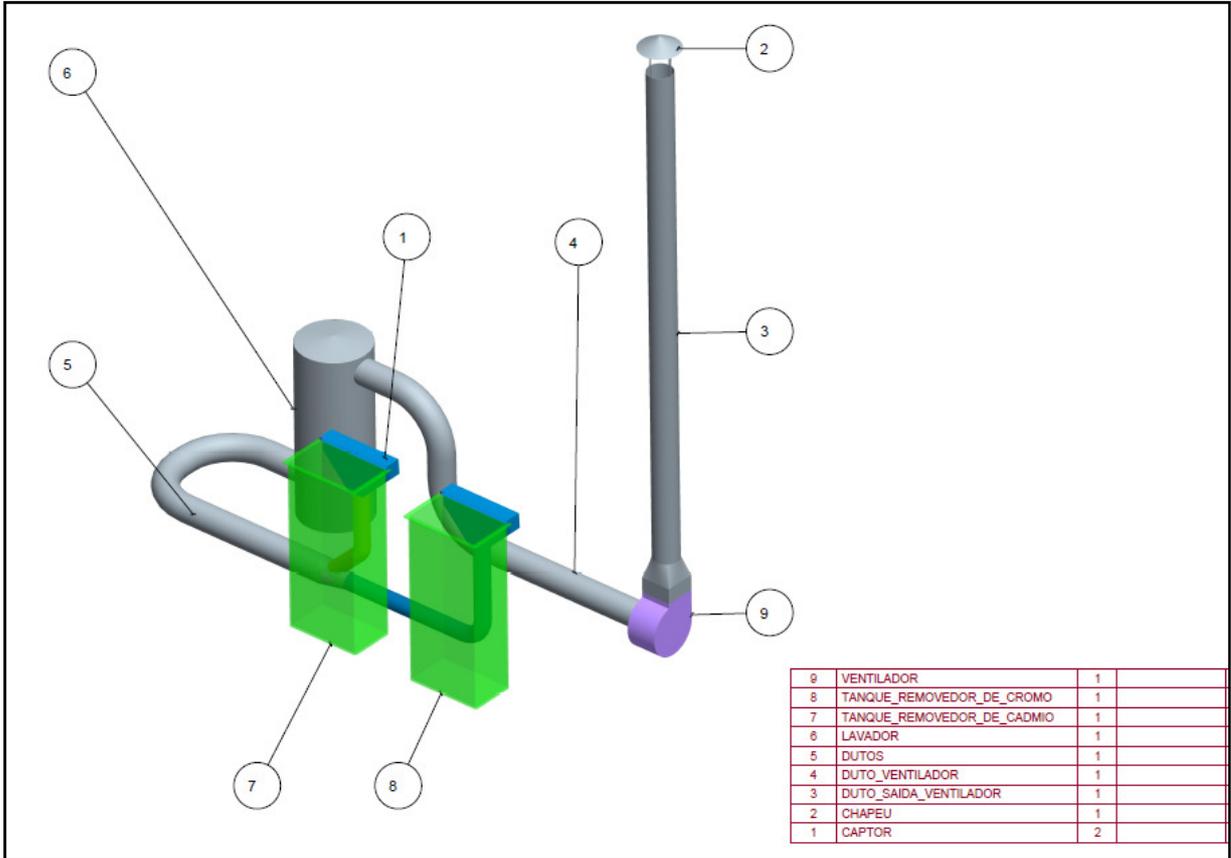
MESQUITA, A. L. S.; GUIMARÃES, F. A.; NEFUSSI, N. **Engenharia de Ventilação Industrial.** 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

VIEIRA, F. S. **Ventilação Local Exaustora em Galvanoplastia,** 1 ed. São Paulo: FUNDA-CENTRO, 1996.

APÊNDICE A – PLANILHA DE CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA NO SISTEMA

	segmento duto	1	2	3
	vazão (m ³ /s)	0,85	0,85	1,7
	diâmetro selecionado (m)	0,3	0,3	0,5
	área (m ²)	0,07	0,07	0,20
	velocidade de transporte	12,03	12,03	8,66
	pressão dinâmica (Pa)	86,76	86,76	44,98
perdas de carga captor	área da fresta (m ²)	0,0855	0,0855	
	coeficiente de perda de carga	1,25	1,25	
	coeficiente de aceleração	1	1	
	velocidade de fresta (m/s)	10	10	
	pressão dinâmica fresta (Pa)	60	60	
	pressão estática da fresta (Pa)	135	135	
	coeficiente de perda de carga	1,78	1,78	
	coeficiente de aceleração	1	1	
	perda de carga captor (Pa)	229,43	229,43	
	pressão estática do captor (Pa)	316,20	316,20	
perdas de carga dutos	comprimento do duto (m)	5	2	16
	perda de carga distribuída	22,41	8,59	21,59
	número de curvas /tipo	1 curva 90° (sem gomos)	1 curva 45° (3 gomos)	4 curvas 90° (5 gomos)
	coeficiente de perda de carga	0,15	0,27	0,13
	perda de carga curvas (Pa)	13,01	23,43	23,39
	coeficiente perda de carga ramificação			0,28
	perda de carga ramificação (Pa)			12,59
	outras perdas (Pa)			493,15
	perda de carga total do segmento (Pa)	264,86	261,45	550,72

APÊNDICE B – DESENHOS DO SISTEMA DE EXAUSTÃO



ANEXO A – TABELAS DE CLASSES DE RISCO, VELOCIDADE DE CONTROLE E TAXA DE EXAUSTÃO (ACGIH, 2007)

TABLE 13-70-8. Airborne Contaminants Released by Stripping Operations

Coating to be Stripped	Base Metal (Footnote)		Component of Bath Which May be Released to Atmosphere (1)	Physical and Chemical Nature of Major Atmospheric Contaminant	Class (e)	Usual Temp Range F
Anodized Coatings	1,7		Chromic Acid	Acid Mist, Steam	A-2	120-200
Black Oxide Coatings	14		Hydrochloric Acid	Hydrogen Chloride Gas	A-3,2 (g)	70-125
Brass and Bronze	8,14	(a)	Sodium Hydroxide, Sodium Cyanide	Alkaline, Cyanide Mists	C-3,2 (g)	70-90
∅ Cadmium	8,14 2,4,14	(a)	Sodium Hydroxide, Sodium Cyanide Hydrochloric Acid	Alkaline, Cyanide Mists Acid Mist, Hydrogen Chloride Gas	C-3,2 (g) A-3,2 (g)	70-90 70-90
∅ Chromium	7,8,14 2,4,8,14 2,4,8,18	(a)	Sodium Hydroxide Hydrochloric Acid Sulfuric Acid	Alkaline Mist, Steam Hydrogen Chloride Gas Acid Mist	C-3 A-2 B-2	70-150 70-125 70-90

TABLE 13-70-3. Minimum Control Velocity (FPM) for Undisturbed Locations

Class (see Section 13.70.2)	Enclosing Hood		Lateral Exhaust (see VS-70-01 and 70-02) (Note 1)	Canopy Hoods (see Figure 6-11 and VS-99-03)	
	One Open Side	Two Open Sides		Three Open Sides	Four Open Sides
A-1 and A-2 (Note 2)	100	150	150	Do not use	Do not use
A-3 (Note 2), B-1, B-2, and C-1	75	100	100	125	175
B-3, C-2, and D-1 (Note 3)	65	90	75	100	150
A-4 (Note 1), C-3, and D-2 (Note 3)	50	75	50	75	125
B-4, C-4, D-3 (Note 3), and D-4—Adequate General Room Ventilation Required (see Chapter 4)					

Notes: 1. Use aspect ratio to determine air volume; see Table 13-70-4.
2. Do not use canopy hood for Hazard Potential A processes.
3. Where complete control of hot water is desired, design as next highest class.

TABLE 13-70-4. Minimum Rate, cfm/ft² of Tank Area for Lateral Exhaust

cfm/ft² to maintain required minimum control velocities at following tank width $\left(\frac{W}{L}\right)$ ratios (see Section 13.70.3)

Required Minimum Control Velocity, fpm (from Table 13-70-3)	0.0-0.09	0.1-0.24	0.25-0.49	0.50-0.99	1.0-2.0 (Note 2)
Hood against wall or flanged (see Note 1 below and Section 13.70.1, Note 12). See VS-70-01 A and VS-70-02 D and E.					
50	50	60	75	90	100
75	75	90	110	130	150
100	100	125	150	175	200
150	150	190	225	[250] Note 3	[250] Note 3
Hood on free standing tank (see Note 1). See VS-70-01 B and VS-70-02 F.					
50	75	90	100	110	125
75	110	130	150	170	190
100	150	175	200	225	250
150	225	[250] Note 3	[250] Note 3	[250] Note 3	[250] Note 3

Note 1. Use W/2 as tank width in computing W/L ratio for hood along centerline or two parallel sides of tank. See VS-70-01 B and C and VS-70-02 F.
2. See Section 13.70.1, items 6 and 7.
3. While bracketed values may not produce 150 fpm control velocity at all aspect ratios, the 250 cfm/ft² is considered adequate for control.

ANEXO B – CURVAS DE DESEMPENHOS DOS VENTILADORES TORIN BDB – 381/300 e OTAM LMS 630

Características Operacionais			Características Construtivas	
Modelo do Ventilador	BSB 565-219		Posição de Montagem	Cw 1
Vazão Volumétrica	6273 m³/h	Área de Descarga	2394,4 cm²	
Vazão Mássica	7557,6 kg/h	Diâmetro do Rotor	565 mm	
Pressão Estática	113,28 mmca	Largura do Rotor	219 mm	
Pressão Dinâmica	3,2531 mmca	Potência do Motor [ABNT 112M] *	6 HP	
Pressão Total	116,53 mmca	Rotação do Motor [4 pólos] *	1730 rpm	
Rotação	1589,6 rpm	Peso do Ventilador [sem acessórios]	80 kgf	
Potência Consumida	4,7631 HP	Acessórios e Construções Especiais:	Nenhum Acessório Selecionado	
Eficiência Estática	54,5 %			
Eficiência Total	56,065 %			
Velocidade de Descarga	7,2773 m/s			
Velocidade Periférica	47,026 m/s			
Densidade do Ar	1,2048 kg/m³			
Temperatura do Ar	20 °C			
Altitude Geográfica	0 m			
Pressão Atmosférica	760 mmHg			

