CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ JOSÉ LEONARDO DE OLIVEIRA

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE FILTROS PARA CÂMARA DE PINTURA A PÓ ELETROSTÁTICA

JOSÉ LEONARDO DE OLIVEIRA

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE FILTROS PARA CÂMARA DE PINTURA A PÓ ELETROSTÁTICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial de avaliação para obtenção do título de Engenheiro Mecânico pelo Centro Universitário Assis Gurgacz.

Professor Orientador: Eng. Me. Sergio Henrique Mota

FACULDADE ASSIS GURGACZ - FAG JOSÉ LEONARDO DE OLIVEIRA

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE FILTROS PARA CAMÂRA DE PINTURA A PÓ ELETROSTÁTICA.

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Sergio Henrique Rodriguês Mota.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof Msc Sergio Henrique Rodrigues mota Faculdade Assis Gurgacz – FAG

Engenheiro Mecânico

Professor Msc. Eliseu Avelino Zanella Junior

Faculdade Assis Gurgaez - FAG

Engenheiro Mecânico

Professor Msc. Roberson Roberto Parizotto Faculdade Assis Gurgacz - FAG

Engenheiro Mecânico

"Quando se tem muito tempo para começar um trabalho, o primeiro esforço é mínimo. Quando o tempo se reduz a zero, o esforço beira as raias do infinito".

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado ajudando a trilhar meu caminho e me dando forças para vencer mais uma etapa.

Agradeço a minha família por estar sempre ao meu lado me dando força e apoio mesmo que por algumas vezes não compreenderam meus sonhos e desejos.

Agradeço a minha esposa Maria Carolina pela paciência ao longo desse período de noites mal dormidas devido aos estudos e os dias que estava de mau humor por conta das provas e trabalhos.

Agradeço aos meus amigos e colegas em especial, Evandro Piaia, José Carlos de Medeiros e Juliano Vedovato, pelas horas de estudos e de diversão que passamos juntos colecionando histórias.

Agradeço a Comil Silos em especial meu supervisor José Orlei e aos meus amigos e colegas de trabalho Luis Fernando e Adeline Molin.

Agradeço a todos os professores de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Assis Gurgacz, pela dedicação e conhecimento passado ao longo desta jornada.

RESUMO

Os sistemas de pintura a pó eletrostática são sistemas de alto rendimento e que dão um bom acabamento final ao produto pintado. Porém, para que seu rendimento seja satisfatório é necessário que todo o sistema esteja instalado e dimensionado de forma correta. A má instalação do sistema ou seu mau dimensionamento pode afetar além do rendimento do sistema itens como bom acabamento do produto, poluição do meio ambiente, riscos à saúde do operador ou de quem trabalha próximo à câmara de pintura. O objetivo do trabalho é realizar um dimensionamento do sistema de filtragem que tem grande importância nesse tipo de processo de pintura. O bom dimensionamento da filtragem é o responsável pela captação de tinta que sobra suspensa no ar evitando a contaminação do meio ambiente e diminuindo os riscos a saúde dos operadores. Com a filtragem é possível reaproveitar praticamente 100% da tinta que fica suspensa na câmara por não ter se aderido à peça.

Para o dimensionamento deste sistema de Ventilação Local Exaustora (VLE) o projeto incluiu dimensionamento da área de captação, dimensionamento da área de filtros necessários para a câmara, capacidade necessária de vazão do ventilador, cálculos de velocidade de captação e de perda de carga do sistema.

Palavras-chaves: Ventilação industrial, pintura a pó eletrostática, captação de material suspenso.

ABSTRACT

The electrostatic powder painting systems are systems of high efficiency, which give a good finishing to the painted project. However, the accurate installation of the entire system is necessary in order to reach satisfactory efficiency. The inadequate installation of the system or its inaccurate dimensioning can affect the efficiency of the system and product finishing, and it can also cause health risks to the operator and to people who work near the painting chamber. The objective of the work is to accomplish a dimensioning of the filtration system which has great importance in this type of painting process. The good dimensioning of the filtration is the responsible for collecting the paint that remains in the air. This avoids environment contamination and diminishes health risks to operators. The filtration allows to reuse practically 100% of the paint that did not adhere to the piece and is suspended in the chamber.

For the dimensioning of this Exhauster Local Ventilation (ELV) system the project includes dimensioning the collecting area, dimensioning of the filters' necessary area for the chamber, necessary flow rate of the ventilator, calculating the collecting velocity and charge loss velocity in the system.

Key words: Industrial ventilation, electrostatic powder painting, suspended material caption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tinta pó	8
Figura 2- Leito fluidizado simples.	10
Figura 3 - Leito fluidizado eletrostático	11
Figura 4 - Pistola eletrostática	12
Figura 5 - Pistola de efeito corona	12
Figura 6 - Pistola efeito tribo	13
Figura 7 - Filtros de manga.	14
Figura 8 – Ciclone.	15
Figura 9 - Filtros cartucho	16
Figura 10 - Ventilação natural	17
Figura 11 – Ventilador.	20
Figura 12 - Exemplo de definição dos fluidos	20
Figura 13 - Diagrama de Moody	23
Figura 14 - Rugosidade de Alguns materiais	24
Figura 15 – Analise por Software	32
Figura 16 – Curva gerada por analise de software	32
Figura 17 – Analise por software	34
Figura 18 - Curva gerada por analise de software	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Velocidade de Captura	27
Tabela 2 – K Equivalente para curvas de gomo	30
Tabela 3 – Custos de Fabricação	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 JUSTIFICATIVA	5
1.2 PROBLEMAS DA PESQUISA	5
1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 Objetivo geral	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 SURGIMENTO DA TINTA EM PÓ	7
2.2 OS TIPOS DE RESINAS EXISTENTES	8
2.3 COMPOSIÇÃO DAS RESINAS	8
2.4 APLICAÇÃO	9
2.4.1 Aplicação por leito fluidizado simples	9
2.4.2 Aplicação por leito fluidizado eletrostático	10
2.4.3 Pistola eletrostática	11
2.4.4 Pistola eletrostática de efeito corona	12
2.4.5 Pistola eletrostática de efeito tribo	13
2.5 TIPOS DE CAPTAÇÃO PARA O REAPROVEITAMENTO DE TINTA	13
2.5.1 Captação por filtros de manga	14
2.5.2 Capitação por ciclones	15
2.5.3 Filtros cartuchos	15
2.6 VENTILAÇÃO INDUTRIAL	16
2.6.1 Ventilação natural	16
2.6.2 Ventilação forçada.	17
2.6.3 Medições de ventilação industrial	18
2.7 VENTILADOR	19
2.8 FLUIDO	
2.9 VAZÃO	21
2.10 ESCOAMENTO DE FLUIDO EM TUBULAÇÕES	21
2.11 PERDAS DE CARGA	22
2.11.1 Perdas de carga localizadas	24

3 METODOLOGIA	26
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	26
3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA FILTRANTE	26
3.3 PERDA DE CARGA DO SISTEMA	29
3.4 DIMENSIONAMENTO DO VENTILADOR	31
3.5 REDIMENSIONAMENTO DA ÁREA FILTRANTE	33
4 RESULTADO E DISCUSSÕES	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
6 PROPOSTA DE ESTUDOS FUTUROS	38
7 REFERÊNCIA	39
8 ANEXOS	40

1 INTRODUÇÃO

No decorrer da evolução humana o homem sempre procurou facilitar sua vida de algum modo. Um desses recursos desenvolvidos por ele foi o uso de tintas para demarcar, desenhar, ensinar, decorar etc.

Segundo FAZENDA J. M. R. (2005), arqueólogos encontraram em sarcófagos egípcios pinturas com idade estimada de 8000 a 5800 anos antes de Cristo, época na qual se estima o surgimento das primeiras pinturas sintéticas. Os egípcios foram os primeiros a produzir pigmentos de tintas que vieram a se tornar um importante item de exportação nos anos posteriores. A pintura sempre fez parte da evolução humana e com o passar dos anos e o surgimento de novas necessidades percebeu-se que além de decorativa, a tinta poderia servir para prevenir intempéries da natureza.

Com a revolução industrial, mais precisamente por volta do ano de 1773 Watin descreveu de uma forma técnica a indústria de tintas e vernizes que conhecemos hoje. Porém, os processos ainda arcaicos encareciam as tintas e a fabricação era bem sigilosa a respeito dos materiais utilizados.

Foi então por volta do século XIX que a tinta tornou-se mais popular e acessível e a partir do século XX houve um grande investimento em processos de fabricação e tecnologia de materiais. O modelo de tinta a pó surgiu nos Estados Unidos na década de 1950, eram produtos de constituição bem simples e sem muita complexidade, compostos apenas por resina, pigmentos e endurecedores (WEG, 2016).

Desde sua criação, as tintas em pó vêm ganhando mercado e com as novas tecnologias e meios de processos foi nascendo novos nichos de mercado. Comparado a outros métodos de revestimento a tinta a pó apresenta uma série de vantagens por ser um produto não volátil, pronto para uso sem a necessidade de adicionais no momento da aplicação e não requer operador especializado sendo também possível a aplicação automática. Em geral têm boa resistência à abrasão e acabamento mais robusto em comparação com outros métodos, também são boas isolantes de eletricidade (MARTINS, 2009).

Uma das grandes vantagens de se utilizar a tinta em pó é o fato de a mesma ter um alto nível de reaproveitamento. Graças a sistemas de filtragem a tinta em pó que sobra no ar sem se aderir nas peças após a pulverização é capturada pelo sistema e resgatada por um filtro. Após este resgate o filtro é limpo por um sistema automático de pulso de ar que ao se chocar com o filtro faz com que o mesmo solte a tinta que está ali aderida. A tinta então é recolhida por uma caixa e reutilizada posteriormente.

1.1 JUSTIFICATIVA

Dimensionar um sistema de filtragem para uma câmara de pintura a pó utilizando filtros cartuchos de forma que os mesmos garantam o reaproveitamento da tinta utilizada no processo.

1.2 PROBLEMAS DA PESQUISA

A linha de pintura epóxi de uma indústria situada em Cascavel – PR necessita de uma nova câmara de pintura, pois a existente é muito antiga e já não é mais eficiente para atender a demanda de pintura da empresa.

Para empresa projetar a câmara de pintura em sua própria instalação necessita que o sistema de filtragem seja dimensionado como todo o resto, porém a mesma já possui os filtros e um ventilador na empresa deseja-se então de descobrir se eles serão suficientes para o sistema ou não.

1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O projeto propõe que a cabine deve ser de porte pequeno para diminuir o volume de ar a ser trocado para o sistema de filtragem, a velocidade de sucção de ar deve atender entre as velocidades de 0,5 e 1,0 m/s.

A limpeza dos filtros será feita por um sistema de pulse Jet que será disparado internamente no filtro a cada espaço de tempo efetuando a limpeza do filtro. A aspiração deve ser efetuada por um ventilador RLS560 do fabricante SOLER PAULAU que está sobressalente na empresa.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo criar um sistema de filtragem por filtro cartucho eficiente que garanta o reaproveitamento de tinta em pó em uma câmara de pintura eletrostática.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar a área de captura de poluentes;
- Dimensionar filtros cartuchos;
- Dimensionar ventilador;
- Determinar custo do projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SURGIMENTO DA TINTA EM PÓ

O modelo de tinta a pó surgiu nos Estados Unidos na década de 1950. Eram produtos de constituição bem simples e sem muita complexidade compostos apenas por resina, pigmentos e endurecedores (WEG, 2016).

Para obter uma mistura homogênea do produto era feita uma dispersão em moinhos de bola. Para a aplicação o produto deveria entrar num processo conhecido como leito fluidizado que tem por objetivo aerar o pó deixando mais disperso e com um aspecto de leveza um aspecto de "fluido". Porém, pelo tipo de processo de mistura que o produto era submetido com o decorrer do processo de aplicação ele ia se dividindo naturalmente separando as partículas maiores e mais pesadas. Com isso havia uma grande diferença entre o começo da aplicação e o fim da mesma deixando bem clara a despadronização do processo (WEG, 2016).

Os investimentos nesta nova tecnologia quase foram deixados de lado, foi quando a Shell na década de 1960 começou a investir em novos métodos de produção e de tipos de resinas a serem usadas nos compostos (CAMARGO, 2002).

Em 1964 surgiu o processo de fabricação por máquina extrusora, máquina de processo contínuo e que ainda hoje é utilizada para a produção do produto (WEG, 2016).

Na Europa entre 1965 e 1967, surgiu a primeira pistola de aplicação que usava o princípio da eletrostática para a fixação das partículas de pó nas peças. A partir deste momento a aplicação do produto se tornou viável, pois podia-se ter um bom controle na espessura da camada e um bom acabamento, além de se ter uma alta padronização entre os lotes. As indústrias de eletrodomésticos foram as que mais aceitaram o produto na época (CAMARGO, 2002).

Figura 1 – Tinta pó.



Fonte: WEG (2017).

2.2 OS TIPOS DE RESINAS EXISTENTES

Segundo CAMARGO (2002), as tintas em pó são produtos que dependem basicamente do tipo de resina utilizada. Existem dois tipos de tintas segundo às características da resina, são do tipo termoplástico e termorrígido, as resinas usadas em ambos os tipos são também usadas nas tintas líquidas.

As classes das tintas termoplásticas se caracterizam por não apresentarem nenhuma transformação química ao passar pelo processo de cura, caracteriza-se também pelo alto grau de massa molar e por sua cristalinidade. Porém, a tinta termoplástica tem baixa resistência à solventes, alta temperatura de fusão e pequena aceitação de pigmentos, por esses motivos a utilização dela tem sido menor, quando comparada às tintas termorrígidas (SÃO PAULO, 2006).

As tintas termorrígidas ou termoconvertíveis são mais comuns e ao contrário das termoplásticas esse tipo apresenta mudanças químicas após a cura, as resinas deste tipo passam de uma estrutura linear para uma estrutura tridimensional, com uma boa resistência a solventes e excelente aderência. A característica final do filme depende muito do tipo de resina, do tipo de cura, além de características como cor, brilho, reatividade, reologia e etc. (SÃO PAULO, 2006).

2.3 COMPOSIÇÃO DAS RESINAS

 Resina epóxi: A base desta resina é composta por epóxi, esse tipo de resina possui boas características químicas e mecânicas. Apresentam boa resistência ao

- calor e são muito utilizadas para componentes internos, mas quando expostas a luz solar, os raios de luz UV degradam a tinta por calcinação (MARTINS, 2009).
- Resina hibrida (poliéster/epóxi): São as mais usadas em geral, possuem em sua composição uma proporção balanceada e igual de das resinas, ou seja, as duas resinas que complementam este tipo de tinta são misturadas em proporções exatamente iguais. Possui resistência à calcinação superior as compostas apenas por resinas epóxi, porém ainda não são indicadas para suportar intempéries (MARTINS, 2009).
- Resina Poliéster (poliéster/tgic): São tintas a base de resina de poliéster carboxifuncional e de epóxi trifuncional. Este tipo de resina resiste muito bem à calcinação e sua principal utilização é para pinturas que irão sofrer insolação e a constante exposição aos raios de luz UV (SÃO PAULO, 2006).
- Resina poliuretano: Com a base composta por poliuretano, este tipo de resina tem como vantagem as mesmas características das de poliéster, porém no acabamento final apresenta uma camada mais lisa e com cerca de 40% a menos de espessura (MARTINS, 2009).
- Resinas acrílicas: São tintas de desenvolvimento mais recente e seu uso tem sido mais voltado para o ramo automobilístico, pois apresentam um bom acabamento e um alto nível de brilho (SÃO PAULO, 2006).

2.4 APLICAÇÃO

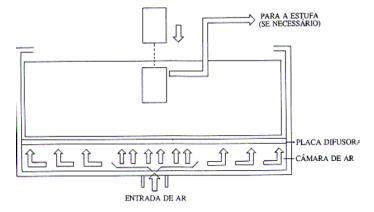
2.4.1 Aplicação por leito fluidizado simples

No processo de pintura por leito fluidizado simples a peça é previamente aquecida a uma temperatura que seja superior a de fusão da tinta, a peça passa então por uma câmara de pintura onde é insuflada uma determinada vazão de ar que seja suficiente para manter a tinta em pó em suspensão no ar como se fosse um fluido (WEG, 2016).

Submeter a peça à uma elevada temperatura possibilita a aderência do pó a ela, desta forma para a retirada do excesso a mesma é submetida a um processo de vibração. A cura ocorre de acordo com a geometria da peça, capacidade térmica e espessura, coforme a peça

ela pode se curar apenas com o calor do pré-aquecimento ou pode ocorrer à necessidade de passar por um novo processo de aquecimento pra complementar a cura (WEG, 2016).

Figura 2- Leito fluidizado simples.



Fonte: WEG (2013).

2.4.2 Aplicação por leito fluidizado eletrostático

Segundo MARTINS (2009), neste processo o ar no interior da câmara é ionizado por eletrodos. As partículas carregadas pelo ar ionizado aderem um sentido de movimento ascendente como resultado da repulsão das partículas de cargas iguais. O resultado é a formação de uma nuvem de pó eletrostático, a peça é então mergulhada nesta nuvem e por estar aterrada e com carga diferente o pó se adere na peça.

Este processo permite a pintura de peças com geometria mais complexas. Após a pintura é necessário entrar em uma estufa para que ocorra a cura pelo aquecimento da resina (WEG, 2016).

PARA A ESTUFA

GRELHA
ELETROSTÁTICA
GERADOR

PLACA DIFUSORA
CÂMARA DE AR

Figura 3 - Leito fluidizado eletrostático

Fonte: WEG (2013).

2.4.3 Pistola eletrostática

A pistola eletrostática surgiu na década de 1960, produzida pelos mesmos fabricantes de pistolas eletrostáticas para pintura líquida. A entrada deste tipo de aplicação no mercado resultou na expansão da pintura a pó e no aumento de investimento para a evolução da nova tecnologia (MARTINS, 2009).

As pistolas são um equipamento de alta precisão e por isso deve-se ter cuidado ao manuseá-la. Os fabricantes definem qual o modelo, tamanho de defletor e pressão necessária para o tipo de aplicação. A mistura sai em forma de leque pelo defletor existente na ponta da pistola, a vazão e tamanho do leque são reguláveis e o excesso que sobra na câmara é aspirado e reaproveitado (WEG, 2016).

Figura 4 - Pistola eletrostática



Fonte: CASCADIUM (2017)

2.4.4 Pistola eletrostática de efeito corona

O campo elétrico resultante da aplicação com essa pistola vem de uma descarga de íons gasosos na extremidade de uma fonte de alta energia elétrica. Para conseguir o potencial elétrico desejado deve-se manter um potencial energético de 20 a 100 KV, este potencial deve estar disposto na extremidade onde irá se efetuar a descarga de íons. As partículas de tinta estarão com uma carga negativa e serão atraídas pelas peças que estão com carga positiva. A velocidade de aplicação depende da pressão, do aterramento e da força de geração do campo elétrico (WEG, 2016).

Figura 5 - Pistola de efeito corona

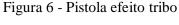


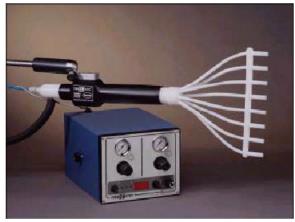
Fonte: CETEC EQUIPAMENTOS PARA PINTURA (2017)

2.4.5 Pistola eletrostática de efeito tribo

Esta pistola tem um funcionamento bem diferente das demais, na pintura por tribo a titã recebe carga positiva em vez de negativa. A carga é atribuída pelo choque das partículas gerado num processo de fricção para que esse processo funcione normalmente as pistolas são compostas por tubos de teflon (PTFE), outro fator para o aumento da geração de choques entre as partículas é manter uma elevada turbulência (MARTINS, 2009).

A vantagem do processo tribo é o fato de não precisar de um gerador elétrico de alta voltagem, assim o número de íons livres diminui e contribui para a penetração de partículas em lugares de difícil acesso. Porém, um dos inconvenientes deste processo é que com o passar do tempo a carga de partículas vai diminuindo pelo acumulo de pó na pistola o que não permite o uso prolongado do sistema (MARTINS, 2009).





Fonte: WEG (2013)

2.5 TIPOS DE CAPTAÇÃO PARA O REAPROVEITAMENTO DE TINTA

O reaproveitamento da tinta que fica em suspensão no ar ocorre pela aspiração do pó suspenso por equipamentos de filtragem. Há diferentes tipos de equipamentos cada um com uma característica própria e distinta. Por isso no dimensionamento do projeto deve-se levar em conta qual equipamento pretende-se usar.

2.5.1 Captação por filtros de manga

Segundo BATISTONI (2011), os filtros de mangas são equipamentos filtrantes utilizados para purificação e limpeza de ambientes. O ar poluído é forçado contra o filtro, com isso as partículas ficam na malha e o ar é liberado para a atmosfera.

No dimensionamento dos filtros de mangas deve-se escolher a malha de acordo com o tipo de particulado que ela irá filtrar, deve-se ser levado em consideração a composição do particulado e sua granulometria (BATISTONI, 2011).

Segundo SANTINI (2011), a quantidade de mangas é dimensionada a partir da vazão de ar a ser trocado por hora. Para a limpeza dos filtros de mangas pode-se usar sistemas como o de vibração mecânica, onde a agitação da manga libera os particulados acumulados e são recolhidos em uma gaveta especifica.

Outro método usado é o de ar reverso onde em determinado tempo acorre a inversão do fluxo de ar, fazendo com que as partículas se soltem. Também é muito utilizado o método de jato pulsante ou pulse Jet onde ocorre um tubo libera uma rajada de ar interna no filtro e o expande, desta forma as partículas se soltam e caem, neste caso deve-se ter um pulso forte o suficiente para vencer a aspiração do ventilador, pois caso não vença pode ocorrer de o pó mal se soltar e já ser captado pelo filtro novamente, neste processo diferentemente dos outros o ventilador não é desligado para limpeza (SANTINI, 2011).



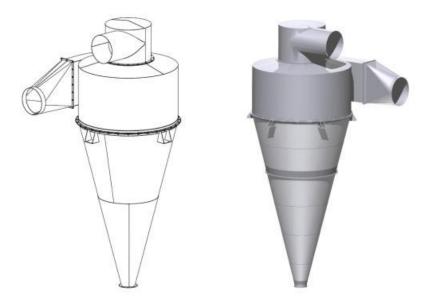
Figura 7 - Filtros de manga.

Fonte: DATA SILOS (2011).

2.5.2 Capitação por ciclones

Segundo MACINTYRE (1990), os ciclones ou coletores centrífugos são um equipamento utilizado para a coleta de partículas suspensas, sendo este um dos métodos de captação mais barato do mercado. O principio de funcionamento de um ciclone é simples, ele estabelece um movimento rotatório e faz com que o gás carregado de particulados que é sugado por ele se choque com as paredes do cilindro captador. Os resultados são obtidos com a formação de um fluxo helicoidal descendente que ao atingir a parte inferior do cone do ciclone retorna com um fluxo helicoidal ascendente e saia pela boca de saída do ciclone, as forças centrifugas deste movimento jogam as partículas sólidas para o fundo do cone de onde posteriormente são coletados.

Figura 8 – Ciclone.



Fonte: BELFANO (2016).

2.5.3 Filtros cartuchos

Os filtros cartuchos efetuam a filtragem de fora para dentro, eles podem ser maciços como uma esponja, também podem ser encontradas em papel ou fibras sintéticas plissadas para poder se aumentar a área de captação.

Para a limpeza do filtro é comumente usado o sistema de pulse Jet, que tem por objetivo injetar ar internamente no filtro sem a necessidade de paradas no sistema.

Figura 9 - Filtros cartucho



Fonte: LINTER FILTROS (2017).

2.6 VENTILAÇÃO INDUTRIAL

Segundo MACINTYRE (1990), pode-se entender que a ventilação industrial é feita por operações mecânicas que prezam por controlar temperatura, distribuição do ar, a umidade, e eliminar agentes poluidores como nevoas, gases, fumos, vapores e muitos outros contaminantes que possam existir no ar. Estes contaminantes podem ser qual coisa de composição diferente ou que apresente índices elevados ao comparado com as condições normais do ar ambiente.

A ventilação industrial não visa apenas os interiores dos centros de produção, mas sim o bem-estar da população em geral, buscando evitar o lançamento de poluentes e contaminantes na atmosfera através de chaminés, ou outros recursos que venham poluir o ar (CLEZAR, 1999).

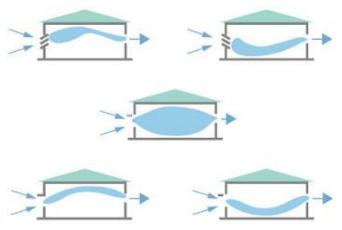
2.6.1 Ventilação natural

É a movimentação de ar controlado, através de aberturas projetadas para obter uma melhor eficiência, utilizando a movimentação natural dos ventos, que causam diferenças de temperatura e pressão, fazendo com que o fluxo de ar entra e sai de um espaço confinado,

ocasionando uma melhoria do ambiente, pelo controle da temperatura, pureza do ar, umidade e velocidade, CLEZAR (1999).

Segundo CLEZAR (1999), os resultados obtidos da ventilação natural podem variar muito de acordo com a temperatura e mudança da direção do vento. Quando se projeta um sistema que aproveite a ventilação natural é necessário realizar um bom arranjo da localização das entradas e saídas de ar. Estas entradas e saídas devem ser montadas de forma que as pressões das duas cooperem para que ocorra uma boa movimentação do ar.

Figura 10 - Ventilação natural



Fonte: GUIA CASA EFICIÊNTE (2017)

2.6.2 Ventilação forçada

É a utilização de meios mecânicos para forçar a movimentação de massas de ar vencendo a gravidade e a resistências dos materiais onde são transportados, pode-se dividir a ventilação forçada em: Geral diluidora e Local exaustora (MACINTYRE, 1990).

• Ventilação Geral Diluidora: A ventilação geral diluidora (VGD) promove uma redução na concentração dos contaminantes, insuflando ou exaurindo ar, misturando os poluentes com o ar limpo, diluindo antes de serem retirado do ambiente. A ventilação geral diluidora não impede a emissão dos poluentes no ambiente de trabalho podendo ser aplicada somente nas condições onde o poluente não deve estar em concentrações que exceda a capacidade de diluição adequada, a distância dos trabalhadores com o ponto de geração deve ser o

suficiente para assegurar a saúde, a toxidade do poluente deve ser baixa e o poluente é gerado de forma uniforme (MACINTYRE, 1990).

• Ventilação Local Exaustora: Existem poluentes que por sua alta toxidade ou a grande quantidade não podem ser lançados ao meio ambiente para que o mesmo se dilua na atmosfera. Além disso estes rejeitos fazem um grande mal para quem trabalha em contato com os mesmo. A solução para estes problemas foi efetuar a captura dos contaminantes no local onde os mesmos são produzidos deste modo se impede que o colaborador se contamine e evita a poluição do meio ambiente (MACINTYRE, 1990).

2.6.3 Medições de ventilação industrial

As medições podem ser divididas em dois tipos:

- Monitoramento de gases: É a operação de determinação, com aparelhos especiais, dos níveis ou taxas de gases existentes no ar, afim de que possa verificar se os mesmos estão abaixo ou acima dos limites estabelecidos por lei ou recomendados em normas consagradas. Se estiverem acima desses limites, providências deverão ser tomadas. Em alguns casos, as medições dos teores gasosos são realizadas no recinto ou locais onde existam pessoas trabalhando na proximidades do equipamento. Em outro pretende-se conhecer o nível dos gases, particulados e vapores externamente à edificações industriais, na saída das chaminés, nos limites da área industrial ou fora dela, para uma avaliação dos riscos a que os empregados na indústria ou a população em áreas vizinhas ou próximas possam vir a estar sujeitos. A falta ou deficiência de tratamento dos gases expelidos pode afetar locais relativamente afastados, ampliando o campo de malefícios da poluição atmosférica.
- Medições de grandezas físicas próprias ao escoamento do ar: São medições para determinação e mensuramento de velocidade, pressão, vazão, das temperaturas de bulbo seco ou bulbo úmido, da umidade relativa e ponto de orvalho. Nas figuras a seguir é possível visualizar os equipamentos de medição citados anteriormente. São eles respectivamente, detector de gases, muito importante no

combate a incêndios, medidor de pressão na tubulação, com a determinação da pressão estática é possível determinar a perda de carga ao longo de captores e dutos. E por último temos o anemômetro, capaz de medir a velocidade do vento e também para vazão do ar.

2.7 VENTILADOR

Os ventiladores são turbo máquinas que trabalham com o objetivo de deslocar gases para um determinado sentido desejado. Esse deslocamento é possível porque o fluido consegue adquirir energia cinética do rotor do ventilador desta forma o fluido pode ser escoado por dutos proporcionando então a vazão desejada para se alcançar a finalidade desejada (MACINTYRE, 1990).

Os ventiladores são muito utilizados em insuflação de gases e na exaustão e dependendo da finalidade pode-se ter ventiladores insuflando uma instalação enquanto outro esta retirando os gases (MACINTYRE, 1990).

São usados nos mais diversos tipos de projetos como alimentação de queimadores, alto fornos da indústria siderúrgica, em sistema de captação de pó, sistemas de refrigeração entre outros.

Existem vários fatores que podem ser utilizados para se classificar um ventilador, como:

- Nível energético de pressão: Nesta modalidade o ventilador pode ser classificado como de baixa, media, alta ou hiper pressão;
- Nível de construção: Nesta classe os ventiladores se dividem em centrífugos, hélico-centrifugos e axiais.
- Formato das pás: O rotor pode-se ser constituído por pás de formato radial reta, inclinadas para trás, inclinadas para frente e pás curvas de saída radial;
- Numero de entradas de aspiração: Considerado de simples aspiração quando possui apenas uma entrada e de dupla aspiração quando possui duas entradas;
- Numero de rotores: Quando se tem apenas um rotor o ventilador é considerado como de estagio simples e com um segundo rotor considera-se de duplo estagio.

Figura 11 – Ventilador.

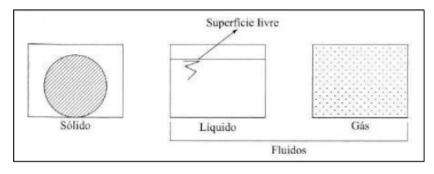


Fonte: SOLER PAULAU (2017).

2.8 FLUIDO

Segundo BRUNETTI (2008), pode-se definir fluido como qualquer substância que tome a forma do recipiente que ele ocupa. Os fluidos são, portanto, os líquidos e os gases, sendo que estes ainda se distinguem dos primeiros por ocuparem todo o recipiente, enquanto os líquidos apresentam uma superfície livre.

Figura 12 - Exemplo de definição dos fluidos.



Fonte: BRUNETTI (2008).

2.9 VAZÃO

Para BRUNETTI (2008), define-se vazão em volume Q como o volume de fluido que atravessa certa seção do escoamento por unidade de tempo. Também pode ser definida como o volume de fluido que atravessa a seção de área A no intervalo de tempo t. Logo, a vazão será:

$$Q = VA$$

Onde:

- Q é a vazão (m3/s);
- V é a velocidade do fluido (m/s);
- A é a área de seção transversal onde o fluido escoa (m2).

2.10 ESCOAMENTO DE FLUIDO EM TUBULAÇÕES

Segundo SILVA TELLES (2004), qualquer fluido que escoe por uma tubulação apresentará uma perda de energia devido o atrito com as paredes da tubulação. Existem duas naturezas que caracterizam as perdas de energia ou como mais conhecidas perdas de carga. A primeira delas é chamada de resistências externas, neste caso a perda de energia ocorre pelo atrito do fluido contra a tubulação, pela aceleração do fluido, e pela mudança de direção do fluido dentro da tubulação, quanto maior forem qualquer um destes fatores maior a perda de carga, também o número de acidentes da tubulação maior a perda de carga (curvas, válvulas, reduções, etc.). O diâmetro da tubulação também influencia, então quanto menor o diâmetro maior a perda de carga. A segunda forma de resistência vem da natureza do próprio fluido, pois neste caso as moléculas se atritam então quanto maior a viscosidade do fluido maior as perdas de carga.

O escoamento do fluido pode ocorrer de duas formas, "escoamento laminar" e "escoamento turbulento". No escoamento laminar, todos os filetes líquidos são paralelos entre si, e as velocidades em cada ponto são invariáveis em direção e em grandeza. No escoamento turbulento, a partícula liquida movem-se em todas as direções e velocidades variáveis em direção e em grandeza de um ponto para o outro, e no mesmo ponto, de um instante para o outro (SILVA TELLES 2004).

É possível se obter uma previsão de qual tipo de escoamento irá ocorrer na tubulação a partir do cálculo do número de Reynolds, que é número adimensional. Se o número de Reynolds for inferior a 2000 o escoamento é laminar, caso o número seja acima de 4000 o escoamento se turbulento, porém se o número estiver entre 2000 e 4000 o escoamento não pode ser definido com certeza. O número de Reynolds é dada pela a expressão:

$$Re = \frac{\emptyset V}{v}$$

Onde:

- Re é o numero de Reynolds (adimensional);
- ø é o diâmetro interno da tubulação (m);
- V é a velocidade média na seção (m/s);
- v é o coeficiente de viscosidade cinemática (m2/s).

2.11 PERDAS DE CARGA

Segundo MACINTYRE (1987) o fluido, quando escoa ao longo de dispositivos (tubulações, válvulas, conexões, órgãos de máquinas, etc.), cede energia para vencer as resistências que se oferecem ao seu escoamento, devidas a atração molecular no próprio líquido, e as resistências próprias aos referidos dispositivos. Esta energia despendia pelo líquido para que possa escoar entre duas seções consideradas chama-se *Perda de Carga* representada pela letra *J*.

A perda de carga entre dois pontos de uma tubulação ou dispositivo de escoamento pode ser definida como o abaixamento da linha energética entre os referidos pontos. Darcy e Weisbach chegaram à expressão geral da perda de carga válida para qualquer liquido, que é empregada no chamado Método Racional. (MACINTYRE, A. J. 1987)

$$J = f * \left(\frac{L}{\emptyset}\right) * \left(\frac{V^2}{2G}\right) * \rho$$

Onde:

- J é a perda de carga (mm.c.a);
- f é o coeficiente de atrito do fluído (adimensional);

- L é o comprimento do trecho reto de tubulação (m);
- Ø é o diâmetro interno do tubo (m);
- V é a velocidade do fluido (m/s);
- G é a aceleração da gravidade (m/s2);
- ρ é a densidade do fluído (kg/m³).

Por SILVA TELLES (2004), a rugosidade de um tubo se da a partir da diferença entre o ponto de maior irregularidade na parede do tubo e o seu diâmetro interno (ϵ /d). No diagrama de Moody existem varias curvas com os valores do coeficiente f em função do Reynolds e do grau rugosidade dos tubos.

0.1 0.09 0.08 0.07 0.06 0.05 0.02 0.015 0.02 0.015 0.02 0.02 0.03 0.008 0.008 0.008 0.008 0.0008 0.0008 0.0008 0.0008 0.

Figura 13 - Diagrama de Moody

Fonte: SILVA TELLES (2004)

Figura 14 - Rugosidade de Alguns materiais

Material do tubo	Rugosidade - ε (mm)
Cobre, chumbo, bronze e alumínio	0,001 - 0,002
Tubos plásticos e PVC	0,0015 - 0,007
Resina epoxi, ester vinílica ou isoftálica	0,005
Aço inoxidável	0,015
Aço carbono comercial	0,045 - 0,090
Aço sem costura	0,015
Aço soldado	0,046
Aço galvanizado	0,15
Aço enferrujado	0,15 - 4
Ferro fundido novo	0,25 - 0,8
Ferro fundido desgastado	0,8 - 1,5
Ferro fundido com corrosão	1,5 - 2,5
Cimento liso	0,3
Concreto comum	0,3 - 1
Concreto grosso	0,3 - 5
Madeira aplainada	0,18 - 0,9
Madeira comum	5

Fonte: UNICAMP (2015)

2.11.1 Perdas de carga localizadas

Ao longo do duto da instalação de ventilação forçada, existem peças que contribuem para aumentar a perda de carga do sistema, em razão do atrito, das turbulências e das variações na velocidade que provocam (MACINTYRE 1990).

As principais dentre esses peças são:

- Bocas de captação ou tomadas de ar;
- Bocas de saída;
- Grelhas de insulflamento sem registros ou com registros de regulagem de vazão;
- Curvas e cotovelos;
- Alargamentos graduais ou expansões;
- Reduções;
- Filtros.

Podem-se calcular as perdas de carga correspondentes a curvas, reduções e outras peças exprimindo essas perdas em metros ou pés de duto de igual diâmetro e que provoca a mesma perda que a peça considerada. Designa-se esse comprimento por comprimento virtual ou comprimento equivalente, pois, sob o ponto de vista de escoamento a peça considerada equivalente a certo comprimento de duto. Esses comprimentos equivalentes ou virtuais das diversas peças são adicionados ao comprimento real do duto, obtendo se um comprimento total (MACINTYRE 1990).

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os estudos e análises foram realizados através de conceitos literários, conhecimento prático e programas de softwares. Foram utilizadas literaturas que abordam assuntos de física, mecânica dos fluídos, ventilação industrial e doenças respiratórias.

O desenvolvimento do presente trabalho iniciou-se com um estudo sobre a filtragem de pó residual que sobra no processo de pintura eletrostática. O método escolhido para o dimensionamento do sistema de filtragem foi o da velocidade constante. Nesta etapa, qualquer que seja o método, o cálculo é baseado na Equação da Continuidade MACINTYRE (1990), representada na forma onde Q é a vazão de ar em m³/s, V é a velocidade em m/s e A representa a área em m².

$$Q = V.A$$

3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA FILTRANTE

Os cálculos começaram a partir da definição da velocidade de captura, pois é a velocidade do ar que vai fazer com que a partícula que está suspensa no ar se desloque até o conjunto de filtros. Caso seja muito baixa as partículas não se deslocarão para dentro da tubulação. Se for muito alta, há o risco de não somente o excesso de tinta ser capturado, mas também captar a tinta que deve ficar aderida na peça. A literatura traz uma tabela que descreve várias atividades especificas e suas respectivas velocidades de captura (Tabela 1).

A operação proposta se encaixa na faixa de 30 a 60 trocas de ar por minuto, ou seja, a velocidade de captura deve estar entre 0,5 m/s a 1,0m/s.

Tabela 1 – Velocidade de Captura

Condição de formação do contaminante	Exemplos	Velocidades de captura m/mir
Libertado sem velocidade ini- cial, em ar parado	Evaporação em tanque; desengraxamento; eletrodeposição	15 a 30
Libertado com velocidade baixa em ar em relativo repou- so	Cabines de pintura à pistola; enchimento intermitente de recipientes; transferência de material em correias transportadoras de baixa velocidade (60 m/min); soldagem	30 a 60
Produção ativa em zona onde o ar se acha em movimento rápido	Cabines de pintura; separação e limpeza de peças fundidas por trepida- ção: britadores, peneiras; pontos de transferência de esteiras transpor- tadoras com alta velocidade (maior que 60 m/min) enchimento de barris	60 a 150
Libertado com velocidade ini- cial elevada em zona de inten- so movimento de ar	Esmerilhamento; limpeza e jato de areia	150 a 600
Máquina de empacotamento	Na face da cabine Com fluxo descendente Aberturas no envoltório	15-30 22-45 30-120
Pintura a pistola	Na face da cabine. Depende do tamanho e da profundidade da cabine, do tipo de trabalho etc.	30-60
Cerâmica — Misturador — Quebra do biscoito	No ponto de origem No ponto de origem	150 220
Solda de prata	Na face da cúpula	30
Banhos — Desengraxante — Decapagem — Eletrodeposição — Têmpera — Vapor	No ponto de origem No ponto de origem No ponto de origem Na face da coifa No ponto de origem	15 22-30 15-30 30 23-30
Soldagem elétrica	No ponto de origem (para coifa suspensa) Na face da cabine	30-60 30

Fonte: MANCINTYRE (1990)

A câmara de pintura possui um volume de 11,5 m³ de ar, desta forma deve-se dimensionar a área de captura de acordo com a velocidade de troca recomendada para o processo. A câmara tem espaço para que dois operadores trabalhem cada um pintando de um lado da linha, desta forma os filtros são colocados de frente para cada operador, assim a tinta que não se aderiu a peça é capturada diretamente pelo sistema de filtragem evitando que ela fique circulando pela câmara.

Ou seja, a área de captura é justamente a área de abertura onde estão os filtros, essa área possui as dimensões de 1,2 x 1,4 m. A área de abertura dos filtros tem 1,7 m² essa área é muito grande, portanto será necessário efetuar o fechamento de uma parte desta área para se alcançar a velocidade necessária.

Além disso, a empresa já possui outras câmaras de pintura nas quais já se utilizam filtros cartuchos. Para evitar um grande estoque de peças sobressalentes o sistema será

dimensionado para poder utilizar o mesmo tipo de filtro. A velocidade de captura deve estar entre 0,5 m/s e 1,0 m/s com base nestes dados temos:

$$Qc = v.A$$

 $Qc = 1.1,7 = 1,7 \text{ m}^3/\text{s ou } 6120 \text{ m}^3/\text{h}$

Onde:

Qc = Vazão da área de captura;

v = Velocidade de captura recomendada;

A =Área de captura.

Essa é a vazão da área filtrante total aberta e considerando uma velocidade de captura de 1,0 m/s, agora é necessário verificar se os filtros recomendados suportariam esta vazão.

A TECHPOWDER recomenda usar uma velocidade de filtragem para o filtro de 60 a 80 m³/h/m²com isso temos:

$$Sf = \frac{Qc}{Vt}$$

 $Sf = 6120 / 80 = 76,5 \text{ m}^2$

Onde:

Sf = Superfície filtrante;

Qc = Vazão de captura;

Vt = Velocidade de troca ou velocidade de filtragem.

O valor de 76,5 m² é a área necessária de filtros para se filtrar todo o volume de ar e poeira capturado pela área de captura. Porem o filtro que se tem em estoque possui uma área de 15,46 m² cada unidade de captação conta com a utilização de dois filtros, portanto um a área de aproximadamente 31 m², com isso temos:

$$Qc = Vt. Sf$$

 $Qc = 80.31 = 2480 \text{ m}^3$

Onde:

Sf = Superfície filtrante;

Qc = Vazão de captura;

Vt = Velocidade de troca ou velocidade de filtragem.

Observa-se que para se puderem utilizar os filtros já existentes é necessária uma grande redução da vazão de captura, consequentemente a área de captura deve ser diminuída em 60%. Apesar de a redução parecer muito grande ela atende os requisitos necessários de velocidade de captura, velocidade de filtragem e com a diminuição da vazão também trás uma grande diferença na vazão do ventilador necessário para efetuar o processo.

É necessário lembrar que esta é a vazão para um jogo de filtro, como a câmara possui dois jogos de filtro o valor da vazão deve ser dobrado, ou seja, a vazão total do sistema é de 4960 m³/h.

3.3 PERDA DE CARGA DO SISTEMA

Todo o sistema que trabalha com algum tipo de fluido apresenta pontos de perda de carga, neste sistema de filtragem os pontos de perda de carga se concentram nos filtros e nas curvas que são os dutos de passagem de ar. O sistema é composto por 4 filtros cartuchos plissados de 324 mm de diâmetro e 1200 mm de comprimento que formam uma área de filtragem de 15,46 m² por filtro, a perda de carga no sistema causada pelos filtros é de 105 mmca conforme informado pela RENNER TEXTIL fabricante e fornecedora do filtro e duas curvas de 90° com diâmetro também de 350 mm em aço carbono.

Segundo MACINTYRE (1990) pode-se considerar a curva como sendo um local de perda de carga localizado e apresenta tabelas para se estimar a perda de carga. A perda de carga localizada pode ser encontrada sem a necessidade de se transformar em um comprimento equivalente, basta seguir a seguinte formula:

$$\Delta P = K \cdot \frac{V^2}{2G} =$$

Onde:

 ΔP = Perda de carga;

K = Constante determinada para cada tipo de peça especial;

V = Velocidade do fluido;

G = Aceleração da gravidade.

MACINTYRE (1990) fornece também uma mudança na formula que é constituída ao se levar em consideração a densidade do ar que é aproximadamente 1,2 kgf/m³, com isso a aceleração da gravidade multiplicada por 2 pode ser alterado para 16,34.

Portanto a equação assume a seguinte forma:

$$\Delta P = K \cdot \frac{V^2}{16,34} =$$

A constante K pode ser definida através de tabelas dadas para cada tipo de peça, desta forma como a peça especial é uma curva deve-se levar em consideração o raio da curva e o diâmetro da peça. Como já dito anteriormente a curva possui um diâmetro de 350 mm e um raio de 350 mm.

Sendo assim primeiramente é necessário encontrar a velocidade do ar dentro da curva.

$$Q = v.A$$

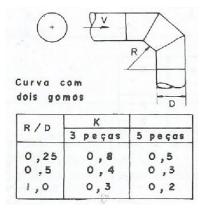
$$v = Q/A$$

$$v = \frac{0.6888 \, m^3/s}{0.09621 \, m^2} = 7.16 \, m/s$$

Para encontrar o K necessário na tabela de curvas de gomos é preciso encontrar a relação entre o diâmetro da curva e o seu raio. Desta forma:

$$\frac{R}{d} = \frac{0.35m}{0.35m} = 1$$

Tabela 2 – K Equivalente para curvas de gomo



Fonte: MANCINTYRE (1990)

A tabela indica que para uma relação de raio e diâmetro igual a 1 e pelo numero de gomos da curva que neste caso é 3 deve ser utilizado um K de 0,3.

$$\Delta P = K \cdot \frac{V^2}{16,34} =$$

$$\Delta P = 0.3 \cdot \frac{7.16^2}{16.34} = 0.9412 mmca$$

3.4 DIMENSIONAMENTO DO VENTILADOR

Com as perdas de carga do sistema determinadas pode-se então escolher o ventilador que atenda a operação, no caso deste trabalho será feita a comparação visando utilizar um ventilador sobressalente já existente na empresa. O ventilador em estoque é um RLS 560 com motor 4 polos de 7,5 CV e 1740 RPM fabricado e fornecido pela SOLER PAULAU.

Com base nos dados do sistema que necessita de uma vazão de ar aproximadamente de 5000 m³/h e que apresenta uma perda de carga de 107 mmca, é necessário a comparação destes dados no ábaco que apresenta a curva de atuação do ventilador ou a utilização de software de especificação.

Para um melhor dimensionamento será usado o VORTEX software de especificação de ventiladores disponível no site da SOLER PAULAU. A figura 15 apresenta a tela de entrada de dados e os ventiladores disponíveis a serem usados de acordo com os dados fornecidos ao programa.

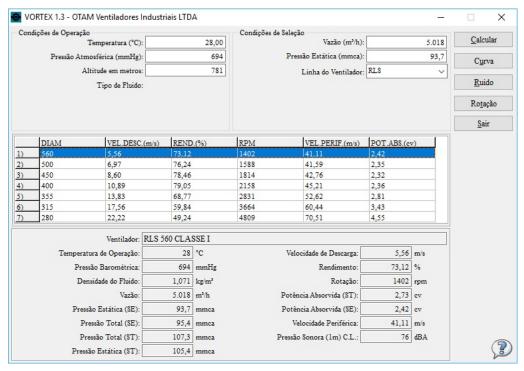


Figura 15 – Analise por Software

Fonte: VORTEX SOLER PAULAU (2017)

Nota-se que o primeiro ventilador listado pelo programa é o RLS 560, porém quando analisados os dados inseridos percebe-se que no item Pressão Estática que ela é menor que a perda de carga do sistema, desta forma não seria possível vencer a resistência dos filtros.

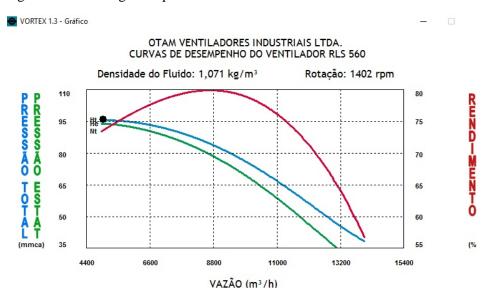


Figura 16 – Curva gerada por analise de software

Fonte: VORTEX SOLER PAULAU (2017)

A figura 16 apresenta a curva de rendimento do ventilador para os dados inseridos no software de seleção. Neste caso o ponto demarcado representa a eficiência de trabalho do ventilador, e neste caso o ventilador esta no final da curva demonstrando que ele tende a fugir da linha ideal de trabalho não alcançando assim um bom resultado.

Porém este ventilador é pertencente aos ventiladores de alta vazão e ele está sendo posto a trabalhar com uma vazão baixa em relação a suas características construtivas, ao observar suas curvas de trabalho pelo ábaco do anexo * é visto que se a vazão for elevada é possível que ele atenda as necessidades.

Para que isso aconteça será necessário mudar a área filtrante, o que significa que para não comprar outro modelo de ventilador deve-se alterar o modelo de filtro utilizando um de área filtrante maior.

3.5 REDIMENSIONAMENTO DA ÁREA FILTRANTE

Para calcular novamente a área filtrante, o filtro selecionado será um filtro com uma área de 23,18 m². A câmara possui dois jogos de filtros que juntos forma uma área de captação de 3,4 m². Levando-se em conta uma velocidade de captação de 1,0 m/s a vazão será de 12240 m³/h.

A velocidade de filtragem recomendada pela TECHPODER é de 60 a 80 m³/h/m². A área dos 4 filtros é de 92,72m².

Sendo assim:

$$Qc = Vt.Sf$$

 $Qc = 80.9272 = 74176 m^3/h$

Novamente como no primeiro caso uma percentagem da área de captação terá que ser fechada para que se poça alcançar a velocidade de captura determinada.

Com a nova vazão de 7417,6 e com uma nova perda de carga pela mudança dos filtros que passa a ser de 130 mmca e possível dimensionar novamente o ventilador.

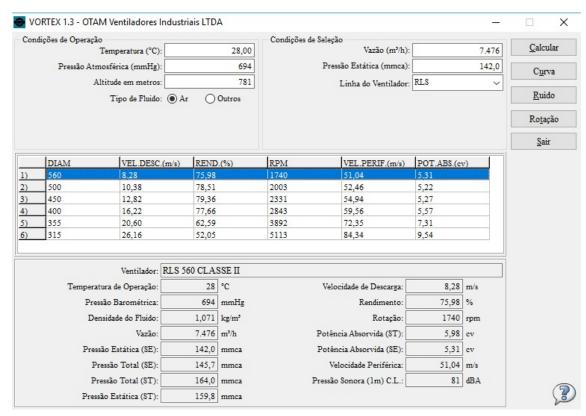


Figura 17 – Analise por software

Fonte: VORTEX SOLER PAULAU (2017)

Na nova simulação demonstrada na figura 17 o ventilador consegue superar a perda de carga do sistema e atende as necessidades do projeto.

Analisando a curva de trabalho da nova simulação apresentada na figura 18 é notável que o ventilador esteja trabalhando de forma mais adequada a suas características.

VORTEX 1.3 - Gráfico OTAM VENTILADORES INDUSTRIAIS LTDA. CURVAS DE DESEMPENHO DO VENTILADOR RLS 560 Densidade do Fluido: 1,071 kg/m³ Rotação: 1740 rpm PRESSÃO EST (mmca) (%) VAZÃO (m³/h)

Figura 18 - Curva gerada por analise de software

Fonte: VORTEX SOLER PAULAU (2017)

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Para analise dos resultados leva-se em consideração que toda a câmara é construída em chapa de aço preta e pintada com tinta epóxi cinza semi - brilho, pois é o mais utilizado pela indústria e previne muito bem contra oxidação. O projeto da câmara foi desenvolvido especialmente para uso interno da empresa usando alguns itens sobressalentes já existentes na empresa como, um ventilador RLS 560 fabricado pela SOLER PAULAU. E um jogo de filtros cartuchos produzidos pela RENNER TEXTIL.

Apesar da empresa já ter esses itens em estoque houve a necessidade do dimensionamento do sistema para confirmar se seria possível a utilização dos mesmos itens em conjunto num mesmo sistema. Além dos cálculos desenvolvidos no trabalho para o dimensionamento da vazão, da área filtrante e da perda de carga, foi utilizado um software de especificação de ventiladores chamado VORTEX fornecido pela SOLER PAULAU em seu site.

Após a realização dos cálculos a conclusão foi de que seria possível utilizar o ventilador no sistema, porém não com o jogo de filtros já existente na empresa. Houve então um novo dimensionamento para buscar um melhor filtro para o sistema e que fosse capaz de atender todas as necessidades do sistema. Após a escolha do novo filtro e com resultados satisfatórios o projeto foi executado e trabalha perfeitamente.

Como uma câmara de pintura não depende apenas do sistema de filtragem foi necessário a compra de pistolas, montagem de um quadro elétrico, rede de ar comprimido para que a câmara pudesse operar.

A tabela 2 apresenta os custos de fabricação.

Tabela 3 – Custos de Fabricação

Componente	Unidade	QTD	Valor Unitario
Ventilador RLS 560 ARR 4K/7,5CV 4P60HZ220380V	PÇ	1	R\$ 5.600,00
Chapas de aço	KG	1216	R\$ 3,00
Quadro eletrico e demais componentes	PÇ	1	R\$ 19.981,00
Kit Pistolas de pintura KMW MOD ECOMOMY	PÇ	1	R\$ 13.760,00
Filtro cartucho D324xL1200xP210 TRILUG	PÇ	4	R\$ 724,00
Parafuso Sextavado BC M8X20 - 8.8 DIN 6921	PÇ	300	R\$ 0,55
Arruela lisa BC M8 - DIN 126	PÇ	600	R\$ 0,09
Porca sextavada BC M8 - 8 DIN 934	PÇ	300	R\$ 0,11
Valor Total			R\$ 45.641,00

Fonte: AUTOR (2017)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o projeto finalizado e a execução do mesmo houve um ganho em agilidade na linha de pintura, o ambiente se tornou menos insalubre, notou-se também uma melhora no acabamento das peças, e um melhor aproveitamento da tinta utilizada no processo.

Toda a câmara foi pensada para o melhor aproveitamento de material utilizado em sua fabricação e visando a fácil montagem de suas peças, o que facilita qualquer reparo de manutenção ou atualização na câmara caso haja alguma mudança de layout na linha de pintura.

6 PROPOSTA DE ESTUDOS FUTUROS

- Dimensionamento de um sistema de reaproveitamento de tinta a pó a partir de ciclone.
- Estudo de eficiência de rampa de aquecimento para cura de tinta.

7 REFERÊNCIA

BASTISTONI, C. Padronização e desenvolvimento de filtros de manga. 47p. 2011.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**, 2ª ed. revisada, Ed.Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2008.

CAMARGO, M. Resinas de Poliéster Carboxifuncionais Para Tinta em Pó: Caracterização e Estudo Cinético da Reação de Cura. 83p. 2002.

CLEZAR, C. A.; NOGUEIRA, A. C. R. **Ventilação Industrial**. 1° Ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

FAZENDA, J. M. R. Tintas e Vernizes: ciência e tecnologia. São Paulo: ABRAFATI, 2005.

MACINTYRE, A. J. Ventilação Industrial e Controle da Poluição. Rio de Janeiro: 2° Ed. Guanabara, 403p, 1990.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, Ch. 3, 1987

MARTINS, V.F.D. Estudo e Optimização de Tintas em Pó para Aplicação em Superfícies Difíceis. 86p. 2009.

RENNER TEXTIL; **Filtros Cartuchos** – Filtros Industriais, 2017. Disponível em:http://www.rennertextil.com.br/filtro-de-cabine-pesados> Acesso em 02 de maio de 2017.

SANTINI, J. Filtro de mangas para o controle de emissões atmosféricas de material particulado gerados no beneficiamento de mármore e granitos. 73p. 2011.

SÃO PAULO. **Tintas e Vernizes.** 70p. 2006.

SILVA TELLES, P. C. **Tubulações Industriais cálculos**. Rio de Janeiro: 9° Ed. LTC, 160p, 2004.

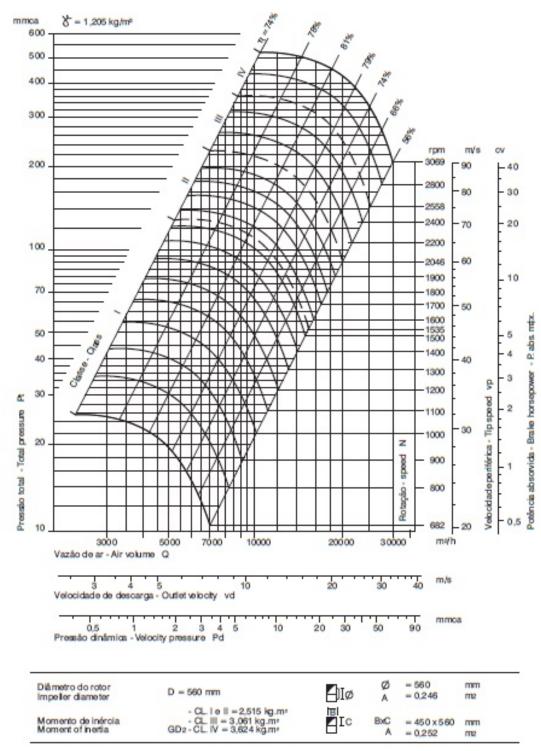
SOLER PAULAU; **Ferramentas** – Programas de Seleção, 2017. Disponível em:http://www.solerpalau.com.br/paginas/ver/vortex> Acesso em 05 de maio de 2017.

TECHPOWDER; **Filtros** – Equipamentos, 2017. Disponível em:https://www.techpowder.com.br/equipamentos> Acesso em 02 de maio de 2017.

WEG. Treinamento de Pintura Industrial com Tintas a Pó. 90p. 2016.

8 ANEXOS

ANEXO A- CURVA DE TRABALHO RLS - 560



ANEXO B- MONTAGEM CÂMARA DE PINTURA













