TÜVRheinland®
GERIS

528CA044/18

Santo André, 05 de setembro de 2018.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
Avenida dos Estados, 5001 – Santa Terezinha
Santo André - SP

At.: Sr. Guilherme Solci Madeira
Ref.: Contrato nº 002/2015
Bloco L – Sistema de Exaustão de Capelas

1. INTRODUÇÃO

Com objetivo de atender aos questionamentos colocados quanto ao desempenho do sistema de exaustão das capelas instaladas no Bloco L, do 4º ao 7º Andar, demonstrando-se insatisfatório para os usuários dos laboratórios, a Superintendência de Obras – SPO / UFABC, acionou a TÜV Rheinland, como Gerenciadora da Obra, para que fossem realizadas inspeções e testes no sistema junto à construtora – MPD Engenharia e a empresa instaladora – Conforto Engenharia.

Os testes e inspeções foram realizados tendo como objetivo:

- Verificar o desempenho do sistema de exaustão das capelas com os exaustores instalados;

- Verificar possíveis vícios ou defeitos na instalação do sistema, bem como eventuais interferências no funcionamento das redes de dutos e seus componentes em decorrência de ações externas;

- Verificar o desempenho do sistema com exaustores de maior capacidade de vazão x pressão estática, obtendo-se velocidades de exaustão na área de trabalho atendendo a padrões de segurança estabelecidos;

- Concluir quanto à viabilidade de se manter os exaustores instalados ou quanto à necessidade de substituição de exaustores, em cada caso;

- No caso de substituição de exaustores instalados, estabelecer os parâmetros de vazão x pressão estática, em função da velocidade de operação e a perda de carga no sistema.

Paralelamente, foi acionado o projetista da obra – FACCIO Arquitetura, e o projetista do sistema de exaustão – LFB Engenharia e Projetos, procedendo-se à análise do projeto, com foco no cálculo da perda de carga e nas especificações do exaustor.

2. PROCEDIMENTOS

2.1. Procedimentos Iniciais

As inspeções e testes foram realizados em conjunto, envolvendo a construtora, a instaladora e a gerenciadora, mediante uma amostra de 08 (oito) capelas, sendo 02 (duas) de cada andar, do 4º ao 7º Andar, sendo essas capelas selecionadas por já estarem apresentando desempenho insatisfatório.

Com o sistema em operação conforme encontra-se instalado, foram estabelecidos os seguintes procedimentos de inspeção:

- verificação de conformidade ou "aderência" entre as premissas de projeto e as instalações conforme foram executadas;

- inspeção visual da rede de dutos, a fim de verificar possíveis falhas na execução da tubulação ou defeitos nos materiais e outros elementos / componentes do sistema, tais como conexões, fixações, filtros e as capelas propriamente;

- verificação da estanqueidade da rede de dutos, pela medição da vazão do fluxo de ar em diferentes pontos do sistema;

- inspeção a determinados pontos da rede de dutos, a fim de verificar a presença de elementos estranhos que viessem a causar obstrução ao fluxo de ar, tais como resíduos da construção ou acúmulo de água;

- verificação da velocidade do fluxo de ar nas faces das janelas (guilhotinas) das capelas, tendo se adotado como padrão para medições, a janela aberta à meia altura (h=0,45m ~ 18"), procedendo-se a medições em 03 (três) pontos no eixo médio da abertura, sendo 01 (um) ponto no centro e os outros 02 (dois) pontos à esquerda e à direita do ponto central, com distância de 30 cm da lateral da janela;

- análise do projeto e do cálculo de perda de carga do sistema, conforme memória de cálculo elaborada pelo projetista - **Anexo I**.

Os procedimentos de inspeção e testes descritos acima foram desenvolvidos também para uma condição com filtros limpos, adotados como "padrão", e para outra situação na qual foi removida a grelha instalada na ponta de saída da tubulação de exaustão para o ambiente externo, por tratar-se de elemento que impõe perdas de carga consideráveis ao sistema e não foi previsto em projeto.

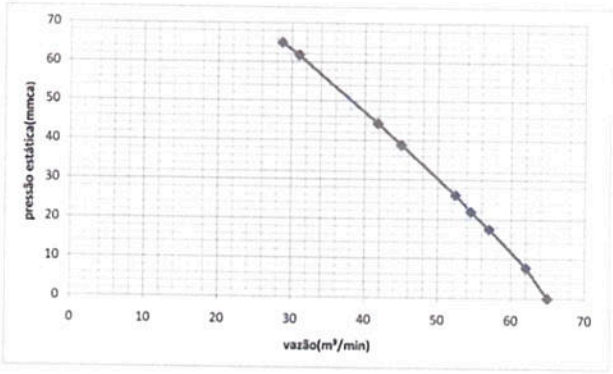
Durante a execução dos testes e inspeções foram produzidos registros fotográficos, consubstanciados em relatório, o qual se encontra juntado a este - **Anexo II**.

2.3. Procedimentos com Substituição do Exaustor

Posteriormente às inspeções e testes realizados com os exaustores instalados pela construtora, decidiu-se por proceder a outros testes do sistema, com exaustor de maior potência e capacidade de vazão x pressão estática.

Os testes foram realizados em uma capela de localização crítica, situada no 4º Andar – Laboratório L-407, com exaustão nos armários, já testada com o exaustor de projeto, possibilitando, portanto, comparações de desempenho.

O exaustor adotado para os testes foi instalado provisoriamente pela construtora, tratando-se do modelo MotoVent 350-4, com as seguintes características técnicas: exaustor centrífugo de simples aspiração, com rotor de pás retas radiais, voluta em fibra de vidro e reforços em resina de poliéster, motor elétrico de 1,5 CV - trifásico / 04 polos / 60 HZ, rotação de 1750 rpm, de acionamento direto. O desempenho do exaustor é expresso pela seguinte curva de vazão x pressão estática:



Outras características técnicas do exaustor estão expostas em ficha de especificações, juntada a este relatório – **Anexo III**.

3. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos para os testes realizados conforme os procedimentos descritos acima, durante os quais foram obtidas velocidades de fluxo de ar em diferentes pontos do sistema, por meio de anemômetro digital – **Anexo IV**, com os exaustores instalados pela obra e com o exaustor de maior potência, foram lançados em planilhas, juntadas ao presente relatório - **Anexo V**.

4. CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES

- Não foram encontradas Normas Técnicas Brasileiras, que estabeleçam critérios, parâmetros e/ou especificações para o desenvolvimento de projeto, a especificação de materiais e equipamentos, ou para a execução de sistemas de exaustão de capelas, assim como também não há referências técnicas ou normativas para construção e uso de capelas de laboratórios, como equipamento do sistema. Considerar também que há diversos fabricantes de capelas, o que resulta em equipamentos com construções e características diferentes entre si, justamente pela ausência de referências normativas – no Bloco L foram instaladas capelas de dois fornecedores diferentes, no caso, **IBRAM** e **Buzatto's**.

- Para aferição do desempenho da exaustão das capelas, em função da velocidade do ar para operação segura, verificada na face da janela / guilhotina, foram adotados os seguintes critérios:

v < 0,30 m/s: ..... **ineficaz** para qualquer situação;

0,30 < v < 0,40 m/s: ....eficaz para combustíveis e substâncias irritantes – **baixa toxicidade química**;

0,40 < v < 0,50 m/s: ... eficaz para substâncias comuns em laboratórios – **média toxicidade química**;

0,50 < v < 0,75 m/s: ... OSHA / requisitos especiais – **alta toxicidade química**;

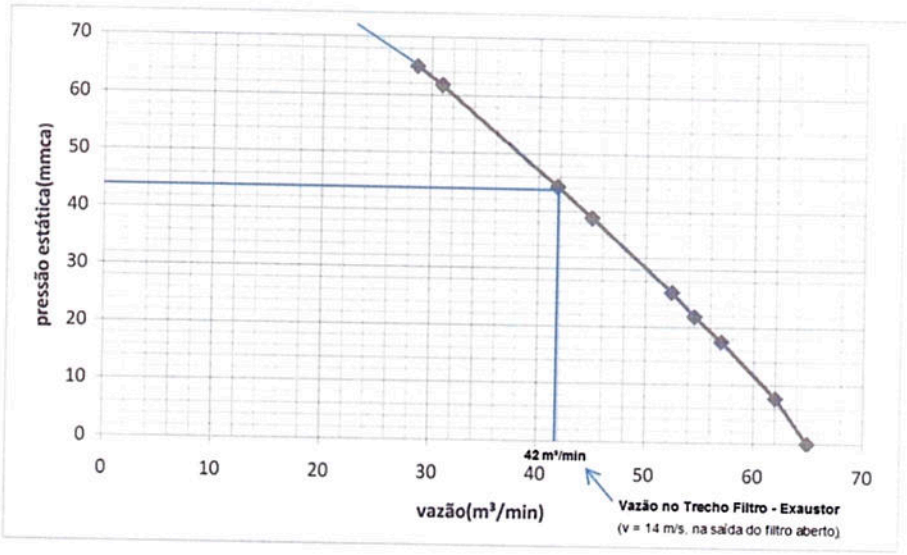
0,65 > v > 0,75 m/s: ... eficaz para **ácido perclórico** – uso não compatível com as capelas em questão.

Referência:

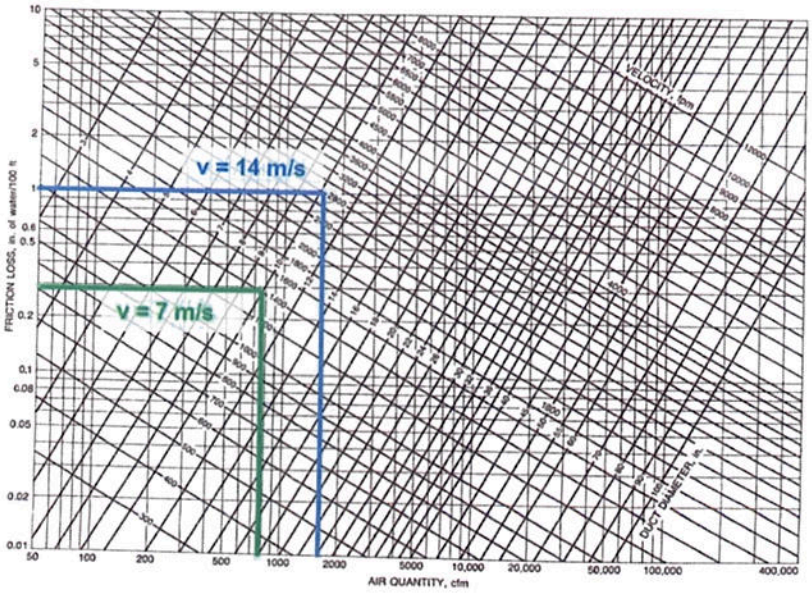
Lab Hood / Vent Manual - Chemical Hygiene Plan - Iowa Lakes Community College – **Anexo VI**

- A perda de carga calculada em projeto no trecho de tubulação entre a caixa dos elementos filtrantes, até a saída para o ambiente externo, passando pelo exaustor, foi verificada por metodologia recomendada pela American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE, inclusive experimentalmente:

Perda de carga lançada na curva de vazão x pressão estática – exaustor MotoVent 350-4:



Friction Chart (ASHRAE, 1997)



https://www.captiveaire.com/manuals/airsystemdesign/designairsystems.htm

Verifica-se que, pelo **Friction Chart** (**ASHRAE, 1997**), conforme ilustração acima, o projeto desenvolvido pelo método **EQUAL FRICTION**, tendo adotado perda de carga de 0,306 mmCA/m, conforme memória de cálculo – **Anexo VI**, para a velocidade de 7 m/s correspondente ao fluxo de ar no trecho de tubulação com Ø 250 mm, compatível com a vazão de 1260 m³/h, adotou perda de carga até superior a 0,3"CA/100' ou 0,25 mmCA/m, demonstrando-se coerentes as estimativas adotadas para o trecho quanto ao comprimento da tubulação e conexões, resultando perda de carga para o trecho entre a caixa de filtro até a saída da exaustão (sem grelha) em 13,62 mmCA, ou 15,67 mmCA considerando-se fator de segurança de 15%.

Verifica-se que, experimentalmente, conforme o diagrama de vazão x pressão estática do exaustor de 1,5 CV utilizado em teste, que a perda de carga para esse mesmo trecho, sob fluxo de ar com velocidade de 14 m/s, foi de 44 mmCA – cerca de três vezes a perda de carga calculada em projeto. Contudo, conforme o diagrama **Friction Chart** (**ASHRAE, 1997**), a perda de carga nesse trecho, para essa velocidade de 14 m/s, estaria em torno de 1"CA/100' ou 0,8 mmCA /m, também próximo de três vezes a perda de carga de projeto – 0,306mmCA/m.

Em síntese, para velocidade de 14 m/s, obtida em teste, para o trecho entre a caixa de filtro até a saída da exaustão:

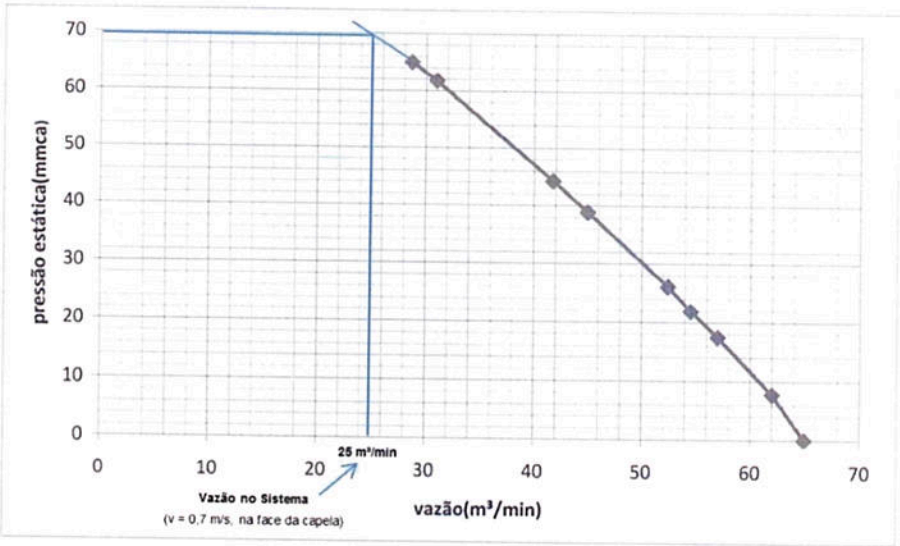
- Perda de carga teórica (~0,8 mmCA/m) = 2,7 x perda de carga para fluxo de projeto, com velocidade de 7 m/s (~0,3 mmCA/m);

- Perda de carga experimental, total para o trecho (44 mmCA) = 2,8 x perda de carga calculada em projeto para velocidade de 7 m/s (15,67 mmCA).

Dessa forma, considera-se que a perda de carga que efetivamente esteja ocorrendo na tubulação, verificada experimentalmente, no trecho entre a caixa dos filtros e a saída da exaustão (sem a grelha), corrobora a perda de carga teórica prevista em projeto.

- A perda de carga total verificada experimentalmente, conforme a curva de vazão x pressão estática do exaustor de 1,5 CV, para o circuito completo, da janela da capela até a saída para o ambiente externo, resultando em torno de 70 mmCA, para a velocidade de 0,7 m/s obtida na janela da capela, significativamente superior à perda de carga total de 43,17 mmCA calculada para velocidade de 0,6 m/s prevista em projeto, implica que essa diferença de 26,83 mmCA esteja no trecho entre a janela da capela e a caixa de filtros, uma vez que, conforme considerações acima, a perda de carga no trecho entre a caixa de filtros e a saída de exaustão esteja se confirmando quanto aos 15,67 mmCA calculados em projeto. Admitindo-se portanto,

que essa diferença de 26,83 mmCA esteja no trecho entre a face da capela e a caixa de filtros, trecho esse com tramos curtos de tubulação Ø 200 mm, as incertezas quanto à perda de carga no sistema recaem sobre a capela e a caixa de filtros / elementos filtrantes, os quais não possuem tais características bem definidas e foram estimados pelo projetista, com perda de carga de 7 mmCA e de 15 mmCA, respectivamente.



(1) Perda de carga total verificada experimentalmente no sistema, para velocidade de 0,7 m/s:..70 mmCA;

(2) Perda de carga verificada teoricamente no trecho entre a caixa de filtros e a saída para o ambiente externo .....15,67 mmCA;

(3) Perda de carga resultante para o trecho entre a face da capela e a caixa de filtros.....54,33 mmCA ((1) - (2));

(4) Perda de carga calculada em projeto para o trecho entre a face da capela e a caixa de filtros .....27,5 mmCA;

(5) Diferença de perda de carga experimental e perda de carga teórica para o trecho entre a face da capela e a caixa de filtros ..... 26,83 mmCA ((3) – (4));

(6) Perda de carga estimada em projeto para capelas (15 mmCA) e caixas de filtros (7mmCA):22 mmCA;

(7) Perda de carga calculada em projeto para o trecho entre a face da capela e a caixa de filtros, exceto capela e caixa de filtros..... 5,5 mmCA ((4) - (6));

(8) Perda de carga verificada experimentalmente para capela e caixa de filtros.....48,33 mmCA ((3) – (7));

(9) Diferença de perda de carga verificada experimentalmente para capela e caixa de filtros e a perda de carga calculada em projeto para esses mesmos elementos.....26,33 mmCA ((8) - (6)).

5. CONCLUSÕES

5.1. Não foram identificadas falhas no desempenho dos sistemas de exaustão, resultantes de erros ou vícios/defeitos na montagem dos dutos, filtros ou no exaustor, quanto aos materiais, componentes e suas conexões.

5.2. Não foram identificadas falhas no desempenho dos sistemas de exaustão, decorrentes de fatos externos prejudiciais ao fluxo de ar nos dutos, notadamente no que se refere a obstruções por elementos estranhos, resíduos de construção ou água de chuva.

5.3. As instalações, conforme foram executadas, apresentam-se de acordo com o projeto executivo que, por sua vez, está compatível também com as premissas adotadas pelo projetista nos cálculos da perda de carga do sistema de exaustão.

5.4. A perda de carga do sistema foi aferida em medição, demonstrando-se compatível com os cálculos de projeto para o trecho de dutos Ø 250 mm, entre o filtro e o exaustor, contudo, considerando-se também o trecho de dutos Ø 200 mm entre a capela e o filtro, incluindo-se estes elementos, a perda de carga total no sistema, verificada em medições, de 70 mmCA, demonstra-se significativamente superior àquela prevista em projeto, de 43,17 mmCA. Neste trecho, compreende-se que tenham sido subestimados em projeto, os valores para perda de carga localizada, justamente no filtro e na própria capela, aos valores de 7 mmCA e 15 mmCA, respectivamente, pois tais componentes do sistema não são padronizados e não estavam perfeitamente definidos à época do projeto. Importante constar que há diversas variáveis para esses componentes que vão desde a sua construção, até os tipos de materiais empregados, especialmente no que se refere ao elemento filtrante.

5.5. A vazão de projeto, resultando velocidade de ar na janela da capela de 0,6 m/s, com meia abertura, proporciona condições seguras para operação com elementos químicos em geral, atendendo inclusive, à exaustão de armários integrados a diversas capelas, onde são armazenados produtos químicos.

5.6. A instalação de uma tampa perfurada na saída dos dutos de exaustão para o ambiente externo, tipo "grelha", obstruindo cerca de 40% da seção transversal do duto de Ø 200 mm, provocando perda de carga significativa, a ponto de reduzir a vazão na rede em até 30%, não foi prevista em projeto.

5.7. O exaustor definido em projeto foi especificado para uma condição de dimensionamento de vazão do ar e pressão estática prevendo vazão superior em 20% à necessária para operação segura de elementos com grau de toxicidade média (v = 0,5 m/s), contudo, o

exaustor projetado não suporta as perdas de carga que estão se demonstrando, conforme os testes realizados, superiores para os filtros e a capela, além da obstrução pela grelha de saída, resultando, em determinados casos, ineficiência do sistema de exaustão para as condições reais da instalação.

6. RECOMENDAÇÕES

6.1. Adequar a utilização dos filtros, (1) quanto aos tipos de elementos filtrantes, (2) em função das substâncias a serem manipuladas e (3) em função das operações a serem realizadas, verificando-se inclusive, em determinados casos, quanto à sua necessidade.

6.2. Substituir a grelha de saída da exaustão para o ambiente externo, construída por "cap" perfurado (obstrução ~ 40%), por outro tipo de menor obstrução, com perda de carga localizada reduzida ao mínimo.

6.3. Adotar parâmetros de segurança para operação das capelas, tendo-se como exemplo os critérios colocados a seguir:

RECOMENDAÇÃO PARA VELOCIDADE DO AR NA OPERAÇÃO DE CAPELAS (Ref. IOWA LAKE COMMUNITY COLLEGE / Chemical Hygiene Plan)				
CLASSE DE TOXICIDADE SUBSTÂNCIAS EM MANIPULAÇÃO	LOW/Green Combustíveis	MEDIUM / Red Uso comum Vapores Tóxicos Inflamáveis Radioisótopos	HIGH / Orange Padrão OSHA	ÁCIDO PERCLÓRICO (v.Nota)
VELOCIDADE DO AR NA FACE DA CAPELA (Janela a 1/2 altura)	v = 0,30 a 0,38 m/s	v = 0,38 a 0,51 m/s	v = 0,51 a 0,76 m/s	v = 0,63 a 0,76 m/s
Nota : as capelas do Bloco L não são especificadas para a manipulação de ácido perclórico.				

6.4. Compatibilizar o desempenho do sistema de exaustão com a operação das capelas, conforme as substâncias que serão manipuladas, e com o tipo de armário instalado sob a bancada da capela, adotando-se exaustores com capacidade de vazão e pressão adequadas, considerando-se que seja pouco relevante o pavimento no qual encontra-se instalada a capela (do 3º ao 7º Andar), propondo-se:

VAZÕES E PERDA DE CARGA PARA EXAUSTOR DE CAPELA - BLOCO L / 3º ao 7º Andar				
Armário com Exaustão	NÍVEL DE TOXICIDADE DAS SUBSTÂNCIAS EM MANIPULAÇÃO			PERDA DE CARGA
	LOW/Green v = 0,30 a 0,38 m/s	MEDIUM / Red v = 0,38 a 0,51 m/s	HIGH / Orange v = 0,51 a 0,76 m/s	Δh (v. Notas)
Sim	Q = 1.150 m³/h	Q = 1.550 m³/h	Q = 2.300 m³/h	70 mmCA
Não	Q = 1.000 m³/h	Q = 1.300 m³/h	Q = 1.900 m³/h	

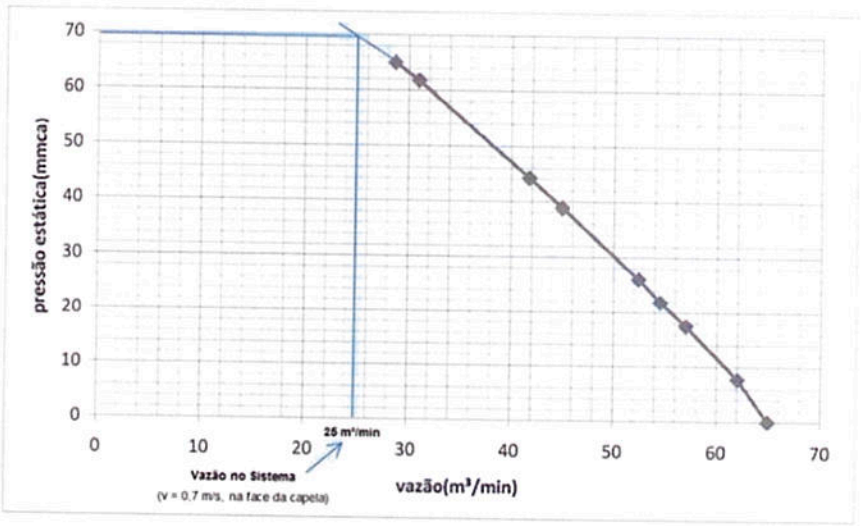
Notas quanto à perda de carga indicada:

1) Filtros de carvão ativado, limpos;

2) Damper da capela totalmente aberto;

3) Verificação mediante curva de vazão x pressão estática do exaustor Motovent AMF-350-4, instalado experimentalmente na capela do Lab. 407 - sem armário corta-fogo.

6.5. Mediante os testes realizados, principalmente em função da perda de carga verificada no sistema, elevada para o trecho entre a capela e o filtro, recomenda-se adotar exaustor centrífugo de simples aspiração, com rotor de pás retas radiais, com voluta em fibra de vidro e reforços em resina de poliéster, com motor de 1,5 CV, trifásico / 04 polos / 60 HZ; rotação de 1750 rpm, acionamento direto – referência **MotoVent 350-4**, com curva de vazão x pressão estática conforme apresenta-se abaixo, o qual atenderia com boa confiabilidade, a todas as situações de capelas no Bloco L, para o manuseio de substâncias de toxicidade baixa a média, conforme os critérios estabelecidos nos itens **6.3** e **6.4** acima, proporcionando vazão de até 25 m³/min, à pressão estática de 70 mmca. A calibragem da velocidade do ar na face das capelas, quando essa velocidade demonstrar-se exageradamente elevada para operação segura, deverá ser feita por meio de regulagem da abertura do damper posicionado no topo da coifa, conectando-se com a tubulação do sistema de exaustão.



6.6. Estabelecer procedimentos de inspeção periódica, com programas de manutenção preventiva e corretiva, assegurando o desempenho do sistema de exaustão, e sua compatibilidade com as operações e as substâncias que estão sendo manipuladas nas capelas. Essa ação é particularmente importante para que se preserve os filtros de ar em condições adequadas de uso, considerando-se que esses elementos influenciam significativamente no desempenho do sistema de exaustão.

6.7. Instalar sinalização em local externo e acessível da capela indicando parâmetros de operação do equipamento, ao menos quanto às substâncias que podem (ou não) ser manuseadas e à velocidade do ar na face da capela. Nesse mesmo local podem ficar outros documentos importantes para orientações e controles, tais como fichas de manutenção periódica – preventiva / corretiva.

6.8. Estabelecer normas internas de segurança para o uso de capelas e demais equipamentos de exaustão, a exemplo do **Lab Hood / Vent Manual** elaborado pelo **Iowa Lakes Community College - Anexo V**, e do **Procedimento Operacional Padrão – POP**, elaborado e adotado pala **Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC**, juntado a esta em **Anexo VII**.

6.9. Estabelecer **parâmetros de operação e especificações técnicas para a aquisição de novas capelas**, inclusive quanto à necessidade de filtros e, demonstrando-se sua necessidade, especificar também qual o **tipo de filtro a ser adotado**, por parte dos **usuários dos laboratórios**, particularmente nos casos em que esteja prevista a manipulação de substâncias de nível de toxicidade mais elevada, substâncias explosivas, mais corrosivas ou mais poluentes, possibilitando projeto de sistema de exaustão adequado a cada situação.

7. ENCERRAMENTO

O presente relatório encerra-se com **12 (doze) folhas timbradas**, incluindo a folha seguinte a esta, impressas e rubricadas pela **TÜV Rheinland Serviços Industriais Ltda.**, além de **07 (sete) anexos**, conforme relacionados a seguir.

Atenciosamente,

Dionísio Nunes Neto
Coordenador Geral
TÜV Rheinland Serviços Industriais Ltda.

TÜVRheinland®
GERIS

ANEXOS

I – **Memória de Cálculo** para perda de carga e especificações do exaustor – **Faccio / LFB**;

II – **Relatórios fotográficos das inspeções e testes** realizados nas datas de 15 de março, 17 de abril e 07 de agosto de 2018;

III – **Curva de vazão x pressão estática** – exaustor MotoVent 350-4;

IV – **Especificações do Anemômetro Digital** utilizado nas medições;

V – **Resultados obtidos** em testes;

VI - **Lab Hood / Vent Manual** - Chemical Hygiene Plan - **Iowa Lakes Community College**;

VII – **Procedimento Operacional Padrão – POP**, referente a "Normas Internas para utilização da Capela de Exaustão de gases e vapores", emitido pelo Laboratório de Química Analítica e Orgânica da **Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC**.