



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

### Segurança em Laboratórios Químicos

Independentemente do tipo de atividade exercida em um laboratório químico, são diversos os riscos existentes nesses ambientes de trabalho onde podemos citar os riscos químicos: vapores, poeiras, fumos, névoas, gases, compostos ou produtos químicos em geral. Riscos físicos: ruídos, vibrações, radiações ionizantes, não ionizantes, frio, calor, pressões anormais. E em alguns casos há presença de riscos biológicos tais como: vírus, bactérias, protozoário, fungos, parasitas, bacilos entre outros. Em relação aos riscos mencionados os acidentes em laboratórios ocorrem principalmente pelas seguintes causas: falta de organização do local de trabalho, uso incorreto de equipamentos ou substâncias; estocagem e transporte inadequados de produtos químicos; uso de vidrarias defeituosas; desconhecimento ou negligência das técnicas corretas de trabalho; trabalhos realizados por pessoa não habilitada em determinadas técnicas, não observância das normas de segurança, utilização incorreta ou o não uso de equipamentos de proteção coletiva e individual adequadas ao risco; manutenção inexistente ou inadequada do laboratório. Os acidentes que advêm destas causas geralmente estão envolvidos com intoxicação, queimaduras térmicas, cortes, queimaduras químicas, choque elétrico, incêndios, explosões, contaminação por agentes químicos, e exposição as radiações ionizantes e não ionizantes.

Esse riscos podem ser minimizados ou até mesmo eliminados mediante: O uso de proteção coletiva, fornecimento de equipamentos de proteção individual adequados ao risco. Treinamento se segurança para o laboratorista sobre o uso correto de equipamentos de proteção coletiva (EPC), uso de equipamentos de proteção individual (EPI) adequados ao risco, prevenção e combates a princípios de incêndio, abandono de áreas, primeiros socorros, treinamentos sobre os perigos de estocagem, manuseio, derramamento e descarte de produtos químicos, treinamento e conhecimentos sobre o uso prévio da Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ NBR-14728 (edição atualizada) e atendimento de Ordens de Serviços de acordo com a Portaria 3.214 de 08/06/1978 MTE. Além do cumprimento do disposto na Instrução Normativa Nº1de 11/04/1994.

Emprego e planejamento deste a construção do laboratório, considerando-se os locais adequados para armazenamento de produtos químicos, descarte de resíduos, localização das bancadas, instalação de equipamentos, iluminação adequada, instalação elétrica à prova de explosão em capelas, bancadas, coifas, armários ou almoxarifado de inflamáveis respeitando-se as normas pertinentes, instalação de capelas com vazão de ar adequada, refrigeradores para inflamáveis à prova de explosão, sistema de ventilação local exaustora, instalação de capelas, chuveiros de emergência e lava-olhos, caixas de primeiros socorros, mantas abafa chamas, escudos de segurança, sistema de detecção e alarme de incêndios, extintores de incêndio adequados as classes de incêndios do laboratório, sinalização de extintores, sinalização de rotas de fugas, iluminação de emergência, saídas de emergência com barras antipânico, números de telefones de emergência por exemplo: Corpo de Bombeiros, Pronto Socorro (Hospitais).

Mas o problema básico permanece, o laboratorista é um profissional com educação especializada, no entanto com pouco conhecimento em segurança e saúde no trabalho, talvez por causa de um sentido alimentado de maneira equívoca de que nada deve interferir na liberdade acadêmicas não importando o quão sérias sejam as



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

conseqüências desta liberdade. É liberdade formular e expressar idéias científicas, mas em momento algum a prevenção de acidentes, doenças do trabalho e contaminação do meio ambiente causará transtorno a essa liberdade acadêmica.

Poucas instituições escolares têm feito tentativas sérias em matéria de Segurança e Medicina do Trabalho para integrar o conhecimento prático abrangendo materiais e processos perigosos em sua grade de ensino, tornando os alunos aptos a reconhecer e evitar exposições a agentes químicos, físicos e biológicos acima dos níveis de tolerância sem as devidas medidas de proteção a sua integridade física.

### **Regras de segurança para prevenir acidentes em laboratórios químicos:**

- É obrigatório o uso de avental 100% algodão de manga longa devidamente fechado sobre a roupa, uso de calça comprida e sapatos fechado, cabelos longos devem estar presos e evitar o uso de roupas confeccionadas com material sintéticos.
- Obrigatório o uso de óculos de segurança e luvas de segurança adequados ao risco em todas as atividades realizadas no laboratório.  
Manter atenção constante visando a ordem e limpeza no local de trabalho.
- O laboratorista ao realizar o trabalho solicitado deve consultar a metodologia e procedimentos aplicáveis para o caso. Se o trabalho for inédito recorrer a supervisão imediata para eliminar dúvidas e recorrer as medidas de segurança aplicáveis. Consultar previamente a FISPQ do produto.
- Consultar as propriedades físicos-químicas e toxicológicas dos produtos químicos utilizados principalmente aqueles de maiores riscos de manipulação.
- Não realizar nenhum trabalho caso haja dúvidas em fazê-los corretamente, deve-se para isso esclarecer todas as dúvidas antes de iniciar os trabalhos.
- Nunca trabalhar sozinho no laboratório fora do horário de expediente, fins de semana e feriados em atividades de elevados riscos.
- Verificar o estado de conservação dos equipamentos e materiais de trabalho, antes de iniciar suas atividades, e rejeitar o uso caso seja constatado algum defeito.
- Proibido pipetar substâncias química com a boca, utilize pêras de sucção.
- Evitar brincadeiras e distrações durante o trabalho. Manter-se concentrado no trabalho que está realizando.
- É proibido ingerir bebidas e alimentos no laboratório.
- É expressamente proibido fumar no laboratório e em áreas indicadas por avisos de proibição no dependências da Unidade.
- É proibido utilizar ar comprimido para se refrescar, secar a pele ou roupas em qualquer parte do corpo.
- Ao utilizar ar comprimido é obrigatório o uso de óculos de segurança e protetor auditivo.
- Todos os frascos de reagentes devem ser transportados em caixas de madeiras com alça de transporte manual, recipientes de segurança para transporte frascos de ácidos, recipientes específicos e adequados para transporte de nitrogênio líquido e carrinhos.



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

- Não colocar materiais do laboratório dentro dos bolsos da roupa ou avental.
- Não utilizar lentes de contato, pois estas podem ser danificadas por produtos químicos, causando lesões graves.
- Substâncias tóxicas devem obrigatoriamente ser manipuladas dentro de capelas.
- Trabalhar sempre com materiais de vidro em bom estado separando e descartando em recipientes de coleta seletiva (reciclagem) os que estejam trincados, deformados, quebrados . Todo e qualquer material reciclável de laboratório, vidro, metal, plástico e papel devem estar previamente descontaminados ( isentos de resíduos ).
- Posicionar os materiais de trabalho sobre as bancadas em ordem de maneira a não obstruir as operações, guardar o material sempre limpo.
- Nunca colocar materiais de vidro frascos de reagentes nas bordas das bancadas e capelas.
- Ao manipular os tubos de ensaio e demais recipientes com produtos químicos manter afastado da face direcionando para o lado oposto assegurando que não irá causar danos por possíveis respingos ou projeções violentas em outras pessoas.
- Diluir substancias corrosivas vertendo a substância sobre a água e nunca o inverso, a atividade deve ser realizadas dentro de capelas com a janela abaixada ao máximo.
- Redobrar a atenção ao manipular volumes maiores que os convencionais de produtos químicos, dispensando o máximo de cuidado no seu transporte transferência e operações.
- Ao manipular recipientes quentes usar luvas de proteção térmica.
- Toda a vidraria deve estar em perfeitas condições de uso, não utilizar materiais de vidros quando quebrados.
- Lembre-se o vidro quente pode ter a mesma aparência do vidro frio.
- Lubrifique tubos de vidros e termômetros antes de inserir em rolhas, tampas de borracha etc.
- Não submeter materiais de vidros a mudanças bruscas de temperatura.
- Para introduzir ou remover tubo de vidros e termômetros em rolhas, mangueira de silicone, tampas emperradas e outros materiais utilizar luvas anticorte, envolver as partes com panos secos para maior proteção em caso de ruptura dos vidro.
- Os chuveiros de emergência e lava olhos devem ser testados num período máximo de 7 dias, devendo-se abri-los e deixar a água escoar por pelo menos 1 minuto. Caso seja notado a presença de ferrugem na água, falta d'água, pouca pressão d'água ou dificuldade de abertura de válvula ou qualquer irregularidade, informar imediatamente o setor de Segurança do Trabalho.
- Manter rigorosamente desobstruídos: chuveiros de emergência e lava olhos, extintores de incêndio, acionadores do sistema de detecção e alarme de incêndio, hidrantes, caixas de primeiros socorros, saídas de emergência, iluminação de emergência e áreas de circulação.
- Manter os produtos químicos em especial inflamáveis e explosivos, longe de muflas, fornos, bicos de bunsen, lamparinas, equipamentos elétricos em geral.



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

- Assegurar por meio de manutenção preventiva o bom estado dos equipamentos e do circuito elétrico interruptores, contatos, cabos de alimentação etc.
- Somente eletricista da manutenção pode realizar os trabalhos de manutenção elétrica nos circuitos, quadros de distribuição e equipamentos do laboratório.
- Não ligar mais de um equipamento na mesma tomada.
- Antes do encerramento das atividades diárias do laboratório, assegurar que nenhum equipamento permaneça ligado, devendo ainda desconectá-lo da respectiva tomada. Salvo reações que devem permanecer em andamento por muito tempo, desde que tomadas todas as medidas e precauções adequadas.
- Só opere equipamentos elétricos quando: Fios, tomadas e plugs estiverem em perfeitas condições de uso. Tenha certeza da voltagem correta do equipamento. Não ligue equipamentos que esteja sem identificação.
- Todo equipamento possui manual de instruções, que deve ser consultado antes de o equipamento ser operado.
- Nunca ascenda bico de bunsen sem antes verificar e eliminar os seguintes problemas: Vazamentos, obstrução, dobras, torção e pressão na mangueira de gás, dificuldade para abrir ou fechar válvula de gás. Certificar-se de que a válvula esteja fechada antes de ascender o bico de bunsen, retirar das proximidades líquidos inflamáveis e/ou materiais explosivos. Nunca ascender bico de bunsen, lamparinas ou maçaricos com isqueiro, utilizar fósforos com palito longo ou ascendedores (faíscas).

### **Capelas:**

- Antes de iniciar um serviço em capela verifique:
- Se o sistema de exaustão esta em pleno funcionamento.
- Se as janelas e a superfície de trabalho estão limpos.
- Verificar se há produtos inflamáveis, resíduos principalmente em atividades um que se utilizará chamas ou aquecimento.
- Verificar se a iluminação e todos os comandos externos estão em funcionamento, verificar se não há objetos obstruído as saídas d'água e dreno de escoamento em caso de derrame.
- Nunca utilize capelas comuns para Ácido Perclórico.

### **Caso haja falha no sistema de exaustão:**

- Interrompa os experimentos
- Desligue o sistema de aquecimento, retirando o material.
- Feche ao máximo a janela da capela.
- Retire-se do laboratório.
- Informe o setor de Segurança do Trabalho e oficina de Mecânica.



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

### **Montagem do Laboratório:**

É comum que os laboratórios sejam montados em edifícios não apropriados para eles e instalados em áreas que serviam para outras finalidades e que foram desocupadas. Com a ampliação das instituições de ensino e pesquisa torna-se necessário a reforma ou construção de um novo laboratório o que acaba implicando em uma série de dificuldades e nem sempre as normas de segurança são seguidas e obedecidas. A montagem do laboratório deve incluir todos os requisitos de segurança, mesmo os menores detalhes devem ser previstos no projeto inicial evitando futuras e indesejáveis alterações no projeto final. Assim itens como: iluminação natural, ventilação natural, situação e tipos de bancadas, capelas, estufas, muflas, tipo do piso, tipo de parede, material de revestimento, iluminação natural, iluminação artificial, posição das portas de saídas de emergências, largura dos corredores de circulação, áreas externas para armazenamento e uso de gases, tubulações de gases e sua correta cor de segurança, tubulação de ar comprimido, redes hidráulicas e elétricas, locais para armazenamento de produtos químicos providos de exaustão contínua.

Para perfeita implantação de um projeto deve haver também um ótimo entrosamento entre o responsável pelo laboratório, engenheiro e arquiteto. Pois assim evita-se choques entre estes técnicos, pois nem sempre é possível conciliar necessidades químicas, técnicas de engenharia e estética. Em todo caso porém à segurança deve ser dada prioridade absoluta.

Qualquer que seja o tipo de trabalho envolvido no laboratório algumas precauções básicas de segurança serão necessárias, entre elas um sistema de ventilação e exaustão corretamente projetado e com manutenção periódica incluindo capelas com janelas de segurança tipo corrediço. As instalações de coifas e capelas devem ficar convenientemente situadas para assegurar que as operações perigosas e que ofereçam risco de incêndio, explosão, emanção de vapores e gases tóxicos, fumos, poeiras tóxicas, ou agentes biológicos patogênicos não sejam efetuadas em bancadas abertas. Nas capelas os interruptores de luz, acionamento do motor do ventilador, válvulas de gases, de água, ar comprimido, tomadas de energia elétrica, devem ser instalados na parte externa frontal da capela laterais superiores, para evitar que vapores, água ou outros líquidos derramados que ultrapassem o desnível de contenção da capela venham a atingir as instalações elétricas. As capelas devem ser instaladas em local do laboratório onde não haja a ocorrência acentuada de correntes de ar na direção paralela ou diagonal à sua abertura frontal. No Instituto de Química é utilizada a [Instrução Normativa SESMT / DGRH N°03 / 2005](#), para construção, aquisição e reforma de capelas.

Quando houver a necessidade de realizar trabalhos com substâncias instáveis, explosivas deve ser utilizado quantidades muito baixas destas substâncias e projetadas barreiras apropriadas ou utilizar escudos adequados para permitir a manipulação necessária ao mesmo tempo que forneçam proteção



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

ao laboratorista. No caso do Instituto de Química da UNICAMP, há um laboratório especial denominado de [Laboratório de Reações Perigosas \(LRP\)](#), específicos para estas atividades onde existe [normas internas de segurança](#) exclusivas para o uso do LRP.

Pontos de interesse na montagem do laboratório químico:

### **Área “quente”**

Onde estão localizadas as capelas, muflas, estufas, placas de aquecimento, mantas de aquecimento, maçaricos, bicos de bunsen, lamparinas. Nessas áreas o laboratorista deve considerar o local como de risco de acidentes e deve ter sua permanência restrita.

### **Área de armazenagem**

O local de armazenamento de substâncias químicas que devem estar afastadas da parte operacional do laboratório, evitando-se assim o contato freqüente do laboratorista com as substâncias puras e possíveis intoxicações e acidentes do trabalho. É imprescindível a correta estocagem de produtos químicos a fim de se evitar incompatibilidades químicas que podem gerar reações inflamáveis, explosivas, tóxicas, venenosas, corrosivas. No local deve haver ventilação local exaustora em constante operação.

### **Pisos, corredores e área de circulação.**

O piso do laboratório não deve apresentar saliências nem depressões que prejudiquem a circulação de pessoas ou a movimentação de materiais e onde houver o perigo de escorregamento deverá ser empregados materiais ou processos antiderrapantes. Pisos, escadas, rampas devem oferecer resistência suficiente para suportar as cargas móveis e fixas, para as quais o laboratório se destina, o piso deve dispor de sistema de drenagem para conter coletar o derrame de produtos químicos.

Para a rápida retirada do pessoal em serviço em casos de incêndios e acidentes os corredores, áreas de circulação e vias de passagens deverão ter largura mínima de 1.20m (um metro e vinte centímetros) sempre rigorosamente desobstruídos.

### **Paredes**

As paredes devem ser revestidas de material resistente quimicamente e oferecer facilidade de limpeza. Devem ser claras, de cores repousante e foscas para impedir ofuscamento.

### **Portas**

Deve haver no mínimo duas portas no laboratório e afastadas uma da outra de modo que no laboratório haja sempre a possibilidade de abandonar o local por mais de uma saída, é obrigatório que todas as portas abram no sentido da saída.



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

As portas de entrada principal do laboratório e as de comunicação interna devem dispor de visor localizado, na parte superior com as seguintes dimensões mínimas: 0.20m x 0.40m, e ser de vidro de segurança incolor ou material de resistência equivalente. As portas de saída de emergência deverão ter largura mínima de 1.20m (um metro e vinte centímetros) e ser providas de fechaduras anti-pânico. Deve-se consultar as Norma Regulamentadora -NR-23 Portaria 3.214 – de 08/06/1978. E Decreto Estadual nº 46.076/01 Instrução Técnica – IT-11 Saídas de Emergência, e demais Instruções técnicas do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

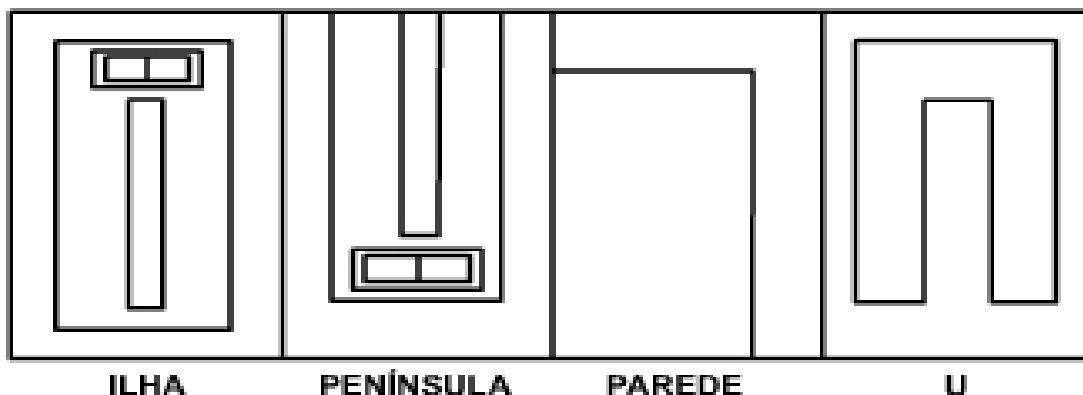
### Janelas

O laboratório deve ser um local convenientemente arejado e iluminado razão pela qual suas janelas deverão ser bem projetadas, não sendo permitido a instalação de persianas ou cortinas.

### Bancadas

As bancadas devem estar posicionadas de tal forma que a luz natural incida lateralmente, pois assim o laboratorista não terá luz direta em seus olhos evitando ofuscamento e reflexos indevidos e sombras na bancada. É preferível ter-se bancadas de menor extensão longitudinal mesmo considerando que isso eleve o custo da construção, mas haverá desta forma maior possibilidade de rotas de fuga em caso de acidentes, incêndios e vazamentos. O distanciamento entre bancadas é importante para permitir livre circulação entre os laboratoristas.

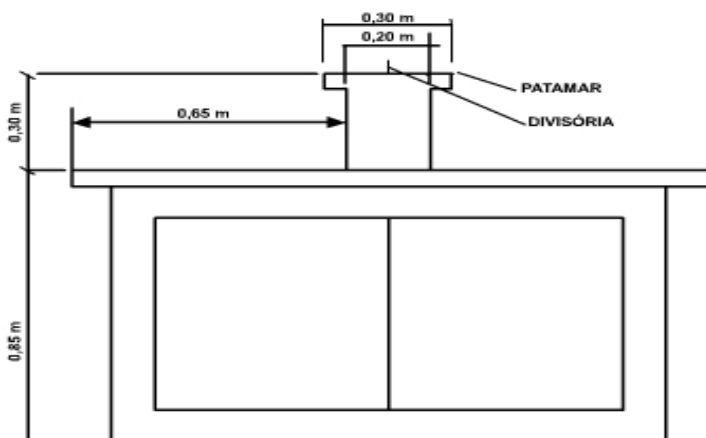
Tipos de bancadas mais comuns em laboratórios.



Bancada em corte lateral.



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química



Nota: Bancada para trabalhos sentados.

As bancadas devem ser projetadas considerando as cargas a serem suportadas e empregado em sua construção materiais de resistência adequados a todos os tipos de produtos químicos que serão utilizados no laboratório.

### **Ventilação:**

Define-se como ventilação o processo de administrar ou extrair ar de qualquer espaço, ou seja, é a movimentação intencional do ar de forma planejada, a fim de atingir um determinado objetivo. Essa movimentação pode ser feita por meios naturais ou mecânicos.

A palavra ventilação implica quantidade e não, necessariamente, qualidade do ar administrado.

Do ponto de vista da Higiene Ocupacional (conforto e saúde), é considerado o problema da ventilação sob os aspectos quantidade e qualidade. Assim, pode-se dividir em :

- Ventilação Natural.
- Ventilação Mecânica.

A expressão “Ar Condicionado” se refere ao controle das qualidades físicas e químicas do ar. É definido como “ o processo de tratar o ar de maneira a controlar simultaneamente sua temperatura, sua umidade, pureza e distribuição, com a finalidade de reunir os requisitos do espaço acondicionado.”

A boa ventilação do local de trabalho contribui para o conforto e eficiência dos trabalhadores, além de colaborar para a manutenção do estado de saúde. O trabalho em condições extremas de temperatura, umidade e contaminantes químicos podem trazer efeitos adversos sobre o estado físico e a saúde do trabalhador.

### **PRINCÍPIO DA VENTILAÇÃO :**





## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

---

O ar sempre se movimenta da zona de maior pressão para a zona de menor pressão. Portanto, o projeto correto de diferenciais de pressão no sistema é de fundamental importância para o seu eficiente funcionamento.

É um dos métodos mais usados para o controle dos agentes ambientais. Permite, mediante correntes de ar dirigidas, retirar substâncias nocivas ou incômodas presentes.

### **CLASSIFICAÇÃO DA VENTILAÇÃO INDUSTRIAL:**

De acordo com a área de influência, a ventilação Industrial pode ser classificada como:

- Ventilação Geral

Ventila o ambiente como um todo. Pode ser natural ou mecânica. É conhecida como *Ventilação Geral Diluidora* (VGD).

- Ventilação Local Exaustora (VLE)

Retira as substâncias emitidas diretamente do local de geração, conduzindo-as para o exterior do ambiente.

De acordo com as forças que fazem o ar se movimentar, são classificadas em:

- Natural :

Os meios naturais pelos quais um ambiente pode ser ventilado são o próprio vento e a convecção térmica. Estes dois fenômenos, isolados ou combinados, causam um deslocamento natural ou uma infiltração de ar. É o deslocamento controlado ou intencional de ar, através de aberturas específicas, como portas, janelas e dispositivos para ventilação.

- Mecânica

É geralmente realizada por meio de ventiladores axiais, indicados para movimentação de grandes volumes de ar. Os ventiladores podem insuflar ou exaurir ar.

A ventilação Natural é mais econômica que a Mecânica, porém os parâmetros que a determinam são aleatórios e difíceis de prever. A pressão se incrementa na direção do vento e existe depressão do outro lado.



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

Os efeitos térmicos são mais previsíveis que a força do vento, e podem ser calculados.

### **PRÉ-REQUISITOS PARA A VENTILAÇÃO NATURAL :**

A construção deve permitir a livre entrada e saída do ar, isto é, deve facilitar a passagem das correntes de vento.

A construção deve ter altura suficiente para que a diferença de temperatura na entrada e saída do ar sejam significativas.

Em geral, é o primeiro pré-requisito que tem maior importância, a menos que existam fontes de alta temperatura. ex.: Fornos e Caldeiras.

A indústria moderna, com salões amplos e tetos baixos, apresentam outros problemas de ventilação. As forças naturais são praticamente nulas, tornando-se necessário a adoção de meios mecânicos. O melhor método para conseguir uma ventilação geral em uma edificação fechada, é introduzir ar através de um condutor e distribuí-lo no interior dos locais de trabalho e umidade.

A ventilação Geral, seja ela natural ou mecânica, não é tão satisfatória para o controle da saúde como nos sistemas de Ventilação Local Exaustora. Só deverá ser utilizada quando a **VLE** não for possível.

### **LIMITAÇÕES :**

A quantidade de contaminante gerado não deve ser muito grande, já que o volume de ar necessário para a diluição será elevado.

Os trabalhadores devem estar suficientemente longe da fonte do contaminante ou que as concentrações sejam baixas.

O contaminante deve ter toxicidade baixa.

### **PADRÕES AMBIENTAIS :**

#### ● Ar Externo

A resolução CONAMA nº 03, de 08.03.90, estabelece padrões de qualidade do ar. Estes padrões possuem duas interpretações:

Padrões Primários : concentrações que se ultrapassados, podem afetar a saúde da população.

Padrões Secundários : concentrações abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, fauna, flora, materiais e meio ambiente.

Os parâmetros considerados são:



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

Partículas Totais em Suspensão  
Fumaça  
Monóxido de Enxofre

Ozônio

Partículas Inaláveis  
Dióxido de Enxofre  
Dióxido de Nitrogênio

Estadual temos o Decreto 8468 de 08.09.76, o qual define padrões de emissão para a atmosfera de fontes poluidoras. Estes padrões representam as quantidades máximas que podem ser lançadas na atmosfera por uma determinada fonte de poluição.

Os padrões de qualidade do ar e os padrões de emissão, constituem-se em dados importantes para o projeto de ventilação de fontes que possam poluir ou gerar odor.

Ar Interno ( local de trabalho)

As concentrações máximas permitidas, para diversos contaminantes químicos no ambiente de trabalho, estão determinados na Portaria 3214 de 08.06.78, do Ministério do Trabalho, Norma Regulamentadora nº 15, Anexo 11 - Limites de Tolerância, e quando da ausência destes, aqueles internacionalmente aceitos.

### VENTILAÇÃO PARA SOLVENTES :

#### ● Volume de Vapor Formado

Para qualquer líquido, uma libramol (Peso molecular tomado em libras), o volume de vapor formado é de 359 pés<sup>3</sup> a 32 °F e 760 mmHg.

Numa temperatura ambiente (70 °F) o volume será :

$$359 \times [ ( 460 + 70 ) / ( 460 + 32 ) ] = 386 \text{ pés}^3$$

#### ● Libras Solvente Evaporado / Minuto

é o volume evaporado ( em libras ) na unidade de tempo. P. ex.: Em dado ambiente são evaporados 2.000 Lb em 1 hora.

$$\text{Lb Solvente/Minuto} = 2.000 / 60 = 33,3 \text{ Lb/Minuto.}$$

### VENTILAÇÃO PARA SOLVENTES :

#### ● Taxa de Ventilação Requerida

$$\text{TVR} = \frac{\text{Lb Solvente}}{\text{Minuto}} \times \frac{10^6}{\text{LT}} \times \frac{386}{\text{PM}} \times \text{K} \quad \text{onde,}$$

TVR = Taxa de ventilação Requerida, pés/minuto



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

Lb Solvente/Minuto = Libras de Solvente evaporado por minuto.

LT = Limite de Tolerância do Contaminante.

PM = Peso Molecular do Solvente.

K = Fator de Segurança para manter as concentrações abaixo do LT.

Os valores selecionados de “K” podem variar de 3 a 10, considerando-se :

**a. “Toxicidade do Material”**

<i>Classificação</i>	<i>Limite de Tolerância</i>
<b>Levemente Tóxico</b>	<b><math>\geq 500</math> ppm</b>
<b>Moderadamente Tóxico</b>	<b><math>\geq 100</math> e <math>\leq 500</math> ppm</b>
<b>Altamente Tóxico</b>	<b><math>\leq 100</math> ppm</b>

**b.** Taxa de evolução do poluente, normalmente não uniforme.

**b.** Efetividade da ventilação.

**● Ventilação Para Evitar Explosão**

$$\text{TVR} = \frac{\text{Lb Solvente}}{\text{Minuto}} \times \frac{10^2}{\text{LIE}} \times \frac{386}{\text{M}} \times \frac{\text{C}}{\text{B}} \quad \text{onde,}$$

TVR = Taxa de ventilação Requerida, pés/minuto

Lb Solvente/Minuto = Libras de Solvente evaporado por minuto.

LIE = Limite Inferior de Explosividade (%).

M = Mol do produto.

C = Fator de Segurança (depende do LIE).

B = Constante (leva em consideração que o LIE diminui na medida que aumenta a temperatura.).

**a. Valores Recomendados de " C ".**

Fornos contínuos, adequadamente ventilados : C = 4.

Fornos intermitentes, com boa circulação de ar : C = 10 a 12.

Fornos sem circulação ou intermitentes, ou contínuos imprópriamente ventilados .

Utilizar valores maiores de " C ".

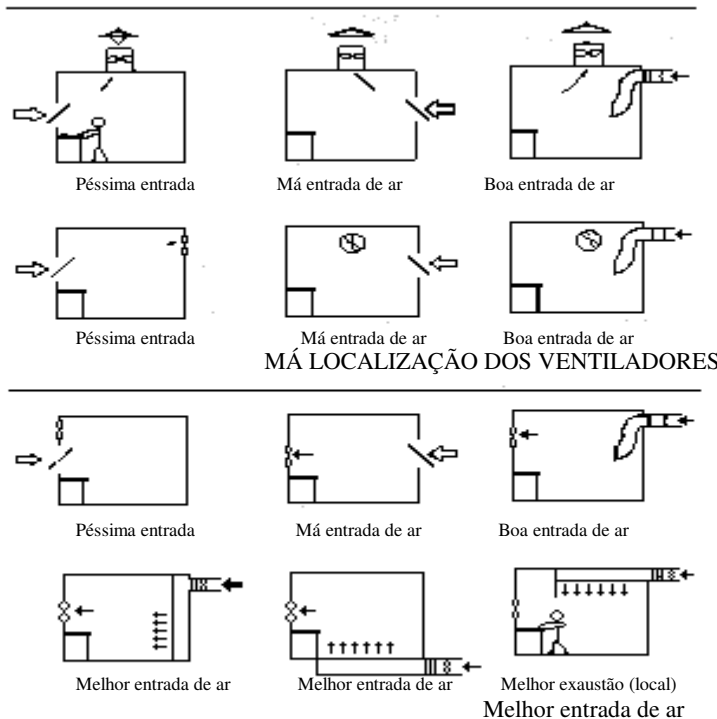


c. Valores Recomendados de “ B “.

<i>Temperatura de Trabalho (° F)</i>	<i>Valor de “ B “</i>
<b>&lt; 250</b>	<b>1</b>
<b>≥ 250</b>	<b>0,7</b>

**LOCALIZAÇÃO DOS VENTILADORES :**

NORMA ACGIH - PRINCÍPIOS DE VENTILAÇÃO DILUIDORA



Nota : No inverno, aquecer o ar de entrada isento de impurezas.

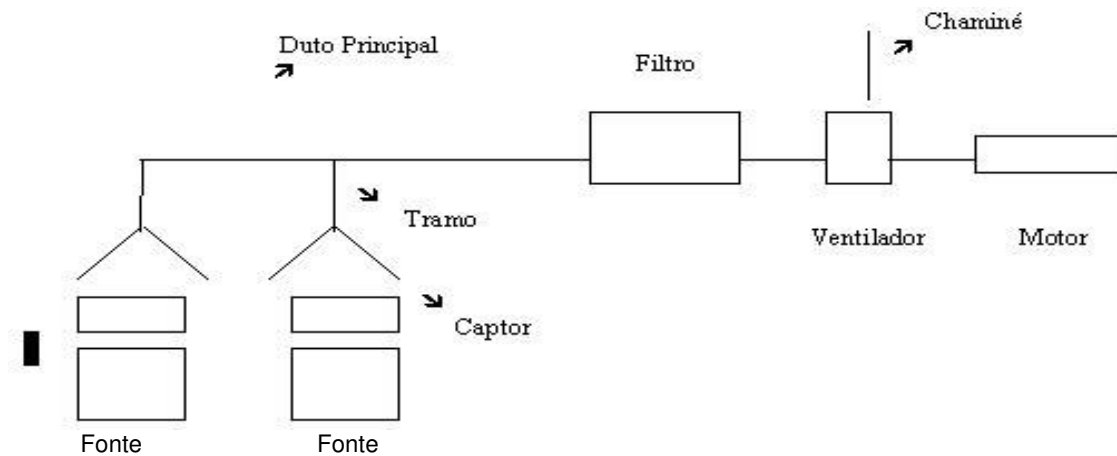
**BOA LOCALIZAÇÃO DOS VENTILADORES**

**COMPONENTES DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA :**



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

Capta os poluentes diretamente na fonte, evitando desta forma, a dispersão dos mesmos no ambiente de trabalho. É mais adequado à proteção da saúde do trabalhador.



- **Captores :**  
São os pontos de entrada dos poluentes, mais o gás carreador (em geral ar) no sistema.
- **Dutos :**  
Tem a função de transportar os poluentes. Podem ser divididos em tramos, duto principal e chaminé.
- **Equipamentos de Controle de Poluição (ECP) :**  
O equipamento de controle da poluição é destinado à “limpeza “do ar exaurido, antes de seu lançamento na atmosfera, incluindo tudo o que é necessário para seu funcionamento. P.ex.: Trocadores de calor e Pré-Coletores. A eficiência depende de uma série de fatores. Podemos citar : tipos de poluentes (gases ou partículas), toxicidade dos poluentes, tamanho das partículas, normas locais de controle, etc.
- **Conjunto Ventilador - Motor :**  
Fornece energia necessária para movimentar o fluído e vencer todas as perdas de carga do sistema.
- **Chaminé :**



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

---

É parte integrante do sistema transportador. É a parte final do sistema, cuja finalidade é o lançamento do gás carreador, mais emissão residual para o exterior do ambiente.

### **VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA :**

O projeto adequado, instalação e funcionamento de cada uma das partes é importante para a eficiência e eficácia do sistema, influenciando, portanto na performance final do mesmo.

A captação dos poluentes é um ponto fundamental do sistema. Este não atingirá seus objetivos, se não houver uma captação adequada dos poluentes. Os fatores envolvidos são :

Escolha do tipo e geometria dos captores.

Posicionamento do captor em relação a fonte.

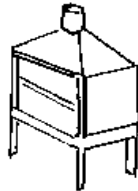
Velocidade de captura requerida para captar o poluente no ponto mais desfavorável.

Determinação da vazão de captação.

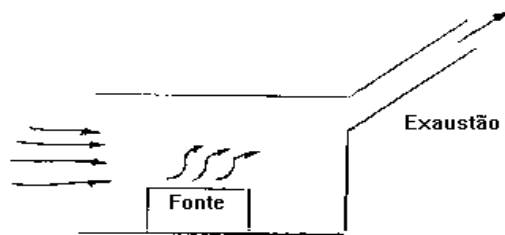
requisitos de energia do captor.

### **CAPTORES PARA VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA – VLE**

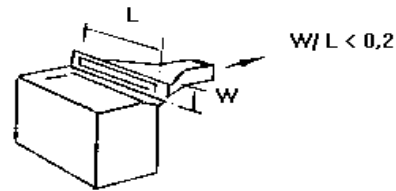
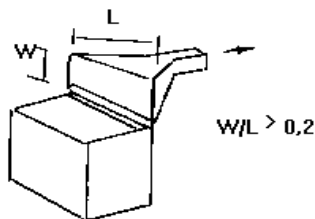
## TIPOS DE CAPTORES - VLE



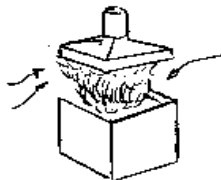
**Enclausurante** : envolvem toda a fonte de emissão. Dotado de pequenas aberturas de entrada do ar de exaustão.



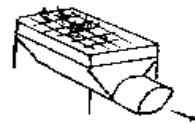
**Cabines** : diferenciam do enclausurante pela maior área aberta para entrada do ar de exaustão. Ex.: Cabines de Pintura à revolver.



**Captores Externos ( Laterais e lateris com fendas)** : são posicionados externamente à fonte. Devem induzir, na zona de emissão dos poluentes, correntes de ar em velocidade suficiente para a captação e condução dos poluentes para dentro do captor. O tipo coifa é externo superior.



**SUPERIOR**



**Captores Receptores** : são colocados estrategicamente no sentido de movimentação dos poluentes, de forma a receber naturalmente o fluxo de poluentes induzido pela própria operação poluidora. P. ex.: Gases Quentes de Fornos e Partículas Geradas nas Operações de Esmerilhamento.

A seleção do captor ideal depende :

- \_ do tipo de fonte.
- \_ da toxicidade do poluente emitido.
- \_ das restrições de espaço.





## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

- \_ das condições operacionais.
- \_ etc.

Como regra geral, o melhor captor é aquele que capta com eficiência desejada. Não ocasiona problemas para a operação da fonte e para a movimentação de pessoas, materiais e equipamentos na área. Apresenta a menor perda de carga e que necessita a menor vazão de captação. Os dois últimos fatores são importantes sob o ponto de vista de custo do sistema e custo operacional.

Os aspectos importantes a serem considerados no projeto e localização do captor são :

- \_ O captor deve ser colocado o mais próximo possível da fonte. A vazão, em geral, varia com o quadrado da distância, devido a ação de correntes transversais.
- \_ A direção do fluxo de poluente captado em relação ao trabalhador.
- \_ A vazão necessária é proporcional a velocidade de captura e a área aberta (Limitar áreas abertas).
- \_ Os gases e vapores se misturam com o ar, e esta mistura passa a se comportar como um todo, devendo ser considerada a densidade da mistura. A crença de que gases e vapores mais densos sempre se dirigem para o solo, não é verdadeira no caso de concentrações usuais em ambientes de trabalho. Só ocorre em casos de vazamentos acidentais.

### ● Velocidade de Captura :

É a velocidade que deve ter o ar na região estabelecida, de forma a captar os poluentes, conduzindo-os para dentro do captor. Se o poluente emitido no ponto mais desfavorável for captado, então, em todos os demais o poluentes também serão captado. Utiliza-se, também, o termo “ Velocidade de Controle”. A Velocidade de Captura depende :

- \_ do tipo de captor.
- \_ da velocidade de emissão.
- \_ da toxicidade do poluente.
- \_ do grau de movimentação do ar (Correntes transversais).
- \_ do tamanho do captor.
- \_ da quantidade de poluente emitida.

### ● Vazão de Exaustão :



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

Representa o volume de ar que deve ser movimentado para captar uma determinada massa ou volume de poluentes emitidos por uma fonte poluidora. Cada conjunto fonte-captor exige uma determinada vazão de exaustão. A vazão total a ser movimentada será o somatório das vazões exigidas em cada captor. A Vazão de Exaustão deve :

Captar praticamente a totalidade dos poluentes emitidos.

Não interferir no processo (arraste e diminuição da temperatura de trabalho do equipamento/fonte).

Ser a mínima possível.

A vazão de exaustão é dada pela seguinte fórmula :

$$Q = A_c \times V_c \quad \text{onde,}$$

$Q$  = Vazão de exaustão necessária.

$A_c$  = Área da superfície de controle.

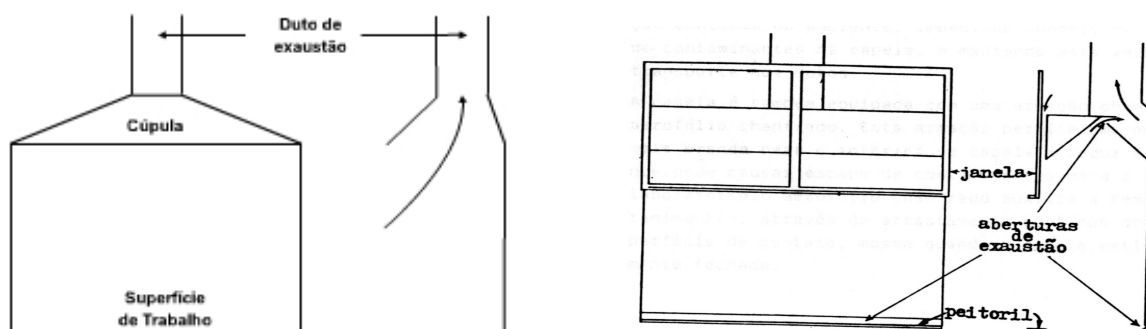
$V_c$  = Velocidade do ar na superfície de controle, necessária para capturar os poluentes e conduzi-los ao sistema de exaustão.

No caso de fontes quentes, existem modelos de cálculo da vazão que consideram a quantidade de ar induzido na ascensão dos gases quentes. Nesse caso, não valem as fórmulas usuais de vazão.

A determinação da vazão de exaustão necessária é, na maioria dos casos, complexa e envolve uma boa dose de experiência no assunto. Como a vazão de exaustão é um dado importantíssimo para o projeto de sistemas de ventilação local exaustora, essa dificuldade muitas vezes transforma os sistemas ineficazes na prática.

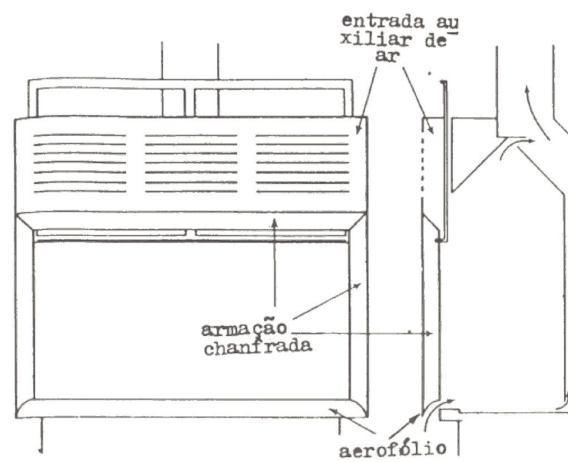
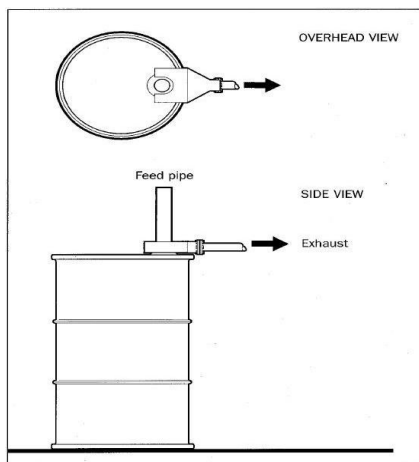
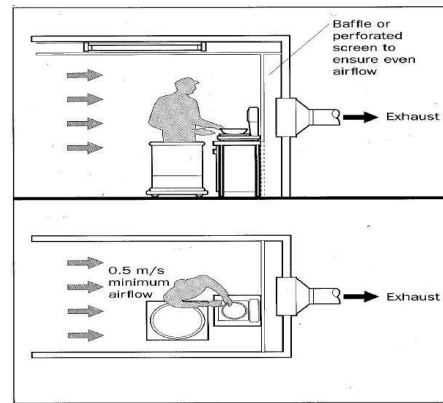
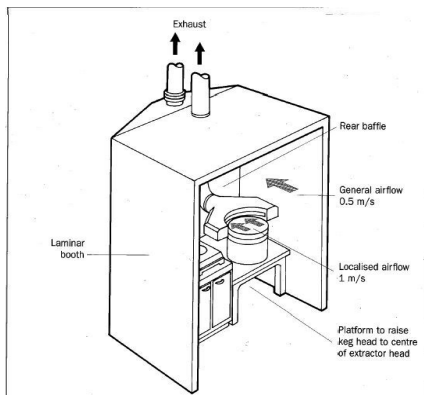
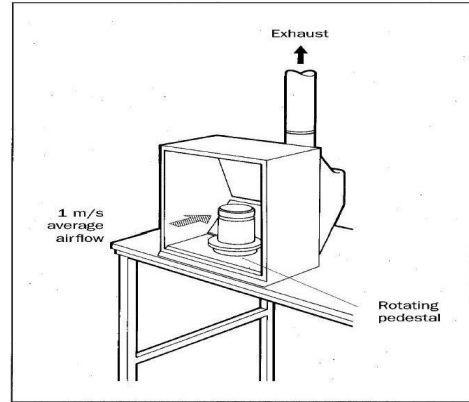
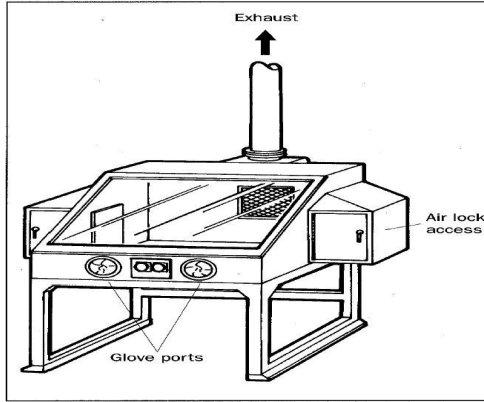
Link IN / UNICAMP

### Modelos de equipamentos de exaustão





# Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química





## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

### **Manutenção e testes das capelas e demais sistemas de exaustão:**

O sistema de exaustão deve ser verificado periodicamente pelo menos duas vezes ao ano devendo incluir as seguintes fases:

- Verificar a velocidade de ar na face da capela fazendo – se uma diagonal em vários pontos com um anemômetro devidamente calibrado. A média da velocidade de ar deve ser de menos 30 metros por minuto, determinadas atividades requerem velocidade de ar maiores.
- Todos os componentes internos e externos das capelas como vedação das lâmpadas, sistema elétrico, válvulas com vazamento e corrosão, registros de gás, vácuo, água entre outros devem ser vistoriados.
- Os sistemas de fechamento e abertura das janelas das capelas devem ser vistoriados visando: lubrificação das roldanas e trilhos, verificar se não há trincas ou vidros quebrados, se as janelas não estão emperrando, cabos de aço e contrapeso.
- As correias, motores, ventiladores, dutos, caracol, motor, chaminé, filtros e demais componentes do sistema de exaustão devem ser vistoriados e reparados se necessário.

### **Uso das capelas e demais sistemas de exaustão:**

Os sistemas de exaustão e ventilação do laboratório são uns dos principais dos principais equipamento de proteção coletiva e para a eficiente retirada do contaminante e troca de ar no ambiente de trabalho, os laboratoristas devem saber como utilizar corretamente estes sistemas, pois caso sejam utilizadas de maneira incorreta a eficiência do sistema será seriamente afetada.

- Não se deve acumular objetos, recipientes, frascos e equipamentos próximos a face da capela pois isso causará variações significativas e conseqüente deficiência da exaustão.
- As janelas das capelas geralmente abrem totalmente para o laboratorista montar os experimentos mas no momento de uso essa(s) janela(s) devem serem abaixadas permitindo apenas a movimentação dos braços do laboratorista pois além de aumentar a eficiência da exaustão as janelas servem como proteção contra eventuais projeções decorridas de acidentes no interior da capela.
- O armazenamento perene de resíduos, produtos tóxicos, voláteis entre outros em capelas deve ser proibido pois em caso de queda de energia ou falha sistema de exaustão haverá vazamento de gases, vapores para o ambiente e conseqüentemente contaminação do laboratório.
- A manipulação deve ocorrer mais para o fundo da capela e com os braços estendidos pois assim o laboratorista pode trabalhar mais recuado da capela e também evitar que seu corpo crie turbulências de ar na face da capela.



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

- Todos os equipamentos e acessórios devem estar organizados e ao alcance das mãos para facilitar a manipulação nas capelas, a ordem e limpeza são imprescindíveis para o trabalho seguro.

### **Armazenamento de produtos químicos:**

#### **Indispensável:**

Conhecer todas informações dos produtos químicos que serão armazenados.

Ter no laboratório, almoxarifado e segurança do trabalho todas as fichas de informações de segurança de produtos químicos FISPQ e MSDS, dos produtos químicos armazenados. Bem como o prévio conhecimento das informações de segurança referente ao armazenamento dos produtos químicos.

Todas as embalagens devem estar devidamente rotuladas, identificadas e em perfeito estado de conservação.

Alguns princípios fundamentais deverão ser levados em conta para estocagem:

- Redução do estoque ao mínimo.
- Estabelecer segregação adequada.
- Isolar ou confinar certos produtos.

#### **Redução de estoque:**

O laboratório deve ter um ágil sistema de controle de estoque, integrados aos demais laboratórios e departamentos da Instituição. Se possível adquirir os produtos químicos somente de acordo com as necessidades, embora isso acarrete um trabalho burocrático maior, mas subsidiará uma estocagem mais segura.

#### **Segregação:**

Separação segundo as características inerentes as substâncias e suas incompatibilidades.

Por questões de segurança não dispusemos no site as tabelas de incompatibilidades entre produtos químicos, pois há o receio de uso indevido.

Dependendo das dimensões do estoque e do espaço do almoxarifado a segregação poderá ser feita através de estantes.

#### **Características das estantes:**

Estantes:

- Metálicas devidamente aterradas eletricamente ( para os produtos corrosivos as estantes metálicas não são adequadas).
- Alvenaria, madeira.

Todas as prateleiras devem ser devidamente afixadas ( solo, teto e parede) ter sistemas de anteparo tanto frontal como laterais de 0.10m(dez centímetros), para



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

evitar quedas de frascos, é recomendável que tenham sistemas de contenção de líquidos, tenham altura não superior a 2m(dois) metros.

### **Armários:**

Armários protegidos:

Armários especiais para armazenamento de inflamáveis com resistência ao fogo, prateleiras com sistema de contenção de derramamento, aterramento elétrico, tela corta chama, sistema de exaustão local e devidamente sinalizados.

### **Refrigeradores:**

Apesar de comum é incorreto o uso de refrigeradores domésticos em laboratórios para armazenamento de solventes e demais produtos químicos esses refrigeradores não dispõem de sistemas elétricos à prova de explosão e nem exaustão não possuem boa estabilidade e seus compartimentos não são devidamente resistente para suportar as embalagens de produtos químicos . O ideal é o uso de refrigeradores com segurança intrínseca apropriados para o armazenamento de produtos químicos.

### **Armazenagem de cilindros:**

Os cilindros devem ser armazenados em áreas externa e fechadas, especificamente designada e construída para esse fim, cobertas e bem ventiladas, de piso horizontal plano, construídas de material resistente ao fogo, afastadas de vias públicas, transformadores, redes elétricas, materiais combustível etc. ( existem normas técnicas que especificam as distâncias mínimas admissíveis) com teto que não permitam acúmulo de gás em saliências, cavidades ou reentrâncias, possuindo em sua parte mais elevada vãos para ventilação. Essas áreas devem ser mantidas secas, isoladas de materiais e vapores corrosivos protegendo os cilindros da chuva e raios solares ( hidrogênio a temperatura ambiente não deve ultrapassar 54<sup>o</sup> C), possuindo entrada de fácil acesso aos cilindros e permitindo rapidez na saída de seu interior.

Nas áreas de armazenamento não deve haver a instalação de tomadas, lâmpadas, fiação etc. E caso seja imprescindíveis, essas instalações deverão seguir as normas técnicas específicas para componentes elétricos à prova de explosão.

Deverão ser observadas e dado cuidados especiais quanto a incompatibilidade de armazenamento de gases exemplo: Quando o cilindro contendo oxigênio for armazenado com hidrogênio, deverá existir uma parede corta fogo separando completamente os dois gases.

Os cilindros em uso ou fora de uso devem estar devidamente afixado com corrente de segurança, cinta de segurança ou cabo de aço abrangendo um terço de sua parte superior e providos com o capacete de segurança.



## Diretoria de Segurança do Trabalho – Instituto de Química

---

Deverá ser instalados hidrantes e extintores de incêndio com carga e capacidade adequada a carga de incêndio no local de armazenamento de gases inflamáveis de acordo com as normas técnicas específicas.

Na área de armazenagem deve haver avisos de “proibido fumar, provocar faíscas ou chamas” “ gás Inflamável não fume” em lugares visíveis que abranjam toda a área.

### **Transporte de cilindros:**

Os cilindros não devem, em hipótese alguma, ser movimentados sem o capacete ou copo. Os capacetes removíveis só podem ser retirados quando já posicionado para uso, forem receber a conexão para abastecimento ou fornecimento de gás.

O transporte de cilindros deve ser feitos exclusivamente com o uso de carrinhos apropriados, estando o(s) cilindro(s) preso(s) ao carrinho por cabos, cintas ou correntes.

Não é permitido em hipótese alguma que os cilindros sejam rolados na posição horizontal.

Para a movimentação de cilindros de gases é exigido que o funcionário esteja utilizando equipamento de proteção individual (EPI) adequados para esta operação, luvas de couro vaqueta, óculos de segurança e botina com biqueira de aço.