

BRUNO LEANDRO CORTEZ DE SOUZA

A SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE ENSINO DA QUÍMICA – DO
PROJETO À ROTINA

São Paulo

2012

BRUNO LEANDRO CORTEZ DE SOUZA

A SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE ENSINO DA QUÍMICA – DO
PROJETO À ROTINA

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho

São Paulo

2012

Dedico este trabalho a duas pessoas especiais na minha vida, e que hoje são anjos que me guiam e sopram no meu ouvido o caminho que devo trilhar. Para minha mãe, Edna e minha avó, D. Cida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, sempre e por tudo!

Ao Professor Carlos Eduardo Vernes Mack, por compartilhar sua sabedoria e despertar em mim o interesse em segurança do trabalho.

Ao amigo, professor e chefe Domingos Sávio Giordani, que sempre me apoia nas decisões que tomo, me encorajando a ser um profissional cada vez melhor.

Ao professor Hércio José Izário Filho, que me acompanha desde o tempo do colégio técnico, passando pela faculdade, especialização, e agora me orientando no mestrado.

Aos professores Ângelo Capri, Maria da Rosa Capri, Priscila Benar, Adilson Roberto Gonçalves e Isabel Cristina Coelho Calegão, com os quais tenho a honra de poder trabalhar e aprender cada vez mais.

Ao PECE – Programa de Ensino Continuoado em Engenharia, pela bolsa oferecida.

Ao professor Nei Fernandes de Oliveira Júnior, diretor da Escola de Engenharia de Lorena.

“O sábio antevê o perigo e protege-se,
mas os imprudentes passam e sofrem as
consequências.”

Provérbios 22:3

RESUMO

A questão da segurança em laboratórios didáticos do ensino da química é pouco discutida, existindo um pensamento equivocado de que estes não apresentam muitos riscos. Esta concepção é decorrente do pensamento que estes laboratórios, pelas características peculiares a ele, são menos perigosos, e consequentemente seus riscos são quase inexistentes. Entretanto a questão da segurança nos laboratórios de ensino deve ser prioritária desde o momento da sua concepção, até a sua rotina de trabalho. Os aspectos construtivos devem ser estabelecidos de modo a garantir a segurança e integridade física dos usuários e a manutenção de um programa de segurança e saúde do trabalho deve ser aplicada, através de uma política de total apoio por parte da direção. Esta pesquisa parte de uma revisão bibliográfica em bases de dados nacionais e internacionais sobre a segurança em laboratórios, e particularmente sobre a segurança em laboratórios didáticos do ensino da química. Como um método de avaliação da questão da segurança nos laboratórios de ensino da química, foi proposta a sistematização de alguns itens considerados primordiais à sua manutenção, dividindo-se sob dois aspectos diferentes: o aspecto construtivo e o de uso e operação. Pelo exposto, foi necessária a validação do sistema de avaliação, e a Escola de Engenharia de Lorena foi objeto de estudo para este trabalho. Os questionários aplicados mostraram o nível de segurança e saúde do trabalho que os laboratórios de ensino da química apresentam, indicando pontos que devem ser melhorados.

Palavras-chave: Laboratórios de química; Avaliação da segurança; Construção de Laboratórios; Laboratório de ensino

ABSTRACT

The risks to the users of the chemistry teaching laboratories hardly ever are mentioned. This concept is a result of the false thought that those laboratories, due to their features, are less dangerous than others and that their risks are nonexistent. However, the issue of safety in the teaching laboratories should be a priority from the moment of their design to, or specially, during its routine work. The constructive aspects should be established to ensure the safety and the physical integrity of their users, and a maintenance of a security and health at work program should be applied, by means of a policy of full support from the management. The research starts with a literature review of national and international data on laboratory safety, and particularly at the chemistry teaching laboratory. As a method of evaluating this issue, it's been proposed to systematize some items considered essential to the maintenance the health and safety at work, dividing this sistematization in two different aspects: the construction of the laboratory, and its operation and use. For these reasons, it was necessary to validate the evaluation system, and the Engineering School of Lorena was the subject of study of this piece of work. The questionnaires showed the level of health and safety that the chemistry teaching laboratories presents, however they indicated that some points should be improved.

Keywords: Chemical Laboratories, Safety Assessment, Construction Laboratory, Laboratory Education

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sugestões para disposição de mobiliários no laboratório	36
Figura 2: Incompatibilidade entre classes de produtos químicos	39
Figura 3: Alcance manual frontal - pessoa em cadeira de rodas	47
Figura 4: Diamante de Hommel.	59
Figura 5: Programa Materiais Controlados EEL-USP para elaboração de rótulos.	75
Figura 6: Rótulos padronizados impressos pelo programa Materiais Controlados EEL-USP	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*

CA – Certificado de Aprovação

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura

CRQ – Conselho Regional de Química

DIN – *Deutsches Institut für Normung*

DP – Diamante do Perigo

EEL – Escola de Engenharia de Lorena

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FISPQ – Fichas de Informação e Segurança de Produtos Químicos

GHS – *Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals*

GSMT – Grupo de Segurança e Medicina do Trabalho

MSDS – *Material Safety Data Sheet*

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NBR – Normas Brasileiras

NFPA – *National Fire Protection Association*

NR – Norma Regulamentadora

NTP – *Notas Técnicas de Prevención*

PCA – Programa de Conservação Auditiva

PEI – *Porcelain Emmenthal Institute*

SESMT – Serviço especializado em Segurança e Medicina do Trabalho

SST – Saúde e segurança do trabalho

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Requisitos de Desempenho	14
Tabela 2: Classificação da resistência do esmalte cerâmico (PEI)	16
Tabela 3: Resistência de diferentes tipos de revestimentos	17
Tabela 4: Trocas de ar para ventilação ambiente	28
Tabela 5: Resistência química de alguns materiais construtivos para capelas	33
Tabela 6: Tipos de luvas e uso recomendado	55
Tabela 7: Resistência química de luvas utilizadas em laboratórios	56
Tabela 8: <i>Check list</i> – condições mínimas de segurança (recorte)	61
Tabela 9: Resumo geral dos itens da forma de avaliação	63
Tabela 10: Resumo geral dos itens e subitens da forma de avaliação	63
Tabela 11: Quadro de avaliação do item 1 – Política de Segurança e Saúde do Trabalho – SST (Liderança).	66

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVO	12
1.2. JUSTIFICATIVA	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1. REQUISITOS DE SEGURANÇA E HABITABILIDADE EM LABORATÓRIOS	13
2.1.1 Aspectos construtivos	15
2.1.2 Segurança das instalações e equipamentos	21
2.1.3 Habitabilidade e funcionalidade nos laboratórios	43
2.2. RISCOS NOS LABORATÓRIOS	47
2.3. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	53
2.4. RESÍDUOS QUÍMICOS	56
2.5. RÓTULOS PADRONIZADOS	57
3. MATERIAIS E MÉTODOS	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
5. CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS	79
ANEXO	83
APÊNDICES	86

1. INTRODUÇÃO

Os laboratórios de ensino da química são comuns na maioria dos colégios técnicos, escolas e universidades. Como qualquer laboratório, estes são considerados lugares com alto potencial de acidentes, em função dos materiais manuseados, equipamentos usados e atividades desempenhadas. São diversos os riscos encontrados nas atividades exercidas como, por exemplo, os riscos químicos (vapores, poeiras, fumos, névoas, gases ou produtos químicos em geral), os riscos físicos (ruídos, vibrações, radiações ionizantes, não ionizantes, frio, calor), e em alguns casos a presença de riscos biológicos (como por exemplo, fungos). Entretanto, apesar dos riscos inerentes, a frequência dos acidentes é relativamente baixa. A padronização de procedimentos, a escolha por técnicas mais simples e com produtos químicos menos tóxicos, orientação supervisionada por professores e técnicos, são alguns dos fatores preponderantes para a menor taxa de acidentes em laboratórios de ensino. Este cenário traz a ideia equivocada de que os riscos nestes locais são quase inexistentes, ou muitas vezes inferiores aos riscos encontrados em laboratórios industriais.

A rotina de um laboratório de ensino da química, no tocante à segurança do trabalho, é discutida logo no projeto. É nesta fase conceitual que os aspectos ligados à segurança e habitabilidade são identificados, analisados e sistematizados. Neste momento o profissional encontra-se entre dois extremos, repetindo um projeto anterior com uma revisão dimensional e alguma modernização e ou atualização, ou então aproveitando este momento para repensar o laboratório quanto aos seus paradigmas e lugares comuns. De uma forma ou de outra, este esforço temporário na criação do projeto deve antever os riscos futuros. Cuidados como a escolha do piso, instalações elétricas, iluminação, ventilação, *layout* e mobiliários devem ser analisados.

Em seguida, quando em operação, o laboratório conta com suas adequações em decorrência da mudança das aulas, dos procedimentos, do aumento do número de alunos, ou por uma série de outros motivos, e é neste momento que alguns erros são cometidos e negligenciados. É comum encontrarmos laboratórios com uma lotação acima do que foram planejados, com instalações elétricas inadequadas aos

equipamentos adquiridos, sistemas de exaustão ineficientes, iluminação precária e uma série de outros problemas. O imprevisto não deve ser norteador para estas mudanças no laboratório, que via de regra deve oferecer condições ideais para se desenvolver um trabalho dentro dos padrões de segurança adequado.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo realizar uma proposta que contemple a questão da segurança desde o projeto até a rotina do trabalho, estabelecendo critérios que possam avaliar o quanto o laboratório está perto de um nível satisfatório de proteção ao usuário.

1.2 JUSTIFICATIVA

A preocupação por currículos cada vez mais práticos faz com que várias instituições de ensino (escolas, colégios e universidades) construam novos laboratórios, ou reformem os já existentes. Neste momento contam com a expertise de empresas especializadas na construção de laboratórios. Entretanto é comum o fato de contratarem empresas que não conhecem as necessidades relacionadas à segurança, ou então reformarem os seus laboratórios com mão-de-obra local. Desta forma questões relacionadas à segurança do trabalho são esquecidas, ou a elas se dão pequena importância. Daí surge a necessidade de se aplicar os critérios que possam balizar a instituição de ensino no que diz respeito a este assunto, e ao mesmo tempo usá-los como um parâmetro para avaliar os pontos onde a segurança deve ser colocada como prioridade para que assim um nível adequado de proteção ao trabalhador seja alcançado.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. REQUISITOS DE SEGURANÇA E HABITABILIDADE EM LABORATÓRIOS

A sistematização dos requisitos de desempenho dos laboratórios quanto à segurança e habitabilidade começa com o estudo de documentos técnicos, como a norma ABNT NBR 15575 (2008), que versa sobre o “Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos”. Civile (2010) mostra que apesar de ser direcionada a edifícios habitacionais, seu material técnico é referencial para outros setores, como o da construção de laboratórios. Juntamente, outros documentos devem ser analisados, como as normas nacionais contra incêndio e os manuais de segurança em laboratórios.

Estes requisitos de desempenho são condições qualitativas que devem ser cumpridas por um edifício, a fim de que sejam atendidas as exigências do usuário (ABNT NBR 15575, 2008), e a adoção deste conceito desde a fase de concepção do projeto implica em definir não somente os requisitos, mas também à análise objetiva de atendimento ou não das exigências estabelecidas, ou seja, os critérios (CIVILE, 2010).

Em relação à segurança contra incêndio, os requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR 15575:2008 são:

1. Princípios de incêndios;
2. Inflamação generalizada;
3. Propagação para outras áreas;
4. Propagação para edifícios adjacentes;
5. Fuga em situação de incêndio;
6. Acessibilidade para combate a incêndio e resgate de vítimas.

A norma ainda estabelece os critérios referentes a cada requisito anteriormente citado. Proteção contra descargas atmosféricas, contra risco de ignição nas instalações elétricas, contra riscos de vazamentos nas instalações de gases, retardamento de chamas nas instalações elétricas, fios e cabos antichamas e fiação embutida em eletrodutos são os critérios estabelecidos quando o assunto é

princípios de incêndios. A fim de facilitar a exploração dos requisitos, os próximos critérios serão elencados na tabela seguinte.

Tabela 1: Requisitos de Desempenho.

REQUISITOS	CRITÉRIOS
Inflamação generalizada	<ul style="list-style-type: none"> • Propagação superficial das chamas • Equipamentos de extinção e sinalização
Propagação para outras áreas	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência ao fogo das vedações ou elementos construtivos de compartimentação • Portas corta-fogo nas caixas de escadas, acessos e elevadores • Selos corta-fogo em dutos verticais • Estanqueidade ao fogo entre edificações geminadas
Propagação para edifícios adjacentes	<ul style="list-style-type: none"> • Distância entre fachadas de edifícios adjacentes
Fuga em situação de incêndio	<ul style="list-style-type: none"> • Limitação de fumaça nos materiais internos da habitação • Aberturas para fuga em caso de incêndio • Número e posição de portas externas • Frestas na junção da vedação vertical com piso ou teto • Rotas de fuga • Sinalização e iluminação de emergência
Acessibilidade para combate a incêndio e resgate de vítimas	<ul style="list-style-type: none"> • Acessibilidade de carros de combate a incêndio

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos. Rio de Janeiro, 2008. (Adaptado).

A segurança no uso e operação estabelece dois requisitos importantes, a segurança na utilização do imóvel e a segurança na utilização das instalações. Há ainda requisitos relacionados ao desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, e por fim funcionalidade e acessibilidade.

2.1.1 – Aspectos construtivos

O projeto de um laboratório de ensino da química deve estabelecer alguns critérios relacionados à segurança na sua utilização. O cuidado com a escolha adequada do piso, revestimentos das paredes, altura do pé direito do laboratório, tipos de janelas e portas são fundamentais.

O projeto arquitetônico do laboratório leva em conta aspectos idêntico a qualquer outra edificação: atividade desenvolvida, áreas necessárias para tais atividades, áreas de apoio, vias de acesso e circulação. A diferença principal é que nos laboratórios o nível de detalhes a se levar em consideração é maior se comparado a edificações comuns. Como exemplo, cita-se a preocupação com contaminação, ventos predominantes, substâncias inflamáveis e/ou corrosivas, guarda de amostra, rotas de fuga, central de gases. Todos estes aspectos são discutidos numa fase preliminar ao projeto, para que assim na definição dos materiais construtivos, alguns cuidados e precauções sejam tomados (STAUFFENEGGER, 2009).

A Norma Regulamentadora nº 8, do Ministério do Trabalho e Emprego, dispõe sobre as edificações de ambientes de trabalho. No caso específico dos laboratórios de ensino devem ser observados os itens abaixo.

2.1.1.1 - Pisos

O piso deve ser impermeável, antiderrapante, resistente mecânica e quimicamente, e não deve apresentar saliência nem depressão que prejudiquem a circulação de pessoas ou a movimentação de materiais (CRQ-IV, 2007).

É necessário avaliar os tipos de materiais e serviços que serão realizados no setor de modo que eles não sejam incompatíveis com o piso.

A garantia de que o piso possa ser limpo e que esta limpeza não possa comprometer o piso ou o material de rejuntamento (se houver) é importante. Sempre que possível é sugerido que se reduza o número de juntas. Nestas juntas acumulam-se produtos químicos de difícil remoção. A utilização de pisos maiores é uma solução para se reduzir ao máximo as juntas.

Existem diversos tipos de pisos para utilização em laboratórios de ensino, sendo os vinílicos (em placas ou mantas), borracha (pastilhada em placas), cerâmica (industrial ou comercial), porcelanatos e monolíticos alguns exemplos.

Os pisos vinílicos, em placas ou mantas, apresentam baixa a média resistência, com custo relativamente baixo para os produtos nacionais, e fácil substituição.

Os pisos de borracha pastilhada em placas não são recomendados para utilização dentro dos laboratórios. São utilizadas somente em áreas com muita movimentação de material e pessoas (corredores e escadas). É um material de difícil limpeza.

Para áreas de agressividade intensa, são recomendados os pisos cerâmicos industriais do tipo Gail. Este tipo de piso possui excelente resistência. Como desvantagem, possuem um custo alto e excesso de juntas e irregularidades.

As cerâmicas nacionais estão padronizadas quanto à resistência do esmalte cerâmico conforme a tabela a seguir.

Tabela 2: Classificação da resistência do esmalte cerâmico (PEI).

PEI	USO
1	Tráfego leve Banheiros e dormitórios residenciais
2	Tráfego médio Interiores residenciais de menor tráfego
3	Tráfego médio – intenso Corredores, entradas e cozinhas residenciais
4	Tráfego intenso Lanchonetes, lojas, escolas, hospitais, hotéis e escritórios
5	Tráfego superior intenso Áreas industriais, aeroportos, supermercados e laboratórios

Fonte: STAUFFENEGGER, S. H.; LEITE, J. C.; MONARDES, G. M. **Projeto, Construção, Instalação e Reforma de Laboratórios**. 2009.

A classificação PEI (*Porcelain Enmenthal Institute*) refere-se apenas à resistência do esmalte cerâmico, e não à resistência da peça em si. Isto quer dizer

que uma peça classificada PEI-5 é resistente a arranhões, mas não a pesos excessivos.

A escolha por porcelanatos deve ser feita de forma criteriosa, promovendo testes com produtos químicos manipulados no laboratório. Existe uma grande diferença de resistência química entre os diversos tipos de porcelanatos oferecidos no mercado. De maneira geral são pisos em placas com grande resistência mecânica e dimensional, permitindo juntas finas.

Os pisos monolíticos são classificados em dois tipos: os de base mineral e cimento, e os resinados. De maneira geral, são de boa resistência e durabilidade. Os fabricantes têm desenvolvido produtos para os mais diversos tipos de uso e agressividade. Uma desvantagem para alguns tipos de pisos monolíticos é a impossibilidade de reparos e correções.

O Ministério do Trabalho e Assuntos Sociais da Espanha, em uma nota técnica sobre Prevenção e Riscos em Laboratórios (NTP 551) estabelece algumas recomendações sobre os pisos laboratoriais, observando a incompatibilidade do material utilizado e os produtos químicos que porventura possam ser usados neste local, conforme mostrado na tabela seguinte.

Tabela 3: Resistência de diferentes tipos de revestimentos.

	Madeira	Revestimento de Borracha	PVC	Cerâmica/ Tijolo	Cimentícios
Acetona, éter	B	B	R	MB	MB
Solventes Clorados	R	B	R	MB	B
Água	B	MB	MB	MB	MB
Álcool	B	MB	MB	MB	MB
Ácidos fortes	R	R	MB	MB	R
Bases fortes	R	MB	MB	MB	R
Facilidade de descontaminação	R	R	B	MB	R

Legenda: R (ruim), B (bom), MB (muito bom)

Fonte: GUARDINO, S. X.; ROSELL, F. M. G.; GADEA, C. E. **Prevención del riesgo en el laboratorio. Notas técnicas de prevención (NTP)**. Barcelona, 1996. (Adaptado).

2.1.1.2 - Paredes

As paredes devem ser claras, foscas, impermeáveis, revestidas com material que permita o desenvolvimento das atividades em condições seguras, sendo resistentes ao fogo e substâncias químicas, além de oferecer facilidade de limpeza (CRQ-IV, 2007).

A necessidade de se pintar as paredes com cores claras, assim como o teto e mobiliários também, é devido ao fato de que paredes pintadas assim promovem uma melhor visualização de cartazes com indicações de segurança e não promovem o cansaço visual (CIVILE, 2010).

É necessário que se avalie os tipos de materiais e serviços que serão realizados no setor de maneira idêntica ao que foi descrito em relação aos pisos, e que se leve em consideração a relação custo/benefício entre as paredes de alvenaria e divisórias moduladas. Este tipo de divisória propõe mais flexibilidade ao *layout*. É recomendado considerar, onde possível, a instalação de visores entre as salas (STAUFFENEGGER, 2009).

A Norma Regulamentadora nº 8, em seu item 8.2 estabelece que os locais de trabalho devem ter altura do piso ao teto, pé direito, de acordo com as posturas municipais, atendidas as condições de conforto, segurança e salubridade, estabelecidas pela Portaria 3.214/78 (redação dada pela Portaria nº 23, de 9/10/2001). De maneira geral, a altura mínima do pé direito é de 3 metros.

2.1.1.3 – Teto

É necessário avaliar a necessidade (ou não) de forro com relação a passagem de tubulação, luminárias e grelhas, a acústica, a estática, o pé direito, acabamento e cor (STAUFFENEGGER, 2009). Sempre que possível é indicado evitar a utilização de forros. Havendo a necessidade, é preciso evitar a passagem de tubulações de riscos dentro do forro, e a utilização de materiais combustíveis na sua construção.

Um fator a se considerar na instalação do forro é a sua permeabilidade a gases e vapores, a fim de evitar que tanto estes contaminantes como a fumaça, em caso de incêndio, possam transmitir-se para as dependências adjacentes. Neste

sentido é recomendável que as divisórias e separações sejam erguidas até o teto (BURMANN, 2008).

Os materiais mais utilizados são o alumínio, fibras e compostos, PVC e gesso. O mercado dispõe de forros de alumínio em placas, tipo colmeia, régua e outros, podendo ter isolamento acústico e ventilação natural, por exemplo. Alguns tipos são de fácil remoção, o que facilita uma mudança no projeto. Outros tipos não devem ser removidos, pois amassam e perdem o alinhamento. Este tipo de forro tem a desvantagem de reter poeira.

Forros de fibras e compostos são vendidos em placas ou modulados. Tem a vantagem de serem removidos facilmente e apresentarem boa durabilidade. Os de PVC são encontrados em placas removíveis, e em régua (que são fixas). Os de gesso são bastante recomendados pela praticidade e custo/benefício, devendo apenas ter o cuidado com as trincas (STAUFFENEGGER, 2009).

Recomenda-se que tanto o teto quanto o forro sejam pintados na cor branca, evitando um contraste muito grande entre elas e a luminária (BURMANN, 2008).

2.1.1.4 – Janelas

Orienta-se que sejam localizadas acima de bancadas e equipamentos, numa altura aproximada de 1,20 m acima do piso e que a área de ventilação/iluminação seja proporcional à área do recinto, numa relação mínima de 1:5 (um pra cinco). Estas deverão ser previstas sempre que possível e em posições que evitem a incidência direta do sol ou com *breezes* ou outro tipo de barreira externa. Em hipótese alguma deverão ser instaladas cortinas de material combustível (CRQ-IV, 2007).

Tratando-se de equipamentos que possam ser afetados pela circulação de ar, um cuidado especial deve ser tomado para a localização das janelas. Estas devem estar afastadas destes equipamentos, também como das áreas de trabalho. As cabines biológicas, balanças e capelas de exaustão química são equipamentos que devem ser colocados em posição oposta à janela.

Devem ser empregados materiais de construção e acabamentos que retardem o fogo, que proporcionem boa vedação, sejam lisos, não porosos, de fácil

limpeza e manutenção. As janelas devem ser dotadas de dispositivos de abertura, sempre que necessário (CRQ-IV, 2007).

As janelas reduzem a sensação de claustrofobia e permitem aos trabalhadores a visão para pontos distantes, diminuindo a fadiga visual. Estas também influenciam na iluminação do recinto e se são dotadas de vidros que permitem a sua abertura, propiciam a renovação de ar caso necessário. Entretanto, neste caso há o inconveniente de permitir a transmissão de ruídos externos e de ser uma via de propagação de incêndios. Não obstante, em caso de incêndios, permitem acompanhar o desenrolar das operações de resgate, podem ser utilizadas como vias de evacuação em alguns casos, ou para a entrada dos bombeiros (STAUFFENEGGER, 2009).

Se as janelas estiverem situadas no térreo, elas não devem abrir para o exterior, salvo quando existam elementos construtivos que impeçam a passagem de pessoas no exterior próximas a ela.

No caso de haver produtos, equipamentos e aparatos em frente à janela, é conveniente que as mesmas não sejam do tipo basculante, e que não abram para dentro. Em laboratórios com risco de explosão, devem ser instaladas janelas resistentes a pressões elevadas. Um bom sistema são as janelas de vidro duplo, que reduzem o ruído externo, e a perda de energia devido a diferença de temperatura entre o interior e o exterior dos locais (BURMANN, 2008).

2.1.1.5 – Portas

Com relação às portas de laboratórios, é recomendável que estes locais disponham de uma segunda porta de saída se há risco de incêndio ou de explosão, como recomendado pela NR 23, do MTE, que regulamenta sobre a proteção contra incêndios. A Norma diz que os locais de trabalho deverão dispor de saídas em número suficiente, de modo que aqueles que se encontrarem nesses locais possam abandoná-lo com rapidez e segurança no caso de emergência (STAUFFENEGGER, 2009).

Para evitar acidentes, as portas de acesso e de passagem não devem ser do tipo vai e vem, a não ser que estas sejam destinadas à comunicação dos laboratórios entre si. Recomenda-se que as portas entre recintos do laboratório

sejam dotadas de janela de vidro aramado situada na altura dos olhos permitindo observar o interior do laboratório sem abrir a porta e assim, evitar acidentes. As portas não devem ser mantidas chaveadas durante o horário de trabalho em hipótese alguma. A instalação de barras anti-pânico podem ser uma boa solução para uma evacuação tranquila e sem atropelos. As portas devem abrir sempre para o sentido da evacuação e, no caso de estarem situadas em locais de passagem de pessoas, estas podem ser recuadas, mesmo se perdendo um espaço da sala do laboratório. Também é recomendável que as portas entre os recintos do laboratório abram no sentido da evacuação do prédio e do local de maior para o de menor risco (BURMANN, 2008). A largura mínima das aberturas de saídas deverá ser de 1,20 m. O acabamento das portas deve ser feito em material que retarde o fogo (CRQ-IV, 2007).

2.1.2 – Segurança das instalações e equipamentos

Laboratórios são locais que são comumente montados em instalações já existentes, o que acaba acarretando uma má utilização dos espaços e mobiliários, incorreta distribuição do maquinário e falta de equipamentos de proteção coletiva. Na verdade, estes espaços não deveriam ser improvisados, mas apresentar condições ideais para o desenvolvimento das atividades, que muitas vezes envolve riscos graves (SAVOY, 2003).

Guardino, Rosell e Gadea (1996), na NTP 550 – *Prevención del riesgo en el laboratorio. Ubicación y Distribución*, relatam que os laboratórios apresentam um maior risco em relação às construções e salas adjacentes. Uma distribuição adequada do mesmo, setorizando em função dos diferentes riscos, permite controlar e reduzir os riscos, tanto para a saúde como para o meio ambiente. Deve-se considerar que em casos de incêndios ou outros incidentes, seja difícil a propagação do fogo ou vazamentos para as salas adjacentes ao laboratório, como escritórios ou outros setores burocráticos.

Para Griffin (2005) há duas opções de *layout* para laboratórios, o *layout* aberto e o fechado. Em ambos os casos o arranjo físico é definido em função dos recursos transformadores, ou seja, dos equipamentos. O *layout* aberto reduz os custos de produção, pois requer poucas paredes, melhora a eficiência e é orientado

para laboratórios de pesquisa. Já o laboratório fechado permite uma maior segurança e controle dos riscos.

O *layout* aberto é indicado para laboratórios de ensino por apresentarem a vantagem de uma maior visibilidade, que pode ser útil em caso de acidentes. O controle e a coordenação de atividades são facilitados, além de apresentarem a sensação de ausência de claustrofobia. Entretanto, existem algumas desvantagens, como por exemplo, as relacionadas a propagação rápida de incêndios, ou contaminação, dificultando ações de contenção. Em casos de emergência, existe a dificuldade de evacuação do local, devido ao número elevado de pessoas que estes laboratórios comportam (GUARDINO et al, 1996).

A respeito do tamanho do laboratório, não existe um critério definido, devendo haver um bom senso com relação ao espaço disponível para o trabalho. Aconselha-se um espaço de 10 m² por equipe.

O projeto elétrico/iluminação, hidráulico/utilidades, de exaustão e ventilação e o de condicionamento de ar devem ser realizados tendo-se em mente a flexibilidade que um laboratório de ensino deve ter.

Projeto elétrico/iluminação

Ao se realizar o projeto elétrico, deve-se pensar nos padrões e conceitos existentes. Isto será bastante útil na definição do tipo de distribuição, que poderá obedecer a diversos princípios, podendo ser aérea ou enterrada, aparente ou embutida, tanto para tomadas quanto para a iluminação.

O projeto de instalações elétricas deve obedecer às normas de segurança e atender ao estabelecido na NR-10, do MTE, considerando o espaço seguro ao dimensionamento e a localização dos seus componentes e as influências externas, quando da operação e da realização de serviços de construção e manutenção (CRQ-IV, 2007).

No momento do projeto é ideal que se levante as necessidades existentes, bem como a previsão para ampliações futuras. O projeto será baseado no levantamento ou lista de equipamentos, contemplando também a localização dos painéis, encaminhamento das redes, memoriais descritivos e quantitativos, bem

como especificações dos componentes e aterramento dos circuitos da iluminação e força. Outra consideração importante é a previsão de instalações à prova de explosão, nunca esquecendo o aspecto técnico, estético e o custo elevado. Às vezes é possível reduzir o tamanho de uma instalação à prova de explosões, ou até mesmo alterar alguma análise a fim de evitá-la (STAUFFENEGGER, 2009).

É importante que seja previsto locais de fácil acesso para desativar os circuitos sem interromper a alimentação de todo o laboratório. Caixas de disjuntores localizadas junto às bancadas, derivadas do painel central, são bastante úteis para este fim. A identificação dos circuitos no quadro elétrico deve ser de fácil compreensão.

Os circuitos elétricos devem ser protegidos contra a umidade e agentes corrosivos, por meio de eletrodutos emborrachados e flexíveis, dimensionados com base no número de equipamentos e suas respectivas potências, além de contemplar futuras ampliações. Um laboratório normalmente é projetado para ter uma vida útil de 15 anos.

No caso específico dos laboratórios, recomenda-se que, sempre que possível, as instalações sejam externas às paredes, a fim de facilitar os serviços de manutenção. Quando as instalações forem embutidas, deve-se ter facilidade de acesso (CRQ-IV, 2007).

As tomadas devem ser padronizadas e diferenciadas, facilmente identificadas para as diversas tensões, impossibilitando que se ligue um equipamento 110 V em uma tomada 220 V. Elas podem ser do tipo interna ou pedestal, e deverão ser construídas e instaladas de tal maneira que um derramamento de líquido não venha provocar um curto-circuito. A fiação deve ser isolada com material que apresente propriedade antichama (BURMANN, 2008).

A instalação elétrica do laboratório deve incluir um sistema de aterramento para segurança e evitar choques em aparelhos como banho termostáticos.

Segundo Civile (2010), nas áreas onde se manipulam produtos explosivos ou inflamáveis, toda a instalação elétrica deve ser projetada a fim de prevenir riscos de incêndio e explosão. Uma prática comum em laboratórios de química é a utilização de refrigeradores domésticos para armazenagem 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 resistentes para suportar as embalagens dos produtos químicos. O ideal é o uso de refrigeradores com segurança intrínseca apropriada para o armazenamento de produtos químicos.

As instalações elétricas em ambientes com líquidos, gases ou vapores inflamáveis estão normatizadas pela NBR 5418. Procedimentos como a adoção de regulamentos de rotina para aplicação, uso, inspeções, testes e manutenção das instalações elétricas devem ser previstos (CIVILE, 2010).

Os locais de utilização de gases devem possuir pisos condutivos. As cargas eletrostáticas geradas por atrito entre materiais isolantes dependem de uma série de fatores. A umidade do ar, fricção dos materiais, e o caminho elétrico são alguns desses fatores. A maneira mais segura para que não ocorra acúmulo de carga eletrostática é garantir um bom caminho para o seu deslocamento até o potencial de terra. O uso de pisos condutivos e um bom aterramento são ideais para evitar estes acúmulos. A pintura condutiva de alta espessura, com tinta a base de resina epóxi isenta de solventes, e adicionada a cargas de carbono com formulação específica são eficientes na promoção da dissipação estática (CIVILE, 2010).

A manutenção da umidade relativa do ar, nestes lugares, deve ser mantida, no mínimo em 50%. Isto reduzirá os riscos de descargas eletrostáticas e, conseqüentemente, a ignição do material gasoso inflamável.

Geradores devem ser dimensionados para caso de falta de energia, e assim manter funcionando os equipamentos laboratoriais, de combate a incêndio e outros.

A manutenção de para-raios também não deve ser esquecida (ABNT NBR 5419, 2001).

Os níveis mínimos de iluminação são estabelecidos pela NR 17, que trata das condições ambientais de trabalho. A norma regulamentadora diz que estes níveis são estabelecidos pela NBR 5413 – Iluminação de interiores (CRQ-IV, 2007).

O nível de iluminação recomendado está entre 500 e 1000 lux convenientemente adequados à necessidade da atividade a ser desenvolvida

conforme a NBR 5413:1992 – Iluminação de Interiores. Para Grandjean (2005), a iluminância recomendada para atividades desenvolvidas por técnicos de laboratório é de 500 a 700 lux. É importante que se evite sistema com incidência de focos de luz sobre áreas de trabalho, contrastes excessivos ou reflexos em monitores, embora não pareçam relacionados à segurança do ambiente, podem causar doenças ocupacionais como fadiga visual, se o projeto for mal dimensionado (STAUFFENEGGER, 2009).

A necessidade de um sistema de iluminação de emergência ligado a circuito de emergência ou luminárias independentes deve ser considerada, de acordo com a NBR 10898 NB 652 – sistema de iluminação de emergência.

Em certos laboratórios, dependendo dos equipamentos utilizados, é necessário o uso de sistemas de alimentação de emergência do tipo “no break”. Estes sistemas garantem o funcionamento do equipamento até que se possa desligá-lo de maneira correta.

Projeto hidráulico/utilidades

A instalação hidráulica, a exemplo da instalação elétrica, utiliza os mesmos conceitos para o dimensionamento.

Via de regra, a solução adotada se aproxima mais de uma instalação industrial do que uma predial. Sempre que possível a instalação deverá ser aérea e aparente. Isto permitirá uma maior flexibilidade na hora de um remanejamento ou ampliação, assim como uma maior facilidade de manutenção. A previsão de uma válvula de bloqueio é bastante importante para que se possa efetuar a manutenção ou modificação em uma dada bancada ou capela sem se interromper a atividade do resto do laboratório (STAUFFENEGGER, 2009).

A tubulação para distribuição interna da água e escoamento dos efluentes diluídos deve ser projetada considerando os produtos que serão manuseados e a vazão necessária. A tubulação de esgoto deve ser em material resistente e inerte.

As cubas, canaletas, bojos e sifões devem ser de material quimicamente resistente às substâncias utilizadas, sendo recomendada ao menos uma cuba com profundidade para limpeza de buretas e outras vidrarias maiores.

O esgoto merece maior cuidado do que as instalações residenciais pois muitas vezes recebe resíduos sólidos em grande quantidade, assim como produtos por vezes bastante agressivos. Precisa-se também observar a temperatura do esgoto, pois frequentemente existe nos laboratórios equipamentos cuja descarga pode chegar a 100 °C ou mais (STAUFFENEGGER, 2009).

Os resíduos concentrados de características tóxicas, corrosivas, inflamáveis e reativas não devem ser descartados diretamente na rede de esgoto. Estes deverão ser recolhidos em contêineres específicos, identificados com símbolos de risco e, posteriormente neutralizados ou encaminhados para o seu destino final, atendendo a legislação ambiental (CRQ-IV, 2007).

É interessante prever-se caixas de inspeção para futuros serviços de desobstrução da rede.

Por vezes o laboratório será dotado de três sistemas de coleta de esgoto: sanitário, químico (ácido e básico) e oleoso (óleos e solventes, principalmente em refinarias e afins).

Os efluentes são na maioria das vezes simplesmente coletados e/ou enviados para a estação de tratamento de efluentes do local. quando esta não existir, há necessidade de trata-lo e lança-lo na rede pública. Existe ainda a possibilidade ou necessidade dos dejetos serem coletados para incineração em outra unidade da própria instalação ou ainda por empresa cadastrada nos órgãos competentes.

Além das preocupações normais com o projeto hidráulico, devem-se prever as redes de gases especiais em função da pureza requerida. Não só requer cuidados especiais na limpeza e manuseio da tubulação como tipos especiais de solda e conexões quando na instalação.

Toda rede de gases deve ser adequadamente tubulada e interligada aos cilindros, que deverão estar posicionados em áreas externas a edificação, devidamente dimensionadas, bem ventiladas, protegidas e de fácil inspeção.

A distribuição se fará com chaves de corte geral previstas em cada pavimento e setor de incêndio. Tais chaves devem ser visíveis e acessíveis. Depois dos

redutores de pressão e antes de qualquer válvula de fechamento, é preciso utilizar válvulas de segurança.

As tubulações dos distintos gases possuem cores próprias e diferentes que permitem sua identificação imediata (ABNT NBR 6493, 1994).

Cilindros de gases oferecem alto risco em caso de vazamento ou queda, exigindo, portanto cuidados especiais.

O transporte dos cilindros de gases deve ser feito em carrinhos especiais, apropriado para esta finalidade. Durante o seu uso ou estocagem, devem ficar presos à parede por correntes e cadeados. Os cilindros devem ser armazenados preferencialmente do lado de fora dos laboratórios. Cilindros de gás devem ser usados no interior dos laboratórios somente em casos excepcionais, porque eles apresentam um perigo real em caso de incêndios, estando cheios ou vazios. A capacidade dos cilindros, usados no laboratório, deve ser de cinco litros ou menos. Os cilindros devem ter cores-códigos e trazer uma descrição precisa do seu conteúdo. Devem ser regularmente inspecionados e trocados (CIENFUEGOS, 2001).

Cilindros que apresentarem válvulas emperradas ou defeituosas devem ser devolvidos ao fornecedor. A transferência do gás do cilindro até o local de uso deve ser feito por tubulações especiais, apropriadas para cada tipo de gás (CRQ-IV, 2007).

Devido ao risco de explosão, a tubulação que carrega o gás acetileno deve ser de aço inox, e nunca de cobre. Para os gases oxigênio e óxido nitroso, as tubulações devem ser lavadas e secas internamente para ficarem isentas de óleos e graxas, caso contrário haverá alto risco de explosão. As tubulações para o gás GLP não podem correr em canaletas fechadas, ou postas em espaços confinados atrás de bancadas. Devem sempre percorrer espaços ventilados, serem pintadas na cor amarela e atender a norma NBR 13932 da ABNT. É recomendável que o depósito interno dos gases seja o mais próximo possível do local de uso no laboratório (STAUFFENEGGER, 2009).

Projeto de exaustão e ventilação

Todo laboratório precisa de um projeto de exaustão e ventilação devidamente projetado para as atividades realizadas, incluindo capelas, coifas, ar condicionado, exaustores e ventiladores. Os sistemas de exaustão normalmente representam um problema quando não considerados logo no início do projeto do prédio.

O projeto de ventilação geral deve contemplar a troca contínua do ar fornecido ao laboratório de forma a não aumentar a concentração das substâncias odoríferas e/ou tóxicas no transcorrer da jornada de trabalho. Por se tratar da parte mais complexa na montagem de um laboratório, recomenda-se seguir as orientações de um profissional habilitado da área de ventilação industrial. A tabela 4 mostra os valores recomendados para a troca de ar para ventilação de diferentes ambientes (STAUFFENEGGER, 2009).

Tabela 4: Trocas de ar para ventilação ambiente (adaptado).

Tipo de sala ou ocupação	Trocas de ar/hora		Minutos/troca	
	Baixa	Alta	Lenta	Rápida
Auditório e salas de reunião	4	30	15	2
Sala de máquinas e caldeira	4	60	15	1
Laboratórios	6	30	10	2
Pequenas oficinas	3	20	20	3
Escritórios	2	30	30	2
Residências	1	6	60	10

Fonte: STAUFFENEGGER, S. H.; LEITE, J. C.; MONARDES, G. M. **Projeto, Construção, Instalação e Reforma de Laboratórios**. 2009

Para se ter uma ideia da complexidade do projeto, considere que a vazão de uma capela gira ao redor de 40 m³/min, de acordo com o seu tamanho e utilização. Caso isto não seja levado em conta no cálculo da vazão de ar condicionado, a capela ou o conjunto desta inviabilizará o funcionamento adequado do ar condicionado.

Outra preocupação que se deve ter, segundo Stauffenegger (2009), é quanto ao posicionamento dos pontos de descargas e tomada de ar de insuflamento e ar condicionado. É bastante frequente a observação dos ditos “curtos-circuitos”. As capelas tem a finalidade de retirar do ambiente do laboratório gases tóxicos e

corrosivos. De nada valerá retirar esses gases do laboratório e jogá-los próximos a uma boca de captação de ar ou área de escritório. Neste caso, é necessário considerar a utilização de lavadores de gases. A definição quanto a lavagem dos gases retirados é função dos limites de emissão impostos pela legislação ambiental.

Existem lavadores de baixa eficiência, que são “caixas de passagens” com sistemas de aspersão em circuito aberto e lavadores de alta eficiência. Estes podem ser divididos em dois grupos: os de fluxos verticais, com estágios e circuito fechado (normalmente de médio e grande porte), e os do tipo *rotor-spray* (de pequeno e médio porte) com circuito fechado para neutralização.

Os sistemas de exaustão poderão tornar-se fontes de ruídos se não forem observados detalhes como velocidade dentro dos dutos, desenhos de equipamentos e pontos de captação e descargas.

A velocidade recomendada dentro dos dutos é de 9 a 11 m/s. isto definirá a dimensão dos dutos, em função da vazão requerida pela capela, que deverá ser definida de acordo com sua classificação, em função de uma velocidade facial que poderá ser de 0,4 a 0,7 m/s.

Os sistemas de exaustão recomendados são os individuais por capela ou coifa. Nos casos em que isto for absolutamente impossível, devem ser analisados aspectos como mistura, manutenção e vulnerabilidade, além do custo operacional.

Todos os aspectos de ventilação e exaustão devem estar claramente definidos já na fase de dimensionamento e concepção arquitetônica, a fim de evitar uma estética ruim e comprometer a manutenção. A manutenção deve ser periódica para garantir a eficiência das instalações (CRQ-IV, 2007).

Projeto de condicionamento de ar

Segundo Stauffenegger (2009), a industrialização e a necessidade de eficiência energética têm influenciado o projeto e a construção de laboratórios, tornando-os mais fechados e selados para minimizar perdas através das trocas de ar internas e externas. Porém as instalações de climatização devem garantir a obtenção de condições ambientais adequadas às atividades nele desenvolvidas.

O projeto de um sistema de controle ambiental para laboratórios se inicia a partir do conhecimento e descrição das atividades desenvolvidas no laboratório. Portanto devem ser fornecidas ao projetista informações sobre:

- A vazão das capelas, coifas e outros sistemas de exaustão;
- Atividades que provoquem a liberação de gases, tóxicos e corrosivos;
- Exigências do grau de filtragem do ar, filtragem do ar insuflado e/ou retorno;
- Necessidade de existência de salas limpas e quais os níveis requeridos;
- Necessidade de diferenciais de pressão e temperatura entre os setores;
- Numero de ocupantes, horário e funcionamento;
- Dissipação térmica de diversos equipamentos como estufas, muflas, chapas aquecedoras, incubadoras e similares.

As instalações de controle de ar para laboratórios normalmente se definem pela conjunção do funcionamento de um sistema de condicionamento de ar e de um sistema de exaustão mecânica.

A escolha do tipo de sistema de condicionamento de ar mais adequado ao laboratório se faz a partir do porte da capacidade térmica e das características de carga. Dada a usual exigência de se utilizar renovação total do ar nos ambientes, a carga térmica total calculada resulta sempre muito elevada.

Capelas e coifas

As capelas têm por finalidade permitir a execução de experimentos que geram gases ou vapores tóxicos sem contaminar o ar do laboratório, em proteção à saúde do trabalhador. O desenvolvimento de experimentos com produtos químicos, tóxicos, vapores agressivos e odores prejudiciais tão comuns à prática laboratorial, faz da capela um dos itens mais importantes na elaboração do projeto de um laboratório.

Segundo Stauffenegger (2009), a capela de exaustão é considerada um equipamento de segurança que não garante proteção se o operador não estiver familiarizado com o seu uso e com as técnicas corretas.

Para Cienfuegos (2001), as capelas instaladas no laboratório devem reunir os mais rigorosos requisitos previstos para o laboratório em questão, e a performance da ventilação deve ser checada ao menos uma vez no ano. Elas devem ser construídas com material quimicamente resistente, possuir um sistema de exaustão, com no mínimo dois pontos de captação de gases e vapores (um inferior ao nível do tampo e um superior ao nível do teto) e potência para promover a exaustão dos gases e vapores dos solventes (CRQ-IV, 2007).

Todas as capelas são construídas nas mais diferentes formas e os materiais devem estar em acordo com a sua finalidade, atendendo de forma rigorosa as normas DIN¹ e ASHRAE². Devem destacar-se pelo seu excelente desempenho nos quesitos segurança, ergonomia, aerodinâmica e resistência (Stauffenegger, 2009).

Alves e Baratella (2012) relatam dois tipos de capelas: a standard, e a específica. A standard se destina ao uso geral, enquanto a específica é destinada ao uso com determinados produtos químicos (ácido perclórico, ácido fluorídrico e outros). Stauffenegger (2009), as divide em 3 tipos: comuns, perclórica e as do tipo walk-in.

A capela comum normalmente é montada sobre a bancada ou já vem completa com o armário inferior, com altura de trabalho para o operador a 90 cm de altura.

As capelas do tipo walk-in não dispõe de tampo fixo, permitindo assim, a montagem de equipamentos de maior porte em seu interior. Esta capela de piso permite que o laboratorista ande dentro dela. Porém é importante salientar que enquanto ligada, o laboratorista não deve permanecer no seu interior. Os mesmos cuidados para a utilização da capela comum são aplicados para este tipo de capela.

A capela perclórica é especial para trabalhos envolvendo o ácido perclórico, tendo todo o seu interior em aço inoxidável AISI 316 e dotada de um sistema

¹ DIN 12923/12324 Deutsches Institut für Normung

² ANSI/ASHRAE 110-1995 – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.

hidráulico em que os gases exauridos passam por uma cortina de água, promovendo a dissolução/reação dos vapores, neutralizando-os. É importante que os técnicos/responsáveis sejam pessoas alertadas sobre os cuidados no manuseio desse material. Conforme a NFPA 45 (*Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals*) uma identificação deverá estar na capela dizendo: Para Operação de Ácido Perclórico. O ácido Perclórico, quando seco sobre madeira, alvenaria ou tecido explode e pode se incendiar ao impacto. A capela só oferece máxima proteção se for adequadamente utilizada (STAUFFENEGGER, 2009).

De maneira geral é preciso ter conhecimento dos produtos químicos que serão utilizados, e assim ter uma melhor definição do material que a capela deve ser construída. É necessário promover testes específicos em cada material antes da escolha final, segundo sua real condição de uso, tendo o conhecimento que o mesmo material pode sofrer variações dependendo do fornecedor e do processo de industrialização. A tabela 5 mostra a resistência química de algumas capelas a diversos produtos químicos.

As capelas devem dispor de sistema de iluminação, gás, vácuo, ar comprimido, instalações elétricas e hidráulicas adequadas. Todos estes sistemas devem ser operáveis do lado externo, a fim de não ser necessário abrir a janela para ligá-los ou desligá-los. As janelas devem ser de vidro temperado, muito mais seguro para esta aplicação, e serem do tipo corrediço ou guilhotina. A velocidade facial do ar deve ser mantida num nível próximo de 0,5 m/s.

Para proporcionar economia e controle do sistema de ar condicionado, as capelas podem contar com sistemas de medição e/ou controle automatizado de vazão (CAV). O sensor de vazão é um equipamento de fundamental importância para a segurança dos usuários de capelas, pois indica (através de som e luz) qualquer irregularidade na capacidade de exaustão e mostra no *display* a eficiência da exaustão. Através de um sistema eletrônico, o controlador de vazão se comunica com *dampers* inteligentes, comandando-os para abrir ou fechar, controlando o fluxo de ar, mantendo assim uma vazão constante e uma velocidade facial segura, não importando a posição de abertura das guilhotinas. Podem ser instalados em todos os tipos de capela ou em sistemas de exaustão ou ventilação (STAUFFENEGGER, 2009).

Tabela 5: Resistência química de alguns materiais construtivos para capelas.

	Cerâmica Grés	Aço Inox 314	Aço Inox 316	Vipoxy ⁽¹⁾	Granito	SSM ⁽²⁾	Laminado Melamínico	Vycor/PU ⁽³⁾
Ácido clorídrico 1:1	R	NR	NR	R	NR	R	R	R
Ácido sulfúrico 1:1	R	R	NR	R	-	R	R	R
Ácido nítrico PA	R	R	R	R	-	NR	NR	R
Ácido fluorídrico PA	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	NR
Hidróxido de sódio 10%	R	R	R	R	R	R	R	R
Hidróxido de amônia PA	R	R	R	R	R	R	R	R
Acetona	R	R	R	R	R	R	R	R
Álcool etílico	R	R	R	R	R	R	R	R
Xilol	R	R	R	R	R	R	R	R
Hexano	R	R	R	R	R	-	R	-
Temperatura	R	R	R	<300 °C	R	<150 °C	R	<150 °C

Legenda: Não resiste (NR); Resiste (R); variável em função do tipo (-)

(1) Placas maciças em resina epóxi modificadas

(2) Superfície sólida mineral

(3) Revestimento monolítico de poliuretano

Fonte: STAUFFENEGGER, S. H.; LEITE, J. C.; MONARDES, G. M. **Projeto, Construção, Instalação e Reforma de Laboratórios**. 2009

A altura das chaminés das capelas deve estar a 2 ou 3 metros acima do telhado, para que em situações normais, os gases emitidos sejam diluídos no ar. Em caso de risco de contaminação das imediações recomenda-se a instalação de lavadores de gases.

As coifas são destinadas à captação de vapores, névoas, fumos e pós dispersos no ambiente. Recomenda-se a instalação de coifas em cubas de lavagem de vidrarias.

Uma avaliação técnica periódica deve ser realizada com o objetivo de verificar o estado geral e o comportamento das capelas e coifas. São avaliados seus respectivos sistemas de exaustão, através de inspeção visual e medição da vazão,

ruído e nível de iluminação, pelo menos uma vez ao ano. Os instrumentos utilizados são o anemômetro, decibelímetro e o luxímetro, manuseados por profissionais devidamente habilitados no Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA).

Para o controle da vazão, utilizando-se um anemômetro mede-se a velocidade média da fase aberta da capela, tomando-se seis leituras uniformemente distribuídas. Multiplicando-se a velocidade média pela área da abertura, obtém-se a vazão do sistema. Este procedimento é repetido com diferentes aberturas da capela até se obter um valor dentro do recomendável.

Recomenda-se que a velocidade facial para a capela toda aberta seja 0,4 a 0,5 m/s. Diversas empresas multinacionais e fabricantes norte-americanos de capela adotam três classificações:

- Classe A: velocidade facial $\geq 0,7$ m/s para trabalho pesado, contínuo e/ou manipulação de material de alta toxicidade.
- Classe B: velocidade facial $\geq 0,5$ e $< 0,7$ m/s para trabalho normal, contínuo e/ou manipulação de material com média toxicidade.
- Classe C: velocidade facial $\geq 0,4$ e $< 0,5$ m/s para trabalho leve, não contínuo e manipulação de material com baixa toxicidade.

O nível de ruído é medido com a utilização de um decibelímetro, com a média de três leituras, na face da capela aberta, a 1 (um) metro de distância e próximo. Cada empresa deve classificar seus limites de exposição ao ruído, segundo seus padrões de segurança e à legislação local, estadual e federal. Quanto maior for a velocidade facial, maior será o ruído. Trabalhos científicos relacionados com o ruído ambiental demonstram que ambientes onde ruído encontra-se acima de 75 dB(A), inicia-se o desconforto acústico. Nessas condições há uma perda de inteligibilidade da linguagem, a comunicação fica prejudicada, passando a ocorrer distrações, irritabilidade e diminuição da produtividade no trabalho. Acima de 80 dB(A) as pessoas mais sensíveis podem sofrer perda de audição, o que generaliza para níveis acima de 85 dB(A) (STAUFFENEGGER, 2009).

O nível de iluminação é medido com a utilização de um luxímetro, com a leitura do nível médio em três pontos do plano de trabalho dentro da capela. Da mesma forma que o ruído, o setor de segurança da empresa deve estabelecer o

nível mínimo de iluminação para o ambiente de trabalho. Por extrapolação e segurança, recomenda-se que o nível de iluminação dentro da capela não seja inferior a 300 lux, sendo que o ideal está entre 400 e 600 lux. O sistema de iluminação deve estar em perfeito estado de conservação e as lâmpadas queimadas devem ser trocadas imediatamente (BURMANN, 2008).

Deve ser evitado o armazenamento perene na capela de substâncias que podem estar emitindo continuamente contaminantes tóxicos, já que o mau funcionamento ou falta de energia elétrica fará com que os contaminantes adentrem ao laboratório.

Sala ou área “quente”

Em laboratórios é comum a utilização de fornos, muflas, estufas e maçaricos, que de maneira geral são agrupados em um local por serem equipamentos ou acessórios para aquecimento. Daí surge o nome de sala ou área quente.

Além da temperatura elevada, nestes locais há uma maior probabilidade de ocorrência de explosões, incêndios, ou mesmo intoxicações. Devido a estes fatores, os usuários devem ser alertados quanto ao alto risco de acidentes e orientados a não manusear produtos inflamáveis nestas áreas. Muitas vezes, nos laboratórios de ensino, pela extensão de toda a bancada de trabalho existem bicos de Bunsen, que ampliam o conceito da área quente para toda a instalação, dependendo o experimento realizado (CRQ-IV, 2007).

Bancadas de trabalho

Para Watch (2001) os laboratórios acadêmicos devem contar com a flexibilidade para a instalação das bancadas, em função das atividades específicas que serão realizadas. De maneira geral, as bancadas devem ser direcionadas de modo que os alunos fiquem de frente ao professor e ao quadro-negro. Para um mesmo espaço, podem ser utilizadas diferentes conformações das bancadas, organizadas de acordo com a necessidade. A figura 1 mostra como isto pode ser feito, mostrando quatro conformações diferentes para o mesmo espaço.

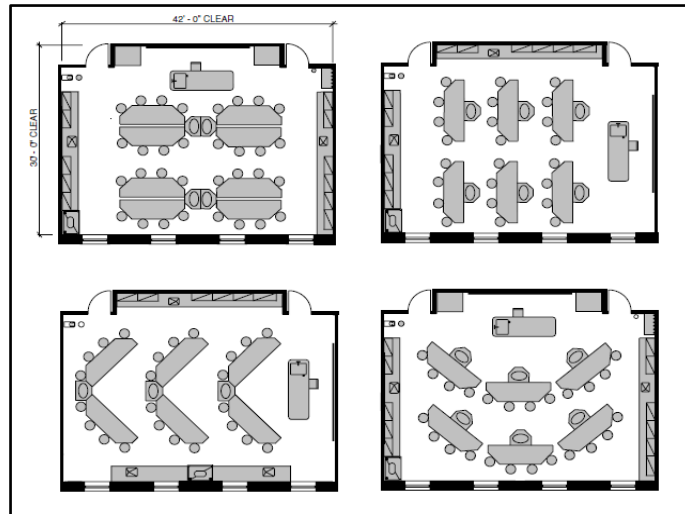


Figura 1: Sugestões para disposição de mobiliários no laboratório.

Fonte: WATCH, D. **Building type basics for research laboratories**, 2001.

De acordo com a disposição ou colocação das bancadas no laboratório, pode-se classificar em quatro tipos:

- Ilha: geralmente se encontra no meio da sala, com os usuários em sua volta. É totalmente isolada e quase sempre têm pias nas suas extremidades e uma prateleira central.
- Península: possui um de seus lados acoplados à parede e dessa forma deixa três lados para uso dos laboratoristas. Geralmente na sua extremidade é instalada uma pia.
- Parede: está totalmente anexada à uma parede, deixando apenas um de seus lados para os usuários. É quase sempre usada para estufas, muflas, balanças, potenciômetros, entre outros.
- U: é uma variação do tipo “ilha”, sendo mais utilizada para a colocação de equipamentos, tais como cromatógrafos, permitindo ao laboratorista o acesso fácil à parte traseira desses aparelhos, para fazer ou modificar conexões e pequenos reparos.

De maneira geral as bancadas devem ser constituídas de material rígido para suportar o peso de materiais e equipamentos, tenham superfícies revestidas com materiais impermeáveis, lisos, sem emendas ou ranhuras, e resistentes a substâncias químicas. Elas devem ser resistentes a possíveis derramamentos de

reagentes, solventes orgânicos, ácidos e álcalis, e produtos químicos usados para a descontaminação da superfície de trabalho e dos equipamentos, e também serem resistentes ao calor moderado. As opções mais utilizadas no mercado são o granito e a fórmica ou similar (CRQ-IV, 2007).

Os parâmetros utilizados para se desenvolver o projeto de uma bancada de laboratório devem atender as seguintes normas:

- NR 17: Norma regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego que dispõe em seu artigo 17.3.2 sobre a exigência de regulagem de altura do tampo para uma boa postura.
- NBR 13960 e NBR 13967: Normas técnicas brasileiras que apresentam as características físicas e dimensionais de sistemas de estação de trabalho.
- NBR 14109 e NBR 14413: Normas técnicas brasileiras que determinam os padrões para a indústria testar a estabilidade, resistência e durabilidade.

A profundidade aproximada das bancadas é padronizada em aproximadamente 0,70 m, com uma altura próxima a 0,90 m para os trabalhos que exijam posição em pé. Já para trabalhos onde exijam a posição sentada, a altura aproximada é de 0,75 m. As cubas com profundidade adequada ao uso possuem no mínimo 0.25 m de profundidade, podendo ser mais fundas quando utilizadas para lavagem de vidrarias maiores, como as buretas.

De forma alguma se devem ter áreas de aprisionamento, para evitar acidentes em casos de emergência. Orienta-se prever um espaço de 40 cm entre as bancadas laterais e a parede, e também no meio das bancadas centrais, a fim de permitir a instalação e manutenção de utilidades e evitar corredores muito extensos e sem saída.

Acima das bancadas, prateleiras superiores, racks, castelos e volantes devem ser utilizados para a colocação de materiais de pequeno volume e peso de uso rotineiro no laboratório, e apenas durante a realização dos experimentos. Recomenda-se que terminada a aula, os frascos de reagentes sejam armazenados em local seguro e restrito aos funcionários do laboratório.

Para evitar ofuscamentos e cansaço visual, as bancadas devem receber iluminação de forma que os raios de luz incidam lateralmente em relação aos olhos do usuário do laboratório, e não frontalmente ou pelas costas (CRQ-IV, 2007).

Mobiliários:

As cadeiras, mesas, prateleiras, e outros componentes do mobiliário devem atender aos conceitos de funcionalidade e ergonomia, de acordo com a NR 17 do Ministério do Trabalho e Emprego.

A quantidade de móveis no laboratório de ensino deverá ser a mínima possível para a realização da proposta pedagógica do curso. A disposição dos móveis deve ser feita de modo a não comprometer a circulação do pessoal e manterem os corredores com largura mínima de 1.5 metros.

Estoques:

A área de estocagem de materiais deve ser cuidadosamente planejada e supervisionada. Sempre que possível deve ser destinada uma sala, separada, para a armazenagem de reagentes, para que estes não sejam conservados na área de trabalho, evitando o congestionamento das bancadas e possíveis acidentes (CRQ-IV, 2007).

Devem-se conhecer as características básicas de cada produto químico para assim armazenar produtos incompatíveis afastados uns dos outros. Reconhecer se um produto é volátil, inflamável, corrosivo, tóxico ou explosivo, bem como a incompatibilidade entre eles é fundamental para a segurança. O anexo A mostra a incompatibilidade química entre algumas substâncias. A seguir, a figura 2 ilustra a questão da incompatibilidade entre diferentes classes de produtos químicos.

Ao se conhecer as propriedades dos produtos químicos pode-se garantir um sistema eficiente de drenagem, e assim pode-se, por exemplo, evitar que em um acidente, um líquido inflamável escoe para baixo de outros tambores contendo líquidos inflamáveis.

Chemical Compatibility Chart																								
1	Inorganic Acids																							
2	Organic acids	X																						
3	Caustics	X	X																					
4	Amines & Alkanolamines	X	X	X																				
5	Halogenated Compounds	X		X	X																			
6	Alcohols, Glycols & Glycol Ethers	X				X																		
7	Aldehydes	X	X	X	X		X																	
8	Ketone	X		X	X		X	X																
9	Saturated Hydrocarbons																							
10	Aromatic Hydrocarbons	X																						
11	Olefins	X				X																		
12	Petroleum Oils																							
13	Esters	X		X	X																			
14	Monomers & Polymerizable Esters	X	X	X	X	X	X																	
15	Phenols			X	X		X																	
16	Alkylene Oxides	X	X	X	X		X	X																
17	Cyanohydrins	X	X	X	X	X	X																	
18	Nitriles	X	X	X	X																			
19	Ammonia	X	X				X	X																
20	Halogens			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	Ethers	X																						
22	Phosphorus, Elemental	X	X	X																				
23	Sulfur, Molten							X	X	X	X													
24	Acid Anhydrides	X		X	X		X	X																

☒ Represents Unsafe Combinations
☐ Represents Safe Combinations

Figura 2: Incompatibilidade entre classes de produtos químicos.

Fonte: <http://www.docstoc.com/docs/25591059>

A proteção contra o sol, um sistema eficiente de hidrantes, chuveiros automáticos, ventilação e exaustão de gases, áreas blindadas para explosivos e sinalização de segurança são itens necessários ao local de estocagem de produtos químicos. É preciso que os funcionários com permissão para entrar neste local estejam familiarizados com o uso dos equipamentos de proteção individual adequados, e com as praticas de primeiros socorros.

Deve-se estabelecer um programa de controle de aquisição/armazenamento dos produtos químicos, bem como dos resíduos produzidos no laboratório. Não deve ser permitida a armazenagem de produtos químicos sem identificação, bem como produtos sem data de validade. Deverá ser feita a verificação permanente dos prazos de validade dos produtos e a remoção de reagentes vencidos (SOUZA, 2010).

Respeitando a compatibilidade dos produtos químicos, estes devem ser separados por famílias, mantendo uma distância entre eles de 0,5 a 1 metro. Os produtos corrosivos, ácidos e bases devem ficar nas prateleiras mais baixas, próximas ao chão. Deverá ser evitado o armazenamento de reagentes em locais altos e de difícil acesso. Os produtos inflamáveis e explosivos deverão ser mantidos a grandes distâncias dos produtos oxidantes.

Sinalização:

De acordo com a Norma Regulamentadora 26, que dispõe sobre sinalização de segurança, devem ser adotadas cores para segurança em estabelecimentos ou locais de trabalho, a fim de indicar e advertir acerca dos riscos existentes. O fluxo de saída e circulação de pessoal no laboratório deve estar em acordo com esta norma.

Para que os usuários tenham ciência dos riscos inerentes àquele local de trabalho, um mapa de risco deve estar fixado no laboratório. O mapa de risco deve ser elaborado de acordo com o anexo IV da NR 5 do Ministério do Trabalho. Esta norma apresenta a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA. Uma das atribuições da CIPA é a elaboração dos mapas de risco.

Dentro de um programa institucional de segurança, a sinalização é uma das primeiras ações a serem desenvolvidas pelos profissionais responsáveis. A sinalização dos ambientes implica na consciência do coletivo um aspecto de ordem e segurança. Nas portas de acesso ao laboratório devem ser fixadas sinalizações que indiquem os equipamentos de proteção individual necessários, restringindo o acesso ao laboratório e inibindo a entrada de pessoas que não tenham relação direta com o trabalho ali desenvolvido.

Os laboratórios químicos devem seguir as normas de sinalização por cores, que servem para a identificação de equipamentos de segurança, delimitação de áreas de risco e canalizações empregadas para a condução de líquidos e gases. Sempre que for necessária a identificação por cores, esta deve ser acompanhada por sinais convencionais ou palavras.

Os sinais de avisos devem possuir as seguintes características intrínsecas:

- Forma triangular

- Pictograma negro sobre fundo amarelo com margem negra. A cor amarela deve cobrir ao menos 50% da superfície da placa.

A sinalização deve ser permanente para proibições, avisos, obrigações, meios de salvamento ou socorro, equipamento de combate a incêndio, assinalar recipientes e tubulações, riscos de choque ou queda, vias de circulação, telefones de emergência, e saídas de emergência (CRQ-IV, 2007).

A sinalização só deve ser temporária quando for utilizada para isolar locais de acidentes e delimitar área de procedimentos de riscos.

Quando a eficácia for igual, pode-se optar entre uma cor de segurança ou um pictograma para assinalar o risco. Sinais luminosos ou acústicos podem ser substituídos por comunicações verbais quando o grau de eficácia for igual também (CRQ-IV, 2007).

Em alguns casos, as formas de sinalização podem ser utilizadas juntas, como por exemplo, os sinais luminosos e os sinais acústicos, os sinais luminosos e a comunicação verbal, e os sinais gestuais e a comunicação verbal.

A sinalização por cores de segurança deve ser simples e resistente, visível e compreensível, e devem ser retiradas quando não houver mais o risco.

Equipamentos de emergência:

Todo laboratório deve contar com os equipamentos de emergência, permitindo executar as operações em ótimas condições de segurança, tanto para o operador quanto para as demais pessoas. Estes equipamentos devem permanecer em local de fácil acesso e todos devem ser treinados para a sua utilização.

A localização do chuveiro de emergência, lava-olhos, mantas, extintores e demais equipamentos congêneres deve ser estrategicamente estudada na fase do projeto do laboratório (CIENFUEGOS, 2001).

O chuveiro e o lava-olhos são equipamentos imprescindíveis aos laboratórios em que se manipulam produtos químicos. Os lava-olhos poderão ser acoplados aos chuveiros de emergência. Caso o prédio se constitua de diversos laboratórios, deve-

se procurar repetir a posição do lava-olhos em todos eles, pois é preciso prever que o usuário seja capaz de atingi-lo apenas pelo tato.

O chuveiro de emergência deve ter o crivo de aproximadamente 30 cm de diâmetro e seu acionamento por meio de alavancas (acionadas pelas mãos), ou pelo sistema de plataforma. Deve ser instalado em local de fácil acesso de qualquer ponto do laboratório e com espaço livre demarcado de 1 m². Cienfuegos (2001) aconselha a localização do chuveiro de emergência próximo à saída do laboratório por dois princípios básicos. O primeiro deles é a manutenção da posição relativa em vários laboratórios, conforme já ressaltado para os lava-olhos. O segundo diz respeito a filosofia de que o ser humano é a parte mais importante em qualquer sistema, devendo o elemento, em caso de emergência, sair imediatamente do laboratório, para a sua própria proteção.

Em atendimento à NR 23, que estabelece sobre a proteção contra incêndios, todos os laboratórios deverão possuir instalações e equipamentos para esta finalidade (SZABÓ JÚNIOR, 2011).

A montagem do laboratório deve incluir proteção contra incêndio adequada para produtos químicos perigosos. Precauções adicionais deverão ser tomadas para reduzir o risco de incêndio, caso seja utilizado uma quantidade considerável de líquidos inflamáveis no laboratório. A montagem de sistemas de aquecimento que utilizam queimadores a gás com a chama aberta (bico de Bunsen, por exemplo) deve ser evitada sempre que possível. Uma alternativa é o uso de chapas ou mantas elétricas, e o aquecimento a vapor, sempre que houver risco de vapores inflamáveis oriundos de líquidos voláteis, que possam vir a explodir ou causar um incêndio.

Os extintores de incêndio devem ser compatíveis com os materiais e equipamentos utilizados no laboratório. Os incêndios são divididos em 4 classes, sendo a classe A os incêndios causados por combustíveis comuns como a madeira, papel tecidos, plásticos, etc. A classe B é a que envolve os líquidos combustíveis e inflamáveis. A classe C é a que se relaciona com fogo em equipamentos elétricos. E finalmente, a classe D de incêndios é aquela onde se tem metais combustíveis (CALESTRINO, 2010).

Extintores de pó seco são utilizados em incêndios classe A, B e C. Os extintores de água pressurizada devem ser utilizados somente em incêndios classe A. Não se deve utilizar este tipo de extintor em materiais carregados eletricamente, pois poderá resultar em choque elétrico. Se utilizado sobre líquido inflamável poderá causar o espalhamento do fogo.

Nenhum destes extintores deverá ser utilizado em incêndios provocados por metais combustíveis. Deve-se utilizar o extintor do tipo “químico seco” com pó químico especial para cada tipo de material.

Mantas corta-fogo são recomendadas em laboratórios que trabalham com grandes quantidades de líquidos inflamáveis e empregadas em casos de incêndios que se estendam para as roupas do operador. A extinção do fogo se dá por abafamento. As mantas devem ser fabricadas com tecido não combustível. (CRQ-IV, 2007).

Devem-se estabelecer parâmetros para a atuação conjunta entre usuários de laboratórios e os serviços públicos para o atendimento de emergência. Procedimento simples, tais como alertar as pessoas nas proximidades do incêndio ou emergência, confinar o incêndio ou emergência, evacuar o prédio e solicitar o socorro são prioritários ao salvamento. Para tanto é necessário planejar, treinar e manter equipes permanentes de usuários dos laboratórios com os conhecimentos básicos de procedimento de socorro (MARINO, 1989).

2.1.3 – Habitabilidade e funcionalidade nos laboratórios

Segundo Civile (2010), habitabilidade é um conceito que envolve os aspectos ligados à qualidade da edificação e de seus componentes. Dessa forma é caracterizada pelo atendimento dos requisitos dos usuários frente ao uso e abrange outros aspectos, como os de funcionalidade, conforto ambiental, segurança, higiene, salubridade e outros.

Civile ainda explica que a organização e funcionalidade dos espaços no laboratório estão relacionadas ao tipo de trabalho ou pesquisa que serão executados. De uma maneira geral, os trabalhos realizados no laboratório requerem

flexibilidade, acomodando a dinâmica dos grupos de trabalho e estudo, e ilimitados arranjos para a área de pesquisa e equipamentos.

Segundo Watch (2001), algumas premissas projetuais devem ser consideradas. A primeira delas é planejar o inesperado, pois os edifícios não devem ser projetados somente com as necessidades e tecnologias disponíveis no momento da sua concepção. Devem-se prever áreas extras, acima dos requisitos mínimos, para a energia, ar condicionado, informática e futuras ampliações. A flexibilidade, portanto, passa a ser uma premissa básica para laboratórios.

A segunda premissa defendida por Watch é a de que os laboratórios devem prever eventos de curto e longo prazo. Os edifícios devem estar prontos para se adaptar a uma nova demanda.

Uma terceira premissa é a de que os laboratórios contam com novas tecnologias de informação, processamento e equipamentos, necessitando de projetos de edifício e mobiliário adequados para recebê-los.

Fatores como acústica, iluminação, ergonomia, acessibilidade, mobiliário e equipamentos são requisitos básicos para o estudo da funcionalidade nos espaços laboratoriais.

Desempenho higrotérmico

Laboratórios são locais de trabalho onde são executadas atividades que exigem solicitação intelectual e atenção constantes. Desta forma, a NR 17, que trata da ergonomia no ambiente de trabalho, recomenda algumas condições de conforto. A primeira delas é sobre o índice de temperatura efetiva, que deve estar entre 20 °C e 23 °C. A velocidade do ar não deve exceder 0,75 m/s. e a umidade relativa deve estar acima de 40%. As condições de umidade do ar devem propiciar a sensação de conforto. É indicado manter a temperatura da sala constante e a umidade relativa entre 45% e 60% quando se tratar de um laboratório químico.

Desempenho acústico

Para se manter os níveis aceitáveis de conforto acústico, o ruído nos laboratórios não deve ultrapassar 65 dB(A). A salubridade das operações implica em

níveis inferiores a 85 dB(A) para uma exposição diária de 8 horas, segundo a NR 17, do MTE.

Segundo a *ASHRAE Handbooks*, os parâmetros de projeto para sons de fundo para laboratórios com sistema de exaustão, variam de 35 a 45 dB(A) quando se tratam de grupos de ensino, e 45 a 55 dB(A) quando se trata de pesquisas/testes com o mínimo de conversação. Os valores descritos são baseados no julgamento das experiências, e não na avaliação qualitativa das reações humanas. Elas representam os limites gerais de aceitação para este tipo de ocupação. Valores maiores ou menores devem ser apropriados e baseados em análise do uso do espaço, necessidades dos usuários e fatores econômicos.

É importante que se analise todos os equipamentos a serem usados no laboratório, a fim de se ter informações mais precisas, formando o embasamento teórico necessário ao projeto e desta forma possibilitar o melhor acondicionamento e posicionamento destes.

Desempenho lumínico

A iluminância recomendada para laboratórios varia de 400 a 700 lux, segundo Grandjean (2005). Para áreas com atividades contínuas, o nível varia de 450 a 500 lux. A ABNT NBR 5413 (1992) sugere três iluminâncias possíveis para laboratórios, sendo 300, 500 e 750 lux, sendo a mais usual a iluminância de 500 lux. Nos casos onde a tarefa se apresenta com refletâncias e contrastes muito baixos, quando os erros forem de difícil correção, quando o trabalho visual for crítico, quando a alta produtividade ou precisão forem de grande importância, ou quando a capacidade visual do operador estiver abaixo da média, recomenda-se a iluminância de 750 lux.

Nos locais onde os usuários permanecem por longos períodos, não basta pautar o dimensionamento dos sistemas de iluminação apenas pela intensidade da luz ou ausência ou presença de sombras. Nestes casos, as cores, contrastes, reflexões, diferenças de intensidades e tons incidentes em cada olho devem ser consideradas. Um sistema de iluminação adequado deve permitir uma visão rápida de indícios de falhas ou defeitos nos instrumentos usados, assim com das operações realizadas.

O projeto de iluminação deve prever qualidade e quantidade de luz necessárias as várias tarefas executadas no laboratório. Um equilíbrio entre a iluminação da superfície de trabalho horizontal e o brilho de outras superfícies perto e distantes do campo de visão são adequadas para uma iluminação com boa acuidade visual.

É necessário minimizar fortes contrastes em todo o campo de visão, ajudando a reduzir a fadiga visual. Entretanto alguns contrastes são necessários para a previsão de acidentes, mesmo que o embotamento visual possa causar fadigas.

Ergonomia e acessibilidade

A postura desfavorável, o estresse de contato, o uso de força, o trabalho repetitivo, a carga estática e vibrações podem ocasionar diversos problemas de saúde aos laboratoristas (ERICKSON e HOSKINS, 1998). Desta maneira é necessário avaliar ergonomicamente os laboratórios, verificando, caracterizando e qualificando as condições a que estão sujeito os usuários em suas atividades durante o processo produtivo em seu local de trabalho.

O projeto além de contemplar questões como a forma do ambiente e seus dados conceituais, deve priorizar a vivência daqueles que irão utilizar o espaço projetado. É nesta questão que o conforto e a acessibilidade do ambiente exercem o seu papel principal que é o respeito pelo usuário que usufrui o espaço onde realiza duas atividades cotidianas.

Desta forma, a proposição de um espaço com o uso democrático para diferentes perfis de usuários deve ser planejada, para que assim toda pessoa, inclusive aquelas com limitações físicas temporárias ou permanentes, possam usufruir do espaço em condições igualitárias (CIVILE, 2010).

A proposta por um desenho universal para espaços como os laboratórios prevê a instalação de um mobiliário que atenda aqueles com deficiência física ou mobilidade reduzida. Para o cadeirante, a bancada deve prever as medidas sugeridas pela ABNT NBR 9050, como demonstrado na figura 3.

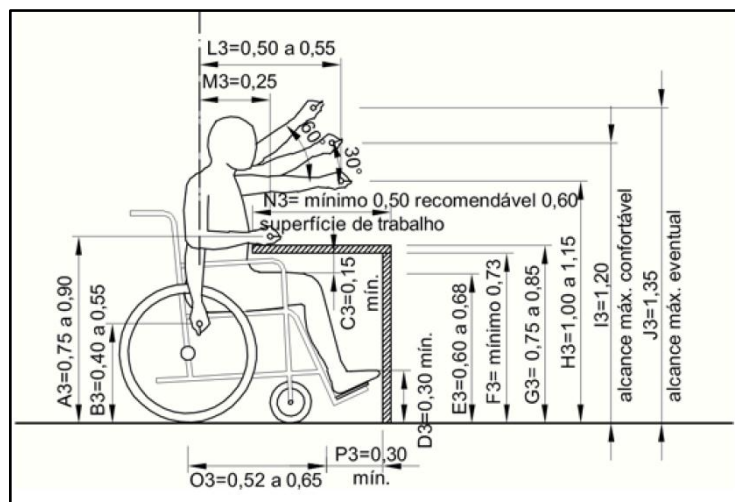


Figura 3: Alcance manual frontal - pessoa em cadeira de rodas.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

Para que um cadeirante possa trabalhar em uma bancada, deve-se considerar uma altura livre mínima de 73 cm entre o piso e a parte inferior da superfície de trabalho, e 75 a 85 cm de espaço entre o piso e a parte superior da superfície de trabalho (ABNT NBR 9050, 2004).

2.2 – RISCOS NOS LABORATÓRIOS

O laboratório de ensino da química oferece diversos riscos aos seus usuários. Define-se risco como todo perigo ou possibilidade de perigo, existindo a probabilidade de perda ou de causar algum dano (CIENFUEGOS, 2001). Riscos à segurança e à saúde podem ocorrer sempre que houver exposição a riscos físicos, químicos ou biológicos. O grau de risco depende do grau de exposição. Identificar e avaliar os riscos são imprescindíveis para a escolha das opções de controle.

DiBerardinis (2002) descreve que os laboratórios podem ser considerados locais inerentemente inseguros, estando seus usuários sujeitos a vários tipos de perigos: incêndio, explosão, sufocamento, envenenamento, infecção, quedas, queimaduras, cortes. O contato com produtos químicos e a manipulação de vidrarias

podem ter como consequências lesões temporárias ou até mesmo causar a morte do trabalhador.

Os perigos potenciais em laboratórios podem ser classificados em quatro categorias principais, segundo Emery e Delclos (2005), sendo químicos, físicos, radiológicos e biológicos. Cada categoria apresenta uma variedade de agentes, que por si só, já mereciam a atenção por parte da equipe especializada do laboratório em controle de riscos, porém, ainda há que se considerar a exposição simultânea destes agentes no laboratório. O *International Hazard Datasheets on Occupational* (2012) acrescenta ainda os riscos ergonômicos e acidentários a lista de categorias de riscos em laboratórios.

Risco químico

Uma variedade muito grande de produtos químicos é manipulada constantemente nos laboratórios de ensino da química. Estas substâncias podem ser corrosivas, irritantes, tóxicas, asfixiantes, cancerígenas, mutagênicas, radioativas, etc (INTERNATIONAL DATASHEETS ON OCCUPATIONAL, 2012). A exposição a substâncias químicas condiciona a existência de riscos químicos em laboratórios. O conhecimento apropriado dos efeitos toxicológicos, as fontes de exposição, e os perigos associados ao transporte a manipulação destes produtos químicos é vital para os trabalhadores deste local (ALEMÁN, 2005).

São considerados agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeira, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que pela natureza da atividade de exposição possam ter contato ou ser absorvidas pelo organismo através da pele ou por ingestão (CIENFUEGOS, 2001).

Em laboratórios, a exposição aos agentes químicos acontece a partir do armazenamento, transporte, manipulação e descarte de produtos químicos. Desta forma é imprescindível conhecer os produtos utilizados no laboratório, através das suas fichas de informação e segurança de produtos químicos (FISPQ) emitidas pelos fabricantes, fornecedores ou importadores, ou ainda através do *Material Safety Data Sheet* (MSDS) que contém o resumo das informações a respeito dos efeitos sobre a saúde, segurança e toxicologia.

As informações básicas sobre o produto químico devem estar presentes no rótulo. Outras informações devem ser de conhecimento dos usuários do laboratório, como os efeitos das substâncias sobre o organismo, a forma correta de manuseio, a incompatibilidade com outras substâncias, e principalmente, no caso dos laboratórios, a reatividade das substâncias quando submetidas a determinadas condições de ensaio. Alguns produtos são inertes nas condições ambientais, mas quando aquecidos, podem se decompor e liberar substâncias altamente tóxicas (TORLONI, 2003).

As substâncias químicas classificam-se com relação aos seus riscos. Baldoire (2000) apresenta os principais grupos de risco:

- a) Explosivos: substâncias que reagem liberando grande quantidade de energia e gases quando submetida a impacto, calor ou outro mecanismo de ignição.
- b) Comburentes: substâncias e compostos que em contato com outras substâncias, especialmente os inflamáveis, produzem uma reação altamente exotérmica.
- c) Inflamáveis: substâncias que em mistura com o ar, e na presença de fonte de energia, entram em ignição e se queimam rapidamente.
- d) Tóxicos: substâncias quando ingeridas, respiradas ou em contato com a pele, mesmo em pequenas concentrações, podem causar efeitos nocivos à saúde.
- e) Cancerígenos: substâncias e compostos que por inalação, ingestão, ou penetração cutânea, podem produzir câncer ou aumentar a possibilidade de ocorrências.
- f) Mutagênicos: substâncias que por inalação, ingestão ou penetração cutânea pode produzir defeitos genéticos hereditários ou aumentar a frequência.
- g) Corrosivos e Irritantes: são substâncias sólidas ou líquidas, que podem causar queimaduras químicas com sérios danos ao tecido vivo no momento do contato.
- h) Sensibilizantes: substâncias que por inalação ou penetração cutânea, podem ocasionar uma reação de hipersensibilidade, de forma que uma exposição posterior a esta substância possa gerar efeitos negativos para a saúde.
- i) Radioativos: substâncias em seu estado natural ou criadas a partir da transformação do núcleo atômico gerando energias perigosas: partículas alfa,

beta, gama, raios X entre outros. Podem causar sérios danos mesmo sem o contato direto. A maioria é altamente tóxicas se ingeridas.

Dados existentes mostram a exposição por inalação dos trabalhadores de laboratório a vapores de solventes (benzeno, tolueno, xileno, éter, bissulfeto de carbono, etc), aldeídos (formaldeídos, glutaraldeído, etc) e metais (mercúrio). Pouco se sabe sobre o potencial de exposição por contato a substâncias tais como aminas aromáticas e os hidrocarbonetos. Os dados epidemiológicos são indicativos, embora não conclusivos, para o aumento do risco de surgimento de câncer, leucemias, e linfomas malignos entre os trabalhadores de laboratórios. Além disso, algumas pesquisas sugerem uma associação entre o trabalho em laboratórios e abortos. Contudo, a falta de dados exatos nestes estudos, não permite uma identificação precisa das substâncias envolvidas diretamente nas doenças constatadas (BURMANN, 2008).

Riscos físicos

São diversas as formas de energia a que possam estar expostos os usuários dos laboratórios, podendo, em função da intensidade, provocar danos físicos nestes. Os riscos físicos mais encontrados nos ambientes de trabalho são: ruído, vibrações, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como infrassons e ultrassons (CIENFUEGOS, 2001). Em laboratórios, o calor, as radiações, assim como as condições ambientais do local de trabalho, são os riscos físicos que comumente os usuários e trabalhadores estão expostos (ALEMÁN, 2005).

O excesso de ruído é prejudicial com o tempo. Alguns equipamentos de laboratórios podem expor os usuários a um ruído considerável, e desta forma deve-se estudar a possibilidade de instalar controles técnicos, tais como proteções e barreiras em torno do equipamento ruidoso, ou entre as zonas com ruído elevado e as demais áreas. Nos lugares onde não há como reduzir os níveis de pressão sonora e os usuários do laboratório sofram eventualmente uma exposição excessiva, deve-se colocar em prática um Programa de Conservação Auditiva (PCA) que inclua a utilização de protetores auriculares e programa de acompanhamento médico para determinar o efeito dos ruídos nos trabalhadores (BURMANN, 2008).

Em princípio, as condições desfavoráveis de conforto térmico que podem acontecer em laboratórios têm como origem a temperatura externa e determinados equipamentos que produzem calor, tais como estufas, autoclaves, queimadores, lamparinas, banhos quentes, mantas aquecedoras, muflas, motores e equipamentos analíticos que trabalham em temperaturas elevadas (espectrômetro de absorção atômica, cromatógrafos de gases, etc). Estas situações podem provocar a sensação de desconforto do operador e predispor-lo a cometer mais erros (GUARDINO et al, 1996).

Não são frequentes as situações de desconforto causadas por baixas temperaturas. Caso o laboratório possua câmara-fria para armazenagem e conservação de amostras, o trabalhador passará por mudanças bruscas de temperatura. Nestas situações é necessário o uso dos equipamentos de proteção individual adequados, sendo recomendada a instalação de uma antecâmara de acesso para facilitar a adaptação térmica (GUARDINO et al, 1996).

O risco de exposição a radiações ionizantes nos laboratórios tem sua origem em fontes radioativas ou geradores de radiação ionizantes (espectrometria de difração e fluorescência de raios-x). Todo laboratório que utiliza ou manipula fontes radioativas ou geradores de radiações ionizantes constitui uma instalação radioativa a não ser que as fontes estejam encapsuladas e os equipamentos homologados como podem ocorrer com os detectores empregados em cromatografia gasosa. Já as radiações não ionizantes estão presentes em laboratórios com o uso de equipamentos como o laser. Os efeitos diretos mais importantes ao ser humano a exposição a este agente são as lesões nos olhos, sobre a córnea, o cristalino e a retina e as queimaduras cutâneas. Outros riscos que também são gerados pela utilização do laser estão relacionados à contaminação atmosférica produzida pela vaporização do material pelo laser, a radiação colateral produzida pelos raios UV e a utilização de corrente de alta tensão para funcionamento deste tipo de equipamento, normalmente maior que 1 kV (GUARDINO et al, 1996).

Riscos biológicos

A Norma Regulamentadora 9 considera como agentes biológicos microrganismos que podem contaminar o trabalhador, sendo estes, as bactérias, os fungos, os bacilos, os parasitas, os protozoários e os vírus (SZABÓ JÚNIOR, 2011).

A exposição a agentes biológicos pode ocorrer em laboratórios nos quais haja trabalho com microrganismos, cultivo de células e experimentação com animais e plantas. Nos laboratórios de ensino da química os riscos biológicos são inexistentes, uma vez que estes elementos não são comuns às práticas laboratoriais. Mesmo em laboratórios de bioquímica experimental, tais agentes biológicos não são comumente encontrados.

Riscos ergonômicos

Os riscos ergonômicos são considerados aqueles que geram algum tipo de lesão ou doença no trabalhador, tendo como causa aspectos relacionados ao levantamento, transporte, descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e as condições ambientais do posto de trabalho e a própria organização do trabalho (SZABÓ JÚNIOR, 2011). Em laboratórios, os riscos ergonômicos estão relacionados com algumas das tarefas mais rotineiras, tais como o manuseio de pipetas, trabalho em microscópio, entre outros. Trabalhar em capelas de proteção para agentes químicos também pode acarretar movimentos repetitivos em posições desajeitadas, forçando juntas e músculos, inflamando tendões, comprimindo nervos e restringindo a circulação de sangue (CDC, 2012).

As técnicas encontradas em laboratórios podem requerer períodos longos de trabalho na posição em pé ou sentado de forma estática, aumentando ainda mais as chances de queixas de dor e desconforto músculo-esquelético. Superfícies de trabalho baixas e o iluminamento do local são também, possíveis causas de desconforto, além de movimentos repetitivos de abrir tampas de frasco (EMERY e DELCLOS, 2006).

Riscos acidentários

O laboratório pode ser considerado um local especial de trabalho, pois pode se tornar perigoso, caso não seja utilizado adequadamente. Dado o tipo de trabalho que são desenvolvidos nos laboratórios, os riscos de acidentes a que estão sujeitos os laboratoristas são os mais variados possíveis (SAVOY, 2003). São diversos os riscos de acidentes em laboratórios, citando-se os respingos de produtos químicos nos olhos e na pele, eletrocução, queimaduras térmicas, intoxicação por inalação ou

ingestão de produtos químicos, risco de incêndio ou explosão (GUARDINO et al, 1996).

Exposição simultânea

Compondo a diversidade de perigos potenciais em laboratórios, as situações que envolvem a exposição simultânea a vários agentes de risco, podem ser comuns. Por exemplo, o trabalho em locais que apresentem risco de acidente, tais como piso irregular, instalação elétrica sem segurança, materiais construtivos combustíveis, etc, onde são executados extrações de matéria biológica com o auxílio de solventes químicos e equipamentos radiológicos. O design apropriado e a implantação de medidas de controle e segurança para essa diversidade de riscos envolvidos nas atividades rotineiras de laboratórios, bem como o conhecimento das possíveis reações de ação simultânea de determinados agentes, deve ser uma preocupação constante daqueles que têm a responsabilidade de manter a saúde e a segurança dos laboratórios (BURMANN, 2008).

2.3 – EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Os equipamentos de proteção individual são equipamentos destinados a proteger o usuário do laboratório em operação com risco de exposição em que se podem ter emissões de produtos químicos, risco de quebra ou explosões de aparelhos de vidro, cortes com vidrarias, etc. Os EPIs devem ser de boa qualidade proporcionar o mínimo desconforto possível, sem tirar a liberdade de movimento do usuário (CARDELLA, 2011).

Os EPIs também poderão ser utilizados em situações ocasionais, como:

- Em casos de emergência, ou seja, quando a rotina do trabalho é quebrada por qualquer anormalidade e se torna necessária o uso de proteção complementar e temporária. Um exemplo típico é o caso de derramamento de produtos químicos.
- Provisoriamente, em período de instalação, reparo ou substituição dos meios que impedem o contato do trabalhador com o produto ou objeto agressivo.

De acordo com a Norma Regulamentadora 6, do Ministério do Trabalho e Emprego, somente poderão ser utilizados EPIs com indicação do CA (Certificado de Aprovação) expedido pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde do trabalho do MTE.

Pode-se classificar os EPIs utilizados em laboratórios em 5 categorias diferentes: os de proteção aos olhos, os para proteção respiratória, proteção para mãos e braços, proteção para pernas e pés e proteção para o tronco.

A proteção aos olhos é imprescindível em operações que envolvem emissões de vapores ou névoas, fumos, espirros, ou respingos de produtos químicos.

Os óculos de segurança devem ser de boa anatomia para oferecer conforto necessário para utilização por horas a fio, não devendo interferir no campo de visão do analista. Diversos modelos são oferecidos pelas empresas de segurança, cada um para um determinado fim. As estruturas podem ser em plástico (tipo policarbonato), especiais, e mais recomendadas por serem leves, duráveis e anatômicas. Existem ainda óculos de proteção que são aqueles com ampla visão e tirante de plástico. São recomendados para trabalhos com ácidos e álcalis concentrados, por oferecerem total proteção dos olhos.

Para a proteção de pernas e pés recomenda-se o uso de calças compridas em tecidos não sintéticos, e para a proteção dos pés, calçados fechados com solado de borracha, tipo neoprene ou similar.

Recomenda-se a utilização de aventais de manga longa, com comprimento na altura dos joelhos, confeccionados em tecido de algodão e sem cinto, para a proteção do tronco. Em casos de emergências, como o derramamento de um produto químico, o avental deve ser facilmente removido.

Incisões, arranhões, escoriações e queimaduras são as lesões mais comuns nos dedos e mãos. Apesar da dificuldade de proteger os dedos pois são necessários para realizar o trabalho, eles podem ser protegidos contra muitas lesões com o uso de equipamentos de proteção apropriados. Na tabela 6 estão indicados alguns tipos de luvas e suas recomendações.

Tabela 6: Tipos de luvas e uso recomendado

Tipos de luvas	Uso recomendado
Luvras de Grafatex® e Klevar®	Proteção contra queimaduras
Luvras de malha metálica	Proteção a quem trabalha com facas e outras ferramentas constantes
Luva de raspa ou vaqueta	Resistem a cavacos e superfícies ásperas (manobras operacionais)
Luvras de PVC ou látex	Manuseio de produtos químicos, substâncias ásperas ou corrosivas
Luvras de lona ou algodão	Proteção contra sujeira e objetos ásperos ou abrasivos
Luvras de borracha	Para trabalhos em equipamentos sob tensão
Luvras de lona impregnada de vinil	Proteção contra substâncias químicas de concentração moderada (indicadas para instrumentos em trabalhos que requeiram tato).

Fonte: CIENFUEGOS, F. **Segurança no laboratório**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

As luvas devem ser frequentemente inspecionadas nas costuras, nas palmas e dorso, quanto a cortes, inclusive na proteção aos dedos. Nestes casos, substituir imediatamente.

É evidente que apenas um tipo de luva não será satisfatório para todos os usos. Mesmo nos laboratórios mais modestos, pode ser necessário dispor de 4 ou 5 tipos de luvas diferentes para o uso cotidiano. Para a seleção do tipo mais adequado devem ser consultadas as tabelas de resistência química das luvas (tabela 8) e efetuar o teste em uma amostra do fabricante (CRQ-IV, 2007).

A seleção dos equipamentos de proteção respiratória deverá levar em consideração os produtos químicos e a concentração a que o usuário no laboratório estará exposto. Nas situações onde o usuário não possa utilizar uma capela para a manipulação de tais produtos, deverá ser oferecida uma máscara de proteção com filtro adequado. Em casos mais específicos, onde há uma maior periculosidade, deverá ser consultado um profissional habilitado na área de segurança ou higiene ocupacional.

Tabela 7: Resistencia química de luvas utilizadas em laboratórios

Produto químico	Borracha e látex	Neoprene Nitrílica	Borracha	PVC
Ácido acético 50%	E	E	E	E
Ácido clorídrico 35%	E	E	E	E
Ácido fluorídrico 40%	E	E	E	E
Ácido fosfórico 80%	E	E	E	E
Ácido sulfúrico 50%	E	E	E	E
Acetato de etila	B	B	SA	SA
Acetona	E	E	SA	SA
Acetonitrila	AS	E	NT	SA
Ácido nítrico	E	E	B	E
Álcool etílico	E	E	E	E
Álcool isopropílico	E	E	E	E
Álcool metílico	E	E	E	E
Benzeno	AS	SA	SA	SA
Ciclohexano	AS	E	E	NT
Dietanolamina	E	E	E	E
Dissulfeto de carbono	AS	SA	B	SA
Formaldeído 30%	E	E	E	B
Hexano e heptano	SA	E	E	AS
Hidróxido de amônio	E	E	E	E
Hidróxido de sódio 40%	E	E	E	E
Hidróxido de potássio 45%	E	E	E	E
Nitrobenzeno	NT	B	SA	SA
Tetracloreto de carbono	AS	SA	B	B
Tetrahidrofurano	AS	SA	SA	SA
Tricloroetileno	AS	SA	SA	AS
Tolueno	AS	SA	SA	SA
Trietanolaminas	E	E	E	E

Legenda: (E) Excelente, (B) Bom, (SA) Satisfatório, (NT) Não testado

Fonte: CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA – IV REGIÃO **Guia de Laboratórios para o Ensino da Química:** instalação, montagem e operação. São Paulo, 2007.

2.4 – RESÍDUOS QUÍMICOS

Um descarte descontrolado de resíduos químicos pode ser danoso e prejudicial ao meio ambiente. Portanto, cuidados devem ser tomados no descarte de

todos os produtos químicos. Procedimentos devem ser criados no local de descarte para o manuseio rotineiro dos reagentes (CIENFUEGOS, 2001).

Os resíduos químicos nos laboratórios devem ser segregados e armazenados em recipientes adequados, em local ventilado, rotulados e afastados de áreas de circulação (CRQ-IV, 2007).

Pontos de descarte devem ser indicados claramente e um adequado revestimento do reservatório de resíduos do laboratório deve ser providenciado. Os reservatórios para resíduos danosos devem ser etiquetados. Deve-se tomar cuidado com a formação de misturas reativas nos reservatórios, porque isto irá criar novos perigos (CIENFUEGOS, 2001).

Sempre que possível os resíduos deverão ser tratados no laboratório, e descartados de forma adequada, podendo em alguns casos, serem despejados na pia. Resíduos aquosos ácidos ou básicos devem, por exemplo, serem neutralizados antes do descarte (CRQ-IV, 2007).

Deve ser lembrado que o acúmulo de material tóxico no sistema de esgoto doméstico pode ser danoso para o pessoal do laboratório. Além disso, o próprio balanço biológico no tratamento de esgoto pode ser afetado seriamente por mudança de pH, resultando em efluentes ácidos ou alcalinos. A presença de metais pesados ou outros elementos tóxicos também são prejudiciais (CIENFUEGOS, 2001).

2.5 – RÓTULOS PADRONIZADOS

A partir de um sistema uniformizado de identificação, as situações de riscos nos procedimentos de manipulação de produtos químicos são atenuadas. Os rótulos padronizados são identificações utilizadas internacionalmente para a classificação de produtos e resíduos químicos para armazenamento, manipulação e tratamento. A Norma Regulamentadora 26 traz algumas instruções para a elaboração dos rótulos. Entretanto algumas informações adicionais são recomendadas, facilitando a padronização dos rótulos utilizados em diferentes frascos, e em diferentes tamanhos. A primeira recomendação é que todo frasco contendo uma solução

química preparada pelo laboratorista receba um rótulo contendo o nome da solução, a fórmula química, concentração, uso específico (quando não for de uso geral), data da preparação e validade (quando for preciso), simbologia internacional de riscos e terminologia de riscos, e nome do responsável (CRQ-IV, 2007).

Uma rotulagem que dá as informações sobre os perigos oferecidos pelo material é o protocolo denominado “Diamante do Perigo NFPA 704”. O Diamante do Perigo (DP), também conhecido por Diamante de Hommel, é dividido em quatro quadrantes. Os três primeiros são seções coloridas indicando a toxicidade, a inflamabilidade e a reatividade de produtos químicos perigosos, cujo número que varia de 0 a 4, está relacionado à periculosidade do material. Quanto maior o número, maior o risco. O quarto quadrante reserva-se a características especiais desse material. Esse rótulo possui sinais de fácil reconhecimento e entendimento, os quais podem dar uma ideia geral do comportamento do material, assim como seu grau de periculosidade (ALBERGUINI et al, 2005).

A etiqueta deve ser colocada no frasco antes de se inserir a solução preparada ou resíduo químico, para evitar erros. Abreviações e fórmulas não são permitidas. Todos os frascos devem ser etiquetados seguindo o DP, que deve estar completamente preenchido. Se a etiqueta for impressa em preto e branco, esta deve ser preenchida utilizando canetas das respectivas cores indetificadoras. Se houver uma mistura de duas substâncias diferentes, a classificação do DP deve priorizar o produto mais perigoso do frasco, independente da concentração. Para o preenchimento dos rótulos pode-se consultar as fichas do Material Safety Datasheet (MSDS), nas quais a classificação de cada produto químico pode ser encontrada (ALBERGUINI et al, 2005).

Segundo Castro (2010), a redução da variedade, da disparidade de critérios e de soluções adotadas atualmente poderá ajudar a diminuir, ou eliminar, as dificuldades de compreensão e, por conseguinte, os acidentes, lesões, doenças e catástrofes ambientais relacionadas com substâncias químicas.

Para harmonizar as diferentes classificações existentes e sistemas de rotulagem para todo o mundo, surgiu em 2002 na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas o sistema conhecido como GHS (*Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals*). Somente após dois anos a primeira edição revisada do GHS foi adotada, e publicada em 2005. A terceira edição revisada foi publicada em 2009. O GHS oferece a primeira base globalmente uniformizada para avaliação das propriedades das substâncias. Estabelece condições para o alto nível global de proteção para a saúde humana e o meio ambiente.

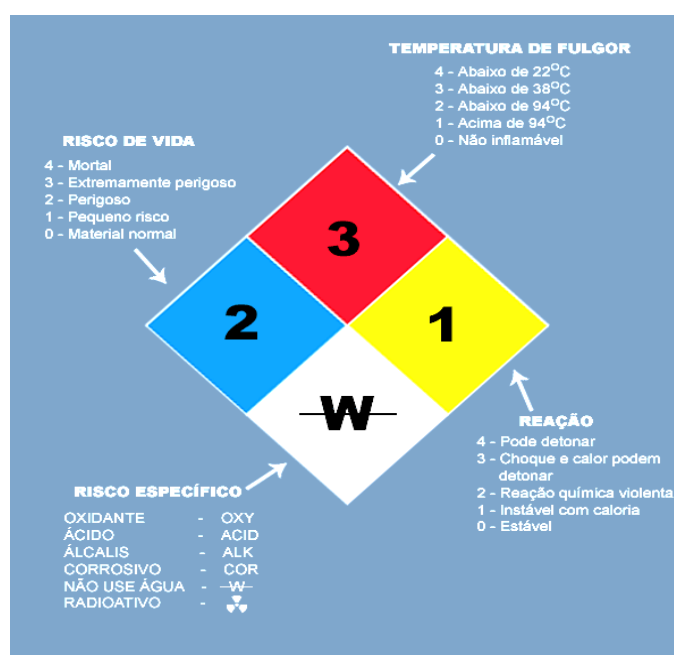


Figura 4: Diamante de Hommel

Fonte: http://www.eaconsantos.com/d_hommel

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A questão da segurança nos laboratórios didáticos de química deve ser analisada segundo dois focos distintos. O primeiro deles é a questão dos aspectos construtivos e instalações, e o segundo é sobre os aspectos de operação e uso.

Com relação aos aspectos construtivos e de instalações, este trabalho tem o propósito de analisar esta questão de forma qualitativa, e através dos resultados, o responsável pode tomar as decisões necessárias à melhoria das condições de segurança no laboratório.

Inicialmente, a área de estudo aplica-se à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, para a validação da forma de avaliação proposta. A escolha pelos laboratórios didáticos desta unidade é satisfatória ao projeto de estudo, possuindo laboratórios didáticos para o ensino da química geral experimental, inorgânica experimental, orgânica experimental, química analítica e análise instrumental. Os laboratórios são considerados multiusos, pois atendem a duas ou mais disciplinas. São quatro laboratórios em uso, com cerca de 100 m² cada, utilizados por turmas de 35 alunos em média. Existe ainda a construção de um prédio de laboratórios didáticos, com três pavimentos e 12 laboratórios.

Com base no referencial teórico, relatado no capítulo anterior foi desenvolvida uma ferramenta para a avaliação das condições de segurança nos laboratórios, denominada *check list*. A elaboração desta ferramenta deve contemplar todas as disposições necessárias para identificar possíveis falhas na segurança e saúde no local, e posteriormente indicar quais as medidas de controle ou eliminação dos riscos.

É comum Universidades e escolas elaborarem *check lists* para a análise de riscos em laboratórios. O número de respostas positivas ou favoráveis à segurança, relacionados ao número total de perguntas representa o resultado em percentual, da questão da segurança nos laboratórios. O resultado é uma medida indicativa do nível de segurança existente no laboratório.

Nesta primeira fase do estudo as recomendações apresentadas no questionário são pautadas pelo referencial teórico do capítulo anterior. Ao todo são 75 questões de fácil entendimento, aplicável ao responsável pelo laboratório ou seus usuários.

É importante restringir ao máximo o número de itens, não se afastando do objetivo de se fazer uma forma de avaliação de fácil aplicação e principalmente, com o intuito de se fazer uma avaliação para fins gerenciais.

O *check list* foi elaborado para que não houvesse dificuldade na coleta de dados e fosse de fácil entendimento para o aplicador. A primeira coluna enumera os subitens, a segunda os define sob a forma de afirmações respaldadas pelo referencial teórico, a terceira coluna é relacionada à existência ou não do subitem. Entretanto, em algumas situações verifica-se a existência do subitem, mas ele não é adequado. Daí surge a necessidade da quarta coluna onde é colocado se apesar da existência, o item é adequado. Um recorte do *check list* é apresentado a seguir:

Tabela 8: *Check list* – condições mínimas de segurança (recorte)

ASPECTOS CONSTRUTIVOS E INSTALAÇÕES					
ITEM	RECOMENDAÇÕES	EXISTE		ADEQUADO	
		SIM	NÃO	SIM	NÃO
01	A fachada do edifício onde está instalado o laboratório apresenta aberturas que facilitam o acesso a cada pavimento, em caso de emergência, livre de obstruções.				
02	As aberturas têm altura mínima de 1,20 m e largura não inferior a 80 cm.				

A partir da visita aos laboratórios, supervisionada pelos gestores e até mesmo pelo SESMT, pode-se aplicar o *check list* (versão completa encontra-se no apêndice A). É importante que seja feito um registro fotográfico. A fotografia do local auxiliará na identificação do setor e instalações existentes, e também poderão ser utilizadas auxiliando na descrição das tarefas, permitindo ilustrar os processos do trabalho. O registro fotográfico também apresenta a vantagem de ilustrar o descumprimento de um item, auxiliando o responsável identificá-lo e posteriormente, propor uma solução. Por uma questão ética, o registro deve ser feito com o consentimento dos trabalhadores.

Terminado o preenchimento do *check list*, e o registro fotográfico das não conformidades, segue-se à análise dos resultados para esta primeira fase do projeto, que é a avaliação das condições de segurança relacionadas aos aspectos construtivos e instalações.

A segunda fase da avaliação diz respeito à operação e uso do laboratório. Esta fase é mais complexa que a primeira, e desta maneira a avaliação se diferenciara. Enquanto a primeira fase avaliava se existia ou não uma capela no laboratório, e se esta capela era adequada ou não ao laboratorista, a segunda fase abordará a questão da segurança em respeito aos procedimentos realizados pelo usuário, às políticas de segurança e saúde no trabalho e à organização e administração de maneira geral.

A análise destes itens é básica, pois permite verificar, entre outros aspectos, o interesse, a participação e o apoio da alta administração (diretoria, reitoria, etc) e as condições mínimas efetivas da organização em desenvolver atividades de Segurança e Saúde do Trabalho (SST).

Para Mack (1999), inicialmente alguns aspectos básicos para o desenvolvimento da forma de avaliação precisam ser definidos. O primeiro deles é definir quais os itens e subitens a serem analisados. Em seguida é preciso definir a pontuação de cada um deles. Após esta definição, é necessário pensar em como serão as características de cada nível de avaliação. Por fim, que critérios serão estabelecidos para a conclusão a respeito da situação da estrutura de segurança e trabalho da organização.

A escolha dos itens e subitens foi baseada no trabalho proposto por Mack (1999), e pautada na objetividade, estabelecendo o mesmo critério da primeira fase deste trabalho. Neste momento há uma natural interdependência entre os diversos aspectos analisados, de forma que os mesmos poderiam constar como parte principal ou complementar em mais de um subitem.

A tabela 9 mostra um quadro-resumo dos itens e subitens definidos para o trabalho.

Tabela 9: Resumo geral dos itens da forma de avaliação

Nº de ordem	ITEM	SUBITENS	PONTUAÇÃO	% DO GLOBAL
01	Política de Segurança e Saúde do Trabalho – Liderança	03	20	20
02	Planejamento e Implementação da gestão da SST	03	20	20
03	Organização do Sistema de Gestão da SST	06	15	15
04	Atividades não diretamente relacionadas com riscos e previstas na gestão da SST	03	05	05
05	Atividades de controle de riscos não específicas de laboratórios químicos	05	15	15
06	Atividades de controle de riscos específicos de laboratórios de ensino	04	25	25
TOTAIS		24	100	100

Escolhidos os itens e suas pontuações máximas, seguiu-se à escolha dos subitens e suas referidas pontuações. A escolha das pontuações máximas de cada item e subitem não foram feitas de maneira aleatória. Para a conclusão de que valores tomar estudou-se o sistema de avaliação da estrutura de segurança do trabalho de indústrias químicas de médio e alto risco (MACK, 1999). A adequação foi necessária, por se tratar de um sistema muito mais simples, proporcional aos riscos do laboratório de ensino. Em seu trabalho, Mack descreve que esta adequação é necessária e possível de ser feita por quem tem experiência no setor em questão.

A tabela seguinte mostra o resumo geral dos itens e subitens da forma de avaliação.

Tabela 10: Resumo geral dos itens e subitens da forma de avaliação

Nº de ordem subitens	ITEM/SUBITEM AVALIADO	PONTUAÇÃO MÁXIMA PONDERADA
	1 – Política de Segurança e Saúde do Trabalho (SST) - Liderança	20
01	1.1 – Política de Segurança e Saúde do Trabalho	6,00
02	1.2 – Programa de SST. Coordenação – participação da direção – Comissão de Segurança	8,00

Nº de ordem subitens	ITEM/SUBITEM AVALIADO	PONTUAÇÃO MÁXIMA PONDERADA
03	1.3 – Padrões estabelecidos para o desempenho da gerência, da administração e dos empregados – Responsabilidades	6,00
	2 – Planejamento e implementação da gestão da SST	20
04	2.1 – Diretrizes básicas e planejamento da SST no contexto global de organização	8,00
05	2.2 – Planejamento proativo da SST	6,00
06	2.3 – Mensuração do desempenho – análise crítica – auditorias	6,00
	3 – Organização do sistema da gestão da SST	15
07	3.1 – Estrutura Organizacional da SST – CIPA – Integração e cooperação	4,50
08	3.2 – Treinamento na área da SST	3,00
09	3.3 – Sistemas de Comunicação	1,50
10	3.4 – Sistemas de normalização – Documentação	3,75
11	3.5 – Disponibilidade de profissionais especializados, competentes, e de recursos e informações	1,50
12	3.6 – Atendimento da legislação	0,75
	4 – Atividades não diretamente relacionadas com riscos e previstas na gestão da SST	5
13	4.1 – Registro, controle, resolução de deficiências do sistema da gestão do SST, não relacionadas diretamente com riscos	1,00
14	4.2 – Higiene e saúde ocupacional – Primeiros Socorros	1,75
15	4.3 – Ordem e limpeza	2,25
	5 – Atividades de controle de riscos não específicas de laboratórios químicos	15
16	5.1 – Identificação, avaliação e controle de riscos (investigação de acidentes/incidentes) – Inspeção	3,00
17	5.2 – Sinalização – Promoção geral da segurança	3,00
18	5.3 – Instruções de trabalho	3,00
19	5.4 – Equipamentos de Proteção Individual	3,00
20	5.5 – Prevenção de combate a incêndios	3,00
	6 – Atividades de controle de risco específicas de laboratórios de ensino	25
21	6.1 – Identificação, avaliação e controle de riscos em geral de produtos químicos	7,50
22	6.2 – Armazenamento de produtos químicos	7,50
23	6.3 – Controle ambiental e de disposição de resíduos	7,50
24	6.4 – Planos de emergência	2,50

Definidos os valores máximos de cada subitem, foram estabelecidas as faixas de valores para cada nível de avaliação (ruim, regular, bom, muito bom e excelente), sendo o valor 100 para a melhor pontuação do item, no nível excelente, resultante da soma dos valores dados no mesmo nível excelente para os subitens. A distribuição dos demais valores dos subitens através das faixas para cada nível de avaliação atenderia os seguintes valores referenciados ao valor máximo do nível excelente:

- Excelente 91-100%
- Muito bom: 76-90%
- Bom: 51-75%
- Regular: 21-50%
- Ruim: 0-20%

Pelo exposto seria obtido um valor inicial de pontuação para cada item, que seria a soma dos valores obtidos para cada subitem, tudo referenciado ao valor 100 para o item. Denominou-se esse valor de t_n , onde n é o número do item em questão. Evidentemente, houve necessidade de referenciar este valor de t_n ao valor final 100 da avaliação. Assim, os valores de t_n precisaram ser multiplicados por um fator de ponderação que seria o percentual do valor máximo do item, em relação ao valor máximo da avaliação, isto é, 100. Estes resultados finais de cada item seriam representados por T_n .

Para exemplificar, um recorte para o item 1 é mostrado a seguir (Tabela 11).

O item 1 tem uma pontuação ponderada máxima de 15 pontos. Este item é dividido em 3 subitens. Logicamente, os pesos de cada subitem são diferentes, e pelo estudo adotou-se que o primeiro subitem valeria 30% da nota do item, o segundo 40% e o terceiro 30%. Caso os três subitens fossem avaliados como excelente, a somatória dos subitens resultaria em 100, que multiplicado pelo fator de ponderação em percentual do item (neste caso 0,15), daria a nota 15 final, correspondente à pontuação ponderada máxima do item 1.

Os valores distribuídos para os níveis ruim, regular, bom, e muito bom foram proporcionais ao item excelente. Como visto anteriormente, o nível ruim, por exemplo, vale de 0 a 20% do valor máximo do nível excelente. Isto significa dizer

que para o nível ruim, o valor atribuído poderia ser entre 0 e 6 para o primeiro subitem. De forma análoga, o nível regular poderia ter um valor de 6,3 a 15, o nível bom de 15,3 a 22,5, e por fim o nível muito bom poderia ter um valor de 22,8 a 27.

Tabela 11: Quadro de avaliação do item 1 – Política de Segurança e Saúde do Trabalho – SST (Liderança).

Sistema de Gestão da SST							
Quadro de Avaliação							
ITEM	1. Política de Segurança e Saúde do Trabalho (SST) – Liderança	PONTUAÇÃO PONDERADA MÁXIMA					20
Subitem	Pontuação máxima	Nível					Pontuação dada parciais/máxima
		R	Re	B	Mb	E	
1.1 - Políticas de Segurança e Saúde do Trabalho		06	13	22	27	30	
1.2 – Programa da SST. Coordenação. Participação da direção. Comissão de Segurança		08	20	30	36	40	
1.3 – Padrões estabelecidos para o desempenho das gerências, da administração e dos empregados. Responsabilidades		06	15	22	27	30	
Pontuação total	Máxima no nível	20	50	74	90	100	
	Não ponderada t_1						
	Ponderada $T_1 = t_1 \times 0,20$						

Legenda: R (ruim), Re (regular), B (bom), Mb (muito bom), E (excelente)

A fim de padronizar as avaliações, a nota atribuída a cada nível foi estabelecida como um valor fixo, e não como uma faixa de valores. Desta maneira há menos subjetividade na avaliação, e conseqüentemente uma menor flutuação do resultado final. Dois avaliadores que reconhecem o subitem da mesma forma atribuiriam a mesma nota.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresentará uma discussão sobre os requisitos mínimos de segurança em um laboratório de ensino da química, mostrando que a forma de avaliação proposta é válida e pode ser aplicada facilmente em qualquer laboratório didático.

Inicia-se a discussão pela primeira fase do trabalho, onde se tratou dos aspectos construtivos e instalações dos laboratórios de ensino. Percebem-se pela extensa revisão bibliográfica que o projeto de um laboratório de química envolve vários fatores e profissionais qualificados. É necessário que haja uma sinergia entre os profissionais para que o projeto depois de realizado contemple ao menos os requisitos considerados mínimos para a segurança do trabalhador.

Uma ideia compartilhada por todos os que projetam e constroem laboratórios é a de que muitas vezes planejar a renovação de um laboratório pode ser mais desafiador do que a construção de um novo, pois as estruturas existentes e os equipamentos podem limitar as opções de projeto. Entretanto, mesmo com estas dificuldades a questão da segurança nos laboratórios não deve ser negligenciada.

A Escola de Engenharia de Lorena, da Universidade de São Paulo, foi escolhida para validar a forma de avaliação proposta neste trabalho apresentando laboratórios do ensino da química em construção e também outros existentes a mais de 30 anos.

A ideia de que construir um laboratório novo partiu do fato de que os laboratórios de ensino precisariam ser ampliados em função do número de alunos cada vez maior. A reforma dos laboratórios existentes se tornaria demasiadamente onerosa, visto que foram construídos na década de 70 onde o projeto tinha outra interpretação. Naquela época os laboratórios eram construídos na sua maior parte em alvenaria, tornando o *layout* do laboratório algo fixo, de difíceis mudanças futuras.

Na aplicação do *check list* percebeu-se que os laboratórios de ensino da química necessitam de ações imediatas para o estabelecimento de um nível

satisfatório de segurança, com 45 respostas positivas, para um total de 75 questões. Considera-se que o nível alcançado de 60% de conformidades não é satisfatório quando o assunto é segurança. Esperava-se um nível maior de conformidade, sendo 80% algo aceitável.

Entretanto, apesar das 45 respostas positivas, os avaliadores disseram que 13 destes aspectos poderiam ser melhorados. Um exemplo que se pode citar é a questão das iluminações de emergência. Os laboratórios contam com um sistema de iluminação de emergência, porém este não é adequado. Questões como esta trazem certa incerteza na resposta de quem realiza a avaliação, e que, portanto devem ser analisadas.

Dos 28 aspectos avaliados como não existentes, a maior parte diz respeito à proteção contra incêndio, capelas e equipamentos de emergência, o que torna as ações de controle de risco ainda mais urgentes.

Na avaliação proposta, duas questões não foram respondidas. A questão sobre a vazão do chuveiro de emergência e sobre a vazão do lava-olhos. Pela dúvida, decidiu-se por não as responder. Os chuveiros e os lava-olhos estão em perfeito funcionamento, porém não se sabe ao certo se a vazão atende o que é padronizado e relatado na revisão bibliográfica.

O resultado desta primeira fase que avalia os aspectos construtivos do laboratório mostrou que o *check list* proposto é satisfatório, pois o resultado obtido é próximo ao resultado esperado. Talvez a formulação de tantas questões tenha sido um fator preponderante para a nota, pois quanto mais questões formuladas, mais criteriosa é a avaliação.

O CRQ-IV Região em visita aos laboratórios de ensino da Escola de Engenharia de Lorena para a acreditação do selo de qualidade do curso técnico, avaliou os laboratórios como razoáveis, mencionando os mesmos problemas avaliados neste trabalho. Isto mostra mais uma vez a validade do questionário proposto neste trabalho, pois por diferentes formas de avaliação o resultado final é o mesmo ou muito parecido. No item condições de conservação das instalações, os auditores do CRQ-IV atribuíram o conceito 3 (razoável), que significa dizer que elas estão parcialmente adequadas com as exigências da formação previstas no projeto

técnico-pedagógico do curso. No item equipamentos de segurança, o CRQ-IV atribuiu o conceito 4 (adequado), relatando que os laboratórios precisam de adequações necessárias aos extintores e saída de emergência.

A construção de um novo prédio para laboratórios se apresentou como uma oportunidade para sanar todas as deficiências encontradas nos laboratórios em funcionamento. As questões foram levantadas e incluídas no projeto. Entretanto não é plausível esperar pela entrega do novo laboratório para a adequação das deficiências do laboratório existente, e esta situação só é resolvida através da aplicação de uma política em respeito à segurança e saúde do trabalho, com o apoio incondicional da direção.

Desta maneira inicia-se a discussão sobre a segunda fase da avaliação, que é voltada à política e programas de segurança e saúde do trabalho.

A Política da Segurança e Saúde do Trabalho (PSST) deve ser prioritária ao órgão máximo da administração escolar. Seja numa Universidade, ou numa escola técnica, a direção deve apoiar, definindo claramente esta política. Pela sua estreita ligação com os resultados de um programa de segurança, a PSST deve ser o primeiro aspecto a ser analisado. Bons resultados são alcançados nos aspectos de segurança do trabalho, quando há o interesse e ações diretas da alta administração.

Contudo, não basta que a política exista apenas no papel. A necessidade de se estabelecer um programa de SST, com prazos definidos, com a resolução das mais diversas deficiências e objetivos de melhorias contínuas deve ser coordenada por alguém competente, que tenha o apoio da direção, recursos e envolvimento dos diversos níveis de chefia.

Por fim, o último item avaliado é o que diz respeito aos padrões estabelecidos para o desempenho das gerências, da administração e dos empregados, tratando das suas responsabilidades.

O envolvimento e a participação direta de todos, principalmente dos que exercem algum tipo de chefia, são essenciais para a obtenção dos resultados necessários à implantação das medidas de SST. As responsabilidades de cada um devem ser definidas e reconhecidas em documentos (normas).

A Escola de Engenharia de Lorena conta com um programa em segurança e saúde do trabalho, entretanto o programa esbarra em algumas questões burocráticas e de recursos humanos. Todos os programas de SST são coordenados pelo GSMT (Grupo de Segurança e Medicina do Trabalho), que é subordinado diretamente à direção. Embora o programa tenha sido estabelecido já há algum tempo, os padrões estabelecidos para o desempenho das gerências, da administração e empregados e a definição das suas responsabilidades ainda é deficitária.

Embora o primeiro item trate da existência de um programa de segurança e saúde do trabalho, este não basta apenas existir. É preciso que a organização se mostre interessada pela administração da SST. Assim os objetivos relativos à SST devem estar bem definidos e formalizados em manuais de ampla divulgação. Para a concretização destes objetivos devem ser feitos planejamentos periódicos com a definição clara dos objetivos de maior prioridade e das metas consequentes.

A gestão em segurança do trabalho não pode ser pautada numa ação reativa, ou seja, atendendo as deficiências constatadas após a ocorrência de acidentes, incidentes e inspeções. Ela deve ser pautada na mentalidade preventiva, aumentando o nível do conhecimento para se detectar antecipadamente novos possíveis riscos, analisando-os e tomando-se as medidas para controlá-los. Este planejamento denominado proativo, que é essencialmente preventivo, necessita de determinação e envolvimento da direção, estabelecendo medidas firmes, como o sistema de análise e controle de riscos.

Todo planejamento deve ter o seu desenvolvimento acompanhado, através de indicadores de resultado para os objetivos propostos. Desta forma, as auditorias são necessárias e através das análises críticas a direção pode adequar os planejamentos previstos, conforme o alcance ou não dos objetivos fixados.

Com relação ao planejamento e implementação da gestão da segurança e saúde do trabalho, a EEL possui os objetivos definidos, porém não implementados. A falta de recursos humanos se coloca como o principal obstáculo para a implementação.

Evidentemente não basta uma política em SST e planejamentos se não houver uma adequada estrutura de segurança com pessoal especializado e competente e recursos para desenvolver as várias atividades de segurança e saúde do trabalho. É necessário que haja uma integração e cooperação entre a CIPA e os usuários, chefias e direção, principalmente em atividades de segurança, como a análise de acidentes e a análise de riscos.

Considerando que o conhecimento e avaliação dos riscos, a eficiência da equipe especializada em SST e a integração e cooperação de todos em atividades de segurança são aspectos básicos de qualquer programa de segurança, a existência de um treinamento amplo na área de SST é de vital importância. Existe ainda o fato de que o desenvolvimento de mentalidade preventiva é conseguido através de atividades contínuas de educação e treinamento.

Através da educação e treinamento os usuários se sentem mais a vontade para comunicar quaisquer deficiências ou observações julgadas necessárias de registro. Um sistema de gestão da SST adequado pressupõe uma ampla divulgação dos aspectos relacionados com segurança, não só os positivos, como também os negativos. Os quadros de avisos, palestras localizadas, treinamentos e reuniões mensais são ótimas ferramentas para este tipo de comunicação.

As deficiências comunicadas podem ser úteis quando num planejamento proativo elas são eliminadas e como medida de controle são adotadas normas, contendo instruções e procedimentos recomendados para a atividade segura. Não é exagero dizer que sem um sistema normalizado, a questão da segurança fica deficiente. Neste aspecto, se não houver uma política de cumprimento das normas por parte da direção, dificilmente elas serão atendidas.

A EEL conta com cerca de 50 normas que esperam aprovação da direção para a sua implementação. Estas normas são relacionadas à segurança em diversos setores, inclusive os laboratórios de ensino.

Os profissionais especializados do SESMT devem receber treinamento suficiente para atenderem perfeitamente as necessidades normais da instituição, incluindo avaliação de riscos. Somente em casos especiais devem ser contratados consultores externos especializados.

A legislação nacional referente à SST apresentada normalmente na forma de Normas Regulamentadoras (NR) não cobre muitos dos aspectos básicos para a avaliação de um sistema de gestão da SST. No entanto apresenta alguns aspectos mínimos importantes a serem atendidos em atividades ou situações específicas e que são ou podem ser exigidos através de fiscalizações. No caso dos laboratórios de química, uma das principais Normas Regulamentadoras é a que diz respeito aos equipamentos de proteção individual.

Procurando avaliar se a instituição também se preocupa com aspectos que de uma forma indireta tem influência nos resultados do programa de segurança, é que foi incluído este item no questionário. É necessário que evidenciado alguma deficiência, exista um planejamento específico para registro, controle e resolução desta deficiência não relacionada diretamente com riscos. Cita-se como exemplo a falta de uma sala para treinamento, ou então a inexistência de recursos de informática.

No tocante à higiene e saúde ocupacional, é importante que se tenha um posto médico estruturado para todas as situações normais de atendimento e emergência, e um PCMSO de cumprimento exemplar e pleno apoio da direção. Os riscos à saúde devem ser constantemente divulgados no sentido de todos o conhecerem de forma completa.

Ordem e limpeza são fatores importantes para uma melhor segurança. Quando deficientes, normalmente estão ligadas a falta de normalização ou de seu cumprimento, de mentalidade preventiva, de fiscalização e participação de chefias, sendo todos estes aspectos vitais para uma boa gestão em SST.

O projeto de um pronto atendimento no campus da EEL tramita pelos colegiados, não havendo no momento uma solução para este problema.

Depois de se analisar a política, o planejamento e a organização, e também as atividades não diretamente relacionadas com riscos, segue-se a um segundo momento da análise, que é a identificação, avaliação e controle de riscos através de análises antecipadas, inspeções e investigações de acidentes/incidentes.

A condição básica para um bom resultado neste aspecto é ter um procedimento normalizado de IACR, apoiado pela direção através de recursos para

a resolução de deficiências (condições inseguras, atos inseguros). Este procedimento normalizado de investigação de acidentes deve ser prioritário pela direção, considerando a segurança antes de qualquer coisa.

As investigações de acidentes e inspeções planejadas devem ser feitas através de comissões de empregados, reportando diretamente à direção da instituição. É preciso que se dê prioridade a estas tarefas, e como consequência natural, os reflexos destas atividades serão vistos por todos os usuários.

As avaliações de risco devem ser feitas em todas as situações de risco registradas através das comissões e usando um método quantitativo. A disponibilidade de recursos para o programa de eliminação ou controle de riscos deve ser substancial, acima do que ocorre normalmente.

O item seguinte, que trata da sinalização e promoção geral da segurança deve avaliar qual o papel que a sinalização tem naquela instituição. Uma das atividades que mais influenciam na melhoria do nível de segurança é a sinalização. Placas, demarcações, painéis, faixas e quadros de avisos devem despertar no usuário a ideia de organização e estimular a mudança de atitude perante as exigências legais.

Outros fatores que inspiram a mudança de atitudes são quaisquer atividades promotoras da educação e treinamentos na área de segurança e saúde do trabalho. Reuniões mensais, palestras, campanhas diversas e as semanas internas de prevenção de acidentes, quando apoiados pela direção, são bons exemplos de atividades que impulsionam estas modificações. Todos os departamentos da EEL aprovaram em seus colegiados a resolução que diz que todo aluno de iniciação científica, pós-graduação e novos colaboradores devem ter um treinamento inicial sobre segurança em laboratórios. Tal iniciativa mostra o apoio das chefias nos assuntos relacionados à segurança.

A sinalização de segurança deve abranger todos os aspectos, de forma clara e bem desenvolvida, e em ótimo estado de conservação. Dessa forma observa-se a influência no comportamento e conscientização dos usuários, com o perfeito entendimento das mensagens.

Todos os assuntos relacionados com a SST devem ser tratados em reuniões mensais de segurança, colocados em quadros de avisos, em informativos periódicos, campanhas diversas e na SIPAT, pois se entende que estas são as melhores maneiras de divulgação. De maneira geral, são mais eficientes quando apoiadas pela direção.

As Instruções de Trabalho são documentos que registram como o trabalho deve ser desenvolvido, com perfeito controle dos riscos de qualquer natureza envolvidos. A ITr é a principal ferramenta no combate a atos inseguros, que são causadores de grande parte dos acidentes. Especialmente nas aulas didáticas, onde os alunos estão se familiarizando com as técnicas e procedimentos, a adoção das instruções de trabalho deve ser implementada, para que assim eles possam operar o equipamento com mais segurança e consciência dos riscos inerentes. Numa situação de excelência em SST, nenhum laboratorista operaria um equipamento, sem antes ler a sua instrução de trabalho.

Os equipamentos de proteção individual são indispensáveis no controle de possíveis lesões, nas mais diversas atividades, principalmente em laboratórios químicos. É preciso que haja a conscientização de todos sobre a importância do seu uso, inclusive com o apoio da direção.

Por fim, a atividade de controle de riscos não específicos para laboratórios é a prevenção e combate a incêndios. Fatores evidenciadores de uma excelente situação de prevenção e combate a incêndios são a existência de todos os equipamentos necessários (extintores, hidrantes, carros, etc), brigadas gerais ou localizadas, com treinamentos constantes apoiados pela direção, controle específico de riscos de incêndio e entrosamento com o Corpo de Bombeiros da área.

Embora a EEL tenha a sua brigada de incêndio, é fundamental que todos os que trabalham em laboratórios tenham conhecimentos mínimos de proteção e combate a incêndios, cabendo ao GSMT treinar os servidores e alunos através de ações diretas e fornecimento de folhetos.

O item 6 do questionário avaliou os riscos mais específicos de laboratórios de ensino, sendo a identificação, avaliação e controle de riscos em geral de produtos químicos o primeiro subitem.

É preciso analisar a existência de rotulagem preventiva, folhetos de dados de produtos químicos, treinamento sobre riscos, higiene da área e pessoal e o necessário apoio da direção a estas atividades. O ideal é que os produtos químicos na sua totalidade tenham os riscos completamente avaliados, e que as pessoas tomem conhecimento através de folhetos, treinamentos, normas e rótulos preventivos, de forma muito bem implementada. Os recipientes e embalagens, mesmo vazios, são identificados completamente através de rótulos. A direção se envolve, apoiando e oferecendo recursos para as atividades de controle de riscos.

Um programa foi desenvolvido pelos funcionários do centro de informática da EEL para que houvesse uma padronização dos rótulos de produtos químicos preparados nos laboratórios. Desta forma o usuário escolheria apenas o nome da substância e a concentração desejada. Todos os outros dados como fórmula, diamante de Hommel, data e responsável seriam automaticamente formatados no rótulo. A seguir a figura mostra a tela inicial do programa desenvolvido e o rótulo impresso (sem preenchimento).

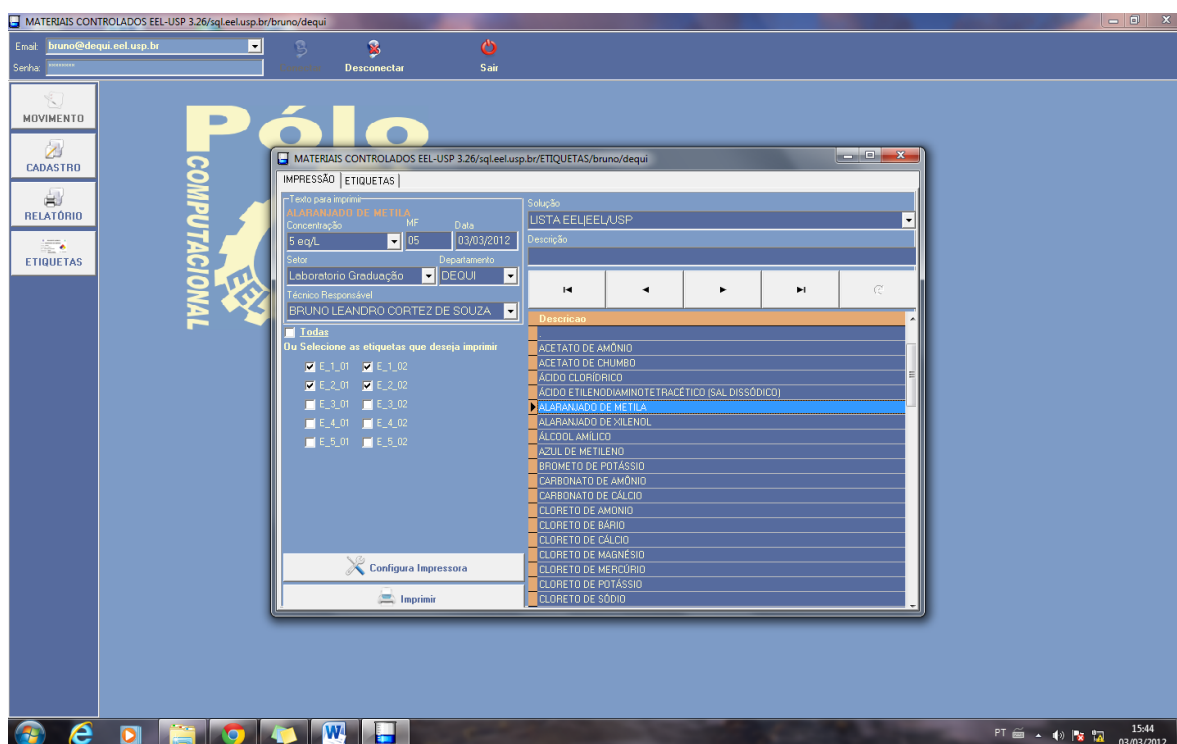


Figura 5: Programa Materiais Controlados EEL-USP para elaboração de rótulos.



















	REAGENTE QUÍMICO				REAGENTE QUÍMICO		
SETOR		DATA	/ /	SETOR		DATA	/ /
SOLUÇÃO				SOLUÇÃO			
	FÓRMULA				FÓRMULA		
	CONC.				CONC.		
	MF	RESP.			MF	RESP.	
	REAGENTE QUÍMICO				REAGENTE QUÍMICO		
SETOR		DATA	/ /	SETOR		DATA	/ /
SOLUÇÃO				SOLUÇÃO			
	FÓRMULA				FÓRMULA		
	CONC.				CONC.		
	MF	RESP.			MF	RESP.	
	REAGENTE QUÍMICO				REAGENTE QUÍMICO		
SETOR		DATA	/ /	SETOR		DATA	/ /
SOLUÇÃO				SOLUÇÃO			
	FÓRMULA				FÓRMULA		
	CONC.				CONC.		
	MF	RESP.			MF	RESP.	

Figura 6: Rótulos padronizados impressos pelo programa Materiais Controlados EEL-USP.

A armazenagem de produtos químicos em geral, de pequenos recipientes a embalagens maiores, é uma fonte de inúmeros riscos oriundos de derramamentos, liberações de vapores e gases, excesso de pressão, incêndios, explosões e outros acidentes. Assim é fundamental que exista especial atenção para problemas de armazenamento, principalmente quanto à incompatibilidade de produtos, ventilação e treinamento para situações de emergência.

A armazenagem deve estar totalmente de acordo com as normas vigentes, com perfeita identificação e separação de produtos de riscos diferentes. Uma ventilação adequada é necessária. As quantidades armazenadas devem estar em acordo com os limites previstos pela legislação. A Polícia Federal e o Exército Brasileiro possuem o controle de alguns reagentes químicos, chamados de produtos químicos controlados. A licença de compra leva em consideração o estoque já existente na instituição, não sendo aprovada a compra de grandes quantidades quando não for devidamente justificada. A direção deve ser atuante e consciente da necessidade de uma boa política de armazenagem para fins de segurança.

Ao avaliar a estrutura de segurança, visando diminuir qualquer situação que coloque em risco a saúde do laboratorista, o controle ambiental passa a ser importante. O controle ambiental exige alguns princípios semelhantes aos do controle de segurança, como a mentalidade preventiva, o apoio das chefias e direção, alocação de recursos específicos, normas, e outros.

A política de controle ambiental deve ser definida em consonância com as políticas de qualidade e segurança, coordenadas por alguém ligado diretamente à direção e que tenham as situações possíveis de risco completamente sob controle. É importante que haja uma conscientização de todos para a importância destas medidas, através de treinamento e envolvimento das chefias. Um programa de gerenciamento de resíduos químicos deve ser implementado e o seu sucesso depende da colaboração de todos.

Por fim, é extremamente necessário se ter um plano de emergência, pois a existência da mentalidade preventiva é um dos alicerces da estrutura de segurança. É inconcebível acreditar que as medidas devem ser tomadas depois dos acontecimentos, ou que os acidentes estão além das nossas vontades. Qualquer acidente pode ser evitado em função das nossas ações e das medidas que tomamos para ao menos minimizarmos as suas consequências.

A adoção de um plano de emergência, treinamentos e melhorias contínuas devem fazer parte efetiva da cultura da instituição, lembrando que ela é o cerne do conhecimento e modelo a ser seguido pelos seus aprendizes.

Pelo questionário aplicado nesta segunda fase, a EEL obteve nota 57,65, de um total de 100 pontos, o que na proposta significa dizer que o nível de segurança na escola é bom (51-75%).

5. CONCLUSÕES

A questão da segurança em laboratórios didáticos do ensino da química deve ser prioritária em todos os momentos, iniciando-se pelo projeto conceitual. Um projeto bem realizado certamente abordará os requisitos mínimos para a segurança e integridade física dos usuários. Neste sentido é importante a participação dos responsáveis pelo laboratório na idealização do projeto.

Em relação aos laboratórios em utilização, é necessário que os responsáveis avaliem os itens mínimos de segurança e tomem as medidas necessárias para o estabelecimento de um ambiente seguro e favorável à prática didática. Neste sentido a adoção de um *check list* nos auxilia ao verificar os itens mais importantes, e cabe ao responsável pelo laboratório, com muita prudência, avaliar as medidas necessárias para o cumprimento das regras mostradas neste trabalho.

A metodologia para a avaliação da segurança nos laboratórios de ensino da química se mostrou eficiente, pois o resultado obtido foi próximo ao que era esperado, corroborando outras avaliações. Desta forma, a aplicação do mesmo questionário em outras instituições de ensino pode ser útil, sendo um indicador do nível de segurança daquele laboratório.

A forma de avaliação proposta é também uma ferramenta adequada para conscientizar a direção e conseguir o apoio num processo de melhorias contínuas, com o melhor controle dos riscos e diminuição de acidentes.

Para que um laboratório se apresente como satisfatório na questão da segurança é preciso antes de qualquer coisa que a direção ofereça um apoio incondicional. Sem o apoio da direção, toda a política de segurança e saúde no trabalho é impraticável.

Finaliza-se concluindo que o objetivo proposto foi alcançado, onde a aplicação dos questionários foi satisfatória à verificação da segurança, podendo ser estendido a outros laboratórios de ensino da química.

REFERÊNCIAS

- ALBERGUINI, L. B. A.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. O. **Tratamento de resíduos químicos**: guia prático para a solução dos resíduos químicos em instituições de ensino superior. São Carlos: RiMa, 2005. 104 p. ISBN 85-7656-081-X
- ALEMÁN, Z. W. **Riesgos en los laboratórios: consideraciones para su prevención**. Higiene y Sanidad Ambiental. Vol 5. P 132-137, 2005.
- ALVES, J. C.; BARATELLA, A. P. **Recomendações de segurança para trabalhos em capelas químicas**. Disponível na internet em http://www.designslaboratorio.com.br/imagens/capelas/Palestra_Capela.PDF Acesso em 02 de março de 2012
- ANDRADE, M. Z. **Segurança em laboratórios químicos e biotecnológicos**. Caxias do Sul: Educs, 2008. 160 p. ISBN 978-85-7061-477-3
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5418**: Instalações elétricas em atmosferas explosivas. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6493**: Emprego das cores para identificação de tubulações. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.
- BURMANN, L. S. **Sistemática para avaliar as condições de segurança e saúde em laboratórios de ensaios de materiais elétricos**. 2008. 130 p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia da Produção). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CALESTRINO, G. R. **Segurança contra incêndios em escolas**. 2010. 92 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CARDELLA, B. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas**. 1ª ed. 10 reimpr. São Paulo: Atlas, 2011. 254 p. ISBN978-85-224-2255-5

CASTRO, F. F. **Comunicação de riscos – classificação e rotulagem de produtos químicos**. 2010. 110 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CDC – CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Laboratory ergonomics**. Disponível na internet em <http://www.cdc.gov/biosafety/> Acesso em 15 de fevereiro de 2012.

CIENTFUEGOS, F. **Segurança no laboratório**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 269 p. ISBN 85-7193-057-0

CIVILE, N. R. **Contribuição para o estudo e programa de necessidades para laboratórios didáticos de química do ensino superior**. 2010. 133 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA – IV REGIÃO **Guia de Laboratórios para o Ensino da Química: instalação, montagem e operação**. São Paulo, 2007.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA – IV REGIÃO **Programa Selo de Qualidade para cursos técnicos da área química: Manual de Instruções**. Versão 3. São Paulo, 2010.

DIBERARDINIS, L.C. **Laboratory ventilation standards**. Chemical Health and Safety, vol. 9, n. 2, p. 40-41, 2002.

EMERY, R. J.; DELCLOS, G.L. **Word at work: Research and testing laboratories.** Occupational and Environmental Medicine, 2005. Vol 62:200-204.

ÉRICKSON, J. & HOSKINS, D. B. **Laboratory ergonomics. The wake-up call: A case of study.** Chemical Health and Safety. 1998. Disponível em http://in.mt.com/dam/RAININ/PDFs/ErgoPapers/tr2001_6.pdf

ESPAÑA – Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales – **NTP 551** – “Prevención de riesgos en el laboratorio: la importancia del diseño”, 2000.

FERRAZ, F. C.; FEITOZA, A. C. **Técnicas de Segurança em laboratórios:** Regras e práticas. Brasil: Hemus, 2004.

GOMES, H. R. **Acidentes e doenças do trabalho na USP.** 2009. 70 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GRANDJEAN, E. **Manual da Ergonomia. Adaptando o trabalho ao homem.** São Paulo: Editora Bookman, 2005.

GRIFFIN, B. **Laboratory design guide.** 3 ed. Burlington, MA: Elsevier, 2005 ISBN 0 7506 6089 9

GUARDINO, S. X.; ROSELL, F. M. G.; GADEA, C. E. **Prevención del risco en el laboratorio. Notas técnicas de prevención (NTP).** Barcelona, 1996.

INTERNATIONAL HAZARD DATASHEETS ON OCCUPATIONAL. **Laboratory worker.** Disponível na internet em <http://www.ilo.org/safework/lang--en/index.htm> Acesso em 02 de março de 2012.

MACK, C. E. V. **Forma de avaliação da estrutura de segurança do trabalho em indústrias químicas de médio e alto risco.** 1999. 181 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 1999.

SALIBA, T. M. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional.** 4. Ed. São Paulo: LTr, 2011. 477 p. ISBN 978-85-361-1785-0

SAVOY, V. L. T. **Noções básicas de organização e segurança em laboratórios químicos.** São Paulo: Instituto Biológico: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental. 2003

SOUZA, B. L. C. **Os programas de gerenciamento de resíduos químicos nas universidades.** 2010. 103 p. Monografia (Especialização em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

STAUFFENEGGER, S. H.; LEITE, J. C.; MONARDES, G. M. **Projeto, Construção, Instalação e Reforma de Laboratórios.** 2009

SZABÓ JÚNIOR, A. M. **Manual de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho.** São Paulo: Rideel, 2011. ISBN 978-85-339-1615-9

TORLONI, M. **Manual de proteção respiratória.** 520 p. São Paulo: Maurício Torloni, 2003.

WATCH, D. **Building type basics for research laboratories.** Stephen A. Klimment, Series Founder and Editor, 2001.

ANEXO A - INCOMPATIBILIDADE QUÍMICA ENTRE SUBSTÂNCIAS

Substância	Incompatível com
Acetileno	Cloro, Bromo, Flúor , Cobre, Prata, Mercúrio
Ácido acético	Ácido crômico , Ácido perclórico , peróxidos, permanganatos , Ácido nítrico, etilenoglicol
Acetona	Misturas de Ácidos sulfúrico e nítrico concentrados, Peróxido de hidrogênio.
Ácido crômico	Ácido acético, naftaleno, cânfora, glicerol, turpentine, álcool, outros líquidos inflamáveis
Ácido hidrocianico	Ácido nítrico, álcalis
Ácido fluorídrico anidro, fluoreto de hidrogênio	Amônia (aquosa ou anidra)
Ácido nítrico concentrado	Ácido cianídrico, anilinas, Óxidos de cromo VI, Sulfeto de hidrogênio, líquidos e gases combustíveis, ácido acético, ácido crômico.
Ácido oxálico	Prata e Mercúrio
Ácido perclórico	Anidrido acético, álcoois, Bismuto e suas ligas, papel, madeira
Ácido sulfúrico	Cloratos, percloratos, permanganatos e água
Alquil alumínio	Água
Amônia anidra	Mercúrio, Cloro, Hipoclorito de cálcio, Iodo, Bromo, Ácido fluorídrico
Anidrido acético	Compostos contendo hidroxil tais como etilenoglicol, Ácido perclórico
Anilina	Ácido nítrico, Peróxido de hidrogênio
Azida sódica	Chumbo, Cobre e outros metais
Bromo e Cloro	Benzeno, Hidróxido de amônio, benzina de petróleo, Hidrogênio, acetileno, etano, propano, butadienos, pós-metálicos.
Carvão ativo	Dicromatos, permanganatos, Ácido nítrico, Ácido sulfúrico, Hipoclorito de sódio
Cloro	Amônia, acetileno, butadieno, butano, outros gases de petróleo, Hidrogênio, Carvão de

Substância	Incompatível com
	sódio, turpentine, benzeno, metais finamente divididos, benzinas e outras frações do petróleo.
Cianetos	Ácidos e álcalis
Cloratos, percloratos, clorato de potássio	Sais de amônio, ácidos, metais em pó, matérias orgânicas particuladas, substâncias combustíveis
Cobre metálico	Acetileno, Peróxido de hidrogênio, azidas
Dióxido de cloro	Amônia, metano, Fósforo, Sulfeto de hidrogênio
Flúor	Isolado de tudo
Fósforo	Enxofre, compostos oxigenados, cloratos, percloratos, nitratos, permanganatos
Halogênios (Flúor, Cloro, Bromo e Iodo)	Amoníaco, acetileno e hidrocarbonetos
Hidrazida	Peróxido de hidrogênio, ácido nítrico e outros oxidantes
Hidrocarbonetos (butano, propano, tolueno)	Ácido crômico, flúor, cloro, bromo, peróxidos
Iodo	Acetileno, Hidróxido de amônio, Hidrogênio
Líquidos inflamáveis	Ácido nítrico, Nitrato de amônio, Óxido de cromo VI, peróxidos, Flúor, Cloro, Bromo, Hidrogênio ,
Mercúrio	Acetileno, Ácido fulmínico, amônia.
Metais alcalinos	Dióxido de carbono, Tetracloreto de carbono, outros hidrocarbonetos clorados
Nitrato de amônio	Ácidos, pós-metálicos, líquidos inflamáveis, cloretos, Enxofre, compostos orgânicos em pó.
Nitrato de sódio	Nitrato de amônio e outros sais de amônio
Óxido de cálcio	Água
Óxido de cromo VI	Ácido acético, glicerina, benzina de petróleo, líquidos inflamáveis, naftaleno,
Oxigênio	Óleos, graxas, Hidrogênio, líquidos, sólidos e gases inflamáveis

Substância	Incompatível com
Perclorato de potássio	Ácidos
Permanganato de potássio	Glicerina, etilenoglicol, Ácido sulfúrico
Peróxido de hidrogênio	Cobre, Cromo, Ferro, álcoois, acetonas, substâncias combustíveis
Peróxido de sódio	Ácido acético, Anidrido acético, benzaldeído, etanol, metanol, etilenoglicol, Acetatos de metila e etila, furfural
Prata e sais de Prata	Acetileno, Ácido tartárico, Ácido oxálico, compostos de amônio.
Sódio	Dióxido de carbono, Tetracloreto de carbono, outros hidrocarbonetos clorados
Sulfeto de hidrogênio	Ácido nítrico fumegante, gases oxidantes

Fonte: Manual de Biossegurança - Mario Hiroyuki Hirata e Jorge Mancini Filho

APÊNDICE A - CHECK LIST DAS CONDIÇÕES MÍNIMAS DE SEGURANÇA E SAÚDE

ASPECTOS CONSTRUTIVOS E INSTALAÇÕES					
ITEM	RECOMENDAÇÕES	EXISTE		ADEQUADO	
		SIM	NÃO	SIM	NÃO
01	A fachada do edifício onde está instalado o laboratório apresenta aberturas que facilitam o acesso a cada pavimento, em caso de emergência, livre de obstruções.				
02	As aberturas têm altura mínima de 1,20 m e largura não inferior a 80 cm.				
03	Existe separação vertical mínima entre as janelas da fachada de 1,80 m para dificultar a propagação do fogo.				
04	Pé direito maior ou igual a 3 m.				
05	Teto/forro constituído de material de elevada resistência mecânica, e pintado ou coberto por superfícies facilmente laváveis e de fácil desmontagem, de material incombustível e não inflamável.				
06	Forro constituído de material impermeável, evitando que tanto gases e vapores de substâncias tóxicas, como a fumaça de incêndio passem para dependências adjacentes.				
07	Divisórias entre os departamentos dos laboratórios, assim como as paredes de separação com dependências adjacentes erguidas até o teto, promovendo o isolamento dos riscos.				
08	Pisos com resistência a agentes químicos e resistência mecânica.				
09	Pisos com facilidade de limpeza e descontaminação, possibilitando a drenagem de vazamentos de produtos e água.				
10	Juntas dos pisos impermeáveis, protegidas contra umidade.				
11	Pisos dos locais de trabalho sem saliências e depressões que prejudicam a circulação de pessoas ou movimentação de materiais.				
12	Revestimento de materiais ou processos antiderrapante nos pisos, escadas, rampas, corredores e passagens dos locais de trabalho, onde houver perigo de escorregamento.				
13	Janelas com resistência a pressões elevadas, seja pela utilização de vidros duplos ou vidro aramado.				
14	Portas entre os recintos do laboratório dotadas de janela de vidro aramado situado na altura dos olhos, permitindo a visualização dos acessos.				
15	O sentido de abertura das portas e do lado de maior para o de menor periculosidade.				
16	Portas desobstruídas.				
17	Portas que não impedem a via de passagem ao abrir.				
18	Portas abertas (não chaveadas) no horário de trabalho.				
19	Aterramento das instalações e equipamentos elétricos.				
20	Edificação com proteção contra descargas atmosféricas – para raios.				
21	Instalações sem ligação simultânea de mais de um aparelho a				

	mesma tomada de corrente.				
22	Tomadas de corrente localizadas no piso com caixa protetora para impossibilitar a entrada de água ou objetos estranhos.				
23	Tomadas identificadas quanto à voltagem.				
24	Instalação elétrica isenta do contato com água.				
25	Local sem instalações elétricas provisórias.				
26	Quadros elétrico fechado.				
27	Instalação elétrica possui um sistema de segurança para ser desarmado em caso de sobrecarga do circuito.				
28	Chave geral do quadro elétrico em local de fácil acesso, de preferência do lado externo do laboratório.				
29	Quadro elétrico independente para cada laboratório.				
30	Luminárias em boas condições e funcionando.				
31	Geradores dimensionados para a falta de energia.				
32	Capelas com janelas de vidro divididas em folhas de tamanho tal que permitam o trabalho sempre com um anteparo protetor a sua frente.				
33	Presença de rasgos que assegurem vazão mínima do ar contínuo, mesmo com as janelas fechadas.				
34	Capela com um ralo para possibilitar lavagens.				
35	Alarme sonoro que indique a paralisação do sistema de exaustão da capela.				
36	Tomadas elétricas e comandos na parte externa da capela.				
37	Iluminação interna da capela.				
38	Cilindros de gases localizados do lado de fora do laboratório, em local apropriado, com piso, cobertura e grades.				
39	Cilindros de gases presos com correntes ao muro, e na posição vertical.				
40	Orifícios das paredes onde passam as linhas de gases cimentadas.				
41	Chuveiros de emergência instalados entre 208 e 243 cm de altura do piso.				
42	Crivos dos chuveiros de emergência formando um spray com diâmetro mínimo de 51 cm a uma altura de 152 cm do piso.				
43	Vazão dos chuveiros de emergência em 113 litros/min.				
44	Crivos dos chuveiros de emergência em aço inox ou outro material que não sofra corrosão.				
45	Crivos dos lava-olhos providos de proteção contra resíduos sólidos.				
46	Crivos dos lava-olhos providos de tampas com remoção automática, quando acionado.				
47	Vazão dos lava-olhos em 1,5 litros de água por minuto.				
48	Locais destinados a extintores de incêndio assinalados por um círculo vermelho, ou por uma seta larga vermelha, com bordas amarelas.				
49	Área pintada de vermelho, embaixo dos extintores de incêndio, com dimensão de no mínimo 1 x 1 metro, não obstruída.				
50	Extintores de incêndio com sua parte superior abaixo de 1,60 m.				
51	Local adequado para o despejo de resíduos químicos.				
52	Líquidos inflamáveis e/voláteis estocados em recipientes				

	apropriados.				
53	Geladeira especial para laboratórios para armazenagem de reagentes voláteis e/ou inflamáveis.				
54	Rotas de saída de emergência desobstruídas.				
55	Número de saídas suficientes para a população existente no local.				
56	Sinalização luminosa das saídas.				
57	Número suficiente de extintores no local.				
58	Rotas de fuga bem sinalizadas.				
59	Extintores adequados para a classe do fogo.				
60	Extintores com lacre intacto.				
61	Extintores com rótulos em bom estado.				
62	Extintor com pino de segurança.				
63	Extintor com selo do INMETRO.				
64	Placa de identificação do extintor, em bom estado e local visível.				
65	Carga do extintor dentro da validade.				
66	Extintor dentro do prazo do teste hidrostático.				
67	Extintor com esguicho ou difusor em perfeita condição.				
68	Alarmes bem dimensionados para o local.				
69	Botoeiras dos alarmes providas de plástico/vidro protetor.				
70	Iluminação de emergência.				
71	Sinalização de segurança (cores).				
72	Monitoramento das condições ambientais (ruído, temperatura, ventilação, umidade, iluminamento).				
73	Avaliação das condições ergonômicas do trabalho.				
74	Material necessário a prestação de primeiros socorros.				
75	Sala de armazenagem de produtos químicos com entrada restrita a funcionários.				

APÊNDICE B - SISTEMA DE GESTÃO DA SST – QUADRO DE AVALIAÇÃO

Sistema de Gestão da SST							
Quadro de Avaliação							
ITEM	1. Política de Segurança e Saúde do Trabalho (SST) – Liderança	PONTUAÇÃO PONDERADA MÁXIMA					20
Subitem	Pontuação máxima	Nível					Pontuação dada parciais/ máxima
		R	Re	B	Mb	E	
	1.1 - Políticas de Segurança e Saúde do Trabalho	06	13	22	27	30	
	1.2 – Programa da SST. Coordenação. Participação da direção. Comissão de Segurança	08	20	30	36	40	
	1.3 – Padrões estabelecidos para o desempenho das gerências, da administração e dos empregados. Responsabilidades	06	15	22	27	30	
Pontuação total	Máxima no nível	20	50	74	90	100	
	Não ponderada t_1						
	Ponderada $T_1=t_1 \times 0,20$						
Sistema de Gestão da SST							
Quadro de Avaliação							
ITEM	2. Planejamento e Implementação da Gestão da SST	PONTUAÇÃO PONDERADA MÁXIMA					20
Subitem	Pontuação máxima	Nível					Pontuação dada parciais/ máxima
		R	Re	B	Mb	E	
	2.1 – Diretrizes básicas e planejamento da SST no contexto global da organização	08	20	30	36	40	
	2.2 – Planejamento proativo da SST	06	15	22	27	30	
	2.3 – Mensuração do desempenho – Análise Crítica – Auditorias	06	15	22	27	30	
Pontuação total	Máxima no nível	20	50	74	90	100	
	Não ponderada t_1						
	Ponderada $T_1=t_1 \times 0,20$						

Sistema de Gestão da SST							
Quadro de Avaliação							
ITEM	3. Organização Básica do Sistema de Gestão da SST	PONTUAÇÃO PONDERADA MÁXIMA					15
<div>Pontuação máxima</div> <div>Subitem</div>		Nível					Pontuação dada parciais/máxima
		R	Re	B	Mb	E	
3.1 – Estrutura organizacional da SST, CIPA – Integração e Cooperação		06	15	22	27	30	
3.2 – Treinamento na área da SST		04	10	15	18	20	
3.3 – Sistema de comunicações		02	05	08	09	10	
3.4 – Sistema de normalização – Documentação		05	12	19	23	25	
3.5 – Disponibilidade de profissionais especializados competentes, de recursos e de informações		02	05	08	09	10	
3.6 – Atendimento da legislação		01	02	03	04	05	
<div>Pontuação total</div>	Máxima no nível	20	49	75	90	100	
	Não ponderada t_1						
	Ponderada $T_1=t_1 \times 0,15$						
Sistema de Gestão da SST							
Quadro de Avaliação							
ITEM	4. Atividades não diretamente relacionadas com riscos previstas na gestão da SST em laboratórios químicos	PONTUAÇÃO PONDERADA MÁXIMA					05
<div>Pontuação máxima</div> <div>Subitem</div>		Nível					Pontuação dada parciais/máxima
		R	Re	B	Mb	E	
4.1 – Registro, avaliação e controle das deficiências do Sistema de SST, não relacionadas diretamente com riscos		04	10	15	18	20	
4.2 – Higiene e saúde ocupacional – Primeiros socorros		07	17	26	32	35	
4.3 – Ordem e limpeza		09	23	34	40	45	
<div>Pontuação total</div>	Máxima no nível	20	50	75	90	100	
	Não ponderada t_1						
	Ponderada $T_1=t_1 \times 0,05$						

Sistema de Gestão da SST							
Quadro de Avaliação							
ITEM	5. Atividades de controle de riscos não específicos em laboratórios de química	PONTUAÇÃO PONDERADA MÁXIMA					15
<div>Pontuação máxima</div> <div>Subitem</div>		Nível					Pontuação dada parciais/máxima
		R	Re	B	Mb	E	
5.1 – Identificação, avaliação e controle de riscos. Investigação de acidentes e incidentes. Inspeções		04	10	15	18	20	
5.2 – Sinalização de segurança – Promoção geral		04	10	15	18	20	
5.3 – Instruções de trabalho		04	10	15	18	20	
5.4 – Equipamentos de proteção individual		04	10	15	18	20	
5.5 – Prevenção e combate a incêndios		04	10	15	18	20	
Pontuação total	Máxima no nível	20	50	75	90	100	
	Não ponderada t_1						
	Ponderada $T_1=t_1 \times 0,15$						
Sistema de Gestão da SST							
Quadro de Avaliação							
ITEM	6. Atividades de controle de riscos específicos de laboratórios de química	PONTUAÇÃO PONDERADA MÁXIMA					25
<div>Pontuação máxima</div> <div>Subitem</div>		Nível					Pontuação dada parciais/máxima
		R	Re	B	Mb	E	
6.1 – Identificação, avaliação e controle de riscos em geral de produtos químicos		06	15	22	27	30	
6.2 – Armazenamento de produtos químicos		06	15	22	27	30	
6.3 – Controle ambiental e disposição de resíduos		06	15	22	27	30	
6.4 – Planos de emergência		02	05	08	09	10	
Pontuação total	Máxima no nível	20	50	74	90	100	
	Não ponderada t_1						
	Ponderada $T_1=t_1 \times 0,25$						