

Christina Maria Simas
Telma Abdala de Oliveira
Cardoso

b

IOSSEGURANÇA e
ARQUITETURA em
LABORATÓRIOS DE
SAÚDE PÚBLICA

108

pós-

RESUMO

No processo de planejamento das edificações para fins laboratoriais e, em particular, dos ambientes mais especializados como os de saúde pública, a arquitetura tem como premissa o espaço físico ser um importante aspecto, que contribui, tanto para a confiabilidade dos resultados dos ensaios realizados como para a proteção da saúde humana, animal e do meio ambiente. O levantamento das condições de segurança pode ser obtido pela elaboração de um programa arquitetônico, visando ao estabelecimento de relações entre espaço e atividades em termos de requisitos funcionais e ambientais, das áreas laboratoriais de uma edificação, sem implicar em sua formalização como projeto arquitetônico. Tais relações são caracterizadas em termos de requisitos funcionais e ambientais. Este trabalho apresenta algumas das características desses requisitos, a serem observados de forma a auxiliar os profissionais que venham a participar no processo de elaboração do projeto básico de uma edificação laboratorial.

PALAVRAS-CHAVE

Arquitetura, biossegurança, projeto arquitetônico, saúde pública.

BIOSEGURIDAD Y
ARQUITECTURA EN
LABORATORIOS DE
SALUD PÚBLICA

RESUMEN

En el proceso de planificación de las edificaciones para fines de laboratorio y en particular de los ambientes más especializados, como los de salud pública, la arquitectura tiene como principio que el espacio físico es un aspecto importante, que contribuye para la confiabilidad de los resultados de los análisis realizados, bien como para la protección de la salud humana, animal y del medio ambiente. Se puede hacer el examen de las condiciones de seguridad por medio de la elaboración de un programa arquitectónico que busque establecer las relaciones entre espacio y actividades, en términos de los requisitos funcionales y ambientales de las áreas laborales de una edificación, sin que eso lleve a su formalización como proyecto arquitectónico. Tales relaciones se caracterizan en términos de requisitos funcionales y ambientales. Este trabajo presenta algunas de las características de estos requisitos, con el objetivo de auxiliar a profesionales que participen en el proceso de elaboración del Proyecto Básico de una edificación laboral.

PALABRAS CLAVE

Arquitectura, bioseguridad, proyecto arquitectónico, salud pública.

BIOSAFETY AND
ARCHITECTURE IN
PUBLIC HEALTH
LABORATORIES

ABSTRACT

In the planning of buildings to house laboratory facilities, particularly special environments such as public health offices, architecture is based on the premise that the physical space is essential to ensure the reliability of the results and assays performed in these facilities, as well as to protect human, animal, and environmental health. A survey of safety conditions may be achieved by creating an architectural program establishing the relations between the available areas in a laboratory facility and activities performed in them, from the functional and environmental perspectives, without necessarily having to create a formal architectural project. This article presents some of the necessary characteristics of such facilities to support architects in designing a laboratory building.

KEY WORDS

Architecture, biosafety, architectural project, public health.

INTRODUÇÃO

O laboratório de saúde pública é um ambiente singular e, portanto, diferenciado de outros espaços laboratoriais. Uma de suas funções primordiais é a proteção da saúde de populações de cidades, municípios e estados. Basicamente, o que o diferencia de outros espaços laboratoriais é o quantitativo de amostras analisadas anualmente, ocasionando, com isso, a manipulação de um volume elevado de material biológico, humano, animal e ambiental, além de fármacos e outros produtos. Devemos, ainda, considerar que muitas amostras a serem processadas podem conter um número considerável de agentes biológicos ainda desconhecidos, além de uma simples amostra poder requisitar diferentes tipos de análises, o que gera a necessidade de subdivisão dessa amostra, e ocasionando maior risco.

Conforme Conway (1982), risco pode ser definido como a medida da probabilidade e da severidade de efeitos adversos. Dentro dos espaços laboratoriais, os efeitos adversos podem estar associados à exposição ocupacional, o que resulta em uma investigação de determinação de causa e de identificação dos agentes de risco, a fim de evitar futuras exposições e proteger a saúde do trabalhador e do meio ambiente.

No contexto dos laboratórios de saúde pública, a avaliação de risco se concentra, primariamente, na prevenção de infecções ocupacionais. Nas atividades laboratoriais que envolvam materiais infecciosos ou potencialmente infecciosos, a avaliação de risco é um parâmetro de essencial importância para a definição de todos os procedimentos de biossegurança, sejam eles de natureza construtiva, seja de procedimentos operacionais ou informacionais.

Os riscos presentes em uma determinada atividade envolvendo agentes biológicos irão determinar os Níveis de Biossegurança (NB) (Figura 1) a serem adotados em uma edificação laboratorial e, conseqüentemente, as características construtivas, operacionais e ambientais, equipamentos, procedimentos e informações que minimizarão, ao máximo, a exposição a um agente infeccioso.

A Figura 1 apresenta, de forma esquemática, a classificação laboratorial por Níveis de Biossegurança:

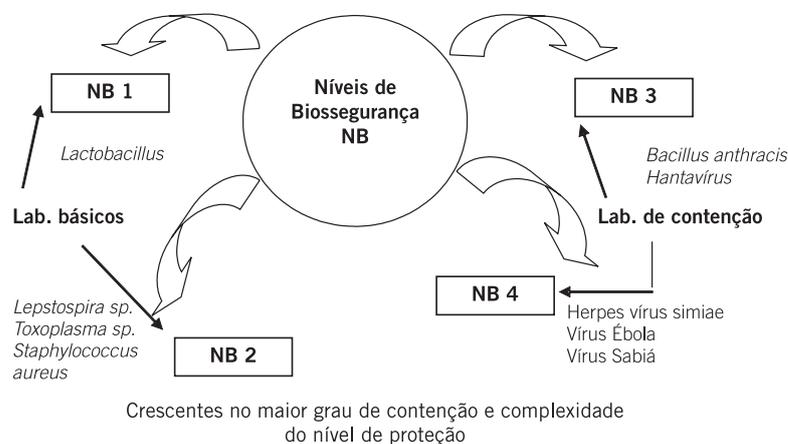


Figura 1
Fonte: Adaptado de
Cardoso, 2008; Brasil,
2006

Tabela 1: Exemplos de variáveis, a serem consideradas qualidade ambiental, relacionadas às exposições, e efeitos adversos dos poluentes ambientais

Fonte: Adaptado de Brasil, 2006; INSERM, 2002; Johnson, 2001

Fatores relacionados aos agentes biológicos	
Patogenicidade e virulência	Endemicidade
Tratamento e profilaxia	Volume e concentração
Resistência a drogas	Alteração genética
Estabilidade	Tipo de ensaio
Modo de transmissão	
Transmissão aérea	
Contato direto x indireto	Vetores
Rota de infecção	
Inalação	Ingestão
Mordidas	Inoculação
Fatores ambientais	
Relações funcionais (ex.: localização, acesso e fluxo de técnicos, materiais, resíduos)	
Ventilação e desenho arquitetônico (ex.: gradientes de pressão, câmaras de passagens)	
Equipamentos de proteção coletiva (ex.: cabines de segurança biológica, capela química)	
Equipamentos de proteção individual (ex.: luvas, jaleco)	
Fatores relacionados ao profissional	
Práticas laboratoriais (ex.: recapear agulhas, pipetar com a boca)	
Treinamento (nas práticas laboratoriais e em biossegurança)	
Procedimentos de descontaminação (ex.: esterilização, desinfecção)	

Atualmente, devido ao avanço técnico-científico e à organização científica do trabalho, algumas variáveis, relacionadas na Tabela 1, devem ser levadas em consideração no processo de elaboração do projeto arquitetônico, e estão relacionadas à saúde pública e às exposições e efeitos adversos dos poluentes ambientais provenientes de instalações laboratoriais.

Podemos observar que a arquitetura, no processo de planejamento das edificações para fins laboratoriais, em particular de ambientes mais especializados como os de saúde pública, deve ter como premissa que o espaço físico é um importante aspecto, o qual decididamente contribui tanto para a confiabilidade dos resultados dos ensaios realizados como para a proteção da saúde humana, animal e do meio ambiente (SIMAS, 2007).

O processo de planejamento dessas edificações requer um esforço interdisciplinar, integrando pesquisadores, arquitetos e engenheiros, de modo a estabelecerem-se, no projeto arquitetônico, padrões e normas que assegurem o cumprimento das condições de segurança necessárias.

Atualmente, a maioria dos laboratórios de saúde pública, no Brasil, tem mais de 20 anos de idade e cresce a necessidade de renová-los com reformas ou novas edificações. Há um crescimento de novas demandas físicas, como a implantação e/ou ampliação das áreas de informação, controle de qualidade, biologia molecular e análises físico-químicas e de microbiologia de alimentos, meio ambiente e medicamentos, dentre outras (acomodação de equipamentos para novos sistemas informacionais, operacionais e de diagnóstico, como, por exemplo, *freezers*, computadores, PCR e outros equipamentos) ou até mesmo ampliação de requisitos de segurança, não só predial como de controle de acesso ao material biológico, levando, assim, ao surgimento de necessidades de construção de plataformas tecnológicas, áreas centralizadas de animais ou áreas para o gerenciamento de resíduos, por exemplo.

O objetivo deste trabalho é apresentar algumas características dos requisitos funcionais e ambientais, sob o enfoque da biossegurança, a serem observados, de

forma a subsidiar os profissionais que venham a participar no processo de elaboração do Projeto Básico, ou seja, de um programa arquitetônico de edificações laboratoriais em saúde pública.

O Projeto Básico é definido no artigo 6º da Lei n. 8.666/93, e conta com relação do escopo de serviços para a apresentação gráfica da solução espacial, técnica e dimensional adotada e dos memoriais descritivos, contendo a concepção de todos os sistemas propostos, e pela RDC n. 50, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Anvisa, de 21 de fevereiro de 2002.

DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste trabalho, apresentamos diversas tabelas ou matrizes, contendo informações resumidas dos diversos elementos construtivos necessários para o cumprimento das exigências dos níveis de biossegurança laboratoriais estabelecidos. Esta metodologia de apresentação facilita a rápida comparação de pré-requisitos necessários a uma elevação no nível de biossegurança na edificação laboratorial, quando necessário.

A elaboração das tabelas foi subsidiada nas informações obtidas pelos instrumentos legais existentes, como a RDC/Anvisa n. 50; Portaria do MTb n. 3.214 e suas Normas Regulamentadoras; Diretrizes para Projetos Físicos de Laboratórios de Saúde Pública da Fundação Nacional de Saúde e Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos da Comissão de Biossegurança em Saúde, do Ministério da Saúde. Além disso, foram consultados centros de referência internacionais na área de biossegurança, como o Centers for Disease Control and Prevention/CDC (EUA), World Health Organization, Ministério da Saúde do Canadá e Institut National de Santé et la Recherche Médicale/INSERM (França).

NÍVEIS DE BIOSSEGURANÇA (NB)

Os Níveis de Biossegurança laboratoriais estão estabelecidos nas Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos (2006), da Comissão de Biossegurança em Saúde, do Ministério da Saúde, que os divide em quatro níveis (NB1 a NB4, conforme a Tabela 2, a seguir), de acordo com a avaliação e a classificação de risco dos agentes biológicos (MS, 2006).

Os Níveis de Biossegurança consistem de combinações de práticas e técnicas de laboratório, equipamentos de segurança e de critérios de infra-estrutura (instalações) do laboratório. Cada combinação será determinada pela avaliação de risco e proporcionam níveis crescentes em seu grau de contenção e de complexidade do nível de proteção, tanto ao pessoal quanto ao meio ambiente, podendo ser necessário, em um dado laboratório, um requisito de maior complexidade para seu nível de contenção. Nesse caso, o laboratório passa a receber a indicação de um "+". Podemos exemplificar com o sistema de tratamento de efluentes, o qual não é um item obrigatório nos laboratórios NB3; caso este o possua, ele passa a ter a denominação de NB3+. As combinações são recomendadas como padrões mínimos de segurança a serem seguidos, em

atividades que envolvam a manipulação de agentes biológicos de risco. Quando temos uma informação específica disponível que possa sugerir a alteração nos padrões de virulência, patogenicidade, resistência a antibióticos, ou de outros fatores, combinações mais rígidas poderão ser adotadas (GRANTHAM, 2004).

Ressalta-se, entretanto, que a divisão dos níveis de contenção física laboratorial deve ser vista com cuidado pelos pesquisadores, e seus requisitos derivam de julgamento baseado no conhecimento atual. Com a ampliação do conhecimento e novas tecnologias, os procedimentos operacionais e construtivos para a manipulação de microrganismos convencionais ou geneticamente modificados poderão ser modificados (SIMAS E CARDOSO, 2005).

Tabela 2: Níveis de Biossegurança

Fonte: Ministério da Saúde, 2006

NB 1	NB 2	NB 3	NB 4
Nível adequado à manipulação de agentes biológicos conhecidos por não causarem doenças em adultos saudáveis	Nível adequado à manipulação de agentes biológicos cujo risco individual é moderado e baixo para a comunidade. Podem provocar infecções, porém se dispõe de medidas terapêuticas e profiláticas eficientes. Risco de propagação limitado	Nível adequado à manipulação de agentes biológicos com potencial para transmissão por via e a causarem patologias potencialmente letais, para as quais existem usualmente medidas de tratamento e/ou de imunização	Nível adequado à manipulação de agentes biológicos exóticos ou perigosos, com alto poder de transmissibilidade por via respiratória ou transmissão desconhecida e de alta letalidade. Não há medida profilática ou terapêutica eficaz contra infecções ocasionadas por aqueles

Nas tabelas que se seguem, utilizamos o “X” para os quesitos considerados obrigatórios e o “O” para os recomendados.

LOCALIZAÇÃO DO LABORATÓRIO

A localização de um laboratório em relação às outras instalações dentro da mesma edificação é um fator de segurança, exigindo, aos espaços com atividades de maior risco, por exemplo, uma disposição de maior isolamento e aplicação de barreiras físicas de controle de acesso para cada nível de biossegurança requerido.

As áreas laboratoriais NB1 e NB2 devem estar localizadas de forma integrada às áreas de suporte laboratorial (descontaminação e esterilização de materiais, tratamento de resíduos, depósitos de substâncias químicas em uso, dentre outras), a fim de agrupar os serviços prediais e os espaços técnicos necessários aos equipamentos de tratamento do ar e/ou de outros sistemas de engenharia adotados. Os laboratórios de contenção NB3 e NB4, de elevado risco, devem ser projetados em áreas afastadas da área de circulação ou isoladas

Tabela 3: Localização do laboratório

Níveis de Biossegurança				Localização do laboratório
1	2	3	4	
X	X	X	X	Sala separada das áreas de público por porta mantida fechada
	X	X	X	Afastado das áreas de público, escritórios em geral e áreas de cuidados a pacientes
	O	X	X	Afastado das áreas de trabalho, em geral, e circulações, com acesso restrito aos técnicos
		O	X	Fisicamente separado de outros laboratórios, ou contido em uma zona isolada, hermeticamente vedado, com acesso limitado somente aos técnicos autorizados

das demais instalações laboratoriais. Essas áreas exigem uma separação física entre as áreas de circulação e as áreas laboratoriais, tanto para a entrada dos pesquisadores como para o material a ser manipulado.

ORGANIZAÇÃO FUNCIONAL

O laboratório é um ambiente diferenciado de outros espaços da edificação, exigindo características de flexibilidade e comunicação entre os espaços laboratoriais. A organização funcional desses ambientes requer uma arquitetura que visualize as inter-relações e alternativas envolvidas nos arranjos físicos do projeto, as quais aumentem a comunicação entre os departamentos e entre os grupos interdisciplinares, fragmentando, assim, a tradicional organização de divisões em departamentos.

Os elementos organizacionais da edificação devem ser agrupados de acordo com suas funções para facilitar o controle de acessos, as rotas de fuga (saídas de emergência) e os fluxos de transporte de materiais, insumos, amostras e resíduos.

Os acessos aos quatro níveis de contenção laboratorial devem ser diferenciados e dotados de barreiras físicas (câmaras de passagem, áreas de transferência de materiais, autoclaves e outros equipamentos de segurança), tanto para os técnicos laboratoriais, os técnicos de apoio logístico e operacional, o pessoal administrativo e o público em geral, como para os materiais e insumos utilizados nos laboratórios e as amostras a serem manipuladas.

Tabela 4: Organização funcional do laboratório

Níveis de Biossegurança				Organização funcional do laboratório
1	2	3	4	
X	X	X	X	Espaço suficiente para a execução do trabalho, assim como para limpeza e manutenção
			X	Espaço para acomodar um mínimo de duas equipes técnicas, trabalhando ao mesmo tempo
X	X			Local dentro do laboratório, próximo a porta de acesso deste último, para colocação de jalecos e outros equipamentos de proteção individual (EPIs)
	O	X	X	Áreas de escritório fora das instalações de biocontenção
X	X	X	X	Guarda de roupas e objetos pessoais, bem como o refeitório do pessoal técnico, localizados fora da área de trabalho
		O	X	Área de suporte laboratorial, fora das instalações de contenção, para determinadas atividades de menor risco
		O		Área de suporte laboratorial, fora das instalações de contenção, para determinadas atividades de maior risco
X	X	X	X	Armazenamento de material de uso imediato, sem a ocupação indesejada de mesas e corredores e armazenamento a longo prazo, de preferência, fora das áreas de trabalho
		X	X	Entrada e saída de técnicos através por câmara pressurizada, com sistema de bloqueio de dupla porta, providos de dispositivos de fechamento automático e de intertravamento
		O	X	Entrada e saída de técnicos por sanitários/vestiários de barreira, com diferenciação de pressão e sistema de bloqueio de dupla porta, providos de dispositivos de fechamento automático e de intertravamento
		O	X	Entrada e saída de material de consumo, amostras biológicas (humanas e animais), e saída de resíduos através por pressurizada ou sistemas de passagem (autoclaves, tanques de imersão, outros)
X				Autoclave dentro do edifício que abriga o laboratório
	X			Autoclave disponível dentro ou em local próximo ao laboratório

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Existem diversas maneiras de obter-se, com êxito, a flexibilidade desejada, como, por exemplo, a adoção de um sistema de mobiliário flexível, a modulação e padronização dos elementos construtivos e a construção de paredes duplas e pisos intermediários (espaços técnicos) que retiram a distribuição das linhas de serviço como elemento fixo em paredes e plantas de piso dos laboratórios, ou mesmo a adoção de pisos falsos e paredes removíveis nas áreas não-laboratoriais.

No módulo de laboratório as características do material de construção e dos revestimentos no perímetro de contenção do laboratório são importantes no controle da disseminação do material infeccioso.

Tabela 5: Perímetro de contenção do laboratório

Níveis de Biossegurança				Perímetro de contenção do laboratório
1	2	3	4	
0	X	X	X	Paredes, pisos e tetos revestidos com materiais que apresentem um menor número possível de junta, sem reentrâncias, laváveis, não-porosos, resistentes a produtos químicos, com cantos arredondados, pisos nivelados e não-escorregadios
		0	X	Pisos nivelados, revestidos de materiais contínuos, tais como resinas monolíticas, ou similar
0	X	X		Paredes ou painéis divisórios devidamente vedados, revestidos de materiais laváveis, não-porosos, de cor clara e fosca, resistentes a produtos químicos, sem reentrâncias e com cantos arredondados
		0	X	Paredes em alvenaria estruturada ou em concreto, devidamente vedadas, revestidas de materiais contínuos, tais como aço inox, resinas, ou similar, resistentes a gases e produtos químicos e com cantos arredondados
0	X	X		Tetos nivelados, e, quando rebaixados, estruturados com malha reforçada, executados com material sólido que proporcione uma vedação contínua – tais como resinas monolíticas, ou similar –, com cantos arredondados, resistentes a gases e produtos químicos
X	X			Janelas construídas com materiais e acabamentos que retardam o fogo e proporcionam boa vedação, lisos, não-porosos, de fácil limpeza e manutenção e dotadas de dispositivos de abertura, se necessário
		0	X	Janelas fixas e/ou visores, hermeticamente vedados, construídos com cantos arredondados, de fácil limpeza e manutenção, dotados de vidros à prova de quebra e com proteção solar e/ou acústica, quando necessário
		0	X	Visores hermeticamente vedados, dotados de vidros à prova de quebra, localizados nas paredes divisórias e portas, entre a área de contenção e as áreas de suporte do laboratório
	X	X		Portas com acionamento de abertura sem utilização das mãos, dotadas com dispositivos de fechamento automático e visores, executadas com materiais que retardam o fogo, com largura mínima, necessária à passagem de equipamentos
		X	X	Portas com sistema de intertravamento
		0	X	Portas com sistema de acionamento de abertura automático, após identificação por cartão ou outro dispositivo de segurança
X	X	X		Portas de saída de emergência identificadas, abrindo para o exterior ou para passarelas de escape, dotadas de barra anti-pânico localizada na posição e/ou altura adequada ao seu acionamento
X	X	X	X	Mobiliário de laboratório construído com superfícies de trabalho impermeáveis à água e resistentes a produtos químicos
		0	X	Mobiliário de laboratório, resistentes a gases, substâncias químicas e ao calor moderado, construído de modo a minimizar a necessidade de manutenção, evitando detalhes desnecessários, como reentrâncias, quebras, cantos, frisos e puxadores
X	X	X	X	Superfície das bancadas revestidas com materiais lisos, sem emendas ou ranhuras, adotados de acordo com o tipo de uso e de fatores como umidade, peso de materiais ou de equipamentos, e da utilização de líquidos e substâncias químicas

SISTEMAS DE SEGURANÇA, COMUNICAÇÃO E MONITORAMENTO

Dentre os sistemas de segurança predial, de controle de acessos ao material biológico e de qualidade ambiental adotados com maior frequência, podemos destacar os de prevenção e combate a incêndio; de proteção a descargas atmosféricas (para-raios) da edificação; de tratamento do ar (filtragem, fluxo do ar, temperatura, umidade, dentre outros requisitos preestabelecidos); de pré-tratamento de resíduos sólidos e líquidos provenientes dos ambientes laboratoriais, e os sistemas de comunicação e monitoramento, por níveis de proteção da instalação, com base em metodologia de gestão de risco.

Os sistemas de comunicação incluem os serviços de sinalização, que, além de facilitar a orientação dos usuários (sinalização visual) advertem quanto aos riscos existentes (sinalização de segurança) e de telefonia, interfonia, rede lógica, áudio e vídeo, os quais, localizados de modo a não interferirem nas atividades desenvolvidas, interligam as áreas em contenção às áreas de monitoramento das instalações.

É conveniente que as áreas laboratoriais e de apoio técnico sejam sinalizadas com o símbolo internacional de risco biológico, fixado na portas de acesso ao laboratório, com informação apropriada sobre o(s) agente(s) biológico(s) manipulado(s), a(s) respectiva(s) classe(s) de risco, nome do pesquisador responsável e telefone para contato.

Deve-se prever, também, sistemas informatizados de supervisão, avaliação e monitoramento de ambientes, englobando o gerenciamento remoto do controle dos acessos e do desempenho dos sistemas. Os sistemas de monitoramento do laboratório devem ser automatizados, distribuídos em circuitos elétricos separados, conectados a um sistema auxiliar de emergência e integrados ao sistema de segurança do prédio (detectores visuais e/ou sonoros).

Tabela 6: Segurança e monitoramento do laboratório

Níveis de Biossegurança				
1	2	3	4	Segurança e monitoramento do laboratório
X	X	X	X	Símbolo internacional de risco biológico, com informação apropriada sobre o(s) microrganismo(s) manipula do(s), fixado na porta de acesso
X	X	X	X	Sistemas de segurança predial, emergências elétricas e outros sistemas operacionais
X	X	X		Sistema de segurança para proteção contra incêndio, equipado com alarmes, detectores e extintores apropriados, devidamente localizados e sinalizados, compatíveis com as regulamentações de segurança do corpo de bombeiros local
X	X	X	X	Rotas de fuga e saídas de emergência sinalizadas e iluminadas
		X		Painéis, removíveis para escape em caso de emergência dentro do laboratório ou na área de suporte adjacente
			X	Área de suporte para emergências médicas, com instalações e equipamentos compatíveis com os riscos presentes no laboratório
		X	X	Sistema de intercomunicação, ligando as áreas de biocontenção às áreas de apoio
	O	X	X	Sistema de monitoramento do laboratório, automatizado, conectado a um sistema auxiliar de emergência e integrado ao sistema de segurança do prédio
	X	X	X	Sistema de controle de acesso às áreas restritas aos técnicos autorizados, centralizado, com mo nitoramento local e remoto
X	X	X	X	Sistema de proteção a descargas atmosféricas (para-raios) na edificação

INSTALAÇÕES DE HIGIENE E SEGURANÇA

Cada laboratório deve ser dotado de lavatórios para higienização das mãos, localizados próximos à saída do laboratório, dotados, preferencialmente, de dispositivos de acionamento automático e de uma cuba dupla para descontaminação dos materiais utilizados ou, se necessário, de um maior número de cubas, sempre localizadas nas extremidades das bancadas.

Nas instalações com maiores níveis de biossegurança – NB3 e NB4 –, as atividades de descontaminação dos materiais e de higienização das mãos devem ser realizadas em áreas de suporte, em contenção e adjacente ao laboratório, com ferragens e equipamentos sanitários (torneiras, lavatórios e cubas) adequados e dotados, obrigatoriamente, de sistemas de acionamento por controles automáticos, tais como células fotoelétricas, dentre outros.

Devem ser previstas instalações sanitárias e vestiários na edificação, exclusivas para acesso às áreas laboratoriais, onde a roupa de rua deve ser trocada por um jaleco, portanto, dotados de armários e de equipamentos de higiene proporcionais ao número de técnicos.

Os chuveiros de emergência podem ser instalados nas áreas de circulação, localizados de forma a não obstruir a passagem, e adjacentes à porta de acesso, evitando-se, assim, a presença de ralos dentro da área do laboratório. Já os lava-olhos podem ser instalados junto das pias de higienização das mãos ou próximos às bancadas ou, quando não for possível, acoplados aos chuveiros de emergência. Nas instalações NB3 e NB4 devem ser dotados de dispositivos de acionamento automático e localizados, obrigatoriamente, na área de suporte laboratorial adjacente, em contenção.

Tabela 7: Instalações de higiene e de segurança

Níveis de Biossegurança				Instalações de higiene e de segurança
1	2	3	4	
X	X	X	X	Lavatório para lavagem das mãos, preferivelmente com acionamento automático, próximo ao ponto de saída
X	X			Dispositivo de emergência para lavagem dos olhos no laboratório
X	X			Chuveiros de emergência em local próximo, mas fora do laboratório
		X		Chuveiro e lava-olhos de emergência e lavatório para as mãos, acionados por controles automáticos e localizados em área adjacente à área de contenção do laboratório
X	X			Área para troca de roupa e colocação dos equipamentos de proteção individual (EPI) dentro do laboratório ou em vestiário adjacente
	O	X		Câmara pressurizada ou vestiário adjacente à área de contenção do laboratório, com pressão diferenciada, para colocação e/ou retirada de jalecos e outros EPIs, dotados de sistema de bloqueio de dupla porta intertravada

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) E COLETIVA (EPC)

Todos os pesquisadores, técnicos de suporte laboratorial e operacional devem utilizar os EPI – jalecos, gorros, máscaras, dentre outros –, apropriados a cada nível de contenção laboratorial e devendo retirá-los antes de sair do laboratório para as áreas não-laboratoriais (estações de trabalho administrativo, bibliotecas, refeitórios e cantinas, dentre outros).

Nos laboratórios NB2 devem ser previstas a instalação de cabines de segurança biológica (CSB), quando houver a manipulação de agentes biológicos em altas concentrações ou em grandes volumes, a inoculação intranasal de animais ou o manuseio de fluidos, tecidos ou ovos de animais infectados.

Nos laboratórios NB3 e NB4 do tipo “cabine” ou “com vestimentas de pressão positiva”, devem ser previstas não só as instalações de autoclaves para a descontaminação dos EPI e outros materiais a serem reutilizados como uma autoclave destinada ao pré-tratamento dos resíduos provenientes dessas instalações (EPI e demais materiais utilizados), a serem descartados e encaminhados à área de armazenamento temporário, na qual serão mantidos até o transporte a uma estação de tratamento e disposição final mais próxima.

Nas instalações laboratoriais NB4, com adoção de vestimentas de pressão positiva, devem ser previstos sistemas de suporte de vida para utilização de macacões ventilados, dotados de um sistema de respiração auxiliar, conectados a um sistema de emergência (geradores, *no breaks* e alarmes), sempre que agentes biológicos da classe de risco 4 forem manipulados fora das CSB Classe III, ou seja, em bancadas ou cabines de segurança biológica Classe I ou II.

Tabela 8: Equipamentos de proteção individual e coletiva

Níveis de Biossegurança				Equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC)
1	2	3	4	
X	X	X		Animais ou insetos, infectados experimentalmente, mantidos em instalações de contenção, apropriadas para animais
X	X	X	X	Cabines de segurança biológica (CSB), localizadas longe das passagens de circulação e fora das correntes de ar procedentes das portas, janelas e sistemas de ventilação
X	X			CSB classe I ou II requeridas para toda manipulação, envolvendo agentes que possam gerar aerossóis
			X	CSB da Classe III para a contenção de aerossóis produzidos por procedimentos ou equipamentos, ou CSB, ou da Classe II, quando utilizados macacões de pressurização positiva
O	O	X		Local próximo à saída do laboratório para o descarte e/ou transporte à autoclave para descontaminação das roupas utilizadas na área de contenção
		X	X	Remoção do material contaminado utilizando-se autoclave

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

A visualização dos riscos de acidentes e de exposição ocupacional associados ao ambiente de trabalho requer um levantamento minucioso de desequilíbrios ambientais, cujos agentes causais são variáveis de origem biológica, química, inertes e funcionais, e a implantação de mecanismos de controle (contenção) e/ou eliminação das fontes de poluição *indoor* (internas ao ambiente) e/ou provenientes do *outdoor* (externas ao ambiente).

Além das fontes de origem biológica, química, inertes e funcionais, ligadas ao condicionamento ambiental, outras possíveis fontes de contaminação nas áreas internas são os próprios usuários (pacientes infectados ou não, profissionais e visitantes); as poeiras (materiais particulados) e os aerossóis (materiais orgânicos) provenientes do mobiliário, equipamentos e outros componentes dos sistemas de climatização adotados, assim como de plantas, vasos com flores, pias, toalhas, nebulizadores, umidificadores e aspiradores presentes no ambiente.

As fontes de contaminação das áreas externas são provenientes de construções e reformas (matérias particuladas); tráfego intenso e outras poluições ambientais veiculadas pelo ar, solo e água (matérias orgânicas), incluindo torres de resfriamento do sistema de climatização da edificação.

Alguns aspectos construtivos, equipamentos e métodos operacionais foram criados, especificamente, como barreiras de controle para prevenir ou reduzir as fontes de poluição internas e/ou externas ao ambiente.

As instalações de climatização (ar-condicionado e ventilação mecânica), descritas na RDC n. 050, abrangem os setores com condicionamento para fins de conforto (salas administrativas, quartos de internação e outros) e os setores destinados à assepsia e conforto (salas cirúrgicas, UTI, berçário, nutrição parental e outros) e, por envolver trabalhos e tratamentos destinados à análise e erradicação de doenças infecciosas, devem observar os requisitos de filtragens, trocas de ar, renovação de ar, níveis de ruído, vibração e de setorização para o sistema de ar-condicionado.

Tabela 9: Sistemas de ar-condicionado e ventilação do laboratório

Níveis de Biossegurança				
1	2	3	4	Sistemas de ar-condicionado e ventilação do laboratório
	O	X	X	Sistema de ventilação mecânica que garanta o fluxo de ar para dentro do laboratório, sem recircular
O	X			Recirculação do ar filtrado (HEPA) permitida
		X	X	Laboratório mantido sob pressão negativa em relação às áreas em torno
O	X	X	X	Ar de exaustão exaurido acima da edificação laboratorial, dispersado longe de prédios habitados e de tomadas de ar do sistema
		X	X	Ar exaurido do laboratório eliminado através de filtros HEPA
	O		X	Dutos de insuflamento e de exaustão de ar, herméticos, de modo a possibilitar descontaminação no local, e acessíveis fora da área de contenção do laboratório
			X	Dutos de exaustão equipados com, pelo menos, dois filtros HEPA
	X			Sistema de controle automático, provido de alarme sonoro, acionado no caso de falha no sistema, alterando o diferencial de pressão requerido
	O	X		Sistemas equipados com dispositivos de controle, comando e supervisão, operados pela colocação de apoio e/ou manutenção

INSTALAÇÕES PREDIAIS

No planejamento da infra-estrutura de edificações laboratoriais deve-se observar as normas de projeto para as instalações elétricas e eletrônicas; hidráulicas e fluído-mecânicas e de climatização, descritas na Resolução RDC n. 050 e nas diretrizes de Projetos Físicos de Laboratórios de Saúde Pública (MS, 2004), referente aos requisitos de biossegurança estabelecidos para a execução dos serviços prediais em cada nível de contenção laboratorial.

Os sistemas a serem adotados devem levar em conta o alto percentual de custo, algumas vezes acima da metade (50%) do custo total de todo o projeto de construção; entretanto, as questões relacionadas à necessidade de instalações prediais adequadas aos níveis de contenção dos ambientes laboratoriais e acessíveis para fins de manutenção não devem ser esquecidas.

Tabela 10: Eletricidade

Níveis de Biossegurança				
1	2	3	4	Eletricidade
X	X	X	X	Interruptores e quadros de comandos identificados
X	X	X	X	Equipamentos eletrônicos conectados a uma rede estabilizada
	O	X	X	Sistema de emergência constituído de um gerador de reserva para manter o funcionamento de equipamentos essenciais
	O	X	X	Circuitos da iluminação de emergência, alarmes de incêndio e de segurança predial, do ar-condicionado de ambientes que necessitam de temperatura constante e equipamentos essenciais (CSB, refrigeradores, incubadoras e outros) conectados à rede de emergência
X	X	X	X	Iluminação adequada para todas as atividades no plano da superfície de trabalho, evitando os reflexos indesejáveis e a luz ofuscante
	O	O	X	Instalação de disjuntores e quadros de comando fora da área de contenção do laboratório
		O	X	Instalação de reatores de lâmpadas fluorescentes e de outros tipos de lâmpadas, situados nos espaços técnicos, fora da área de contenção do laboratório

Tabela 11: Água e esgotamento sanitário

Níveis de Biossegurança				
1	2	3	4	Água e esgotamento sanitário
X	X	X	X	Suprimento de água do laboratório provido de dispositivos anti-refluxo
X	X			Registros de gaveta aparentes no laboratório e independentes para cada um dos equipamentos laboratoriais que requerem utilização de água
		X	X	Controle do suprimento de água localizado fora da área de biocontenção
X	X			Drenos de pisos no interior dos laboratórios, normalmente, não-recomendados
		X	X	Drenos de pisos no interior dos laboratórios, hermeticamente fechados e fora da área de contenção
		X	X	Sifões ou qualquer outro dispositivo para retenção de líquidos, mantidos cheios de um desinfetante ativo
X	X			Efluentes de esgotamento sanitário, canalizados diretamente para a rede pública e providos de dispositivos anti-refluxo
		O	X	Pontos de contribuição provenientes de drenos de pias e de piso, com inclusão da água do chuveiro, conectados a um sistema de tratamento de rejeitos, mecânica e biologicamente monitorado, para serem desinfetados antes de definitivamente descartados

Tabela 12: Instalações especiais

Níveis de Biossegurança				
1	2	3	4	Instalações especiais
X	X	X	X	Manter os cilindros, preferivelmente, fora dos laboratórios e armazenados em local externo, amplo e coberto, naturalmente ventilado, observando-se as incompatibilidades químicas entre os diversos tipos de gás
X	X	X	X	Cilindros devidamente identificados
		X	X	Linhas de suprimento de gás dotadas de dispositivos anti-refluxo
	O	X	X	Linhas de suprimento de ar comprimido dotadas de filtro HEPA
		X	X	Linhas de vácuo não-conectadas ao exterior da instalação, sendo recomendada a utilização de bombas portáteis dentro do laboratório

Como referência espacial de projeto precisamos de espaços técnicos contíguos às áreas laboratoriais ou localizados em nível superior ou inferior ao nível laboratorial, tanto para a distribuição vertical em *shafts* e/ou horizontal das linhas de serviço como para abrigar os equipamentos e outros componentes dos sistemas prediais propostos.

Se os serviços de distribuição não forem acessíveis (no caso de instalações localizadas nos pisos ou paredes) deve-se proporcionar linhas de serviços mais duráveis na construção original. O custo adicional envolvido será menor do que os custos de demolições necessárias para se ter acesso a essas linhas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na implantação de um programa de gestão em saúde, recomenda-se a introdução de conceitos básicos de controle ambiental na elaboração dos projetos e o monitoramento das instalações projetadas ou existentes, de modo a garantir a qualidade dos componentes e sistemas de sua estrutura física, objetivando o controle, minimização e/ou eliminação dos riscos provenientes das atividades desenvolvidas que possam causar danos à saúde ou impactos ambientais.

Como foi salientada anteriormente, a determinação dos níveis de contenção deve ser priorizada pelos pesquisadores, pois esses requisitos derivam de julgamento baseado no conhecimento atual. Com o acúmulo de novas tecnologias e conhecimentos, os procedimentos operacionais e construtivos para a manipulação de agentes biológicos patogênicos deverão ser modificados, como, por exemplo, no surgimento de doenças emergentes ou na utilização de novas técnicas de manipulação com organismos geneticamente modificados. O elo entre a biossegurança e a qualidade ambiental, mostra a relevância da interdisciplinaridade, absolutamente necessária nas dinâmicas da renovação constante da ciência e da tecnologia, caracterizando inovações refletidas no planejamento e na execução de projetos arquitetônicos de instalações laboratoriais.

A avaliação dos aspectos arquitetônicos e construtivos de uma edificação laboratorial, de acordo com as normas de biossegurança, representa um importante instrumento na identificação de fatores de risco no ambiente de trabalho e de interferência na qualidade dos serviços prestados.

O sistema de avaliação deve ser baseado na identificação das fontes de contaminação e/ou de desequilíbrio ambiental, advindos tanto dos tipos de ensaios a serem executados como dos agentes de risco manipulados, considerando também os fatores referentes ao próprio trabalhador. Esse sistema não pode ser entendido como meramente burocrático, posto que os resultados oriundos desse processo subsidiarão propostas para o planejamento e a execução de correção das deficiências identificadas em todos os níveis: procedimentos (práticas laboratoriais), infra-estrutura (desenho, instalações físicas dos laboratórios e sistemas de contenção), qualificação das equipes ou organização do trabalho. Ressalta-se que o estabelecimento dessas propostas é baseado em uma série de requisitos, associados à segurança do laboratório e é determinada pelo nível de contenção.

As inúmeras variáveis que podem revelar a relação causa e efeito, entre as condições ambientais no local de trabalho e os vários tipos de agressão à saúde de seus ocupantes, passam a ser questionadas em áreas críticas, tais como áreas laboratoriais, hospitalares, dentre outras. Do ponto de vista histórico, pouca experiência era demonstrada no desenho e qualidade ambiental; entretanto, novas diretrizes vêm sendo elaboradas na área de arquitetura, modificando concepções de espaços, material de acabamento, mobiliário, e de controles no tratamento, renovação e diferencial de pressão do ar, para minimizar os eventuais riscos inerentes às atividades de pesquisas e/ou por suas aplicações nas áreas laboratoriais, exigindo um esforço conjunto por parte de pesquisadores, técnicos de laboratórios, arquitetos e engenheiros, de modo a estabelecerem-se, no projeto arquitetônico, padrões e normas que assegurem o cumprimento das condições de segurança necessárias.

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 50, de 21 de fevereiro de 2002. Regulamento técnico para o planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. *Diário Oficial* [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, fev. 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão de Biossegurança em Saúde. *Diretrizes para o trabalho em contenção com agentes biológicos*. Brasília: Ed. MS, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão de Biossegurança em Saúde. *Classificação de risco dos agentes biológicos*. Brasília: Ed. MS, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Diretrizes para projetos físicos de laboratórios de saúde pública*. Brasília: Ed. MS, 2004.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n. 3.214 de 08 de junho de 1978. *Segurança e medicina do trabalho*. 38. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- BRASIL. Presidência da República. Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993, Normas de Licitação e Contratos da Administração Pública. *Diário Oficial* [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, jun. 1993.
- CARDOSO, T. A. O. Contenção primária e secundária. In: MOLINARO, E. M.; MAJEROWICZ, J.; VALLE, S. (Orgs.) *Biossegurança em biotérios*. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION/CDC. *Biosafety in microbiological and biomedical laboratories* 5. ed. Washington: U. S. Department of Health and Human Services, 2007.
- CONWAY, R. A. Introduction to environmental risk analysis. *Environmental risk analysis for chemicals*. Nova York: Van Nostand Reinhold Company, 1982.
- GRANTHAM, J. I. Modular/Mobile BSL-2/3+ Laboratories. In: RICHMOND, J. Y. (Org.) *Biosafety Level 3. Anthology of biosafety VII*. Mundelein: American Biological Safety Association, 2004.
- INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ ET LA RECHERCHE MÉDICALE. *Les risques biologiques au laboratoire*. Paris: INSERM, 2002.
- JONSON, B. Understanding, assessing, and communicating topics related to risk in biomedical research facilities. In: RICHMOND, J. Y. (Org.) *Anthology of Biosafety IV. Issues in Public Health*. Mundelein: American Biological Safety Association, 2001.
- MINISTRE DE LA SANTÉ. *Lignes directrices en matière de biosécurité en laboratoire*. 3. ed. Ottawa: Ministre de la Santé, 2004.
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. *Manual de bioseguridad en el laboratorio*. Ginebra: OMS, 2005.

SIMAS, C. M. Planejamento arquitetônico de instalações laboratoriais de experimentação animal. Requisitos físicos e operacionais de biossegurança. In: CARDOSO, T. A. O.; NAVARRO, M. B. M. A. (Orgs.) *A ciência entre bichos e grilos. reflexões e ações da biossegurança com animais*. São Paulo: Hucitec, 2007.

SIMAS, C. M.; CARDOSO, T. A. O. Arquitetura e biossegurança. In: TEIXEIRA, P.; CARDOSO, T. A. O.; TEIXEIRA, M. (Coords.) *Curso de Especialização de Biossegurança em Laboratórios de Saúde Pública a distância, Escola Nacional de Saúde Pública*. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Laboratory biosafety manual*. Genebra: WHO, 2004.

Nota do Editor

Data de submissão: maio 2007

Aprovação: julho 2008

Christina Maria Simas

Arquiteta, especialista em saúde do trabalhador e ecologia humana, pela Escola de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz; engenharia de segurança, pela Pontifícia Universidade Católica/PUC do Rio de Janeiro e pesquisadora do Núcleo de Biossegurança, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.
Av. Brasil, 4036 – salas 715/716. Manguinhos
21040361. Rio de Janeiro, RJ
(21) 25905988
csimas@fiocruz.br

Telma Abdalla de Oliveira Cardoso

Médica veterinária, mestre em ciência da informação pelo IBICT/Universidade Federal do Rio de Janeiro, doutoranda em saúde pública pela Escola de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz e pesquisadora do Núcleo de Biossegurança, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.
Av. Brasil, 4036 – salas 715/716. Manguinhos
21040361. Rio de Janeiro, RJ
(21) 25905988
abdalla@fiocruz.br