

Biossegurança

uma abordagem multidisciplinar

Pedro Teixeira
Silvio Valle
(orgs.)

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

TEIXEIRA, P., and VALLE, S., orgs. *Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar* [online]. 2nd ed. rev. and enl. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2010. 442 p. ISBN: 978-85-7541-306-7. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

BIOSSEGURANÇA

uma abordagem multidisciplinar

Pedro Teixeira
Silvio Valle
Organizadores



EDITORA



FIOCRUZ

BIOSSEGURANÇA
uma abordagem multidisciplinar

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ

Presidente

Paulo Gadelha

Vice-Presidente de Ensino, Informação e Comunicação

Nisia Trindade Lima

EDITORA FIOCRUZ

Diretora

Nisia Trindade Lima

Editor Executivo

João Carlos Canossa Mendes

Editores Científicos

Gilberto Hochman e Ricardo Ventura Santos

Conselho Editorial

Ana Lúcia Teles Rabello

Armando de Oliveira Schubach

Carlos E. A. Coimbra Jr.

Gerson Oliveira Penna

Joseli Lannes Vieira

Ligia Vieira da Silva

Maria Cecília de Souza Minayo

BIOSSEGURANÇA
uma abordagem multidisciplinar

Pedro Teixeira
Silvio Valle
Organizadores

2ª edição revista e ampliada



Copyright © 2010 dos autores

Todos os direitos desta edição reservados à FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ / EDITORA

2ª edição: 2010

1ª reimpressão: 2012

Projeto gráfico

Lúcia Regina Pantojo de Brito

Revisão e copidesque

Ana Prôa

Normalização de referências

Clarissa Bravo

Supervisão editorial

M. Cecília G. B. Moreira

Catologação na fonte

Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde

Biblioteca de Saúde Pública

T266b Teixeira, Pedro (Org.)

Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar. 2. ed. / Organizado por Pedro Teixeira e
Silvio Valle. - Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2010.

442p.

ISBN: 978-857541-202-2

1. Biotecnologia - métodos. 2. Contenção de riscos biológicos. 3. Engenharia genética. 4.
Saúde do Trabalhador. I. Valle, Silvio (Org.) II. Título.

CDD - 22. ed. - 660.6

2012

EDITORA FIOCRUZ

Av. Brasil, 4036 - 1o andar - sala 112 - Manguinhos

21040-361 - Rio de Janeiro - RJ

Tels.: (21) 3882-9039 e 3882-9041

Telefax: (21) 3882-9006

<http://www.fiocruz.br/editora>

e-mail: editora@fiocruz.br

PREFÁCIO À PRIMEIRA EDIÇÃO

A alentada obra *Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar* representa uma publicação singular em um país como o Brasil, no qual morte, mutilações e sequelas evitáveis são encaradas como banalidades que sobrevivem ao sabor da mídia. Os acidentes de trabalho e de trânsito, os desabamentos e as intoxicações são episódios recorrentes que levam a ‘mortes não anunciadas’, que poderiam ser evitadas.

Nesse cenário de impunidade e negligência, a prevenção ainda é a melhor alternativa. O variado elenco de riscos biológicos contidos nesta obra mostra que o exercício da segurança no manejo de produtos e técnicas biológicas, como se define a biossegurança, demanda abordagem multidisciplinar que envolve ampla gama de especialistas. À guisa de exemplo, serão aqui feitas considerações sobre um dos problemas peculiares relacionados à biossegurança que atinge uma restrita comunidade cosmopolita da qual participam brasileiros, os parasitologistas.

Apesar de infecções acidentais de laboratório induzidas por parasitas de interesse médico constituírem um grupo menor em relação às infecções ocupacionais de outros microrganismos e não serem na sua maioria publicadas, alguns dados estão disponíveis. Em um clássico trabalho, Pike (1978) mostrou que, entre 4.079 infecções acidentais de laboratório por microrganismos, 116 (3%) foram causadas por parasitas. Embora mais recentemente a incidência dessas infecções tenha provavelmente diminuído pela introdução de recursos laboratoriais de proteção, como capelas de fluxo laminar, as contaminações ocupacionais continuam a ocorrer em laboratórios de vários países. Uma recente revisão de Herwaldt e Juranek (1993), da Division of Parasitic Diseases, do National Center of Infectious Diseases, em Atlanta, relata a ocorrência

de inúmeros casos adquiridos em laboratório através de cinco importantes doenças parasitárias: malária, leishmaniose, ou toxoplasmose tripanossomíase africana (doença do sono) e tripanossomíase americana (doença de Chagas). A contaminação por acidentes de laboratório ou atividades ocupacionais por esses parasitas processa-se por diferentes mecanismos, tais como inoculação de estágios infectantes de transmissores, ferimentos cutâneos, mucosas íntegras, aerossol e ingestão.

Entre as doenças causadas por protozoários parasitas, destaca-se, no que se refere a acidentes ocupacionais, a doença de Chagas, entidade mórbida descoberta no Brasil que afeta 16 a 18 milhões de pacientes na área endêmica. No Brasil, a doença acomete cinco a seis milhões e induz alterações do coração e do cólon.

O *Tripanossoma cruzi*, agente causal da doença de Chagas, dotado de grande agressividade, é um parasita versátil que sobrevive em vários sistemas biológicos. Assim, o T cruzi pode ser mantido em animais de laboratório por passagens sucessivas do sangue, cultura de células in vitro, meio de cultura acelular e inseto vetor. Em todas essas modalidades de manutenção estão presentes estágios infectantes, o que explica a alta incidência de contaminação. Em um trabalho publicado por Brener (1985), foram coletados 45 casos de infecção acidental distribuídos por universidades, centros de pesquisa e indústrias farmacêuticas em diferentes países (Argentina, Áustria, Brasil, Chile, Colômbia, Inglaterra, França, Alemanha, Panamá e Estados Unidos). Segundo Herwaldt e Juranek (1993), pelo menos 12 casos de infecção ocorreram nos Estados Unidos no período de 1970 a 1980. Esses números seguramente aumentaram como está demonstrado pelo recente relato de cinco casos de infecção pelo T cruzi na Universidade de Campinas (Almeida et al., 1994).

Embora o número de infecções acidentais pelo T cruzi não seja nem de longe comparável a outros episódios de acidentes ocupacionais, a sua incidência tem sido suficientemente significativa para desencorajar pesquisadores e instituições a manter e realizar pesquisas com o T cruzi. Por essa razão, a Organização Mundial da Saúde (OMS) preparou um documento de normas para o manejo do T cruzi no laboratório (Safety Precautions for Laboratory Work with T. cruzi. Scientific Working Group on Chagas' Disease. T. D. R., World Health Organization). Além das precauções, esse documento postula que o tratamento específico com os derivados nitroeterocíclicos (benznidazol e nifurtimox) usados clinicamente na doença de Chagas sejam administrados

o mais rápido possível após a presumível infecção, de acordo com as sugestões de Brener (1984, 1987).

Estas considerações, que destoam de um prefácio formal, têm como objetivo confirmar que mesmo populações afetadas episodicamente podem e devem ter seus riscos controlados, a fim de que o manejo de produtos e técnicas se constitua em uma atividade criativa, sem danos pessoais. Aqueles que se aventurarem a ler este prefácio verão que ~ esse o espírito e a práxis da obra.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. A. et ai. Acidentes com T cruzi em laboratório de pesquisa em doença de Chagas: apresentação de cinco casos. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 27 (supl.): 145, 1994.

BRENER, Z. Laboratory-acquired Chagas' disease: an endemic disease among parasitologists? In: MOREL, M. (Ed.) *Genes and Antigens of Parasites: a laboratory manual*. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 1984.

BRENER, Z. Laboratory-acquired Chagas' disease: comment letter. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 81: 527, 1987.

HERWALDT, B. L. & JURANEK, D. D. Laboratory-acquired maiana, leishmaniasis, trypanosomiasis, and toxoplasmosis. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 48: 313-323, 1993.

PIKE, R. M. Past and present hazards of working with infectious agents. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 102: 333-336, 1978.

Zigntan Brener

Centro de Pesquisas René Rachou (CPPR)
Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

PREFÁCIO À SEGUNDA EDIÇÃO

O lançamento desta segunda edição de *Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar* representa um marco substantivo num campo cada vez mais importante em múltiplas áreas de trabalho. De fato, desde que a primeira edição foi lançada em 2002, a emergência de novas doenças – como a gripe A (H1N1) –, as ameaças concretizadas de bioterrorismo – como a que causou a morte de cinco funcionários dos correios nos Estados Unidos por antraz – e o impacto que o aquecimento global poderá causar na disseminação de epidemias tornaram a biossegurança um assunto cada vez mais relevante para múltiplos atores: países, organizações internacionais, organizações não governamentais (ONGs), academia, indústria, sociedade civil.

A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), como organização do Estado brasileiro com amplas responsabilidades no setor saúde, cumpre, portanto, um papel fundamental ao relançar, pela sua Editora, uma obra tão completa e atualizada como esta. Misto de manual de laboratório, de ‘bíblia’ para agentes de saúde e agências e órgãos encarregados da vigilância sanitária, representa na realidade uma excelente porta de entrada (*one-stop-shop*, diriam os anglo-saxões) para todos os que se interessam por biossegurança e, certamente, estará em lugares privilegiados nas prateleiras dos locais de trabalho dos mais diversos atores neste campo.

Da história das revoluções sanitárias que levaram a humanidade a enfrentar epidemias, como a peste negra, a descobrir a transmissibilidade de infecções e a desenvolver aos poucos a noção de contágio, a prática de quarentenas e a prevenção de doenças, até a descrição dos últimos desenvolvimentos científicos e tecnológicos atuais, o livro inclui em seus 23 capítulos uma ampla gama de informações, conhecimentos, normas e ‘boas práticas’ que muito

auxiliarão todos que trabalham ou se interessam pela biossegurança, como por exemplo, biossegurança em arquitetura, infecções adquiridas em laboratórios, classificação de risco de microrganismos, mapeamento de risco em ambientes de trabalho, segurança química, desinfecção e esterilização química, equipamentos de contenção, gerenciamento de resíduos de laboratórios, proteção radiológica e materiais radioativos, segurança em biotérios, indicadores de biossegurança, legislação brasileira e sistemas de vigilância. Completando o livro, os capítulos finais tratam de ameaças específicas – as hepatites B e C como doenças ocupacionais, príons e biossegurança, doenças emergentes, organismos geneticamente modificados (OGMs) e seus riscos.

Estão, portanto, de parabéns a Fiocruz, sua Editora e, sobretudo, os autores e organizadores de obra tão importante para a saúde pública e a ciência e a tecnologia nacionais.

Carlos Medicis Morel

Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde (CDTS)
Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

APRESENTAÇÃO À PRIMEIRA EDIÇÃO

“A Biossegurança é o conjunto de ações voltadas para a prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, riscos que podem comprometer a saúde do homem, dos animais, do meio ambiente ou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos

A Biossegurança é hoje, em nosso país, tema de permanente debate no meio científico, de polêmicos artigos na mídia em razão da lei NQ 8.974, de 5 de janeiro de 1995. Porém, já em 1990, nossa preocupação com o tema se evidenciava no curso de Biossegurança organizado por nós, desde então realizado anualmente na Fiocruz, com a participação de alunos não só de todo o Brasil, mas também de outros países da América Latina.

Desde essa época nos incomodava a escassez de bibliografia em língua portuguesa que pudesse subsidiar nossos alunos. Ademais, as profícuas discussões entre os professores e os alunos nos obrigavam a compartilhar mais amplamente experiências e conhecimentos adquiridos. Formava-se, assim, o embrião deste livro.

Havia que reunir recursos, arregimentar colaboradores, encontrar o editor. Uma conjugação favorável de fatores tornou então viável esta publicação: a aprovação do financiamento por parte do PADCT-SBIO-Capes; a aprovação da obra por parte da Editora Fiocruz; a presteza entusiástica com que os autores convidados atenderam ao nosso chamamento.

E aqui está Biossegurança, uma abordagem multidisciplinar: falha, como toda primeira edição; exposta à crítica para aperfeiçoamento, como deve ser toda obra de caráter científico; espontânea, como o quiseram todos os seus autores.

Mas um livro também se faz com calor humano e sensibilidade estética, razão por que agradecemos a Edmilson Carneiro, coordenador executivo da Editora Fiocruz na época dos nossos primeiros esforços de publicação, entusiasta da obra e incentivador ao longo de todo o seu percurso; e também a Lúcia Pantojo, pela minúcia e refinamento na programação visual, pela infinita paciência com os aflitos cuidados dos autores.

Um agradecimento maior fazemos ao professor Aduino Araújo, atual diretor da Escola Nacional de Saúde Pública/Fiocruz, um dos primeiros a se apaixonar pelo tema da biossegurança, nos dando a oportunidade de implementar nosso curso e o apoio para esta publicação, tudo isto mesclado de permanente incentivo e amizade sincera.

Os Organizadores

APRESENTAÇÃO À SEGUNDA EDIÇÃO

Passados 14 anos do lançamento de *Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar*, deparamo-nos com o desafio de preparar uma segunda edição ampliada e revisada.

Por se tratar da primeira publicação em biossegurança em nosso país, esta coletânea foi utilizada como documento de referência por alunos de nível médio, de graduação e pós-graduação, em áreas da saúde, engenharia de segurança, arquitetura, entre outras.

Nosso objetivo foi manter o escopo da versão anterior, mas sem perder de vista os avanços tecnológicos no decorrer do longo período desde a primeira edição. Aproveitamos esse tempo para exercitar nossa escuta; acolhemos as valiosas sugestões e, principalmente, as críticas que nos foram enviadas de todas as partes do Brasil, assim como de outros países de língua portuguesa. A colaboração dos nossos leitores foi fundamental para a publicação desta nova edição.

O livro está organizado em 22 capítulos. O leitor poderá fazer uma leitura não linear, pois cada capítulo poderá ser utilizado como fonte única de consulta ou fazer uma leitura sequencial.

No primeiro capítulo, apresentam-se os conceitos sobre os processos de saúde do trabalhador através dos marcos históricos, mas sem perder de vista os recentes avanços tecnológicos.

O capítulo 2 apresenta um roteiro com informações sobre os principais sites da área de biossegurança, ao mesmo tempo que visa a instrumentalizar o usuário na utilização dos principais mecanismos e ferramentas de busca de artigos científicos, dissertações e teses.

Nos capítulos 3, 7 e 13, o leitor poderá abordar com maior profundidade os principais temas ligados às questões dos riscos – biológicos, químicos e radiológicos – em que os conceitos-chave são mostrados de forma panorâmica com uma linguagem acessível. Os autores desenvolveram assuntos em comum,

como os aspectos ligados à legislação, às normas, às diretivas. Acreditamos que esses conteúdos poderão contribuir para a adoção de técnicas que potencializam o trabalho mais seguro nos ambientes de trabalho.

Tivemos a preocupação de evidenciar um conjunto de temas que organizamos de forma proposital, visando à estruturação dos postos de trabalho. Um exemplo é a gestão da qualidade (capítulo 4), que possibilita o uso de ferramentas estruturantes que permitem um trabalho parametrizado com base em normas/diretivas nacionais e internacionais.

No capítulo 5, focaliza-se o planejamento das edificações com base na arquitetura, que tem como objetivos a construção de laboratórios dentro dos níveis de biossegurança. O capítulo 14 trata da segurança em biotérios, instalações capazes de produzir e manter espécies animais, destinadas a servir aos diversos tipos de ensaios controlados, para atender as necessidades dos programas de pesquisa, ensino, produção e controle de qualidade. O capítulo 10 aborda a contenção primária e os equipamentos de contenção, como as cabines de segurança biológica, que objetivam a proteção da equipe e do meio de trabalho e estão assentadas nas boas práticas e técnicas laboratoriais e no uso de equipamentos de proteção coletiva e individual adequados.

Outro desafio foi aproximar o leitor de uma área pouco conhecida nos laboratórios, que é a ergonomia, tema do capítulo 11. Cabe ressaltar que as lesões por esforços repetitivos (LER), também conhecidas como distúrbios osteomoleculares relacionados ao trabalho (Dort), são lesões ocorridas em ligamentos, músculos, tendões e em outros segmentos corporais relacionadas com o uso repetitivo de movimentos, posturas inadequadas e outros fatores como a força excessiva. Constituem a segunda maior causa de afastamentos de trabalho no Brasil.

O capítulo 8, que trata dos indicadores em biossegurança, procura sistematizar o uso da aferição da pressão, exposição e monitoramento dos profissionais, contribuir para criação de mecanismos de avaliação que possibilitem a utilização destes conceitos como ferramenta em atividades gerenciais. Já o capítulo 6 fornece todos os procedimentos necessários e a metodologia para a criação dos mapas de risco, ferramenta essencial para a promoção da saúde. A questão dos indicadores em biossegurança e a construção dos mapas de riscos visam a aproximar o leitor dessas duas metodologias que poderão ser essenciais no cotidiano de trabalho.

No capítulo 9, com o objetivo de apresentar os principais aspectos relacionados à área de desinfecção e esterilização química, descrevem-se as características gerais dos agentes disponíveis e suas aplicações, a fim de que os profissionais utilizem de forma correta e racional os desinfetantes em suas rotinas de trabalho.

O capítulo 12 apresenta a importância do gerenciamento dos resíduos e focaliza as etapas do gerenciamento, das coletas e o transporte interno e externo com base na legislação. As vigilâncias sanitárias municipais têm como responsabilidade orientar e fiscalizar a implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Saúde (PGRSS), publicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

No capítulo 15, que aborda a biossegurança em laboratório e trabalho de campo com hantavírus e rickettsias, a autora discorre sobre os conceitos que direcionam a revisão das medidas de precaução e biossegurança nas práticas de laboratórios, com destaque para o manuseio de espécimes biológicas. O capítulo 17 apresenta importantes métodos e algumas de suas aplicações, ao longo de uma trajetória histórica, dos conceitos básicos que permitem a compreensão das aplicações da biologia molecular dentro das normas de biossegurança. Já no capítulo 20, os autores apresentam uma relevante sistematização das principais bactérias de importância médica, organizando as informações de tal forma a tornar claros os principais conceitos e mostrando a importância dos procedimentos seguros.

Outros temas sistematizam importantes informações, cujos autores apresentaram suas experiências ao longo de anos de pesquisa em suas bancadas de trabalho. No capítulo 16, analisam-se as medidas preventivas com relação à hepatite B como doença ocupacional, ampliando os conceitos de prevenção de acidentes. No capítulo 18, tenta-se dar um enquadramento da formulação das teorias priônicas, através de uma descrição detalhada dos aspectos históricos até os riscos inerentes ao processo de investigação nos laboratórios. O capítulo 19 aborda o conceito das doenças emergentes, que é o pano de fundo para a discussão das bases da teoria da transição epidemiológica. Trata também dos fatores relacionados à emergência das doenças infecciosas e as principais ocorrências e, por fim, dos desafios colocados pela (re)emergência das doenças infecciosas e de propostas para o seu enfrentamento. O tema do capítulo 21, a biossegurança na manipulação de fungos, é extremamente importante, e as informações apresentadas permitem que os profissionais de laboratório tenham todas as condições para o trabalho seguro com os fungos.

Ao ter acesso às informações contidas no capítulo 22, que finaliza esta coletânea, o leitor terá todas as informações necessárias que vão da legislação ao estado da arte sobre o tema em nosso país e no mundo. Ainda é apresentado um roteiro de como notificar os acidentes em nosso país e considerações sobre a importância dessa notificação para a tomada de consciência/decisão.

Agradecemos à Editora Fiocruz pelo trabalho apurado da revisão, realizado por Maria Cecília G. B. Moreira, que nos ajudou a tornar os capítulos mais claros, elucidando passagens confusas e eliminando trechos supérfluos, sem prejudicar o conteúdo. Há que registrar o primor e excelência da programação visual feita pela *designer* Lúcia Pantojo e o privilégio de contar com as experientes sugestões editoriais de João Canossa.

Agradecemos o apoio dos ex-presidentes da Fundação Oswaldo Cruz, Carlos Médicis Morel, Eloi de Souza Garcia e Paulo Marchiori Buss, bem como do atual, Paulo Ernani Vieira Gadelha, pelo apoio incondicional que deram a esta obra e aos trabalhos institucionais no campo da biossegurança.

Agradecemos aos autores, pois, mesmo sendo uma atividade extra às respectivas rotinas, foram incansáveis na busca pela concretude e sucesso da obra.

Nossos agradecimentos também a todos aqueles que, de forma profissional e com profunda dedicação, participaram de toda a logística de criação, edição e revisão, particularmente ao professor Rafael Coutinho, por todo o apoio durante o processo de organização desta coletânea.

Dedicamos esse livro à memória de dois dos mais importantes pesquisadores brasileiros, Zigmann Brenner e Hermann Schatzmayr, que de forma pioneira contribuíram com os seus conhecimentos para a implementação da biossegurança no Brasil.

Os Organizadores

1

DOS SUMÉRIOS AO DNA: UMA HISTÓRIA BREVÍSSIMA

William Waissmann

O ato de curar, de tentar diminuir a dor do outro, não se inicia, por certo, com o homem. Em vários animais é possível identificar, além de uma manifestação própria de hábitos de autoajuda (não uso de membros fraturados, lambida de feridas para mitigar a dor etc.), a ocorrência de auxílio de um animal a outro animal ferido ou, como é comum em símios, o hábito de procura e retirada de parasitas infestantes.

O homem atual resulta de um processo evolutivo longo e não totalmente esclarecido, mas, na condição de mamífero diferenciado, não deve ter adquirido a capacidade de ajuda a enfermos apenas com a aquisição da consciência. Não se pode, assim, precisar com exatidão o momento histórico em que o homem, em sua constituição atual, inicia o cuidar de doentes ou a busca por métodos de prevenção de acidentes e doenças. Provavelmente, os momentos iniciais, instintivos, acompanharam-no em sua evolução (Castiglione, 1947; Souza, 1983).

Porém, em determinada fase da história humana, parece começar a haver uma organização do conhecimento de cura e mesmo de prevenção. Não que isso se manifestasse como uma identidade autônoma, mas, em função de seu próprio conteúdo trágico, doloroso, como parte integrante de rituais mágicos e religiosos do homem primitivo, que intentavam combater e prevenir o que de ruim acontecesse a eles próprios (Margotta, 1996; Porter, 1996; Souza, 1983; Wood, 1993).

Há cerca de seis mil anos, os sumérios, na Mesopotâmia, já possuíam um corpo de ações mais organizadas direcionadas à saúde, em que o ato curativo se baseava na astrologia (Frumkin, 1991; Hamlin, 1992; Margotta, 1996). Kottek (1995) explicita que se depreende também de textos judaicos de vários

momentos históricos, que já tiveram *status* normativo, franca preocupação com a prevenção de enfermidades, o que compreendia também os danos causados pelo trabalho.

Em períodos do Antigo Egito, assumia-se a necessidade de balancear o equilíbrio mental e físico de trabalhadores, inclusive com a permissão de dias de descanso predeterminados, pensão em caso de invalidez e dias de licença para se tomar conta de mães enfermas (Ebid, 1985). Remonta também a essa época o uso da proteção de capacetes por soldados em guerra (Gurdjian, 1973) e a percepção da associação de patologias com exposições laborais, como no caso de possíveis dermatites pruriginosas – citadas no Papiro de Ebers (Wright & Goldman, 1979). Havia atendimento médico organizado nos locais de trabalho, em especial em minas, pedreiras, na construção de pirâmides e em outros monumentos, e junto a grupos de expedicionários que viajavam à procura de minas de cobre e turquesa (Leca, 1983). Ou seja, já existia uma ação organizada voltada à segurança da saúde.

Nas poderosas civilizações grega e romana, o trabalho escravo era a norma para realizar as atividades menos salubres, com aproximadamente 80% da população correspondendo a escravos (Behrndt, 1975; Pin, 1999; Ribeiro, 1987). A medicina grega, em seu início, diferenciava-se mais nos aspectos teóricos do que práticos em relação aos povos vizinhos. O conhecimento grego voltava-se, de modo pragmático, às questões da natureza e do homem. A construção de suas escolas filosóficas fizeram, com isso, que os primeiros filósofos fossem naturalistas, ‘pré-biólogos’ e mesmo médicos. Desde Pitágoras (580-490 a. C.), da Escola Greco-Itálica, no sudeste italiano e na Sicília, houve uma grande mudança no conceito de doença. Suas ideias permitiram uma explicação lógica, não baseada em elementos sobrenaturais, mas a partir da relação de agentes naturais. Para ele, o estado de saúde dependia, no microcosmo corporal, de efeitos de desequilíbrio do macrocosmo, o universo (Castiglione, 1947; Margotta, 1996; Porter, 1996).

Outras escolas médicas se desenvolviam na África, Ásia e Grécia. Na Escola de Cós, uma conjunção de conhecimentos das tradições egípcias, assírias, babilônicas e mesmo judaicas se concretizou no trabalho de Hipócrates e seus discípulos (Margotta, 1996; Porter, 1996). Atentos às tentativas de

cura, prevenção e higiene, seu conceito de doença, baseado no equilíbrio dos humores, permaneceu prevalente até o início do século XIX (Porter, 1996).

Roma, com todo o seu grande desenvolvimento higiênico, seus canais de irrigação e transporte de água e de esgotos, viu florescer a medicina e encampou, também na área médica, os conhecimentos da civilização grega (Giordani, 1987). É no espaço romano que se identifica a descrição dos primeiros equipamentos de proteção individual, com a descrição de Plínio do uso de bexiga animal para proteger as narinas e a boca em trabalho de mineração.

No período medieval, a base estrutural médico-sanitária ocidental romana e seus sistemas de ductos de transporte de água foram sendo progressivamente destruídos com as seguidas invasões bárbaras. Sua reconstrução era impossível em espaços pauperizados, o que só veio a ocorrer, parcialmente, depois do século VIII (Margotta, 1996; Porter, 1996; Rosen, 1994).

A saúde no medievo, porém, não foi um campo estático de não desenvolvimento. Ao lado das modificações das ações médicas, que acabaram por perpetuar o conhecimento greco-romano, mesmo com seu prioritário deslocamento para Bizâncio, há grandes variações político-econômicas que tiveram de ser enfrentadas para a melhoria das condições sanitárias.

Foi um período de grandes e letais epidemias, que chegaram a dizimar partes consideráveis da população de alguns territórios, como a peste negra, responsável, no século XIV, pela morte de 25% da população europeia em um de seus surtos (Ell, 1975; Huckbody, 1980; Margotta, 1996; Porter, 1996). Tema favorito da literatura e de pintores populares da época, a morte era expressa comumente pela ‘dança da morte’, que a traduzia em cor, forma e voz através de uma série de poemas usualmente ilustrados por uma procissão de vivos, retratados de acordo com seu nível social e sempre acompanhados por mortos, sob a forma de cadáveres ou esqueletos. Igualando todos na morte, mostrava sua presença dominante e em níveis alarmantes no mundo do medievo (Mackenbach, 1995, 1996).

Este era o ambiente em que se desenvolvia grande número de cidades, nas quais muitos de seus habitantes permaneciam tendo hábitos tipicamente rurais. Cidades muradas que, com o crescimento demográfico constante, acabaram por determinar grandes mazelas sanitárias e fazer eclodir normas sanitárias importantes, como as relativas à preservação de alimentos comercializados e às fontes de água para consumo humano. Essas cidades também possibilitaram

que se difundisse a noção da existência de transmissibilidade como causa de disseminação de grande número de doenças graves, o que, apesar do erro de suas concepções teóricas, levou a que se estabelecesse a prática das quarentenas, que se perpetua até os dias atuais (Castiglione, 1947; Dickerson, 1967).

Nos séculos XV e XVI, já na Renascença, antigas e novas epidemias rasgavam o solo europeu. Emergiam a sífilis e a difteria e permaneceram em seus cursos a malária, a peste bubônica e a varíola. Tomaram-se medidas de isolamento, criaram-se dispensários/hospitais especiais e havia a notificação de casos. Ao lado da crença no determinismo das variações meteorológicas e do caráter das estações na geração de epidemias, Fracastoro (1478-1553) apresentou, em 1546, dentro da tradição hipocrática, uma outra teoria para a transmissão de doenças: a teoria do ‘contágio’.

As infecções seriam causadas por pequenos agentes infecciosos (*seminaria*) transmissíveis e que se reproduziriam por si mesmos (entretanto, a possibilidade de que doenças pudessem ser causadas por animais diminutos já havia sido levantada antes por Cardano, no mesmo século). A transmissão das doenças se daria por via direta (pessoa a pessoa), indireta (através de contaminação dos trajes, por exemplo) ou à distância (pelo ar). Permanecia-se, porém, com a crença no poder das influências astrológicas e atmosféricas e em que eram estas que gerariam as condições para as infecções. Certas condições determinariam grande contaminação da atmosfera levando a pandemias. Apesar disso, só no século XVII começou-se a levar efetivamente a sério a teoria do contágio (Huckbody, 1980; Margotta, 1996; Rosen, 1994).

No século XV, Johannes de Vigo dedicou capítulo de seu livro à febre dos marinheiros, constituindo-se em um dos primeiros ensaios sobre doenças tropicais. Trabalhos ligados à saúde dos marinheiros tornaram-se crescentes no século XVI, em especial com o aumento dos períodos embarcados, conhecendo-se, desde o século XV, a importância do uso de vegetais frescos e frutas na prevenção do escorbuto (Goldwater, 1936; Rosen, 1994). Apesar disso, foi somente ao final do século XVIII que a marinha britânica formalizou os meios para a prevenção do escorbuto em seus marinheiros.

O século XVI viu florescer, ainda, muitos trabalhos sobre militares e suas doenças, que podem ser divididos em dois grupos principais: 1) os que descreviam feridas e lesões; 2) os que estudavam febres e epidemias. Do primeiro grupo podem ser citados os trabalhos de Paré, de 1551, e de Botallo, de 1556,

enquanto o de Schneberger, em 1564, se inclui no segundo grupo. Apesar das inovações presentes no corpo teórico da medicina durante a Renascença, os avanços, do ponto de vista prático, pouco se fizeram sentir (Goldwater, 1936). A administração da saúde e os sistemas de higiene permaneceram similares aos do período medieval.

Sydenham (1624-1689) desenvolveu a teoria atmosférica-miasmática, que aprofundava os conhecimentos associados à responsabilidade atmosférica na geração de doenças e que teve lugar de destaque na saúde pública até o século XIX. Para ele, existiria uma marca característica de uma determinada constituição atmosférica em todas as enfermidades. Ao estado da atmosfera e às mudanças hipotéticas em que se produziam doenças, Sydenham chamou de constituição epidêmica (CE). Quando a CE crescia, determinada(s) epidemia(s) abundava(m) e era(m) mais grave(s). Com nova CE, esta(s) desaparecia(m) e outra(s) podia(m) surgir. Para Sydenham, as mudanças se davam em função de miasmas que se elevavam da terra. Chegava a pensar em origem astrológica das epidemias (Margotta, 1996; Rosen, 1994).

São deste período, também, as ideias de Lancisi (1654-1720), para quem haveria duas espécies de emanções liberadas por pântanos capazes de originar a malária: ‘animadas’ e ‘inanimadas’. As animadas eram os mosquitos que podiam carregar ou transmitir matéria patogênica ou animáculos causadores da malária – ele antecipou, assim, a descoberta da transmissão no século XX (Castiglione, 1947; Margotta, 1996; Rosen, 1994).

Apesar do primeiro microscópio ser invenção holandesa do século XVI, seu maior desenvolvimento e sua aplicação na área médica contam-se a partir do século XVII. Não se conseguiu, entretanto, determinar a origem microbiológica de doenças, mesmo com a descrição de protozoários ao microscópio, feita por Leeuwenhoek (1632-1723), em 1676, e a confirmação, por Kircher, de que organismos com doenças contagiosas tinham criaturas vivas só visíveis ao microscópio. Isso porque a caça a germes potencialmente causadores de doenças esbarrava em insuficiências técnicas da época, só resolvidas no século XIX (Dekruif, 1996; Margotta, 1996; Porter, 1996; Rosen, 1994).

No século XVIII, a peste – mesmo ausente da Inglaterra há longo período – continuava sendo uma ameaça, assim como permaneciam a varíola, febre amarela, tuberculose, malária (com incidência diminuindo) etc. Ao final desse século, com importantes mudanças sanitárias nas cidades, em especial nos novos espaços ocupados pelos mais privilegiados, houve redução das febres (um grupo

de doenças mal definidas). Foi também no século XVIII que houve o primeiro grande passo da prevenção vacinal das doenças transmissíveis. A varíola, uma das principais causas de morte no início do século XVIII, flagelo antigo da humanidade, pôde, graças aos trabalhos de Jenner (1749-1823) e outros, com o desenvolvimento da vacinação antivariólica e seus aperfeiçoamentos futuros, ser considerada extinta em fins do século XX (Margotta, 1996; May, 1957; Porter, 1996; Rosen, 1994).

A cirurgia, por sua vez, enfrentava uma barreira que parecia intransponível. Não se conseguia bloquear, com eficiência, a dor e as infecções. A anestesia surgia na primeira metade do século XIX, com o uso do éter, e teve desenvolvimento exponencial, com métodos anestésicos endovenosos, locais e espinhais elaborados ainda nesse século. O início do controle das infecções, porém, deveu-se, dentre outros, a dois nomes. Um deles é Semmelweis (1818-1865), que, observando que as infecções podiam ser ‘transportadas’ por instrumental cirúrgico, instituiu a lavagem e antisepsia das mãos e do instrumental por obstetras e parteiras em enfermaria em Viena (motivo pelo qual foi rejeitado pela Academia de Medicina e demitido do serviço). O outro é Lister (1827-1912), cujo intento de redução das infecções pós-operatórias – via limpeza de ferimentos, mãos, instrumental cirúrgico e vestes dos pacientes e uso de antissépticos – baseou-se num dos modos pelos quais Pasteur (1822-1895), professor da Faculdade de Ciências de Lille, na França, demonstrou a inibição do crescimento bacteriano, a antisepsia, uma das marcas da primeira grande Revolução Sanitária (RS), a Revolução Pasteuriana, que leva seu nome (Castiglione, 1947; Margotta, 1996; Porter, 1996).

Mas a história da Revolução Pasteuriana tem curso longo e complexo pelo próprio século XIX. Bassi (1773-1835) reconheceu ser um fungo o causador de doença que atormentava os criadouros de bicho-da-seda, verificando, também, sua transmissibilidade. Entretanto, Henle (1809-1885), munido apenas de um senso racional arguto e de um conhecimento vasto em diversas áreas da saúde, mesmo concluindo que certas doenças deveriam ser causadas por organismos vivos, instituiu alguns postulados de prova para que isso fosse demonstrado de forma inequívoca, fato só alcançado por Koch (1843-1910), trinta anos depois, apesar de vários outros agentes terem sido implicados como causadores de doenças nos anos seguintes (Margotta, 1996).

Sem meios materiais adequados para sua comprovação, a teoria do contágio, apesar dos trabalhos de Bassi e outros, caiu em certo descrédito

clínico, prevalecendo a teoria miasmática até a década de 1870, quando se revigorou com os trabalhos de Koch e Pasteur. Além de ter tido o mérito de estabelecer a causa bacteriana do antraz, Koch desenvolveu grande número de métodos de coloração e detecção de bactérias, inclusive onde vários outros haviam falhado, como é o caso do agente da tuberculose, a *Mycobacterium tuberculosis* (Porter, 1996).

Já Pasteur, estudando os processos de fermentação, pôde estabelecer suas causas e determinar como evitar que gerassem produtos indesejados. Descobriu, ainda, a vida anaeróbia, provou a inexistência da geração espontânea (ainda em voga no século XIX) e, após a comprovação da causalidade do antraz por Koch, publicada em 1876, desenvolveu vacinas, inclusive a antirrábica, antitoxinas etc., podendo ser considerado como o principal mentor da verdadeira revolução sanitária que se seguiu, com drástica redução da morbimortalidade, derivada de seus ensinamentos sobre assepsia, antisepsia, limpeza e tratamentos ligados a infecções, que se espalharam pelo mundo (Margotta, 1996; Porter, 1996). Demonstrou-se também, apesar de ser hipótese sugerida há séculos na Índia, e também já antiga na própria Europa, a existência de insetos vetores de doenças infecciosas, em que se destacam os trabalhos de Manson (1844-1922), Finlay (1833-1945) e Ross (1857-1932).

A segunda RS, a Revolução Terapêutica (Jonas, 1994), merece dar crédito a Ehrlich (1854-1915), que produziu as bases científicas da imunologia e sintetizou uma série de substâncias arseniacais para o tratamento da sífilis, inaugurando a quimioterapia. Apesar disso, foi somente em 1935 que a moderna quimioterapia começou de fato, com os trabalhos de Domagk (1895-1964) com o Prontosil, produto sintetizado desde 1908, cujo ingrediente ativo era o grupo sulfonilamida. Em 1938, surge a sulfapiridina e, desde então, outras sulfonamidas passam a ser utilizadas.

A verdadeira RS, porém, mal havia começado. O grande salto se dá a partir da década de 1940, quando é sintetizada a penicilina, cujos efeitos antiestafilocócicos foram notificados por Fleming, em 1929. Produzida industrialmente, importante trunfo das forças aliadas na Segunda Grande Guerra, a penicilina trouxe novas perspectivas de vida e mudanças de comportamento em relação às doenças infecciosas. Se não pôde se constituir na panaceia contra todos os males infecciosos, como criam alguns, face inclusive ao desenvolvimento da resistência bacteriana, permitiu o combate eficaz a várias delas, como sífilis e pneumonias, e foi a partir dela que a terapêutica atingiu

novos e mais eficientes resultados. Desde então, o mundo se ‘medicalizou’. Presente no cotidiano das pessoas, os medicamentos diversificaram-se em todos os níveis de uso e fazem com que na atualidade as indústrias farmacêuticas estejam entre as de maior poder mundial (Margotta, 1996; Porter, 1996).

Ao longo do século XX, um número crescente de descobertas foi-se avolumando. Reconheceu-se a existência de uma multiplicidade de fatores envolvidos em doenças crônicas, como as cardiovasculares. Pôde-se conhecer os vírus, com a microscopia eletrônica, e mais modernamente os *prions*; a intimidade humana passou a ser vasculhada com um arsenal de visores, empregando as mais diversas tecnologias, e avançou-se na síntese de novos e poderosos medicamentos. Mas, parecia que se estava confinado ao mesmo tipo qualitativo de desenvolvimento, até mesmo após a descoberta do DNA por Watson e Crick, em 1953. Novas técnicas produziam drogas e métodos novos. As mudanças eram de escala, de natureza mais quantitativa.

Reservava-se à década de 1980, entretanto, uma notável mudança qualitativa. Se as novas drogas antivirais, inexistentes até então – um alento aos portadores do HIV e mesmo de outras doenças virais –, representaram uma mudança qualitativa de monta no perfil de descobertas, o desenvolvimento da reação em cadeia da polimerase permitiria a eclosão de uma nova RS, cuja dimensão e cujos efeitos permanecem em avaliação. A capacidade de multiplicar, sob controle, as moléculas da vida, de acordo com uma nova realidade de interpretação informacional, trazida pela microinformática, pôde, em pouquíssimo tempo, revolucionar a precisão dos métodos diagnósticos; viabilizar a produção industrial de substâncias humanas, a partir de células bacterianas e fúngicas geneticamente modificadas; e, pela primeira vez na história, e de modo independente da natural combinação de gametas, selecionar genes e cromossomos e interferir/elaborar um novo ser a partir de determinantes preconditionados, gerando riscos e desafios éticos inovadores.

A biologia, nesta nova revolução, e sua associação à informática passam a ter destaque absoluto no novo universo produtivo. Muito além do espaço reservado ao universo atual do ‘biológico’, as nanotecnologias e a convergência tecnológica, com a construção de novos sistemas interpretativos, flexíveis e complexos, parecem delinear um futuro em que não haja apenas a simulação e o exemplo do vivo, como na constituição de redes neurais, mas, para longe disso, a elaboração de sistemas vivos capazes, por si, de substituírem os próprios instrumental e maquinaria utilizados (alguns já em início de uso atualmente).

Se a área da saúde como um todo não caminhou isoladamente nos séculos XX e XXI, a velocidade, a quantidade e a qualidade dos novos conhecimentos e sua aplicação não se atrelaram apenas às mudanças tecnológicas. Sua utilização é, primariamente, dependente do contexto social. É assim que a fome e a falta de simples cuidados preventivos e terapêuticos são mais regras do que exceções num mundo pleno de tecnologias e de diferenças sociais. É assim que as mazelas sanitárias urbanas, com o crescimento demográfico, permanecem como problema atual, em especial nos países com menor poder econômico. O avanço do conhecimento não foi capaz de resolver o diferencial social. Os problemas relativos ao consumo de água, ao esgotamento e à preservação de alimentos que ocorriam no medievo podem ter sofrido mudanças, mas continuam presentes e, por vezes, se traduzem em surtos, mal investigados, de doenças transmitidas por alimentos.

As dificuldades de ações preventivas nas relações entre saúde e trabalho revelam as diferenças sociais. O que foi verificado para o Antigo Egito – como a outorga de licenças associadas a doenças adquiridas no trabalho e a necessidades familiares, assim como atividades voltadas à segurança no trabalho, mesmo que direcionadas ao trabalho escravo e à preservação de patrimônios – na atualidade nem sempre está ao alcance de trabalhadores dos estratos sociais inferiores, sendo o próprio trabalho de mineração exemplo disso. Em relação à proteção das vias aéreas, cabe lembrar que as máscaras modernas (que têm na bexiga animal, descrita desde o período romano, um ancestral) ainda estão, muitas vezes, ausentes ou com uso inadequado em ambientes onde são necessárias.

Novos e antigos riscos num mundo pleno de diferenças. Que se assentam num planeta em profundas transformações climáticas, que podem fazer com que se agravem ou eclodam, de modo diferenciado, novas e antigas mazelas da humanidade. A sensação de progresso no controle de riscos pode começar a sofrer reveses profundos já a partir do início do século XXI.

Os anseios éticos devem formalizar-se em práticas. É hora de fazer história.

REFERÊNCIAS

- BEHRNDT, M. Z. *Relação de Estudo de Métodos com Engenharia de Segurança do Trabalho*, 1975. Monografia. São Bernardo do Campo: Faculdade de Engenharia e Letras.
- CASTIGLIONE, A. *História da Medicina*. São Paulo: Nacional, 1947.
- DEKRUIF, P. The first of mycrobe hunters. In: DEKRUIF, P. (Ed.) *Mycrobe Hunters*. London: Harcourt Brack and Company, 1996.
- DICKERSON, O. B. Cathedral workers during the Middle Ages. *Journal of Occupational Medicine*, 9(12): 605-610, 1967.
- EBID, I. Occupational medicine in the time of the pharaohs. In: XXIXth INTERNATIONAL CONGRESS OF THE HISTORY OF MEDICINE, *Actes/Proceedings*, v. 1, sections A & B, p. 28-34. Cairo: The International Society of the History of Medicine and the Egyptian Society of the History of Medicine, 1985.
- ELL, S. R. Some evidence for interhuman transmission of medieval plague. *Revue of Infectious Diseases*, 1: 563-566, 1975.
- FRUMKIN, H. & CÂMARA, V. de M. Occupational health and safety in Brazil. *American Journal of Public Health*, 81(12): 1.619-1.624, 1991.
- GIORDANI, M. C. *História de Roma*. Petrópolis: Vozes, 1987.
- GOLDWATER, L. J. From Hippocrates to Ramazzini: early history of industrial medicine. *Annals of Medical History*, 8(1): 27-35, 1936.
- GURDJIAN, E. S. Prevention and mitigation of head injury from Antiquity to the present. *The Journal of Trauma*, 13(10): 931-945, 1973.
- HAMLIN, R. B. Embrancing our past, informing our future: a feminist re-vision of health care. *The American Journal of Occupational Therapy*, 46(11): 1.028-1.035, 1992.
- HUCKBODY, E. Dermatology throughout the dark ages: the interchange of experience. *International Journal of Dermatology*, 19(6): 344-347, 1980.
- JONAS, H. *Ética, Medicina e Técnica*. Lisboa: Vega, 1994.
- KOTTEK, S. S. Gems from the Talmud: hygiene and public health VII - health care of workers. *Israel Journal of Medical Sciences*, 31: 702-702, 1995.
- LECA, A.-P. *La Medecine Egyptienne au Temps des Pharaons*. Paris: R. Dacosta, 1983.
- MACKENBACH, J. P. Social inequality and death as illustrated in late-medieval death dances. *American Journal of Public Health*, 85(9): 1.285-1.292, 1995.
- MACKENBACH, J. P. Dances of death, occupational mortality statistics, and social critique. *British Medical Journal*, 313: 21-28, 1996.
- MARGOTTA, R. *The History of Medicine*. New York: Smithmark, 1996.
- MAY, E. *La Médecine: son passé - son présent - son avenir*. Paris: Payot, 1957.

- PIN, J. G. *O Profissional de Enfermagem e a Dependência Química por Psicofármacos: uma questão na saúde do trabalhador*. Rio de Janeiro: Escola de Enfermagem Ana Neri, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.
- PORTER, R. *Cambridge Illustrated History of Medicine*. Cambridge: Cambridge University, 1996.
- RIBEIRO, D. *O Processo Civilizatório: estudos de antropologia da civilização - etapas da evolução sócio-cultural*. Petrópolis: Vozes, 1987.
- ROSEN, G. *Uma História da Saúde Pública*. São Paulo, Rio de Janeiro: Hucitec, Unesp, Abrasco, 1994.
- SOUZA, A. A. de. Prevenção de acidentes e infortúnios do trabalho na pré-história e entre alguns povos de vida primitiva. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 11(43): 72-84, 1983.
- WOOD, C. L. Historical perspectives on law, malpractice, and the concept of negligence. *Emergency Medicine Clinics of North America*, 11(4): 819-832, 1993.
- WRIGHT, R. C. & GOLDAN, L. Contact dermatitis. *International Journal of Dermatology*, 18(8): 665-668, 1979.

2

APLICAÇÕES DA WORLD WIDE WEB EM BIOSSEGURANÇA

Beatriz Rodrigues Lopes Vincent

Silvio Valle

A Internet se constitui de um conglomerado de redes de computadores interligadas, criando um meio global de comunicação (Castells, 2002). Sua penetração entre os brasileiros em 2007 era de 22,2%, considerando-se uma estimativa de 191 milhões de indivíduos (Mattos & Chagas, 2008).

A *World Wide Web*, *www*, ou simplesmente *web*, nasceu em 1990 no Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, mais conhecido como CERN, organização europeia voltada à pesquisa nuclear localizada na fronteira franco-suíça (<http://info.cern.ch>). Seus pesquisadores criaram uma linguagem, o HTML (*hypertext markup language*), ou linguagem de marcação de hipertexto; configuraram um protocolo de transferência de hipertexto, o HTTP (*hypertext transfer protocol*) para garantir o fluxo da comunicação entre programas navegadores (*browsers*) e servidores *web*, e também criaram o URL (*uniform resource locator*), ou localizador uniforme de recursos, um padrão de endereços para a *web*, que traz informações sobre o protocolo do aplicativo e o endereço do servidor que contém a informação desejada (Castells, 2002). Vinte anos se passaram desde então. Muitos usuários da Internet hoje devem desconhecer que, ao especificar o URL <<http://www.fiocruz.br/piafi/index.html>> na barra de endereços do seu programa navegador, estarão buscando o arquivo 'index.html', que está armazenado no diretório 'piafi' de um servidor *web* (vide <http>) cuja identidade ou domínio é <www.fiocruz.br>. Espera-se desse usuário apenas especificar o domínio desejado. A interface é naturalmente amigável e convidativa.

A *web* se notabilizou de tal maneira que para muitos o termo 'www' virou sinônimo de Internet. A realidade dos meados dos anos 90, quando os *sites* de interesse sobre um tema eram relacionados com facilidade, foi substituída

por um universo quase infinito de endereços *on-line*. Logo vieram programas para localizar *sites* e seus conteúdos, e cada vez mais serviços e novidades foram sendo oferecidos. Uma vez que as páginas *web* avançam hoje sobre todos os domínios do conhecimento, trazemos aqui um recorte das suas aplicações em biossegurança, tendo como foco principal alunos e profissionais em atuação no Brasil. Oportunamente, algumas considerações irão abranger recursos e clientela internacionais.

Três são os objetivos deste capítulo: relacionar *sites* interessantes em biossegurança, sugerir técnicas de busca que irão facilitar a localização de *sites* e recursos específicos e, por último, oferecer subsídios para que o leitor tenha autonomia para selecionar e obter literatura científica em biossegurança. Cabe ressaltar, entretanto, que, tendo em vista a velocidade que se processam as mudanças, as informações contidas neste texto poderão, em parte, tornarem-se obsoletas. Os princípios gerais, contudo, permanecerão os mesmos.

Ao iniciar o capítulo, é importante padronizar elementos que serão muito utilizados daqui para frente. Palavras estrangeiras serão apresentadas em *itálico*, *hyperlinks* estarão assinalados entre os sinais < >, nomes de campos ou botões referentes a uma página *web* estarão grafados em VERSALETE, enquanto expressões de busca estarão escritas dentro de chaves - { }.

SITES EM BIOSSEGURANÇA NA WORLD WIDE WEB

Ao selecionar um *site*, observe o seu endereço (URL) e reflita sobre a natureza e credibilidade do seu conteúdo: domínios que contenham “edu” e “gov” são mantidos por instituições de ensino e/ou órgãos governamentais. Na área de saúde, busque preferencialmente pelos *sites* certificados com o selo HON <www.hon.ch>. A Health on the Net Foundation é uma organização não governamental suíça que certifica *sites* de acordo com oito critérios objetivos, conferindo o selo HONcode. O *link* <http://www.hon.ch/HONsearch/Pro/hunt.html> realiza buscas nos *sites* certificados.

Usaremos a classificação de Rothschild (1998) para sugerir alguns *sites* em biossegurança. Embora o autor relacione nove diferentes categorias de *sites* *www* em saúde, tendo em vista os propósitos deste trabalho, os exemplos em biossegurança estarão voltados para os itens sociedades e revistas científicas, recursos educacionais, institucionais e indexadores.

Sociedades Científicas

Oferecendo conteúdos variados – calendário de eventos, lista de membros ou orientações para filiação, artigos e avisos gerais – os sites das sociedades científicas podem trazer serviços adicionais como lista e grupo de discussão. A American Biological Safety Association (ABSA), em <<http://www.absa.org>>, e a European Biosafety Association (EBSA), em <<http://www.ebsaweb.eu>>, são endereços relevantes nesta categoria.

Revistas Científicas

Os sites dos periódicos científicos na Internet apresentam, em geral, informações sobre corpo editorial, resumos e/ou artigos completos, informações para autores, assinantes e anunciantes, entre outros. O *Journal of the American Biological Safety Association*, em <<http://www.absa.org/abj>>, é uma publicação oficial da ABSA. Ainda como importantes publicações no campo da biossegurança, citamos: *Emerging Infectious Diseases*, no endereço <<http://www.cdc.gov/eid>> e *Biosecurity and Bioterrorism: biodefense strategy, practice, and science* a ser localizada no endereço <<http://www.liebertpub.com>> e a *Revista Bioética* disponível no site do Conselho Federal de Medicina em <<http://portal.cfm.org.br>>.

Recursos Educacionais

Diversos são os sites que se incluem nesta categoria, por exemplo, plataformas de ensino a distância (EAD), portais acadêmicos e sites das agências de fomento, bem como portais de revistas científicas descritos em detalhes no item ‘Levantamento Bibliográfico em Biossegurança’. Especificamente sobre o tema biossegurança, lembramos os endereços <<http://www.biosseguranca.com>>, <<http://www.biossegurancahospitalar.com.br>> e <<http://www.riscobiologico.org>>, tendo em vista sua utilidade para os profissionais da área.

Tecnologias baseadas na *web* e demais serviços da Internet (por exemplo, correio eletrônico, salas de *chat* e fórum de discussão) vêm apoiando e consolidando iniciativas de EAD. A EAD da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (Ensp) da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) surgiu em 1998 (Dupret & Barilli, 2006) e oferece formação em diversas áreas, entre as quais a biossegurança. Sua clientela é variada, incluindo professores de cursos de pós-graduação em Saúde, dirigentes e técnicos de grupos privados, profissionais do setor público, conselheiros municipais e estaduais de saúde

e profissionais de laboratório. Mais informações podem ser obtidas no endereço <<http://www.ead.fiocruz.br>>.

O portal Siga Fiocruz constitui novo exemplo de interesse desta categoria. A plataforma Siga reúne candidatos, alunos, docentes e funcionários de secretaria, constituindo um ambiente virtual de interlocução entre todas as partes. No Siga são oferecidos um leque atualizado de opções, inclusive em biossegurança, no *stricto* e *lato sensu*. No endereço <<http://www.sigass.fiocruz.br>>, voltado para os cursos de pós-graduação *stricto sensu*, são relacionadas disciplinas, projetos e linhas de pesquisa. Notas são divulgadas, inscrições realizadas, entre outras ações do calendário acadêmico da pós-graduação da Fiocruz. Demais cursos voltados para a clientela de *lato sensu* (aperfeiçoamento, atualização e especialização) estão relacionados no endereço <<http://www.sigals.fiocruz.br>>.

Vale ainda lembrar aqui os serviços e informações disponíveis nos *sites* das seguintes agências de fomento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - <<http://www.cnpq.br>>, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) - <<http://www.capes.gov.br>> e Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) - <<http://www.finep.gov.br>>. Citamos ainda as fundações de amparo à pesquisa estaduais, como por exemplo a Fapesp, no endereço <<http://www.fapesp.br>>. Informações sobre bolsas/auxílios, relatórios técnicos, novos convênios, entre outras, são essenciais para os que frequentam o meio acadêmico.

Como regra geral, todo e qualquer indivíduo em atividade acadêmica formal (aluno, professor, pesquisador) deverá manter atualizado o seu Currículo Lattes no endereço <<http://lattes.cnpq.br/index.htm>> ou pelo *link* correspondente, no *site* do CNPq. A atualização deste banco de dados eletrônico é de responsabilidade civil e criminal do usuário, único possuidor de senha de acesso pleno. Ao contrário, seu conteúdo poderá ser consultado *on-line* livremente através do *link* BUSCAR CURRÍCULO. Ao explicitar a trajetória acadêmica dos pesquisadores brasileiros, o Currículo Lattes facilita a identificação de indivíduos com interesses comuns, propiciando iniciativas de trabalho colaborativo. Neste sentido, vale conhecer o grupo de pesquisa do CNPq intitulado “Educação Profissional em Biossegurança”. Ao consultar o Lattes, são obtidas informações sobre as produções científicas, coletiva e individual. No último caso, esses conteúdos são consultados pelas agências de fomento por ocasião da concessão de auxílios e bolsas e liberação de verbas

para projetos. Importantes conteúdos estão disponíveis no *site* da Capes, principalmente no item AVALIAÇÃO apresentado no Menu. Ao selecionar uma instituição de pós-graduação, recomendamos uma consulta prévia ao item AVALIAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO. Outro recurso importante é o *link* QUALIS. Resumidamente, apresenta uma classificação dos veículos de divulgação científica. Ao selecionar uma revista para submeter o seu mais recente artigo, lembre-se de consultar a ferramenta WEBQUALIS em <<http://qualis.capes.gov.br/webqualis>>.

Institucionais

O termo ‘Institucionais’ substitui aqui o termo ‘Coorporativos’, originalmente utilizado no artigo de Rothschild (1998). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datasus) constituem exemplos brasileiros desta categoria, enquanto Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Food and Drug Administration (FDA), Institut National de la Santé e de la Recherche Médicale (Inserm), Organização Pan-Americana da Saúde (Opas) e World Health Organization (WHO) – Organização Mundial da Saúde (OMS) – representam cinco importantes instituições internacionais. Nome completo, endereços e uma breve descrição estão listados na Quadro 1. Seus serviços e conteúdos variam, podendo ser mais bem conhecidos ao se navegar nos respectivos endereços na *web*.

Sites Indexadores

Constituem os *sites* com listas de *links* relacionados à área de biossegurança. Um exemplo desta categoria está na página do International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (Centro Internacional para Engenharia Genética e Biotecnologia), no endereço <<http://www.icgeb.org/~bsafesrv>>.

Ao finalizar esta primeira parte, cumpre-nos relacionar três endereços essenciais no campo da avaliação do risco biológico que não foram mencionados previamente: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), em <<http://www.oecd.org>>, Convention on Biological Diversity (CBD), em <<http://www.cbd.int>>, e Center for Environmental Risk Assessment (CERA-GMC), em <<http://cera-gmc.org>>.

Quadro 1 – Sites institucionais em biossegurança

Sites institucionais em biossegurança – Nacionais		
Nome	URL	Descrição
Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)	http://portal.anvisa.gov.br	Vinculada ao Ministério da Saúde, sua finalidade é regular e fiscalizar as atividades com risco biológico.
ASPTA	http://www.aspta.org.br	Possui um observatório sobre as atividades da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).
Bioética – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	http://acd.ufrj.br/consumo	Ligado à UFRJ, discute os aspectos éticos das novas tecnologias.
Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio)	http://www.ctnbio.gov.br	Comissão que normatiza as atividades de biossegurança envolvendo os organismos geneticamente modificados (OGMs).
Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec)	http://www.idec.org.br	Atua na área do direito do consumidor.
Laboratório de Combustíveis e Derivados de Petróleo da Escola de Química da UFRJ (Labcom-UFRJ)	http://acd.ufrj.br/consumo/	Atua na informação e debate no campo da biossegurança.
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	http://www.agricultura.gov.br	Atua, por intermédio da Secretária de Desenvolvimento Agrário (SDA), na fiscalização dos riscos biológicos envolvendo plantas e animais.

Quadro 1 – Sites institucionais em biossegurança (continuação)

Nome	URL	Descrição
Ministério do Meio Ambiente	http://www.mma.gov.br	Atua por intermédio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), na fiscalização dos riscos biológicos no meio ambiente.
Projeto Ghente	http://www.ghente.org/	Ligado à Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), discute os impactos das novas tecnologias na saúde pública.
Sites institucionais em Biossegurança – Internacionais		
CDC	www.cdc.gov	É o órgão americano que trabalha na prevenção e no controle de doenças infecciosas e crônicas, doenças ocupacionais.
Centro de Biosseguridade	http://www.upmc-biosecurity.org/website/	Universidade de Pittsburgh
United States Environmental Protection Agency (EPA)	http://www.epa.gov	Sua missão é proteger contra os riscos ambientais.
ETC Group	http://www.etcgroup.org/es/principal	Dedicado à conservação e ao avanço sustentável da diversidade cultural e ecológica e direitos humanos.
Food and Drug Administration (FDA)	http://www.fda.gov	Sua missão é proteger a saúde ao garantir a segurança e eficácia de drogas, produtos biológicos, alimentos, cosméticos, equipamentos médicos e produtos emissores de radiação ionizante.

Quadro 1 – Sites institucionais em biossegurança (continuação)

Nome	URL	Descrição
GENOK	http://www.genok.no/	Centro de Estudos em Biossegurança na Noruega.
GMO ERA Project Universidade de Minesota –USA	http://www.gmoera.umn.edu/	Iniciativa pioneira conduzida por cientistas do setor público para desenvolver ferramentas de apoio à avaliação de risco ambiental de OGMs.
ONU	http://bch.cbd.int/protocol/	O Protocolo de Biossegurança da Convenção sobre Diversidade Biológica é um acordo internacional que visa a assegurar o manuseio, transporte e uso de OGMs que possam ter efeitos adversos sobre a diversidade biológica e saúde humana.
Organização Pan- Americana da Saúde (Opas)	http://www.opas.org.br	Organismo internacional de saúde pública cujo objetivo é promover a equidade na saúde, combater doenças, melhorar a qualidade de vida e elevar a expectativa de vida dos povos das Américas.
World Health Organization (WHO/OMS)	http://www.who.int	Agência das Nações Unidas especializada em saúde, tem por objetivo a promoção da saúde no mundo.

BUSCANDO SITES EM BIOSSEGURANÇA

Os programas para localizar *sites* e seus conteúdos, os ‘buscadores’, surgiram com a expansão da *web*. As primeiras ferramentas de busca podem ser exemplificadas pelo Yahoo <<http://www.yahoo.com>> e Cadê <<http://www.cade.com.br>>, o correspondente do Yahoo para domínios brasileiros. Ambos indexavam e cadastravam as páginas segundo seus conteúdos e se denominavam catalogadores. Já os ‘motores de busca’ ou ‘robôs’ ou ‘spiders’, exemplificados inicialmente pelo Altavista <<http://www.altavista.com>>, ‘varriam’ as páginas *web* e as organizavam segundo critérios que incluíam, por exemplo, o número de vezes que o argumento era encontrado no conteúdo do texto ou se integrava o nome do domínio. Como resposta à solicitação {fiocruz}, espera-se ter como primeiro *link* a página da instituição que possui essa palavra em seu domínio <<http://www.fiocruz.br>>. Ferramentas semelhantes são o Excite em <<http://www.excite.com>> e o Lycos em <<http://www.lycos.com>>. Uma terceira categoria de buscadores, os ‘metabuscaadores’ ou *metacrawlers*, exemplificados pelo domínio Ask Jeeves, hoje abreviado para Ask em <<http://www.ask.com>>, se especializou em realizar buscas simultâneas nas ferramentas preexistentes e assim alcançar melhores resultados.

Com o passar do tempo, características e tecnologias das citadas ferramentas evoluíram e se fundiram. Catalogadores como o Yahoo passaram a oferecer buscas por palavras-chave nos moldes dos ‘motores de busca’, enquanto estes criaram catálogos que permitiam navegação em diretórios hierárquicos. Um exemplo deste último é o Google <<http://www.google.com.br>>, que, a partir do *link* DIRETÓRIO, oferece navegação em categorias específicas. Dentre os endereços citados, o Google alcançou particular destaque. Sua história está disponível no *link* <<http://www.google.com/corporate/history.html>>. Lançado em 1998 e, mais tarde, percebendo que metade do seu tráfego se originava de usuários não americanos, lançou a estratégia ‘*google goes global*’: *sites* Google que se apresentavam em dez idiomas diferentes (francês, alemão, italiano, sueco, finlandês, espanhol, português, holandês, norueguês e dinamarquês). Surgia, assim, o endereço <<http://www.google.com.br>> como uma alternativa ao endereço original <<http://www.google.com>>.

Onde Buscar?

Quando usar um catalogador, um motor de busca ou um metabuscador? Como regra geral, ao se tratar de um tema amplo e abrangente, recomendam-

se os catalogadores. O usuário poderá navegar nas categorias disponíveis ou realizar uma busca por palavra-chave no universo dos sites cadastrados. Navegar na hierarquia constitui estratégia útil para o usuário iniciante, uma vez que este poderá conhecer os sites sob as categorias principais e subordinadas, além de se familiarizar com as palavras-chave que poderão ser utilizadas em buscas futuras. Se nada de interessante for encontrado, recomenda-se a busca livre. A desvantagem de se utilizar o catalogador é que a procura se dá no conjunto de sites que foram previamente submetidos e ali incluídos, além de os resultados serem extremamente dependentes da palavra-chave utilizada (Wishard, 1998).

Para temas bem definidos e focados, recomendam-se os motores de busca. A desvantagem desta estratégia consiste no volume de *links* que retornam como resultado. Para minorar este problema, sugere-se que, antes de realizar a operação, o usuário se familiarize com a ferramenta e conheça os recursos existentes para aumentar a qualidade dos resultados. Uso de aspas para palavras compostas {"contaminação alimentar"}, palavra-chave no singular, uso de acentuação para o caso de palavras em língua portuguesa, uso dos operadores booleanos AND/OR/NOT, entre outros, são algumas estratégias que originam resultados bem-sucedidos. Outra recomendação é o uso de buscas em múltiplos campos para aumentar a especificidade, além do manejo eficiente da interface avançada que todas estas ferramentas oferecem (Wishard, 1998). Características e especificidades de cada *site* estão, em geral, descritas nos *links* HELP, HOW TO SEARCH, ABOUT, DICAS DE PESQUISA ou semelhantes. No endereço SEARCH ENGINE WATCH, em <<http://searchenginewatch.com>>, podem ser encontrados artigos com dicas de uso considerando-se o motor de busca selecionado. No caso específico do Google, o endereço é <<http://www.google.com.br/support>>.

Para uma busca mais abrangente e rápida, a recomendação geral é usar um metabuscador. Ao digitar {biossegurança} no endereço Ask <<http://www.ask.com>> retornaram 118.000 *links*. É interessante comparar este resultado com uma busca no Google fazendo uso do mesmo argumento; no Google brasileiro retornaram 427.000 *links*. O menor número de *links* associados ao uso do metabuscador é produto do refinamento por ele realizado (Wishard, 1998).

Além destas recomendações gerais, existem ainda algumas dicas práticas. O endereço <<http://www.scirus.com>>, da Scientific Information Only (SCIRUS), busca em um universo de recursos de potencial interesse em

biossegurança e merece ser visitado. O endereço Altavista <<http://www.altavista.com>> constitui ferramenta importante para a localização de arquivos de MP3/áudio e vídeo e é o endereço recomendado para traduzir páginas em outros idiomas. Neste caso, use o *link* BABEL FISH. Já a ferramenta Alltheweb <<http://www.alltheweb.com>> é útil para localizar imagens na *web*. Para isso, selecione a opção PICTURES em sua *homepage*. Sugerimos ainda o *link* PEOPLE do buscador Lycos <<http://www.lycos.com>> para localizar indivíduos e seus respectivos endereços nos Estados Unidos. Outro serviço útil é o GOOGLE MAPAS <<http://maps.google.com.br>>. Ao se digitar um endereço qualquer, obtém-se como resposta um mapa da região. Entre outros usos, destacam-se as ferramentas COMO CHEGAR, com instruções de trajeto e tempo aproximado de percurso, e SATÉLITE, apresentando uma imagem de fotografia feita pelo satélite para a área em questão. Finalmente, também oferecido pelo Google, experimente o serviço de alerta de notícias para receber atualizações por *e-mail* sobre um tema de interesse <<http://www.google.com.br/alerts>>.

Usando o Google para Buscas em Biossegurança

Usaremos o Google como exemplo para sugestões de recursos e estratégias de busca na *web* em biossegurança. E por que o Google? Por sua popularidade, inclusive entre os brasileiros. Segundo Bausch (2007), em fevereiro de 2007 as buscas no Google respondiam por 53,7% do mercado americano; Yahoo! e MSN apareciam com taxas menores, 22,7% e 8,9%, respectivamente. Lembramos que as sugestões aqui apresentadas poderão ser aplicadas a outro buscador da preferência do leitor.

Como Buscar?

No endereço <http://navigators.com/search_methodology.html> há a recomendação de se adotar cinco passos em sequência – reflexão, estratégia, busca, limpeza e documentação – na realização de uma pesquisa eficiente.

No primeiro passo, reflexão, o usuário pensa sobre o tema de interesse e lista possíveis palavras-chave. Esta lista deve incluir sinônimos e abreviações. Ao imaginar o contexto da busca e a natureza dos *sites* de interesse, tenta-se adivinhar argumentos específicos. Ao procurar, por exemplo, por possíveis cursos de pós-graduação em biossegurança, devem-se incluir os termos {curso}, {pós-graduação} e {biossegurança}.

A estratégia utilizada vai depender do buscador escolhido e das funcionalidades existentes. Na *homepage* do Google, clique no *link* TUDO SOBRE

O GOOGLE e, em seguida, no *link* AJUDA. Segundo o *site* Internet World Stats <<http://www.internetworldstats.com>>, o inglês é o idioma da maioria dos usuários da Internet; o português ocupa o sétimo lugar. Por isso, a primeira consideração ao se iniciar uma pesquisa e, principalmente, ao se usar um termo estrangeiro, consiste em definir âmbito e idioma das páginas onde se darão as buscas. Na *homepage* do Google em português, existem dois botões que limitam o universo dos resultados: PÁGINAS EM PORTUGUÊS e PÁGINAS NO BRASIL. No Google, não são utilizados operadores booleanos: AND (interseção), OR (união) e NOT (subtração). Para se restringir uma busca, em vez de se usar o operador AND entre termos, basta digitá-los separadamente.

Para a busca proposta anteriormente, a expressão completa seria {curso pós-graduação biossegurança}. Como resultado, retornam as páginas que possuem todos os termos relacionados. O total de *links* encontrados será inversamente proporcional ao número de termos digitados. Tenha em mente, portanto, que ao digitar muitos termos você estará realizando interseções automáticas e, como resultado, poderá excluir *sites* que não contenham um dos argumentos fornecidos. Em geral, para se realizar uma busca abrangente, sugere-se o uso de termos sinônimos interligados pelo operador OR. No Google, o recurso correspondente está no *link* PESQUISA AVANÇADA, onde os mesmos termos são digitados na caixa de texto com qualquer uma das palavras. O operador NOT, usado para excluir *sites*, é substituído pelo uso do sinal de subtração (-). Como alguns argumentos de busca podem ser considerados termos ‘acessórios’ e, automaticamente, desconsiderados pelo Google, para garantir que entrarão na busca use o operador + entre espaços: {biossegurança + eua}. E, finalmente, o uso das aspas duplas vai definir uma sequência exata de caracteres, sendo útil para palavras compostas; compare {escola nacional de saúde pública} *versus* {“escola nacional de saúde pública”}.

Na interface avançada de busca, o correspondente ao uso das aspas é o campo cujo enunciado é COM A EXPRESSÃO. Teste os resultados para palavras no singular e plural, pois em alguns buscadores fará diferença. Outro aspecto importante é que as palavras poderão ser escritas em maiúsculas ou minúsculas e que, no caso da língua portuguesa, acentuação e uso de cedilha não são obrigatórios. Entretanto, se você cometer um erro ortográfico, por exemplo, se digitar ‘biosseguranssa’, o Google irá sugerir a grafia correta. Esse recurso é bastante útil ao se buscar em idiomas com que não somos familiarizados ou mesmo para se verificar a grafia de uma determinada palavra da língua

portuguesa. Basta comparar o número de *links*: a palavra que gerar uma lista de ocorrências maior será, provavelmente, a que está com a grafia correta.

O terceiro passo é a busca propriamente dita: execute a busca, mantenha o foco e faça uso dos seus recursos avançados. Importantes funcionalidades encontram-se na interface de busca avançada do Google em <http://www.google.com.br/advanced_search>. Para se localizar uma apresentação de *slides*, basta digitar os argumentos de busca e, na caixa de listagem referente ao campo **FORMATO DE ARQUIVO**, selecionar a extensão **.PPT**. Procedimento semelhante deve ser realizado para a localização de artigos científicos ao se especificar a extensão **.PPT**. Revistas e congressos científicos, bem como autores em geral, adotaram a extensão **.PDF** como padrão para a oferta de artigos *on-line*. Outros recursos consistem em se fornecer data ou endereço (domínio) específicos. Nesse último caso, sugerimos digitar o argumento {*biossegurança*} na caixa de texto superior e digitar {*ensp.fiocruz.br*} no campo **DOMÍNIO**. Neste caso, a busca irá ocorrer apenas nas páginas que integram o *site* relacionado. Para a busca com termos estrangeiros, a interface avançada oferece outro recurso interessante que merece ser explorado. Ao digitar uma palavra internacional como {*Aids*}, por exemplo, podem-se filtrar os resultados por um idioma específico. Assim, ao procurar *sites* sobre *Aids* em português, selecione a opção **PORTUGUÊS** na caixa de listagem **IDIOMA**. Como resultado, além de *sites* brasileiros, virão, naturalmente, *sites* de Portugal e demais países de língua portuguesa. Se, porém, você deseja localizar *sites* em Portugal, experimente digitar {*.pt*} na caixa de texto do campo **DOMÍNIO**.

O passo seguinte é a limpeza ou o refinamento dos resultados. A busca ideal é produto de experimentações e testes, aproveitando-se dos argumentos que advêm nas descrições dos *sites* encontrados para novas tentativas. Se os argumentos de busca foram bem escolhidos, provavelmente as primeiras duas ou três páginas de resultados, que totalizam vinte a trinta *links*, conterão os endereços mais relevantes. No processo de limpeza, quando se fazem refinamentos sucessivos, é sempre bom lembrar do recurso ao sinal de subtração (-) para se excluir um conjunto de *sites* indesejáveis. Entretanto, este procedimento poderá excluir *sites* potencialmente interessantes. Ao navegar nos *sites* relacionados na página de resultados, recomenda-se que o usuário mantenha a página original e, para cada *link* visitado, abra uma janela nova. Para isso, coloque o cursor do *mouse* sobre o *link* selecionado e, ao usar as funções do botão direito do *mouse*, use a opção **ABRIR UMA NOVA JANELA**. Ainda

útil neste momento é o *link* PÁGINAS SEMELHANTES, que aparece na janela de resultados, abaixo do texto que descreve cada *site*.

Finalmente, é necessário armazenar os resultados. Na etapa de documentação, organize e registre em disco o que for adequado. Existem basicamente três formas distintas para fazê-lo. No seu navegador, use o *bookmarks*, mais conhecido como 'Favoritos'. Em Vincent (2002), há uma descrição detalhada sobre cada etapa na realização deste comando. Alternativamente, também no navegador, salve uma cópia da página no disco usando a sequência de opções do menu 'Arquivo' e 'Salvar como'. A terceira opção consiste em selecionar o conteúdo, copiar e colar para um arquivo de texto. Recomenda-se ainda copiar e colar o endereço *web* para eventual visita futura. Uma dica útil para 'limpar' conteúdos não textuais que se apresentam no *site* em questão consiste em usar um editor de textos sem formatação, por exemplo o Bloco de Notas (Microsoft Windows) ou Text (MAC OS), para colar o trecho capturado antes de transferi-lo em definitivo para um editor como o Word, por exemplo. Ao salvar o arquivo final, atribua um nome que expresse o seu conteúdo. A vantagem desta última opção é que seus *links*/conteúdos ficarão imunes a possíveis trocas de versão de navegador e/ou formatação do disco rígido do seu computador. Ao salvar em arquivo texto, é sempre mais fácil providenciar um *backup*.

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO EM BIOSSEGURANÇA

A *www* tem se destacado por oferecer conteúdos cada vez mais abrangentes e valiosos, incluindo teses, livros, revistas e artigos *on-line*. Se, por um lado, abre-se um leque de oportunidades para alguns, por outro, fecham-se portas para os não iniciados. A autonomia na obtenção de literatura científica requer conhecimentos e ações específicos, como compreender conceitos e estratégias referentes à busca propriamente dita e adquirir as habilidades para implementá-la em qualquer que seja a interface. Apresentaremos aqui algumas considerações e sugestões sobre endereços e procedimentos para o acesso a teses e dissertações, livros, bases de dados bibliográficas, revistas e respectivos artigos científicos de conteúdo integral.

Teses e Dissertações

A Capes e o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict) constituem instituições de referência para a busca de teses e dissertações.

Em <<http://www.capes.gov.br/servicos/banco-de-teses>>, a Capes mantém seu banco de resumos de teses e dissertações defendidas a partir de 1987. As informações são fornecidas diretamente à entidade pelos programas de pós-graduação. As buscas são por autor, assunto, instituição, nível, ano e combinações possíveis. A partir da *homepage* do Ibict <<http://www.ibict.br>>, o usuário poderá ter acesso a uma variedade de serviços. Entre eles, revistas com conteúdo integral, bases de dados brasileiras, biblioteca digital de teses e dissertações, biblioteca Ibict e *links* para as principais bibliotecas virtuais temáticas. Para o último caso, digite o endereço <<http://bdtd.ibict.br/instituicoes>> e selecione o *link* INSTITUIÇÕES PARCEIRAS, entre as quais se encontra a Biblioteca Digital da Fiocruz. Entre outros serviços, há ainda instruções para o cadastramento do usuário no sistema de comutação eletrônica, serviço de envio de documentos digitalizados solicitados a distância.

O portal de teses e dissertações em saúde pública <<http://thesis.cict.fiocruz.br>> promove a disseminação e integração dos conhecimentos e práticas de saúde veiculados nas teses de saúde pública. A busca se dá em diferentes âmbitos, incluindo as bases Ibict e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs). A base de citações Lilacs indexa literatura das ciências da saúde publicada nos países da América Latina e Caribe. Além de referenciar artigos científicos, há citações para teses e capítulos de teses, livros e capítulos de livros, anais de congressos ou conferências, relatórios técnico-científicos e publicações governamentais. Como resultado da busca {biossegurança} na base de teses Lilacs, *link* TESES EM SAÚDE PÚBLICA NA LILACS, foram relacionados 16 registros de citações sobre o tema.

A seguir, apresenta-se a estrutura de um registro Lilacs que contém, entre outros campos, autor, título e resumo. O texto completo poderá ser obtido diretamente na biblioteca de origem (ver campo RESPONSÁVEL). Neste caso, BR526.1 referencia a Biblioteca Lincoln de Freitas Filho, Ensp, Fiocruz.

ID: 422216

AUTOR: Silva, Pedro Cesar Teixeira da.

TÍTULO: Proposta para criação de um sistema de informação gerencial para a área de biossegurança na Fiocruz / *Proposal for creation of a management information systems for the area of biosafety in the Fiocruz.*

FONTE: Rio de Janeiro; s.n; 2004. 121 p. ilus, mapas, tab, graf.

IDIOMA: Pt.

TESE: Apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca para obtenção do grau de mestre.

RESUMO: As TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) vêm sendo aplicadas com sucesso como estratégia de gestão na organização (...) relacionadas com a saúde e o bem-estar dos trabalhadores e da população no Brasil.

DESCRIPTORIOS: Sistemas de Informação, Laboratórios, Biotecnologia, Academias, Institutos.

RESPONSÁVEL: BR526.1

Uma vez que a indexação de documentos requer tempo e recursos humanos especializados, as bases podem ficar temporariamente desatualizadas. Recomenda-se, portanto, que a busca também ocorra diretamente no acervo das instituições da área. Sugere-se, por exemplo, procurar nos acervos da Ensp <<http://www.fiocruz.br/bibensp>> e da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo <<http://www.bvs-sp.fsp.usp.br>>. Outra sugestão é o endereço <<http://www.bv.fapesp.br>>, onde o usuário poderá acessar bancos de dados referenciais de informações da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), como projetos de pesquisa e diretório de teses.

Livros

Atualmente, o ato de se adquirir um livro não se restringe mais a uma ida à livraria. As possibilidades são inúmeras: adquirir livros não comercializados no Brasil ou esgotados e comercializados como artigos 'de segunda mão' nos 'sebos' virtuais; comprar com desconto nos *sites* das editoras; comparar preços; baixar volumes inteiros gratuitamente ou adquirir versões integrais para *handhelds*. Há ainda a possibilidade do empréstimo do volume 'em papel' em uma biblioteca próxima, localizada com o auxílio de uma ferramenta especializada na Internet.

No universo dos negócios *on-line*, a Amazon foi uma das pioneiras na comercialização de livros. Ao digitar o endereço <<http://www.amazon.com>>, selecione o item BOOKS na caixa de listagem e digite {biosafety} na caixa de texto SEARCH. O total de resultados em outubro de 2009 foi de 3.588 títulos! Use a caixa de listagem SORT BY para organizar a lista conforme preço, ordem alfabética, relevância, entre outros. Ao clicar sobre a imagem ou título do livro *Laboratory Biosafety Manual*, da OMS, ganha-se acesso à página de detalhe que apresenta o botão ADD TO SHOPPING CART, comando que dará início à transação

de compra. Para alguns volumes, e esse é um exemplo, ao selecionar o *link* SEARCH INSIDE THIS BOOK, o usuário poderá navegar no seu conteúdo. Ao usar este recurso, o leitor interessado irá buscar e localizar trechos do livro. Isto vai requerer apenas o seu cadastro no *site*. Interessante notar que uma nova busca {biossegurança} fez retornar apenas 22 registros, mas que demonstra seu interesse comercial em publicações de língua portuguesa. Para se alcançar a interface avançada de busca, deve-se navegar pela barra vertical à esquerda BROWSE e selecionar a opção BOOKS. Esta é a página exclusiva para livros e o usuário poderá verificar que a régua horizontal superior apresenta novas opções, incluindo ADVANCED SEARCH. A vantagem dessa janela é a riqueza de opções: pesquisar por assunto, autor, editora, idioma, entre outros.

Revolucionária também foi a comercialização de livros originalmente em papel convertidos para o formato eletrônico. Em meados dos anos 90, a editora Elsevier já disponibilizava obras inteiras *on-line*: o livro *Cecil Textbook of Medicine*, uma referência em medicina interna, entre publicações de outras especialidades, passou a ser consultado na sua última edição pelos assinantes do portal MDConsult <<http://www.mdconsult.com>>. A versão brasileira para o MDConsult é o portal Bibliomed em <<http://bibliomed.uol.com.br>>, que oferece o conteúdo integral de livros, além de outros produtos, mediante pagamento.

Endereços de livrarias virtuais brasileiras para compra de livros *on-line* estão listados no Quadro 2, enquanto algumas das nossas editoras com publicações na área de biossegurança e seus respectivos *sites* estão listados no Quadro 3.

Quadro 2 - Livrarias brasileiras

Livraria	URL
Cultura	http://www.livrariacultura.com.br
Travessa	http://www.livrariadatravessa.com.br
Fnac	http://www.fnac.com.br
Galileu	http://www.livrariagalileu.com.br
La Selva	http://www.laselva.com.br
Saraiva	http://www.livrariasaraiva.com.br
Siciliano	http://www.siciliano.com.br

Quadro 3 – Editoras brasileiras

Editora	URL
Atheneu	http://www.atheneu.com.br
Embrapa	http://www.embrapa.gov
Fiocruz	http://www.fiocruz.br/editora
Guanabara Koogan	http://www.editoraguanabara.com.br
Interciência	http://www.editorainterciencia.com.br
Ministério da Saúde	http://www.saude.gov.br
Publit	http://www.publit.com.br
RT	http://www.rt.com.br
Universidade Caxias do Sul	http://www.ucs.br

Dos endereços de comércio eletrônico, vale lembrar Lojas Americanas, <<http://www.americanas.com.br>> e Submarino <<http://www.submarino.com.br>>. Antes de comprar, não deixe de visitar o site Bondfaro <<http://www.bondfaro.com.br>>, que compara preços *on-line*. Para livros esgotados, recorra à Estante Virtual <<http://www.estantevirtual.com.br>>. A busca {biossegurança} em outubro de 2009 indicou 59 livros.

E, finalmente, um recurso que já se encontra bem estabelecido nos Estados Unidos e vem se expandindo rapidamente no Brasil é o Google Books <<http://books.google.com>> – sua versão em português está em <<http://www.google.com.br/books>>. Através deste serviço, além de localizar livros para compra, o usuário poderá localizar uma biblioteca ‘real’ para empréstimo temporário. Da página de resultados, tem-se acesso a um pequeno resumo ou ao seu conteúdo completo. Neste último caso, o usuário irá navegar no texto do livro *on-line* ou, melhor ainda, ‘baixá-lo’ na íntegra no formato de arquivo .PDF para impressão tal como na sua versão em papel. Na página principal, a operação se dá como uma busca convencional, digitando-se palavras-chave no idioma desejado e acionando o botão GOOGLE SEARCH; a operação ocorrerá no universo de todos os livros cadastrados – TODOS OS LIVROS – ou apenas naqueles que apresentam o texto integral – LIVROS COM VISUALIZAÇÃO COMPLETA. A opção pela localização de livros em bibliotecas – CATÁLOGOS DE BIBLIOTECAS – se encontra na janela de pesquisa avançada. Adicionalmente, no *link* PESQUISA DE LIVROS AVANÇADA, há também opções de busca por palavra-chave no título, nome do autor, editora, data de publicação e International Standard Book Number

(ISBN). Experimente a pesquisa {biossegurança} na caixa de texto PROCURAR RESULTADOS COM TODAS AS PALAVRAS e {fiocruz} em editora. Ao selecionar o link referente ao livro de Valle e Barreira (*Regulamentação da Biossegurança em Biotecnologia: legislação brasileira*), prossiga e selecione a opção ENCONTRAR EM UMA BIBLIOTECA. Segundo a ferramenta Worldcat do Google Books, exemplar do mesmo pode ser encontrado em biblioteca brasileira e na Biblioteca do Congresso Americano.

Bases de Dados Bibliográficas

Para se ter em mãos artigos cientificamente relevantes, o leitor deverá iniciar a sua pesquisa pelas bases de dados bibliográficas. Uma vez selecionadas as referências, passará então à busca dos artigos completos propriamente ditos – em papel ou em formato eletrônico. Esta recomendação contraria a prática cada vez mais disseminada de se localizar artigos através do Google e, mais recentemente, através do Google Scholar (Steinbrook, 2006). Rápida disseminação entre usuários e facilidade de uso são algumas das razões para a preferência pelo Google ou Google Scholar em detrimento da pesquisa nas bases de dados bibliográficas. Entretanto, ao submeter um projeto de pesquisa, elaborar um artigo, uma monografia ou uma tese, recomendamos a aplicação das ferramentas que se seguem, uma vez que elas estarão referenciando artigos publicados em revistas científicas indexadas.

O passo a passo que leva a uma pesquisa bem-sucedida se assemelha àquele já apresentado no item “Busca de Sites em Biossegurança”, embora apresente maior complexidade. Diferentemente dos motores de busca que ‘varrem’ a Internet acriticamente, as bases de dados bibliográficas resultam de um processo em que a informação é coletada, organizada e armazenada. Assim, estas bases se dirigem a tópicos específicos e são construídas por sociedades/instituições acadêmicas ou empresas (De Guire, 2006). Exemplos do primeiro caso são as bases abertas Medline, Lilacs e Education Resources Information Center (ERIC), mantidas, respectivamente, pela National Library of Medicine (NLM), pela Opas e pelo U.S. Department of Education. Embase, Scopus e Science Citation Index (SCI) são exemplos de bases proprietárias, de acesso restrito a assinantes, individuais ou institucionais. Este é o caso das duas últimas: seu uso está liberado aos usuários das 268 instituições hoje servidas pelo Portal Periódicos Capes. Para uma rápida localização dos endereços *web* destas e outras bases de resumos, sugerimos a guia (ou ‘régua’) RESUMOS

apresentada na página de entrada do referido portal na *homepage* <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>.

Buscar referências em um banco de dados eletrônico através de uma janela ou interface *web* é a versão moderna para a pesquisa nos antigos arquivos de metal das bibliotecas. Primeiro identificamos o arquivo (ou banco de citações) mais adequado ao nosso objetivo. Em seguida, estudamos cada ficha (ou registro) cuidadosamente, analisando sua relevância para o tema. Os registros, em papel ou eletrônicos, têm estrutura semelhante, sendo compostos por itens (ou campos) onde ficam armazenados os dados propriamente ditos: autor, título, resumo, ano de publicação. Na busca eletrônica simples, o argumento fornecido é comparado ao conteúdo de cada registro, percorrendo-se todos os campos sem restrição. Na busca eletrônica a partir de uma interface avançada, contudo, o usuário tem a possibilidade de direcioná-la para um campo específico ou para múltiplos campos combinados. Por exemplo, localizar um artigo escrito por um autor (autor = sobrenome do autor) e que tenha no título uma palavra específica (título = biosafety). Cabe lembrar aqui que, se o conteúdo da base estiver em inglês, caso de muitas delas, é necessário que os argumentos de pesquisa fornecidos também sejam expressos neste idioma. E, finalmente, vale ressaltar que, ao final deste processo, teremos em mãos uma lista de citações, não o artigo completo. Aos usuários que estão em redes institucionais servidas pelo portal da Capes, por exemplo, muito frequentemente o artigo integral estará disponível sob o *link* FREE FULL TEXT ou similar, bastando acioná-lo para se ter acesso ao texto completo. Para isso, a referida publicação deve pertencer à lista das publicações contempladas pelo portal da Capes.

Medline

Cobre os campos da medicina, enfermagem, odontologia, veterinária e ciências pré-clínicas, referenciando citações bibliográficas de jornais de oitenta países. São mais de 15 milhões de citações datando da década de 1950. Uma das mais conhecidas e utilizadas mundialmente, a base de resumos Medline é acessada gratuitamente através do Portal PubMed da NLM em <<http://www.pubmed.gov>>. Ao clicar no *link* TUTORIALS, o usuário poderá desenvolver habilidades de busca no *site*. E no *link* JOURNALS DATABASE poderão ser conferidos os títulos das mais de cinco mil publicações indexadas pelo Medline. Como todos os conteúdos estão em inglês, sugerimos visitar o *site* da Health InterNetwork Access to Research Initiative (HINARI), da OMS, detalhado mais adiante. No endereço <<http://hinari.bvs.br/capacitacao>.

htm>, há textos e exercícios propostos em português sobre o uso da interface PubMed. O site do Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde, a Bireme <<http://www.bireme.org>>, constitui alternativa para aqueles que preferem utilizar uma interface de busca no Medline em português. Interessante é a possibilidade de se frequentar um treinamento a distância nas bases da Bireme, incluindo Medline. Estratégias de pesquisa no Medline, como, por exemplo, buscas por termos Medical Subject Heading (MeSH) e sobre o uso avançado da interface PubMed, estão detalhadas em Vincent, Vincent e Ferreira (2006).

Lilacs

É o mais importante índice bibliográfico da produção científica e técnica em saúde da região da América Latina e do Caribe. Produzido sob a coordenação da Bireme/Opas/OMS, envolve instituições de 37 países. Como extensão e evolução do Index Medicus Latino-Americano (IMLA), criado em 1978, a base Lilacs surgiu em 1985 e, a partir de 1996, foi disponibilizada para acesso na *web*. Contém artigos de cerca de setecentas revistas da área da saúde, publicadas em 18 países da América Latina e Caribe. Complementa bases internacionais, como Medline e Web of Science, e está disponível em três idiomas: português, espanhol e inglês (Biblioteca Virtual em Saúde, 2006). No endereço <<http://www.bireme.br>>, localize o *link* PESQUISA BIBLIOGRÁFICA e selecione LILACS. A busca usando o argumento {biossegurança} fez retornar 167 registros. Como {biossegurança} pertence à base Descritores em Ciências de Saúde (DeCS), esta busca fará retornar registros em que este termo foi utilizado pelo autor em seu título ou resumo (vocabulário não controlado), além daqueles que foram indexados sob o respectivo descritor (vocabulário controlado). Mais informações sobre os DeCS podem ser encontradas no endereço <<http://decs.bvs.br>>. Realizada a busca, deve-se acionar o *link* para a revista (campo SOURCE). Se ela se inclui na coleção Scielo ou se o computador em uso pertence a um rede institucional servida pelo portal da Capes, o artigo completo poderá estar disponível para consulta integral gratuita. Neste caso, os ícones correspondentes serão listados na página do Portal de Revistas da Bireme. O ícone FOTOCÓPIA encaminha o usuário para o Serviço Cooperativo de Acesso a Documentos (Scad), descrito mais adiante.

ERIC

É relevante para pesquisas na área de educação. Gratuito pelo endereço <<http://www.eric.ed.gov>> ou via portal da Capes, na régua RESUMOS. Embora não seja especificamente voltado para biossegurança, deverá interessar aos pesquisadores das respectivas temáticas educacionais. Para mais detalhes sobre seu conteúdo, abrangência e jornais indexados, navegar nos *links* WHAT'S IN THE ERIC COLLECTION e JOURNAL INDEX em sua página principal.

Embase

Banco de referências nas áreas biomédicas e farmacêutica do grupo Elsevier. Contém mais de 19 milhões de registros a partir de 1947. Referencia mais de sete mil revistas científicas, de setenta países. O uso da base Embase <<http://www.embase.com>> está restrito às instituições contratantes, sendo a Universidade de São Paulo (USP) um exemplo no Brasil. Mais informações em <<http://www.bvs-sp.fsp.usp.br:8080/html/pt/topic.html#>>.

Scopus

Também da Elsevier, a base Scopus está disponível gratuitamente para os usuários do Portal Periódicos Capes em <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Indexa em torno de 18 milhões de títulos, não exclusivos da área da saúde. Além das revistas científicas, referencia aquelas de acesso aberto (*open access*), conferências, páginas *web*, conforme apresentado no endereço <<http://info.scopus.com/overview/what>>. No link SOURCES da sua *homepage*, em <<http://www.scopus.com/scopus/source/browse.url>>, estão relacionados os títulos que integram o acervo, que inclui 265 revistas brasileiras. A busca se faz na página de abertura <<http://www.scopus.com/scopus/home.url>>, havendo a opção de busca avançada. Um dos recursos mais interessantes da base Scopus está na página de resultados, no campo CITED BY. Tendo em vista um registro selecionado, serve para apontar os artigos que o citaram, publicados posteriormente.

ISI Web of Knowledge

O número de vezes que um artigo é citado reflete o seu valor científico (Sevinc, 2004). A primeira vez que o termo *impact factor* (fator de impacto) foi mencionado se deu em 1955. No início dos anos 60, Eugene Garfield e Irving Sher passaram a utilizar o índice “Journal impact factor’ ao selecionar

periódicos integrantes do Science Citation Index (SCI). Para selecioná-los, pensaram num índice que não premiasse apenas os mais citados, uma vez que desta forma publicações menores ou mesmo importantes publicações de revisão seriam excluídos (Garfield, 1999). O termo *impact factor* (IF) se expandiu e passou a aferir periódicos e autores.

A partir de 2005, um novo índice tem sido utilizado: o índice 'h' foi criado com a intenção de quantificar a produção científica a partir das citações dos trabalhos. É calculado pela relação do número de trabalhos publicados e suas citações. Por exemplo, um autor tem índice $h = 10$ se os seus dez artigos mais citados tiverem pelo menos dez citações cada um (Kellner & Ponciano, 2008).

O serviço ISI Web of Knowledge é alcançável através de um *link* apresentado na *homepage* do portal da Capes. Constitui serviço proprietário, mantido pelo Institute for Scientific Information (ISI), fundado por Garfield em 1958. Seu uso gratuito, entretanto, está aberto às instituições servidas pelo portal da Capes. A partir da guia SELECT A DATABASE, o portal ISI destaca os *links* WEB OF SCIENCE e JOURNAL CITATION REPORTS (JCR). A opção WEB OF SCIENCE inclui buscas em três bases de dados bibliográficos: SCI Expanded, Social Sciences Citation Index e Arts & Humanities Citation Index. A busca pode ocorrer nas três bases simultaneamente ou naquela de sua escolha. A base SCI Expanded é multidisciplinar, indexando citações de 6.500 periódicos de 150 disciplinas, incluindo biologia, biotecnologia, medicina, oncologia e zoologia.

Um índice de citações contém as referências apontadas por autores de artigos publicados em revistas cobertas pelo índice, servindo para localizar artigos que citam um trabalho já previamente publicado.

Assim, a pesquisa na WEB OF SCIENCE pode ser útil para se verificar quantas vezes um trabalho foi citado e se estimar sua relativa importância no cenário científico ou identificar autores que se interessam sobre um determinado assunto. Para quem já tem artigos publicados, é útil identificar autores que citaram estes trabalhos para eventual contato ou cooperação. Adicionalmente, estes bancos de dados eletrônicos podem ser pesquisados a partir de diferentes campos: assunto, autor, palavras no título, endereço, entre outros. Por exemplo, uma busca realizada em outubro de 2009 para identificar artigos de autores da Fiocruz, expressa por {Address=Fiocruz}, fez retornar 4.995 registros.

Na página de abertura do ISI Web of Knowledge, sob a guia SELECT A DATABASE, entre no *link* JOURNAL CITATION REPORTS. Para o JCR SCIENCE EDITION

referente ao ano de 2009, ao selecionar a caixa de listagem VIEW A GROUP OF JOURNALS BY COUNTRY/TERRITORY, a opção subsequente por BRAZIL e a ordenação (SORT JOURNALS BY IMPACT FACTOR), será encontrada uma lista de 28 títulos

Artigos

A partir de meados dos anos 90, os jornais ganharam a *web*. De um total de 35 títulos em 1998, em 2001 já eram quatro mil revistas que ofereciam seu conteúdo em formato eletrônico. Aproximadamente 75% dos jornais científicos biomédicos estão hoje *on-line* (Steinbrook, 2006). Existem, basicamente, duas formas de se ofertar artigos *on-line*: modalidade distribuída – cada periódico com seu *website* e controle de registro próprios – e agregada – os periódicos são licenciados por seus editores e dispostos em coleções (Detmer, 1997). No Brasil, exemplos de coleções de periódicos eletrônicos são os Portais Periódicos Capes e Scielo, enquanto a iniciativa HINARI é o endereço de referência para um conjunto de países menos favorecidos economicamente. Estaremos aqui detalhando estes e outros endereços úteis no momento de se localizar o artigo integral. Esgotadas estas possibilidades, há ainda dois recursos úteis: 1) digitar o título completo do artigo entre aspas no Google, já que, por vezes, o artigo será encontrado em um servidor *web*, com ou sem autorização do editor (Steinbrook, 2006); 2) solicitar ao autor o envio do artigo por *e-mail*.

Portal Periódicos Capes (<http://www.periodicos.capes.gov.br>)

Oferece acesso aos textos completos de artigos nas mais de 15 mil revistas nacionais e internacionais lá contempladas, além das bases de dados bibliográficas em diversas áreas do conhecimento. A relação dos títulos dos periódicos pode ser obtida através do *link* TEXTOS COMPLETOS na barra horizontal cinza. Para saber detalhes de cada publicação, acione o ícone ‘+’ localizado na margem esquerda. Ao buscar um título específico, basta digitar seu nome na caixa de texto LOCALIZE RAPIDAMENTE UMA PUBLICAÇÃO e, em seguida, acionar o botão BUSCA. O uso do Portal Periódicos Capes é livre e gratuito, restrito aos usuários de computadores ligados a redes de instituições participantes. Para conhecê-las, basta clicar no *link* INSTITUIÇÕES. Todos estes recursos se encontram na *homepage* do portal. A consulta ao portal também se pode realizar da residência do usuário nos casos em que a instituição ofereça o acesso remoto. Para aqueles que não se incluem nesses casos, ainda assim é possível utilizá-lo a partir das bibliotecas públicas das instituições atendidas.

Scielo (<http://www.scielo.org>)

É resultado da cooperação entre a Fapesp, a Bireme e instituições nacionais e internacionais. O *site* é apresentado em três idiomas: português, inglês e espanhol. Sua coleção de revistas inclui títulos da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Cuba, Espanha, Portugal e Venezuela. México, África do Sul, Bolívia, Costa Rica, Paraguai, Peru e Uruguai constituem países cujas coleções encontram-se em desenvolvimento. Consulta em outubro de 2009 revelou 646 periódicos científicos em acesso gratuito. Do acervo brasileiro, citamos os títulos *Cadernos de Saúde Pública* (entre 1985 e 2009) e *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* (entre 1997 e 2009). Para a lista completa, acione o link ORDEM ALFABÉTICA... na *homepage* da versão em português. Uma vez dentro de uma revista escolhida, navegue pelos botões azuis da barra horizontal superior. O botão TODOS relaciona as edições disponíveis *on-line*.

Bireme (<http://www.bireme.br>)

O *site* da Bireme possui duas opções particularmente úteis no momento de se obter os artigos integrais. No endereço <<http://portal.revistas.bvs.br>>, digita-se o nome da revista (completo ou parcial) e, na janela de resultados, ao acionar o link COLEÇÕES SECS..., são relacionadas as bibliotecas da Rede Bireme que têm em acervo a revista desejada. Para aqueles que moram nos grandes centros, deve ser mais econômico seu deslocamento até a biblioteca para a fotocópia *in loco* dos artigos desejados. Alternativamente, o Serviço Cooperativo de Acesso a Documentos (Scad), no endereço <<http://scad.bvs.br>>, providencia a remessa da fotocópia de artigos e teses para o requerente. As formas de envio variam entre correio convencional, eletrônico, *fax* ou Ariel. Dependendo do número total de artigos científicos desejados, há que se comparar o custo final SeCs *versus* Scad.

HINARI (<http://www.who.int/hinari/en>)

Leitores oriundos de países de língua portuguesa, como Angola, Cabo Verde, Moçambique, Timor-Leste e São Tomé e Príncipe, e de língua espanhola, como Bolívia, Cuba, Equador, Paraguai e Peru, entre um universo de mais de cem países, têm acesso a 6.200 títulos de revistas de conteúdo integral. Patrocinado pela OMS, o projeto HINARI (InterRed-Saúde de

Acesso à Pesquisa) fornece, mediante solicitação, acesso para instituições nos países elegíveis. Apresenta interface em seis idiomas, entre eles inglês, francês e espanhol.

CONCLUSÃO

Acreditamos que a agilidade no acesso à informação científica possa promover ações de educação continuada/atualização profissional, bem como a produção e disseminação de novos materiais. A relativa abundância de ferramentas *on-line* esbarra, entretanto, na dificuldade que os usuários apresentam no momento de utilizá-las.

O uso da Internet e, particularmente, a disseminação da *web* e seus produtos introduziram, em um curto espaço de tempo, uma variedade de recursos com impactos significativos na vida estudantil e no ambiente de trabalho. Esperamos, portanto, que este capítulo venha subsidiar alunos e profissionais atuantes no campo da biossegurança no uso pleno de conteúdos e serviços disponíveis na rede.

REFERÊNCIAS

BAUSCH, S. N. *Netratings Announces January US Search Share Rankings*. Table 1: Top 10 search providers for January 2007. Disponível em: <http://www.netratings.com/pr/pr_070228.pdf>. Acesso em: mar. 2007.

BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE. *Lilacs Completa Vinte Anos On-Line*. Newsletter BVS 039 31/março/2006. Disponível em: <<http://espacio.bvsalud.org>>. Acesso em: fev. 2010.

CASTELLS, M. *A Sociedade em Rede*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

DE GUIRE, E. J. *Publish or Perish: afterlife of a published article*, Apr. 2006. Disponível em: <<http://www.csa.com/discoveryguides/publish/review.php>>. Acesso em: mar. 2007.

DETMER, W. M. Medline on the web: ten questions to ask when evaluating a web based service. *Internet Working Group Newsletter*, 3: 11-13, 1997.

DUPRET, L. M. & BARILLI, E. C. Distance learning for the health area: distance education as a strategic element for the consolidation of public health policies foundation - Brazil. In: LITTO, F. M. & MARTHOS, B. R. (Orgs.) *Distance Learning in Brazil: best practices*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

- GARFIELD E. Journal impact factor: a brief review. *Canadian Medical Association Journal*, 161: 979-980, 1999.
- KELLNER, A. W. & PONCIANO, L. C. H-index in the Brazilian Academy of Sciences: comments and concerns. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 80(4): 771-781, Dec. 2008.
- MATTOS, F. A. M. & CHAGAS, G. J. N. Desafios para a inclusão digital no Brasil. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 13(1): 67-94, 2008.
- ROTHSCHILD, M. A. Otolaryngology and the Internet: e-mail and the world wide web. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 31(2): 255-276, Apr. 1998.
- SEVINC, A. Web of science: a unique method of cited reference searching. *Journal of the National Medical Association*, 96: 980-983, 2004.
- STEINBROOK, R. Searching for the right search: reaching the medical literature. *The New England Journal of Medicine*, 354(1): 4-7, Jan. 2006.
- WISHARD, L. *Precision among Internet Search Engines: an Earth sciences case study - issues in science and technology librarianship*, 1998. Disponível em: <<http://www.istl.org/98-spring/article5.html>>. Acesso em: mar. 2007.
- VINCENT, B. A *web* na prática diária. In: VINCENT, B. (Org.) *Internet: guia para profissionais de saúde*. Rio de Janeiro: Atheneu, 2002.
- VINCENT, B.; VINCENT, M. & FERREIRA, C. G. Making PubMed searching simple: learning to retrieve medical literature through interactive problem solving. *Oncologist*, 11(3): 243-251, Mar. 2006.

GLOSSÁRIO

Aplicativo (*Application*) - É um programa que desempenha uma função específica, como, por exemplo, um programa de editoração de textos.

Backup - Cópia de segurança.

Domínio - Trata-se de uma região lógica da Internet, podendo também se referir ao *website* (ou sítio *web*). Tecnicamente, um domínio faz referência a um endereço IP, um endereço único que localiza um servidor na Internet.

Download - Ato de copiar (ou baixar) dados, em geral um arquivo inteiro, de uma localização principal para um dispositivo periférico. Este termo é utilizado para descrever o processo de copiar um arquivo de um serviço *on-line* para o seu próprio computador.

Endereço IP - O endereço ou número IP é dividido em quatro números decimais, cada qual representado por oito *bits* e separados por um ponto. A versão numérica do IP tem um correspondente por extenso que se chama nome de domínio. Assim, o IP 157.86.169.197 corresponde a uma máquina específica no domínio <ensp.fiocruz.br>.

Handheld – Dispositivo móvel; pequeno computador de bolso equipado com tela e teclado. No caso dos PDAs, entrada e saída de dados se fazem por uso de uma tela táctil.

Hipertexto (*Hypertext*) – Texto que oferece *links* para outros documentos. Ao acionar um *link* de hipertexto, aparece na tela um outro documento ou trecho de documento. A maioria dos documentos *web* faz uso de hipertexto.

HTML (*Hypertext Transfer Protocol*) – É a linguagem padrão para programar documentos publicados na *www*.

HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) – Protocolo de transferência de arquivos. Informa ao servidor o que enviar ao cliente de maneira que ele possa visualizar documentos *web*.

Interface – Elemento visual que conecta duas entidades. A interface do usuário, por exemplo, facilita a compreensão e o uso dos recursos computacionais por ela oferecidos.

Internet – Sistema global de comunicação. Computadores estão ligados através de um protocolo comum de comunicação, o protocolo IP (*Internet Protocol*).

LAN (*Local Area Network*) – Rede local de comunicação. Cada vez mais frequente, oferece a possibilidade de compartilhar recursos, tais como equipamentos (impressoras, memória secundária) ou arquivos de uso coletivo. Ao conectar sua LAN à Internet, os clientes poderão utilizar recursos externos à LAN.

Link – Um texto ou imagem em uma página *web* que ao ser acionado pelo usuário fará a conexão automática para outro documento. *Links* podem conectar diferentes tipos de documentos, mais comumente conectam duas páginas *web* ou *websites*. *Links* também podem referenciar um trecho diferente de um mesmo documento. São também conhecidos como *hiperlinks*, hipertextos ou *hot links*.

Motor de busca – Categoria de programas que buscam um ou mais documentos a partir de palavras-chave que são fornecidas e, como resposta, retornam uma lista de domínios a ela associados. Os critérios de ordenação dependem dos algoritmos de busca nele implementados.

Network – Quando dois ou mais computadores estão conectados eles constituem uma rede.

PDA (*Personal Digital Assistants*) – O Assistente Pessoal Digital é um computador de dimensões reduzidas com grande capacidade computacional, cumprindo funções de agenda eletrônica, além de possuir outros recursos, tais como conexão a um computador pessoal ou Internet.

Programas navegadores (ou *browsers*) – O programa Microsoft Internet Explorer é um exemplo de navegador muito utilizado.

Protocolo – Conjunto de regras e formatos que os computadores devem seguir para poder se comunicar. É como uma linguagem padrão entre computadores. Os protocolos podem ser alto ou baixo nível. Um exemplo desse último seria a ordem que *bits* e *bytes* devem seguir quando enviados através de um cabo conector.

Servidor (*Host*) – Consiste em um computador que integra (e atende a) uma rede específica LAN ou da Internet. Servidores permitem que máquinas-cliente se conectem a eles, compartilhem informações ou transfiram arquivos. Dos usuários individuais são requeridos programas aplicativos específicos.

Upload – Transferir dados de sua máquina de origem para uma máquina de maior porte ou rede de comunicação.

URL (*Uniform Resource Locator*) – Endereço de um arquivo disponível na Internet.

World Wide Web (*www*) – Coleção de documentos *on-line* que estão hospedados em servidores distribuídos. Os documentos *web* são escritos em linguagem HTML e, para acessá-los, são necessários programas navegadores (ou *browsers*).

3

RISCOS BIOLÓGICOS EM LABORATÓRIOS DE PESQUISA

*Pedro Teixeira
Cíntia de Moraes Borba*

As características peculiares dos agentes microbiológicos, dentre as quais se destacam o grau de patogenicidade, o poder de invasão, a resistência a processos de esterilização, a virulência e a capacidade mutagênica, tornam de grande relevância o tema deste capítulo. Uma de nossas principais preocupações foi a de despertar a consciência dos profissionais em relação aos riscos a que estão expostos e conduzi-los a adotarem os procedimentos de segurança em seus laboratórios durante os trabalhos de rotina envolvendo esses agentes.

É importante ressaltar que os riscos biológicos são fruto ou consequência da atividade humana (Simons, 1991), portanto, nunca é demais lembrar que todo esforço deve ser concentrado na formação de recursos humanos, pois somente a questão educacional articulada a políticas que estimulem a criação de núcleos de excelência contribuirá para a formação de massa crítica, onde itens como o financiamento de linhas de pesquisas e o intercâmbio com países desenvolvidos são essenciais para a aceleração das etapas no desenvolvimento desta área.

Todos aqueles profissionais que trabalham ou irão trabalhar com os agentes biológicos, patogênicos ou não, devem conhecer profundamente o agente em questão. Parece redundante esta lembrança, principalmente no que tange aos agentes não patogênicos. Porém, com os recentes avanços da moderna biotecnologia, em especial da engenharia genética, podem ocorrer transformações dos agentes biológicos através de processos físicos e químicos, levando a uma alteração ou adaptação com características infectantes e altamente patogênicas para o homem e os animais (Vianna, 1989). Além disso, agentes que não eram considerados patogênicos atualmente têm emergido com frequência como causa importante de morbidade e mortalidade. Os

avanços da medicina têm melhorado a prevenção, o diagnóstico e as terapias para uma variedade de doenças. No entanto, certas terapias que envolvem, principalmente, o uso de procedimentos cirúrgicos invasivos, próteses ou agentes quimioterápicos induzem a imunossupressão, tornando o hospedeiro vulnerável a um grande grupo de fungos oportunistas (Perfect & Schell, 1996). Adicionalmente, o crescimento populacional humano, os avanços tecnológicos e as mudanças no comportamento social têm levado à seleção de novos patógenos microbianos (Rocaniello, 2004).

Um dos problemas que frequentemente observamos é o pouco conhecimento sistematizado dos profissionais em relação aos agentes etiológicos no tocante à sua patogenicidade e virulência, o que pode conduzir à exposição desnecessária, colocando-os em situação de risco. Por esta razão, é essencial a criação de um programa de biossegurança onde estejam descritas as principais técnicas de prevenção, a adoção das boas práticas laboratoriais, o controle da qualidade e a notificação dos acidentes, enfatizando a criação de um sistema de monitoramento da saúde dos trabalhadores. Cabe ressaltar que toda esta estrutura deve funcionar de forma articulada e integrada.

A utilização de sistemas de informação gerenciais na área de biossegurança poderia ser estratégica na organização da informação em laboratórios, hospitais e demais setores da saúde como o Sistema de Informação Gerencial em Biossegurança (Siga-bio) proposto por Teixeira (2004).

BREVE HISTÓRICO DAS INFECÇÕES ADQUIRIDAS EM LABORATÓRIO

As infecções adquiridas em laboratório são notificadas desde o século XIX. Mas foi a partir de 1950 que foram feitos esforços para definir a extensão do problema com enfoque nas fontes de infecção e nas medidas de proteção para o trabalhador do laboratório. Lamentavelmente, em nosso país, essas notificações são muito raras ou quase inexistentes. Uma retrospectiva dos fatos históricos relativos ao tema, sobretudo quanto às infecções adquiridas no laboratório, poderá nos trazer maior conscientização.

Em 1885, na Alemanha, dois anos após a descoberta das bactérias, foi publicado um artigo que relatava a contaminação em laboratório por *Salmonella typhi*. Em 1903, relatou-se a primeira infecção adquirida em laboratório nos Estados Unidos, ocorrida quando um médico acidentou-se com uma agulha durante a autópsia de um paciente que havia morrido de blastomicose sistêmica (Evans, 1903).

Em 1929, Kisskalt relatou 59 casos de salmoneloses adquiridas em laboratórios alemães entre os anos de 1915 a 1929 (Favelier *et al.*, 1995). Sulkin e Pike, de 1930 a 1979, realizaram uma pesquisa envolvendo cinco mil laboratórios em todo o mundo, utilizando como instrumento metodológico a adoção de questionários. Esses autores observaram que, dentre as 4.079 infecções, 168 foram fatais, sendo as contaminações descritas, em sua maioria, de origem bacteriana (1.074 casos, entre eles de bruceloses, salmoneloses tifoides, tuberculoses, tularêmias, leptospiroses), de origem viral (1.179 casos), por rickétsias (598 casos), por fungos (354 casos), por clamídias (128 casos) e por parasitas (116 casos) (Favelier *et al.*, 1995). Pike (1978), em um trabalho posterior, analisou a origem dos acidentes e verificou que a maioria envolveu agulha e seringa seguida por exposição a aerossóis.

Um programa de vigilância em saúde que adote procedimentos claros de notificação de acidentes poderia coletar informações para a construção de um sistema de banco de dados de livre consulta pelos interessados no tema. Essas informações seriam importantes subsídios para minimizar ou até mesmo eliminar os fatores de risco e a consequente diminuição dos acidentes em laboratórios.

CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DOS AGENTES BIOLÓGICOS

Os agentes biológicos apresentam um risco real ou potencial para o homem e para o meio ambiente. Por esta razão, é fundamental montar uma estrutura que adapte a prevenção aos riscos encontrados nos laboratórios de pesquisa.

No Brasil, o Ministério da Saúde, em 2002, através da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia, instituiu a Comissão de Biossegurança em Saúde (CBS), cujo objetivo principal é a implementação de ações relacionadas à biossegurança, procurando sempre o melhor entendimento entre o Ministério da Saúde e as instituições que lidam com o tema. Dentro deste contexto, a CBS se empenhou e publicou a *Classificação de Risco dos Agentes Biológicos* (Brasil, 2010) visando à padronização e categorização dos agentes biológicos que são manipulados por diferentes instituições de ensino e pesquisa e estabelecimentos de saúde. Atualmente, a CBS está revisando a classificação incorporando novos agentes à lista, tornando-a mais completa e abrangente.

Os agentes biológicos são divididos em quatro classes de risco, com base nos seguintes critérios: a patogenicidade para o homem e animal; a virulência; o modo de transmissão, a endemicidade e a existência ou não de profilaxia e de terapêutica eficazes.

- CLASSE DE RISCO 1

Inclui os agentes que nunca foram descritos como causadores de doenças para o homem ou animais e que não constituem risco para o meio ambiente. Possuem baixo risco individual e coletivo.

- CLASSE DE RISCO 2

Inclui os agentes que podem provocar doenças no homem ou nos animais, com pouca probabilidade de alto risco para os profissionais do laboratório, cujo potencial de propagação e de disseminação no meio ambiente é limitado, além de existirem medidas terapêuticas e profiláticas eficazes. Possuem risco individual moderado e risco coletivo limitado.

- CLASSE DE RISCO 3

Inclui os agentes com capacidade de transmissão por via respiratória e que causam patologias humanas ou animais, potencialmente letais, para as quais existem usualmente medidas de tratamento e/ou de prevenção. Representam risco se disseminados na comunidade e no meio ambiente, podendo se propagar de pessoa a pessoa. Possuem risco individual elevado e risco coletivo baixo.

- CLASSE DE RISCO 4

Inclui os agentes que causam doenças graves para o homem ou para os animais e que representam um sério risco para os profissionais de laboratório e para a coletividade. São agentes patogênicos altamente infecciosos, que se propagam facilmente, podendo causar a morte. Possuem alto risco individual assim como para a coletividade.

É sempre bom lembrar que o conhecimento da classe de risco de um agente biológico é determinante na definição do nível de contenção laboratorial (nível de biossegurança) necessário para se trabalhar em segurança. Os níveis de biossegurança são denominados NB-1, NB-2, NB-3 e NB-4. (Para mais detalhes veja o capítulo 5, “Biossegurança em arquitetura”).

FORMAÇÃO DE AEROSSÓIS

Podemos definir os aerossóis como micropartículas sólidas ou líquidas com dimensões aproximadas de 0,1 a 50 μm que podem permanecer em suspensão, em condições viáveis, por várias horas. Os aerossóis se formam naturalmente durante alguns procedimentos laboratoriais e geralmente escapam para o meio ambiente pelo uso incorreto de alguns equipamentos, como centrifugas, homogeneizadores, misturadores e agitadores. As centrifugas, em particular, são grandes geradoras de aerossóis infecciosos quando não possuem dispositivos de segurança.

Além do uso incorreto destes equipamentos, alguns procedimentos técnicos também podem gerar riscos potenciais, tais como: a agitação em alta velocidade de materiais biológicos infecciosos; a remoção de meio de cultura líquido com seringa e agulha de um frasco contendo material infeccioso; a flambagem de alças de platina nas técnicas bacteriológicas; o descarte da última gota de fluidos contaminados de uma pipeta (mesmo com o pipetador automático); o ato de destampar um frasco de cultivo ou de suspensão de líquidos imediatamente após agitá-lo; e o rompimento de células com ultrassom.

No Quadro 1, é apresentado o número de microrganismos em aerossol em diferentes tipos de procedimentos, coletados a partir de uma cultura microbiana.

Quadro 1 - Número de microrganismos em aerossol durante procedimentos laboratoriais

Procedimentos laboratoriais	Número de microrganismos em aerossol
Misturador imediatamente aberto	10^6
Misturador aberto um minuto após o desligamento	2×10^4
Maceração	10^6
Pipetagem sem precaução	10^6
Pipetagem com precaução	10^4
Acidente (frasco de cultura)	3×10^5
Aerossóis (sobre o rotor da centrífuga)	10^5

Fonte: Simons & Sotty, 1991.

O Quadro 2 apresenta uma lista de equipamentos e de operações capazes de criar perigo, sugerindo ainda meios de eliminá-lo e minimizá-lo.

Quadro 2 - Listagem de equipamentos e operações de perigo com sugestões para eliminação e minimização

Equipamento	Perigo	Meio para eliminar ou diminuir o perigo
Agulhas de injeção	Inoculação acidental, formação de aerossol ou respingamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não recapeie as agulhas. • Evite que a agulha se separe da seringa tipo <i>needle-locking</i> (que prende a agulha). Recorra ao tipo descartável, no qual a agulha constitui parte integrante da unidade da seringa. • Utilize as boas práticas laboratoriais, como, por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> - Encha a seringa cuidadosamente, de modo a reduzir a formação de bolhas de ar e de espuma; - Não use a seringa para misturar líquidos infecciosos. Se o fizer, certifique-se de que a ponta da agulha se encontra sob a superfície do líquido contido no recipiente. Evite usar força em excesso; - Antes de retirar a agulha do interior de um frasco com rolha de borracha, aplique em torno da agulha e na superfície da rolha uma mecha de algodão embebido em desinfetante; - Remova o excesso de líquidos e as bolhas de ar da seringa, colocando-a verticalmente dentro de um pequeno frasco contendo algodão. • Use a cabine de segurança biológica (CSB) sempre que estiver trabalhando com material infeccioso. • Segure os animais durante a inoculação. Use agulhas de ponta romba ou cânula para a inoculação intranasal. Faça uso da CSB. • Descarte a seringa com a agulha em recipiente, rígido, próprio, e autoclave-o.
Centrífuga	Aerossóis, derramamento ou quebra de tubos	Use porta-tubos com vedação (copos de segurança)

Quadro 2 - Listagem de equipamentos e operações de perigo com sugestões para eliminação e minimização (continuação)

Equipamento	Perigo	Meio para eliminar ou diminuir o perigo
Ultracentrífuga	Formação de aerossóis, derramamento ou quebra de tubos	<ul style="list-style-type: none"> • Instale um filtro <i>High Efficiency Particulate Air</i> (HEPA) entre a centrífuga e a bomba de vácuo. • Mantenha um relatório sobre as horas de funcionamento de cada rotor e estabeleça um esquema preventivo de manutenção, objetivando diminuir o perigo de falhas mecânicas. • Realize a carga e descarga dos porta-tubos no interior da CSB.
Vasos contendo germes anaeróbios	Explosão, causando a dispersão do material infeccioso	<ul style="list-style-type: none"> • Certifique-se da integridade da cápsula de arame em torno do catalisador.
Secador	Implosão, causando a dispersão de estilhaços de vidro e de material infeccioso	<ul style="list-style-type: none"> • Coloque-o dentro de uma gaiola de arame resistente.
Homogeneizador, triturador de tecidos	Formação de aerossol e vazamento	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhe com equipamento que confira proteção ou abra-o sempre dentro da CSB. • Use modelos especiais que evitem o vazamento em torno da base do rotor e das vedações circulares ou um processador. • Espere dez minutos antes de abrir o vasilhame do misturador, até que a nuvem de aerossol tenha se assentado. Refrigere, a fim de condensar os aerossóis.
Misturador para culturas e agitador	Formação de aerossol, derramamento e respingamento	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhe dentro da CSB ou dentro de um recipiente feito para este fim. • Use frascos para cultura com tampa de enroscar e orifício de saída protegido por filtro, seguramente preso, se houver necessidade.
Congelador e liofilizador	Formação de aerossol e contaminação por contato direto	<ul style="list-style-type: none"> • Para vedar a unidade completamente, faça uso de conectores em forma de anel. • Use filtro de ar para proteger o vácuo. • Aplique um método de desinfecção satisfatório (químico, por exemplo). • Providencie um condensador de vapor e um coletor de umidade, todo confeccionado em metal. • Submeta todas as peças de vidro fabricado especialmente para o trabalho a vácuo.

Fonte: Adaptado de Grisht, 1995.

VIAS DE PENETRAÇÃO DOS MICRORGANISMOS

Via aérea

Os laboratórios de pesquisa, em sua grande maioria, produzem aerossóis por meio de pipetagem, centrifugação (com a abertura da centrífuga, com o rotor em funcionamento), maceração de tecidos, sonicação, agitação, flambagem de alça de platina, abertura de ampolas liofilizadas, manipulação de fluidos orgânicos e abertura de frascos com cultura de células infectadas, entre outras práticas.

O aerossol pode ficar em suspensão, propagar-se à distância e contaminar, através da inalação de partículas, um grupo grande de profissionais, dependendo da concentração do agente infeccioso, da capacidade de patogenicidade e de sua virulência (Simons & Sotty, 1991; Brun, 1993).

Via cutânea

Uma das formas mais frequentes de transmissão por esta via é, sem dúvida, a injúria por agulhas contaminadas, sobretudo durante a prática incorreta de recapeá-las. O corte ou a perfuração por vidraria quebrada, trincada ou ainda por instrumentos perfurocortantes contaminados também constituem modos de contaminação relevantes.

Via ocular

A contaminação da mucosa conjuntival ocorre, invariavelmente, por projeções de gotículas ou aerossóis de material infectante nos olhos.

Via oral

O ato de pipetar com a boca representa uma das mais frequentes formas de infecção nos laboratórios. Porém, a contaminação oral não ocorre, necessariamente, por esta prática, sendo o hábito de fumar, fazer refeições no laboratório e a falta de procedimentos higiênicos (não lavar as mãos após manusear materiais contaminados) importantes formas de transmissão por esta via.

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL E COLETIVA

Proteção Individual

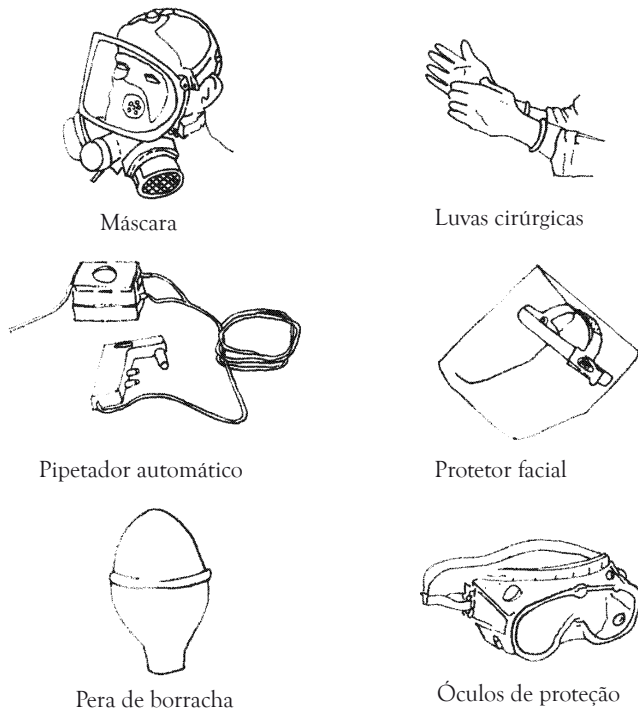
Os equipamentos de proteção individual (EPIs) (Figura 1) são regulamentados pela portaria n. 32/4-NR-6 do Ministério do Trabalho, de

8/6/78. São utilizados para minimizar a exposição aos riscos ocupacionais e evitar possíveis acidentes nos laboratórios de pesquisa.

É importante salientar que, na aquisição desses equipamentos, torna-se fundamental a presença do profissional exposto ao risco, pois é este trabalhador que conhece de forma mais aprofundada o seu processo de trabalho e a exposição a que está submetido na rotina de trabalho.

Os equipamentos de proteção não devem ser inseridos de forma autoritária na rotina de trabalho. É fundamental que o profissional receba orientação adequada quanto ao uso do equipamento e tenha um prazo para se adaptar a esta rotina, caso contrário, ao invés de proteger, estes equipamentos se tornarão elementos geradores de acidentes. Devemos levar em consideração também o conforto proporcionado por estes equipamentos e a qualidade do produto e ainda exigir o Certificado de Aprovação (CA) junto ao Ministério do Trabalho.

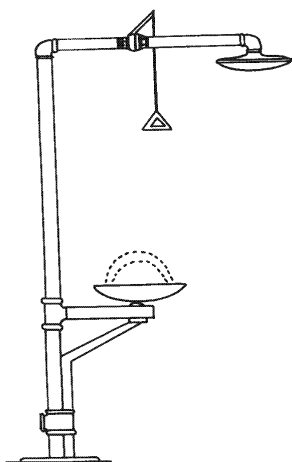
Figura 1 - Principais equipamentos de proteção individual (EPIs) utilizados em laboratório



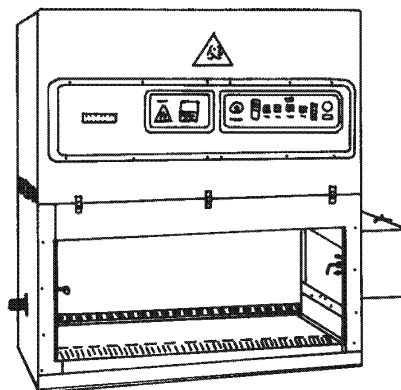
PROTEÇÃO COLETIVA

Os equipamentos de proteção coletiva (EPCs) (Figura 2) são utilizados para minimizar a exposição dos trabalhadores aos riscos, além do meio ambiente e do produto de pesquisa em desenvolvimento e, em caso de acidentes, reduzir suas consequências. Um exemplo disso é o uso de cabines de segurança biológica para proteger os profissionais e o meio ambiente do risco de contaminação.

Figura 2 - Principais EPCs utilizados em laboratório



Chuveiro de emergência



Câmara de fluxo laminar

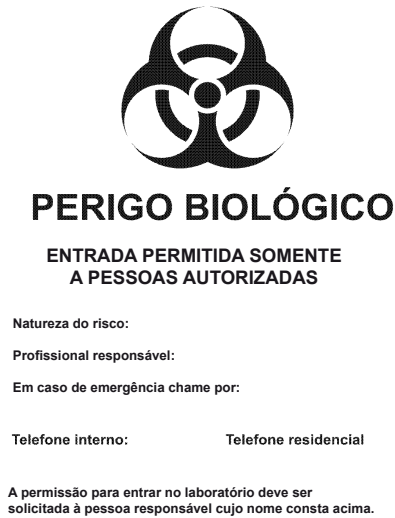
SINALIZAÇÃO

Dentro de uma política de segurança, a sinalização é um dos itens principais, seja na etiquetagem de produtos perigosos, seja como medida educacional e pedagógica, pois a sinalização das áreas de um laboratório de pesquisa pode aumentar o nível de percepção do risco a que estão expostos os profissionais da saúde, agindo como medida profilática contra acidentes.

Em todas as portas de acesso dos laboratórios de pesquisa, devem-se afixar cartazes com identificação do pesquisador responsável, classe de risco do agente etiológico e símbolo internacional do risco biológico (Figura 3). Além disso, torna-se importante identificar os principais riscos presentes nos

laboratórios de pesquisa, os quais estão associados a símbolos internacionais, como demonstrado na Figura 4. As embalagens que contêm material biológico também devem ser sinalizadas com um adesivo indicando a presença do risco biológico (Figura 5).

Figura 3 – Cartaz para afixar em todas as portas de acesso aos laboratórios de pesquisa



Fonte: Grisht, 1995.

Figura 4 – Principais símbolos associados aos riscos

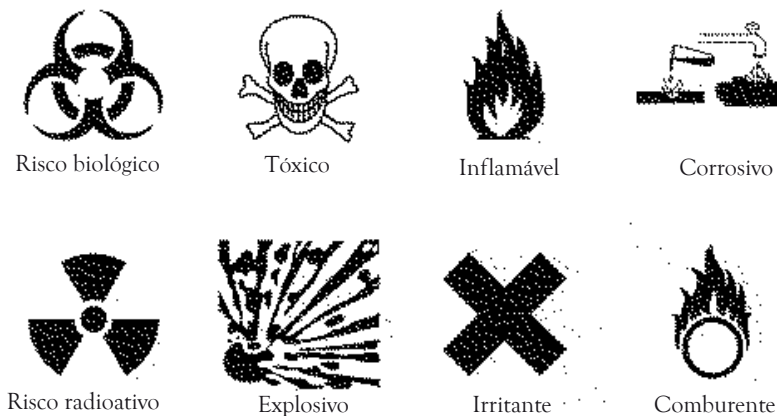
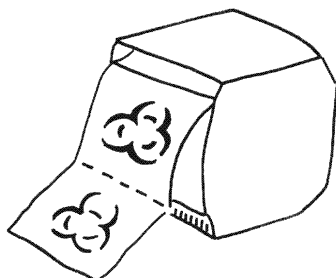


Figura 5 – Adesivo autocolante com o símbolo do risco biológico para ser afixado em embalagens de material biológico



TRANSPORTE DE MATERIAL BIOLÓGICO

O transporte de material biológico e demais insumos de laboratório deverá seguir os procedimentos recomendados pelo Departamento de Aviação Civil, em embalagens certificadas por esse órgão e atender as normas da International Air Transport Association (IATA), pela Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, pela Divisão de Saúde dos Portos e pelos demais órgãos competentes.

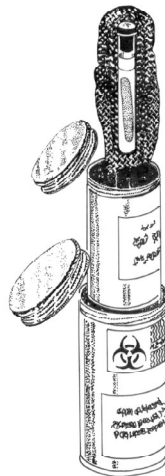
O material a ser transportado deve estar devidamente embalado, ou seja, no interior de uma embalagem (embalagem interna), e esta colocada em outra embalagem (embalagem externa), ambas adequadamente identificadas (Figura 6). A embalagem deve assegurar a perfeita conservação da amostra até o momento de sua utilização e a segurança dos profissionais que realizarão o transporte, do público e do meio ambiente. Segundo Pereira (2008), é necessário cumprir os seguintes passos:

- preparar as amostras com a utilização de equipamentos de proteção individual;
- identificar todas as amostras;
- envolver as amostras em material absorvente em quantidade que absorva todo o conteúdo (algodão, por exemplo);
- acondicionar as amostras com o material absorvente dentro de um recipiente resistente a impactos (embalagem interna);
- depositar o material já acondicionado na embalagem que será usada para transporte (embalagem externa);

- preencher os espaços entre o material e as paredes da embalagem externa com material absorvente a impactos;
- utilizar preferencialmente gelo reciclável caso haja necessidade de manter o material à baixa temperatura. Cubos/escamas de gelo devem estar contidos em sacos plásticos resistentes e vedados para reter a água descongelada;
- identificar o volume com a etiqueta de “risco biológico”;
- indicar o nome, endereço e telefone para emergências do remetente e destinatário;
- afixar no volume instrução de procedimentos (dentro de um saco plástico transparente), para o caso de acidente que danifique a embalagem;
- comunicar o envio do material ao destinatário, mencionando data e horário da chegada;
- registrar toda a remessa de material biológico em livro próprio.

Nunca se deve esquecer que transportar material biológico sem identificação ou como bagagem de mão é ‘expressamente proibido’, sujeitando o agente a penalidades nas áreas criminal, cível e administrativa.

Figura 6 – Embalagem recomendada pelas normas regentes no país para o transporte de material biológico



Fonte: Grisht, 1995.

BOAS PRÁTICAS LABORATORIAIS

Consiste em um conjunto de normas e procedimentos de segurança, que visa a minimizar os acidentes e aumentar o nível de consciência dos profissionais que trabalham em laboratórios de pesquisa. O Ministério da Saúde, através da Coordenação Nacional de DST e Aids, publicou uma série de documentos referentes aos cursos Telelab (1999), definindo Boas Práticas Laboratoriais (BPLs) em biossegurança. Eles englobam medidas a serem adotadas desde a recepção de pacientes ou de amostras até a emissão do laudo final, com o objetivo de reduzir ou eliminar os riscos tanto para os técnicos quanto para a comunidade e o meio ambiente. Essas medidas incluem: a organização do ambiente laboratorial, a utilização correta de equipamentos de proteção individual e coletiva e procedimentos seguros na manipulação de material biológico e substâncias químicas, a utilização de processos seguros de descontaminação, o acondicionamento e envio para descarte final do lixo descontaminado, o armazenamento e descarte de substâncias químicas e o estabelecimento de rotinas a serem seguidas em caso de acidente.

Entretanto, os procedimentos seguros na manipulação de material biológico incluem uma série de normas de biossegurança. A seguir, encontram-se listadas algumas das principais normas:

- Lavar as mãos antes e após a jornada de trabalho.
- Nunca pipetar com a boca. Usar sempre que possível pipetadores automáticos e peras de borracha.
- No laboratório, não fazer refeições ou preparar alimentos, não beber, não fazer higiene bucal, não se maquiar, não se barbear, não fumar e não roer as unhas.
- Guardar os artigos de uso pessoal em locais apropriados, nunca no laboratório.
- Não trabalhar com calçados abertos, ou seja, usar sapatos que protejam inteiramente os pés.
- Cuidado com a formação de aerossóis e respingos. Ter sempre um protocolo com procedimentos de segurança para estes casos.
- Não trabalhar com material patogênico se houver ferida na mão ou no pulso.
- Quando usar luvas, não abrir portas e atender o telefone.

- Durante a rotina laboratorial, utilizar roupas apropriadas ao trabalho desenvolvido, como, por exemplo, aventais, jalecos e outros uniformes afins.
- Lavar e desinfetar as bancadas de trabalho antes da rotina de trabalho.
- Evitar trabalhar sozinho no laboratório.
- O responsável pelo laboratório deverá criar uma rotina de procedimentos em biossegurança, enfocando principalmente os riscos aos quais sua equipe está exposta.

PREVENÇÃO E TREINAMENTO

A prevenção é um fenômeno que deve ser analisado do ponto de vista coletivo, pois a estrutura de prevenção precisa sempre estar ligada diretamente ao treinamento.

A prevenção dos acidentes nos laboratórios de pesquisa deve envolver não somente o indivíduo, mas sobretudo a coletividade. O profissional da saúde é o ator principal na estrutura de prevenção. Ele necessita conhecer todas as etapas do(s) seu(s) processo(s) de trabalho e também saber de forma aprofundada os agentes que manipula nos seus experimentos. Para isso, cabe aos responsáveis, em nível institucional, o apoio concreto à implementação dos programas internos de biossegurança, mas é importante lembrar que o sucesso desses programas depende de medidas educativas que precisam ser aplicadas e reforçadas continuamente. Isso inclui, em primeiro lugar, o treinamento dos responsáveis pelo gerenciamento de projetos e áreas físicas e, em segundo, de todos os profissionais expostos aos riscos, inclusive o pessoal da manutenção, da limpeza e até do administrativo, quando necessário.

Adicionalmente, o conjunto de ações institucionais deve ainda incluir a adequação da infraestrutura laboratorial, a organização de procedimentos padronizados para as práticas laboratoriais inserindo limpeza, descontaminação e descarte de resíduos, a elaboração e disponibilização de manuais de biossegurança e, por fim, a estruturação e realização contínua de cursos de treinamento e atualização em biossegurança (Borba & Armôa, 2007). A atenção com a segurança deve ser uma rotina constante e jamais poderá ser subestimada.

CONCLUSÃO

Do ponto de vista de diversos autores, após vários anos de debates improdutivos a respeito da biossegurança, existe atualmente um consenso quanto à necessidade de se implementar uma regulamentação tranquilizadora – *reassurance regulation* – para a segurança biológica, em especial no campo da engenharia genética. O novo paradigma de regulamentação tende a proteger a biotecnologia do público, mais do que proteger o público dos seus possíveis efeitos adversos.

Apesar dos avanços da biossegurança nos últimos anos, existe a necessidade premente de todos os setores da sociedade – em especial os diretamente envolvidos com o risco biológico – estabelecerem urgentemente um sistema de informações que contemple a notificação de acidentes e uma maior participação dos trabalhadores, pois são eles os que sofrem o impacto direto dos riscos e, com certeza, os que possuem as melhores informações para minimizá-los.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. *Classificação de Risco dos Agentes Biológicos*. 2. ed. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília, 2010. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/06_1156_M.pdf>. Acesso em: jun. 2010.
- BORBA, C. M. & ARMÔA, G. R. G. Biossegurança no laboratório de microbiologia. *Microbiologia in Foco SBM*, out/nov/dez: 13-19, 2007.
- BRUN, A. *Risques Biologique*. Documento interno produzido pelo Inserm. Paris, 1993 (Mimeo.)
- EVANS, N. A clinical report of case of blastomycosis of the skin from accidental inoculation. *Journal of American Medical Association*, 40: 1.772-1.775, 1903.
- FAVELIER, J. *Manuel de prévention des risques associés aux techniques biologiques: applications à l'enseignement*. Elsevier: Paris, 1995.
- GRISHT, N. R. *Manual de Biossegurança para o Laboratório*. World Health Organization. São Paulo: Santos, 1995.
- PEREIRA, M. E. C. *Transporte e Manuseio de Material Biológico*. Material instrucional do curso QBA/on-line Sensibilização em Gestão da Qualidade, Biossegurança e Ambiente. Fiocruz, Ensp/EAD, 2008.
- PERFECT, J. R. & SCHELL, W. A. The new fungal opportunist are coming. *Clinical Infectious Diseases*, 22(suppl. 2): S112-118, 1996.

- PIKE, R. M. Past and present hazards of working with infectious agents. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 102: 333-336, 1978.
- ROCANIELLO, V. R. Emerging infectious diseases. *The Journal of Clinical Investigation*, 113: 796-798, 2004.
- SIMONS, J. & SOTTY, P. *Prévention en Laboratoire de Recherche: Inserm/INRA*. Institute Pasteur: Paris, 1991.
- TEIXEIRA, P. *Proposta para Criação de um Sistema de Informação Gerencial para a Área de Biossegurança na Fiocruz*, 2004. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Ensp/Fiocruz.
- TELELAB (Sistema de Educação a Distância). *Biossegurança em Unidades Hemoterápicas e Laboratórios de Saúde Pública*. Brasília: Ministério da Saúde, Coordenação Nacional de Doenças Sexualmente Transmissíveis e Aids, 1999.
- VIANNA, C. H. M. Biotecnologia: novos riscos no trabalho laboratorial. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE SEGURANÇA QUÍMICA E BIOLÓGICA DO SETOR FARMACÊUTICO, 1989, Rio de Janeiro, INCQS/Fiocruz. (Mimeo.)

4

GESTÃO DA QUALIDADE PARA LABORATÓRIOS DA ÁREA DA SAÚDE

*Elizabeth Gloria Oliveira Barbosa dos Santos
Roberto Passos Nogueira*

Dois tipos de movimentos de repercussão internacional contribuíram para fazer com que a preocupação com a qualidade entrasse recentemente na ordem do dia da maioria das empresas públicas e privadas. O primeiro está relacionado à divulgação de normas e de critérios para a certificação e a acreditação de empresas em âmbito internacional. A International Standardization Organization (ISO) é uma organização internacional de normalização, criada em 1946, em Genebra, na Suíça, que tem como objetivo preparar e emitir normas técnicas. A série ISO 9000 foi emitida em 1987 para orientar a implantação e o acompanhamento de sistemas da qualidade destinados a quaisquer estabelecimentos, constituindo-se na referência mais importante nesse sentido e adotada por vários países, inclusive no Brasil. O segundo movimento decorre da voga atual dos programas de 'qualidade total', voltados basicamente para assegurar o engajamento de todos com a análise e solução dos problemas de qualidade em uma empresa. Como se sabe, esse enfoque gerencial teve origem nas indústrias japonesas e americanas e é uma alternativa de ação global de responsabilização de empregados e dirigentes pela função da qualidade, possuindo enfoques e métodos particulares, devendo, em uma determinada etapa de seu desenvolvimento, englobar e direcionar a garantia de qualidade.

O entendimento do sentido da gestão da qualidade numa empresa e do que fazer em prol da qualidade é influenciado por interpretações que derivam desses dois tipos de movimentos (a implementação de regras e o esforço coletivo), com a utilização de normas (documento que formaliza certo nível de consenso a respeito do que foi discutido - aquilo que é estabelecido como base para a realização ou avaliação de algo) para certificação (avalia a existência de

um sistema, como a ISO 9000) e acreditação (verifica a competência técnica) e pelos programas de qualidade total, respectivamente.

Ambas as interpretações, entretanto, são equivocadas, pois a gestão da qualidade está ligada essencialmente ao plano político da organização. Compreende o conjunto das políticas gerais de desenvolvimento da qualidade e, portanto, as responsabilidades com sua definição e implementação a partir da alta direção da empresa, como, por exemplo, um laboratório da área da saúde.

Cabe aqui ressaltar alguns fundamentos e vocabulários próprios utilizados na implantação do sistema de gestão da qualidade (Báez *et al.*, 1994; VIM, 1995):

- **MISSÃO:** definição das atividades exercidas, considerando critérios éticos e de postura da organização diante de si e da sociedade. Deverá ser construída coletivamente no âmbito interno e, se possível, externo.
- **POLÍTICA DA QUALIDADE:** refere-se ao planejamento estratégico para implantação do sistema de gestão da qualidade, com alocação de recursos para aquisição de infraestrutura, insumos, manutenção de equipamentos, capacitações dos trabalhadores, definição de responsabilidades e respectivas competências, com o exercício constante da análise crítica sobre o sistema.
- **SISTEMA DA QUALIDADE:** inclui normas nacionais e internacionais sobre qualidade e que deverão ser escolhidas de acordo com as práticas desenvolvidas na organização.
- **GARANTIA DA QUALIDADE:** abrange a contínua avaliação dos produtos e processos, segundo as normas selecionadas pela empresa.
- **CONTROLE DE QUALIDADE:** refere-se ao domínio das atividades exercidas, a partir da monitoração das etapas de produção, com o objetivo de minimizar o erro.
- **CONTROLE INTERNO DA QUALIDADE:** procedimentos conduzidos para avaliar se o sistema analítico está sendo operado dentro dos limites de tolerância predefinidos.
- **CONTROLE EXTERNO DA QUALIDADE:** atividade de avaliação do desempenho dos sistemas analíticos por meio de ensaios de proficiência, análise de padrões certificados e comparações interlaboratoriais.

- **BIOSSEGURANÇA:** condições de segurança alcançadas por um conjunto de ações destinadas a prevenir, controlar, reduzir ou eliminar riscos inerentes às atividades que possam comprometer a saúde humana, animal e ao meio ambiente.
- **PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PADRÃO (POP):** registro da qualidade que descreve como, onde e em quais condições determinada atividade é executada. São obrigatórias as assinaturas do autor e das chefias imediata e superior.
- **CALIBRAÇÃO:** é o conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição – ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência – e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.
- **PADRÃO:** medida materializada, instrumento de medição, material de referência ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência.
- **RASTREABILIDADE:** propriedade do resultado de uma medição ou do valor por um padrão que está relacionado a referências fixadas, geralmente padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações com as incertezas estabelecidas.
- **MATERIAL DE REFERÊNCIA:** material ou substância que tem um ou mais valores de propriedades que são suficientemente homogêneos e bem estabelecidos para serem usados na calibração de um aparelho, na avaliação de um método de medição ou na atribuição de valores a materiais.
- **MATERIAL DE REFERÊNCIA CERTIFICADO:** material de referência, acompanhado por um certificado, com um ou mais valores de propriedades, e assegurado como verdadeiro por um procedimento em que se estabelece sua rastreabilidade à obtenção exata da unidade na qual os valores da propriedade são expressos. Cada valor certificado é acompanhado por uma incerteza para um nível de confiança estabelecido.

O mais decisivo na gestão da qualidade de uma empresa é consolidar uma visão estratégica para a definição da política da qualidade a ser adotada. Esse é o ponto de partida que orientará o reconhecimento de como a organização lida com seus trabalhadores e clientes. Não é mais suficiente pensar em qualidade

como “apropriada para seu uso” (Juran, 1989), se os objetivos não contemplarem o bem-estar dos trabalhadores, que devem se manter motivados.

Aliás, motivação é uma das palavras mais repetidas durante a implantação de um processo de gestão da qualidade, que não pode se perder em retóricas, pois deverá ser o resultado das condições que a empresa proporcionará para que o trabalhador possa se sentir estimulado.

NORMAS ISO

A gestão exitosa de uma empresa compreende a direção e o controle dos processos, executados de forma transparente, segura e sistemática. O sucesso pode ser o resultado da implantação e da implementação de um sistema de gestão realizado com propósitos de melhoria contínua do seu desempenho.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é uma organização nacional, privada, que oferece credibilidade de âmbito internacional na área de certificação, e tem como missão: prover a sociedade brasileira de conhecimento sistematizado, por meio de documentos normativos, que permita a produção, a comercialização e uso de bens e serviços de forma competitiva e sustentável nos mercados interno e externo, contribuindo para o desenvolvimento científico e tecnológico, proteção do meio ambiente e defesa do consumidor. A ABNT é reconhecida pelo governo brasileiro como Fórum Nacional de Normalização, sendo uma de suas fundadoras e única representante da International Organization for Standardization (ISO) no Brasil. Além disso, é acreditada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), o qual possui acordo de reconhecimento com os membros do International Accreditation Forum (IAF) para certificar sistemas de gestão da qualidade (ABNT, 2000b) e sistemas de gestão ambiental (ABNT, 2000c), além de diversos produtos e serviços.

NBR ISO/IEC 9000

As normas da família ABNT NBR ISO 9000 foram desenvolvidas para auxiliar a gestão de organizações de diversos tipos e tamanhos que tenham como objetivo a implementação de sistemas de gestão da qualidade de forma eficaz (Quadro 1).

NBR ISO/IEC 19011

Trata das diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental. Esta norma fornece orientação sobre os princípios de auditoria, gestão de programas de auditoria, realização de auditorias de sistema de gestão da qualidade e auditorias de sistema de gestão ambiental, como também orientação sobre a competência de auditores de sistemas de gestão da qualidade e ambiental.

NBR ISO/IEC 14000

Com o progressivo aumento da população mundial – hoje em torno de 6,5 bilhões – e o conseqüente aumento dos resíduos domésticos e industriais gerados, o meio ambiente tornou-se foco de preocupação. Em 1996, foi lançada a série ISO 14000, com elementos de um sistema de gestão ambiental, desenvolvida para auxiliar as empresas a protegerem o meio ambiente, reduzirem seus custos e eliminarem os riscos de violação à legislação ambiental e preservando a biodiversidade.

Quadro 1 – Descrição dos fundamentos das normas NBR ISO/IEC 9000, NBR ISO/IEC 9001 e NBR ISO/IEC 9004

Normas	Fundamentos
ABNT NBR 9000	Descreve os fundamentos de sistemas de gestão da qualidade e estabelece a terminologia para esses sistemas.
ABNT NBR 9001	Especifica requisitos para um sistema de gestão da qualidade, no qual uma organização precisa demonstrar sua capacidade para fornecer produtos que atendam aos requisitos do cliente e aos requisitos regulamentáveis. Objetiva aumentar a satisfação do cliente.
ABNT NBR 9004	Fornecer diretrizes que consideram tanto a eficácia como a eficiência do sistema de gestão da qualidade. Objetiva melhorar o desempenho da organização e a satisfação dos clientes e das outras partes interessadas.

Fonte: ABNT, 2005.

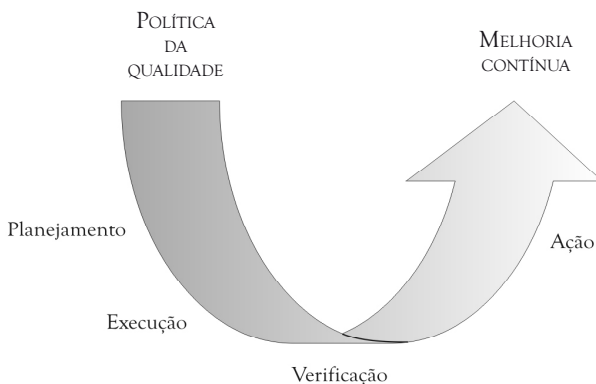
A série ABNT NBR ISO 14000, que compõe as normas de gestão ambiental, tem como finalidade prover as organizações de componentes eficazes de gestão ambiental que possam ser integrados a outros elementos da gestão.

Plan-Do-Check-Act

Na abordagem dos processos de implementação e melhoria contínua da gestão nas organizações que utilizam as normas NBR ISO/IEC 9001 e NBR ISO/IEC 14001, pode ser aplicada a metodologia conhecida como Plan-Do-Check-Act (PDCA) ou Planejar, Executar, Verificar e Agir (Figura 1), em que cada ação significa:

- PLANEJAR: estabelecer os princípios e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política de gestão da qualidade e gestão ambiental da organização.
- EXECUTAR: implementar os processos.
- VERIFICAR: monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental, os objetivos, as metas, os requisitos legais e outros, relatando os resultados.
- AGIR: atuar de modo a continuar melhorando o desempenho do sistema de gestão da qualidade e gestão ambiental.

Figura 1 – Metodologia PDCA



OHSAS

Em 1999, foi lançada nos Estados Unidos a Série de Avaliação de Saúde e Segurança Ocupacional 18000 – *Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS)*. A série consiste em um sistema de gestão com o foco voltado para a saúde e segurança ocupacional. É uma ferramenta que

permite às empresas atingir, controlar e melhorar o nível de desempenho da saúde e segurança do trabalhador.

LEGISLAÇÃO NACIONAL

A legislação brasileira voltada para a implantação da gestão da qualidade para laboratórios da área da saúde é recente. A Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) lançou a portaria n. 70, publicada em 24 de fevereiro de 2005 (Brasil, 2005), que estabelece os critérios e a sistemática para habilitação de laboratórios de referência nacional e regional para as redes nacionais de vigilância epidemiológica e ambiental em saúde. Com base nela, os laboratórios requerentes deverão cumprir os seguintes procedimentos:

- Adotar as seguintes normas, de acordo com o escopo do laboratório:
 - NIT-DICLA-083: critérios gerais para a competência em laboratórios clínicos (Inmetro, 2001);
 - NBR ISO/IEC 17025: requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração (ABNT, 2006);
 - NIT-DICLA-028: critérios para o credenciamento de laboratórios de ensaios segundo os princípios das Boas Práticas de Laboratório (BPL) (INMETRO, 2003).
- Implantar um sistema de gestão da biossegurança, seguindo as normas/orientações nacionais/internacionais vigentes.
- Desenvolver procedimentos de comunicação eficientes e ágeis conforme fluxos e prazos estabelecidos em manuais técnicos reconhecidos pelo Ministério da Saúde, com os clientes e parceiros dos níveis nacional, estadual e municipal, sobre os resultados das análises laboratoriais de interesse à saúde pública, relativas à prestação de serviços (regional) e à pesquisa (nacional).
- Realizar análises laboratoriais de alta complexidade (nacional) ou de maior complexidade (regional) na área de conhecimento, para complementação de diagnóstico.
- Apresentar atividades e pesquisa científica na área de conhecimento, por um período mínimo de cinco anos, excetuando-se para aqueles diagnósticos de problemas emergentes (nacional).

- Ter prestado serviços na área de conhecimento nos últimos cinco (nacional) ou três anos (regional) – análises laboratoriais, visitas técnicas, treinamentos, assessoramentos, supervisão, entre outros –, excetuando-se para aqueles diagnósticos de problemas emergentes e reemergentes.
- Demonstrar, quando pertinentes, supervisão de comissão de ética (nacional).
- Ter recursos humanos com quantitativo suficiente e com formação profissional e experiência compatíveis com a área de conhecimento, para a produção científica e de serviços: análises laboratoriais, visitas técnicas, treinamentos, investigação de surtos, assessoramentos, supervisão, avaliação das atividades da rede, participação em conjunto com o gestor nacional em programas de avaliação externa da qualidade, entre outros. O laboratório deve ter equipe mínima de três (nacional) e dois (regional) profissionais, de nível superior, sendo que pelo menos dois (nacional) e um (regional) com experiência mínima de cinco (nacional) e três anos (regional) na área, e dois (nacional) e um (regional) de nível médio.
- Participar de programa internacional e avaliação externa da qualidade.
- Demonstrar compromisso da instituição com o papel do laboratório de referência nacional ou regional.

Em 13 de outubro de 2005, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) publicou a primeira legislação sanitária de alcance com pertinência para os laboratórios clínicos, nomeada resolução da diretoria colegiada – RDC n. 302 (Brasil, 2005), que dispõe sobre o regulamento técnico para funcionamento dos serviços que realizam atividades laboratoriais, tais como laboratórios clínicos e postos de coleta. Em seu art. 2º fica estabelecido que a construção, reforma ou adaptação na estrutura física do laboratório clínico e posto de coleta laboratorial deve ser precedida de aprovação do projeto junto à autoridade sanitária local, conforme a RDC/Anvisa n. 50, de 21 de fevereiro de 2002 e a RDC n. 189, de 18 de julho de 2003.

A RDC n. 302 tem como objetivo apresentar os requisitos para o funcionamento dos laboratórios clínicos e postos de coleta laboratorial públicos ou privados que realizam atividades na área de análises clínicas, patologia clínica e citologia: organização, recursos humanos, infraestrutura, equipamentos e instrumentos laboratoriais, produtos para o diagnóstico de uso *in vitro*, descarte de resíduos e rejeitos, biossegurança, garantia da qualidade, controle da qualidade, limpeza, desinfecção e esterilização.

LABORATÓRIOS DA ÁREA DA SAÚDE

Especificamente para laboratórios da área da saúde, a ABNT comercializa algumas normas para acreditação, entre elas a ABNT NBR ISO/IEC 17025 – que trata dos requisitos gerais para a competência em realizar ensaios e/ou calibrações, incluindo amostragem. Ela cobre ensaios e calibrações realizados utilizando métodos normalizados, métodos não normalizados e métodos desenvolvidos pelo laboratório – e a ABNT NBR NM ISO 15189, Norma Mercosul – que define os requisitos de qualidade e competência específicos para os laboratórios clínicos. Há ainda as normas voltadas para as Boas Práticas de Laboratório (BPL), editadas pelo INMETRO.

As BPL tiveram início em 1994 com a criação da Comissão Técnica BPL pelo INMETRO. Em 1995 foi elaborada a primeira versão brasileira baseada no documento *Principles on Good Laboratory Practise*, da Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), sediada em Paris. Desde então, foram disponibilizadas revisões; a versão mais atual, que possui documentos complementares, foi publicada em julho de 2009 e nomeada NIT-DICLA 035. O seu escopo é mostrar que os princípios das BPL “devem ser aplicados em testes não clínicos para produtos farmacêuticos, agrotóxicos, cosméticos, veterinários, aditivos alimentares, rações e produtos químicos industriais. Esses produtos são geralmente substâncias químicas sintéticas, mas podem ser de origem natural ou biológica, bem como organismos vivos”. É uma norma de acreditação que pode ser utilizada em laboratórios de pesquisa biomédica.

PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO

O início do processo de implementação da gestão da qualidade em um laboratório de saúde requer o conhecimento da situação – infraestrutura e força de trabalho – e o que se planeja, em função da política da qualidade aprovada pela alta direção. Portanto, uma autoavaliação é desejável e auxiliará a forma e o conteúdo a serem utilizados para a sensibilização dos trabalhadores, com palestras gerais e oficinas pontuais. Todos deverão ser treinados no uso dos instrumentos adotados, como normas e condutas de biossegurança.

Nesse momento, em que é necessário o envolvimento de todos, várias metodologias podem ser aplicadas, porém uma das mais simples e eficiente é a adoção do Programa dos 5S (Lapa, Barros Filho & Alves, 1998).

Conceito dos 5S

Conhecido como o conjunto de cinco conceitos simples, que, uma vez implantado em qualquer tipo de empresa, como os laboratórios da área da saúde, poderá modificar o ambiente de trabalho, reorientando as atividades rotineiras para a sua efetividade, incluindo o bem-estar dos trabalhadores.

O termo 5S é originário de cinco palavras em japonês e foi empregado no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Na tradução para o português, emprega-se a expressão ‘senso de’ para não perder a marca do programa conhecida mundialmente e, em seguida, adicionamos a palavra que mais se aproxima do original em japonês (Quadro 2).

Quadro 2 - Os cinco conceitos

S	Japonês	Português	
1	<i>seiri</i>	senso de	utilização arrumação organização seleção
2	<i>seiton</i>	senso de	ordenação sistematização classificação
3	<i>seisou</i>	senso de	limpeza zelo
4	<i>seiketsu</i>	senso de	Asseio higiene saúde integridade
5	<i>shitsuke</i>	senso de	autodisciplina educação compromisso

Fonte: Lapa, Barros Filho & Alves, 1998.

A seguir, encontram-se o significado de cada conceito e alguns exemplos:

- **SENDO DE UTILIZAÇÃO:** identificar insumos e equipamentos necessários às atividades laboratoriais e descartar o desnecessário.
Ex.: Deixar na bancada do laboratório ou na mesa do escritório o necessário e alienar o que não usar; descartar os resíduos.
- **SENDO DE ORDENAÇÃO:** nomear e colocar no seu devido local cada insumo e equipamento.
Exs.: Uso de etiquetas padronizadas para identificação dos equipamentos,

insumos e reagentes; sinalizações; quadros de aviso; elaboração de POP; implantação de normas.

- **SENSO DE LIMPEZA:** manter limpas as dependências dos laboratórios utilizando os produtos apropriados.

Exs.: Uso diferenciado de produtos para limpar chão, paredes, teto, bancadas e equipamentos; treinamento do pessoal da limpeza; responsabilidade pela limpeza e manutenção dos equipamentos.

- **SENSO DE ASSEIO:** criar condições favoráveis à saúde física e mental para o desenvolvimento eficiente do trabalho.

Exs.: Garantir ambiente saudável; manter banheiros e vestiários limpos; uso de EPI; carteira de vacinação (recomendável); exames médicos periódicos; centro de estudos.

- **SENSO DE AUTODISCIPLINA:** Desenvolver a prática do cumprimento de normas, procedimentos e especificações, mesmo informais.

Exs.: Participação em reuniões; manter-se atento ao cumprimento de horários, de POP e demais conceitos.

A transmissão de um conceito só deverá ocorrer após a incorporação do conceito anterior. Por isso, devem-se estabelecer metas a serem atingidas em cada etapa, e estas precisam ser avaliadas periodicamente pela gestão da qualidade e coordenação interna de biossegurança, que deverão trabalhar unidas e com transparência. O processo de implantação dos 5S pode ser o início da implementação de uma gestão da qualidade que, embora seja uma decisão da alta direção, é um processo coletivo e dinâmico e que requer compreensão, adesão, continuidade e ampliação contínua de todos.

NORMAS TÉCNICAS PARA LABORATÓRIOS DE SAÚDE

A escolha e a implantação das normas deverão ser acompanhadas pelos envolvidos com as práticas dos laboratórios, incluindo a alta direção, os pesquisadores, os tecnólogos, os técnicos, os estagiários, os alunos e o pessoal da limpeza, administração, infraestrutura e segurança.

Com base na normalização atual e na pertinência das atividades desenvolvidas nos laboratórios da área da saúde, selecionamos algumas normas técnicas que poderão ser implementadas e que permitirão o credenciamento dessas unidades em auditorias externas.

- Laboratórios de análises clínicas
 - NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração (ABNT, 2006);
 - ABNT NBR NM ISO 15189: Requisitos especiais de qualidade e competência (ABNT, 2008);
 - NBR 14500: Gestão da Qualidade no Laboratório Clínico (ABNT, 2000a);
 - RDC 302: Regulamento Técnico para Funcionamento de Laboratórios Clínicos (Brasil, 2005).
- Laboratórios de vigilância sanitária
 - ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibrações (ABNT, 2006).
 - NIT-DICLA 035: Princípios das Boas Práticas de Laboratório - BPL (INMETRO, 2009).
- Laboratórios de pesquisa biomédica
 - NBR ISO/IEC 17025: Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibrações (ABNT, 2006);
 - NIT-DICLA-035: Princípios das Boas Práticas de Laboratório - BPL (INMETRO, 2009).

CERTIFICAÇÃO E ACREDITAÇÃO

A certificação assim como a acreditação fazem parte da etapa final da implantação da gestão da qualidade em uma organização. Ambas visam à verificação de um conjunto de atividades desenvolvidas por uma organização, com a finalidade de atestar publicamente, por escrito, que determinada análise ou serviço está em conformidade com os requisitos especificados nas normas nacionais ou internacionais utilizadas e/ou com a capacidade técnica.

Enquanto a certificação verifica a capacidade organizacional e pode utilizar as normas ISO, a acreditação emprega normas específicas em um processo que busca a excelência técnica e é realizada por meio de ensaios de proficiência. Ambas as verificações precisam ser acompanhadas periodicamente, com auditorias externas, auxiliando na implementação da gestão da qualidade, na medida em que orienta os procedimentos a serem executados em conformidades.

No entanto, nos casos de não conformidades consideradas graves, a solicitação de certificação ou acreditação poderá ser negada e novos

investimentos deverão ser providenciados, seja com obras de infraestrutura, capacitação de pessoal, aquisição de novos equipamentos, incluindo os de proteção individual (EPI) e coletivo (EPC), dentre outros.

Todo sistema da qualidade, seja para certificação ou acreditação, coloca em prática as etapas de procedimento, registro e auditoria: executar o que está escrito, escrever o que faz e periodicamente revisar o que está escrito.

CONCLUSÃO

A implantação/implementação da gestão da qualidade requer conhecimentos, habilidades e atitudes dirigidos para a mudança individual e coletiva, que deve se desenvolver ao longo do tempo e que implica atingir metas com crescente grau de dificuldades, porém passíveis de serem cumpridas. O trabalho deve ser participativo para atender aos mecanismos de mudança a que se propõe uma empresa, como um laboratório da área da saúde, que almeja a confiabilidade de seus resultados baseada no reconhecimento nacional e/ou internacional da capacidade técnico-organizacional de suas análises.

O compromisso de um laboratório público da área da saúde estará expresso pela política da qualidade, atestada pela alta direção, em conformidade com as prerrogativas do Sistema Único de Saúde (SUS). E o gestor desse laboratório deverá estar integrado à noção de competência (Deluiz, 1996, 2001), isto é, aprendizagem orientada para a ação e sua avaliação pautada nos resultados observados, com a possibilidade de rastreabilidade dos processos e garantindo a efetividade da gestão.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR ISO 14500 – Gestão da Qualidade nos Laboratórios Clínicos*. Rio de Janeiro, 2000a.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade: requisitos*. Rio de Janeiro, 2000b.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR ISO 14001 – Sistemas de Gestão Ambiental: especificações e diretrizes para uso*. Rio de Janeiro, 2000c.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR ISO 9000 – Sistemas de Gestão da Qualidade: fundamentos e vocabulário*. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR ISO 17025 – Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração*. Rio de Janeiro, 2006.

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR NM ISO 15189 – Laboratórios de Análises Clínicas: requisitos especiais de qualidade e competência*. Rio de Janeiro, 2008.
- BÁEZ, V. E. et al. *Série ISO 9000: auto-avaliação*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1994.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Portaria 70, 23 dez. 2004. Estabelece os critérios e a sistemática para habilitação de laboratórios de referência nacional e regional para as redes nacionais de vigilância epidemiológica e ambiental em saúde. *Diário Oficial*, 25 fev. 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) 302, 13 out. 2005. Dispõe sobre regulamento técnico para funcionamento de laboratórios clínicos. *Diário Oficial*, 14 out. 2005.
- DELUIZ, N. A globalização econômica e os desafios à formação profissional. *Boletim Técnico do Senac*, 22(2): 15-21, 1996.
- DELUIZ, N. Qualificação, competência e certificação: visão do mundo do trabalho. *Formação*, 1(2): 5-16, 2001.
- INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). *Critérios Gerais para Competência de Laboratórios Clínicos*. Norma NIT-DICLA, 083, 2001.
- INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). *Critérios para o Credenciamento de Laboratórios de Ensaio Segundo os Princípios de BPL – Boas Práticas de Laboratório*. Norma NIT-DICLA, 028, 2003.
- INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). *Princípios das Boas Práticas de Laboratório – BPL*. Norma NIT-DICLA, 031, 2009.
- JURAN, J. M. *Juran on Leadership for Quality: an executive handbook*. New York: The Free Press, 1989.
- LAPA, R. P.; BARROS FILHO, A. M. & ALVES, J. F. *Praticando os Cinco Sentidos*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.
- VIM. *Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia*. Rio de Janeiro: Inmetro, 1995.

5

BIOSSEGURANÇA EM ARQUITETURA: O ELO DA QUALIDADE AMBIENTAL

Christina Simas

Telma Abdalla de Oliveira Cardoso

O projeto de arquitetura de instalações laboratoriais é, em biossegurança, descrito como um elemento de contenção que, associado às boas práticas microbiológicas e aos equipamentos de segurança adotados, tem como objetivo principal a redução ou a eliminação de quaisquer efeitos adversos que possam ocorrer em acidentes e incidentes, pela liberação acidental ou intencional de agentes causais de desequilíbrios ambientais e/ou de risco que possam causar impactos à saúde pública ou ao meio ambiente.

A contenção ambiental de uma instalação laboratorial é proporcionada pela combinação de barreiras físicas e métodos operacionais de qualidade ambiental adotados segundo os requisitos recomendados para cada nível de biossegurança pelas *Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos*, elaboradas pela Comissão de Biossegurança em Saúde (CBS), do Ministério da Saúde (Brasil, 2006a).

Cada combinação de elementos construtivos de projeto e sistemas preventivos de segurança e qualidade ambiental é adequada ao funcionamento ou à atividade do laboratório, às características do agente de risco manipulado e aos ensaios realizados, incluindo as espécies animais em experimentação.

Dentre as diversas instituições de saúde, serão enfocadas neste capítulo as instalações de laboratórios de saúde pública, onde os agentes de risco manipulados são, com a maior frequência, os de risco biológico.

AValiação DE RISCO

Os agentes biológicos manipulados nas amostras de material humano, animal ou ambiental são classificados quanto ao risco por diversos fatores,

tais como: patogenicidade, virulência, modo de transmissão, endemicidade, estabilidade do agente, origem, alteração gênica, disponibilidade de tratamento e de medidas profiláticas eficazes, entre outros. No Brasil, adota-se a classificação apresentada no documento intitulado *Classificação de Risco dos Agentes Biológicos*, elaborado pela CBS, do Ministério da Saúde (Brasil, 2006b).

A avaliação de risco em um laboratório de saúde pública visa a alcançar as principais metas de qualidade requeridas pelo programa de gestão institucional. Essa análise contempla várias dimensões, sejam relacionadas aos procedimentos, à infraestrutura (desenho, instalações físicas dos laboratórios e equipamentos de proteção), à qualificação das equipes ou à organização do trabalho (Rocha & Cardoso, 2005).

No programa de gestão, o planejamento da construção das instalações laboratoriais deve ser baseado na avaliação de risco realizada, determinando o nível de contenção laboratorial ou de biossegurança, e nos requisitos exigidos para cada ambiente proposto no programa arquitetônico, estabelecendo medidas a serem tomadas para o controle, a minimização ou a eliminação das fontes de contaminação e de desequilíbrios ambientais encontrados.

BIOSSEGURANÇA EM ARQUITETURA

A recomendação de que o projeto de cada laboratório em particular seja adaptado aos conceitos de biossegurança deve permear toda a elaboração da programação arquitetônica, principalmente os estágios iniciais de coleta e organização de informações, baseadas nos requisitos físicos, ambientais e de contenção, estabelecidos pelo nível de biossegurança e necessários ao desenvolvimento das atividades laboratoriais previstas (Simas & Cardoso, 2000).

Cada situação é específica, devendo o projeto arquitetônico ser desenvolvido em função do programa institucional, dos ensaios e da(s) espécie(s) animal(is) a ser(em) utilizada(s) e da demanda presente e futura, segundo as inovações tecnológicas previstas.

Nas fases de planejamento e programação arquitetônica, os aspectos construtivos de localização, tipologia, estrutura, redes prediais, outros sistemas e métodos operacionais a serem adotados nas instalações laboratoriais, incluindo as de experimentação animal, devem estar relacionados com uma geometria

modular que, melhor representando as necessidades espaciais de flexibilidade, segurança, contenção, manutenção, cuidados, vigilância, qualidade ambiental e monitoramento, seja capaz de proporcionar uma referência para a análise do custo final de construção e de vida útil requerida.

Entretanto, o elevado grau de variabilidade nas pesquisas, incluindo os ensaios com animais, resultante de diversos fatores que vão desde interesses do próprio pesquisador até a alocação de investimentos, dificulta a caracterização da demanda, sendo, portanto, importante nesta fase que a identificação, a visualização e a classificação das várias atividades, inter-relações e alternativas envolvidas no arranjo físico do projeto sejam realizadas com a participação conjunta entre a equipe do laboratório e os projetistas.

No levantamento do programa de necessidades, denominado também programação arquitetônica, as informações relativas às condições necessárias ao desenvolvimento perfeito e seguro das atividades previstas, a definição do *layout* a ser inserido, a concepção modular proposta e a consolidação dos procedimentos de natureza construtiva e operacional podem, por exemplo, seguir um roteiro de levantamento a partir da identificação e classificação dos agentes de risco manipulados e do estabelecimento do nível de biossegurança requerido.

A proposta da forma espacial da instalação laboratorial e dos sistemas construtivos e operacionais previstos é apresentada, no projeto preliminar de arquitetura, numa primeira abordagem, de modo a assegurar a viabilidade técnica dos conceitos básicos de biossegurança e o adequado tratamento do impacto ambiental discutidos na programação arquitetônica que, no projeto executivo, estarão consolidadas e graficamente representadas com todas as indicações e detalhes construtivos de arquitetura, montagem e execução dos sistemas operacionais adotados.

LABORATÓRIOS DE SAÚDE PÚBLICA: PROJETO ARQUITETÔNICO

É importante salientar que, para o desenvolvimento das atividades laboratoriais e para a elaboração de projetos de construção, reformas e/ou ampliações de instalações laboratoriais, há a necessidade da observância dos requisitos estipulados pelas legislações federais e de outras disposições que, com relação à matéria, estejam incluídas em regulamentos sanitários e ambientais

dos estados e em códigos de obras municipais ou onde se situem as respectivas edificações. Sob o aspecto da biossegurança, devem ser adequados aos requisitos de contenção estabelecidos pelas *Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos* (Brasil, 2006a), pelos *Projetos Físicos de Laboratórios de Saúde Pública* (Brasil, 2004), pelas resoluções da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) – RDC n. 050 (Brasil, 2002a), RDC n. 307 (Brasil, 2002b) e RDC n. 189 (Brasil, 2003) – ou pelas instruções normativas específicas da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, no caso de manipulações com organismos geneticamente modificados (OGMs).

ORGANIZAÇÃO FUNCIONAL

O laboratório é um ambiente singular, diferenciado de outros espaços da edificação, exigindo elementos de construção e equipamentos adequados aos portadores de dificuldades especiais e características de flexibilidade e comunicação, de modo a promover associações interativas e interdisciplinares entre grupos e equipes, através de ambientes agradáveis ao convívio fora dos laboratórios como, por exemplo, estações de trabalho próximas às áreas de ensino e informação (auditório, salas de aula e bibliotecas) e/ou às áreas de circulação pública (refeitórios, cafeterias e jardins).

A organização funcional desses ambientes requer uma arquitetura que visualize as inter-relações dos elementos organizacionais da edificação e as alternativas envolvidas nos arranjos físicos do projeto, que podem estar agrupados de acordo com suas atribuições, atividades e subatividades ou, de forma mais interativa, em grandes áreas laboratoriais de pesquisa, desenvolvimento e experimentação animal e/ou de plataformas tecnológicas de serviços.

LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

Na escolha da localização de uma edificação laboratorial, devem-se observar: a topografia e a estabilidade do terreno; a incidência solar; as vias de acesso e os meios de transporte existentes; a infraestrutura disponível (rede elétrica, hidráulica, esgoto e águas pluviais, entre outras); as áreas livres para o estacionamento de veículos; pátios para carga e descarga de materiais (insumos, amostras e animais); e o local para o armazenamento temporário de resíduos, evitando, sempre que possível, situá-los próximos às áreas de risco

de acidentes naturais (inundações, balas perdidas, entre outros) ou de fontes de poluições ambientais, como, por exemplo, áreas de tráfego intenso, com geração de vibrações e ruídos indesejáveis.

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 com maior isolamento e a aplicação de barreiras físicas de controle de acesso de acordo com o nível de biossegurança requerido.

Nas instalações laboratoriais com nível de biossegurança 1 (NB-1) ou nível de biossegurança animal 1 (NB-A1), nenhuma característica especial de projeto é requerida além do espaço suficiente para a execução do trabalho, da limpeza e da manutenção do ambiente laboratorial. Já as instalações com nível de contenção NB-2 ou NB-A2 devem estar afastadas da área de circulação de público e das áreas de trabalho em geral e ser dotadas de área de suporte laboratorial para determinadas atividades de maior risco. Os laboratórios de contenção NB-3 e NB-4 ou NB-A3 e NB-A4, de elevado risco biológico, devem ser projetados em áreas afastadas das áreas de circulação de técnicos ou mesmo isoladas, no caso de atividades com agentes biológicos da classe de risco 4, e dotados de área de suporte laboratorial fora das instalações de contenção para determinadas atividades de menor risco.

As estações de trabalho devem ser localizadas fora das instalações em contenção. Entretanto, quando localizadas em área adjacente aos laboratórios NB-1 e NB-2, devem estar o mais próximo possível da porta de acesso. O sistema de mobiliário deve ser flexível e ergonômico, com previsão de armários ventilados e de outros equipamentos especiais para o armazenamento de materiais de uso imediato, sem a ocupação indesejada de mesas e corredores. As instalações de conforto, tais como copa, sala de convívio e sala para emergências médicas, devem estar localizadas fora das áreas laboratoriais.

Quanto aos laboratórios de experimentação animal (LEA), onde os animais serão mantidos durante um determinado período experimental, a prática tem demonstrado a conveniência de que esta construção seja próxima aos laboratórios de diagnóstico, pesquisa e/ou desenvolvimento tecnológico. Teremos, portanto, de prever espaços para a instalação de barreiras de contenção (vestiários de barreira) visando à proteção tanto dos técnicos quanto dos animais.

Os LEA podem ser implantados de forma pavilhonar ou em bloco, onde o controle sanitário é bastante favorecido na medida em que possibilita a expansão, limita o acesso e facilita a separação dos animais por espécie ou por categorias, assim como os serviços de suporte operacional e de alguns serviços de apoio técnico, localizados em anexos comuns. Porém, este tipo de edificação tem elevados custos de construção e de manutenção, além de exigir grandes áreas de ocupação.

As áreas laboratoriais NB-1 e NB-2 ou NB-A1 e NB-A2 devem estar localizadas de forma integrada às áreas de apoio técnico (descontaminação e esterilização de materiais, recepção de amostras, preparo de meios de cultura, entre outras) e/ou de suporte operacional (tratamento de resíduos, lavanderia, almoxarifado de materiais, equipamentos e reagentes, manutenção, conforto e higiene pessoal, comunicação, segurança e vigilância, entre outros) de forma a facilitar a distribuição e a acessibilidade às redes de serviços prediais, agrupando e diminuindo distâncias entre os espaços técnicos dos sistemas de engenharia adotados e os pontos de consumo (elétrico e eletrônico, de água e/ou gases, entre outros) e/ou de contribuição (água de esgotamento pluvial e de efluentes, entre outros).

Os acessos aos quatro níveis de contenção laboratorial devem ser diferenciados tanto para os técnicos como para os materiais, insumos, amostras, animais e resíduos, facilitando o controle, o transporte, os fluxos e as rotas de fuga (saídas de emergência). Entretanto, para os laboratórios de contenção NB-3 e NB-4 ou NB-A3 e NB-A4, além do controle de acesso, é exigida uma separação física entre as áreas de circulação e as áreas laboratoriais em contenção, que corresponde, em biossegurança, a uma barreira física, como as câmaras de passagem, áreas de transferência de materiais, autoclaves e outros equipamentos de segurança.

Nos LEA, existem dois tipos de disposição interna de acordo com o acesso de técnicos, materiais, insumos, amostras e animais – tanto às salas de manutenção e de experimentação animal como às áreas de apoio técnico, administrativo e operacional – e com a saída de resíduos. No primeiro tipo, o acesso é realizado através de uma única circulação e, no segundo, através de circulações independentes que estabelecem fluxos diferenciados de acesso e saída.

BARREIRAS DE CONTENÇÃO

Os sistemas adotados nos laboratórios de saúde pública que combinam aspectos construtivos, equipamentos e métodos operacionais e que buscam o controle das condições ambientais das áreas fechadas e a minimização das probabilidades de contaminações são denominados barreiras de contenção.

As principais variáveis de um sistema de barreiras estão relacionadas ao sistema de tratamento do ar do ambiente *indoor*, em especial o sistema de climatização – quando obedecer a padrões preestabelecidos, tais como filtragem, equilíbrio e recirculação do ar –, e às barreiras de controle de entrada e saída de técnicos quando monitoradas no local ou remotamente, por sistemas automatizados.

O acesso às áreas laboratoriais deve ser realizado através de instalações sanitárias exclusivas aos técnicos, dotadas de vestiários para a troca de roupa e colocação de equipamentos de proteção individual (EPIs) específicos, sendo que os laboratórios de contenção NB-3, NB-A3, NB-4 e NB-A4 devem possuir outros sistemas de barreiras adicionais, constituídos por sanitários, vestiários, câmaras de passagem ou *air-locks* (câmaras pressurizadas), dotados de sistema de bloqueio de dupla porta, providos de dispositivos de fechamento automático e de intertravamento, a fim de manter um diferencial de pressão entre as áreas de menor e maior risco. Nos NB-A3 e NB-A4, devem ser previstas duchas para higienização corporal localizadas na saída da área laboratorial em contenção ou nos vestiários de barreira. No NB-4 e no NB-A4, deve ser prevista ducha de descontaminação química para as vestimentas protetoras de pressão positiva, antes da ducha de higienização.

O sistema de barreira para a entrada de materiais de consumo, amostras biológicas, animais, equipamentos e saída de resíduos deverá ter sistemas de monitoramento local ou remoto e, nos NB-3, NB-A3, NB-4 e NB-A4, deverão ser previstas também barreiras de transferência, tipo *air-locks*, autoclaves, tanques de imersão, guichês ou câmaras de passagem e outros.

As instalações laboratoriais, incluindo as de experimentação animal, devem ser dotadas também de barreiras primárias constituídas de equipamentos de segurança, que podem ser de proteção coletiva (EPC) – cabines de segurança biológica (CSB), capelas de exaustão química, autoclaves, equipamentos especiais para controle de contaminação animal, lavatório para lavagem das

mãos, chuveiros de emergência e dispositivos para lavagem dos olhos, entre outros – ou de proteção individual (EPI) – vestimentas protetoras, luvas, máscaras, entre outros –, apropriados a cada nível de contenção e utilizados tanto pela equipe técnica como pela de suporte laboratorial e operacional.

O lavatório e o equipamento de lava-olhos de emergência devem, preferivelmente, estar localizados próximos à saída, dentro do laboratório, e o chuveiro de emergência deve ficar na circulação, próximo aos laboratórios com risco químico, e deve ser dotado de dispositivos de funcionamento acionados por pedal ou controles automáticos (célula foto-elétrica).

As autoclaves devem estar localizadas próximas aos laboratórios, nas áreas de apoio técnico, e devem ser diferenciadas tanto para a esterilização dos materiais utilizados e descontaminação dos resíduos como para a passagem ou transferência de materiais e insumos, entre os ambientes de maior e menor risco da instalação. Nos NB-3, NB-A3, NB-4 e NB-A4, as autoclaves devem ter, preferivelmente, dupla porta, interligando os laboratórios em contenção e as áreas de apoio da instalação de modo a evitar a contaminação entre ambientes.

CSB classe I ou II são requeridas em todos os ensaios que possam gerar aerossóis; no manuseio de altas concentrações ou grandes volumes de material infeccioso; na inoculação intranasal e nas necropsias de animais; no manuseio de fluidos, tecidos ou ovos de animais infectados. Nos NB-4 e NB-A4, podem ser utilizadas as CSB classe III ou a associação de macacões ventilados positivamente com a CSB classe II.

Nas instalações LEA, podem ser utilizados dentro da(s) sala(s) de manutenção de animais alguns tipos específicos de EPC, como estantes ventiladas, que auxiliam na prevenção da contaminação animal ou no controle ambiental.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Na geometria modular dos laboratórios, incluindo os de experimentação animal, estabelecida na fase de planejamento e programação arquitetônica da instalação, devem ser observados os padrões de divisibilidade do módulo laboratorial em unidades menores e sua flexibilidade em relação ao sistema estrutural.

Existem diversas maneiras de se obter flexibilidade, como, por exemplo, através da modulação e padronização do mobiliário; da utilização de divisórias removíveis nas áreas de apoio técnico, administrativo e logístico; e da construção de pisos intermediários (espaços técnicos) que retiram a distribuição das linhas de serviço como elemento fixo de paredes e pisos nas áreas laboratoriais. A localização das áreas que compõem o programa arquitetônico, os espaços técnicos, o dimensionamento e as características dos materiais de acabamento de ambientes, circulações, acessos, esquadrias e outros elementos construtivos e/ou de contenção também são padrões importantes que podem interferir na modulação proposta.

As características dos materiais de construção, revestimentos e/ou de acabamento são importantes no controle da disseminação dos agentes biológicos. Portanto, o perímetro do laboratório deve ser devidamente vedado e os materiais adotados em paredes, pisos e tetos, mobiliário (bancadas, armários, mesas, estantes, entre outros) e equipamentos devem ser lisos, apresentando o menor número possível de juntas, sem reentrâncias, com cantos arredondados, de cor clara e fosca, impermeáveis, resistentes a produtos químicos e de alta resistência no caso de áreas de experimentação animal. A escolha destes materiais deve ser baseada no custo, na flexibilidade desejada, no tipo de exposição, no risco e no uso previsto. Nos NB-3 e NB-4 ou NB-A3 e NB-A4, todo o perímetro de contenção deve ser revestido de materiais contínuos, tais como aço inoxidável, resinas ou similares e tanto as paredes em alvenaria estruturada ou em concreto como todas as penetrações de linhas de serviço no piso, nas paredes e nos tetos devem ser hermeticamente vedadas para fins de descontaminação.

As esquadrias (portas, janelas e visores) devem ser construídas com materiais e acabamentos que retardem o fogo e que proporcionem boa vedação, lisos, não porosos, de fácil limpeza e manutenção e, nas instalações de experimentação animal, devem ser à prova de insetos e roedores. As janelas podem ter dispositivos de abertura e devem ser mantidas abertas se necessário, quando providas de tela contra insetos, e afastadas das áreas de trabalho e equipamentos, tais como cabines de segurança biológica e balanças. Nos NB-3 e NB-4 ou NB-A3 e NB-A4, janelas e visores devem ser fixos, hermeticamente vedados, com cantos arredondados, vidros à prova de quebra e proteção solar e/ou acústica, quando necessário. As portas devem ser dimensionadas para a passagem de equipamentos, com visores e sistemas de acionamento

de abertura sem utilização das mãos, de fechamento automático ou ainda, quando necessário, de dispositivos especiais de vedação total e de acionamento de abertura automático, após identificação por cartão ou outro dispositivo de segurança para acesso às áreas NB-3, NB-4, NB-A3 e NB-A4.

As portas de saída de emergência devem ser identificadas, abrindo para o exterior ou para passarelas de escape, dotadas de barra antipânico localizada na posição e/ou altura adequada ao seu acionamento ou, nos NB-3 e NB-A3, constituídas de painel fixo com sistema de abertura ou quebra, de acordo com as normas locais de incêndio e de segurança da edificação.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

O levantamento dos diversos riscos associados ao ambiente de trabalho requer a identificação das causas de desequilíbrios ambientais internos e, conseqüentemente, a implantação de mecanismos de contenção e/ou de eliminação das fontes de poluição.

Além dos agentes de risco biológico e químico, que são rotineiramente manipulados, há também que considerar outros agentes de risco, tais como ruídos, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom que, num ambiente LEA, podem, de alguma forma, causar estresse e influenciar na resposta do animal ao estímulo experimental.

Outros agentes de desequilíbrio devem ser considerados, tais como matérias particuladas de construções e reformas; tráfego intenso de veículos e outras poluições ambientais provenientes dos ambientes externos; circulação inadequada de profissionais e/ou visitantes, infectados ou não; aerossóis e poeiras presentes nas características do mobiliário e dos equipamentos; inadequações referentes aos componentes dos sistemas de climatização ou aos procedimentos adotados, como a presença de plantas e vasos com flores em áreas laboratoriais.

Cada ambiente codificado na programação arquitetônica deverá apresentar os dados relacionados à área (real ou prevista), às atividades desenvolvidas, incluindo ensaios com animais (espécie e quantidade de animais), à ocupação (número de pessoas) e aos requisitos recomendados ou obrigatórios que devem ser observados no condicionamento ambiental, tais como temperatura interna, luminosidade, umidade relativa, renovação do

ar, filtragem, diferencial de pressão e outros dados que possam interferir na qualidade do ambiente laboratorial, assim como na qualidade dos ensaios que utilizam animais. Ressalta-se também que a potência térmica dissipada para o ambiente pelos equipamentos, pelo sistema de iluminação do ambiente e pelos animais; a quantidade e vazão do ar de cabines de segurança biológica, capelas de exaustão química, coifas e equipamentos especiais para controle de contaminação animal, dentre outros equipamentos, também podem causar desequilíbrios ambientais.

INSTALAÇÕES PREDIAIS

Como referência espacial de projeto, os laboratórios podem ser vistos como áreas abertas, flexíveis e dotadas de linhas de serviços elétricos, eletrônicos, hidráulicos e fluido-mecânicos, provenientes dos espaços técnicos localizados em nível superior ou inferior ao 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. Devem ser previstos acessos tanto aos *shafts* como aos espaços técnicos horizontais que permitam a execução dos programas de manutenção preventiva e corretiva, sem que seja necessário ocupar um espaço indevido no laboratório ou danificar a estrutura existente. Estes sistemas devem levar em conta o alto custo destas instalações, sem desprezar, entretanto, os requisitos de biossegurança.

Nas edificações laboratoriais, o projeto de climatização dos ambientes deve observar os requisitos descritos ao condicionamento para fins de conforto dos técnicos, mas as áreas laboratoriais e de apoio técnico, assim como algumas áreas de apoio logístico e operacional em contenção, quando destinadas às manipulações envolvendo agentes de risco, ou quando houver a presença de fontes de contaminação no ambiente, devem observar pré-requisitos adicionais de biossegurança. Já nas áreas de experimentação animal o projeto de climatização deverá seguir os parâmetros de conforto estabelecidos para cada espécie animal envolvida no ensaio.

Podemos destacar, dentre os vários pré-requisitos, o fornecimento de eletricidade adequado, confiável e dotado de rede de emergência e gerador provido de sistema de automação, de modo a permitir seu acionamento imediato a fim de manter o funcionamento de equipamentos essenciais, tais como CSB, estufas e equipamentos especiais para o controle de contaminação

animal; iluminação de emergência e sistema de tratamento do ar requerido para determinado ambiente, incluindo as áreas de manutenção de animais.

O sistema de tratamento de ar inclui os mecanismos de direcionamento do ar para dentro do ambiente sem que o mesmo seja recirculado de volta para o laboratório ou outras áreas do mesmo prédio. Nos NB-3, NB-A3, NB-4 e NB-A4, o sistema adotado deve possuir dutos de insuflação e de exaustão do ar herméticos, possibilitando a descontaminação local, acessíveis fora da área de contenção e capazes de manter uma pressão negativa em relação às áreas em torno, garantindo que o fluxo de ar seja sempre dirigido das áreas de menor para as de maior risco. O ar exaurido destas áreas deve ser eliminado através de filtros especiais de elevado grau de eficácia – filtros *High Efficiency Particulate Air* (HEPA) –, antes de descarregado no sistema de ventilação da instalação e dispersado longe de prédios habitados e de tomadas de ar (Simas & Cardoso, 2005).

SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO E MONITORAMENTO

Dentre os sistemas de segurança predial e de qualidade ambiental adotados com maior frequência, podemos destacar os de prevenção e combate a incêndios; de proteção a descargas atmosféricas (para-raios) da edificação; de tratamento do ar (filtragem, fluxo do ar, temperatura, umidade, dentre outros pré-requisitos); de pré-tratamento de resíduos sólidos e líquidos provenientes dos ambientes laboratoriais e os sistemas de comunicação e monitoramento da instalação.

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

É conveniente que as áreas laboratoriais e de apoio técnico sejam sinalizadas com o símbolo internacional de risco biológico, fixado na porta 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.

Devem-se prever também sistemas informatizados de supervisão, avaliação e monitoramento de ambientes e sistemas de segurança, englobando o gerenciamento remoto do controle dos acessos e do desempenho dos sistemas de segurança predial e de qualidade ambiental.

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).

PRÁTICAS OPERACIONAIS

A manutenção da qualidade ambiental e dos requisitos de biossegurança preestabelecidos no projeto de áreas laboratoriais, incluindo as áreas de experimentação animal, requer a adoção de medidas específicas para a eliminação de fontes de desequilíbrio *indoor* ou as provenientes do meio externo (*outdoor*), seja de origem biológica, química, física e/ou outras.

Dentre estas ações, destacamos a manutenção preventiva e corretiva, a calibração e a certificação de máquinas, equipamentos, instrumentos, instalações prediais e outros sistemas de engenharia, incluindo o sistema de limpeza, descontaminação ambiental, filtragem do ar e higienização do sistema de tratamento do ar (dutos, forros e outros). Estas ações deverão estar associadas a outros programas institucionais, tais como de educação continuada e de informação, com treinamento dos técnicos operacionais; de documentação e estatística, com o estabelecimento de instrumentos normativos inerentes aos processos de manutenção e intervenções em máquinas, equipamentos e instalações; e de medicina ocupacional, composto de sistemas de notificações de doenças relacionadas ao ambiente (Siqueira, 1999).

CONCLUSÃO

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, a minimização e/ou a eliminação dos riscos provenientes das atividades desenvolvidas que possam causar danos à saúde ou impactos ambientais.

O sistema de monitoramento 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. Este 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), infraestrutura (desenho, instalações físicas dos laboratórios e equipamentos de proteção), qualificação das equipes ou organização do trabalho. Ressalta-se que o estabelecimento destas propostas é baseado numa série de requisitos que estão associados à segurança do laboratório, a qual é determinada pelo nível de contenção.

A determinação dos níveis de contenção deve ser priorizada pelos pesquisadores, pois estes 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.

REFERÊNCIAS

BRASIL. 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], fev. 2002a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 307, de 14 de novembro de 2002. Regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. *Diário Oficial* [da República Federativa do Brasil], nov. 2002b.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 189, de 18 de julho de 2003. Regulamento técnico dos procedimentos de análise, avaliação e

aprovação dos projetos físicos de estabelecimentos de saúde no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. *Diário Oficial* [da República Federativa do Brasil], jul. 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Diretrizes para Projetos Físicos de Laboratórios de Saúde Pública*. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão de Biossegurança em Saúde. *Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão de Biossegurança em Saúde. *Classificação de Risco dos Agentes Biológicos*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b.

ROCHA, S. S. & CARDOSO, T. A. O. *Avaliação de Risco em Laboratório de Saúde Pública*. Rio de Janeiro: Ensp/Fiocruz, 2005. (Texto utilizado no curso de especialização a distância Biossegurança em Laboratórios de Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, da Fundação Oswaldo Cruz)

SIMAS, C. M. & CARDOSO, T. A. O. *Arquitetura e Biossegurança*. Rio de Janeiro: Ensp/Fiocruz, 2000. (Texto utilizado no curso de especialização a distância Biossegurança em Laboratórios de Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, da Fundação Oswaldo Cruz)

SIMAS, C. M. & CARDOSO, T. A. O. *Arquitetura*. Rio de Janeiro: Ensp/Fiocruz, 2005. (Texto utilizado no curso de especialização a distância Biossegurança em Laboratórios de Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, da Fundação Oswaldo Cruz)

SIQUEIRA, L. F. G. *A Síndrome do Edifício Doente, o Meio Ambiente e a Infecção Hospitalar*. Rio de Janeiro, 1999. (Curso de Biossegurança Hospitalar da Fiocruz – Mimeo.)

6

AVALIAÇÃO DOS AMBIENTES DE TRABALHO ATRAVÉS DO MAPEAMENTO DE RISCOS

*Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos
Paula Raquel dos Santos*

Este capítulo discute a importância de uma metodologia de estudo das condições de trabalho. O seu objetivo é apresentar, de forma sucinta, o que é mapa de risco, onde se aplica, como se elabora e a sua utilização como instrumento coletivo dos trabalhadores para a identificação de fatores de risco existentes nos processos de trabalho.

O mapa de risco é do conhecimento do trabalhador brasileiro há mais de duas décadas. Ele tem contribuído em diversas campanhas para a melhoria das condições de trabalho, visando à prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, redução de impactos ambientais, promoção da saúde do trabalhador e preservação do meio ambiente. Um dos pressupostos metodológicos da saúde do trabalhador é a interlocução com os trabalhadores, motivando a ação destes nas mudanças nos ambientes de trabalho.

É também apresentado aqui um estudo de caso em um serviço de hemoterapia e hematologia, por ser um setor essencial para os serviços e usuários da saúde e pelos processos de trabalho sincronizados e com vários fatores de risco.

ORIGEM

O mapa de risco tem sua origem no Modelo Operário Italiano (MOI), fruto do movimento sindical italiano no final da década de 1960. O MOI foi desenvolvido por trabalhadores de indústrias do ramo metal-mecânico, com o objetivo de capacitá-los na investigação e no controle dos ambientes de trabalho (Mattos & Simoni, 1993).

O MOI tinha como premissas a criação de ‘grupos homogêneos’ (conjunto de pessoas expostas a fatores de risco semelhantes), a ‘experiência ou subjetividade operária’ (a valorização da percepção dos fatores de risco pelo trabalhador), a ‘validação consensual’ (as decisões quanto à melhoria das condições de trabalho eram discutidas e aprovadas coletivamente pelo grupo) e a ‘não delegação’ (o grupo não delegava poder aos técnicos de saúde e segurança para decidirem sobre as mudanças nas condições de trabalho, uma vez que esta decisão cabia ao grupo).

A intenção era conquistar uma maior participação dos trabalhadores nas ações de planejamento e controle da saúde nos locais de trabalho, não delegando essas funções aos técnicos e valorizando a experiência e o conhecimento operário existente (Mattos, 1993).

O mapa de risco, dada a sua importância técnica e política no processo da Reforma Sanitária italiana, passou a ser adotado pela legislação italiana com a lei n. 833, de 23/9/1978, que instituiu o Serviço Sanitário Nacional em seu artigo 20 (Oddone *et al.*, 1986).

Tal metodologia se disseminou pelo mundo no final da década de 1970, chegando ao Brasil através das áreas acadêmica e sindical. Em 1986, foi lançado no país o livro *Ambiente de Trabalho: a luta dos trabalhadores pela saúde*, de autoria de sindicalistas e técnicos italianos.

A elaboração do mapeamento de riscos tornou-se obrigatória no Brasil através da portaria n. 5, de 18/8/1992, do Departamento Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador (DNSST), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que alterou a norma regulamentadora NR-09, estabelecendo a obrigatoriedade da confecção de mapas de riscos ambientais para todas as empresas do país que tenham Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (Cipa), atribuindo a ela a sua construção. Portarias posteriores do MTE alteraram o texto original. A portaria n. 25, de 29/12/1994, alterou e transferiu o texto para o anexo IV da NR-05, que trata da Cipa, e a n. 8, de 23/2/1999, modificou o texto transferido e retirou o anexo IV da NR-05 (Brasil, 1992, 1994). Atualmente, a NR-05 recomenda que a construção do mapa de risco seja realizada com o auxílio de outras metodologias, não impedindo, no entanto, o uso daquela definida no antigo texto da NR-05 (Mattos & Santos, 2005).

A construção do mapa de risco, de acordo com a NR-05, é responsabilidade da Cipa, que deve desenvolver atividades com a participação de todos os trabalhadores da empresa, incluindo os terceirizados, de forma que o diagnóstico

das condições de trabalho e as recomendações para melhorias resultem do conhecimento do conjunto dos trabalhadores (Mattos & Simoni, 1993).

DEFINIÇÕES

O mapa de risco possui diversas definições. Oddone e colaboradores (1986: 53) foram os primeiros a definir mapa de risco como “um critério de abordagem da pesquisa do grupo operário para conhecimento e a definição científica das próprias condições de trabalho, um esquema de análise que possa enfrentar globalmente os problemas do ambiente e da prevenção do risco em todo o contexto social”.

Para Albert (1988: 8), o mapa de risco é

uma ferramenta que nos permitirá a reunião programada de dados que expressam a situação relacionada com fatores de risco presentes nos postos de trabalho (...). Se pretende, mediante o mapa de risco, criar um instrumento para poder elaborar uma prevenção de riscos no interior da empresa; identificar os fatores nocivos e de riscos que estão presentes nas seções e departamentos da empresa; conhecer o número de trabalhadores que estão expostos a diferentes riscos, em função dos horários e turnos.

Ele também pode ser definido como

uma representação gráfica de um conjunto de fatores presentes nos locais de trabalho, capazes de acarretar prejuízos à saúde dos trabalhadores: acidentes e doenças de trabalho. Tais fatores têm origem nos diversos elementos do *processo de trabalho* (materiais, equipamentos, instalações, suprimentos e espaços de trabalho) e na forma de *organização do trabalho* (arranjo físico, ritmo de trabalho, método de trabalho, postura de trabalho, jornada de trabalho, turnos de trabalho, treinamento etc.). (Mattos, 1993: 60; grifos nossos)

A Portaria n. 5, do Ministério do Trabalho e Emprego, o define como “uma representação gráfica do reconhecimento dos riscos existentes nos diversos locais de trabalho” (Brasil, 1992).

O resultado principal da construção do mapa de risco não é a planta baixa com círculos coloridos representando os riscos encontrados, mas o processo educativo e organizativo que deve ser desenvolvido na sua construção, podendo abrir espaço para que as pessoas reflitam sobre o seu próprio trabalho e

conheçam o dos colegas. E, com isso, possam superar, ao menos parcialmente, o caráter fragmentado do processo de trabalho existente nas empresas. Esse método tem como essência o caráter pedagógico (Mattos & Santos, 2005; Sivieri, 1996; Lima, 1993).

A partir de discussões em grupo, visita aos locais de trabalho, análise de casos de acidentes e doenças e outras atividades, os trabalhadores poderão identificar os problemas comuns a todos e os que são específicos de cada local de trabalho, facilitando assim a formação de uma visão mais completa e integral do quadro de condições de trabalho da empresa e se afastando da antiga e incorreta, na qual a prevenção da saúde no trabalho é uma questão apenas individual (Simoni, 1992; Mattos & Freitas, 1994).

CONSTRUÇÃO

Conforme sugerem Mattos e Simoni (1993), o mapa de risco pode ser construído em duas etapas: 1ª) levantamento e sistematização do processo de produção; 2ª) elaboração da representação gráfica.

Levantamento e Sistematização do Processo de Produção

Esta etapa consiste em seis documentos: descrição do processo de trabalho, equipamentos/instalações, materiais/produtos/resíduos, equipes de trabalho, atividades dos trabalhadores e identificação dos fatores de risco.

Descrição do processo de trabalho

O processo de trabalho é o elemento integrador de pessoas e recursos produtivos: materiais, máquinas/equipamentos/ferramentas e espaços físicos. O levantamento do processo possibilita entender em que momento da produção um determinado fator de risco se manifesta no ambiente de trabalho. Ele pode ser descrito através de um texto, apresentando todas as fases do processo na sequência cronológica com as operações realizadas, ou esquematicamente, construindo o seu fluxograma. O fluxograma consiste na representação gráfica das rotinas de trabalho existentes no local estudado. Neste documento, deverão ser identificados os principais passos (etapas e operações) necessários para a fabricação dos produtos ou execução de serviços. Mais detalhes sobre a construção de fluxogramas do processo poderão ser encontrados em Barnes (1995).

Descrição dos equipamentos e instalações

Neste documento devem ser relacionados os principais equipamentos e instalações de cada setor que são utilizados no processo de trabalho em estudo e apresentadas suas características de funcionamento, dimensões, energia utilizada, capacidade de produção, habilidades necessárias do operador quanto ao seu funcionamento, estado de conservação, riscos gerados (ruído, calor, radiações, poeiras, gases etc.), inadequações e incompatibilidades ergonômicas, presença ou ausência de dispositivos de segurança etc.

Descrição dos produtos, materiais e resíduos

Serão listados neste documento os produtos acabados, produtos em processo, matérias-primas, materiais auxiliares e resíduos provenientes dos processos de fabricação, com as suas quantidades estocadas, consumo semanal ou mensal, forma de armazenamento, métodos de transporte, características físico-químicas (explosivos, inflamáveis, radioativos, voláteis etc.), grau de toxicidade etc. No caso particular dos resíduos, é importante conhecer as formas de tratamento e destinação final, principalmente para aqueles que apresentam riscos de contaminação e infecção para o trabalhador e o meio ambiente.

Descrição das equipes de trabalho

Serão identificados neste documento as equipes de trabalho (se possível, por equipamento ou posto de trabalho) e o tipo de vínculo do trabalhador com a empresa. Além disso, deverão também ser levantadas informações sobre o trabalho terceirizado. Informações quanto ao perfil desse trabalhador (sexo, idade, nível de escolaridade, acidentes e doenças contraídas anteriormente e o estado de saúde atual) poderão ser importantes para uma análise futura que procure estabelecer uma relação entre os fatores de risco a que estão expostos e as possíveis morbidades referidas (queixas) pelos mesmos.

Descrição das atividades dos trabalhadores

Neste documento serão identificadas as atividades e tarefas executadas por cada trabalhador nos locais onde são exercidas e sua frequência de realização, níveis de atenção e responsabilidade envolvidos com a atividade, jornada de trabalho, turnos de trabalho e esquemas de revezamento de turnos.

Identificação dos fatores de risco

Os fatores de risco deverão ser descritos em um quadro com as seguintes colunas: grupos de risco, fontes, sinais x sintomas, acidentes x doenças e recomendações. Este quadro facilitará uma visualização das condições de trabalho do processo de produção estudado. O seu preenchimento deverá ser feito com o auxílio dos trabalhadores envolvidos (Quadro 1).

- **GRUPOS DE RISCO:** A literatura apresenta diversas tipologias para a classificação de riscos. Para o caso de um laudo pericial, sugere-se o uso da classificação adotada pela portaria n. 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), de acordo com a NR-5. Dentro de cada grupo de risco deve-se explicitar o fator de risco identificado. Os grupos e os fatores de risco serão apresentados na etapa de representação gráfica discutida posteriormente.
- **FONTES:** As fontes de geração de riscos dizem respeito aos locais (setores, postos de trabalho) ou materiais/máquinas/equipamentos/ferramentas relacionados com as atividades do processo de produção, onde os fatores de risco se originam.
- **SINAIS/SINTOMAS:** Os dados sobre os sinais/sintomas referentes a cada risco identificado poderão ser obtidos na literatura médica (Mendes, 2003) e consultados pelos trabalhadores do local mapeado.
- **ACIDENTES/DOENÇAS:** Os acidentes/doenças são os possíveis eventos causados pelos fatores de risco levantados no mapeamento. Para isso, poderão ser consultados os resultados dos exames clínicos e laboratoriais dos trabalhadores, dados sobre acidentes e doenças ocorridos na empresa, especialistas e/ou literatura sobre doenças ocupacionais (Mendes, 2003).
- **RECOMENDAÇÕES:** A descrição das medidas para eliminação e controle a serem adotadas para cada fator de risco levantado poderão ser de caráter coletivo (EPC), individual (EPI) ou relativas à organização do trabalho (treinamento, normas de segurança, mudanças no arranjo físico, exames médicos, mudanças nos métodos de trabalho etc.). É recomendável ouvir a opinião dos trabalhadores do local, bem como consultar especialistas e/ou pesquisar na literatura especializada em segurança do trabalho as melhores formas de intervenção para a situação estudada (Araújo, 2003; Mattos & Santos, 2005; Mendes, 2003).

Elaboração da Representação Gráfica

A segunda etapa terá como objetivo a confecção da representação gráfica, a ser feita sobre o *layout* do local de trabalho, indicando através de círculos: 1) o grupo a que pertence o risco, de acordo com a cor padronizada; 2) o número de trabalhadores expostos ao risco, o qual poderá ser anotado dentro do círculo; 3) a especialização do risco; 4) a identidade do risco, representada de acordo com a gravidade.

O *layout* ou arranjo físico do local é construído por meio de uma planta baixa ou de um esboço com a indicação do mobiliário, dos equipamentos, das áreas de armazenamento de materiais e dos pontos da rede de suprimentos (água, gás, eletricidade etc.).

Grupos de risco

A NR-5 classifica os fatores de risco em cinco grupos:

- GRUPO 1 – Riscos físicos: identificados pela cor verde. Ex.: ruído, calor, frio, pressões, umidade, radiações ionizantes e não ionizantes, vibração etc.
- GRUPO 2 – Riscos químicos: identificados pela cor vermelha. Ex.: poeiras, fumos, gases, vapores, névoas, neblinas, substâncias compostas, produtos químicos em geral etc.
- GRUPO 3 – Riscos biológicos: identificados pela cor marrom. Ex.: fungos, vírus, parasitas, bactérias, protozoários, insetos transmissores de doenças (vetores) etc.
- GRUPO 4 – Riscos ergonômicos: identificados pela cor amarela. Ex.: levantamento e transporte manual de peso, esforço físico excessivo, monotonia, repetitividade, responsabilidade, atenção e vigilância, imposição de ritmo de trabalho excessivo, jornada de trabalho prolongada, postura inadequada de trabalho, trabalho em turnos e noturno, controle rígido de produtividade, outras situações causadoras de fadiga e estresse etc.
- GRUPO 5 – Riscos de acidentes: indicados pela cor azul. Ex.: arranjo físico inadequado, iluminação inadequada, armazenamento inadequado de materiais, incêndio e explosão, eletricidade, máquinas e equipamentos sem proteção, quedas e animais peçonhentos, inexistência de sinalização, outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes.

Gravidade dos riscos

A NR-5 não estabelece os critérios de gradação dos riscos. Recomenda-se que a intensidade seja definida pela percepção dos trabalhadores. A respeito desta última observação, podem-se utilizar três critérios para identificar a gravidade dos riscos: 1) possibilidade de morte iminente; 2) ocorrência de acidentes e doenças com lesões irreversíveis; 3) quantidade de pessoas expostas aos riscos (Mattos & Simoni, 1993).

A gravidade dos riscos poderá ser indicada no mapa de risco de acordo com os diâmetros dos círculos nas seguintes proporções:

Gravidade	Proporção
pequena	1
média	2
grande	4

Quando houver em uma mesma fonte riscos diferentes com a mesma gravidade, a representação poderá ser feita utilizando-se um único círculo, dividindo-o em setores com as cores correspondentes.

Quando existirem várias fontes geradoras de um mesmo agente de risco e o seu efeito abranger todo o local de trabalho, é possível representar o agente por um círculo indicado fora do mapa de risco (à margem), a fim de mostrar que a sua ação se dá em todo o ambiente, como, por exemplo, vapores, gases e ruídos que se espalham por toda a área de trabalho.

Poderão ocorrer situações em que a fonte do risco não é material, sendo de difícil identificação espacial. Neste caso, o procedimento adotado será semelhante ao da situação anterior. Por exemplo, se o risco identificado for controle rígido de produtividade, não haverá forma de localizar o círculo em um ponto específico no mapa; logo, o círculo ficará fora do mapa de risco, na sua margem.

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PELA PEDAGOGIA DA AUTONOMIA

Sugerimos que os trabalhadores construam o mapa de risco e que este seja um momento de ensino-aprendizado coletivo, pois permitirá as trocas e o desenvolvimento do conhecimento através da interação.

O processo ensino-aprendizado exige respeito aos saberes dos grupos homogêneos, aproveitando-se a experiência e discutindo-se a realidade concreta, associando o conteúdo com os saberes da realidade e a experiência social do indivíduo. Assim, discutem-se as implicações políticas e ideológicas locais e os grupos operarão por si mesmos (Freire, 1997).

Os trabalhadores constituirão grupos homogêneos. No primeiro momento, apresentarão suas questões emergenciais, formulando questões/problemas; logo em seguida, devem pontuá-los e direcioná-los ao setor/processo de trabalho apresentado pelas falas e, em grupo, decidir o caminho dos setores/postos de trabalho/atividades a serem mapeados numa sequência de prioridades.

Após as escolhas, é o momento de iniciar o estudo sobre o assunto. Os alunos poderão apresentar parte dos conteúdos, inclusive do estudo de caso. Um profissional poderá ser convidado para dirigir o processo e/ou um trabalhador com experiência na construção de mapa de risco de forma coletiva, pois a percepção e a fala do grupo deverão conduzir o processo, garantindo-se também sua técnica metodológica a fim de unir a validação consensual ao saber técnico científico. Oficinas de construção utilizando as cores através das representações gráficas dos círculos servem para expressar e avaliar o que cada um tem como concepção de valorização do risco. É válido buscar os seus porquês.

Com a internalização do conhecimento metodológico, o trabalho de campo deve ser iniciado pelos pequenos grupos que se formarão. Os grupos deverão se reunir após os encontros e fazer as anotações iniciais sem que haja autocríticas. Após cada um se expressar, devem-se sistematizar o texto e o mapa coletivo, incluindo-se as observações, os detalhes e os conteúdos de destaque.

Os grupos reunidos apresentarão os mapas e todos terão assim a oportunidade de avaliar as dificuldades enfrentadas e expor suas dúvidas, oferecendo soluções. Esta avaliação contínua do processo é importante para nortear o sentido e a direção da construção, avaliar cada etapa e prosseguir. Decorrido o tempo necessário e estabelecido para a construção (pela nossa experiência, a média tem sido de três encontros), inicia-se a etapa de sistematização gráfica final do mapa de risco. A criatividade dos grupos deverá ser apenas moldada pela técnica científica. A expressão lúdica permite a expressão da essência dos grupos e dos seus componentes.

Para finalizar, sugerimos um encontro de todos, incluindo os não participantes (gestores, trabalhadores dos diferentes setores), para que haja a apresentação do que foi encontrado e a discussão em prol das propostas de mudanças. Os mapas poderão ser expostos em forma de mural, como também se pode construir uma maquete do real encontrado, projetando-a para o ideal. Os trabalhadores poderão ainda publicar seus trabalhos em forma de textos e artigos (Hokerberg *et al.*, 2006).

Este momento de construção trará resultados que apresentaram o levantamento situacional dos fatores e da fonte de risco, constituindo-se um primeiro passo para se conhecer as demandas. É importante ressaltar que o método não é a solução, mas o primeiro passo para se iniciar mudanças. “Aqui chegamos ao ponto de que talvez devêssemos ter partido. O do inacabamento do ser humano. Na verdade, o inacabamento do ser ou sua inconclusão é próprio da existência vital. Onde há vida, há inacabamento” (Freire, 1997: 55).

ESTUDO DE CASO

Os estabelecimentos de serviços de saúde têm apresentado um crescimento nos estudos para a identificação dos riscos existentes nos processos e ambientes de trabalho, devido ao aumento da ocorrência de doenças e acidentes de trabalho com os profissionais (Bettini, 2006; Chamorro, 2003; Farias, 1999; Ferreira, 2003; Franklin, 2006; Nunes, 2000; Penteado, 1999; Pin, 1999; Santos, 2001). Os diferentes setores das unidades de serviços de saúde têm fornecido dados para a construção de mapas de riscos com a participação dos trabalhadores. Os serviços de hemoterapia e hematologia (SHH), responsáveis por fornecer sangue e hemoderivados para os usuários dos serviços de saúde, são de grande importância para a saúde pública, em razão das doenças que podem ser veiculadas pelas transfusões sanguíneas e pela possibilidade de manutenção da vida. Estão presentes em grande parte das unidades que prestam assistência à saúde (hospitais, maternidades, unidades terciárias de assistência a doenças hematológicas, serviços terceirizados de imunohematológicos, exames sorológicos, fracionamento etc).

Um serviço completo de hemoterapia e hematologia é composto de ambientes específicos que serão definidos pela necessidade, resultante do grau de complexidade da unidade e dos procedimentos técnicos a serem desenvolvidos a partir da proposta do serviço.

Um SHH poderá então ser constituído por ‘unidades’ e ‘ambientes’ para coleta, processamento, análise de laboratório, estocagem e distribuição de sangue, com salas de triagem hematológica, coleta de sangue e recuperação de doadores, processamento de sangue e de procedimentos especiais (tais como alicotagem, lavagem de hemácia etc). Estes serviços também deverão possuir ‘áreas de atendimento’ a pacientes hematólogicos (com salas de coleta e material), consultórios indiferenciados, sala de transfusão e posto de enfermagem. A ‘área de apoio’ deverá ser constituída por sanitários (paciente, público e funcionário), lanchonetes, laboratórios (hematologia, coagulação, sorologia, imunofluorescência e imunohematologia), área de depósito de material de limpeza, sala de utilidades, central de material esterilizado e depósito de equipamentos e materiais.

Os componentes dos processos de trabalho (produtos, equipamentos, materiais e recursos humanos) inseridos nos diferentes ambientes dependerão das atividades realizadas, que poderão ser de uma aférese terapêutica a uma irradiação de hemocomponentes, o que irá definir riscos específicos.

Os recursos humanos para um SHH são especializados, sendo os mesmos de nível superior (médico, biólogo e farmacêutico, todos especialistas em hemoterapia e/ou hematologia, enfermeiro, nutricionista e assistente social), de nível médio (técnico de laboratório, técnico em hemotransfusão, técnico de enfermagem) e de nível fundamental (auxiliares de laboratório e de enfermagem).

Feitas essas breves considerações, será apresentado a seguir o mapa de riscos de uma unidade transfusional de um hospital geral, de grande porte e público, localizado no estado do Rio de Janeiro. Uma unidade transfusional é parte integrante de um SHH. Na maioria dos serviços de saúde, esta unidade poderá funcionar como um setor independente, como é o caso aqui estudado.

Os dados para a construção do mapa de riscos foram obtidos através de entrevistas com os profissionais da unidade e das observações feitas no local de trabalho, onde foram levantadas as rotinas de trabalho envolvidas com atividades de provas de compatibilidade para transfusões sanguíneas (prova cruzada), estocagem e distribuição de sangue e hemoderivados. Além de informações sobre os componentes dos processos de trabalho (produtos, materiais e resíduos; equipamentos e instalações; pessoal), foram também relacionados operações e métodos de trabalho (procedimentos e técnicas) adotados nestes processos.

A demanda de procedimentos/técnicas nesta unidade varia de acordo com o dia da semana e com a demanda dos tipos de atendimento aos pacientes, pelos casos clínicos, obstétricos, cirúrgicos e de emergência. Por exemplo, nos plantões de finais de semana (sexta-feira à noite, sábado nas 24 horas e domingo nas primeiras 12 horas), há um grande fluxo de atendimento para a emergência geral (sala de trauma e repouso), a emergência obstétrica e o centro cirúrgico, com maior número de atendimentos a vítimas de acidente automobilístico, violência por arma de fogo e branca, idosos anêmicos/desidratados vítimas de maus tratos, abortos provocados e vítimas de suicídios e alcoolismo crônico. Dados obtidos pelos boletins de atendimentos e pelas indicações médicas de hemotransusão e derivados chegaram a 12 procedimentos por plantão de sábado nas 24 horas.

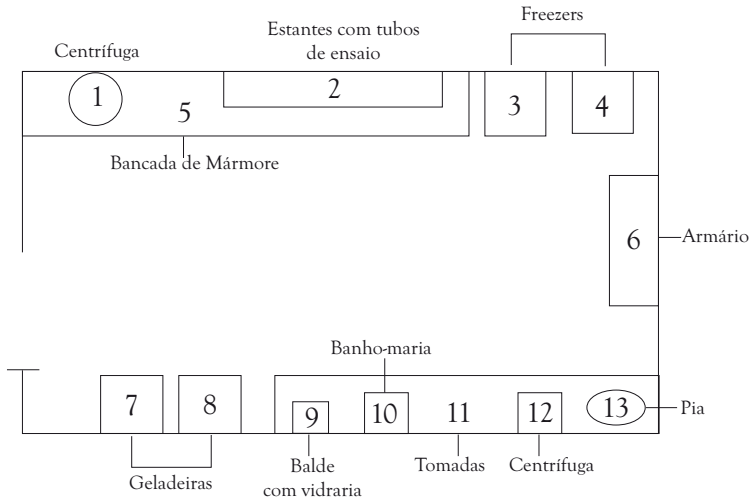
A ‘unidade transfusional’ deste estudo de caso é um ambiente único com uma sala de 3 x 3,5 m, com a identificação na porta de ‘banco de sangue’. Os trabalhadores realizam todas as atividades em pé. Inicialmente, eles recebem os tubos de ensaio identificados com o sangue coletado pela enfermagem do setor de origem, acompanhados de uma requisição para exame, com solicitação de prova cruzada e transfusão.

Os técnicos de laboratório manipulam os tubos de ensaio (com amostras de sangue, com e sem anticoagulantes) em bancada. Estes tubos são submetidos às técnicas de aglutinação/centrifugação e banho-maria/centrifugação e a provas de compatibilidade (prova cruzada), de acordo com a classificação ABO e *Rhesus* (Rh). É emitido um resultado pela identificação sanguínea do paciente, do hemocomponente (concentrado de hemácias, plasma, plaquetas) e/ou bolsa de sangue a serem transfundidos.

Para realizar estas atividades, são utilizados reativos de soro, cartelas de anticorpos e de antiglobulina anti-humana, material de consumo descartável, centrífugas, banho-maria (seco e úmido), microscópios, *freezers*, geladeiras, tubos de ensaios, pipetas, estantes e uma bancada (Figura 1).

A transfusão dos hemocomponentes e/ou da bolsa de sangue é realizada pelo enfermeiro do setor, que também avalia e identifica as reações transfusionais. Ela pode ocorrer em diferentes setores do atendimento, a saber: maternidade, emergência, clínicas médica e cirúrgica, centro cirúrgico e obstétrico e de uma unidade intermediária.

Figura 1 - Layout da unidade transfusional



A unidade transfusional estudada é composta por sete equipes de dois funcionários, totalizando 14 funcionários, sendo que 11 são do sexo feminino, todos de nível médio (técnicos de laboratório), com vínculo estatutário. As equipes têm uma jornada de trabalho semanal de 24 horas (plantão). Observou-se que a unidade não possui responsável técnico, laboratório de imunohematologia, plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde e sistema de combate a incêndio. Não há Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) ou Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO), e os acidentes de trabalho não são comunicados através do formulário apropriado - Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT).

No Quadro 1, são apresentados os fatores de risco encontrados neste local, as fontes onde os mesmos se originam, as possíveis doenças e os acidentes de trabalho associados a tais fatores, bem como as recomendações para eliminação ou controle dos fatores de risco.

Quadro 1 - Grupos de riscos, fontes, sinais x sintomas, acidentes x doenças e recomendações

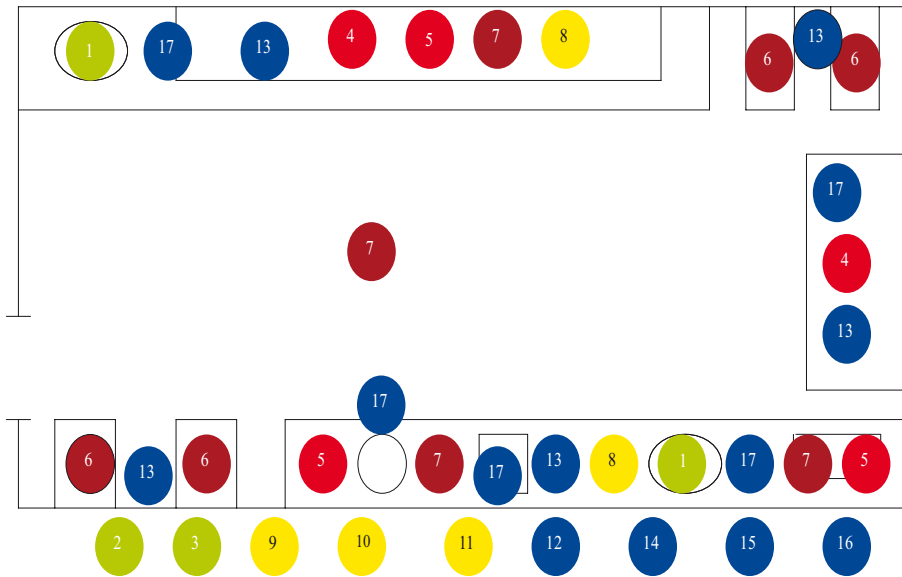
Grupo de risco	Fontes	Sinais/ Sintomas	Acidentes/ Doenças	Recomendações
RISCO FÍSICO				
1. Vibração	Centrífuga (vibração nas mãos do trabalhador ao segurar a centrífuga para permitir seu funcionamento)	Tremores nas mãos/ dormência nas mãos e nos braços	Distúrbios circulatórios (dedo branco) e sensoriais e motores	Manutenção do equipamento e colocação de amortecedores na base do equipamento e da bancada
2. Ruído	Ar condicionado	Irritabilidade	Estresse	Manutenção do aparelho ou substituição por outro menos ruidoso
3. Frio	Ar condicionado	Coriza e ardência na garganta	Rouquidão e resfriados	Controle da temperatura através da regulagem do aparelho
RISCO QUÍMICO				
4. Vapores e aerossóis	Reagentes e anticoagulantes	Tosse e irritações no aparelho respiratório	Intoxicações	Sistema de ventilação e exaustão localizado
5. Líquidos	Reagentes e anticoagulantes	Irritação das mucosas oral e nasal	Reações alérgicas e dermatológicas	Uso de luvas, máscara e óculos
RISCO BIOLÓGICO				
6. Amostras de sangue com microrganismos patogênicos	Tubos de ensaio	Infecções por microrganismos	Doenças infecciosas veiculadas para o sangue	Uso de luvas e treinamento técnico e das normas de biossegurança
7. Acúmulos de hecomponentes	Bancada e piso	Odores e contaminação	Infecção e contaminação	Limpeza periódica do local e plano de gerenciamento de resíduos
RISCO ERGONÔMICO				
8. Postura de trabalho	Bancada (em pé)	Cãibras e dores musculares	Varizes	Colocação de cadeiras com altura regulável
9. Jornada excessiva	Organização	Falência geral com extenuação e fadiga	Hipovigília	Contratação de mão de obra e redução da jornada

Quadro 1 – Grupos de riscos, fontes, sinais x sintomas, acidentes x doenças e recomendações (continuação)

Grupo de risco	Fontes	Sinais/ Sintomas	Acidentes/ Doenças	Recomendações
RISCO ERGONÔMICO				
10. Controle de produtividade	Organização	Cansaço e ansiedade	Estresse	Contratação de mão de obra, redução da jornada e modificar a forma de incentivo à produtividade
11. Atenção/ vigilância	Organização	Nervosismo e ansiedade	Estresse	Contratação de mão de obra, redução da jornada
RISCO DE ACIDENTE				
12. Arranjo físico (<i>layout</i>) inadequado	Unidade	Deslocamentos excessivos, cansaço	Fadiga, colisões com mobiliário	Projeto de novo <i>layout</i> para aumento dos espaços de trabalho e de circulação e redução dos deslocamentos; adequação do espaço à RDC 50/03
13. Incêndio	Substâncias químicas	Ansiedade e pânico	Estresse, queimaduras	Sistema de combate a incêndios; extintores de incêndio
14. Iluminação insuficiente	Unidade	Cefaleia, esforço visual	Distúrbios da visão	Projeto de novo sistema de iluminação
15. Eletricidade	Instalação elétrica exposta e precária	Convulsões	Choque elétrico (lesão e morte)	Projeto de instalação elétrica e aterramento dos equipamentos
16. Piso irregular	Unidade	Quedas e tropeços	Fraturas e luxações	Projeto de reforma do piso
17. Objetos perfurocortantes (vidrarias)	Lâminas, laminulas, tubos de ensaios, agulhas, seringas etc.	Perfuração de tecidos e mucosas	Cortes e ferimentos	Treinamento do pessoal, uso de luvas e óculos; treinamento em biossegurança

A partir das informações apresentadas no Quadro 1, foi elaborada a representação gráfica que é mostrada na Figura 2. Os números no interior dos círculos representam os fatores de risco listados no Quadro 1. Essa relação facilita a identificação do risco no seu local de ação.

Figura 2 – Mapa de risco da unidade transfusional



CONCLUSÃO

A construção do mapa de risco não deve ser exclusividade da Cipa. Esse item deve ser revisto na NR-5, de modo a garantir o direito de construí-lo a quem tenha interesse, permitindo, por exemplo, ao sindicato da categoria ou a um grupo de trabalhadores da empresa fazê-lo. A utilização do mapa de risco deve estar vinculada a programas e melhorias das condições de trabalho, integrando, quando possível, empresas com processos produtivos semelhantes (Mattos & Simoni, 1993).

A NR-9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - prevê o uso do mapa de risco no planejamento e execução do PPRA. Na aplicação dessa metodologia e desse setor especificamente em estabelecimentos e serviços de saúde, recomenda-se a consulta às normas da vigilância sanitária - RDC 33, RDC 50 e RDC 343, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), do Ministério da Saúde -, e da Instrução Normativa da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - IN CTNBio n. 7, de 6/6/97, que dispõe sobre as normas para o trabalho em contenção com organismos geneticamente modificados (OGM) - e da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), do Ministério da Ciência e Tecnologia.

Finalizando, cabe lembrar que o mapa de risco é um instrumento técnico que permite estudar e propor medidas de melhorias de condições de trabalho, mas o seu alcance é limitado, pois não consegue resolver todos os problemas encontrados em uma empresa. Esse instrumento deverá fazer parte de um movimento mais amplo que crie condições políticas para que o conhecimento dos trabalhadores possa ser usado na promoção de sua saúde.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, J. F. *Metodología para Elaboración del Mapa de Riesgos a Nivel de Empresa*. Madri: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1988.
- ARAÚJO, G. M. de. *Normas Regulamentadoras Comentadas*. 4. ed. Rio de Janeiro: s. n., 2003.
- BARNES, R. M. *Estudo de Movimentos e de Tempos: projeto e medida do trabalho*. São Paulo: Edgar Blucher, 1995.
- BETTINI, D. R. *Qualidade do Ar em Laboratório Climatizado de Anatomia Patológica - avaliação de agentes químicos*, 2006. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n.5 de 18/8/92. Dispõe sobre modificações na NR-9 (Riscos Ambientais) e a obrigatoriedade de elaboração de Mapas de Riscos pelas empresas que possuam Cipas. *Diário Oficial da União*, 20/8/1992.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n. 25 de 29/12/1994. Altera a redação da NR-9 e modifica a NR-05 dando a Cipa novas atribuições. *Diário Oficial da União*, 13/10/1994.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n. 8 de 23/2/1999. Altera a NR-05. *Diário Oficial da União*, 24/2/1999.

CHAMORRO, M. V. *Morbidade da Equipe de Enfermagem de um Serviço de Quimioterapia*, 2003. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: Escola de Enfermagem Anna Nery, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FARIAS, S. N. P. *A Saúde do Trabalhador de Enfermagem: agravos e riscos no trabalho de enfermagem em centro municipal de saúde*, 1999. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Escola de Enfermagem Anna Nery, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FERREIRA, L. M. B. *Ruídos no Centro Cirúrgico: ecos do ambiente interferindo no trabalho da enfermagem*, 2003. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

FRANKLIN, S. L. *A Qualidade do Ar em um Laboratório Climatizado de Anatomia Patológica: avaliação dos agentes biológicos*, 2006. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

HOKERBERG, Y. H. M. et al. O processo de construção de mapas de risco em um hospital público. *Ciência & Saúde Coletiva*, 11(2): 503-513, 2006.

LIMA, D. A. *Livro do Professor da Cipa*. São Paulo: Fundacentro, 1993.

MATTOS, U. A. O. & FREITAS, N. B. B. Mapa de risco no Brasil: as limitações da aplicabilidade de um modelo operário. *Cadernos de Saúde Pública*, 10: 251-258, 1994.

MATTOS, U. A. O. & SIMONI, M. *Roteiro para Construção do Mapa de Risco*. Rio de Janeiro: Cesteh/Fiocruz, Coppe/UFRJ, 1993. (Mimeo.)

MATTOS, U. A. O. Mapa de Riscos: o controle da saúde pelos trabalhadores. *DEP*, 21: 60-74, 1993.

MATTOS, U. A. O. & SANTOS, P. R. Mapa de risco. In: MASTROENI, M. F. (Org.) *Biossegurança Aplicada em Laboratórios e Serviços de Saúde*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.

MENDES, R. (Org.) *Patologia do Trabalho*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

NUNES, M. B. G. *Estresse nos Trabalhadores da Enfermagem*, 2000. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

PENTEADO, E. V. B. F. *Tuberculose no Ambiente Hospitalar: uma questão de saúde do trabalhador*, 1999. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz.

PIN, J. G. *O Profissional de Enfermagem e a Dependência Química a Psicofármacos: uma questão na saúde do trabalhador*, 1999. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

ODDONE, I. et al. *Ambiente de Trabalho: a luta dos trabalhadores pela saúde*. São Paulo: Hucitec, 1986.

SANTOS, P. R. *Estudo do Processo de Trabalho da Enfermagem em Hemodinâmica: desgastes, cargas de trabalho e fatores de risco à saúde do trabalhador*, 2001. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz.

SIMONI, M. Formação em segurança do trabalho e ergonomia para trabalhadores sindicalizados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 12, 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo: 1992.

SIVIERI, L. H. Saúde no trabalho e mapeamento de riscos. In: *Saúde, Meio Ambiente e Condições de Trabalho: conteúdos básicos para uma ação sindical*. São Paulo: CUT/Fundacentro, 1996.

SEGURANÇA QUÍMICA: ENTRE A EXPERIÊNCIA E A VIVÊNCIA SEM LIMITES

*Paulo Roberto de Carvalho
Marco Antonio Ferreira da Costa*

A química, com os seus vários segmentos, permeia e impacta a vida de todas as pessoas que vivem em uma sociedade moderna e de alto grau tecnológico, como, por exemplo, nos fármacos, materiais especiais, defensivos agrícolas, insumos para vários segmentos industriais, materiais de limpeza, higiene pessoal, beleza, entre outros. A segurança química é entendida como mecanismos de prevenção de efeitos adversos, para o ser humano e o meio ambiente, decorrentes da produção, da armazenagem, do transporte, do manuseio, do uso e do descarte de produtos químicos (Freitas *et al.*, 2002; Carvalho, 1999).

Das muitas substâncias químicas existentes no planeta, sobre cem mil ainda pairam incertezas quanto aos efeitos que produzem no homem, nos animais e no meio ambiente. Quanto às que contêm metais pesados e poluentes orgânicos persistentes, já são conhecidos os efeitos, mas, quanto às outras, ainda não estão claramente esclarecidos os tipos de ameaças, principalmente quanto à forma que circulam no ambiente – se são acumuladas, dispersas ou transformadas – e em que nível afetam os seres vivos em diferentes concentrações. Existem fortes indícios de que substâncias como o DDT e o mercúrio podem permanecer várias décadas no organismo dos homens e animais antes de serem eliminadas. Regularmente, nos Estados Unidos, cerca de 72 mil substâncias químicas são utilizadas, sofrendo um acréscimo de 2.500 novas substâncias a cada ano. Desse total, somente 15 foram parcialmente testadas (Campos, 2009; EEA, 2009).

A importância e difusão dos produtos químicos e a dimensão dos riscos decorrentes do seu uso exigem ações que promovam a segurança química em todos os seus níveis. O uso de substâncias químicas, atualmente, está

generalizado em todas as atividades econômicas, inclusive na vida doméstica. No início do século XX, em nosso organismo não havia praticamente substâncias tóxicas produzidas pelo homem, ao passo que, hoje, podemos encontrar várias delas. São muitos os ramos de atividades em que são manuseados agentes químicos, como por exemplo: clínicas médicas e odontológicas, clínicas veterinárias, fábricas de tintas, colas, ceras, detergentes e outras, indústrias em geral, laboratórios de análises clínicas, laboratórios de pesquisa, laboratórios escolares, manutenção de piscinas, marmorarias, metalurgia, oficinas mecânicas, postos de combustíveis, salões de beleza, serviços de fotocópias e serviços de limpeza (Costa & Costa, 2005).

Muitos são os procedimentos em grande parte dos ambientes de trabalho nas áreas de saúde, ensino, pesquisa, desenvolvimento tecnológico e nos diversos segmentos das atividades científicas, que, para serem realizados, necessitam de reagentes químicos para fins analíticos, bioquímicos e sínteses em geral. Somado a isso, devem ser consideradas também as soluções analíticas que podem se apresentar em concentrações variadas em pequenos e grandes volumes.

Todo procedimento científico que, para sua implementação, requer o uso de substâncias químicas (principalmente aquelas que são mutagênicas, teratogênicas, carcinogênicas ou que apresentam níveis de periculosidade elevados) precisa de planejamento, local apropriado e pessoal devidamente qualificado para que essas substâncias não se tornem indutoras de acidentes. Acidentes em áreas de trabalhos que envolvem produtos perigosos devem ser evitados ao máximo e, para tal, é necessária a observância de vários requisitos de segurança (Carvalho, 1999).

Todos os profissionais que manipulam, movimentam, armazenam e descartam substâncias químicas e resíduos em geral precisam ter disponíveis todas as informações para a implementação das medidas de prevenção. É necessário também elaborar e estabelecer normas de prevenção de acidentes e controle, a fim de que sejam garantidos a qualidade de vida ambiental e um ambiente de trabalho saudável e seguro.

Daí a necessidade de se tornar disponível uma fonte de consulta específica, objetiva e de fácil entendimento, que contemple aqueles que não dominam completamente as questões relacionadas aos riscos químicos em geral, com as informações básicas a respeito dos efeitos desses produtos sobre os seres vivos, o ambiente laboral e o meio ambiente. Em alguns casos, são necessárias ações

urgentes e imediatas com o intuito de se prever, evitar e até mesmo administrar acidentes químicos quando gerados.

Conceitos Importantes

- **EXPLOSIVOS** – Substâncias químicas e preparações que podem reagir exotermicamente sem o oxigênio atmosférico e que, em condições de testes definidos, explodem sob aquecimento, se parcialmente confinadas. Como medidas de prevenção, devem-se evitar impactos, batidas, atritos, exposição ao fogo e aquecimento de todas as ordens (Carvalho, 2009; Merck, 2009).
- **OXIDANTES** – Substâncias e preparações que, como regra, não são combustíveis entre si, mas que, em contato com materiais combustíveis, principalmente com o oxigênio, aumentam consideravelmente o risco de fogo. Os peróxidos orgânicos que são muito combustíveis não devem entrar em contato com os demais materiais também combustíveis. Como medida de prevenção, é necessário evitar o contato com substâncias combustíveis. As substâncias oxidantes apresentam risco de ignição e, portanto, promovem o início de fogo. Em caso de incêndios, quando essas substâncias se fazem presentes, o combate ao fogo é dificultado (Carvalho, 2009; Merck, 2009).
- **ALTAMENTE INFLAMÁVEIS** – Líquidos com ponto de fulgor abaixo de 21°C que não são extremamente inflamáveis. Substâncias sólidas e preparações que, em curtas exposições a uma fonte de ignição, podem ser facilmente inflamáveis. Como medida de prevenção, devem ser mantidos longe de chamas abertas, faíscas e fontes de calor (Carvalho, 2009; Merck, 2009).
- **EXTREMAMENTE INFLAMÁVEIS** – Substâncias e preparações líquidas cujo ponto de inflamação é extremamente baixo e cujo ponto de ebulição é baixo, e substâncias e preparações gasosas que, à temperatura e pressão normais, são inflamáveis ao ar (Carvalho, 2009; Merck, 2009).
- **TÓXICOS** – Substâncias capazes de agir de maneira nociva e de provocar dano aos organismos vivos em função de uma interação química, causando-lhes até mesmo a morte. Produzem alterações físicas e/ou psíquicas diversas, podendo gerar dependência e modificações de comportamento. Dependendo da dose, posto que a toxicidade tem relação direta com este fator, todas as drogas são consideradas

potencialmente tóxicas levando à intoxicação. As vias de penetração das substâncias tóxicas no corpo são a inalação, absorção através da pele ou pela combinação dessas vias (Carvalho, 2009; Merck, 2009).

- **MUITO TÓXICOS** – Substâncias e preparações que, quando inaladas, ingeridas ou absorvidas através da pele, mesmo em muito pequena quantidade, podem causar a morte ou riscos de afecções agudas ou crônicas (Carvalho, 2009; Merck, 2009).
- **CORROSIVOS** – Substâncias que provocam danos irreparáveis quando entram em contato com tecidos vivos. O contato dos ácidos e das bases com o corpo humano pode causar severas queimaduras. Também provocam efeitos adversos às instalações metálicas, aos equipamentos e aos instrumentos científicos. O uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI) é obrigatório para a proteção do corpo, dos olhos, da pele e das roupas. Os vapores dessas substâncias não devem ser inalados, o que requer preferencialmente o uso de gabinetes de segurança química. O médico deve ser consultado caso o usuário sinta qualquer anormalidade ou tenha se envolvido em acidentes com as substâncias. É necessário observar todas as normas específicas sobre o manuseio das substâncias (Carvalho, 2009; Merck, 2009).
- **IRRITANTES** – Substâncias que, mesmo sem serem corrosivas, com o contato prolongado ou repetido com a pele, as membranas e as mucosas podem causar inflamação. Existem riscos associados à sensibilidade por contato com a pele. Contatos com os olhos e a pele devem ser evitados e os vapores não devem ser inalados (Carvalho, 2009; Merck, 2009).
- **PERIGOS AO MEIO AMBIENTE** – Substâncias cujo descarte em ambientes aquáticos ou não aquáticos causa danos ao meio ambiente. Algumas substâncias ou a degradação dos seus componentes podem afetar simultaneamente diferentes áreas de meio ambiente. Dependendo do grau de risco das substâncias ou de resíduos originados das mesmas, o contato com o solo e o meio ambiente deve ser evitado (Carvalho, 2009; Merck, 2009).

TIPOS DE INTOXICAÇÃO PROVOCADA POR SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

- **INTOXICAÇÕES AGUDAS** – Ocorrem após intensa exposição, em breve período de tempo, a substâncias de extrema ou alta toxicidade. Os sintomas são nítidos, aparecem rapidamente e, dependendo da quantidade de veneno absorvido, determinam a gravidade da intoxicação. A inalação de determinadas substâncias pode provocar algumas manifestações clínicas, tais como: irritação das mucosas conjuntival, nasal e bucal; alterações respiratórias (cianoses, edema pulmonar), gastrintestinais (náuseas e vômitos) e neurológicas (cefaleias, sonolência, debilidade muscular, convulsões e incoordenação motora). Costumam ser a causa dessas intoxicações de caráter agudo os acidentes laborais, a exposição aos agentes sem a observância das normas de segurança e a ausência dos equipamentos de proteção individual e coletiva (Merck, 2009).
- **INTOXICAÇÕES SUBAGUDAS** – Aparecem mais lentamente, traduzindo-se em sintomas subjetivos e vagos (fraqueza, mal-estar, dor de cabeça, sonolência etc.). Estas intoxicações ocorrem devido à exposição a produtos altamente ou moderadamente tóxicos (Merck, 2009).
- **INTOXICAÇÕES CRÔNICAS** – As manifestações clínicas que se enquadram neste tipo de intoxicação ocorrem tardiamente, após meses ou anos de pequena ou média exposição a um produto tóxico ou a uma diversidade de substâncias, apresentando um quadro clínico indefinido, que dificulta o estabelecimento donexo causal para as doenças ocupacionais. Sobre os danos crônicos ainda há muito a ser estudado. Uma pessoa pode estar intoxicada e não apresentar sintomas. Podem também os efeitos serem confundidos com outras doenças, o que dificulta ainda mais o diagnóstico (Merck, 2009).

VIAS DE ENTRADA DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS NO ORGANISMO

Inalação

A inalação é a principal via de intoxicação no ambiente de trabalho, daí a importância a ser dada aos sistemas de ventilação. A superfície dos alvéolos pulmonares representa no homem adulto uma área de 80 a 90 m². Esta grande

superfície facilita a absorção de gases e vapores, os quais podem passar ao sangue para serem distribuídos a outras regiões do organismo. Sendo o consumo de ar de um homem adulto normal de 10 a 20 kg por dia, dependendo do esforço físico realizado, é fácil chegar à conclusão de que a inalação é responsável por 90% dos casos de absorção de substâncias químicas no organismo.

Absorção Dérmica

É o contato das substâncias químicas com a pele. A absorção dérmica é extremamente crítica quando se lida com produtos lipossolúveis que são absorvidos através da pele. Algumas substâncias são absorvidas, mesmo em soluções aquosas. No que tange ao contato de substâncias químicas com a pele, é necessário considerar que:

- a pele e a gordura atuam como uma barreira protetora efetiva;
- o agente tem uma ação na superfície da pele, provocando uma irritação primária;
- a substância combina-se com as proteínas da pele e provoca uma sensibilização;
- a substância penetra através da pele produzindo uma ação generalizada.

Ingestão

A ingestão, via de regra, ocorre por descumprimento de normas de higiene e segurança. Representa uma via secundária de ingresso de substâncias químicas no organismo, o que pode acontecer de forma acidental.

EFEITOS CAUSADOS AO ORGANISMO

A ação de algumas substâncias químicas sobre o organismo se dá em função: 1) da concentração, sem que o tempo de exposição seja importante; 2) do caráter cumulativo (efeito tóxico aparece depois que uma certa quantidade do produto, ou dos produtos, seja absorvida); 3) tanto da concentração como do tempo de exposição (Costa & Costa, 2005).

Em alguns casos, os efeitos são reversíveis, isto é, desaparecem ao cessar a exposição (às vezes, com afastamento prolongado e/ou tratamento médico). Em outros, são irreversíveis. Podem ser gerados os seguintes efeitos:

- **MUTAGÊNICOS** – São causados por determinadas moléculas diretamente sobre o genoma. Estima-se que 80% das substâncias mutagênicas são também carcinogênicas. São exemplos de produtos mutagênicos: azida sódica, hidroxilamina e brometo de ethidium (BET).
- **CARCINOGENICOS** – Favorecem o aparecimento de câncer. Para se conhecer a potencialidade carcinogênica de uma substância, é necessária a experimentação *in vivo*. Exemplos de substâncias reconhecidamente cancerígenas para o homem: aflatoxinas, asbesto, benzeno, cloreto de vinila. Exemplos de substâncias provavelmente cancerígenas: acrilonitrila, formaldeído, sílica cristalina, brometo de vinila.
- **TERATOGENICOS** – São causados diretamente sobre o feto por via transplacentária. A teratogênese ocorre geralmente na fase inicial do desenvolvimento embrionário (7 a 14 dias). As mulheres grávidas não devem manipular produtos genotóxicos ou teratogênicos durante os primeiros meses de gravidez. São exemplos de substâncias teratogênicas: dimetilmercúrio, cloreto de vinila, sais de lítio.
- **ORGANOTÓXICOS** – São provocados por algumas substâncias diretamente a determinados órgãos, gerando efeitos neurotóxicos, hematotóxicos, hepatotóxicos, nefrotóxicos e sobre o aparelho reprodutor.
- **IMUNOTÓXICOS** – São causados por algumas substâncias diretamente ao sistema imunológico, gerando hipersensibilidade, imunodepressão e processos autoimunes.

Em resumo, os efeitos tóxicos dependem dos seguintes fatores: 1) dose (da concentração); via de penetração; relação dose-efeito (relação entre a dose de uma substância tóxica e o efeito gerado no indivíduo); 2) biotransformação (processo que converte através do metabolismo as substâncias tóxicas presentes no organismo); 3) estado de saúde; 4) condições do momento, como, por exemplo, fadiga e estresse; 5) outros produtos (o efeito tóxico de uma substância pode ser aumentado quando na presença de uma outra substância).

FORMAS DE APRESENTAÇÃO NO AMBIENTE DE TRABALHO

Substâncias químicas são empregadas em variadas atividades, sejam nas indústrias em geral, hospitais, atividades comerciais, instituições de ensino e de pesquisa e demais ambientes laborais. Dependendo dos processos executados, as substâncias podem ser encontradas nas seguintes formas:

- POEIRAS – Partículas sólidas em suspensão no ar, produzidas por ruptura mecânica de sólidos, com mais de 0,5 micras de diâmetro.
- FUMOS – Partículas provenientes da volatilização de metais fundidos, com menos de 0,5 micras de diâmetro.
- FUMAÇAS – Partículas de carvão e fuligem.
- NÉVOA – Gotículas resultantes da dispersão de líquidos – ação mecânica, com mais de 0,5 micras de diâmetro.
- NEBLINA – Gotículas resultantes da condensação de vapores, com menos de 0,5 micras de diâmetro.
- VAPOR – Forma gasosa das substâncias químicas que normalmente se encontram no estado sólido ou líquido, em condições ambientes de temperatura e pressão (25°C e 1 atm).
- GÁS – Substância que em condições ambientes de temperatura e pressão (25°C e 1 atm) encontra-se no estado gasoso.
- AEROSSÓIS – Partículas sólidas ou líquidas dispersas por um longo período de tempo no ar.

CUIDADOS NA COMPRA DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

A compra de qualquer substância química assume um papel de extrema importância no que se refere à prevenção de acidentes. A gerência assume a responsabilidade de garantir ao usuário que a substância em uso está em perfeitas condições, para que a resposta esperada no processo seja alcançada, além da própria segurança do profissional. Para tanto, é importante adquirir reagentes de firmas conceituadas que, além de garantirem a integridade dos produtos, emitam o certificado de qualidade. É necessário ter estas preocupações desde o início, no processo de compra dessas substâncias, sendo algumas recomendações importantes:

- haver uma integração entre o setor de compra e o setor usuário;
- caracterizar detalhadamente todas as substâncias químicas utilizadas na empresa em relação aos seus riscos potenciais;
- as especificações para a compra devem ser as mais completas possíveis.

Rotulagem

A rotulagem e a marcação de recipientes contendo substâncias químicas, por intermédio de símbolos e textos de aviso, são precauções essenciais de segurança a serem adotadas pela empresa. Os rótulos ou etiquetas aplicados sobre uma embalagem devem apresentar em seu texto as informações necessárias para garantir ao produto ali contido toda a segurança possível. São exemplos de dados adequados a um rótulo: 1) nome do produto, 2) fornecedor; 3) concentração; 4) cuidados; 5) antídotos; 6) incompatibilidades (Costa & Costa, 2005).

É prática perigosa utilizar frasco de um produto rotulado para guardar qualquer outro diferente, já que pode causar um grave acidente. Também é perigoso colocar nova etiqueta sobre a antiga. Para uma embalagem sem rótulo, não se deve adivinhar o que há em seu interior. Se não houver possibilidade de identificação, é melhor providenciar o descarte do produto através de firmas especializadas.

Armazenamento

Ao armazenar substâncias químicas, importa considerar:

- incompatibilidades entre os materiais armazenados, principalmente nos almosarifados, devido à diversidade dos mesmos;
- sistema de ventilação;
- sinalização correta;
- disponibilidade de EPI e Equipamento de Proteção Coletiva (EPC);
- área administrativa separada da área técnica e de armazenagem.

Movimentação de Substâncias Químicas

A movimentação não adequada de substâncias químicas nas empresas ocasiona um grande número de acidentes. O foco desses acidentes não se encontra necessariamente nos almosarifados, mas em todas as partes onde substâncias químicas são transportadas. Portanto, no deslocamento de substâncias químicas, é necessário considerar (Costa & Costa, 2005):

- O que vai ser movimentado? - Este é o mais importante dos fatores. É imperativo que se conheça o tipo de carga envolvido no processo. Sem

isso, será impossível determinar a melhor forma e o tipo de EPI a ser utilizado.

- Em que direção? – Conhecida a natureza da carga, é mister que se saiba a direção em que ela vai ser movimentada, de modo a se determinar a largura de corredores, a desobstrução de passagens e o desimpedimento de áreas.
- Com que frequência? – É necessário adotar programas especiais nos casos de movimentação contínua de materiais. Nos deslocamentos isolados ou a intervalos periódicos, o programa deverá ser estabelecido antes do início da operação.
- Com qual volume, peso e distância? – Esses fatores são importantes para determinar o sistema de movimentação a ser empregado. Se a distância for grande, poderá ser melhor um sistema mecânico, ao passo que, se o material for de pequeno volume para curtas distâncias, equipamentos manuais poderão ser mais indicados, levando-se em consideração também o seu peso.

No processo de movimentação de substâncias químicas, é necessário ainda observar os seguintes fatores gerais: 1) boas práticas de higiene do operador; 2) uso de EPIs adequados; 3) existência de EPCs; 4) incompatibilidade dos diferentes produtos que estão sendo transportados.

Transporte de Produtos Perigosos

O transporte de produtos perigosos ocorre, geralmente, nos seguintes meios: 1) caminhões fechados ou carretas de carroceria de madeira ou tipo baú; 2) caminhões ou carretas-tanque de líquidos inflamáveis; 3) carretas pressurizadas para o transporte de gases; 4) tanques instalados em caminhões, barcas, vagões ferroviários ou navios; 5) navios-tanque; 6) vagões-tanque; 7) contêineres especiais para o transporte de granéis sólidos ou inflamáveis; 8) cilindros para gases; 9) transportes aéreos.

O risco de acidentes nesses transportes está associado a: 1) técnicas de transferência; 2) quantidades transportadas; 3) técnicas de embalagem, identificação e rotulagem; 4) compatibilidade com outros produtos transportados em conjunto.

As informações sobre os produtos transportados são muito importantes, pois é com base nelas que as ações de proteção e emergenciais são tomadas. Assim, alguns exemplos de informações são: 1) presença de painel de

segurança; 2) presença de rótulo de risco; 3) ficha de emergência do produto; 4) manual de emergências da Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim); 5) treinamento dos motoristas.

Para empresas que exercem atividades de transporte de produtos perigosos, é importante o atendimento da legislação pertinente e de algumas normas: portaria n. 204, do Ministério dos Transportes, recomendações da Organização das Nações Unidas (ONU) para o transporte de produtos perigosos, manual de emergências da Abiquim, NBR 7500 e NBR 8286, ambas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (Costa & Costa, 2009).

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO

No Brasil, a Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ) é de uso rotineiro e considerado de vital importância. A FISPQ é similar à Ficha de Segurança de Material, conhecida como Material Safety Data Sheet (MSDS), que surgiu nos Estados Unidos por determinação da Occupational Safety & Health Administration (OSHA) há cerca de vinte anos (Souza, 2006).

A norma brasileira que estabelece os critérios para a elaboração da FISPQ é a NBR 14725, disponibilizando para o usuário todas as informações sobre o produto químico. É fiscalizada pelo Ministério do Trabalho, e sua utilização se tornou obrigatória a partir de 28 de janeiro de 2002. Segundo esta norma, todas as informações sobre determinado produto químico devem ser distribuídas em 16 seções, obedecendo rigorosamente à terminologia, numeração e sequência sem que haja alterações. A falta da FISPQ acarretará sanções baseadas no decreto n. 2.657/98 e no Código de Defesa do Consumidor, artigos 17 e 39, inciso VIII (ABNT, 2006).

Os profissionais que atuam em atividades que envolvem produtos químicos devem ser treinados para seguirem as recomendações das fichas. Nos Estados Unidos, a desobediência à legislação similar tem implicações legais e até criminais se houver, por exemplo, morte de algum funcionário. Além disso, a OSHA divulga listas atualizadas das empresas processadas, o que é uma propaganda bastante negativa (Souza, 2006).

Uma ficha de dados sobre produtos químicos é projetada para fornecer aos trabalhadores e ao pessoal responsável pela segurança os

procedimentos apropriados para o desenvolvimento de trabalhos seguros com determinado produto.

A FISPQ fornece informações para o gerenciamento de produtos químicos no local de trabalho. Empregadores e trabalhadores usam a FISPQ como fonte de informações sobre perigos e para obter orientações sobre precauções de segurança. A FISPQ refere-se ao produto e, normalmente, não dá informações específicas para cada local de trabalho em que o produto pode ser usado. Apesar disso, permite ao empregador desenvolver um programa ativo de medidas de proteção dos trabalhadores, incluindo treinamentos específicos para o local de trabalho e de proteção ao ambiente. A FISPQ também é uma fonte de informações para outros públicos-alvo, como os envolvidos no transporte de produtos perigosos, profissionais de resposta a emergências e centros de informações toxicológicas (Abiquim, 2009).

A FISPQ é um documento público que necessita ser imediatamente atualizado em razão de qualquer alteração da legislação que seja aplicável ao produto químico que ela representa ou de mudança de formulação do mesmo. Esta ficha deverá fornecer as informações básicas sobre o produto a que se refere e contemplar em sua estrutura: identificação do produto e fornecedor; composição; identificação de perigos; medidas de primeiros socorros, combate a incêndios e controle de exposição e proteção individual; propriedades físico-químicas; estabilidade e reatividade; informações toxicológicas e ecológicas; considerações sobre tratamento e disposição; informações sobre transporte e regulamentações e outras que se julguem pertinentes.

A ESCOLHA E O USO DE LUVAS QUIMICAMENTE RESISTENTES

Selecionar as luvas apropriadas para os procedimentos laboratoriais é vital para assegurar proteção para o uso de produtos químicos. Não há nenhum tipo de luva capaz de fornecer uma proteção universal. Então, saber escolher as luvas é uma tarefa de suma importância para que se tenha uma efetiva proteção. A escolha incorreta pode levar o usuário a acreditar que está devidamente protegido, mas, na verdade, trata-se apenas de uma falsa segurança. Os produtos químicos tendem a invadir as luvas em consequência de rasgos ou furos nas mesmas, mas também penetram mais sutilmente pela difusão através do material da luva.

As luvas inapropriadas são aquelas permeáveis aos produtos químicos que estão sendo manipulados, facilitando, assim, o dano potencial, pois permitem

a presença dos produtos químicos próximos à pele e, devido às condições internas da luva (umidade e temperatura), isso torna a pele mais permeável.

As luvas não devem ser usadas como alternativa para a ausência das boas práticas nas atividades. É necessário ter em mente que os procedimentos precisam ser praticados em ambientes limpos, de modo a não expor o corpo às contaminações, incluindo as mãos.

As luvas quimicamente resistentes são fabricadas de vários materiais, tais como a borracha ou o látex natural, a borracha butílica, o neoprene, a borracha nitrílica, o polímero de etileno (polietileno), o policloreto de vinila (PVC), revestidas em álcool polivinílico (PVA) etc., diferindo às vezes na combinação, na espessura e no estilo. Cada material protege bem para determinados produtos químicos, mas não necessariamente para outros. A escolha do material e de sua espessura depende da resistência à permeação. Deve o usuário buscar nos fornecedores os manuais e as tabelas de desempenho para consulta, a fim de encontrar estas informações. O revestimento em álcool polivinílico das luvas PVA é solúvel em água, o que sugere a não utilização desse tipo de luva nas atividades em que se faz uso de água.

As luvas descartáveis são escolhidas frequentemente para o trabalho rotineiro do laboratório porque são baratas e convenientes. Infelizmente, a escolha da mais popular, luvas de látex, é inteiramente eficaz somente para as soluções aquosas, sendo ineficaz para muitos solventes orgânicos. Os problemas com as luvas de látex são atribuídos à reação alérgica ao próprio látex. As luvas descartáveis de nitrila podem dar mais proteção em determinados casos, e alguns fabricantes disponibilizam tabelas em que se comparam estas luvas com as de látex.

No Quadro 1, são apresentados tipos de luvas constituídas de materiais diversos e a classificação quanto ao nível de proteção oferecido aos usuários para os produtos relacionados.

Quadro 1 – Tipos de luvas e níveis de proteção

Família química	Borracha butílica	Neoprene	PVC (vinil)	Borracha nitrílica	Látex natural
Acetatos	B	NR	NR	NR	NR
Ácidos, inorgânicos	B	E	E	E	E
Ácidos, orgânicos	E	E	E	E	E
Acetonitrila	B	E	B	Sp	E
Acrilonitrila	B	E	B	Sp	E
Álcoois	E	E	NR	E	E
Aldeídos	E	B	NR	Sp*	NR
Bases inorgânicas	E	E	E	E	E
Cetonas	E	B	NR	NR	B
Éteres	B	F	NR	E	NR
Halogênios líquidos	B	NR	S	E	NR
Fenóis	E	E	NR	NR	B
Nitrobenzeno	B	NR	NR	NR	NR
Nitrometano	B	NR	NR	NR	NR

* Não recomendada para acetaldeído; usar preferencialmente borracha butílica.

Obs.: E = Excelente, B = Bom, S = Satisfatório, NR = Não recomendado, Sp = Superior

Fonte: Gettysburg College, 2006.

Fatores Importantes a Serem Considerados

Na seleção de luvas para trabalhos envolvendo o uso de produtos químicos, alguns dos fatores a serem considerados são:

- natureza dos produtos químicos a que se está exposto;
- concentração e/ou temperatura dos produtos químicos, os quais podem afetar as taxas de penetração;
- frequência e a duração do tempo de contato com o produto químico;
- exigência de que o material de constituição das luvas seja resistente aos danos físicos, tais como rasgar, furar ou abrasão;
- necessidade de manter a agilidade e a sensibilidade durante o uso;
- extensão da proteção: mãos, pulso e antebraços.

Regras para Escolha e Uso de Luvas

- Selecionar as luvas resistentes aos produtos químicos a serem usados pelo profissional. Verificar as fontes de informações disponibilizadas pelos fabricantes e consultar também as FISPQ quanto ao possível uso de luvas específicas.
- Verificar se o tamanho e o encaixe das luvas estão corretos: luvas muito pequenas são incômodas e rasgam com facilidade, ao passo que se forem extremamente largas podem interferir na agilidade dos operadores. Em alguns casos, tais como o uso do ácido fluorídrico (HF), é aconselhável selecionar as luvas capazes de serem removidas muito rapidamente em uma emergência;
- Antes do uso, verificar se as luvas (mesmo as novas) não apresentam danos físicos, tais como rasgos e furos ou qualquer outra deformidade, incluindo resíduos precedentes de outros procedimentos. Isso se torna importante em especial quando são tratados produtos extremamente perigosos, como o HF.
- Durante o trabalho, é aconselhável lavar frequentemente a superfície externa das luvas com água.
- Luvas são incompatíveis com fogo, portanto, não é permitido trabalhar próximo às chamas abertas ou a outras fontes de calor de alta temperatura. Alguns casos de acidentes envolvendo luvas, solventes orgânicos e fogo já foram relatados, o que trouxe prejuízos de muita gravidade aos operadores envolvidos, inclusive com o afastamento das funções por tempo indeterminado.
- Ao remover as luvas, deve-se ter o cuidado de não permitir que o lado externo contaminado entre em contato com a pele. Lavar bastante as mãos ao retirá-las e dispor corretamente as luvas contaminadas em local apropriado.
- Não reaproveitar luvas descartáveis.
- Não usar luvas possivelmente contaminadas fora do laboratório ou para manipular telefones, teclados de computador, maçanetas e outros.

Informações Importantes Sobre o Uso de Luvas de Látex

Látex é um líquido leitoso, extraído de uma árvore chamada *Hevea brasiliensis*. O látex é misturado a outros compostos químicos para produzir

diversos produtos, como, por exemplo, as luvas descartáveis. O látex natural contém cerca de 2% de proteínas e algumas dessas são alérgicas, isto é, produzem alguma forma de alergia (Lemgruber, 2006).

Reações alérgicas resultantes do uso de luvas de látex são atribuídas aos aditivos químicos residuais originados do processo da vulcanização. Em geral, são absorvidos pela pele, promovendo reações adversas que geram rachaduras na pele (dermatites). Nos indivíduos mais sensíveis, surgem bolhas e urticárias e possivelmente asma (respiração ofegante e tosse) em minutos ou horas após a exposição do alergênico do látex. Quando os usuários apresentam os sintomas citados, deve-se remover a luva e relatar o caso ao supervisor do laboratório e, se necessário, é fundamental procurar assistência médica.

Nas luvas de látex, é comum o uso de algum tipo de pó (geralmente talco) para facilitar sua colocação e sua retirada e para que as superfícies não grudem uma na outra. É importante não só utilizar luvas com baixo teor de proteína, bem como luvas com quantidade adequada de pó. Se as partículas das proteínas do látex associarem-se às partículas do pó e se dispersarem pelo ar, possivelmente serão inaladas, tomando assim contato com mucosas e membranas (Lemgruber, 2009). Como medida preventiva, sugere-se que as luvas produzidas pelo processo de pulverização (com uso de pó) sejam substituídas pelas *powder free* (sem pó).

Existem pessoas com alergia ao látex que apresentam alergia cruzada com alguns componentes encontrados em certas frutas (*kiwi*, tomate, manga e abacate). Com a ingestão dessas frutas, a reação alérgica aumenta se a pessoa for sensível às proteínas do látex (Lemgruber, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos provocados pelo avanço da ciência e da tecnologia nos muitos setores da vida podem gerar benefícios, mas também acarretar prejuízos à humanidade. A complexidade, as incertezas e as implicações das atividades científicas são reais e servem de alerta para todos que, de uma maneira ou outra, se relacionam com as mesmas. Nesse contexto, a segurança química assume um papel de relevante importância, principalmente quando é requerida para gerenciar problemas de ordem prática (intervenção *in loco*), educacional (ensino) e de inovação (trabalho seguro).

De fato, o desenvolvimento da ciência e da tecnologia em ritmo acelerado demanda à segurança química a responsabilidade de ancorar em sua base de possibilidades não só os riscos presentes, mas também os possíveis riscos que virão daqui para frente. Assim sendo, a segurança química se apresenta como um arcabouço de possibilidades na área do ensino da biossegurança.

Torna-se necessário, neste cenário, estabelecer parâmetros para a prática segura no gerenciamento dos produtos químicos decorrentes de produção, armazenagem, transporte, manuseio, uso e descarte, sem deixar de priorizar também as questões que envolvem a segregação dos resíduos químicos, muitas vezes carreados de produtos diversos, de origem biológica e até mesmo radioativa.

O Foro Intergovernamental de Segurança Química, criado pela Conferência Internacional de Segurança Química, em Estocolmo, na Suécia, em 1994, tem estimulado mudanças significativas em relação à conscientização sobre essa temática, mas muito ainda tem de ser feito.

Portanto, estabelecer procedimentos químicos seguros implica investimentos na capacitação funcional, sensibilização para a correta conduta laboratorial, além do incentivo à prática da prevenção, tendo em vista que os efeitos dos produtos químicos sobre os seres vivos, o ambiente laboral e o meio ambiente podem ser incomensuráveis.

REFERÊNCIAS

- ABNT. *Ficha com informações de produtos químicos será obrigatória*. Disponível em: <www.abnt.org.br/newsletter/edicao24/index.htm#news2>. Acesso em: jul. 2006.
- ABIQUIM. *O que é o GHS? Sistema harmonizado globalmente para a classificação e rotulagem de produtos químicos*. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/reblas/reblas_public_manual_ghs.pdf>. Acesso em: nov. 2009.
- CAMPOS, S. *Tóxicos/intoxicações: poluentes orgânicos persistentes*. Disponível em: <www.drashirleydecampos.com.br/noticias/1156>. Acesso em: set. 2009.
- CARVALHO, P. R. Segurança química em laboratórios que manipulam OGMs. In: COSTA, M. A. F. da & COSTA, M. de F. B. *Biossegurança de OGM: Uma visão Integrada*. Rio de Janeiro: Publit, 2009.
- CARVALHO, P. R. *Boas Práticas Químicas em Biossegurança*. Rio de Janeiro: Interciência, 1999.
- COSTA, M. A. F. da & COSTA, M. de F. B. *Segurança e Saúde no Trabalho: cidadania, competitividade e produtividade*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

COSTA, M. A. F. da & COSTA, M. de F. B. *Biossegurança de A a Z*. 2. ed. Rio de Janeiro: Publit, 2009.

EEA (European Environment Agency/Agência Europeia do Ambiente). *Introdução às substâncias químicas*. Disponível em: <www.eea.europa.eu/pt/themes/chemicals>. Acesso em: set. 2009.

FREITAS, C. M. de *et al.* Chemical safety, health, and environment: prospects for governance in the Brazilian context. *Cadernos de Saúde Pública*, 18(1): 249-256, jan./feb. 2002.

GETTYSBURG COLLEGE. *Glove selection guide*. Disponível em: <www.gettysburg.edu/about/offices/president/ehs/laboratory_safety/index.dot>. Acesso em: jun. 2006.

LEMGRUBER. *Tipos de reações alérgicas ao látex*. Disponível em: <www.lemgruber.com.br/alergia_latex.html>. Acesso em: jun. 2006.

MERCK. *Intoxicações*. Disponível em: <www.msd-brazil.com/msd43/m_manual/mm_sec24_286.htm>. Acesso em: nov. 2009.

SOUZA, M. S. M. de. *Uso e preparação de FISPQs*. Informativo do CRQ IV. Disponível em: <www.crq4.org.br/informativo/fevereiro_2006/pagina06.php>. Acesso em: jul. 2006.

8

A CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE BIOSSEGURANÇA EM LABORATÓRIOS BIOMÉDICOS

*Gabriel Eduardo Schütz
Pedro Teixeira*

Em princípio, ação humana e risco são conceitos inseparáveis. De uma maneira ou outra, quem desenvolve alguma atividade, ao fazê-la, estará sempre correndo algum risco: risco de não obter os resultados desejados, risco de danificar ferramentas ou risco de acidentar. Este capítulo tem a pretensão de focalizar somente os riscos relacionados às atividades referentes aos laboratórios biomédicos.

O ambiente ocupacional neste tipo de serviço geralmente caracteriza-se pela presença de riscos (biológicos, químicos, físicos e radioativos) que podem vir a ameaçar a vida e/ou a integridade física dos profissionais, pesquisadores, funcionários e, ainda, podem afetar ao meio ambiente. Contudo, a maioria dos riscos envolvidos neste tipo de ambiente é perfeitamente identificável e, conseqüentemente, a probabilidade de que exposições aconteçam pode ser reduzida ao máximo por meio de procedimentos de segurança adequadamente gerenciados.

Nesta perspectiva, pretendemos apresentar um modelo para o gerenciamento proativo de riscos em laboratórios biomédicos, com base na utilização de indicadores de biossegurança. Os indicadores constituem uma ferramenta que dá solidez ao gerenciamento, uma vez que permitem operar com procedimentos quantitativos, reproduzíveis e padronizáveis. Dentre outras funcionalidades, os indicadores possibilitam avaliar e monitorar riscos nos processos de trabalho; traçar perfis de situação e/ou de prospecção (cenários); e estabelecer padrões de comparabilidade interna (séries temporais) e externa (com outros serviços). Estas ferramentas de gestão vêm sendo utilizadas com bons resultados no gerenciamento integral do risco no campo da saúde ambiental (Hacon, Schütz & Bermejo, 2005).

A abordagem metodológica proposta para alcançar esse objetivo consiste em: 1) definir com precisão os conceitos que compõem o arcabouço teórico do modelo; 2) aplicar a análise institucional (AI) para desenhar o roteiro de levantamento de dados, atendendo tanto à universalidade quanto às particularidades e singularidades do risco nos processos de trabalho a serem gerenciados; 3) definir um set de indicadores de biossegurança para monitoramento e avaliação continuada do risco que seja adequado às demandas específicas do serviço a ser gerenciado; 4) traçar os cenários de situação e de prospecção; 5) organizar a informação gerada através de um organograma de gerenciamento.

O primeiro passo, portanto, consiste em discutir os conceitos e as definições que serão utilizados neste modelo. A definição dos conceitos é importante não apenas para evitar ambiguidades, mas, principalmente, porque a eficácia operacional do gerenciamento depende da precisão com que a ferramenta ‘indicador’ se ajusta ao objeto que se está pretendendo indicar. Neste caso, antes de iniciar o processo de construção de ‘indicadores de risco’, é preciso desdobrar o significante ‘risco’ para distinguir seus significados alternativos.

CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Risco, Ameaça x Risco e Probabilidade

Em relação à problemática aqui abordada, a língua portuguesa admite o uso da palavra ‘risco’ para significar duas coisas diferentes: por um lado, uma situação de ameaça e, por outro, uma probabilidade de que algo ou alguém possa resultar prejudicado. No entanto, na língua inglesa, dispõe-se do termo *hazard* para o primeiro significado e *risk* para o último. No gerenciamento de riscos, é muito importante estar atento a esse duplo significado para não perder de vista a natureza do objeto sobre o qual se pretende intervir; por isto, um contraste das duas línguas facilita o desdobramento do conceito de risco em português. A exposição ao plutônio, por exemplo, constitui uma situação de risco, uma ameaça (*hazard*), pois há uma grande probabilidade (*risk*) de se desenvolver um câncer de pulmão como consequência da mesma. De fato, em casos como este, não é possível eliminar o risco/*risk* (a possibilidade de resultar prejudicado) enquanto exista o risco/*hazard* (a situação de risco). No máximo, poderão ser implementadas barreiras de contenção para diminuir tanto quanto possível a probabilidade de uma exposição involuntária.

É importante perceber também a diferença entre ‘ser seguro, inofensivo’ e ‘oferecer condições de segurança’, uma vez que ‘segurança’ (*safety*) é antônimo de risco/*risk*, enquanto ‘seguro’ (*safe*) é antônimo de risco/*hazard*. Desta maneira, nos ambientes de trabalho caracterizados pela presença inevitável de agentes perigosos, tais como o plutônio, é necessário ter condições de segurança (*safety*) – tanto ocupacionais quanto ambientais –, dado que não há qualquer possibilidade de que esse elemento passe a ser inofensivo (*safe*); onde haja plutônio, haverá sempre uma ameaça (*hazard*). Em outras palavras, quando as situações de risco no local de trabalho não podem ser totalmente eliminadas, obrigatoriamente deverão ser gerenciadas as condições de segurança para diminuir ao máximo possível as probabilidades de que uma exposição acidental aconteça (Schütz & Hacon, 2006a).

As estratégias que se implementam visando a diminuir a probabilidade de uma pessoa ou de o meio ambiente ficarem expostos a uma determinada situação de perigo denominam-se procedimentos de segurança. Se a ameaça, por exemplo, tiver uma origem especificamente biológica, tratar-se-á de procedimentos de biossegurança (*biosafety*). Um desses procedimentos é a sinalização alertando sobre a presença de perigo biológico (*biohazard*) em um determinado local de trabalho. Assim, por exemplo, se em uma sala um profissional manipula um agente patogênico altamente infeccioso e de fácil propagação ambiental, é necessário sinalizar esse perigo na porta de acesso ao local e restringir a circulação de pessoas e, para elas entrarem neste ambiente, devem ser devidamente capacitadas e protegidas. Porém, no caso em que exista uma vacina eficaz contra esse agente perigoso, deve ser implementado um programa de imunização e viabilizar um esquema de vacinação preventiva para todos os profissionais que corram riscos de serem expostos, isto é, a população vulnerável (Schütz & Hacon, 2006a).

Biossegurança e Segurança no Trabalho

O neologismo científico biossegurança agrupa as diversas normativas profiláticas de implementação recomendadas nos processos de trabalho em que se manipulam agentes biológicos capazes de produzir agravos à saúde humana e/ou de representar algum tipo de ameaça ambiental. A partir dessa definição, poder-se-ia dizer que o gerenciamento da biossegurança visa à implementação, ao monitoramento e à avaliação das barreiras de contenção e dos procedimentos operacionais destinados a reduzir, o máximo possível, a probabilidade de exposição (humana ou ambiental) a esses agentes biológicos.

No caso do gerenciamento da biossegurança de laboratórios, focam-se principalmente as exposições involuntárias a agentes biológicos patogênicos para humanos envolvidos nesse processo de trabalho específico. Essas exposições podem acontecer de maneira abrupta, em um evento identificável em tempo e espaço (acidente), ou de maneira insidiosa, sem que possa ser percebido nem detectado o momento em que a exposição aconteceu. Há registros de acidentes envolvendo agentes patogênicos datados do século XIX, isto é, praticamente desde o início do manejo de microrganismos em ambientes laboratoriais. A partir desse momento, diferentes normas e práticas vêm sendo recomendadas para preservar de possíveis danos evitáveis o produto da experimentação, o profissional que desempenha as atividades no laboratório ou o meio ambiente (nem sempre com o mesmo critério de hierarquização). Com a emergência da epidemia de Aids, na década de 1980, e devido a uma variada combinação de motivações, temores e preocupações, a urgência de se adotar práticas de segurança nos laboratórios aumentou notavelmente (Schutz, Teixeira & Teixeira, 2003).

Por sua vez, o impacto resultante de uma exposição – em termos de prejuízo ou dano – dependerá de fatores próprios do agente biológico em questão (patogenicidade, virulência e endemicidade); da via de ingresso no organismo humano (oral, respiratória, feridas, absorção cutânea); das características do veículo da exposição (aerossóis, fluidos corporais, resíduos sólidos); da magnitude da exposição (dose, concentração) e da existência ou não de medidas profiláticas e/ou de tratamento. A equação de todos estes fatores constitui o denominado risco biológico. Em termos matemáticos, o risco (R) pode ser entendido como o produto da probabilidade (P) de ocorrência de algum evento indesejado ou prejudicial e a quantidade de prejuízo ou dano (D) que tal evento pode acarretar. Assim, para um evento x, a magnitude do risco está representada através da fórmula: $R(x) = P(x) \times D(x)$ (Freitas & Schütz, 2005).

Uma das mais eficazes medidas de contenção é constituída pela sensibilização da população exposta. Sensibilizar, neste contexto, significa ajudar o indivíduo ou grupo exposto a um determinado risco a perceber conscientemente sua vulnerabilidade para depois, uma vez consciente do risco e das medidas necessárias para evitá-lo, passar a adotar os procedimentos operacionais recomendados para cada processo de trabalho, de acordo com o nível de risco estabelecido. Além das práticas adequadas e dos bons hábitos de segurança no trabalho por parte dos envolvidos, também são indispensáveis artefatos

e dispositivos de segurança, isto é, barreiras físicas de contenção, tais como equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC).

Retomando agora a dupla significação do termo risco antes analisada, poder-se-ia dizer, por exemplo, que em termos de ameaça biológica, o *Mycobacterium tuberculosis* representa um risco/*hazard* universal, ou seja, qualquer exposição ao mesmo pode ser muito perigosa para qualquer pessoa. No entanto, para os pesquisadores ou funcionários de um laboratório com nível de biossegurança 3 (NB-3) adequadamente treinados, há um risco/*risk* (probabilidade) bem baixo de que uma exposição infectante aconteça em função das barreiras de contenção implementadas. Em princípio – o mesmo que ocorre com o risco/ameaça –, as barreiras para diminuir o risco/probabilidade também são universais; isto é, elas são um conjunto de normas, práticas, artefatos etc. a serem aplicados de igual maneira quando recomendados. Porém, aquilo que na teoria é universal e simplificado nos moldes das relações de causa-efeito lineais características das abordagens científicas tradicionais, na prática, principalmente quando estão envolvidas pessoas e grupos de pessoas, o que era universal já não se realizará da mesma maneira em todo momento e lugar. O risco e sua contenção, mesmo estando determinados pela objetividade, ganham uma relatividade dialética, adquirindo formas particulares em cada local de trabalho e singulares em cada funcionário. Para o gerenciamento da biossegurança, o risco não é estático, mas dinâmico e interativo.

Tanto a dupla natureza do risco a ser gerenciado (ameaça/probabilidade) quanto suas três formas de expressão – universal, particular e singular – remetem à AI desenvolvida por René Lourau (1988), inspirada na dialética hegeliana. A partir desta perspectiva, o reconhecimento das situações objetivas do risco/ameaça nos locais de trabalho obriga a instituir o seu gerenciamento (momento universal) para diminuir ou eliminar o risco/probabilidade de dano. Contudo, os procedimentos de segurança se realizam (ou não) em locais de trabalho que possuem uma realidade própria (momento particular) e onde interagem aqueles indivíduos que irão incorporar subjetivamente (ou não) tais procedimentos nos seus hábitos e comportamentos pessoais (momento singular). Por tudo isto, pode-se afirmar que a informação – organizada em um organograma composto por um set de indicadores descritores de cenários de situação e prospecção – constitui uma ferramenta fundamental para o gerenciamento da segurança no trabalho, pois permite ao gerente estar permanentemente atualizado sobre as formas em que a norma universal é particularizada

nos serviços e singularizada nas pessoas envolvidas (Schütz & Hacon, 2006a, 2006b).

Indicadores

Por definição, um indicador é uma variável que descreve uma determinada realidade e, em função desta propriedade, pode ser utilizado como ferramenta para avaliar possíveis mudanças de situação (Bodart & Shrestha, 2000). Etiologicamente, o termo ‘indicador’ vem da palavra latina *indicare*, que significa ‘apontar’ (Funtowicz & Ravetz, 1990). Um indicador deve ser construído de forma que facilite a interpretação da informação contida nele, ou seja, deve mostrar o complexo de uma forma simples, permitindo ao gerente a tomada de decisão com mais eficácia em ao menos cinco aspectos básicos do gerenciamento: 1) definir a prioridade das decisões; 2) estabelecer a hierarquia da informação; 3) identificar as vulnerabilidades para enfocar medidas proativas; 4) oferecer uma medida reproduzível e comparável para planejar, implementar e avaliar intervenções; 5) orientar investimentos e negociações.

De acordo com Briggs (1999), os indicadores devem cumprir com alguns requisitos para serem efetivos. Tais requisitos reduzem significativamente o número de medidas e variáveis que, de fato, podem ser aplicadas na forma de indicadores. Normalmente, os critérios que mais pesam na hora de selecionar indicadores são:

- competência para descrever o fenômeno sobre o qual se propõe informar;
- reprodutibilidade segundo padrões metodológicos estabelecidos;
- sensibilidade para detectar pequenas mudanças nas condições que avalia;
- rápida reação para refletir essas mesmas mudanças;
- baixo custo e acessibilidade;
- comparabilidade;
- completo entendimento por parte dos usuários.

Em meio a tantas fontes de informação para o gerenciamento de riscos, os indicadores considerados mais adequados são aqueles que permitem adaptar

as necessidades de informação do gerente às circunstâncias particulares em que a informação é produzida, tendo em conta que a informação contida em um indicador só pode ser interpretada dentro de um contexto apropriado. Consequentemente, as propostas para a criação de indicadores variam em função do fenômeno em estudo.

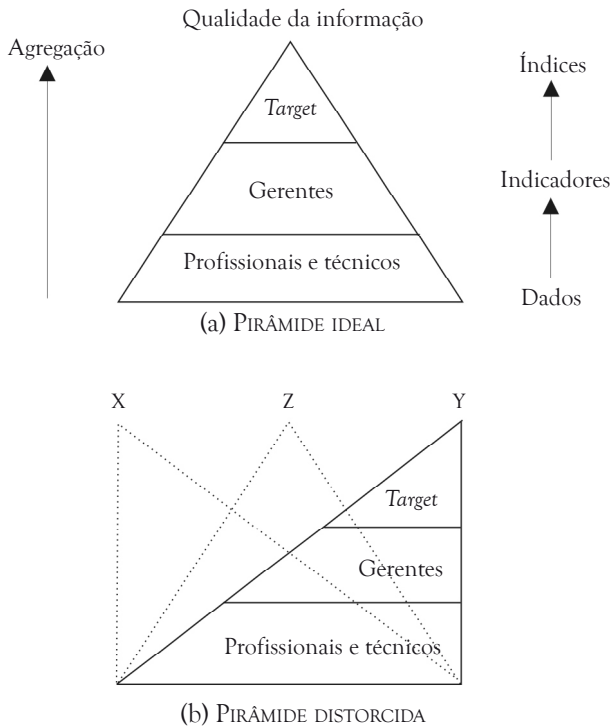
A identificação e seleção das variáveis que irão constituir um indicador são tarefas que exigem uma alta habilidade de negociação por parte do gerente, uma vez que o número de indicadores, para serem eficazes, não pode ser muito grande e precisa ser acessível aos interessados. A participação do pessoal envolvido no processo de construção de indicadores – tal como acontece na construção do mapa de risco – facilita a posterior implementação de ações, dado que o fato de o trabalhador participar nessa instância estimula nele o compromisso e a percepção de legitimidade das decisões que precisam ser tomadas. Em certas ocasiões, tal como é o caso do ambiente de trabalho em laboratórios, o número de indicadores necessários para abranger plenamente as interfaces risco/vulnerabilidade ocupacional e ambiental é muito grande. Nesses casos, é conveniente proceder à agregação das variáveis em indicadores complexos ou índices.

Etiologicamente, ‘índice’ vem da palavra latina *indiciare*, ou seja, ‘dar indícios’ (Funtowicz & Ravetz, 1990). Uma vez agregada em índices, é possível estabelecer padrões de referência para acompanhar a evolução de um determinado fato. A agregação facilita a interpretação e leitura da informação contida nos indicadores; assim, por exemplo, é mais conveniente comunicar um índice de vulnerabilidade que equacione vários indicadores do que tentar interpretar e comunicar a mesma informação com os mesmos indicadores, cada um em separado. Contudo, a agregação da informação deve manter os mesmos critérios de transparência e participação requeridos para a construção dos indicadores.

A Figura 1 representa este processo de agregação. Os dados colhidos e processados por técnicos e profissionais especializados podem ser identificados com a base de uma pirâmide ideal. Na sequência, em direção ao ápice, surgem os indicadores utilizados pelos gerentes e, no topo da pirâmide, os índices (o maior grau de agregação), em geral, a forma mais bem aproveitada pelos destinatários (*target*) dessa informação. A Figura 1(a) mostra a maior qualidade de agregação através de uma pirâmide ideal; nessas condições, o usuário da informação tem condições de fazer leituras corretas da informação agregada (índice) e, se for preciso, até poderia desagregar a informação para analisá-

la de forma segmentada. Já a Figura 1(b) representa a pirâmide com forma distorcida. Embora a base dos dados seja a mesma, o ápice (que representa a qualidade da informação agregada) afasta-se do centro. Isto significa que há uma grande possibilidade de que a agregada leve a fazer leituras erradas do índice, sendo quase impossível desagregar corretamente seu conteúdo; a informação, portanto, perde em qualidade (Morse, 2004).

Figura 1 – Qualidade da informação agregada representada com pirâmides



Fonte: Braat, 1991.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

Uma vez definida a forma como devem ser entendidos os conceitos de risco, contenção, biossegurança e indicadores aos fins do modelo de gerenciamento aqui apresentado – baseado na AI –, é possível começar o desenho do roteiro de levantamento de dados, definir um set de indicadores, traçar os cenários de situação e de prospecção e, finalmente, organizar a informação gerada através de um organograma de gerenciamento. Porém, antes de desdobrar a abordagem metodológica, é conveniente explicar brevemente de que se trata a AI, um método sociológico que se apoia na dialética hegeliana.

A Análise Institucional no Gerenciamento da Biossegurança

Previamente a sua aplicação, cabe destacar que a AI – desenvolvida e publicada na França por René Lourau, em 1969 – não diz respeito à instituição como sinônimo de organização (empresas, hospitais, ministérios ou laboratórios), mas sim às interações sociais que definem o ato de instituir uma regra social, ou melhor, às interfaces entre as demandas das formas sociais instituintes e as normas sociais que são instituídas para atender essas demandas.

Segundo a perspectiva lourauniana, há uma grande tendência a identificar as instituições com o conteúdo do conceito instituído, o que representaria um reducionismo que exclui da análise a interface significado/significante que legitima e dá dinâmica às instituições. Em contrapartida, a AI focaliza a relação entre o conceito instituído e os atores sociais instituintes. Para isto, Lourau propõe aplicar a dialética hegeliana, segundo a qual há um ‘momento universal’ positivo (o conceito instituído), um ‘momento particular’ negativo (que viria a negar algum aspecto do conceito positivo) e o ‘momento singular’ em que finalmente o conceito se realiza (através da negação da negação anterior) (Lourau, 1988).

De acordo com o método da AI revisado por Schütz e Hacon (2006a, 2006b, 2006c), poder-se-ia dizer que na instituição do gerenciamento dos riscos ocupacionais e ambientais contam: 1) os procedimentos de segurança ‘instituídos’ na normativa destinada à instituição ‘procedimentos de segurança’; 2) a instância ‘instituinte’, ou seja, aqueles atores sociais que virão a realizar essa norma.

Quadro 1 – Normas regulamentadoras do Ministério de Trabalho e Emprego relacionadas com a segurança ocupacional e ambiental em serviços de assistência à saúde

NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (Cipa)	Tem como objetivo estabelecer e normalizar a Cipa, destinada à prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador.
NR 6 – Equipamento de Proteção Individual (EPI)	Regulamenta a aplicação de todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.
NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)	Estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação do PCMSO, com o objetivo de promoção e preservação da saúde do conjunto dos seus trabalhadores.
NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)	Estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação do PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores através da antecipação, do reconhecimento, da avaliação e do consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, levando em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.
NR 11 – Atividades e Operações Insalubres	Define as atividades e operações de trabalho consideradas insalubres, estabelece os limites de tolerância e o adicional sobre o salário mínimo a ser pago ao trabalhador exposto até ser eliminado ou neutralizado o fator da insalubridade.
NR 17 – Ergonomia	Visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.
NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho	Regulamenta as condições de higiene e as instalações sanitárias (banheiros e seus componentes), além de vestiários, refeitórios, cozinhas e alojamentos.
NR 26 – Sinalização de Segurança	Tem por objetivo fixar as cores que devem ser usadas nos locais de trabalho para a prevenção de acidentes, identificando os equipamentos de segurança, delimitando áreas, identificando as canalizações para a condução de líquidos e gases e advertindo contra riscos.
NR 32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde	Tem por finalidade estabelecer as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral.

Para os fins do gerenciamento de biossegurança, o principal momento universal é a própria normativa. Sendo que a universalidade dessa norma reside na sua total objetividade, no seu positivismo. Em relação ao gerenciamento dos riscos (ocupacionais e ambientais) decorrentes do trabalho em serviços de assistência à saúde, a normativa instituída no Brasil é bastante ampla e detalhada, tal como se pode observar no Quadro 1. Contudo, nesta particular aplicação da dialética da AI, esse momento universal ‘instituído’ somente se realiza pela mediação dos momentos ‘particular’ (Como? De que forma?) e ‘singular’ (Quem? Com quais qualificações?).

Por exemplo, o momento universal (o momento da objetividade) do risco à exposição ao vírus ebola começa com a classificação do mesmo. De acordo com a classificação vigente no Brasil, esse vírus pertence ao ‘risco classe 4’. Isto em função de ser um agente biológico altamente patogênico que pode propagar-se facilmente em forma de aerossóis e contra o qual não existem medidas profiláticas ou terapêuticas (CDC, 1999; Brasil, 2004). Uma vez identificado o grau do risco/ameaça do agente em questão, o momento universal continua com a determinação (também objetiva) das barreiras de contenção, as quais, em princípio, foram desenhadas para evitar possíveis exposições ocupacionais (barreiras primárias) e ambientais (barreiras secundárias). No exemplo anterior do vírus ebola (classe 4), a norma específica que esse vírus deve ser manejado dentro de uma cabine de segurança biológica (CSB) classe III (uma barreira de contenção máxima, totalmente fechada, com ventilação própria, construída em aço inox à prova de escape de ar, o que evita que aerossóis contaminados com o vírus entrem em contato com o operador e/ou com o ambiente) (CDC, 1999).

Como já foi observado, tanto a classificação dos agentes de risco quanto as barreiras de contenção destinadas a impedir exposições ocupacionais e ambientais aos mesmos são universais, ou seja, valem para todos os estabelecimentos sujeitos por lei a essa normativa específica. Todavia, o desempenho das barreiras de contenção dependerá da realização da norma através da mediação dos momentos particular e singular. No ‘momento particular’, entram em jogo de uma maneira fundamental as condições dos processos de trabalho (insumos/atividades/produtos) específicos de cada serviço. O momento particular está caracterizado pela negação da positividade da norma e contém ao mesmo tempo caráter objetivo e subjetivo:

- Caráter objetivo - quando nega o que há de objetivo na norma. Por exemplo, a NR 32 define as condições de segurança para o trabalho com radiações ionizantes, porém pode acontecer que o laboratório onde está sendo manejado o vírus ebola do exemplo simplesmente não trabalhe com material radioativo.
- Caráter subjetivo - quando realiza a norma de uma maneira particular. Assim, o serviço pode até cumprir com a norma que exige o uso da CSB classe III, mas, em função de pressões orçamentárias, não realizar a manutenção exigida para garantir eficazmente as condições de segurança ocupacional e ambiental.

No entanto, no ‘momento singular’ conta principalmente a subjetividade das pessoas envolvidas, tais como seu grau de sensibilização e percepção dos riscos, sua capacitação, a adequação dessa capacitação ao tipo de atividade de risco que irá desenvolver etc. Por exemplo, um serviço de saúde pode estar oferecendo aos seus trabalhadores os EPIs recomendados pela NR 6, mas, se esses trabalhadores não tiverem sido devidamente capacitados para seu uso, o efeito pode ser contraproducente e o mero uso do EPI produzir uma sensação de ‘falsa segurança’ que leve os trabalhadores a exposições acidentais (Schütz & Hacon, 2006b).

A Construção do Roteiro para o Levantamento de Dados

Cada norma instituída representa, em princípio, um momento universal a partir do qual é necessário analisar as particularidades e singularidades próprias de cada estabelecimento. Para cada norma deve ser construído um roteiro específico.

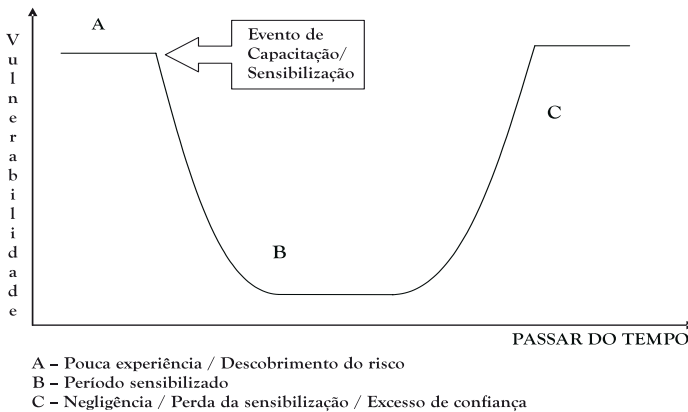
Para atender ao modelo aqui proposto, será considerado o ‘momento universal instituído’ como mais abrangente à NR 32. Aprovada em 11 de novembro de 2005 através da portaria MTE n. 485, essa NR estabelece as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores da assistência à saúde em geral. A NR 32 remete, quando necessário, a outras mais específicas (7, 9, 15, 24, 26) e a normativas de outras agências do governo federal, tais como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), os ministérios da Saúde e do Meio Ambiente etc.

Em primeiro lugar, deve-se determinar a aplicabilidade/aplicação da normativa considerada momento universal. Determinar a aplicabilidade da norma universalmente objetiva significa identificar os itens que efetivamente se aplicam ao serviço particular em questão, ou seja, determinar a objetividade negativa do momento particular (por exemplo: ‘neste serviço, não utilizamos quimioterápicos, portanto, não aplicamos os procedimentos de segurança normalizados no item 32.3.9.4 da NR 32’). Por sua vez, estabelecer o emprego da normativa aplicável determinada pela afirmação do momento negativo particular significa avaliar as condições particulares em que a normativa aplicável se efetua (por exemplo: ‘neste serviço, dispomos de chuveiros de emergência, mas o acesso aos mesmos está dificultado por causa de umas caixas contendo material de vidro, que chegaram há dois meses e ainda não foram desembaladas).

Em segundo lugar, é preciso descrever o momento singular, isto é, indicar as condições que determinam a realização do momento particular em referência ao momento universal. A singularidade pode ser descrita, principalmente, através de um levantamento sobre a aplicação individual da normativa (por exemplo: ‘eu sempre utilizo luvas quando trabalho’) e da avaliação da percepção do risco (por exemplo: ‘se eu estou de luva e o celular toca, eu atendo. Precisa mesmo tirar a luva?’). É muito importante fazer cruzamento dos dados disponíveis para cada funcionário em sua singularidade, por exemplo, entre a percepção de risco, a capacitação do trabalhador e o tempo de serviço. Em geral, os trabalhadores tendem a ser mais vulneráveis quando começam a trabalhar com situações de risco por não estarem completamente capacitados e/ou experientes (Figura 2-A). Posteriormente, se há alguma capacitação, os trabalhadores passam a perceber o risco, cumprindo adequadamente com os procedimentos de segurança (Figura 2-B). Finalmente, caso a sensibilização sobre o risco não seja continuada, os trabalhadores começam a negligenciar os procedimentos de segurança e a ‘normalizar’ hábitos de trabalho viciados (por exemplo: ‘eu trabalho assim há vinte anos, não vai ser agora que vou ter um acidente...’). Esta fase de excesso de autoconfiança e de falsa segurança deixa o trabalhador outra vez vulnerável (Figura 2-C). A avaliação da eficácia dos programas de capacitação/sensibilização, assim como o monitoramento da tendência dos trabalhadores à autoconfiança e a negligenciar os procedimentos são dois bons exemplos de informação que pode ser gerenciada através da agregação da informação.

Para a situação representada na Figura 2, por exemplo, um bom gerenciamento proativo da tendência à perda da sensibilização poderia evitar exposições acidentais caso fosse continuamente monitorada por meio de um ‘índice de vulnerabilidade’ que agregue informações sobre: 1) perfil pessoal dos trabalhadores envolvidos (idade, formação, tempo de serviço, gênero etc.); 2) avaliação da percepção do risco destes trabalhadores; 3) avaliação dos programas de educação continuada no que diz respeito à forma correta de desenvolver os procedimentos operacionais com segurança; 4) fatores que favorecem e fatores que dificultam o desenvolvimento dos procedimentos operacionais padrões (POP), incluindo a adequação do serviço à normativa correspondente.

Figura 2 – Representação da evolução da vulnerabilidade depois de uma sensibilização ao risco descontinuada



Fonte: Schütz & Hacon, 2006a.

Quase toda informação requerida para a construção destes indicadores e posterior agregação em índice pode ser colhida aplicando periodicamente questionários. O tipo de questionário (aberto/fechado/semifechado), assim como a modalidade do levantamento de dados (integral/por amostra), devem ser elaborados em cada serviço atendendo as suas particularidades. Neste sentido, o Quadro 2 mostra como pode ser montado um roteiro de construção de indicadores para o gerenciamento da biossegurança que acompanhe os três momentos dialéticos da institucionalização das normas de segurança em ambientes de trabalho laboratoriais.

Quadro 2 – Exemplo da montagem do roteiro para a construção de indicadores de risco vulnerabilidade*

MOMENTO UNIVERSAL	NR 32; Item 32.3.9.4 “Dos Quimioterápicos Antineoplásicos”			
MOMENTO PARTICULAR	NORMA 32.3.9.4.1 A área para o preparo deve dispor de:		Dispõe?	
			SIM	NÃO
	Vestário de barreira com dupla câmara			COM RESTRIÇÕES Quais?
	Sala de preparo dos quimioterápicos			
	Local destinado para as atividades administrativas			
	Local de armazenamento exclusivo para estocagem			
	NORMA 32.3.9.4.2 O vestiário deve dispor de:		Dispõe?	
			SIM	NÃO
	Pia e material para lavar e secar as mãos			COM RESTRIÇÕES Quais?
	Lava olhos, o qual pode ser substituído por uma ducha tipo higiênica			
	Chuveiro de emergência			
	Equipamentos de proteção individual e vestimentas para uso e reposição			
	Armários para guarda de pertences			
	Recipientes para descarte de vestimentas usadas			
	(...)			
NORMA 32.3.9.4.4 Todos os profissionais diretamente envolvidos devem lavar adequadamente as mãos, antes e após a retirada de luvas.		Lavam?		
		SIM	NÃO	
			COM RESTRIÇÕES Quais?	
MOMENTO SINGULAR	Treinamento: Conteúdo programático, agenda e relação dos funcionários participantes por área			
	Perfil individual		Perfil profissional	
	Idade		Formação	
	Gênero		Ano de ingresso	
	Estado civil		Carga horária semanal	
	Nº filhos		Faz plantão	
	Endereço		Trabalha em outro serviço	
	Vacinações		Ano da última capacitação	
	
	
	Doenças preexistentes		Já registrou acidentes?	
	

* Neste exemplo, o foco está dado à vulnerabilidade ocupacional dos profissionais expostos a um tipo específico de risco.

Quadro 3 – Exemplo de um roteiro para levantamento de dados relacionados a uma questão do manejo de resíduos em serviços de assistência à saúde

MOMENTO UNIVERSAL	NR-32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde								
	NBR 9191:2002 – Sacos plásticos para acondicionamento de lixo								
	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Cumpre-se?</th> </tr> <tr> <th>SIM</th> <th>NÃO</th> <th>COM RESTRIÇÕES Quais?</th> </tr> </table>			Cumpre-se?			SIM	NÃO	COM RESTRIÇÕES Quais?
Cumpre-se?									
SIM	NÃO	COM RESTRIÇÕES Quais?							
MOMENTO PARTICULAR	NR-32 / Item 32.5.2O – Os sacos plásticos utilizados no acondicionamento dos resíduos de saúde devem atender ao disposto na NBR9191 e ainda ser:	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Cumpre-se?</th> </tr> <tr> <th>SIM</th> <th>NÃO</th> <th>COM RESTRIÇÕES Quais?</th> </tr> </table>		Cumpre-se?			SIM	NÃO	COM RESTRIÇÕES Quais?
	Cumpre-se?								
	SIM	NÃO	COM RESTRIÇÕES Quais?						
	a) preenchidos até 2/3 de sua capacidade;								
	b) fechados de tal forma que não se permita o seu derramamento, mesmo que virados com a abertura para baixo;								
	c) retirados imediatamente do local de geração após o preenchimento e fechamento;								
	d) mantidos íntegros até o tratamento ou a disposição final do resíduo.								
	NR-32 / Item 32.5.1– Cabe ao empregador capacitar, inicialmente e de forma continuada, os trabalhadores nos seguintes assuntos:	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Cumpre-se?</th> </tr> <tr> <th>SIM</th> <th>NÃO</th> <th>COM RESTRIÇÕES Quais?</th> </tr> </table>		Cumpre-se?			SIM	NÃO	COM RESTRIÇÕES Quais?
	Cumpre-se?								
	SIM	NÃO	COM RESTRIÇÕES Quais?						
a) segregação, acondicionamento e transporte dos resíduos;									
b) definições, classificação e potencial de risco dos resíduos;									
c) sistema de gerenciamento adotado internamente no estabelecimento;									
d) formas de reduzir a geração de resíduos;									
e) conhecimento das responsabilidades e tarefas;									
f) reconhecimento dos símbolos de identificação das classes de resíduos;									
g) conhecimento sobre a utilização dos veículos de coleta;									
h) orientações quanto ao uso de EPIs.									
MOMENTO SINGULAR	Treinamento: Conteúdo programático, agenda e relação dos funcionários participantes por área								
	Perfil individual	Perfil profissional							
	Idade	Formação							
	Gênero	Ano de ingresso							
	Estado civil	Carga horária semanal							
	Nº filhos	Faz plantão							
	Endereço	Trabalha em outro serviço							
	Vacinações	Ano da última capacitação							
							
							
	Doenças preexistentes	Já registrou acidentes?							
							

Outro exemplo é apresentado no Quadro 3, que mostra um roteiro para o levantamento de dados construído para monitorar/avaliar a aplicação dos requisitos impostos pela NR 32 no item 32-5 “Dos Resíduos”. Por sua vez, o item 32-5-2, que regulamenta sobre os sacos plásticos que devem ser utilizados no acondicionamento dos RSS, remete aos requisitos da NBR 9191 (uma NBR é uma norma brasileira elaborada pela ABNT e registrada no Inmetro). Observe-se no roteiro ilustrado, no Quadro 3, que o levantamento de dados em torno do momento particular está focado em determinar a forma em que a norma é aplicada no estabelecimento (as perguntas são: como?; de que forma?; até que ponto?) enquanto o momento singular do roteiro tenta exprimir informações a respeito das pessoas que participam do processo (as perguntas são: quem?; com que capacitação?; com qual incentivo?). Através da aplicação deste tipo de roteiro é possível fazer um levantamento sistematizado dos dados, a partir dos quais será possível traçar cenários de situação e construir um *set* de indicadores para monitorar e avaliar integralmente as situações de risco em laboratórios.

Cenários Descritos por meio de Organogramas para o Fluxo de Informação

Uma vez que a informação foi colhida, foram definidos os indicadores e foi traçado o cenário de situação, é necessário organizar o fluxo dessa informação para monitorar e/ou avaliar integralmente o processo de trabalho no laboratório. Em princípio, o gerenciamento das atividades de pesquisa e/ou assistência no laboratório pode ser abordado da mesma forma que qualquer outro processo produtivo, isto é, um processo em que a partir de determinados insumos (*inputs*) são aplicados procedimentos (*flow*) que geram um determinado volume de produtos (*outputs*). A Figura 3 representa o eixo IFO (*inputs-flow-outputs*) do processo produtivo. No eixo IFO, o item *inputs* agrupa os indicadores que descrevem quali/quantitativamente os insumos e recursos disponíveis para o processo de produção (recursos técnicos, institucionais, pessoal envolvido); o *flow*, os indicadores relativos aos procedimentos operacionais aplicados no processo; e o *output*, os indicadores que designam os produtos desse processo. Em conjunto, o eixo IFO representa um estado (S – *State*) do cenário de situação. Para um determinado estado do processo, o eixo IFO contém os indicadores que informam sobre as características particulares e singulares do laboratório e que, simultaneamente, permitem avaliar mudanças no cenário de situação.

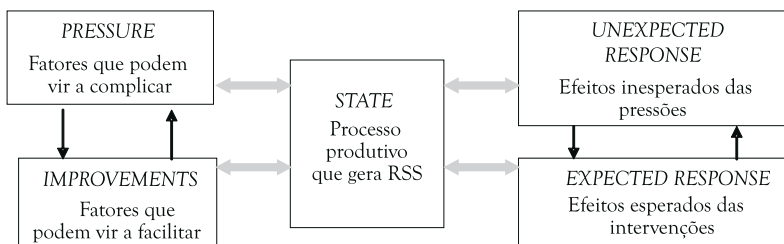
Figura 3 – Eixo IFO – informação sobre o estado do processo gerador de RSS



Fonte: Schütz & Hacon, 2006c.

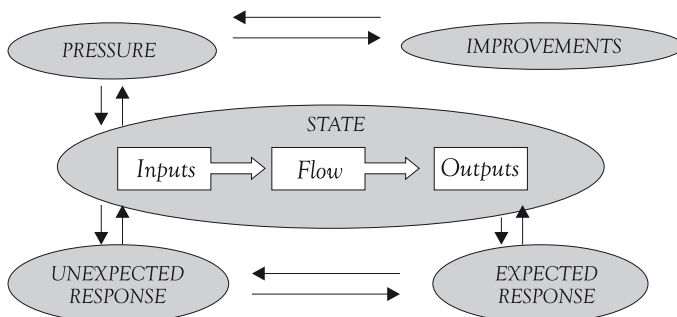
Todavia, os processos são dinâmicos e cabe esperar que os estados do cenário de situação mudem. Por um lado, o estado pode estar sendo influenciado por intervenções (I - *Improvements*), tais como incorporação de novas tecnologias, introdução de melhorias nos procedimentos, capacitação do pessoal etc. Mas, por outro lado, pode haver a influência de pressões (P - *Pressure*), tais como aumento imprevisto da demanda, falhas na provisão de insumos, ingresso de novos funcionários não treinados etc. Espera-se que tanto os efeitos das intervenções (I) quanto os das pressões (P) afetem o estado (S) do processo, dando um resultado (R - *Response*). O resultado esperado (E - *Expected*) da intervenção ‘capacitação do pessoal’ deve aparecer como uma mudança nos indicadores que informam sobre esse tópico. Porém, o resultado inesperado (U - *Unexpected*) de uma pressão, como o ‘ingresso de novos funcionários não treinados’, pode ser um acidente ocupacional. Os resultados ‘inesperados’ podem ser imprevisíveis, consequências das incertezas envolvidas no processo ou, pelo contrário, podem ser totalmente previsíveis através de indicadores sentinela. Os indicadores sentinela são uma ferramenta que permite monitorar a evolução do cenário de situação e avaliar prospectivamente mudanças de estado. A Figura 4 representa graficamente o eixo IPSR (*Improvement - Pressure - State - Response*) enquanto a Figura 5 mostra o organograma de fluxo da informação; nele, o eixo IPSR intersecta o eixo IFO que, de fato, constitui seu item S.

Figura 4 – Eixo IPSR – fluxo da informação sobre mudanças no processo gerador de RSS



Fonte: Schütz & Hacon, 2006c.

Figura 5 – Organograma para o fluxo da informação do processo envolvendo geração de RSS



Fonte: Schütz & Hacon, 2006c.

Tanto as pressões que podem vir a complicar quanto as intervenções destinadas a melhorar o processo produtivo no serviço de saúde podem gerar efeitos desejáveis ou indesejáveis. Pode acontecer que uma decisão tomada visando a facilitar – ou seja, um *improvement* – se transforme, na prática, em uma *pressure*. Por sua vez, os efeitos das mudanças, sejam esperados ou inesperados, podem acabar afetando positivamente ou não o processo. A organização da informação por meio de um reduzido set de indicadores participativamente construído facilita o gerenciamento não só porque permite acompanhar estas

mudanças de cenário, mas também porque possibilita identificar tendências e formular ou reformular estrategicamente intervenções.

CONCLUSÃO

Um modelo de gerenciamento apoiado em indicadores capazes de informar o que há de particular, de singular em cada laboratório na hora de aplicar os procedimentos de biossegurança oferece vantagens operacionais que facilitam enormemente o gerenciamento do risco nestes estabelecimentos. Em primeiro lugar, é possível traçar um perfil do risco/ameaça por meio de indicadores que reúnam a informação sobre a aplicação particular da normativa vigente, isto é, da existência ou não e, caso existam, das características de realização das barreiras de contenção recomendadas em termos objetivos. Em segundo lugar, permite traçar um perfil do risco/vulnerabilidade em termos da probabilidade de exposições acidentais resultantes da combinação das características particulares na implementação objetiva dos procedimentos de segurança com as características subjetivas que determinam a singularidade dos trabalhadores do laboratório em questão.

A partir de uma seleção da informação determinada pelas necessidades específicas de cada local de trabalho, os dados colhidos ao aplicar o modelo aqui proposto podem dar origem a um set de indicadores e a um organograma de fluxo da informação que permitirá ao gerente criar cenários, fazer avaliações e monitoramentos do processo de trabalho em relação ao risco. Uma vez identificados fatores de vulnerabilidade decorrentes de cada processo em andamento, podem ser implementadas intervenções proativas integrais para o serviço.

Por sua vez, a construção da informação deve priorizar a participação de todos os setores envolvidos no processo, pois o reconhecimento da legitimidade dos procedimentos de segurança por parte dos trabalhadores aumenta as chances de desenvolver a gerência de riscos com maior sucesso.

REFERÊNCIAS

- BODART, C. & SHRESTHA, L. Identifying information needs and indicators. In: LIPPEVELD, T. et al. (Orgs.) *Design and Implementation of Health Information Systems*. Geneva: WHO, 2000.
- BRAAT, L. The predictive meaning of sustainability indicators. In: KUIK, O. & VERBRUGGER, H. (Eds.) *In Search of Indicators of Sustainable Development*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1991.
- BRIGGS, D. *Environmental Health Indicators: framework and methodologies*. Geneva: WHO, 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Recursos Estratégicos. *Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Risco Biológico*. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
- CDC (Centros para el Control y Prevención de las Enfermedades de los EE.UU.). *Bioseguridad en laboratorios de microbiología y biomedicina*. 1999. Disponível em: <http://www.cdc.gov/od/ohs/pdffiles/bmbl4_spanish.pdf> Acesso em: 10 maio 2006.
- FREITAS, C. M. & SCHUTZ, G. E. *Percepção de Risco*. Curso de Especialização em Biossegurança, módulo 7. Rio de Janeiro: EAD/Ensp/Fiocruz, 2005.
- FUNTOWICZ, S. & RAVETZ, J. *Uncertainty and Quality in Science for Policy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990.
- HACON, S.; SCHÜTZ, G. & BERMEJO, P. M. Indicadores de saúde ambiental: uma ferramenta para a gestão integrada de saúde e ambiente. *Cadernos Saúde Coletiva*, 13(1): 45-66, 2005.
- LOURAU, R. *El Análisis Institucional*. Buenos Aires: Amorrortu, 1988
- MORSE, S. *Indices, Indicators, Development*. London: Earth Publications, 2004
- SCHÜTZ, G. & HACON, S. Roteiro para a construção de um set de indicadores destinados à gerência de riscos em serviços de assistência à saúde. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 3, 2006a, Niterói.
- SCHÜTZ, G. & HACON, S. Uso de indicadores como ferramenta para o gerenciamento de riscos em serviços de assistência à saúde. In: WORKSHOP GESTÃO INTEGRADA: RISCO E SUSTENTABILIDADE, 2, 2006b, São Paulo.
- SCHÜTZ, G. & HACON, S. Uma proposta para o monitoramento e avaliação dos planos de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde por meio de indicadores. In: CONGRESSO ACADÊMICO SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 2, 2006c, Niterói.
- SCHÜTZ, G.; TEIXEIRA, P. & TEIXEIRA, M. Um dilema ético para a educação à distância: exclusão digital de pessoas ou exclusão da tecnologia digital? In:

BIOSSEGURANÇA

CONGRESSO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA MERCOSUL, 7, 2003,
Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Senai/CTAI, 2003.

9

DESINFECÇÃO E ESTERILIZAÇÃO QUÍMICA

Célia M. C. A. Romão

Os processos de desinfecção e esterilização química têm sido empregados nas mais diversas áreas da saúde humana e veterinária, nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos, alimentos, entre outras, para o tratamento de águas para o consumo humano e de recreação e para inúmeras outras finalidades.

O objetivo deste capítulo é apresentar alguns aspectos relevantes relacionados à desinfecção e esterilização química, descrevendo as características gerais dos principais agentes disponíveis atualmente e suas aplicações, de maneira a permitir aos profissionais selecionar e utilizar correta e racionalmente os desinfetantes, obtendo assim os resultados esperados, ou seja, a destruição dos microrganismos indesejáveis presentes em objetos e superfícies inanimadas.

Antes de abordarmos o tema desinfecção, consideramos de interesse apresentar um breve histórico, destacando alguns fatos marcantes sobre a utilização de agentes químicos para prevenir a transmissão de doenças infecciosas, constante desafio para a humanidade.

A aplicação de procedimentos de desinfecção data de longo tempo na história, existindo diversas evidências sobre o uso desses processos, como citações bíblicas referentes ao uso de fogo e água fervente para tratar materiais e vestimentas de soldados que retornavam das guerras, com o objetivo de impedir a transmissão de doenças. Com esta finalidade, Aristóteles instruiu Alexandre, o Grande, a oferecer somente água fervida e a ferver os uniformes de seus soldados.

A primeira referência a um desinfetante de que se tem conhecimento foi feita por Homero, em *A Odisseia*, onde citava o uso do enxofre, na forma de dióxido de enxofre (aproximadamente 800 a.C.), substância esta ainda hoje utilizada como desinfetante e preservativo de frutas secas, sucos de frutas e

vinho. O enxofre também foi utilizado na Idade Média durante as grandes epidemias.

A cidade de Veneza foi uma das pioneiras em controle sanitário, quando instituiu, em 1438, a fumigação de cargas de navios e da correspondência, a fim de evitar a disseminação de doenças. Este procedimento foi realizado até o início do século XX. Obviamente, a evolução, o entendimento e a aplicabilidade dos procedimentos de desinfecção ocorreram concomitantemente às descobertas das causas das doenças infecciosas, fazendo parte da própria história da microbiologia.

Um dos primeiros investigadores foi Girolamo Fracastoro (1478-1553), colega de Copérnico na Universidade de Pádua, que escreveu três livros sobre as causas das doenças contagiosas, propondo que as infecções eram causadas pela passagem de corpos diminutos capazes de se multiplicar de uma pessoa para outra. Infelizmente, seus conhecimentos ficaram esquecidos e muito teve de ser redescoberto.

Um marco na história da microbiologia é o holandês Anton van Leeuwenhoek (1676), fabricante amador de microscópios e primeiro ser humano a ver um microrganismo. Em um dos seus experimentos, observou o efeito letal de diversas substâncias, inclusive o vinagre, sobre o que ele denominava pequenos animais. Embora sem considerar o potencial prático de suas experiências, os pequenos animais sugeriram a outros investigadores a teoria dos germes e doenças.

Em 1750, Joseph Pringle, médico inglês, publicou três interessantes artigos comparando a resistência à putrefação devido à aplicação de substâncias, as quais ele chamou de antissépticos. O conhecimento de desinfetantes químicos explodiu no século XVIII, com a descoberta do cloro, em 1774, pelo químico sueco Scheele, seguida da descoberta dos hipocloritos, em 1789, por Bertholet, químico francês.

No século XIX, Lister e Semmelweis demonstraram brilhantemente em seus experimentos que agentes químicos poderiam prevenir doenças, o primeiro utilizando o fenol como antisséptico pré-cirúrgico e o último empregando água clorada para lavagem de mãos previamente ao trabalho em obstetrícia, alcançando uma redução significativa da morte de recém-natos por febre puerperal.

Mas foi Louis Pasteur (1822-1895), com seu trabalho criterioso, quem muito contribuiu para a criação e o desenvolvimento da microbiologia como

ciência, ao demonstrar serem os microrganismos responsáveis pelas doenças infecciosas. Estabeleceu, ainda, metodologias empregadas até a atualidade e desenvolveu um processo de desinfecção por método físico, denominado pasteurização, ainda hoje usado.

Destacam-se também os trabalhos de Robert Koch, que, na área de desinfecção, escreveu o artigo “On disinfection”, em 1881, no qual examinou a capacidade de setenta substâncias de destruir microrganismos, em diferentes concentrações e diluições, surgindo, assim, a primeira técnica para testar desinfetantes.

Kroning e Paul, no clássico artigo publicado em 1897, introduziram o conhecimento científico e moderno sobre a dinâmica da desinfecção química, fundamentando os princípios básicos para a avaliação da atividade dos desinfetantes que, de fato, teve início em 1903, quando Rideal e Walker apresentaram o conhecido método do coeficiente fenólico. A publicação pioneira de Kroning e Paul provocou o desenvolvimento de inúmeros estudos, que se estendem até os dias de hoje (Hugo, 1982; Block, 2001a, 2001b; Russell, 2004). Já no século XX, muitas substâncias foram e têm sido descritas para serem utilizadas como biocidas em desinfecção, esterilização e antisepsia.

TERMINOLOGIA

Para melhor entendimento do assunto deste capítulo, é imprescindível rever algumas definições específicas para que possamos diferenciar, de forma clara, os diversos procedimentos existentes que têm como objetivo inibir, destruir e eliminar microrganismos presentes em objetos, superfícies e tecidos vivos.

- Limpeza – processo pelo qual são removidos materiais estranhos (matéria orgânica, sujidades) de superfícies e de objetos. Normalmente, é realizada com a aplicação de água e sabão ou detergente, acompanhada de ação mecânica.
- Desinfecção – processo físico ou químico pelo qual são destruídos microrganismos presentes em superfícies e objetos inanimados, mas não necessariamente os esporos bacterianos.
- Esterilização – processo físico ou químico pelo qual são destruídas todas as formas microbianas, inclusive os esporos bacterianos.

- Descontaminação – processo de desinfecção ou esterilização terminal de objetos e superfícies contaminados com microrganismos patogênicos, de forma a torná-los seguros para a manipulação.
- Antissepsia – procedimento através do qual microrganismos, presentes em tecidos vivos, são destruídos ou eliminados após a aplicação de agentes antimicrobianos.
- Biocidas – agente químico ou físico que destrói todos os organismos vivos patogênicos ou não, comumente utilizado com referência a microrganismos.

REGULAMENTAÇÃO DOS PRODUTOS UTILIZADOS PARA DESINFECÇÃO E ESTERILIZAÇÃO QUÍMICA

Todo profissional que emprega agentes químicos para desinfecção e esterilização – seja em laboratórios, estabelecimentos de assistência à saúde, biotérios ou indústrias – necessita ter noções sobre a regulamentação desses produtos em seu país. No Brasil, os desinfetantes e esterilizantes químicos são considerados produtos ‘saneantes domissanitários’ e são submetidos ao regime de vigilância sanitária, estando, portanto, sujeitos à respectiva legislação. Saneantes domissanitários são substâncias ou preparações destinadas à higienização, desinfecção ou desinfestação domiciliar, em ambientes coletivos ou públicos, em lugares de uso comum e no tratamento da água (Brasil, 1977). Para serem comercializados no país, devem ser registrados na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do Ministério da Saúde. Esse registro tem validade de cinco anos e, ao fim deste prazo, o fabricante deve revalidá-lo.

As normas específicas para os produtos saneantes domissanitários com ação antimicrobiana estão estabelecidas na Portaria Divisão de Saneantes Domissanitários (Disad) n. 15, de 23 de agosto de 1988 (Brasil, 1988) e na Resolução Anvisa RDC n. 14 de 28 de fevereiro de 2007 (Brasil, 2007), que contém definições, classificação, formas de apresentação, dados para a correta rotulagem, infrações e penalidades e relatórios técnicos para o registro de produtos e análise de novos princípios ativos. Esses instrumentos legais apresentam os princípios ativos permitidos e os microrganismos frente aos quais os desinfetantes e esterilizantes devem ser avaliados para comprovação de sua eficácia, além dos dados exigidos para a avaliação e classificação toxicológica.

Assim, os profissionais devem ficar atentos para somente adquirir produtos registrados no Ministério da Saúde. Outros cuidados devem ser observados, como verificar no rótulo do produto a existência do número de lote e o prazo de validade.

FATORES QUE INTERFEREM NA EFICÁCIA DOS DESINFETANTES E ESTERILIZANTES QUÍMICOS

A atividade antimicrobiana dos agentes químicos depende de uma variedade de fatores relativos à natureza, à estrutura e às condições dos microrganismos e a componentes químicos e físicos do ambiente externo (Rutala, 1996b; Russell, 2003). O conhecimento desses fatores é imprescindível para uma adequada aplicação dos processos de desinfecção e esterilização. A não observação desses fatores pode implicar o insucesso dos procedimentos.

Principais Fatores Interferentes

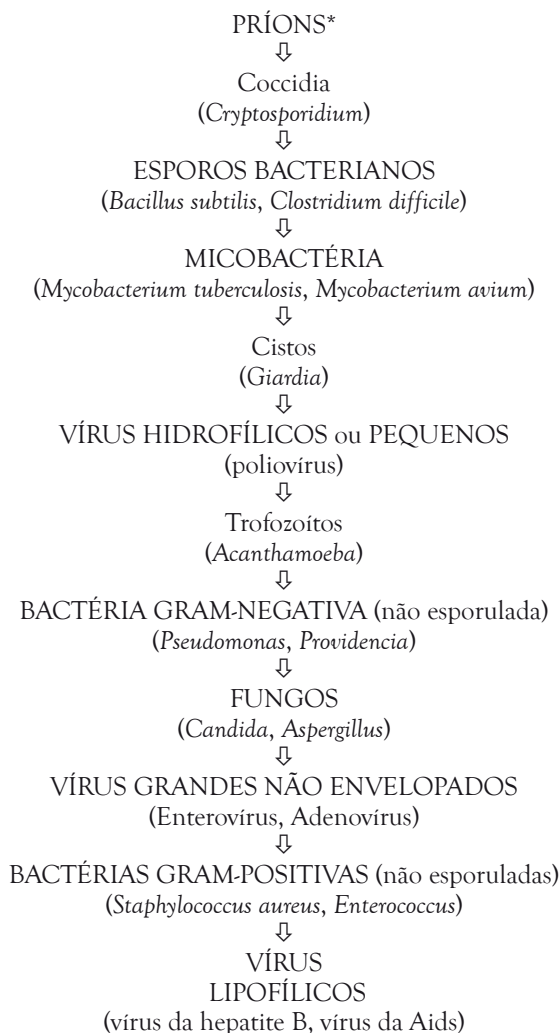
Natureza dos microrganismos

Os organismos variam consideravelmente quanto à susceptibilidade aos agentes químicos em função da sua constituição. Com os recentes trabalhos, a classificação dos microrganismos quanto à susceptibilidade aos desinfetantes pôde ser ampliada. De maneira genérica, a ordem descendente de resistência é a seguinte: príons ou proteínas infectantes (atualmente consideradas as formas mais resistentes); protozoários intestinais, como *Cryptosporidium* e endoparasitos bacterianos, que constituem uma forma altamente resistente; seguem, bem abaixo, micobactérias, cistos de protozoários, vírus hidrofílicos ou pequenos, trofozoítos de *Acanthamoeba*, bactérias gram-negativas não esporuladas, fungos (*Candida*, *aspergillus*), vírus lipofílicos ou grandes (enterovírus, adenovírus) e bactérias gram-positivas (Figura 1) (McDonnell & Russel, 1999). Os príons são, em geral, resistentes aos processos químicos e físicos, incluindo autoclavagem, calor seco, óxido de etileno e desinfetantes à base de formaldeído e glutaraldeído (Favero & Bond, 2001).

As bactérias gram-negativas são, em geral, mais resistentes aos agentes químicos do que as bactérias gram-positivas. *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia*, *Proteus* spp e *Providencia stuartii* apresentam alto nível de resistência a muitos desinfetantes. Das bactérias na forma vegetativa, as micobactérias são as mais resistentes, pois possuem uma parede celular altamente hidrofóbica,

que lhes confere uma barreira efetiva à entrada dos agentes químicos (McDonnell & Russell, 1999).

Figura 1 - Ordem descendente genérica de resistência aos desinfetantes químicos



* As conclusões sobre a resistência dos príons aos agentes químicos ainda não são universalmente definidas.

Fonte: McDonnell & Russell, 1999.

Em relação aos vírus, é geralmente reconhecido que grupos físico-químicos específicos se comportam de maneira similar em relação à susceptibilidade aos desinfetantes (Prince, 1983). Klein e De Forest (1963), em artigo clássico, definiram três categorias de vírus, esquema atualmente conhecido como Grupos de Klein-De Forest: 1) lipofílicos, pouco resistentes (exemplos: mixovírus, herpes vírus, HIV); 2) hidrofílicos, marcadamente resistentes (exemplos: poliovírus, Coxsackie, rinovírus); 3) intermediários, moderadamente resistentes (exemplos: adenovírus, reovírus, rotavírus). Alguns autores consideram os picornavírus (poliovírus e rinovírus), os parvovírus SS DNA e o vírus da hepatite A mais resistentes do que as micobactérias (Prince & Prince, 2001).

Número e localização dos microrganismos

A atividade antimicrobiana está diretamente relacionada ao número de microrganismos presentes. Quanto maior a carga microbiana, maior o tempo de exposição necessário para destruí-la (Favero & Bond, 2001). Assim, uma limpeza prévia escrupulosa, visando a reduzir o número de microrganismos, é de grande interesse para o processo de desinfecção (Rutala, 1987).

A localização e a acessibilidade aos microrganismos devem ser consideradas, uma vez que somente as superfícies em contato direto com o produto serão desinfetadas. Equipamentos contendo múltiplas peças devem ser desmontados e imersos completamente no agente, impedindo a formação de bolhas (Rutala, 1996a).

Concentração e potência do agente químico

Com poucas exceções, quanto mais concentrado o produto maior é sua eficácia e menor o tempo de exposição necessário para a destruição dos microrganismos. Cabe enfatizar a importância de se empregar os desinfetantes nas diluições de uso recomendadas pelos fabricantes de produtos comerciais ou por órgãos oficiais (Ministério da Saúde). A exposição de populações microbianas a baixas concentrações de desinfetantes pode levar os microrganismos a apresentarem uma susceptibilidade diminuída ao agente químico em questão ou a outros agentes, como os antibióticos, quando comparadas a cepas laboratoriais (Chapman, 2003; Thomas, Russell & Maillard, 2005).

Tempo de exposição

A ação antimicrobiana é diretamente relacionada ao tempo de exposição. Este deve ser rigorosamente obedecido para que se tenha a ação esperada. Os

tempos de exposição usualmente recomendados são: 1) desinfecção de superfícies: 10 a 30 minutos; 2) desinfecção de artigos: no mínimo, 30 minutos; 3) esterilização de artigos: variável de acordo com o produto (10 a 18 horas).

Fatores físicos, físico-químicos e químicos

Diversos fatores físicos, físico-químicos e químicos influenciam nos processos de desinfecção e esterilização. Destes, os mais importantes são a temperatura, o pH, a dureza da água, a umidade relativa e a matéria orgânica.

Temperatura

De modo geral, a atividade dos desinfetantes aumenta à medida que se eleva a temperatura. Entretanto, não se deve atingir a temperatura de degradação do agente químico, o que pode ocasionar a produção de substâncias perigosas à saúde e a diminuição da atividade do desinfetante (Rutala, 1996a). Os desinfetantes são comumente usados à temperatura ambiente.

pH

O pH pode influenciar na ação antimicrobiana de várias maneiras, sendo as mais comuns as seguintes: 1) na molécula – exemplo: soluções de glutaraldeído são mais estáveis em pH ácido, porém mais efetivas em pH alcalino; 2) na superfície da célula bacteriana – com o aumento do pH, o número de grupos carregados negativamente aumenta e desta forma aumenta a ligação das moléculas carregadas positivamente, como é o caso dos compostos quaternários de amônio, mais ativos em pH alcalino (Russell, 1982).

Dureza da água

Os íons divalentes cálcio e magnésio, presentes na água com alto grau de dureza, interagem com sabões e outros compostos formando precipitados insolúveis. A eficácia dos compostos quaternários de amônio é marcadamente afetada na presença de água dura.

Umidade relativa

Este fator afeta diretamente a atividade de compostos na forma gasosa, como o óxido de etileno e o formaldeído (Russel, 1982).

Matéria orgânica

A matéria orgânica em diversas formas, como soro, sangue, pus, matéria fecal e resíduos de alimentos, interfere na ação dos agentes antimicrobianos de pelo menos duas maneiras: mais comumente, ocorre uma reação entre o composto e o material orgânico, resultando num complexo menos ativo e deixando uma menor quantidade do agente químico disponível para atacar os microrganismos (Russell, 1982). Essa redução é notadamente observada com compostos altamente ativos, como os liberadores inorgânicos de cloro; alternativamente, o material orgânico pode proteger os microrganismos da ação desinfetante, funcionando como uma barreira física (Rutala, 1987).

Como já mencionado, a limpeza é essencial para remover matéria orgânica como sangue, fluidos corpóreos e outras sujidades orgânicas e inorgânicas (Rutala, 1996a), de forma a minimizar a ação desses materiais nos procedimentos de desinfecção e esterilização.

AGENTES QUÍMICOS MAIS UTILIZADOS EM DESINFECÇÃO E ESTERILIZAÇÃO

Um número considerável de agentes químicos é utilizado tanto nos laboratórios quanto nos estabelecimentos de saúde e indústrias, incluindo álcoois, compostos liberadores de cloro, formaldeído, glutaraldeído, iodóforos, fenóis sintéticos, compostos quaternários de amônio, entre outros. Entretanto, não existe um desinfetante que contemple todas as situações e atenda a todas as necessidades encontradas. Assim, o profissional precisa conhecer as características de cada um para ter subsídios suficientes que lhe permitam a escolha correta do produto, evitando custos excessivos e uso inadequado. A seleção do desinfetante deve levar em consideração aspectos como espectro de atividade desejada, ação rápida e irreversível, toxicidade, estabilidade e natureza do material a ser tratado.

Abordaremos a seguir os agentes químicos mais comumente empregados em laboratórios e hospitais.

Álcoois

Os álcoois mais empregados em desinfecção são o álcool etílico e o álcool isopropílico, sendo o primeiro o mais usado no nosso país, em função da disponibilidade e do baixo custo.

Atividade antimicrobiana

Os álcoois etílico e isopropílico apresentam atividade rápida sobre bactérias na forma vegetativa, como os cocos gram-positivos, as enterobactérias e as bactérias gram-negativas não fermentadoras da glicose, como as *Pseudomonas*. Atuam também sobre as micobactérias, incluindo o *Mycobacterium tuberculosis*, e sobre alguns fungos e vírus lipofílicos. Não possuem atividade sobre esporos bacterianos e vírus hidrofílicos (Hugo & Russel, 1982; Rutala, 1987, 1996a; Widmer & Frei, 1999).

Mecanismo de ação

O mecanismo de ação dos álcoois ainda não foi totalmente elucidado, sendo a desnaturação de proteínas provavelmente o mecanismo predominante. Na ausência de água, as proteínas não são desnaturadas tão rapidamente quanto em sua presença, razão pela qual o etanol absoluto, um agente desidratante, é menos ativo do que suas soluções aquosas (Ali *et al.*, 2001).

Características importantes

Não possuem ação residual. Coagulam ou precipitam proteínas presentes no soro, pus e em outros materiais biológicos, que podem proteger os microrganismos do contato efetivo com álcool. São inflamáveis, requerendo, portanto, cuidados especiais na manipulação e estocagem.

Aplicações

Os álcoois possuem ampla aplicação. No laboratório, são empregados para descontaminação e desinfecção de superfícies de bancadas, cabines de segurança biológica, equipamentos de grande e médio porte e para a antisepsia das mãos.

Nos estabelecimentos de saúde, são indicados para desinfecção e descontaminação de superfícies e artigos como: ampolas e vidros, termômetros oral e retal, estetoscópios, cabos de otoscópios e laringoscópios, superfícies externas de equipamentos metálicos, macas, colchões, mesas de exame, entre outros (Brasil, 1994).

A técnica de aplicação é a seguinte: friccionar a superfície com gaze ou algodão embebidos abundantemente na solução alcoólica, esperar secar e repetir a operação três vezes. Quando possível, imergir o artigo na solução (Brasil, 1994).

Concentrações usualmente recomendadas

A concentração ideal está entre 60 a 90% em volume (Widmer & Frei, 1999), sendo a concentração recomendada em torno de 77% (volume/volume), o que corresponde a 70% em peso (Brasil, 1994).

A adição de iodo na proporção de 0,5 a 1,0% (p/v) a soluções a 70% em peso incrementa a atividade e acrescenta ação residual a estas soluções.

Efeitos adversos

Os álcoois etílico e isopropílico são irritantes para os olhos e são produtos tóxicos. A frequente aplicação produz irritação e dessecação da pele (Sweetman, 2002).

Formaldeído

Atividade antimicrobiana

O formaldeído apresenta atividade para bactérias gram-positivas e gram-negativas na forma vegetativa, incluindo micobactérias, fungos, vírus lipofílicos e hidrofílicos e esporos bacterianos (Hugo & Russell, 1982). A atividade esporocida é lenta, exigindo um tempo de contato em torno de 18 horas para a maioria das formulações.

Formas de apresentação

O formaldeído é um gás encontrado disponível na forma líquida em solução a 37-40%, contendo metanol para retardar a polimerização (formalina) e, na forma sólida, polimerizada em paraformaldeído.

Mecanismo de ação

O formaldeído destrói os microrganismos através da alquilação dos grupos amino e sulfidrila de proteínas e dos anéis de nitrogênio das bases purinas (Rutala, 1996a).

Características importantes

É pouco ativo a temperaturas inferiores a 20° C. Apresenta atividade na presença de proteínas e é pouco inativado por matéria orgânica e detergentes (Collins, 1993).

Aplicações

O formaldeído é utilizado principalmente para descontaminação, através de fumigação, de ambientes fechados (cabines de segurança biológica, salas diversas, salas de envase em indústria de medicamentos estéreis, biotérios e hospitais). Para cabines de segurança biológica, é indicado para descontaminação periódica antes da troca de filtros e após contaminação acidental, principalmente quando ocorre formação de aerossóis. Em função da sua toxicidade e de seu caráter irritante e carcinogênico, somente deve ser empregado para casos restritos. Não é recomendado para desinfecção rotineira de superfícies, equipamentos e vidraria, podendo ser utilizado em situações especiais de acordo com o microrganismo envolvido.

Exemplos de concentrações usualmente utilizadas/tempo de contato:

- para fumigação em ambientes fechados:
 - 1) com formalina - 60 ml de formalina/m³, com aquecimento - durante a noite (Collins, 1993);
 - 2) com paraformaldeído - 3-4 g/0,34 m³, com aquecimento - durante a noite (Collins, 1993).
- para desinfecção de superfícies: 4% - 30 minutos (OMS, 1988).

Nos exemplos apresentados, o aquecimento é necessário para que ocorra a liberação do formaldeído na forma gasosa.

Efeitos adversos

O formaldeído é um composto altamente tóxico. Seus vapores são irritantes para os olhos e aparelho respiratório. Causa reações de sensibilização. Foi recentemente classificado como substância carcinogênica, provocando câncer nasal através de mecanismo dose dependente. A concentração máxima na atmosfera, recomendada pelo National Institute for Occupational Safety and Health, é de 0,75 ppm, para uma exposição de oito horas (Widmer & Frei, 1999). Desta forma, o uso do formaldeído deve ser racionalizado e seu emprego deve ser restrito à situação onde não haja outra alternativa.

Glutaraldeído

Atividade antimicrobiana. O glutaraldeído possui amplo e rápido espectro de atividade, agindo sobre bactérias na forma vegetativa, incluindo mi-

cobactérias, fungos, vírus lipofílicos e hidrofílicos e esporos bacterianos. Sua atividade esporocida é excelente quando comparado quando comparado a outros aldeídos, como o formaldeído e o glioxal (Gorman, Scott & Russel, 1980; Scott & Gorman, 2001).

Mecanismo de ação

A atividade biocida e inibitória do glutaraldeído é devida à alquilação dos grupos sulfidrílica, hidroxila e amino encontrados nos microrganismos, ocorrendo uma interação proteína-glutaraldeído (Gorman, Scott & Russel, 1980; Scott & Gorman, 2001).

Características importantes

É ativo na presença de material orgânico e detergentes. Não coagula material proteináceo e não é corrosivo para metais, materiais de borracha, lentes e cimento de materiais óticos (Rutala, 1996a).

Aplicações

O glutaraldeído é usado, principalmente, como esterilizante e desinfetante de equipamentos médico-cirúrgicos que não podem ser submetidos a métodos físicos (Brasil, 1994).

No laboratório, também é indicado para recipientes de descarte de material, apesar de não ser uma prática comum em nosso país, devido ao alto custo desses produtos. É indicado também para descontaminação de equipamentos sensíveis, quando não podem ser aplicadas soluções de hipoclorito de sódio.

Não é indicado para desinfecção de superfícies de maneira rotineira, somente em situações especiais de acordo com o microrganismo envolvido.

Formulações/tempo de contato

Produtos comerciais se apresentam geralmente em formulações contendo de 2% a 3,5% de glutaraldeído em soluções ácidas, que são ativadas através de agentes alcalizantes. Os tempos de contato preconizados são de trinta minutos para desinfecção e em torno de dez horas para esterilização.

Efeitos adversos

O glutaraldeído é um composto tóxico irritante para a pele, as mucosas e os olhos, porém em menor grau do que o formaldeído. Provoca dermatite e

sensibilização da pele. O limite de exposição máximo recomendado na Inglaterra é de 0,2 ppm (Reynolds, 1989; Sweetman, 2002).

Compostos Liberadores de Cloro Ativo

Existem vários compostos liberadores de cloro ativo disponíveis para alvejamento e desinfecção em diversas áreas. Os compostos mais comumente utilizados são os inorgânicos hipocloritos de sódio e cálcio e os orgânicos ácido dicloroisocianúrico e seus sais sódico e potássico e o ácido tricloroisocianúrico.

Atividade antimicrobiana

Os compostos liberadores de cloro são muito ativos para bactérias na forma vegetativa, gram-positivas e gram-negativas, ativos para micobactérias, fungos, vírus lipofílicos e hidrofílicos. Apresentam atividade moderada para esporos bacterianos. Em altas concentrações, apresentam efeito letal para os príons (Favero & Bond, 2001).

A forma ativa é o ácido hipocloroso (HOCl), que é predominante em soluções com pH de 4 a 7. Os íons hipocloritos (OCl⁻), que predominam nas soluções alcalinas com pH superior a 9, constituem a forma menos ativa (McDonnell & Russell, 1999).

Mecanismo de ação

O mecanismo exato através do qual o cloro ativo destrói microrganismos ainda não foi demonstrado experimentalmente. Algumas teorias são sugeridas, tais como: o ácido hipocloroso libera oxigênio nascente que se combina com componentes do protoplasma celular destruindo o microrganismo; combinação do cloro com proteínas da membrana celular formando compostos tóxicos; ruptura da membrana celular (Dychdala, 2001).

Características importantes

Os desinfetantes à base de cloro reagem rapidamente com a matéria orgânica, incluindo sangue, fezes e tecido. Sua atividade é marcadamente diminuída, sendo o grau de inativação proporcional à quantidade de material presente (Coates, 1991). Portanto, a concentração de cloro disponível no processo de desinfecção deve ser alta o suficiente para satisfazer à demanda do cloro (cloro consumido pela carga orgânica presente) e fornecer cloro residual suficiente para destruir os microrganismos. Esse fato deve ser cuidadosamente considerado quando se aplicam esses compostos para desinfecção

e descontaminação de superfícies e objetos contendo sangue e outros fluidos corpóreos.

Os hipocloritos são muito instáveis. Sua estabilidade depende de fatores como concentração, temperatura, pH, luz e metais. Soluções concentradas (100.000 ppm de cloro ativo) são mais instáveis do que as diluídas. Altas temperaturas e luz reduzem a estabilidade (Hoffman, Death & Coates, 1981).

O ácido dicloroisocianúrico é mais estável, principalmente quando estocado em local seco, e é menos inativado por material orgânico (Coates & Wilson, 1989). São menos corrosivos para metais do que os hipocloritos.

Os hipocloritos são corrosivos para metais. Objetos de prata e alumínio são os mais atingidos, mas instrumentos de aço inoxidável também são danificados nas altas concentrações normalmente empregadas.

Aplicações

Os compostos liberadores de cloro ativo têm uma ampla aplicação em diversas áreas. No laboratório, são apropriados para desinfecção em geral de objetos e superfícies inanimadas, inclusive as contaminadas com sangue (McDonnell & Russell, 1999) e outros materiais orgânicos, e para recipientes de descarte de materiais (Collins, 1993). Nos estabelecimentos de saúde, têm aplicação para desinfecção de superfícies e artigos semicríticos não metálicos e artigos de lactários (Brasil, 1994).

Formulações

As soluções de hipoclorito de sódio estão disponíveis para comercialização em várias concentrações, como, por exemplo, a 2-2,5% de cloro ativo, na forma de água sanitária, como reagentes químicos em concentrações variáveis de 5 a 10% de cloro ativo ou em outras concentrações. O hipoclorito de cálcio e os ácidos isocianúricos são comercializados na forma de pó.

Concentrações (em ppm de cloro ativo) e tempos de contato usualmente recomendados:

- recipientes de descarte de materiais e finalidades gerais de descontaminação e desinfecção em laboratórios - 2.500 ppm; 10.000 ppm (para superfícies contendo sangue e recipientes de descarte que recebem grandes quantidades de proteínas) (Collins, 1993);
- desinfecção/descontaminação de superfícies em hospitais - 10.000 ppm/10 minutos de contato (Brasil, 1994);

- desinfecção em lactários - 200 ppm/60 minutos (Brasil, 1994);
- desinfecção de artigos semicríticos - 10.000 ppm/30 minutos (Brasil, 1994);
- higienização rotineira de superfícies - 1.000 ppm/10 minutos (Sweetman, 2002).

Efeitos adversos

Os compostos liberadores de cloro são tóxicos, causando irritação da pele e dos olhos. Quando ingeridos, provocam irritação e corrosão das membranas mucosas. A inalação do ácido hipocloroso provoca tosse e choque, podendo causar irritação severa do trato respiratório (Reynolds, 1989; Sweetman, 2002).

Fenóis Sintéticos

Os fenóis sintéticos são derivados do fenol, em processos em que átomos de hidrogênio ligados ao anel benzênico foram substituídos por grupos funcionais (alquil, fenil, benzil ou halogênio). Os compostos mais comumente presentes em formulações de desinfetantes são: orto-fenilfenol, orto-benzil para-clorofenol e para-terciário-butilfenol.

Atividade antimicrobiana

De maneira geral, os fenóis sintéticos são ativos para bactérias na forma vegetativa, incluindo micobactérias, fungos e vírus lipídicos. Não possuem atividade biocida para esporos bacterianos e vírus hidrofílicos (Collins, 1993). Os diferentes compostos existentes variam quanto à sua atividade antimicrobiana (Fraise, 1999).

Mecanismo de ação

Os compostos fenólicos em altas concentrações agem penetrando e rompendo a parede celular bacteriana e precipitando as proteínas celulares. Baixas concentrações inativam sistemas enzimáticos essenciais e provocam o extravazamento de metabólitos através da parede celular (Rutala, 1987; Widmer & Frei, 1999).

Características importantes

São pouco afetados pela presença de matéria orgânica e por detergentes aniônicos (Widmer & Frei, 1999).

Aplicações

Os produtos à base de fenóis sintéticos são utilizados principalmente para desinfecção de objetos e superfícies inanimadas (bancadas, pisos etc.) em laboratórios, hospitais, biotérios, em situações em que haja necessidade de desinfecção na presença de matéria orgânica (Gardner & Peel, 1991).

São indicados para desinfecção/descontaminação de artigos semicríticos e superfícies em áreas críticas (UTI, centro cirúrgico, unidade de diálise). Não são recomendados para artigos que entram em contato com o trato respiratório, alimento, objetos de látex, acrílico e borracha. Não são indicados para uso em berçários devido à ocorrência de casos de hiperbilirrubinemia em crianças (Rutala, 1987; Brasil, 1994; Widmer & Frei, 1999).

No laboratório, são apropriados para desinfecção rotineira de superfícies contaminadas com bactérias não esporuladas. Podem ser utilizados como alternativa aos compostos liberadores de cloro em recipientes de descarte de materiais, com exceção dos laboratórios de virologia, para os quais não são indicados.

Formulações

Os fenóis sintéticos são comercializados em formulações complexas e concentradas, geralmente contendo dois ou mais princípios ativos, tensoativos aniônicos ou sabões e emulsificantes, uma vez que os ingredientes ativos são insolúveis em água (O'Connor & Rubino, 2001). Devem ser diluídos na hora do uso, de acordo com a recomendação do fabricante, e não devem ser estocados por mais de 24 horas (Collins, 1993).

Efeitos adversos

Os compostos fenólicos são tóxicos quando ingeridos e irritantes para a pele e para os olhos (Rutala, 1987; Widmer & Frei, 1999).

Compostos Quaternários de Amônio

Os compostos quaternários de amônio são agentes nos quais o átomo de nitrogênio do grupo amônio possui uma valência de cinco, sendo quatro

dos substituintes radicais alquila ou arila e o quinto um haleto (cloreto), sulfato ou similar.

Alguns compostos frequentemente utilizados são os cloretos de alquil-dimetilbenzilamônio e os cloretos de dialquildimetilamônio.

Atividade antimicrobiana

De maneira geral, os compostos quaternários de amônio são muito efetivos para bactérias gram-positivas e efetivos em menor grau para as gram-negativas, sendo as *Pseudomonas* especialmente mais resistentes. São ativos para alguns fungos e para vírus não lipídicos. Não apresentam ação letal para esporos bacterianos e para vírus hidrofílicos e, geralmente, não são ativos para micobactérias (Collins, 1993; Merianos, 2001; Widmer & Frei, 1999).

Mecanismos de ação

A ação bactericida é atribuída à inativação de enzimas responsáveis pelos processos de produção de energia, desnaturação de proteínas celulares essenciais e ruptura da membrana celular (Petrocci, 1983; Widmer & Frei, 1999).

Características importantes

Os quaternários de amônio são fortemente inativados por proteínas, detergentes não iônicos e sabões. São influenciados negativamente pela presença dos íons cálcio e magnésio presentes na água dura (Gardner & Peel, 1991). Possuem efeito residual.

Aplicação

São recomendados para desinfecção ordinária de superfícies não críticas, como pisos, mobiliário e paredes. São apropriados para desinfecção de superfícies e equipamentos em todas as áreas relacionadas com alimentos.

Formulações

São apresentados em formulações complexas e concentradas, contendo um ou mais princípios ativos, que devem ser diluídas de acordo com a recomendação do fabricante.

Efeitos adversos

Nas concentrações usualmente utilizadas, os compostos quaternários de amônio apresentam baixa toxicidade, porém podem causar irritação e sensibilização da pele (Gardner & Peel, 1991; Sweetman, 2002).

Iodóforos

Os iodóforos constituem uma combinação entre o iodo e um agente solubilizante ou carreador. O complexo resultante fornece um reservatório de iodo, que é liberado em pequenas quantidades na solução aquosa. O composto mais conhecido é o polivinilpirrolidona – iodo (PVP-I) (Gottardi, 2001).

Atividade antimicrobiana

Os iodóforos são ativos para bactérias na forma vegetativa, incluindo micobactérias, fungos, vírus lipofílicos e hidrofílicos (Collins, 1993). A atividade esporocida pode requerer tempo de contato prolongado (Rutala, 1996a).

Mecanismo de ação

O iodo penetra fácil e rapidamente através da parede celular dos microrganismos. O efeito letal é atribuído à ruptura das estruturas proteicas e dos ácidos nucleicos e à interferência nos processos de síntese de proteínas (Gottardi, 2001).

Características importantes

Os iodóforos são rapidamente inativados por proteínas e por alguns plásticos e substâncias naturais em menor grau. Não são compatíveis com detergentes não iônicos (Collins, 1993).

Aplicações

Os iodóforos são utilizados principalmente em antisepsia como uma alternativa à clorhexidina e em situações em que é necessária uma ação rápida e de amplo espectro. Para desinfecção, são recomendados em hospitais para artigos tais como ampolas e vidros, termômetros, estetoscópios, superfícies externas e metálicas de equipamentos. São ainda usados em superfícies e equipamentos relacionados a alimentos (Brasil, 1994).

No laboratório, têm aplicação em recipientes para descarte de materiais e para desinfecção de superfícies em geral (Collins, 1993). Não são indicados para metais não resistentes à oxidação (cromo, ferro, alumínio e outros) e para materiais que absorvem o iodo e mancham, como os plásticos.

Formulações

As formulações antissépticas comercializadas normalmente contêm 1% (p/v) de iodo disponível em base alcoólica ou aquosa. As formulações comer-

cializadas como antissépticos não devem ser utilizadas como desinfetantes, e vice-versa.

Efeitos adversos

Os iodóforos possuem baixa toxicidade, sendo irritantes para os olhos e, em menor extensão, para a pele (Collins, 1993).

Ácido Peracético

Atividade antimicrobiana

O ácido peracético é ativo para bactérias na forma vegetativa, incluindo micobactérias, fungos, vírus lipofílicos e hidrofílicos e para esporos bacterianos (Rutala, 1996a; Fraise, 1999).

Mecanismo de ação

O mecanismo de ação assemelha-se a outros peróxidos e agentes oxidantes, ou seja, atua na permeabilidade da parede celular, desnatura proteínas e oxida ligações sulfidrílicas em proteínas, enzimas e outros metabólitos (Rutala & Weber, 1999).

Características importantes

O ácido peracético é ativo na presença de matéria orgânica e possui atividade esporocida mesmo em baixas temperaturas (Block, 2001b). Tem duas características interessantes: alta solubilidade em água e decomposição produzindo substâncias de baixa toxicidade (ácido acético, água, oxigênio e peróxido de hidrogênio). É instável quando diluído e corrói materiais de cobre, bronze, aço e ferro galvanizado (Rutala & Weber, 1999).

Aplicações

No laboratório, é adequado para a desinfecção de cabines de segurança e filtros de ar (Gardner & Peel, 1991). No Brasil, o uso do ácido peracético foi autorizado em 1993 (Brasil, 1993) como componente ativo de produtos esterilizantes, desinfetantes hospitalares para superfícies fixas e para artigos semicríticos e como desinfetante para a indústria alimentícia.

Efeitos adversos

As soluções diluídas em água utilizadas como desinfetantes e esterilizantes têm baixa toxicidade. Entretanto, em soluções concentradas, são irritantes

para a pele, as mucosas, especialmente para os olhos. Os vapores podem causar irritação do trato respiratório. De acordo com dados da literatura, o ácido peracético é um agente carcinogênico fraco (Block, 2001b).

Precauções

Produtos e soluções à base de ácido peracético devem ser armazenados em local fresco, abaixo de 30°C. A embalagem deve ser provida de tampa com válvula de ventilação e resistente à chama. Devem ser manipulados com cuidado, uma vez que se trata de substância altamente oxidante (Block, 2001b).

PRECAUÇÕES AO UTILIZAR E MANIPULAR OS DESINFETANTES ESTERILIZANTES QUÍMICOS

Como referido anteriormente, a maioria dos agentes químicos utilizados para desinfecção e esterilização provoca efeitos indesejáveis sobre a pele, os olhos e o aparelho respiratório. Os profissionais envolvidos na área de desinfecção, ao manipular tais agentes químicos, devem estar atentos para a necessidade do uso de equipamentos de proteção individual, como avental, luvas e óculos de proteção.

Quando do emprego de produtos à base de formaldeído e de glutaraldeído, é necessária ainda a utilização de máscara com filtro químico, principalmente no caso de fumigação de ambientes com formaldeído.

CONCLUSÃO

O sucesso dos processos de desinfecção e esterilização química depende da correta e criteriosa escolha, aplicação e observação das características peculiares de cada agente químico e dos fatores interferentes.

Entretanto, cabe salientar que, além disso, é imprescindível que tanto os reagentes químicos empregados no preparo das soluções quanto os produtos comerciais utilizados preencham os requisitos de qualidade estabelecidos.

Desinfetantes ineficazes implicam não se alcançar o objetivo primeiro dos processos em questão, que é a destruição dos microrganismos indesejáveis, o que significa risco para o profissional, para os experimentos e para os pacientes, no caso de uso hospitalar. O desinfetante pode, desta forma, tornar-se um veiculador de microrganismos ao invés de um agente biocida. E, ainda, o emprego de concentrações incorretas subinibitórias pode selecionar populações com susceptibilidade diminuída aos agentes antimicrobianos.

REFERÊNCIAS

- ALL, Y. *et al.* Alcohols. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- BLOCK, S. S. Historical review. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001a.
- BLOCK, S. S. Peroxygen compounds. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001b.
- BRASIL. Decreto n. 79.094. Regulamenta a lei n. 6.360, de 23 de setembro de 1976, que submete ao sistema de vigilância sanitária os medicamentos, insumos farmacêuticos, drogas, correlatos, cosméticos, produtos de higiene, saneantes e outros. *Diário Oficial*, 5 jan. 1977.
- BRASIL. Portaria n. 15 de 23 de agosto de 1988. Determina que o registro de produtos com finalidade antimicrobiana seja procedido de acordo com as normas regulamentares anexas à presente. *Diário Oficial*, seção I: 17.041-17.043, 5 set. 1988.
- BRASIL. Portaria n. 122 de 29 de novembro de 1993. Inclui na portaria n. 15 de 23 de agosto de 1988 o princípio ativo ácido peracético. *Diário Oficial*, seção I: 18.255, 1º dez. 1993.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar. *Processamento de Artigos e Superfícies em Estabelecimentos de Saúde*. 2. ed. Brasília, 1994.
- BRASIL. Resolução ANVISA RDC n. 14 de 28 de fevereiro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico para produtos saneantes com antimicrobiana harmonizado no âmbito do Mercosul. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br>>.
- CHAPMAN, J. S. Disinfectant resistance mechanisms, cross-resistance, and co-resistance. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 51: 271-276, 2003.
- COATES, D. & WILSON, M. Use of sodium dichloroisocyanurato granules for spills of body fluids. *Journal of Hospital Infection*, 16: 241-251, 1989.
- COATES, D. Disinfection of spills of body fluids: how effective is a level of 10.000 ppm available chlorine? *Journal of Hospital Infection*, 18: 319-332, 1991.
- COLLINS, C. H. *Laboratory: acquired infections*. 3. ed. Cambridge: Butterworth-Heinemann, 1993.
- DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- FAVERO, M. S. & BOND, W. W. Chemical disinfection of medical and surgical

- materials. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- FRAISE, A. P. Choosing disinfectants. *Journal of Hospital Infection*, 43: 255-264, 1999.
- GARDNER, J. F. & PEEL, M. M. *Introduction to Sterilization, Disinfection and Infection Control*. 2. ed. Melbourne: Churchill Livingstone, 1991.
- GORMAN, S. P.; SCOTT, E. M. & RUSSELL, A. D. Antimicrobial activity, uses and mechanisms of glutaraldehyde. *Journal of Applied Bacteriology*, 48: 161-190, 1980.
- GOTTARDI, W. Iodine and iodine compounds. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- HOFFMAN, P. N.; DEATH, J. E. & COATES, D. The stability of sodium hypochlorite solutions. In: COLLINS, C. H. et al. (Eds.) *Disinfectants: their use and evaluation of effectiveness*. London: Academic Press, 1981.
- HUGO, H. B. Historical introduction. In: RUSSELL, A. D.; HUGO, H. B. & AYLIFFE, G. A. J. (Eds.) *Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilisation*. Oxford: Blackwell, 1982.
- HUGO, H. B. & RUSSELL, A. D. Types of antimicrobial agents. In: RUSSELL, A. D., HUGO, H. B. & AYLIFFE, G. A. J. (Eds.) *Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilisation*. Oxford: Blackwell, 1982.
- KLEIN, M. & DE FOREST, A. The inactivation of viruses by germicides. *Proceedings of the Annual Meeting of the Chemical Specialties Manufacturers Association*, 49th Mid Year Meeting, p. 116-118, 1963.
- MCDONNELL, G. & RUSSELL, D. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology Review*, 12(1): 147-179, 1999.
- MERIANOS, J. J. Surface-active agents. In: BLOCK, S. S. (Ed.) *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- O'CONNOR, D. O. & RUBINO, J. R. Phenolics compounds. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- OMS (Organização Mundial da Saúde). *Diretrizes sobre Métodos de Esterilização e Desinfecção Eficazes contra o Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV)*. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 1988. 11p. (Série da OMS sobre Aids, 2).
- PETROCCI, A. N. Surface active agents: quaternary ammonium compounds. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 3. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1983.
- PRINCE, H. N. Disinfectant activity against bacteria and viruses: a hospital guide. *Particulate & Microbial Control*, 2: 55-62, mar.-apr. 1983.

- PRINCE, H. N. & PRINCE, D. L. Principles of viral control and transmission. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- REYNOLDS, J. E. F. *Martindale: the extra pharmacopoeia*. 29. ed. London: The Pharmaceutical Press, 1989.
- RUSSELL, A. D. Factors influencing the efficacy of antimicrobial agents. In: RUSSELL, A. D. et al. (Eds.) *Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization*. Oxford: Blackwell, 1992.
- RUSSELL, A. D. Biocide use and antibiotic resistance: the relevance of laboratory findings to clinical and environmental situations. *The Lancet Infectious Disease*, 3: 794-803, 2003.
- RUSSELL, A. D. Bacterial adaptation and resistance to antiseptics, disinfectant and preservatives is not a new phenomenon. *Journal of Hospital Infection*, 57: 97-104, 2004.
- RUTALA, W. A. Disinfection, sterilization and waste disposal. In: WENZEL, R. P. (Ed.) *Prevention and Control of Nosocomial Infections*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1987.
- RUTALA, W. A. APIC guidelines for selection and use of disinfectants. *American Journal of Infection Control*, 24(4): 313-342, 1996a.
- RUTALA, W. A. Disinfection and sterilization. In: MAYHALL, C. G. *Hospital Epidemiology and Infection Control*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1996b.
- RUTALA, W. A. & WEBER, D. J. Disinfection of endoscopes: review of new chemical sterilants used for high-level disinfection. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 20(1): 69-76, 1999.
- SCOTT, E. M. & GORMAN, S. P. Glutaraldehyde. In: BLOCK, S. S. *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- SWEETMAN, S. C. (Ed.) *Martindale: the extra pharmacopoeia*. 33. ed. London: The Pharmaceutical Press, 2002.
- THOMAS, L.; RUSSELL, A. D. & MAILLARD, J.Y. Antimicrobial activity of chlorhexidine diacetate and benzalkonium chloride against *Pseudomonas aeruginosa* and its response to biocide residues. *Journal of Applied Microbiology*, 98: 533-543, 2005.
- WIDMER, A. F. & FREI, R. Decontamination, disinfection and sterilization. In: MURRAY, P. P. et al. (Eds.) *Manual of Clinical Microbiology*. 7. ed. Washington, DC: American Society for Microbiology, 1999.

10

EQUIPAMENTOS DE CONTENÇÃO: CABINES DE SEGURANÇA BIOLÓGICA

Francelina Helena Alvarenga Lima e Silva

Enfermidades podem ser adquiridas por trabalhadores que exercem atividades em instituições de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços nas quais o risco biológico e outros riscos, como o químico, o físico, o ergonômico e o de acidentes, estejam presentes nas atividades cotidianas. Estes riscos são diretamente dependentes do nível de exposição dos trabalhadores e podem ser minimizados ou mesmo eliminados através de barreiras de contenção primária, como as boas práticas laboratoriais e o uso de equipamentos de proteção individual e de proteção coletiva.

A mobilização dos trabalhadores para o reconhecimento do risco individual e coletivo não é esboçado de um mesmo modo. Compreende grupos de atores sociais que foram sensibilizados, inicialmente, através de informação e conhecimento, e estes determinarão a organização de ações que objetivarão minimizar a gravidade e amplitude destes riscos no seu ambiente.

O reconhecimento dos riscos conduz a uma das condições precípuas do uso de barreiras de contenção, que se traduz em ações que levam o trabalhador a observar as boas práticas de laboratório, de biossegurança e ambiental, destacando-se a manutenção dos equipamentos, além de sua conservação e limpeza, para atingir o objetivo principal: a segurança.

A certificação periódica é um componente que, somado às demais condições de segurança, exprime de melhor maneira a função fundamental de proteção.

A barreira de contenção secundária compreende a construção de instalações laboratoriais compatíveis com as quatro classes de risco biológico dos microrganismos. Portanto, as contenções laboratoriais dividem-

se em quatro níveis, denominados níveis de biossegurança (NB), organizados em ordem crescente de risco – NB1, NB2, NB3 e NB4. Estas instalações devem ter projeto arquitetônico, funcionamento e planejamento combinados com os equipamentos laboratoriais, as barreiras de contenção primária e as redes de provisionamento de serviços como água, gás, luz etc.

CABINES DE SEGURANÇA BIOLÓGICA

As cabines de segurança biológica são equipamentos usados como barreiras primárias que evitam fuga de partículas para o ambiente e que podem ser inaladas pelo operador, pessoal do laboratório ou outros laboratórios do conjunto de instalações cujo sistema de ventilação seja o mesmo. É importante que o duto de exaustão de ar de alguns modelos deste tipo de cabine se encontre no exterior do edifício e que a exaustão seja feita por meio de chaminés, finalizando sempre no telhado, com lançamento direto na atmosfera, longe de áreas residenciais ou qualquer outra construção na qual os indivíduos que ali vivam ou trabalhem possam estar expostos ao risco.

As atividades laboratoriais geram partículas de variadas dimensões, sendo as menores que 5 µm de diâmetro denominadas aerossóis. Se estes aerossóis fossem visíveis a olho nu, laboratoristas trabalhando em bancada aberta pareceriam envoltos em neblina. Aerossóis são formados a partir da manipulação de material líquido ou semilíquido, através de derramamento, agitação, liquidificação, centrifugação e ultracentrifugação, assim como gotejamento sobre superfície sólida ou líquida.

Outras atividades laboratoriais rotineiras geradoras de aerossóis são: espalhar cepas sobre agar, inocular culturas de células e microrganismos com pipeta, dispersar material infeccioso com alça de transferência, homogeneizar e triturar tecidos, seringas de injeção usadas para inoculação, ultrassom, limpadores à base de ultrassom, abertura de tubos com tampa de rosca ou com rolha de borracha, trabalho com animais, manipular e pesar substâncias na forma de pó etc. O trabalhador laboratorial geralmente não percebe que as partículas de aerossol geradas em suas atividades podem ser inaladas e infectar a superfície de trabalho, suas roupas, mãos e pele, além de contaminar o ambiente laboratorial e seu entorno (Inserm, 1998).

HISTÓRICO DAS CABINES DE SEGURANÇA BIOLÓGICA

A preocupação com a formação de aerossóis foi, inicialmente, relacionada com os riscos apresentados no manuseio de substâncias químicas. Por volta do século XVIII, os químicos utilizavam caixas como contenção dos vapores produzidos nos experimentos que envolviam reações químicas. No século XIX, caixas rudimentares de contenção foram utilizadas para trabalhos com animais. O primeiro modelo de cabine de segurança biológica foi concebido em 1909, por uma indústria farmacêutica americana, com o objetivo de prevenir infecção por *Mycobacterium tuberculosis* durante a preparação de tuberculina (Kruse, Puckett & Richardson, 1991).

Barreiras de contenção para biossegurança com a finalidade de proteção do operador, do ambiente e do produto foram desenvolvidas pelo Army Biological Research Laboratorie, em Fort Detrick, durante o programa de segurança desenvolvido por Dr. Arnold G. Wedum, diretor da Industrial Health and Safety, U.S. Army Biological Research Laboratories, e apresentado na 1ª Conferência de Segurança Biológica, em 1955. As cabines de contenção máxima com luvas ou *glove box*, atualmente chamadas de cabines de segurança biológica classe III, foram desenvolvidas nos anos 40. A cabine de segurança biológica com contenção parcial, parecida com capela química de exaustão, foi desenvolvida nos anos 50 e classificada como classe I. A precursora da atual cabine de segurança biológica classe II foi projetada em 1964, com base nos requisitos enunciados por uma companhia farmacêutica americana. Esta cabine proporcionava ar limpo na área de trabalho e contenção de poeiras, partículas e aerossóis, usando a tecnologia do filtro absoluto e um ventilador simples. A cabine de segurança biológica denominada classe II A foi desenvolvida em 1967 pelo National Cancer Institute. A primeira publicação sobre o desempenho de cabines de segurança biológica de fluxo laminar de ar, como foram então chamadas, ocorreu em 1968. Durante as últimas décadas, estas cabines passaram por diversas modificações tanto no desenho e desempenho quanto na ergonomia (Barbeito & Kruse, s. d.).

É absolutamente essencial que os trabalhadores dos laboratórios percebam que a barreira de contenção primária exercida pela cabine de segurança biológica não tem o papel de uma caixa mágica com superpoderes para blindar os trabalhadores contra os riscos. Esta nunca poderá substituir o conhecimento, a informação, as boas técnicas e práticas laboratoriais.

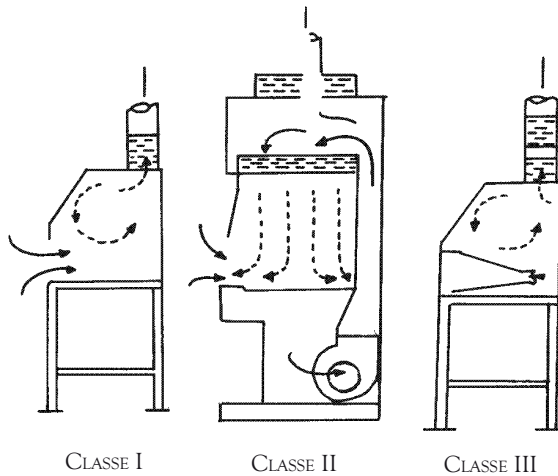
TIPOS DIFERENTES DE CABINES

As cabines de segurança biológica serão definidas pela área de trabalho (aberta ou fechada), pelo fluxo de ar, pelos equipamentos de filtração e pelos tipos de exaustão, devendo assegurar a proteção: do operador e do ambiente; do operador, do produto ou experimento e do ambiente contra aerossóis formados por agentes de risco manipulados em seu interior.

Classificação das Cabines de Segurança Biológica

O princípio fundamental da cabine de segurança biológica é a proteção do trabalhador contra exposição a aerossóis infectantes. Leva em conta a proteção do ambiente laboratorial contra a contaminação por aerossóis liberados durante as atividades e, do mesmo modo, tem por objetivo a proteção do produto e do material utilizado contra contaminações por agentes de risco biológico provenientes do ambiente. As cabines de segurança biológica estão divididas em três classes (Figura 1).

Figura 1 - Divisão das cabines de segurança biológica



Fonte: Sadir, s. d.

- CLASSE I – Barreira de contenção parcial – protege o trabalhador e o ambiente através de fluxo de ar que circula no seu interior. A exatão de todo o ar circulante é realizada por filtro absoluto.
- CLASSE II, subdividida em A ou A1, B1, B2 e B3 ou A2 – Barreira de contenção parcial – protege o trabalhador, o produto ou experimento e o ambiente através de fluxo de ar vertical no interior da cabine. Há recirculação do ar ou exatão total realizada por filtro absoluto.
- CLASSE III – Barreira de contenção total – protege o trabalhador, o produto e o ambiente através de uma cabine completamente fechada com pressão negativa. O trabalho é realizado por meio de luvas afixadas à cabine. A exatão de todo o ar circulante é realizada por dois filtros absolutos (WHO, 2003).

CABINE DE SEGURANÇA BIOLÓGICA CLASSE I

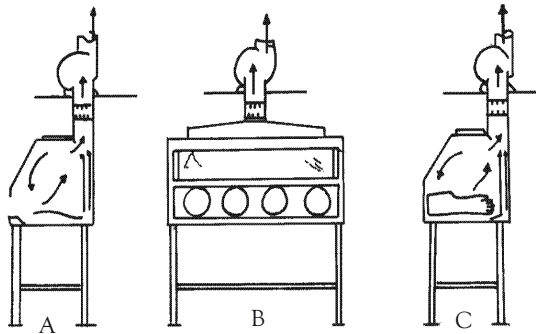
É uma modificação da capela de exatão ou cabine de segurança química usada em laboratório químico. É a configuração mais simples de uma cabine de segurança biológica, podendo ser construída com o painel frontal aberto ou fechado com luvas de borracha adaptadas. Quando construída com o painel frontal aberto, o ar do ambiente penetra na cabine pela abertura frontal com velocidade de aproximadamente 23 m/minuto (1 pé = 30,48 cm). É então extraído da cabine por um exaustor e lançado para o exterior dentro ou fora do laboratório através de um filtro *High Efficiency Particulate Air* (HEPA). Lâmpadas ultravioletas podem ser colocadas acima do filtro HEPA. Na cabine classe I não há proteção para o experimento, somente para o operador e o ambiente. É recomendada para trabalho com agentes de baixo e moderado risco biológico, além de servir de contenção para equipamentos como liquidificadores, triturador, ultrassom, processadores, homogeneizadores etc.

Alguns cuidados devem ser tomados quando uma cabine deste tipo é usada, como por exemplo: evitar pessoas andando rapidamente em frente à cabine; não retirar subitamente as mãos do espaço de trabalho; não abrir e fechar portas durante o tempo em que a cabine estiver em funcionamento.

As cabines classe I podem conter um painel frontal fechado sem a conexão de luvas de borracha. Isto aumentará a velocidade do fluxo interno para 150 pés lineares por minuto. Se estas cabines forem conectadas a dutos externos de exatão, será possível o seu uso para manipulação de materiais tóxicos voláteis

e radioativos, assim como materiais de risco biológico. A cabine classe I com luvas de borracha longas acopladas ao painel frontal possui um dispositivo de liberação de pressão do ar que fornece proteção adicional ao operador. Este tipo de cabine deve conter uma entrada de ar com filtro HEPA adaptado e ajustado (Richmond *et al.*, 2000). Não é recomendado o uso de gases e vapores no interior da cabine classe I (Figuras 2a e 2b).

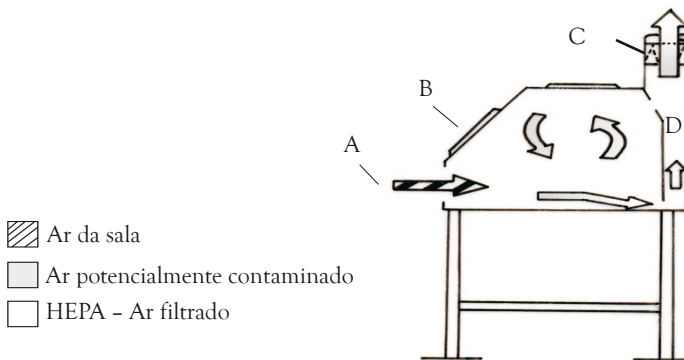
Figura 2a – Diagrama de cabines de segurança biológica classe I



Obs.: A - uso convencional; B - com painel frontal preso à cabine; C - com luvas de borracha presas ao painel frontal.

Fonte: Kruse, Puckett & Richardson, 1991.

Figura 2b – Diagrama detalhado da cabine de segurança biológica classe I



Obs.: A - abertura frontal; B - vidraça; C - filtro HEPA de exaustão; D - exaustão *plenum*.

Fonte: WHO, 2003.

FILTRO HEPA

Os filtros feitos de fibra vegetal, animal e mineral são conhecidos pelo homem desde a Antiguidade. Há referências sobre seu uso pelos romanos, que se protegiam durante trabalhos realizados com mineração. Com os avanços tecnológicos, filtros de alta eficiência para partículas submicrônicas desempenham papel decisivo como fator de proteção. Nos anos 40, foi desenvolvido o filtro HEPA, feito de microfibras de papel de vidro com espessura de 60 μ e diâmetro variando de 0,4 a 14 μ . Sua eficiência é de 99,99% para partículas de 0,3 μ de diâmetro, chamadas *Maximum Penetration Particulate Size* (MPPS).

Dois tipos de filtração podem ser exemplificados: a de partículas e a molecular. A filtração de partículas compreende aerossóis, pó, gotículas e microrganismos, daí a necessidade de um filtro de alta eficiência, como o filtro HEPA. A filtração molecular é realizada por carvão ativado que absorve gases, vapores e moléculas. As fibras do filtro HEPA formam uma trama tridimensional que remove partículas do ar que o atravessam por meio de inércia, interceptação e difusão.

Mudanças de direção do ar fazem com que as partículas encontrem as fibras. Partículas grandes não seguem esta mudança de direção devido à inércia. Elas continuam sua direção original e batem em uma fibra, onde ficam aderidas. Partículas pequenas têm menos inércia, seguem a linha de fluxo de ar e, mais cedo ou mais tarde, passarão perto de uma fibra e ficarão presas. Ao se aproximarem suficientemente de fibras que formem uma passagem que seja metade do seu diâmetro, serão interceptadas e retidas. Partículas ainda menores ($< 0,1 \mu\text{m}$) assumem movimento browniano e, do mesmo modo, ficam aderidas por forças eletrostáticas (van der Waals), tornando muito difícil o seu deslocamento. A combinação destes mecanismos retém partículas submicrônicas e explica sua eficiência. O uso apropriado de pré-filtro, a troca periódica dos mesmos e cuidados especiais de higiene e limpeza do ambiente aumentam a expectativa de vida do filtro HEPA em até seis anos.

ÁREAS LIMPAS

As áreas limpas são empregadas em laboratórios, hospitais, indústrias farmacêuticas, biotecnológicas, alimentícias, eletrônicas e microeletrônicas e no processo de fabricação de semicondutores. Munidos do microscópio como ferramenta para corroborar suas pesquisas, Pasteur, Koch e outros pioneiros há mais de cem anos fundamentaram a teoria de que microrganismos causariam infecções e doenças. Lister, cirurgião inglês, baseado nas experiências destes grandes microbiologistas, reduziu drasticamente as infecções adquiridas pelos pacientes nas salas cirúrgicas, criando o conceito de sala asséptica nos hospitais em que operava em Londres. Utilizou como antisséptico uma solução de ácido fênico em instrumentos e nas mãos dos cirurgiões, além de vaporizá-la no ar. O conceito sobre salas limpas surgiu, assim, em hospitais no século XIX.

Embora as salas limpas de ontem fossem similares às de hoje, havia falhas na ventilação e na limpeza do ar. Após a Segunda Guerra Mundial, com a construção de locais de pesquisa e armazenamento de armas químicas e biológicas, produziram-se os filtros HEPA, que auxiliavam na filtração de partículas do ar. Em 1946, foram construídas salas com pressão positiva em relação aos ambientes adjacentes.

Devido aos avanços científicos, houve a necessidade de criar ambientes com atmosfera controlada para o desenvolvimento de processos de alta tecnologia para fabricação, montagem e manutenção de insumos. Na década de 1960, foi criado o sistema unidirecional ou fluxo laminar de ar, um conceito de ventilação que utiliza filtros HEPA. Nesse mesmo período, pesquisas determinaram que o ser humano era dispersor de partículas e microrganismos através da pele, dos movimentos e da respiração, sendo veículo de contaminação para ambientes em que se necessitava de ar limpo de partículas. Na mesma década, utilizou-se o fluxo de ar como forma de remover partículas contaminantes em hospitais. Empregou-se o fluxo laminar de ar durante cirurgias, reduzindo de 9% para 1,3% as infecções (Quadro 1).

Quadro 1 - Emissão de partículas maiores que $0,3 \mu$ conforme atividade humana

Sentado sem movimento	100.000
Sentado movimentando mãos e braços	500.000
Movimentos em baixa velocidade	1.000.000
Sentando-se e levantando-se	2.500.000
Caminhando a 3 km/h	5.000.000
Fazendo ginástica	10.000.000

Fonte: Figueiredo, 2005.

SALAS LIMPAS

São áreas em que se propõe limitar ou controlar a quantidade de partículas presentes no ambiente. Com o uso de filtros absolutos (HEPA) se consegue um ar com nível de limpeza notavelmente superior ao normalmente encontrado nas salas convencionais. O nível de limpeza destas salas independe do número de pessoas que nelas trabalham. Uma sala limpa desenhada adequadamente deve ser capaz de eliminar as partículas, levando-as a um ponto que não é considerado como fonte de contaminação. Estas salas exigem alto custo para sua construção, operação e manutenção. Os filtros HEPA nelas instalados podem ser: vertical (módulo no fundo da sala ocupando total ou parcialmente uma parede) ou horizontal (módulo no teto da sala).

Salas limpas são utilizadas em hospitais, principalmente em centros cirúrgicos, centros de terapia intensiva e em áreas de isolamento de doenças infectocontagiosas. A indústria farmacêutica também necessita de ar com qualidade para os processos de fabricação de medicamentos. Um sistema de análise do ar em salas de produção de injetáveis busca minimizar contaminações.

Instituições de pesquisa que possuem laboratórios com nível de biossegurança 2 e 3 igualmente necessitam de ar filtrado por filtro HEPA, tanto no insuflamento de ar das salas quanto nos dutos de exaustão das mesmas. A indústria microeletrônica possui padrões de exigência no que diz respeito à quantidade de partículas existentes no ar, visto que na fabricação de circuitos uma simples partícula pode danificar componentes, *chips* ou mesmo placas (Herlin, 1992).

Ao entrar em uma sala, os trabalhadores devem atender a cinco requisitos:

- 1) Ter recebido capacitação em biossegurança e controle de contaminação ambiental.
- 2) Estar autorizados e habilitados.
- 3) Estar em excelente condição de saúde, isto é, não ter problemas dermatológicos (escamação e inflamações na pele, unhas e cabelos) e problemas respiratórios (tosse, coriza, resfriados).
- 4) Manter perfeito asseio pessoal.
- 5) Usar roupas limpas e adequadas para este fim.

CLASSIFICAÇÃO DAS SALAS LIMPAS

O método frequentemente utilizado para a classificação das salas limpas é o recomendado pela norma Federal Standard (FS) 209E, dos Estados Unidos, que utiliza um pé cúbico para a contagem de partículas. Recentemente, a norma FS-209E foi substituída pela norma internacional ISO 14644-1, em que a classificação das salas limpas é feita de acordo com o número de partículas encontradas por metro cúbico de ar. No Brasil, a referência normativa sobre o tema é a NBR-13700/1996: Áreas limpas - classificação e controle de contaminação (Quadro 2).

Quadro 2 - Partículas por volume de ar no ambiente

Classe	Classificação (sistema inglês)	Partículas de 0,5 µm/ unidade metro cúbico	Partículas de 0,5 µm/ volume pé cúbico
M 1,5	1	35,3	1,00
M 2,5	10	3.530	100
M 3,5	100	3530	100
M 4,5	1.000	35.300	1000
M 5,5	10.000	353.000	10.000
M 6,5	100.000	3.530.000	100.000

Fonte: Adaptado de Santos & Mastroeni, 2004.

CLASSES

A classe é estabelecida de acordo com a limpeza do ar fornecendo o limite de partículas em concentrações especificadas. Indica processos para averiguação da limpeza do ar e promove as bases para desenvolver um programa de monitoramento. Os ambientes, salas ou zonas limpas de trabalho são áreas nas quais se tem como objetivo limitar ou controlar a quantidade de partículas presentes.

- Classe 1 – Ambiente utilizado na manufatura de circuitos integrados usando geometria submicron.
- Classe 10 – Ambiente para fabricação de semicondutores e circuitos integrados com linhas menores que 2 μ .
- Classe 100 – Ambiente livre de microrganismos (bactérias) e partículas, utilizado nos processos de manufatura de produtos médicos injetáveis, cirurgias de implantes ou transplantes, cirurgias ortopédicas, isolamento de pacientes imunodeprimidos, fabricação e montagem de semicondutores e circuitos integrados, satélites.
- Classe 1.000 – Indústria de precisão de alta qualidade, mancais miniaturizados, giroscópios de precisão.
- Classe 10.000 – Dispositivos ópticos de alta precisão, montagem de equipamentos hidráulicos e pneumáticos de precisão, válvulas servocontroladas, dispositivos de relógios de precisão, filmes fotográficos, peças eletrônicas, montagem de semicondutores.
- Classe 100.000 – Montagem de válvulas, montagem hidráulica e pneumática, mancal de grande porte, montagem de componentes eletroeletrônicos, serviços ópticos em geral.

TESTES DOS FILTROS

Para testar os filtros, usam-se os seguintes instrumentos de medição:

- Contador de luz branca operando por espalhamento (*light screening*) para partículas com limite inferior da 0,3 μ .
- Contador *laser*: partículas com limite inferior de 0,1-0,2 μ .
- Contadores de núcleo de condensação (CNC): utiliza um princípio anteriormente aplicado na meteorologia para medir partículas nas altas camadas atmosféricas, tendo sido recentemente recomendado seu uso

para áreas de filtragem de ar e salas limpas, devido à dificuldade para se medir partículas com diâmetro na ordem de 0,01 a 0,02 μ , onde o contador *laser* já não é mais adequado. CNC exige utilização simultânea de outros instrumentos, como classificador eletrostático, diluidor com contador *laser* etc.

- Di-Octil-Phtalato (DOP): é um aerossol uniforme, de 0,3 μ , cuja penetração através do filtro é medida por fotômetro e contador de partículas. Um filtro adequado para cabine de segurança biológica deverá ter penetração de DOP não excedendo 0,003%, quando testado segundo o British Standard n. 3.928 (British Standard Institution, 1969).
- Pressão de ponto de bolha: a membrana filtrante é umedecida com líquido, que pode ser água destilada, álcool ou outro líquido recomendado. Verifica-se qual a pressão de gás necessária para expulsar o líquido dos poros da membrana. Se a pressão encontrada for igual ou maior do que a especificada pelo fabricante, o filtro é considerado íntegro. É tido como um teste subjetivo quando realizado sem o auxílio de equipamento específico para medição (Engefiltro, s. d.).

FLUXO LAMINAR DE AR

É definido como uma massa de ar confinado que se move com velocidade uniforme ao longo de linhas paralelas. Nestas condições, a massa de ar atua como um 'pistão' cuja pressão carrega as partículas geradas, sem criar turbulência.

CONTROLE DA ÁREA LIMPA

Todos os aspectos referentes ao uso de salas limpas devem ser estudados cuidadosamente, como também os aspectos relacionados à sua construção e manutenção. São eles:

- Prevenir a entrada de partículas: isto se consegue por meio da filtragem do ar que penetra na sala, usando-se pré-filtros e mantendo-se os filtros absolutos em condições de total segurança.
- Remover partículas geradas internamente: o sistema de manejo de ar deve ser programado para trocas contínuas, eliminando assim as partículas geradas.

- Controlar geração interna de partículas: a roupa usada na área deve ser bem desenhada, feita de tecido adequado, que não desprenda fibras e não facilite o acúmulo de partículas, submetendo-se à lavagem constante e adequada esterilização.
- Proteger o produto contra o impacto e a sedimentação de partículas em áreas onde o nível de contaminação é baixo. A proporção de partículas pequenas que sedimentam lentamente e têm permanência prolongada no ambiente exige cuidado especial.
- Verificar em períodos não superiores a seis meses as pressões diferenciais entre as salas limpas, os vestiários e as áreas adjacentes.
- Dar atenção especial ao estado de pisos, paredes e tetos, verificando-se a inexistência de desprendimentos, ranhuras etc. O nível de iluminação deve ser sempre controlado.
- Prover os meios e mecanismos necessários à limpeza e/ou desinfecção de materiais e equipamentos que são colocados nesta área, evitando, assim, transferência de contaminação.
- Treinar o pessoal nas técnicas referentes ao uso e à manutenção de salas limpas, havendo reciclagem periódica.
- O controle microbiológico permanente é fundamental na avaliação das condições ambientais.

Destacam-se como exemplos de áreas onde salas limpas são necessárias: indústria aeroespacial, eletrônica, farmacêutica e de alimentos; hospitais e laboratórios etc. Nestes ambientes a manutenção, a avaliação de um profissional especializado e as boas práticas de produção e de laboratório, assim como as normas de biossegurança serão a base de um trabalho com segurança e qualidade.

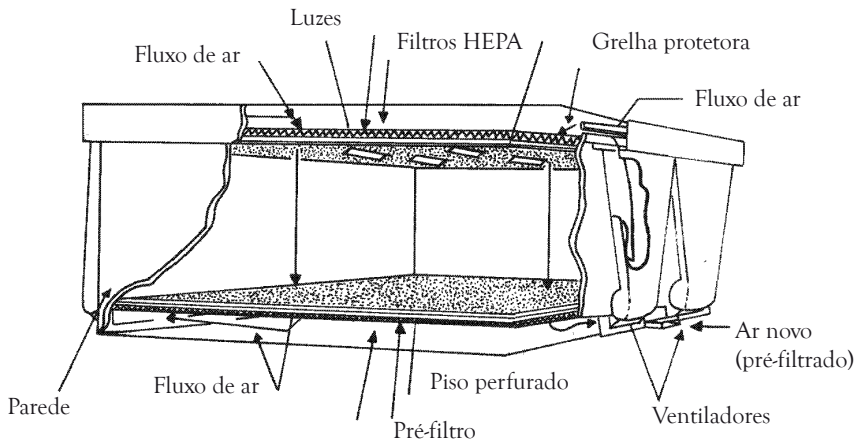
MÓDULOS DE FLUXO LAMINAR DE AR

São áreas portáteis, limitadas por cortina de PVC flexível ou outro material rígido transparente, como vidro temperado ou acrílico, que, devido ao tipo de contenção, classificam a área de trabalho como classe 100, segundo o FS-209E. São de grande eficiência para o controle da contaminação em áreas críticas de produção de alimentos e fármacos, controle de qualidade nas indústrias ou para isolamento de pacientes em hospitais, principalmente em unidades de

terapia intensiva de queimados e centros cirúrgicos, e também na indústria de componentes de microeletrônica.

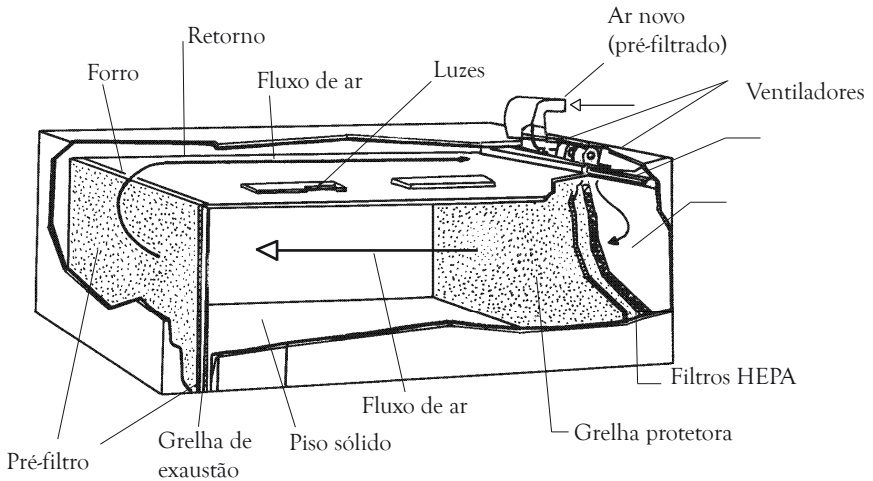
O fluxo de ar passa através de um pré-filtro e por um filtro HEPA, na maioria das vezes perpendicularmente ao piso (Módulo de Fluxo Vertical de Ar), mas também pode passar horizontalmente (Figuras 3 e 4). Este modelo apresenta enorme versatilidade, pois pode ser acoplado em sequência, com total aproveitamento e sem afetar a construção civil. O sistema pode ser sustentado por pés fixos, rodízios ou ainda ser pendurado na laje (Figura 5). Os módulos de fluxo laminar de ar não substituem o uso de cabines de segurança biológica ou capelas químicas de exaustão nos trabalhos que envolvam material de risco biológico, toxinas, agentes anticâncer, radionuclídeos e substâncias de risco químico.

Figura 3 – Diagrama da sala de fluxo laminar vertical de ar com filtro HEPA no teto, piso perfurado para captação do ar e pré-filtro



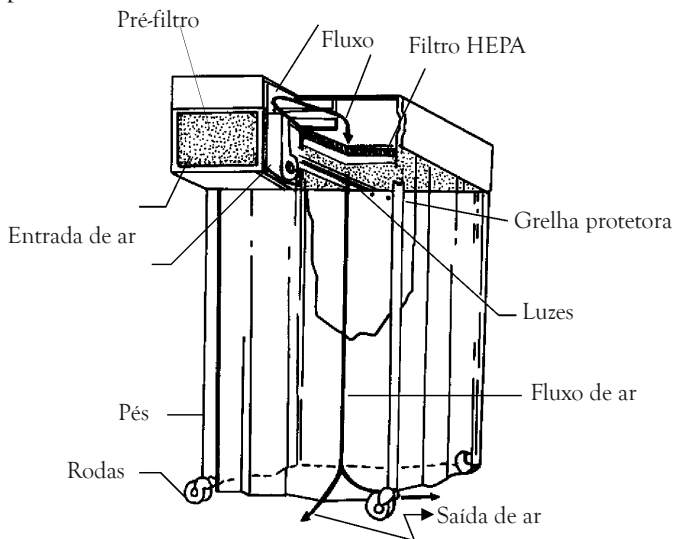
Fonte: Sadir, s. d.

Figura 4 - Diagrama do quarto de fluxo laminar horizontal de ar com filtro HEPA em uma das paredes laterais, grelha de exaustão e pré-filtro na parede oposta



Fonte: Sadir, s. d.

Figura 5 - Módulo de fluxo laminar vertical de ar com cortina de PVC e rodas para transporte



Fonte: Sadir, s. d.

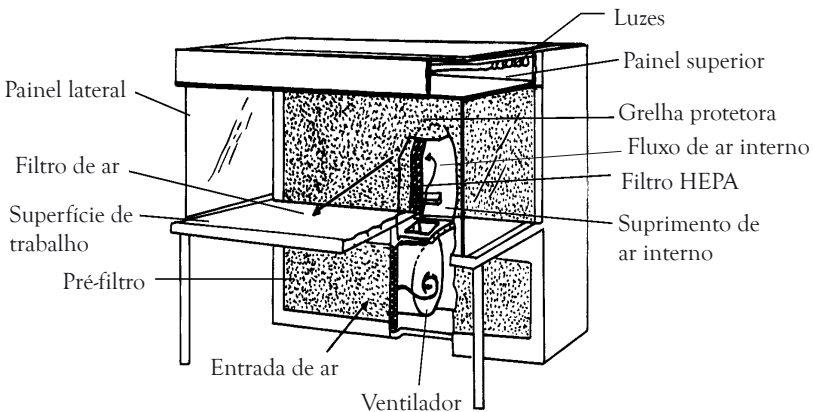
FLUXO LAMINAR HORIZONTAL OU *CLEAN BENCH*

É uma miniatura da sala limpa na forma de bancada ou cabine de trabalho. Na sua construção, um ou dois filtros HEPA são colocados diretamente em frente à área de trabalho. O número de motores é reduzido e um pré-filtro é alocado na entrada de ar para eliminar partículas de maior tamanho, proporcionando, assim, total proteção ao produto manipulado.

Embora o produto (meio de cultura, culturas de tecido, cultura de tecidos vegetais etc.) esteja protegido através do fluxo laminar horizontal, não é aconselhável usá-lo para trabalhos com risco químico, risco biológico e material radioativo, devido ao fluxo de ar que é lançado diretamente sobre o operador deste tipo de cabine. O ambiente, igualmente, não está protegido dos aerossóis gerados.

É indicado para: teste de esterilidade, preparo de meio de cultura, acondicionamento estéril, preparação de soluções parenterais, nutrições enterais, trabalhos de microeletrônica, fabricação de fibra ótica, laboratório fotográfico, laboratório ótico, agricultura e agropecuária (Figura 6).

Figura 6 – Cabine de segurança biológica de fluxo laminar horizontal de ar ou *Clean Bench*



Fonte: Sadir, s. d.

CABINE DE SEGURANÇA BIOLÓGICA CLASSE II

A cabine classe II é conhecida como cabine de segurança biológica de fluxo laminar de ar. O princípio fundamental é a proteção do operador, do ambiente e do experimento ou produto. Possui uma janela com abertura frontal que permite acesso à superfície de trabalho. Pode ter alarme sonoro ou luminoso que previne quando o painel frontal correção ou basculante não está na altura de segurança de 20 cm para execução do trabalho. Alguns modelos de cabines são construídos com painel frontal duplo que pode ser fechado ao término do trabalho. O painel deverá ser de vidro temperado para maior segurança. Outras têm alarme de segurança para o filtro HEPA, caso este apresente algum dano. Além disso, há aquelas que possuem processo de fumigação automática e componentes à prova de explosão. As cabines devem ter cantos arredondados para facilitar a limpeza.

Uma cortina de ar formada por ar não filtrado que passa da sala à cabine, ar que atravessa o filtro HEPA situado na parte superior da cabine, evita que os contaminantes gerados dentro da cabine sejam transportados pelo ar e escapem pela abertura frontal. A cabine classe II possui ventilador, motor, pré-filtro, filtros HEPA para suprimento e exaustão de ar, luz, gás, luz UV, câmaras laterais, alarme, tomadas etc.

A cabine classe II está dividida em II A (ou A1), II B 1, II B 2 e II B 3 (ou A2), segundo suas funções. A cabine classe II A (ou A1) apresenta exaustão dentro do ambiente laboratorial e é adequada para pesquisa microbiológica, mas deve ser evitado o seu uso com substâncias químicas voláteis, tóxicas e radionuclídeos, visto que o ar é recirculado dentro da cabine. As cabines tipo II B possuem dutos rígidos de exaustão e contêm um sistema de ar de pressão negativa, permitindo o trabalho com substâncias tóxicas ou radionuclídeos.

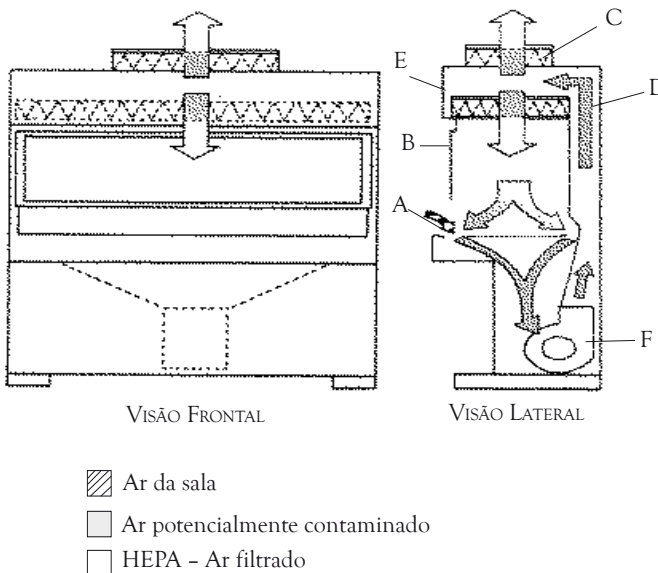
As normas e os padrões para uso das cabines de segurança biológica classe II são: NSF49 (National Sanitation Foundation Standard, Ann Arbor, Michigan) dos Estados Unidos e EN12469 da Comunidade Europeia. Estas definem os critérios de desempenho sob os quais a cabine de segurança biológica deve proteger o operador, o experimento/produto e o ambiente (OPS, 2002).

CABINE CLASSE II A OU CLASSE II A1

O fluxo frontal de ar interior é de 75 pés/minuto e a percentagem de recirculação de ar, de aproximadamente 70%. A exaustão é feita por um filtro HEPA que descarrega o ar saturado diretamente no ambiente da sala. O topo da cabine e suas laterais precisam estar distantes pelo menos 20 cm do teto e das paredes (Figura 8). Não se deve usar este tipo de cabine com substâncias tóxicas, explosivas, inflamáveis ou radioativas, pela elevada percentagem de ar que é recirculado na cabine e no ambiente.

A cabine classe II A ou A1 protege tanto o operador como o produto. Agentes de risco biológico classe 1, 2 e 3 e organismos geneticamente modificados (OGMs) podem ser manipulados em pequenas quantidades. O operador deverá usar, durante as manipulações no interior da cabine classe II A ou A1, o Equipamento de Proteção Individual (EPI) composto, por exemplo, de jaleco, gorro, máscara e luvas descartáveis, óculos de proteção ou protetor facial, além de outros EPIs considerados necessários (OPS, 2002).

Figura 8 - Vista frontal e corte da cabine de segurança biológica classe II A ou A1



Obs.: A - abertura frontal; B - vidraça; C - filtro HEPA de exaustão; D - exaustão plenum posterior; E - Entrada de ar com filtro HEPA; F - ventoinha.

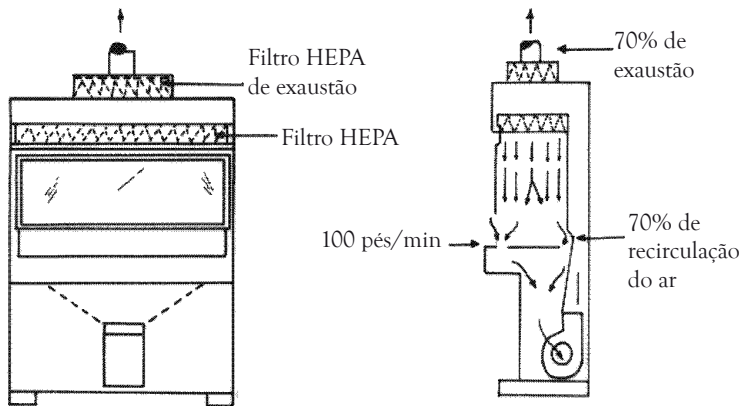
Fonte: WHO, 2003.

CABINE CLASSE II A2 OU CLASSE II B3

É uma variação da cabine classe II A ou A1 e apresenta as seguintes diferenças: a velocidade do fluxo frontal de ar é de 100 pés/minuto, e o ar é esgotado por um duto sob pressão negativa diretamente para o exterior do edifício (Figura 9).

Com este tipo de exaustão, a cabine pode ser utilizada para manipulação de pequenas quantidades de substâncias químicas como, por exemplo, substâncias voláteis, tóxicas, irritantes, carcinogênicas e com traços radioativos. Agentes de risco biológico classe 1, 2 e 3 e OGMs podem, do mesmo modo, ser manipulados neste tipo de cabine. A cabine classe II B3 ou A2 protege o operador, o produto e o ambiente (OPS, 2002).

Figura 9 – Vista frontal e corte da cabine de segurança biológica classe II A2 ou classe II B3



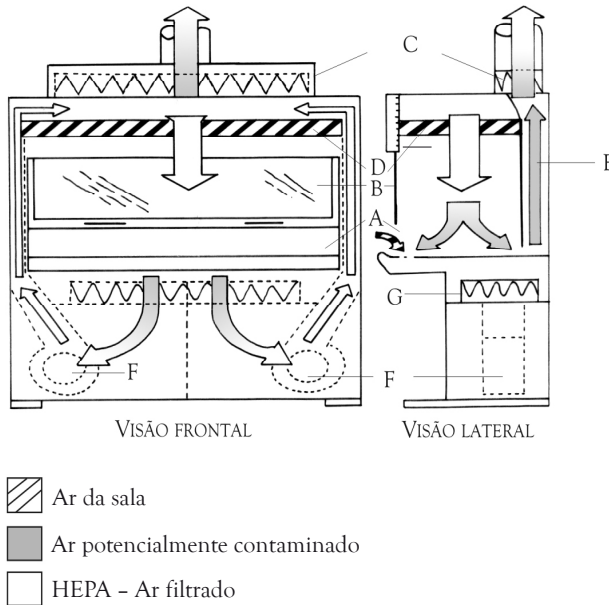
Fonte: Kruse, Puckett & Richardson, 1991.

CABINE CLASSE II B1

O filtro HEPA que introduz ar estéril na cabine está abaixo da área de trabalho; 70% do ar saturado sai através de um filtro HEPA acoplado a um exaustor, que o expulsa para o exterior do edifício por um duto que termina na forma de chaminé no telhado (Figura 10). O fluxo de ar no seu interior é de 100 pés/minuto e a percentagem de recirculação é de 30%. Este tipo de cabine pode ser usado em operações de risco moderado com materiais químicos voláteis e agentes de risco biológicos tratados com mínimas quantidades de

produtos químicos tóxicos, irritantes e traços de radionuclídeos, além de toxinas, drogas anticâncer, substâncias carcinogênicas etc. Agentes de risco biológico classe 1, 2 e 3 e OGMs podem ser manipulados neste tipo de cabine. A cabine classe II B 1 protege o operador, o produto e o ambiente (OPS, 2002).

Figura 10 – Vista frontal e corte da cabine de segurança biológica classe II B 1



Obs.: A - abertura frontal; B - vidraça; C - filtro HEPA de exaustão; D - entrada de ar com filtro HEPA; E - pressão negativa; F - ventoinha; G - filtro HEPA para suprimento de ar. É necessário conexão da cabine de exaustão com o sistema de exaustão do edifício.

Fonte: WHO, 2003.

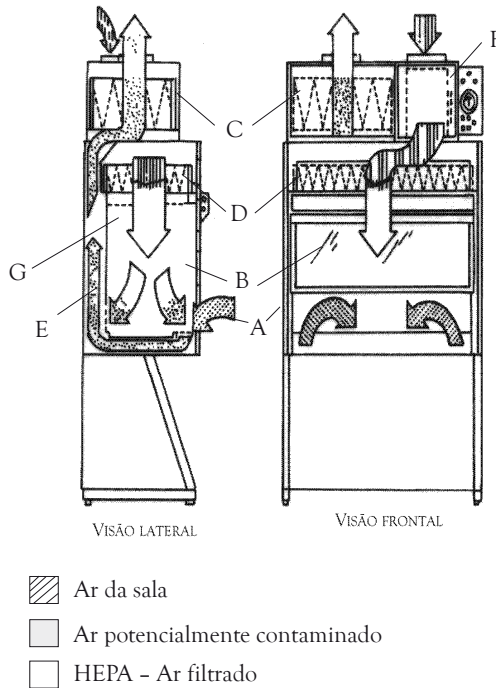
CABINE CLASSE II B2

O fluxo de ar é de 100 pés/minuto e não há recirculação de ar (total esgotamento). O ar é insuflado pelo topo da cabine, passando através de um pré-filtro e, imediatamente, para o seu interior por um filtro HEPA. O ar filtrado atravessa somente uma vez a área de trabalho, sendo esgotado através do filtro HEPA acoplado a um duto para o exterior do edifício. Durante a utilização do equipamento, os *plenums* e dutos funcionam com pressão negativa. Há um

sistema de *dampers* e alarmes que proporciona um balanceamento completo do sistema de insuflamento e exaustão (Figura 11).

Agentes de risco biológico classe 1, 2 e 3, OGMs, agentes de risco biológicos tratados com produtos químicos voláteis e/ou tóxicos e com radionuclídeos são manipulados neste tipo de cabine. Operações de risco moderado que incluem materiais químicos irritantes, carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos, além de toxinas, drogas anticâncer etc., podem ser manipuladas neste tipo de cabine. O uso da cabine classe II B 2 exige avaliação de risco e qualificação dos operadores. A cabine classe II B 2 protege o operador, o produto e o ambiente.

Figura 11 – Vista frontal e corte transversal da cabine de segurança biológica classe II B2



Obs.: A - abertura frontal; B - vidraça; C - filtro HEPA de exaustão; D - entrada de ar com filtro HEPA; E - exaustão *plenum* com pressão negativa; F - tela de filtro.

É necessário conexão da cabine de exaustão com o sistema de exaustão do edifício. (O filtro de carbono no sistema de exaustão do edifício não é mostrado).

Fonte: CDC, s. d.

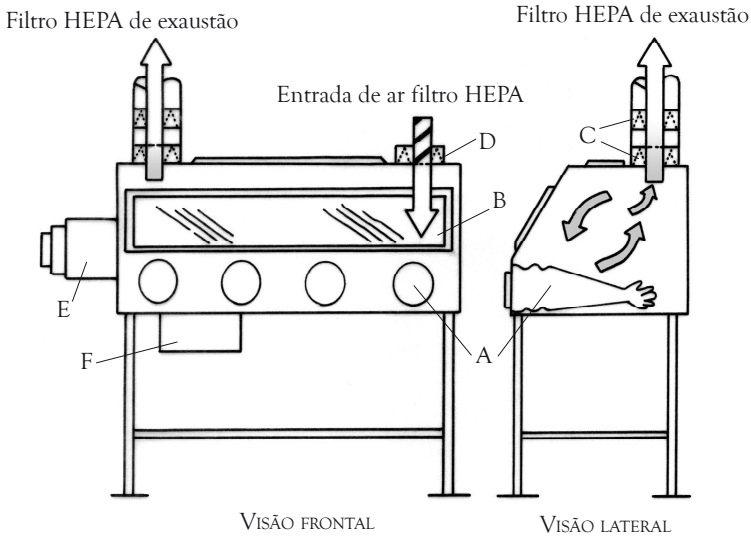
CABINE DE SEGURANÇA BIOLÓGICA CLASSE III




É absolutamente hermética, com ventilação própria à prova de escape de ar, e oferece alta proteção ao operador, ao ambiente e ao material pesquisado. Este tipo de cabine é adequado para trabalho com agentes de risco biológico dos quais não se tenha informação disponível ou que tenham causado infecções fatais em homens e animais. Possui diversos serviços e é construída em aço inoxidável com vidros blindados. O trabalho é efetuado por meio de luvas de neoprene presas à cabine. A temperatura deve ser controlada, evitando-se sua elevação. O ar penetra na cabine através de filtros HEPA em série e circula com trocas de pelo menos dez vezes por hora. Para purificar o ar contaminado que é esgotado, instalam-se dois filtros HEPA em série no duto de exaustão ou colocam-se um filtro HEPA e um incinerador com exposição de seis segundos a 300°C do ar, antes de este ser lançado para o exterior do edifício.

A cabine classe III (Figura 12) é operada com pressão negativa de 1,9 a 5,0 cm no marcador em relação ao laboratório, proporcionando absoluta contenção ao material de risco biológico. A introdução e retirada de materiais se efetuam por meio de câmaras de ar com seladores ou autoclaves de porta dupla com sistema hidráulico ou elétrico de abertura e fechamento. A descontaminação de todo material utilizado é feita por câmaras de fumigação ou por recipientes de imersão com desinfetantes (*dunk tank*). Os resíduos líquidos são recolhidos em um depósito e descontaminados antes de serem lançados ao sistema de esgoto.

A cabine classe III contém todos os serviços, como refrigerador, *freezer*, incubadora, centrífuga, microscópio e sistema de manuseio de animais (Quadro 3). Igualmente, pode ser adaptada para trabalhos que envolvam radioisótopos de vida longa. Não deve conter gás devido ao perigo de explosão. Ela precisa estar localizada no interior de uma unidade geograficamente isolada de outros laboratórios ou áreas da instalação, por meio de barreiras físicas secundárias construídas para garantir a máxima proteção – laboratórios de contenção máxima (LCM) ou laboratórios de nível de biossegurança 4 (NB-4). Normas rígidas de segurança devem ser seguidas tanto para o acesso quanto para a saída dos operadores. O uso da cabine classe III é limitado devido ao alto custo de instalação e manutenção. Somente grandes centros de pesquisa a possuem.

Figura 12 – Cabine de segurança biológica classe III



-  Ar da sala
-  Ar potencialmente contaminado
-  HEPA - Ar filtrado

Representação esquemática de uma cabine de segurança biológica classe III (*Glove Box*)

Obs.: A - abertura para luvas de cano longo; B - vidraça; C - duplo filtro HEPA de exaustão; D - entrada de ar com filtro HEPA; E - autoclave de saída dupla ou caixa de passagem; F - tanque de desinfecção química

É necessário conexão da cabine de exaustão com o sistema de exaustão do edifício.

Fonte: WHO, 2003.

Este tipo de cabine oferece máxima proteção ao operador, experimento/ produto e ambiente. Agentes de risco biológico classe 4 - como, por exemplo, os Arbovírus, Arenavírus e Filovírus (Sabiá, Junin, Guarani, Machupo, Ebola, Lassa, Marburg, vírus de febre hemorrágica, encefalite do carrapato da Europa Central etc.) - e material de pesquisa de DNA de alto risco podem ser manipulados neste modelo de cabine (WHO, 2003).

Quadro 3 – Organização de uma cabine de segurança biológica classe III modular

Módulo	Função	Equipamento
Esterilização por autoclave	Descontaminação de materiais e resíduos	Autoclave
Esterilização superficial	Estoque e suplemento para descontaminação química	Tanque de imersão química (<i>dunk tank</i>)
Cabine para conservação a frio	Estoque de reagentes e meios de cultura	Refrigerador + 5°C e <i>freezer</i> - 20°C
Posto de trabalho I	Para manipulação asséptica de agentes de risco biológico classe 4	Bancada da cabine, banho-maria, pipetas automáticas e mecânicas etc.
Cabine incubadora	Manutenção e exame microscópico de culturas	Estufa de CO ₂ microscópio invertido, <i>web</i> câmera
Posto de trabalho II	Para manipulação asséptica de agentes de risco biológico classe 4	Bancada da cabine, banho-maria, pipetas automáticas e mecânicas etc.
Cabine para ultracentrifugação	Purificação e isolamento de agentes de risco biológico classe 4	Ultracentrífuga
Cabine de manutenção de animais	Animais de pequeno porte em experimentação	Gaiolas

Fonte: Adaptado de Henkel, Sandberg & Hilliard, 2002.

VESTIMENTA OU TRAJE INDIVIDUAL DE PRESSÃO POSITIVA OU ESCAFANDRO

A proteção individual da vestimenta pressurizada é uma analogia àquela fornecida pelas cabines de segurança biológica classe III. A vestimenta pressurizada é formada por uma peça única, mantida sob pressão positiva, e possui um sistema de suporte de vida com filtro absoluto HEPA e filtro de carvão ativado. É confeccionada em PVC ou outro material semelhante. O sistema inclui compressores de ar para respiração, tanque de ar para emergência e alarme para detectar rasgo ou orifício na vestimenta.

A área onde a vestimenta pressurizada é utilizada deve ser construída segundo as normas de construção do laboratório nível de biossegurança 4 (NB4). A entrada ou saída do laboratório onde se usa a vestimenta pressurizada

é feita por câmara de compressão adaptada com portas herméticas, banho de jatos de ar, chuveiro químico e tanque de imersão para descontaminação das superfícies da vestimenta. É necessário que toda a área esteja sob pressão negativa e haja um gerador ligado ao sistema de suporte de vida e aos equipamentos, como cabines de segurança biológica, alarmes, iluminação, intercomunicadores e controles de portas de entrada e saída.

As luvas são os componentes mais vulneráveis da vestimenta pressurizada, estando sujeitas a perfurações por objetos perfurocortantes e mordidas de animais (Lima e Silva & Rover, 2004).

ISOLADOR FLEXÍVEL

Seu desenvolvimento tornou efetiva a barreira entre o laboratório e o operador com relação a agentes patogênicos, sendo uma alternativa eficaz em algumas circunstâncias. O isolador flexível consiste em uma grande bolsa plástica sob pressão positiva com ar filtrado. É usado na manutenção de animais gnotobióticos em laboratórios de criação e experimentação e em hospitais na proteção de pacientes com deficiência imunológica. Outros sob pressão negativa têm sido usados para isolar e transportar pacientes com doenças altamente infecciosas.

RACK ISOLADOR

É um equipamento isolador de animais de laboratório, composto por estantes fechadas com portas transparentes, rodízios e fluxo de ar (insuflação/exaustão), com filtros absolutos. Tem indicação de saturação do filtro através de sinalização de alerta visual. O *rack* isolador positivo possui pressão positiva e é usado em trabalhos que exigem proteção dos animais contra agentes de risco biológico existentes no ambiente. O *rack* isolador negativo possui pressão negativa e é usado em trabalhos que exigem proteção do ambiente contra os agentes de risco biológico presentes nos animais infectados durante os testes laboratoriais (Lima e Silva, 2007).

UNIDADE DE NECROPSIA

É uma cabine de segurança biológica classe I cuja área técnica de trabalho tem bandeja em formato arredondado para recolhimento das peças necropsiadas. Construída em aço inoxidável para facilitar a limpeza e o desenvolvimento do trabalho, apresenta sistema de drenagem de fluidos e ar filtrado por filtro absoluto (Lima e Silva, 2007).

CABINE PARA TÉCNICA DE PCR

Foi desenhada para utilização na tecnologia da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR). Promove proteção do operador e do experimento. Possui recirculação de ar em torno de 70%: o ar passa através do filtro HEPA no topo da área de trabalho. O sistema de lâmpadas UV não pode ser operado se o painel frontal não estiver completamente fechado.

CABINE PARA RADIOISÓTOPOS

Algumas dessas cabines são especificamente construídas em aço inox como barreira na absorção do material radioativo. Devem ter circulação mínima de ar, baixa turbulência, área de trabalho impermeável, além de dispositivo de segurança incluindo alarme sonoro que controla a abertura e o fechamento do painel frontal. O material de risco biológico associado aos radioisótopos – como, por exemplo, o I 125 – precisa ser manipulado no interior da cabine de segurança biológica classe II. A manipulação, na cabine de segurança biológica, de substâncias químicas não voláteis em quantidades mínimas contendo radioisótopos possui risco potencial semelhante ao mesmo trabalho executado nas bancadas abertas. As práticas de segurança com material radioativo e a obrigatoriedade do uso de EPI devem ser as mesmas.

Trabalhos com substâncias contendo radioisótopos podem originar derramamentos ou formar aerossóis, que devem ser conduzidos no interior da cabine de segurança biológica. Exige-se monitoramento efetuado com contador *Geiger* antes, durante e ao término da execução do trabalho. A limpeza da cabine de segurança biológica necessita ser efetuada antes do início e no término das atividades. O material utilizado na limpeza e os resíduos biológicos deverão ser descartados como rejeito radioativo em recipientes/embalagens destinados a este fim, sinalizados com o símbolo de risco radioativo. O operador usará

dosímetro específico para quantificar a dose de exposição às diferentes radiações ionizantes. Nos experimentos que utilizam radiação beta, a colocação de um anteparo de acrílico na cabine de segurança biológica promoverá uma barreira de contenção primária para o trabalhador (Biossegurança, s. d.).

CABINES DE SEGURANÇA NA FARMÁCIA E NA MEDICINA

As cabines de segurança biológica de fluxo horizontal de ar inicialmente foram usadas com o objetivo de reduzir o risco de contaminação microbiológica na preparação de produtos injetáveis ou de medicamentos que seriam ingeridos pelos pacientes. Com o advento dos agentes anticâncer, muitos farmacêuticos que trabalhavam em hospitais passaram a notificar um aumento de reações alérgicas e dermatites naqueles que manipulavam drogas nos fluxos horizontais. Outros se mostraram alérgicos a antibióticos como penicilina. Data de 1970 o primeiro documento sobre o potencial risco de manipulação de drogas, em particular agentes anticâncer. Em 1979, o aumento da atividade mutagênica foi observado em concentrados de urina de enfermeiras que trabalhavam em unidades de oncologia. Outras enfermeiras não expostas serviram de grupo controle para a análise.

O guia publicado pelo U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 1986) enfatiza que: “dois elementos essenciais asseguram práticas adequadas de trabalho: educação e treinamento de todo o pessoal envolvido no manuseio de drogas citostáticas e utilização de cabines de segurança biológica”.

A cabine classe II oferece efetiva proteção ao operador contra partículas contaminantes do ar, ao mesmo tempo que protege o produto. Em alguns hospitais, farmacêuticos e enfermeiras dispõem de local adequado para a preparação de drogas anticâncer e outros tipos de drogas. Mas, em diversas clínicas, consultórios médicos e postos de atendimento, medicamentos, drogas e outras substâncias são preparados pelos próprios médicos, enfermeiras e técnicos sem os requerimentos de segurança necessários. Atualmente, cabines classe II tipo B1, B2, B3 ou A2 são recomendadas para este tipo de trabalho. Expor os trabalhadores a drogas como hormônios, antibióticos, esteroides e citostáticos é uma situação de extrema imprudência. Estes trabalhadores devem adotar como medidas de proteção: o uso de luvas, jalecos de mangas longas, gorros e máscaras; práticas de técnicas assépticas que previnem ou minimizam a liberação de drogas no ar; trabalhar sobre superfície com contenção absorvente;

descartar o material de risco utilizado, com cautela, seguindo normas de segurança, assim como embalagens para descarte com símbolo de risco biológico, risco químico e risco citotóxico (Biossegurança, s. d.).

MÉTODOS DE CERTIFICAÇÃO

O grau de proteção do trabalhador e do meio ambiente em relação à exposição aos aerossóis de risco proporcionado pelas cabines de segurança biológica dependem da capacitação dos trabalhadores para usá-las e do bom funcionamento das mesmas. Para garantir o bom funcionamento dos diversos tipos de cabine, recomendam-se os seguintes métodos de certificação.

Para Cabine Classe I

- National Sanitation Foundation International-Standard n. 49 (NSF International-49) – Ann Arbor, Michigan, 1992 (Estados Unidos).

Para Cabine Classe II

- National Sanitation Foundation International-Standard n. 49 (NSF International-49) – Ann Arbor, Michigan, 1992 (Estados Unidos).
- Australia Standard 2259 (Standards Association of Australia), 1979 (Austrália).
- EN12469 da Comunidade Europeia.

Para Cabine de Fluxo Laminar Horizontal de Ar

- Federal Standard 209 b (Industrial Health and Safety Division).
- Fort Detrick (Estados Unidos).

Para Cabines Classe III

- Standard Association of Australia. Australian Standard AS2252, 1980 (Austrália).
- American Glovebox Association (AGS). Guideline for Glovebox. American Glovebox Association, Denver, Colorado, 1994 (Estados Unidos).
- American Industrial Hygiene Association (AIHA). American National Standard for Laboratory Ventilation. ANSI/AIHA Standard Z9.5-1992. American Industrial Hygiene Association, Fairfax, Va. 1992 (Estados Unidos).

Na maioria das vezes, a certificação e a manutenção são oferecidas pelos próprios fabricantes. Um documento acessório importante é o NBR-13700: Áreas limpas – Classificação e controle de contaminação, 1996, da ABNT. Portanto, cuidados especiais devem ser tomados em relação ao uso correto e à instalação das cabines. Certifica-se uma cabine nas seguintes situações: 1) ao comprar e instalar uma nova cabine; 2) ao trocá-la de lugar; 3) pelo menos de seis em seis meses ou após mil horas de uso; 4) após derramamento ou projeção de líquido sobre o filtro absoluto e, do mesmo modo, qualquer aspersão de outro material na forma sólida ou em pó.

CERTIFICAÇÃO DOS CERTIFICADORES

Em abril de 1980, um comitê do National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, discutiu quais as qualificações necessárias para um certificador de cabine de segurança biológica. Em junho de 1991, o programa para certificadores ficou estabelecido e passou a ser aplicado pelo NSF. Os certificadores devem possuir habilitação especial para garantir a qualidade e o funcionamento das cabines de segurança biológica. Alguns requisitos: ter curso completo em biossegurança e conhecimento sobre funcionamento de cabines de segurança em cursos oferecidos por instituições certificadas por órgão nacional ou internacional, além de serem submetidos a avaliações práticas e teóricas. A seguir apresentam-se os métodos mais comuns aplicados pelos certificadores.

Métodos Físicos

- Prova de fuga da cabine (determina se a estrutura da cabine está livre de orifícios que proporcionem escape do ar).
- Prova de fuga do filtro HEPA (verifica a integridade do filtro e a ausência de orifícios).
- Perfil de velocidade do fluxo de ar no interior da cabine (velocidade constante sem turbulência).
- Velocidade do fluxo de exaustão do ar para o exterior da cabine.
- Prova de fuga elétrica (de corrente, inspeção dos circuitos elétricos, medição das tensões, circuito terra de resistência).
- Nível de ruído (o nível recomendado para conforto do operador é de 55 dB).

- Vibração (determina a intensidade de vibração, guia o comportamento mecânico da cabine, auxilia a diminuir a fadiga do operador e previne a ocorrência de danos em cultivos celulares).
- Escoamento (grelhas e canaletas de escoamento desobstruídas).
- Luz (intensidade adequada para prevenir acidentes e fadiga do operador entre 750 e 2.200 Lux).
- Gás (usado quando absolutamente necessário; não utilizar botijões de gás no interior do laboratório).
- Temperatura (quando elevada dentro da cabine danifica o filtro HEPA).
- Lâmpada germicida ou lâmpada ultravioleta (o comprimento de onda eficaz é de 240 nm; seu emprego não deve exceder 15 minutos antes do uso da cabine).
- Teste de fumaça (verifica pontos mortos, refluxo e turbulência do ar, assim como a admissão de ar externo pela abertura frontal; para a realização deste teste, usa-se gelo seco ou ampolas de fumaça).

Método Biológico

São aplicados os seguintes testes: teste de contenção para classe I e III; teste do iodeto de potássio e de contaminação externa para classe II; teste de contaminação cruzada para classe II. Nenhum destes testes é aplicado de forma rotineira durante a vida útil da cabine. Eles são usados pelo fabricante quando o desenho de um novo modelo é construído ou modificações estruturais são feitas nos existentes. Os referidos testes requerem equipamentos dispendiosos e complexos, além de, ao mesmo tempo, considerável experiência do certificador.

Teste de contenção

Medida da quantidade de aerossol contendo um número conhecido de esporos de *Bacillus globigii* NCTC 10073 espalhados dentro da cabine por um aparelho nebulizador especial. Enquanto a cabine está funcionando, amostras são recolhidas fora da cabine por outro aparelho que contém um conjunto de placas de meio de cultura onde os esporos que escapam são recolhidos. As placas contendo meio de cultura são incubadas e as colônias em cor amarela, facilmente, visualizadas e contadas (Kruse, 1991).

Teste do iodeto de potássio

É um método alternativo usado para cabines utilizadas para trabalhos livres de microrganismos. O aparelho gerador de aerossol, o cilindro simulador (simula os braços do operador) e o coletor de amostras são similares aos do teste biológico. O desafio de aerossol é produzido por gotejamento de uma solução de iodeto de potássio sob condições controladas em um disco de rotação rápida. As partículas são retidas em uma membrana e contadas por meio de microscópio (Kruse, 1991).

Teste de contaminação externa

Previne a contaminação do material manipulado na cabine pela cortina de ar descendente no seu interior obstruindo a entrada de ar da sala para dentro da cabine. O nebulizador é colocado centralmente fora da cabine com sua ponta posicionada 10 cm adiante do limite da área de trabalho. O cilindro simulador é colocado como nos outros testes. Pelo menos 12 placas de Petri contendo Agar nutriente são distribuídas sobre a superfície de trabalho. O desafio é realizado com dose de pelo menos 3×10^6 esporos. O teste é repetido cinco vezes e o teste controle é feito com o ventilador da cabine desligado. As placas são incubadas, por um período mínimo de 12 horas, e depois contadas. O NSF49 e o British Standard permitem no máximo cinco colônias por teste e controle, tendo mais ou menos trezentas colônias (Kruse, 1991).

Teste da contaminação cruzada

Este teste é realizado para observação de aerossóis que, gerados em um dos lados do interior da cabine, poderão contaminar o material do lado oposto. São usadas 12 placas de Petri, contendo Agar nutriente, depositadas sobre toda a superfície de trabalho. O nebulizador é posicionado em um dos lados apontando para as placas. Estas são descobertas e, um minuto depois, começa o espalhamento do desafio (quatro minutos) feito com pelo menos 105 esporos. São realizados cinco testes, e o teste controle ocorre com o ventilador desligado. As placas de cultura são incubadas por um período mínimo de 12 horas e contadas (não mais de cinco colônias por teste). Não deverá haver colônias nas placas que estejam a 35 cm da parede oposta ao nebulizador (Kruse, 1991).

Teste do filtro

A eficiência do filtro absoluto é verificada por instrumentos de medição, como contador de luz branca operando por espalhamento (*light screening*), *laser*, CNC (utiliza princípio aplicado na meteorologia), teste DOP (Dioctylphthalato), que é a geração de aerossol finamente particulado medido por fotômetro.

DESCONTAMINAÇÃO DA CABINE DE SEGURANÇA BIOLÓGICA

As cabines de segurança são usadas para contenção de aerossóis que podem ser espalhados durante o trabalho, contaminando sua superfície e também o filtro. A superfície de trabalho e as paredes interiores devem ser descontaminadas, diariamente, com desinfetantes preconizados pelo Ministério da Saúde. O glutaraldeído possui um amplo espectro de propriedades antimicrobianas, é um bom desinfetante de superfície, mas possui ação irritante para os olhos e as membranas mucosas. Já o hipoclorito pode, com o tempo, corroer metais e, assim sendo, deve-se enxaguar a superfície da cabine com água destilada estéril após seu uso. O álcool etílico e isopropílico a 70% são considerados eficientes.

Os fenóis possuem amplo espectro de ação, abrangendo as micobactérias, mas são pouco efetivos como esporocidas, além de tóxicos. Para descontaminação profunda e antes das trocas de filtros, deve-se usar o formaldeído. Devido à sua toxicidade, é necessário tomar precauções que garantam a segurança do trabalhador e do ambiente, como, por exemplo, a vedação de instalações, impossibilitando escape do gás de um laboratório para outro. As cabines com recirculação de ar para o ambiente do laboratório não podem ser descontaminadas com formaldeído ou glutaraldeído sem que as normas de segurança química sejam seguidas. A descontaminação deve ser feita, principalmente, quando o filtro HEPA necessita ser trocado, quando a cabine é movida de um lugar para outro no laboratório ou quando ocorre um grande derramamento de material classificado como de risco biológico. O método mais conhecido de descontaminação é a despolimerização do paraformaldeído, um polímero sólido que gera, do calor, o gás formaldeído (OPS, 2002).

Sequência da Descontaminação

1. Calcular o volume da cabine (largura x altura x profundidade = pé cúbico).
2. Multiplicar o volume (pé cúbico) por 0,25 ou 0,3 para determinar em gramas o peso do paraformaldeído requerido.
3. Elevar a umidade relativa da cabine até pelo menos 60% (utilizar Beaker com água sobre uma placa aquecedora).
4. Colocar o paraformaldeído pesado (gramas necessárias) em aquecedor elétrico com *timer* (dispositivo elétrico específico).
5. Selar a cabine com plástico verificando todas as entradas e saídas. Caso a cabine de segurança biológica tenha dutos, selar os dutos de saída.
6. Ligue o equipamento de aquecimento (dispositivo elétrico específico).
7. Após 25% da despolimerização do paraformaldeído, ligar a cabine de cinco a dez segundos para dissipar o gás formaldeído através da cabine e do filtro HEPA.
8. Repetir a operação anterior com 50%, 75% e 100% da despolimerização do paraformaldeído.
9. Deixar o gás formaldeído agir na cabine por uma hora.
10. No caso de *Mycobacterium tuberculosis*, *Histoplasma capsulatum* ou fungos sistêmicos, o gás formaldeído deverá agir por duas horas ou mais.
11. Para neutralizar o gás formaldeído, usar a mesma quantidade de NH_4HCO_3 e ligar o equipamento de aquecimento e o ventilador da cabine até o NH_4HCO_3 ser dissipado. No mercado, existe um aparelho que, automaticamente, aquece o paraformaldeído e em seguida realiza a neutralização, evitando, assim, o contato do trabalhador.
12. Deixar a cabine ligada pelo menos uma hora antes de abrir os selos, deixando o ar circular. (Observação: o formaldeído é explosivo quando misturado com o ar entre 7% e 73% por volume, mas não alcança este intervalo de concentração com a descontaminação padrão descrita).
13. O operador deve usar máscara contra gases e outros EPIs, como, por exemplo, jaleco ou macacão, gorro, óculos de proteção, luvas compatíveis com a manipulação de produtos químicos, botas e outros necessários (Kruse, 1991).

MANUTENÇÃO E TROCA DE PRÉ-FILTRO E DO FILTRO

A manutenção deve ser realizada por pessoal qualificado com acompanhamento do operador da cabine, que prestará mais informações sobre a classificação dos agentes de risco biológico manipulados no seu interior. A cabine deve ser descontaminada antes da troca dos filtros e depois da manutenção do motor e dos ventiladores. O pré-filtro é facilmente trocado, mas é exigido o uso de EPIs, como luvas, máscara, gorro, óculos de proteção ou protetor facial, jaleco ou macacão (descartável ou não). Após a troca do pré-filtro e do filtro absoluto, estes devem ser colocados em sacos plásticos autoclaváveis, identificados e sinalizados com o símbolo de risco biológico, selados e, em seguida, autoclavados antes do descarte final.

LÂMPADA UV

A lâmpada UV é utilizada como um equipamento suplementar na maioria das cabines de segurança biológica. A portaria n. 930/92, do Ministério da Saúde, estabelece no anexo V que o uso da radiação ultravioleta não é permitido com a finalidade de desinfecção e esterilização de superfícies ou artigos. A lâmpada germicida não é oficialmente aceita, mas é um acessório regularmente incluído na fabricação da cabine de segurança biológica. O efeito da radiação UV sobre microrganismos foi comprovado, mas os questionamentos relativos a sua eficácia procedem de que a sua utilização deve seguir parâmetros estabelecidos. Por exemplo, a lâmpada UV tem aproximadamente três mil horas de vida útil, portanto, são necessários o registro e o controle do tempo de utilização diário, além da medição periódica do comprimento de onda (Santos, 2004; OPS, 2002).

Parâmetros Observados para Utilização das Lâmpadas UV

- Sinalização de alerta nas portas dos laboratórios que utilizem lâmpadas UV em suas instalações.
- Aviso de alerta quando as lâmpadas UV estejam acesas em um ambiente.
- Lâmpada UV deve ser instalada próxima à área de trabalho. Sua eficiência aumenta com o quadrado da distância (um terço da distância resulta em potência nove vezes maior).

- EPIs quando houver necessidade de se entrar em área com a radiação UV. Isto é, óculos de segurança com fechamento lateral, protetor facial com fechamento lateral, gorro, luvas, jalecos de mangas longas etc.
- Limpeza frequente da superfície das lâmpadas UV para maximizar sua eficiência.
- Nas cabines de segurança biológica, o uso não deve exceder o tempo de 10 a 15 minutos.
- Não permanecer no ambiente onde a lâmpada UV estiver ligada.
- Jamais trabalhar com a lâmpada UV acesa na cabine. A radiação UV causa queimaduras na pele e retina, queda de cabelos e outros danos à saúde.

Procedimentos para Uso da Cabine de Segurança Biológica

- Capacitar os operadores das cabines de segurança biológica antes de usá-la.
- Ler o Manual de Operação e seguir as recomendações e instruções do fabricante.
- Verificar se a certificação está em dia e conferir a lista de rotina operacional.
- Conferir o funcionamento de alarmes e sinais luminosos.
- Examinar os monitores do equipamento.
- Preparar uma lista com todos os itens que serão necessários no trabalho, conferi-los e organizá-los no interior da cabine. Desta forma, se minimizarão os movimentos de retirada e a colocação dos braços no interior da cabine.
- Evitar o fluxo de ar gerado por ventilação proveniente de equipamento de ar condicionado ou ar condicionado central, equipamentos que geram calor, além de outros dispositivos para movimentação e circulação de ar. Estes podem interromper o padrão de fluxo de ar em frente à cabine.
- Evitar abrir e fechar as portas do laboratório enquanto a cabine estiver sendo operada.
- Estabelecer um estudo de localização da cabine antes de sua instalação no laboratório.
- Evitar a circulação de pessoas no laboratório durante o uso da cabine.
- Ligar a cabine e a luz UV de 10 a 15 minutos antes de seu uso.

- Desligar a luz UV antes de iniciar o trabalho.
- Descontaminar a superfície interior com gaze estéril embebida em álcool etílico ou isopropílico a 70%, ou desinfetante preconizado pelo Ministério da Saúde.
- Lavar as mãos e os antebraços com água e sabão, usar secador automático ou papel-toalha.
- Utilizar álcool etílico ou isopropílico a 70% nas mãos e nos antebraços.
- Usar EPIs, como jaleco de manga longa, luvas, máscara, óculos de proteção ou protetor facial, gorro e pró-pé e outros, se necessário.
- Colocar equipamentos, meios, vidraria etc. no plano de atividade da área de trabalho.
- Limpar todos os objetos com álcool etílico ou isopropílico 70% antes de introduzi-los na cabine.
- Organizar os materiais de modo que os itens limpos e estéreis não se misturem com os contaminados.
- Minimizar os movimentos dentro da cabine.
- Colocar os recipientes para descarte de material no fundo da área de trabalho ou lateralmente (câmaras laterais).
- Usar incinerador elétrico ou microqueimador automático, pois o uso de chama do bico de Bunsen pode danificar o filtro HEPA e interromper o fluxo de ar, causando turbulência.
- Usar pipetador automático.
- Conduzir as manipulações no centro da área de trabalho (pelo menos a 20 cm da grelha frontal).
- Trabalhar sobre toalha absorvente em uma das faces e impermeabilizada na outra. Este tipo de toalha auxilia na contenção de salpicos e derramamentos.
- Interromper as atividades dentro da cabine enquanto equipamentos como centrífugas, misturadores ou outros estiverem sendo operados.
- Descontinuar as atividades quando ocorrer derramamento durante o trabalho. Remover a toalha absorvente com o derramamento e limpar todos os itens com álcool etílico ou isopropílico a 70% com a cabine em operação. Aguardar dois ou três minutos antes de retirar os itens da cabine. Limpar a superfície de trabalho, incluindo a área abaixo da mesma.

- Cuidado especial em operações que envolvam seringas, agulhas, bisturis, cânulas etc.
- Quando terminar o trabalho, limpar a cabine com gaze estéril embebida com álcool etílico ou isopropílico a 70%.
- Ligar a lâmpada UV por no máximo 10 a 15 minutos.
- Deixar a cabine ligada de 15 a 20 minutos antes de desligá-la.
- Organizar o material que será levado para autoclavar, incluindo o EPI utilizado, antes de descartá-lo.
- Manter disponível o Procedimento Operacional Padrão (POP), assim como o Protocolo para Emergências (Public Health Agency of Canada, 2004).

PROCEDIMENTOS A SEREM EVITADOS

- Introduzir na cabine objetos que causem turbulência.
- Colocar na cabine materiais poluentes, como madeira, papelão, papel, lápis, borracha, livros e cadernos.
- Espirrar ou tossir na direção da zona estéril (usar máscara).
- Guardar equipamentos ou quaisquer outros objetos no seu interior. Mantenha desobstruída tanto a grelha anterior quanto a posterior. A cabine não é um depósito.
- Efetuar movimentos rápidos ou gestos bruscos na área de trabalho.
- Utilizar microqueimadores elétricos. O emprego de chama só deve ocorrer quando absolutamente necessário. Evite fontes de calor no interior da cabine.
- Introduzir a cabeça na zona estéril, isto é, dentro da área de trabalho da cabine.
- Projetar substâncias líquidas e materiais sólidos contra o filtro HEPA.
- Usar lâmpadas UV enquanto a cabine de segurança estiver sendo utilizada. Seu emprego prolongado provoca deterioração do material e da estrutura da cabine. Daí a importância de controlar o tempo do uso das lâmpadas UV. Deve-se recorrer a métodos físicos e químicos em substituição à lâmpada UV na desinfecção e esterilização dos materiais de trabalho.
- Colocar os recipientes para descarte de material sobre o chão, carrinhos ou mesas ao lado da cabine de segurança.

- Papéis presos no painel de vidro ou acrílico da cabine limitam o campo de visão do usuário e diminuem a intensidade de luz, podendo causar acidentes. A iluminância requerida para esta área de trabalho é equivalente à luz do dia (Public Health Agency of Canada, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há mais de cem anos, as infecções laboratoriais foram reconhecidas como potencial risco ocupacional para pesquisadores, técnicos e pessoal auxiliar. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), os profissionais da saúde que atuam em laboratórios constituem o grupo de maior risco do total dos profissionais que operam na área da saúde. Isto porque estão expostos a uma extensa gama de riscos associados com materiais e métodos utilizados na condução das atividades.

A exposição diária aos diversos agentes de risco biológico, que incluem microrganismos causadores de doenças emergentes, reemergentes e negligenciadas, assim como aos agentes de risco físico, químico e acidentes, deve despertar no trabalhador a ponderação sobre a importância da segurança pessoal e das barreiras de contenção no ambiente de trabalho.

Os equipamentos de contenção laboratorial, devido ao uso frequente, sofrem desgaste e, em alguns casos, são usados para fins diferentes de seu propósito original ou tratados como peças do mobiliário. Assim sendo, a inspeção regular, testes periódicos, programas de manutenção e reparo e a habilitação para o uso são fatores essenciais para promover proteção do trabalhador.

Para os trabalhadores da área da saúde, a percepção sobre os riscos pode ser a base da mobilização e o impulso para importantes conquistas, tanto no campo científico quanto no social. A reflexão sobre os riscos pode reenviar o trabalhador para um terreno antes ignorado, mas que o mobilizará a investir em áreas como a administrativa e a política, reivindicando, assim, novas competências e configurações que abrirão fronteiras para a elaboração e realização de projetos que podem ir da renovação da legislação às propostas de desenvolvimento de equipamentos e tecnologias.

É essencial que as instituições de saúde adotem como base do preceito de segurança as barreiras de contenção e implantação de programas de educação

continuada em biossegurança. A adoção de normas de segurança do trabalho, cujo objetivo principal é a assistência aos trabalhadores e a outros profissionais que atuem na área da saúde, a proteção do ambiente, a eficiência das operações laboratoriais e a garantia da qualidade do trabalho executado são fatores preponderantes para a segurança como um todo.

É imperativo que as especificações para os equipamentos de contenção, como as cabines de segurança biológica e outros, sejam padronizadas e que, periodicamente, estes requerimentos sejam revisados atendendo aos avanços científicos. Deste modo, os trabalhadores da área da saúde, o experimento ou o produto e o ambiente de trabalho e seu entorno terão suas competências garantidas e valorizadas, embasando a mobilização de várias instâncias que permitirão o monitoramento e o estabelecimento de políticas voltadas para a implantação de ações concernentes à biossegurança.

REFERÊNCIAS

BARBEITO, M. S. & KRUSE, R. H. *A History of the American Biological Safety Association. Part I: the first 10 biological safety conferences 1955-1965*. Disponível em: <www.absa.org/abohist1.html>. Acesso em: 20 out. 2005.

BIOSSEGURANÇA no *Uso de Cabine de Segurança Biológica no Manuseio de Substâncias Químicas, Drogas e Radioisótopos*. Disponível em: <www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/csb.html>. Acesso em: 5 dez. 2005.

BRITISH STANDARD INSTITUT. BS3928. *Method for Sodium Flame Test for Air Filters (other than for air supply to i.c. engines and compressors)*, 1969. Disponível em: <http://standards.mackido.com/bs/bs-standards24_view_2028.html>. Acesso em: 5 dez. 2005.

CDC (Center for Disease Control). *BMBL Appendix A - Figure 2c Class II, Type B2 Biological Safety Cabinet*. Disponível em: <www.cdc.gov/od/ohs/biosfty/bmbl4/b4aaf2c.htm>. Acesso em: 5 dez. 2005.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA ONLINE. *History of Technology*. Disponível em: <<http://search.eb.com/bol/topic?eu=115399&sctn=13&pm=1>>. Acesso em: 22 dez. 2005.

ENGEFILTRO. *Glossário*. Disponível em: <www.engefiltro.com.br/glossario.htm>. Acesso em: 6 dez. 2005.

FIGUEIREDO, L. *Sistema para Controle de Contaminação Ambiental*. VECO do Brasil. Slides da palestra proferida em Vitória (ES), abr. 2005.

HERLIN, J. P. *Controle da Contaminação em Áreas Limpas*. Material de propaganda distribuído no curso de Biossegurança da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca em 23 mar. 1992.

HENKEL, R. D.; SANDBERG, R. L. & HILLIARD, J. K. A class III cabinet BSL-4 laboratory. In: RICHMOND, J. Y. *Anthology of Biosafety V.BSL-4 Laboratories*. Chicago: American Biological Safety Association, 2002.

INSERM (Institut National de Santé et la Recherche). *Hottes à Flux Laminaire et Postes de Sécurité Microbiologique*. S.I.: Inserm, 1998. (Série Dossier Prevention n. 3).

KRUSE, R. H.; PUCKETT, W. H. & RICHARDISON, J. H. Biological safety cabinetry. *Clinical Microbiology Reviews*, 4(2): 207-241, Apr. 1991.

LIMA E SILVA, F. H. A. Equipamentos de proteção com animais de laboratório. In: CARDOSO, T. A. O. & NAVARRO, M. B. M. A. (Orgs.) *A Ciência entre Bichos e Grilos: reflexões e ações da biossegurança na pesquisa com animais*. São Paulo, Rio de Janeiro: Hucitec, Faperj, 2007.

LIMA E SILVA, F. H. A. & ROVER, G. Níveis de contenção física e classificação dos microrganismos por classes de risco. In: MASTROENI, M. F. (Org.) *Biossegurança Aplicada a Laboratórios e Serviços de Saúde*. São Paulo: Atheneu, 2004.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). *Cabinas de Seguridad Biológica: uso desinfección y mantenimiento*. Washington, DC: OPS, 2002.

OSHA (Occupational Safety & Health Administration). *Technical Manual*. Disponível em: <http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_vi/otm_vi_2.html#5>. Acesso em: 10 fev 2007. (Section VI, chapter 2. Controlling occupational exposure hazardous drugs).

PUBLIC HEALTH AGENCY OF CANADA. *The Laboratory Biosafety Guidelines*, 2004. 3. ed. Disponível em: <www.phac-aspc.gc.ca/publicat/lbg-ldmbl-04/index-eng.php>. Acesso em: 15 jan. 2006.

RICHMOND, J. et al. (Orgs.) *Biossegurança em Laboratórios Biomédicos e de Microbiologia*. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2000.

SADIR, R. *Controle da Contaminação em Processos Assépticos*. São Paulo: VECO Tecnologia, Serviços e Treinamento, s. d.

SANTOS, I. T. & MASTROENI, M. F. Cabines de segurança biológica: recomendações para certificação. In: MASTROENI, M. F. (Org.) *Biossegurança Aplicada a Laboratórios e Serviços de Saúde*. São Paulo: Atheneu, 2004.

WHO (World Health Organization). Global Health Security. *Laboratory Biosafety Manual*. Geneve: WHO, 2003.

ERGONOMIA EM LABORATÓRIOS

Simone Santos Oliveira
Renato Bonfatti
Márcia Barbosa de Lima

Com enfoque sobre o papel da ergonomia em laboratórios, formulou-se este capítulo visando a introduzir alguns conceitos imprescindíveis para a melhor compreensão da relação homem/trabalho. Seu objetivo é dar ciência dos fatores de riscos ergonômicos em atividades laboratoriais, apontando algumas soluções a partir de exemplos práticos, no intuito de promover a saúde dos trabalhadores na atividade de laboratório.

Existem na literatura diferentes formas de descrever ergonomia, mas, sem dúvida, todas as definições demonstram a total atenção com o seu principal produto, ou seja, o ser humano no trabalho: um ser ao mesmo tempo individual e coletivo, complexo em sua natureza e que, muitas vezes, ao tentar se adaptar às exigências do sistema que o envolve, acaba por desorganizar-se. Nesta tentativa constante de adaptação, emergem condicionantes que se manifestam em adoecimentos, acidentes ou prejuízo da produtividade.

BREVE HISTÓRICO

A preocupação com a adaptação de instrumentos de trabalho às características das pessoas começou na pré-história. A escolha de pedras com formatos mais anatômicos e a confecção de utensílios mais especializados são indícios desta preocupação (Telles, 1995).

O termo 'ergonomia' deriva do grego *ergon* (trabalho, obra) e *nomos* (leis). Neologismo cunhado pelo polonês Wojciech Jastrzebowski, em 1857, numa perspectiva de entender a ergonomia como uma ciência natural. A ergonomia é uma disciplina inicialmente orientada aos sistemas de trabalho e que modernamente se estende a todos os aspectos da atividade humana (Vidal, 2002).

A ergonomia buscou primeiramente atentar aos fatores pertinentes ao projeto de instrumentos, ferramentas e outros artefatos necessários à atividade de trabalho. Mais tarde, voltou-se para considerações relativas aos projetos de sistema de trabalho, como linhas de montagem, salas de controle e postos de manobras complexas (*cokpits*). Atualmente, busca entender os determinantes de uma atividade de trabalho através de contribuições mais amplas, que incluem toda a organização do trabalho, seus procedimentos e suas estratégias.

Na virada do século XX, temos importantes contribuições de fisiologistas que desenvolveram métodos, técnicas e equipamentos, permitindo a mensuração do desempenho físico do ser humano e aprofundando estudos teóricos acerca do desgaste fisiológico e da dinâmica e energética muscular. É então que surge na Inglaterra como disciplina, inclusive com a adoção oficial do termo *ergonomics* (Vidal, 2002).

A definição de ergonomia, adotada em 2000 pela International Ergonomics Association (IEA), é “a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica princípios teóricos, dados e métodos com objetivo de otimizar o bem-estar das pessoas e o desempenho global dos sistemas” (Falzon, 2007: 5).

OS DOMÍNIOS DA ERGONOMIA

Segundo a IEA podemos classificar em três grandes áreas de especialização as atuações em ergonomia (Quadro 1).

A ergonomia, portanto, foi criada para adequar as atividades de trabalho ao ser humano, tendo-se a visão de que o homem é um sistema, pois esse homem pensa, se comporta, tem aptidões físicas variadas e diferenciadas e é oriundo de determinado local com cultura e moral próprias. Isso faz com que cada um de nós seja único, individualizado, e que tenha reações e adaptações físicas e cognitivas para suportar a sobrecarga de trabalho de maneira individual e grupal.

Quadro 1 – Os domínios da ergonomia

Tipos de ergonomia	Características
Ergonomia física	Trata das características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do homem em sua relação com a atividade física. Os temas mais relevantes compreendem as posturas de trabalho, a manipulação de objetos, os movimentos repetitivos, os problemas osteomusculares, o arranjo físico do posto de trabalho, a segurança e a saúde.
Ergonomia cognitiva	Trata dos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e respostas motoras, com relação às interações entre as pessoas e outros componentes de um sistema. Os temas centrais compreendem a carga mental, os processos de decisão, o desempenho especializado, a interação homem-máquina, a confiabilidade humana, o estresse profissional e a formação. Os tópicos relevantes incluem carga mental, atividade física, postura no trabalho, tomada de decisão, <i>performance</i> especializada, interação homem-computador, estresse e treinamento.
Ergonomia organizacional	Trata da otimização dos sistemas sociotécnicos, incluindo sua estrutura organizacional, regras e processos políticos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gestão dos coletivos, a concepção do trabalho, os horários de trabalho, o trabalho em equipe, a concepção participativa, a ergonomia comunitária, o trabalho cooperativo, a cultura organizacional, o teletrabalho e a gestão da qualidade.

Fonte: Abergó, 2000; Falzon, 2007.

Esse homem está em processo constante de interação com outro sistema, que é o seu trabalho. Podemos elencar alguns elementos que fazem parte deste sistema:

- o local de trabalho: localização do trabalho e o projeto arquitetônico;
- o posto de trabalho: local onde se executa a atividade propriamente dita e o seu *lay-out*;
- a organização de trabalho: a dinâmica de trabalho (carga horária, pausas, fluxo de produção etc.);
- o ambiente de trabalho: conforto acústico, visual e térmico;

- os equipamentos, instrumentos e mobiliário: condições posturais adequadas;
- as inovações tecnológicas empregadas, como, por exemplo, os *softwares*;
- as tarefas e suas atividades;
- a motivação e otimização do trabalho.

O PARADIGMA BIOMECÂNICO

Os princípios de biomecânica são importantes tanto para a prevenção de distúrbios musculoesqueléticos quanto para a melhoria das condições de trabalho manual e *performance* do trabalhador em geral. A biomecânica ocupacional pode ser definida como “a ciência que se preocupa com o comportamento mecânico do sistema musculoesquelético e seus componentes teciduais, quando um trabalho físico é realizado. E, como tal, procura oferecer um entendimento da física nas atividades manuais da indústria” (Chaffin *et al.*, 2001: 1). Uma análise biomecânica pode ser realizada por vários métodos apoiados em estudos fisiológicos, cinesiológicos e antropométricos que nos auxiliam a modelar a *performance* física humana com relação à interface dos equipamentos, às ferramentas e ao posto de trabalho.

Um posto de trabalho adequado deve apresentar algumas especificações relacionadas ao sistema homem-máquina. As condições de trabalho contrárias a essas especificações podem trazer danos ao sistema musculoesquelético e são comumente encontradas em situações de trabalho em laboratório.

O paradigma biomecânico foi durante muito tempo a base para as mudanças ergonômicas, mas não conseguiu sozinho responder às questões relativas aos problemas organizacionais e à dimensão mental do trabalho. Ainda assim, é um importante referencial para a ergonomia.

A resposta às limitações da biomecânica do sistema fechado homem-máquina e também aos limites do método experimental surge nos estudos da escola francesa. Conhecida como ‘ergonomia contemporânea’, esta escola incorpora elementos fundamentais e abrangentes do universo do trabalho na tentativa de dar conta da sua complexa realidade.

A ERGONOMIA CONTEMPORÂNEA

No estudo das relações existentes entre o indivíduo e sua situação de trabalho, pode-se ao mesmo tempo avaliar o homem como transformador de energia, como processador de informações, um ser social e responsável sujeito às determinantes da sua cultura, um indivíduo ético, um ser humano emotivo, ansioso e que se defende (Telles, 1995). A análise do trabalho tem um caráter global e inclui a análise dos seus processos e das atividades. Inclui também a análise dos fatores econômicos, técnicos e sociais aos quais os trabalhadores estão submetidos e análises do funcionamento da empresa e seus efeitos sobre a população trabalhadora e a eficácia econômica. O objetivo é analisar o trabalho em seu contexto.

Uma das características mais importantes da ergonomia contemporânea é a busca de conhecimentos para sua intervenção através da análise de situações de trabalho ou da análise do trabalho em situações reais e não simuladas, ao contrário do que acontecia no experimentalismo. Essa prática coloca os ergonomistas em contato com a realidade social. O aspecto participativo vai tornar ainda mais particular suas abordagens dos problemas da produção: tanto a formulação como a validação das soluções acontecem em conjunto com os atores sociais envolvidos e interlocutores reais na situação de trabalho (Vidal, 2002).

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é uma metodologia específica da ergonomia que norteia a investigação ergonômica. O estudo da interação entre os operadores e o sistema de trabalho, por meio das atividades dos operadores, é o ponto central da AET.

A análise das atividades em todas as suas formas (físicas, cognitivas e organizacionais) faz emergirem as causas que levaram às dificuldades na situação de trabalho, tornando possível a formulação das modificações necessárias. É preciso considerar o operador - individual ou coletivamente - como uma pessoa que realiza sua atividade em situação de trabalho socialmente determinada.

A metodologia da AET está prevista na legislação pelas Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Ministério do Trabalho. Segundo o artigo 17.1.2 da Norma Regulamentadora (NR) 17 - ergonomia, ela deve ser realizada para “avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise

ergonômica do trabalho, devendo a mesma abordar, no mínimo, as condições de trabalho conforme estabelecido nesta NR” (Brasil, 2004).

Neste trabalho, dadas as limitações de espaço, iremos nos deter principalmente em alguns elementos mais básicos e mais facilmente modificáveis da ergonomia física. É também através da ergonomia física que a interface com a biossegurança se torna mais nítida. Ações de ergonomia abrangendo os campos cognitivo e organizacional geralmente requerem análises mais acuradas com a presença de um ergonomista.

ERGONOMIA EM LABORATÓRIO: INTERFACES COM A BIOSSEGURANÇA

O trabalho em laboratório tanto para fins de pesquisa quanto de diagnóstico é de natureza complexa, pois pode envolver mecanismos cognitivos: grande atenção, concentração, processamento de informações e tomada de decisão conclusiva. É uma atividade que requer esforço físico estático (postura estática) para a manipulação dos equipamentos (microscópio, computador, micrótomo etc.). As tarefas são desempenhadas habitualmente na posição sentada, em posto de trabalho composto por mesa ou bancada e cadeira, ou de pé em bancada fixa.

Na medida em que a ergonomia contribui para manter a carga de trabalho em níveis aceitáveis, facilita o transcurso das atividades dentro de parâmetros mais seguros, numa relação sinérgica com a biossegurança e demais disciplinas do campo da saúde do trabalhador.

São os seguintes os agentes ergonômicos: esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de carga, exigência de postura inadequada, controle rígido de produtividade, imposição de ritmos excessivos, trabalho em turno noturno, jornada de trabalho prolongada, monotonia e repetitividade, outras situações causadoras de estresse físico e/ou psíquico.

Os riscos ergonômicos nem sempre são facilmente identificados, pois seus efeitos são menos visíveis. Eles podem gerar distúrbios psicológicos e fisiológicos e provocar danos à saúde do trabalhador porque produzem alterações no organismo e no estado emocional, comprometendo sua produtividade, saúde e segurança, tais como: cansaço físico, dores musculares, hipertensão arterial, alteração do sono, diabetes, doenças nervosas, taquicardia, doenças do aparelho digestivo (gastrite e úlcera), tensão, ansiedade, problemas de coluna etc.

OS RISCOS ERGONÔMICOS EM LABORATÓRIOS

Apesar das implicações para a saúde, as atividades de laboratório são consideradas pouco desgastantes e os efeitos na saúde são facilmente atribuídos a outras situações que não ao trabalho. No entanto, para operar os equipamentos básicos de laboratório, como o microscópio, o micrótomo, a pipeta e o terminal de computador, o operador necessita de trabalho manual que, dependendo do modo como é executado, pode se constituir em fator de risco para Lesão por Esforço Repetitivo (LER).

O TRABALHO MUSCULAR ESTÁTICO

O trabalho estático é aquele que exige contração contínua de alguns músculos, para manter uma determinada posição. Esse tipo de contração, que não produz movimentos dos segmentos corporais, é chamada de contração estática. Isso ocorre, por exemplo, com os músculos dorsais e das pernas para manter a posição de pé, músculos dos ombros e do pescoço para manter a cabeça inclinada para a frente, músculos da mão esquerda para segurar a peça e martelar com a outra mão e assim por diante.

O componente estático está presente em quase todas as formas de trabalho. A seguir, apresentamos alguns exemplos que se aplicam às situações de trabalho comuns:

- realizar atividades que envolvem a torção do tronco para frente e para os lados;
- segurar coisas com as mãos;
- manipulações que requeiram que o braço permaneça esticado ou elevado acima do nível do ombro;
- colocar o peso do corpo sobre uma perna enquanto a outra aciona um pedal;
- ficar de pé em um local por longos períodos;
- empurrar e puxar objetos pesados;
- inclinar a cabeça para frente e para trás;
- elevar os ombros por grandes períodos.

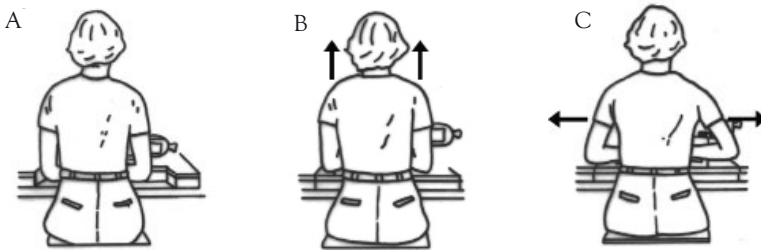
Quando executamos movimentos com uma parte do corpo, outras partes precisam ficar bem estabilizadas. Esta estabilização se dá à custa da contração

estática. É por isso que, na prática, encontramos quase sempre trabalho estático e dinâmico atuando juntos.

Sempre que mantemos qualquer segmento corporal posicionado contra a força da gravidade, estamos usando contrações estáticas. As contrações estáticas são eminentemente posicionais e antigravitacionais. Por isso os apoios são importantes, já que substituem o trabalho muscular estático.

Sendo altamente fatigante, o trabalho muscular estático (Figura 1) deve ser evitado. Quando isso não for possível, pode ser aliviado com reconfigurações no processo de trabalho, permitindo mudanças de postura, melhorando o posicionamento de peças e ferramentas ou providenciando apoios para partes do corpo.

Figura 1 - Trabalho estático - análise eletromiográfica da musculatura dos ombros e braços para trabalho de digitação ou datilografia



Condição A: altura ótima do equipamento - não há esforço estático das musculaturas.

Condição B: altura de trabalho muito alta - levantamento do ombro levando à sobrecarga estática do músculo trapézio.

Condição C: altura também muito alta - abertura de braços levando à sobrecarga estática do músculo deltoide.

Fonte: Grandjean, 2005: 52.

TRABALHO EM PÉ

Ficar em pé no local de trabalho exige a presença de contrações estáticas para o posicionamento prolongado das articulações dos pés, joelhos e quadris. A força envolvida não é grande e está situada provavelmente abaixo do limite crítico de 15% da força máxima. Apesar disso, ficar em pé por um longo período de tempo é cansativo e difícil, não só devido ao esforço muscular

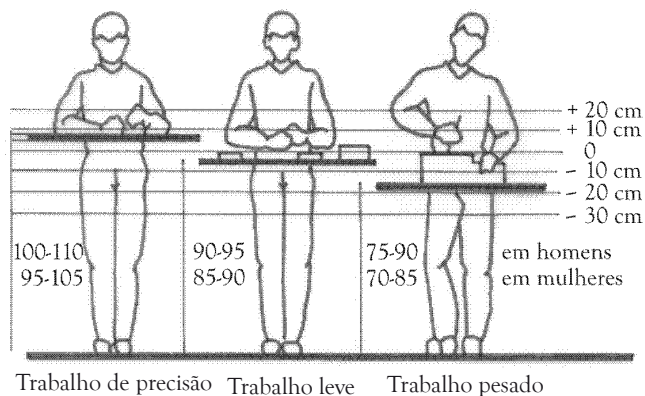
estático, mas, também, devido ao aumento significativo da pressão hidrostática do sangue nas veias das pernas e ao progressivo acúmulo de líquidos tissulares nas extremidades inferiores. O trabalho em pé (Figura 2) por muito tempo junto das bancadas, além de ser fatigante, pode gerar problemas de saúde, como varizes nos membros inferiores.

Quando se caminha, a musculatura da perna funciona como uma motobomba, através da qual a pressão hidrostática do sistema venoso é compensada e o sangue retorna de modo ativo para o coração. Ficar em pé estacionado por um tempo prolongado causa não só fadiga da musculatura responsável pelo trabalho muscular estático, como também o desconforto provocado por condições adversas do fluxo de retorno do sangue.

Quando o indivíduo trabalha em pé, na mesma posição por muito tempo, para se manter confortavelmente terá de usar diferentes mecanismos, como fazer, de forma automática, uma alternância na distribuição dos pesos entre um pé e o outro, diminuindo a fadiga final.

Depois de certo tempo, deve desenvolver um balanço elíptico ou circular da cabeça e do tronco, que será tanto mais intenso quanto mais prolongada for a posição em pé parada. Esse balanço representa, em grande parte, um mecanismo de regulação do tônus dos músculos posturais, que promove essa alternância para evitar a fadiga localizada.

Figura 2 - Trabalho em pé



Obs.: Alturas de bancadas recomendadas para trabalho em pé: a medida base é a altura do cotovelo, que é em média 105 cm para homens e 98 para mulheres acima do chão. O ideal é que a altura da bancada seja regulável.

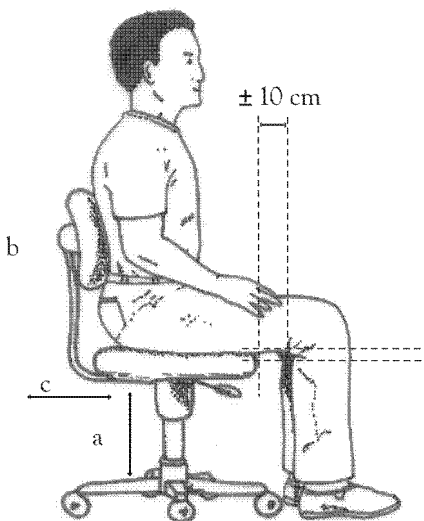
Fonte: Grandjean, 2005: 52.

TRABALHO SENTADO

Existe um consenso de que, na postura sentada, o bem-estar e o rendimento no trabalho são maiores, ocorrendo menor fadiga. Os motivos para isso são de natureza fisiológica: em pé, a pessoa encontra-se permanentemente em trabalho estático nas articulações dos pés, joelhos e quadris; sentada, esse trabalho muscular deixa de existir. No entanto, há também desvantagens do trabalho sentado (Figuras 3 e 4), como flacidez dos músculos da barriga, além dos difíceis problemas apresentados pela coluna e pela musculatura das costas, que são sobrecarregados nesta posição.

Quando sentamos, após algum tempo, a tendência é recairmos numa postura hiper-relaxada, com a coluna curvada. Nesta posição, há uma rotação da bacia que produz importante inversão no arranjo de curvas da coluna. A curvatura fisiológica da região lombar se inverte: de lordose passa para cifose. Esta inversão desestabiliza a coluna lombar, gerando sobrecarga nos ligamentos e no disco intervertebral. A postura hiper-relaxada deve ser evitada através da consciência corporal e do correto ajuste das principais alturas e distâncias dos elementos no posto de trabalho, como altura do assento, altura do encosto, altura da mesa, distância olho-tela e altura de monitores. O trabalho em posição sentada, mantido por tempo prolongado durante a jornada de trabalho, pode provocar dores lombares, dorsais, nos ombros e no pescoço.

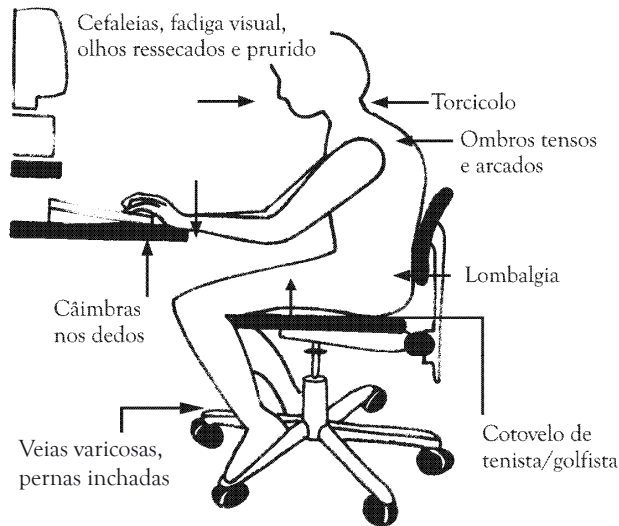
Figura 3 - Trabalho sentado



Postura sentada com cadeira ajustável: a) na altura do assento de acordo com o comprimento da perna. Os pés devem ficar inteiramente apoiados no chão; b) na altura do encosto para que se encaixe na curva lombar; c) na profundidade do encosto de acordo com o comprimento da coxa. A parte posterior do joelho não deve ficar comprimida.

Fonte: Brandimiller, 1999: 72.

Figura 4 – Problemas no trabalho sentado



ASPECTOS DA ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A monotonia é causada por situações pobres em estímulos ou por repetição uniforme de estímulos, com pequena exigência das pessoas. São atividades de longa duração, com obrigação da atenção permanente. A vulnerabilidade para a monotonia aumenta em pessoas cansadas, naquelas mais bem formadas e mais dinâmicas, durante o trabalho noturno e também em situações de baixa motivação.

Os sintomas mais comuns da monotonia são sensação de fadiga, sonolência, morosidade e diminuição da vigilância. A configuração do trabalho como monótono vai depender diretamente do modo como este se organiza. Para combater a monotonia, sempre que possível, devem-se introduzir variações nas atividades, além de pausas para caminhar um pouco e mudar por um tempo de ambiente.

A organização do trabalho se explicita através das normas de produção. As normas de produção são todas aquelas que, escritas ou não, explícitas ou implícitas, o trabalhador deve seguir para realizar sua tarefa. Aqui se incluem desde o horário de trabalho (se diurno, se noturno, a duração e a frequência

das pausas etc.) até a qualidade desejada do produto (um erro pode acarretar consequências graves), passando pela utilização obrigatória do mobiliário e dos equipamentos disponíveis (Brasil, 2004).

A organização do trabalho também pode impor ritmos de produção muito rígidos e excessivos, com pressão temporal intensa, aumentando o desgaste e a carga de trabalho. Pode haver prolongamento das jornadas de trabalho, com necessidade de complementação em regime de horas extras. Outro fator importante a se analisar é se existe trabalho em turno noturno. A literatura específica tem demonstrado como o trabalho noturno pode ser desgastante, por obrigar o trabalhador a dormir durante o dia, o que compromete significativamente a qualidade do sono, reduzindo ou mesmo amputando a fase REM (*Rapid Eyes Movement*), em que surgem os movimentos oculares rápidos. Esta é a fase em que o sono atinge o mais profundo relaxamento muscular e em que há também intensa produção de sonhos (Grandjean, 2005).

Figura 5 - Diagrama de Corlett e Manenica

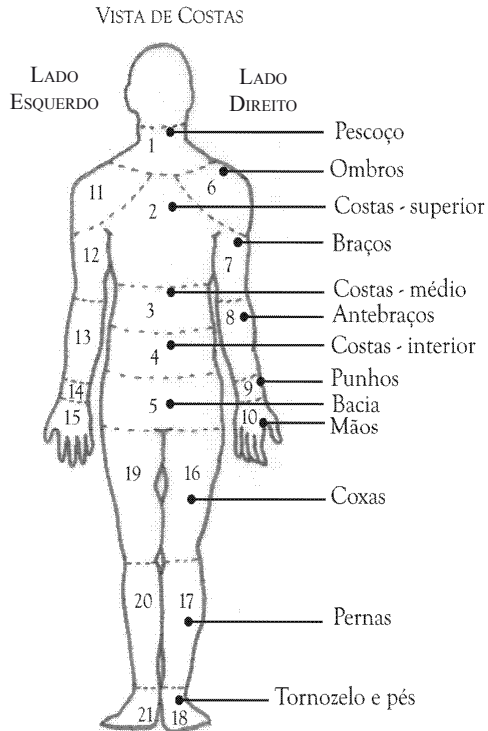


Diagrama para indicar partes do corpo onde se localizam as dores provocadas por problemas de postura.

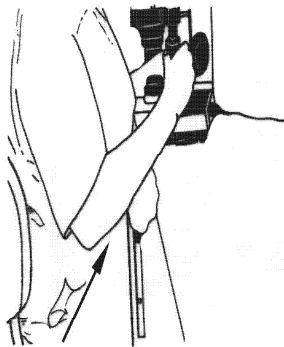
Fonte: Corlett & Manenica, 1980.

O ergonomista tem a seu dispor um vasto arsenal de métodos bem sistematizados – as ferramentas ergonômicas – para o estudo das sobrecargas biomecânicas nos operadores em situação de trabalho: técnicas de filmagem e/ou fotografias, *checklists*, métodos específicos para avaliação de posturas no trabalho. Um exemplo simples, mas muito eficiente, destes métodos é o Diagrama de Corllet e Manenica (Figura 5), de áreas dolorosas, que consiste num desenho representando o corpo humano de frente e de costas, dividido em áreas, onde o próprio operador assinala, segundo sua percepção, os locais de desconforto e/ou dor. Estes métodos podem ser utilizados para apontar claramente os locais do corpo humano onde podem ocorrer riscos biomecânicos.

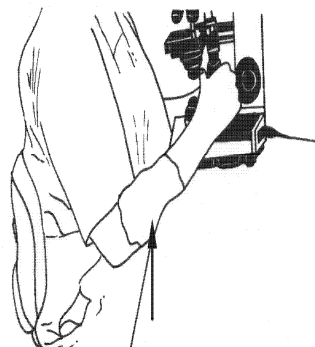
Pode-se, então, procurar correlações entre os pontos assinalados na figura e as posturas durante a atividade de trabalho. O próximo passo será reconfigurar o ambiente e/ou o processo de trabalho de modo a reduzir ou eliminar as posturas forçadas.

A seguir, serão dados alguns exemplos de posturas forçadas em trabalho de laboratório.

Figuras 6a e 6b – Regulações desenvolvidas pelos operadores para viabilizar o trabalho no microscópio, visando a aliviar o sofrimento produzido pelo apoio do antebraço no bordo cortante da bancada



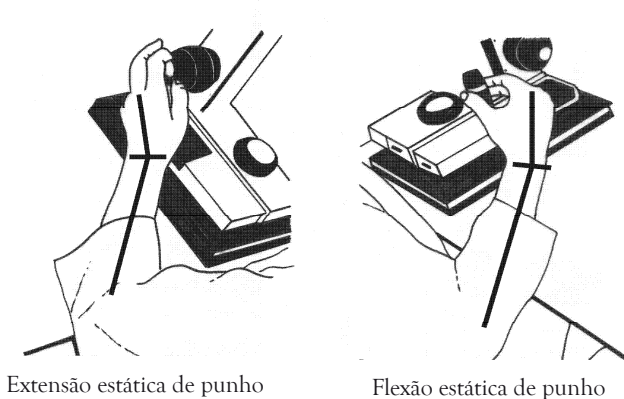
Regulação no bordo vivo da mesa com gaze



Regulação do antebraço envolvido com gaze para proteção do bordo vivo

- O apoio do antebraço no bordo cortante da bancada de trabalho pode resultar, além de lacerações na pele, em alterações circulatórias de extremidades superiores e contribuir para processos inflamatórios.

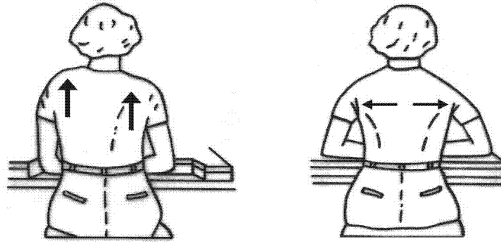
Figura 7a e 7b – Postura forçada dos punhos esquerdo e direito do mesmo operador de microscópio



Fonte: Lima, 2002.

- A extensão frequente de punho pode levar à tenossinovite (inflamação de tendões e bainha sinovial), à compressão do nervo mediano no túnel ósseo no nível do carpo (punho) e, quando associada à força, à epicondilite (epicôndilos são eminências ósseas encontradas na parte posterior da articulação do cotovelo, onde se inserem tendões).
- A flexão frequente do punho pode provocar tenossinovite dos tendões dos músculos flexores, compressão do nervo mediano no túnel do carpo ('túnel' formado por ossos e tendões, onde passa o nervo mediano) e, quando associada à força, epicondilite medial (interna).
- O movimento de pinça do polegar com o segundo dedo, associado à força, pode causar tendinite e miosite (inflamação dos músculos) do polegar.
- A compressão digital fazendo força pode levar à tendinite.

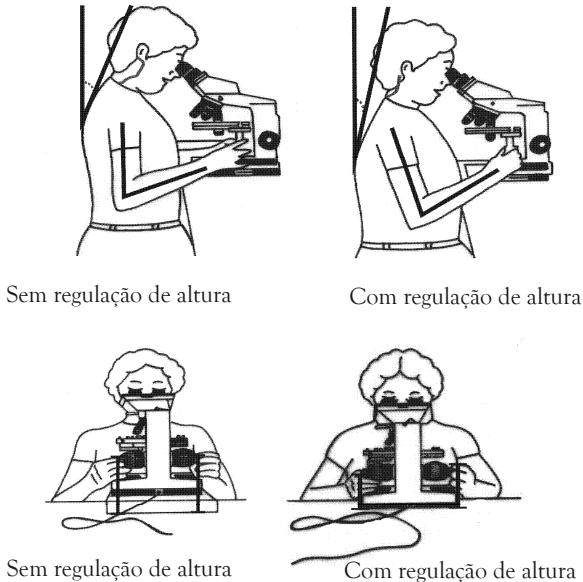
Figuras 8a e 8b – Posicionamento de ombros elevados e braços abduzidos (abertos) durante o trabalho no microscópio



Fonte: Lima, 2002.

- Ombro elevado como um todo e sem apoio leva à contração estática de todo o membro superior, podendo resultar em fadiga, favorecendo as tendinites de ombro.
- Ombro fletido ou abduzido durante tempo significativo contribui para o aparecimento de tendinite.

Figuras 9a, 9b, 9c e 9d – Alterações biomecânicas com e sem regulação da altura do microscópio (livro), relacionadas a posturas no trabalho de membros superiores e coluna vertebral, na posição sentada durante o trabalho de microscopia



Fonte: Lima, 2002.

- Cotovelo fletido, associado à supinação, gera sobrecarga tensional sobre o bíceps braquial, com possibilidade de tendinite do mesmo.
- Pescoço excessivamente flexionado leva à cervicalgia (dor na nuca).
- A posição sentada por longo período em postura inadequada provoca lombalgia (dor lombar) por fadiga muscular, podendo conduzir a hérnias discais.

CONCLUSÃO

Esperamos que esta rápida introdução aos elementos básicos de ergonomia possa proporcionar uma ampliação no conhecimento geral dos profissionais de laboratório acerca da importância de se analisar o trabalho procurando identificar os diversos componentes do processo, evitando que os problemas de origem ergonômica comprometam as atividades e a saúde dos trabalhadores. A detecção precoce dos sintomas das disfunções musculoesqueléticas impede a instalação de quadros mais graves com incapacidade física. Aos primeiros sinais e sintomas, deve-se procurar imediatamente ajuda e orientação nos serviços de saúde do trabalhador e determinar se existem causas relacionadas com inadequações no ambiente e processo de trabalho

Por tudo o que aqui apresentamos, devemos concluir ressaltando a importância de se estar atento para a necessária adequação entre as condições de trabalho e as pessoas. Adequação esta que deve ser implementada por meio de modificações no processo e no ambiente de trabalho, determinadas sempre, de maneira sistemática e criteriosa, através da tecnologia ergonômica.

Recomendações Ergonômicas Gerais para o Trabalho em Laboratórios

CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Os laboratórios apresentam tendência para uma temperatura excessivamente baixa, o que aumenta o risco de doenças do aparelho respiratório e osteomuscular. A temperatura recomendada situa-se na faixa entre os 20 e 23 graus centígrados.

Deve-se evitar a incidência dos jatos de ar condicionado sobre o corpo dos trabalhadores (NR 17.5.2).

A iluminação geral ou suplementar (fonte de luz individual) deve ser projetada de forma a evitar ofuscamentos, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos (NR 17.5.3.2).

O nível de ruído deve ser baixo, compatível com a demanda de atenção requerida pela atividade.

MOBILIÁRIO DO POSTO DE TRABALHO (NR17.3.2)

Altura das bancadas: O ideal é que as bancadas possam ser reguláveis para ficarem sempre na altura do cotovelo (ângulo de conforto do cotovelo em torno de 90 graus) do trabalhador.

Leiaute das bancadas: A bancada deve ter os bordos arredondados e espaço suficiente para o encaixe das pernas do trabalhador quando sentado.

POSTURAS DE TRABALHO

Trabalho de pé: Sempre que o trabalho puder ser executado na posição sentada, o posto de trabalho deve ser planejado ou adaptado para esta postura (NR 17.3.1).

Para as atividades em que os trabalhos precisam ser realizados de pé, devem ser colocados assentos para descanso em locais que possam ser utilizados durante as pausas (NR 17.3.5).

Trabalho sentado: Os assentos utilizados nos postos de trabalho devem atender aos seguintes requisitos mínimos:

- a) Altura ajustável à estatura do trabalhador e à natureza da função exercida.
- b) Característica de pouca ou nenhuma conformação do assento.
- c) Borda frontal arredondada.
- d) Encosto com forma levemente adaptada ao corpo para proteger a região lombar (NR 17.3.3).

Recomendações Ergonômicas Gerais para o Trabalho em Laboratórios (continuação)

Contrações estáticas

Em geral, as atividades nas bancadas exigem pequenas contrações estáticas, em função dos braços e antebraços ficarem suspensos por períodos prolongados, gerando fadiga e desconforto nos membros superiores, ombro e pescoço. Uma forma importante de minimizar estes efeitos é trabalhar com o antebraço apoiado sempre que possível. É importante também procurar manter a coluna ereta com o corpo no eixo vertical natural. Trabalhar bem próximo da bancada com o ângulo de conforto do cotovelo em torno de 90 graus e sem inclinar a coluna para frente.

Na posição sentada o ângulo entre as coxas e o tronco deve ficar ao redor de 100 graus, procurando também evitar a inclinação do tronco para a frente.

A regra postural áurea é a seguinte: Trabalhar sempre com as articulações o mais próximas possíveis do neutro ou no ângulo de maior conforto.

Alcances no posto de trabalho

Todos os materiais ferramentas, controles e contenedores devem estar distribuídos no espaço de apreensão confortável, evitando inclinações do tronco e sobrecarga dos ombros. A distância de trabalho confortável corresponde à distância cotovelo-mão prênscil. Os objetos de uso devem ser colocados nestas áreas, utilizando-se principalmente os critérios de importância, frequência de uso e sequência de uso.

PAUSAS COMPENSATÓRIAS

Procurar fazer pausas de pelo menos cinco minutos a cada cinquenta minutos trabalhados (NR17.6.4). Durante as pausas tentar caminhar um pouco para melhorar a circulação dos membros inferiores e ingerir água para minimizar a tendência à desidratação gerada pela climatização artificial.

REFERÊNCIAS

- ABERGO. *A Definição Brasileira de Ergonomia: contribuição para definição Internacional de ergonomia*. Report to IEA Council, Brazilian Ergonomics Association. Rio de Janeiro, São Diego, 2000.
- BRANDIMILLER, P. A. *O Corpo no Trabalho*. São Paulo: Senac, 1999.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Manual de Aplicação da NR 17*. 3. ed. Brasília: MTE, SIT, 2004.
- CHAFFIN, D. B. *et al. Biomecânica Ocupacional*. Belo Horizonte: Ergo, 2001.
- CORLETT, E. N. & MANENICA, I. The effects and measurement of working postures. *Applied Ergonomics*, 11(1): 7-16, Mar. 1980.
- FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Blucher, 2007.
- GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia*. 5. ed. Porto Alegre: Bookmam, 2005.
- LIMA, M. B. *Estudo da Penosidade do Trabalho dos Citotecnologistas do Inca: uma contribuição ergonômica*, 2002. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- TELLES, A. L. *A Ergonomia na Concepção e Implantação de Sistemas Digitais de Controle Distribuído: algumas considerações a partir de um estudo de caso na Fábrica Carioca de Catalisadores*, 1995. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- VIDAL, M. C. R. *Ergonomia na Empresa: útil, prática e aplicada*. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2002.

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS

*João Alberto Ferreira
Cristina Lúcia Silveira Sisinho*

Discutir a questão de resíduos gerados em laboratórios e de seu gerenciamento é tratar de uma questão polêmica e de ampla abrangência em relação à saúde humana e ao meio ambiente. O problema se complica ainda mais quando se constata as precárias condições de tratamento e disposição final dos resíduos nas cidades brasileiras e as dificuldades orçamentárias das instituições públicas, principalmente aquelas ligadas aos sistemas de saúde.

Mas, afinal, quais são esses resíduos e em que tipo de laboratório são produzidos? São os resíduos sólidos, definidos, segundo a NBR-10004, como sendo

os resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades de origem industrial, (...) comercial, (...) de serviços (...). Ficam incluídos nesta definição (...) determinados líquidos, cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004)

Tomada ao pé da letra, tal definição englobaria quase todos os resíduos gerados nos laboratórios de unidades industriais e comerciais de prestação de serviços. Entretanto, os resíduos de serviços de saúde – definidos nas resoluções RDC n. 306 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e n. 358 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) – deverão ser classificados, gerenciados e tratados de acordo com as orientações descritas nessas resoluções (Anvisa, 2004; Conama, 2005).

A importância da discussão desse tema se baseia no fato de que a inexistência de sistemas de tratamento de esgotos faz com que os resíduos líquidos despejados na rede pública sejam lançados nos corpos d'água

receptores *in natura*, nas condições em que foram gerados. Da mesma forma, os resíduos sólidos coletados pelo sistema de limpeza urbana são, na maioria das vezes, dispostos em vazadouros a céu aberto ('lixões') e aterros controlados, sem a infraestrutura sanitária necessária para proteção ao meio ambiente. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002), das 228.413 toneladas por dia de lixo coletadas no Brasil em 2000, cerca de 59% foram dispostas em aterros controlados, vazadouros a céu aberto e em áreas alagadas.

Essa situação inadequada, entretanto, não exige o cidadão comum nem os técnicos que produzem resíduos, durante suas atividades profissionais, da responsabilidade perante a preservação ambiental. Na medida em que se detém maior conhecimento específico sobre o assunto, maior se torna a responsabilidade sobre os riscos potenciais. Sem que o cidadão comum seja isentado das suas responsabilidades éticas, o lançamento indiscriminado de agulhas hipodérmicas contaminadas no ambiente tem gravidade muito maior se os autores são um laboratório ou uma unidade de serviços de saúde, que não poderiam ignorar os riscos de tal procedimento.

A época atual tem se destacado como de grande desenvolvimento científico, quando se delineiam mudanças na essência da vida, sobre as quais se levantam questões éticas e de direito. Exploradas de forma sensacionalista pelos meios de comunicação, questões como a dos organismos geneticamente modificados, da fertilização artificial, do dilema nuclear e do buraco na camada de ozônio, entre outras, muitas vezes encobrem discussões que, embora sem o mesmo apelo emocional, têm também importância fundamental para a saúde humana e o meio ambiente.

Não se discutem de forma mais ampla e conseqüente questões de saneamento básico ou, por exemplo, o destino dos resíduos dos laboratórios de análises clínicas – onde são atendidas diariamente milhares de pessoas com os mais diversos tipos de doenças – ou dos resíduos químicos e radioativos de unidades de saúde – problemas que muitas vezes são negligenciados e que podem envolver milhões de homens na vida cotidiana (Berlinguer, 1993).

Neste capítulo, pretende-se contribuir para a discussão e o encaminhamento de soluções dos problemas dos resíduos produzidos em laboratórios, considerando-se particularmente os riscos biológicos e químicos. A abordagem prioriza os laboratórios básicos e de contenção e não abrange os laboratórios de contenção máxima (NB4).

Deve-se ter como ponto de referência que sempre é possível reduzir os riscos no manuseio e na disposição dos resíduos por meio de um planejamento bem elaborado – mesmo com poucos recursos disponíveis –, desde que os profissionais envolvidos estejam conscientes destes riscos e predispostos a assumir suas responsabilidades como técnicos e cidadãos. Problemas de fácil solução, eventualmente, podem causar sérios danos se não forem resolvidos.

Resíduos de papel podem iniciar um incêndio tão facilmente como solventes inflamáveis. Uma simples inundação pode muitas vezes causar tanto dano como uma explosão. Uma ventilação defeituosa pode remover um risco no laboratório e transferi-lo para pessoas que não têm nenhuma conexão com o trabalho. (Pitt & Pitt, 1987: 7)

Os resíduos produzidos em laboratórios – em função da diversidade de atividades realizadas, bem como de produtos manipulados – representam um problema de difícil gestão, não havendo solução ou método únicos que possam ser generalizados.

O principal ator com responsabilidade na gestão dos resíduos é (tem de ser) o pesquisador ou o profissional responsável pelo laboratório. Entretanto, ninguém melhor para conhecer os efeitos potenciais de um produto químico e dos seus resíduos do que os profissionais que trabalham com os mesmos.

No Brasil, a questão dos resíduos dos laboratórios não está resolvida tanto pela dificuldade no gerenciamento adequado como também pela falta de conhecimento e envolvimento dos profissionais com o assunto. É muito maior do que se imagina o número de profissionais que trabalha em laboratórios e que responderia negativamente sobre a existência de um responsável pelos resíduos produzidos e sobre o conhecimento do destino deles a partir da ‘lata de lixo’ ou do ‘ralo da pia’. Além disso, na maioria das instituições, ainda há pouca preocupação com os riscos potenciais que os resíduos representam.

A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Para potencializar as possibilidades e os recursos disponíveis, um sistema de gerenciamento de resíduos deve contemplar alguns pressupostos básicos:

- **RESPONSABILIDADE** – É importante definir um responsável pela gestão dos resíduos. Esta responsabilidade diz respeito à unidade laboratorial em si e não deve ser confundida com a da instituição onde o laboratório

está inserido (se for o caso), nem com a responsabilidade gerencial do sistema de limpeza urbana e de esgotamento sanitário da cidade.

- ENVOLVIMENTO – O planejamento do sistema de resíduos deve ser feito em conjunto com todas as pessoas do laboratório. Desta forma, toma-se conhecimento das responsabilidades e obrigações de cada um em relação aos riscos no laboratório. Certas tarefas só podem ser realizadas por profissionais específicos (por exemplo, manuseio de resíduos radioativos, explosivos etc.) e isto deve ser do conhecimento geral.

O pessoal de limpeza não tem obrigação de possuir conhecimentos técnicos. Logo, a responsabilidade de manter os locais a serem limpos livres de itens perigosos e frágeis, que possam oferecer riscos, é do pessoal do laboratório.

Uma fonte potencial de sérios problemas pode ser a “atitude irresponsável do pessoal altamente especializado, por considerar a disposição de resíduos e a limpeza questões menores, abaixo de sua dignidade” (Pitt & Pitt., 1987: 22). Muitas pesquisas sobre gerenciamento de resíduos mostram o desconhecimento de pesquisadores reconhecidos que asseguravam que resíduos de elevado risco eram queimados em incineradores desativados há mais de cinco anos ou que os mesmos eram segregados, recolhidos e tratados por firma especializada, quando, na verdade, eram dispostos no mesmo contêiner dos resíduos comuns.

- ABRANGÊNCIA – O planejamento deve cobrir todas as etapas do circuito do resíduo, desde a sua geração até o destino final.
- CONHECIMENTO DOS RESÍDUOS – É fundamental que, a partir dos produtos e materiais manipulados no laboratório, se elabore um cadastro dos resíduos que podem ser gerados, com os riscos que apresentam para a saúde e o meio ambiente, os procedimentos de esterilização, neutralização e descarte e as providências em caso de acidentes. Pode-se realizar o cadastro de uma forma mais simples ou de uma forma mais completa com a elaboração de um ‘mapa de riscos’ (mais detalhes, ver capítulo 6).
- INFORMAÇÃO E EDUCAÇÃO – Todos os trabalhadores e, em especial, o pessoal da limpeza devem receber treinamento para manusear os resíduos de forma correta e com o menor risco possível.

O pessoal não técnico que coleta os resíduos deve ser intensamente treinado com recomendações para não tocar em qualquer coisa sobre a qual não se tenha absoluta segurança quanto a possíveis riscos. Um problema que deve merecer atenção constante do responsável pela limpeza do laboratório é a intensa rotatividade da mão de obra de empresas contratadas para executar os serviços. A terceirização das atividades de limpeza e manuseio de resíduos é uma prática que tem aumentado muito e que pode ser causadora de acidentes pela utilização de mão de obra não treinada.

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE LABORATÓRIO

A classificação de um resíduo como perigoso traz implicações imediatas quanto ao manuseio, armazenamento, tratamento, transporte e destino final, aumentando os custos do seu gerenciamento. Segundo a NBR 10004, a periculosidade dos resíduos sólidos é a

característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar: a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. (ABNT, 2004)

Os resíduos gerados em laboratório podem ser classificados de forma geral em:

- RESÍDUOS INFECTANTES OU INFECCIOSOS – são os que contêm “patógenos em quantidade e virulência tais que a exposição aos mesmos de um hospedeiro suscetível pode resultar em uma doença infecciosa” (Dugan, 1992: 349).
- RESÍDUOS ESPECIAIS – incluem os resíduos radioativos, farmacêuticos e químicos perigosos.
- RESÍDUOS COMUNS – são aqueles que, por suas características, se assemelham aos resíduos gerados no domicílio das pessoas.

A legislação brasileira mais recente estabelece uma classificação mais detalhada. De acordo com as resoluções n. 358 do Conama e n. 306 da Anvisa, os resíduos de serviços de saúde (inclusive os de laboratórios analíticos de produtos para saúde, estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde) são classificados como:

- Grupo A – São os resíduos que contenham a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Os resíduos deste grupo são subdivididos em A1, A2, A3, A4 e A5.
- Grupo B – São os que contêm substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.
- Grupo C – São quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.
- Grupo D – São os que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.
- Grupo E – São os materiais perfurocortantes ou escarificantes (Anvisa, 2004; Conama, 2005).

Existe uma discussão mundial sobre os resíduos infecciosos e a necessidade ou não de se tratar os mesmos como ‘resíduos perigosos’, os quais, neste caso, devem ser manuseados e dispostos de forma especial, redundando em maiores custos. Embora o debate seja centrado nos resíduos de serviços de saúde (*medical waste*), na realidade ele abrange a grande maioria dos laboratórios.

A tendência da legislação tem sido, principalmente nos países do Primeiro Mundo, de considerar os resíduos infecciosos como perigosos e sujeitos a um gerenciamento específico. A principal recomendação para o seu destino final tem sido a incineração. No Brasil, esta orientação pode ser percebida nas normas mais recentes da ABNT sobre Resíduos de Serviços de Saúde – NBRs 12.807, 12.808, 12.809 e 12.810 (ABNT, 1993a, 1993b, 1993c, 1993d) – e, principalmente, na implementação, em algumas cidades, de sistemas de incineração locais, de pequeno porte, para lixo hospitalar.

Entretanto, de acordo com a Anvisa (2004) e o Conama (2005), os resíduos infecciosos dos subgrupos A1 e A2 devem ser submetidos a processos de tratamento em equipamentos que promovam redução da carga

microbiana, antes de serem encaminhados para um aterro sanitário licenciado ou local devidamente licenciado para disposição final de resíduos de serviços de saúde.

A tendência de considerar os resíduos infecciosos como perigosos e sujeitos a um gerenciamento específico vai contra a posição de muitos técnicos que estudam o assunto. Estes consideram que os resíduos infecciosos de instituições de saúde apresentam os mesmos riscos para a saúde e o ambiente que os resíduos domiciliares, não necessitando, portanto, de gerenciamento específico (Bidone *et al.*, 2001; Cussioli, Lange & Ferreira, 2003; Reinhardt, Gordon & Alvarado, 1996).

O aumento do receio, muitas vezes infundado, da população sobre a transmissão de doenças infecciosas, principalmente após o advento da Aids, é em grande parte responsável pela pressão política sobre o poder público para implementar as legislações que tratam os resíduos infecciosos como especiais. Isto não quer dizer que laboratórios (e outras instituições de saúde e pesquisa) não tenham de se preocupar com seus resíduos e possam dispô-los de forma indiscriminada no ambiente.

NÍVEIS DE ATENÇÃO PARA O PROBLEMA DOS RESÍDUOS DE LABORATÓRIO

O problema dos resíduos de laboratórios engloba dois níveis bem demarcados de atenção:

- 1) Atenção com o pessoal que manuseia os resíduos: o principal grupo de risco é o dos trabalhadores envolvidos com a limpeza do laboratório e a remoção dos resíduos.
- 2) Atenção com a saúde e o meio ambiente: refere-se aos riscos potenciais de os resíduos promoverem impactos na saúde e no ambiente.

Os principais resíduos que oferecem risco de transmissão de doenças infecciosas são os perfurocortantes: agulhas hipodérmicas, bisturis, lâminas, vidros quebrados etc. Estes resíduos devem ser manuseados o mínimo possível ou, de preferência, não devem ser manuseados. Posteriormente, será discutida a necessidade ou não de desinfecção e esterilização destes resíduos.

O restante dos resíduos infecciosos (convém lembrar que não se está tratando de laboratórios de contenção máxima - NB4) pode ser disposto junto

com os resíduos comuns em aterros sanitários licenciados, desde que haja uma prática adequada de acondicionamento e manuseio dos resíduos em geral.

Quanto aos laboratórios de engenharia genética, considera-se que todos os resíduos biológicos devem ser esterilizados antes de serem encaminhados para aterro sanitário licenciado.

Os resíduos químicos de laboratórios representam um problema em função da multiplicidade de produtos utilizados em pequenas quantidades. Resíduos que apresentam grandes riscos de toxicidade, de inflamabilidade ou de explosão devem necessariamente ser neutralizados antes de serem descartados junto com os resíduos comuns. Os demais resíduos químicos de baixo risco não necessitam neutralização. Os resíduos no estado sólido, quando não tratados, devem ser dispostos em aterros de resíduos perigosos. Os resíduos em estado líquido não precisam ser encaminhados para disposição final em aterros (Conama, 2005).

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

O sistema proposto a seguir tem como referência um laboratório NB3 de contenção. Não se trata de um modelo que possa ser utilizado em qualquer laboratório. Na realidade, cada sistema de gerenciamento de resíduos é único e específico para as condições do laboratório a que se destina. No entanto, existem procedimentos comuns a qualquer sistema. Muitas das discussões que a seguir aplicam-se também aos laboratórios básicos NB1 e NB2.

O laboratório com nível de contenção NB3 é aquele onde são manipulados agentes biológicos com risco elevado para o homem e moderado para o meio ambiente (OMS, 1983). Pesquisas e trabalhos na área biomédica geralmente envolvem a utilização de produtos químicos tóxicos. É inevitável que os resíduos destes laboratórios tenham o mesmo risco potencial dos agentes biológicos e dos produtos químicos que utilizam.

A principal característica de um laboratório NB3 é a garantia da estanqueidade de sua área física por meio de:

- Sistema de ventilação/filtração para manter uma pressão interna negativa e filtrar o ar extraído.
- Sistema de transferência: 1) do material para descontaminação imediata, seja pela passagem em uma autoclave de dupla entrada, seja por uma

peneira germicida de dupla entrada para objetos volumosos ou não autoclaváveis; 2) de pessoal, por ‘peneira’, em três etapas – troca de roupas comuns por roupas protetoras na entrada e o inverso associado a uma ducha na saída.

Exemplos de Resíduos Produzidos em Laboratórios

RESÍDUOS SÓLIDOS DE RISCO BIOLÓGICO

- Fortemente contaminados: culturas de células infectadas, tubos de centrifugação, pipetas, luvas, agulhas, bisturis etc.
- Potencialmente contaminados: guardanapos de papel, vestes descartáveis ou de tecido (reutilizáveis), máscaras, gorros etc.
- Animais e maravalha.
- Filtros do sistema de filtragem do ar.

RESÍDUOS LÍQUIDOS

- Sangue e produtos sanguíneos, água de lavatórios, pias, duchas, autoclaves, lavagem e limpeza de chão etc.

RESÍDUOS ESPECIAIS

- Radioativos
- Resíduos químicos perigosos: tóxicos, corrosivos, inflamáveis, explosivos, genotóxicos ou carcinogênicos.

AEROSSÓIS

ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS

Deve-se ter em mente que a primeira providência com relação ao gerenciamento correto dos resíduos diz respeito à redução da sua geração. A implementação de um plano de gerenciamento de resíduos apenas para cumprimento de exigências legais não resolve o problema da produção contínua dos resíduos. Quanto menor for a quantidade desses resíduos, menor será o custo para o seu manuseio, tratamento/disposição e problemas a eles associados. Contudo, alternativas que buscam a redução da sua produção

ainda são escassas e requerem aprimoramento contínuo (Sisinno & Moreira, 2005).

A não geração de resíduos está relacionada a cada caso e necessitará de um acompanhamento criterioso. No caso de resíduos de laboratórios, a não geração de resíduos é possível até certo nível, devido à natureza e aos processos de geração. O uso de material descartável, cada vez mais difundido como uma prática de segurança e qualidade, não tem merecido críticas. Entretanto, é importante ressaltar que seu uso deve ser feito de forma racional, apenas para a finalidade a que ele se destina e com cuidado no manuseio para evitar que sua contaminação acabe resultando em um resíduo, antes mesmo de seu uso (Sisinno & Moreira, 2005).

A redução na geração está associada à diminuição no volume total ou na quantidade de resíduos perigosos ou à redução na toxicidade de um resíduo. É possível substituir materiais ou produtos químicos que apresentam riscos por outros menos tóxicos (Sisinno & Moreira, 2005).

Dentre as ações que auxiliarão na redução da geração de resíduos, podem ser citadas:

- 1) Escolher e utilizar corretamente, nos aspectos qualitativo e quantitativo, os produtos do laboratório. Uma prática relativamente comum, que alia desperdício com aumento de resíduos, é a aquisição de produtos em quantidades diferentes das usadas nos procedimentos de análises, gerando sobras que têm de ser descartadas. Também a escolha de métodos que utilizem produtos menos perigosos, sempre que possível, é importante na redução dos riscos nos laboratórios.
- 2) Estudar as possibilidades 'seguras' de reciclagem. A reciclagem deve ser pensada como uma forma de preservação da natureza, não podendo, portanto, ser geradora de problemas e de riscos. Em laboratórios e serviços de saúde, os materiais mais passíveis de serem reciclados são papel, papelão e plástico das embalagens dos produtos.

A utilização, no próprio laboratório, de caixas de papelão, latas, garrafas de vidro e de plástico (reciclados) como recipientes para alguns resíduos deve ser considerada. A aquisição de contêineres rígidos, utilizados para perfurocortantes, pode ser reduzida com o uso de recipientes reutilizados – principalmente caixas de papelão e garrafas plásticas. Nestes casos, é necessário tomar cuidado para que não ocorram enganos ou trocas, gerados pelos nomes e dizeres que normalmente existem

nas embalagens. O recipiente para descarte de resíduos deve ser bem localizado e indicado por avisos claros e bem visíveis.

A separação de materiais para reciclagem deve ser feita antes do descarte no recipiente de acondicionamento de resíduos em geral. Em nenhuma hipótese, os resíduos misturados devem ser manuseados.

- 3) Utilizar material descartável de forma restrita: em muitos casos, o material reutilizável pode apresentar vantagens econômicas e ambientais. Um exemplo é o uso de embalagens retornáveis, que não serão de responsabilidade do usuário do material contido nelas (Sisinno & Moreira, 2005).
- 4) Manter uma segregação segura entre os resíduos considerados perigosos e os resíduos comuns. Resíduos comuns misturados com resíduos perigosos são considerados perigosos.

Quando o tratamento for necessário, várias alternativas estão disponíveis e devem ser avaliadas de acordo com cada tipo de necessidade:

- RESÍDUOS SÓLIDOS FORTEMENTE CONTAMINADOS – esterilizá-los durante o período de trabalho. Para isso, podem ser utilizadas: 1) autoclaves: vapor saturado + pressão; 2) microclaves: autoclaves que utilizam microondas para aquecer a água; 3) esterilização química: glutaraldeído, formaldeído (carcinogênico).
- RESÍDUOS SÓLIDOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS – submetê-los ao mesmo processo de esterilização do grupo anterior, podendo aguardar a disponibilidade dos equipamentos ou meios de esterilização.
- ANIMAIS E MARAVALHA – esterilizá-los em autoclaves ou incinerá-los.
- FILTROS DO SISTEMA DE FILTRAGEM DE AR – depois de esterilizados, tratá-los como resíduos comuns.
- RESÍDUOS LÍQUIDOS – podem ser autoclavados (com cuidados específicos) ou sofrer desinfecção química e ser lançados no esgoto, se houver tratamento em nível secundário. Cabe ressaltar que nem todo resíduo líquido pode ser autoclavado.
- RADIOATIVOS – têm de ser manuseados, tratados e dispostos de acordo com as normas da CNEN. Com frequência, os resíduos de laboratórios são de baixa radioatividade e têm meia-vida curta. Nestes casos, os resíduos podem ser estocados (dentro dos padrões estabelecidos pela

CNEN) até o decaimento da radioatividade para níveis em que não sejam mais considerados radioativos (mais detalhes, ver capítulo 11).

- RESÍDUOS QUÍMICOS

Algumas considerações de ordem geral são importantes. O(s) responsável(eis) pelo manuseio e descarte dos resíduos químicos deve(m) ter conhecimento do assunto e estar bem informado(s) sobre os materiais utilizados no laboratório.

São alternativas para a disposição de resíduos químicos, dependendo de sua periculosidade e suas características de concentração e pureza:

- 1) Encontrar outro uso para o resíduo: por exemplo, utilizar as sobras de um produto de melhor qualidade em procedimentos em que um de pior qualidade seria adequado, como forma de se desfazer dos resíduos de melhor qualidade que, do contrário, seriam descartados (alguns resíduos podem ser usados para neutralizar outros resíduos).
- 2) Vender o material.
- 3) Doar o material (por exemplo, para escolas).
- 4) Purificar para reuso (Pitt & Pitt, 1987). A recuperação de material é importante e sempre deve ser considerada, desde que não interfira na segurança e na eficiência do laboratório.

Diversos produtos químicos podem ser descartados juntamente com os resíduos comuns. Agar, terra diatomácea, carbonato de cálcio, sílica, óxido ferroso etc. são alguns exemplos.

Alguns resíduos líquidos podem ser tratados (neutralização e ajuste de pH), diluídos (até que se obtenha uma solução com pelo menos 50% de água em volume) e descartados no esgoto. Esses resíduos não devem ser acumulados, pois é sempre mais fácil e menos perigoso o tratamento de pequenas quantidades de resíduos (Embrapa, 2006).

É importante destacar, entretanto, que a utilização dessa prática deve sempre considerar a possibilidade de reações provocadas por misturas de produtos químicos. Explosões e incêndios causados por reações de resíduos em sistemas de esgotos são relatados na literatura. Quando existem vários laboratórios contribuindo para o mesmo sistema de esgoto, há que se fazer uma avaliação cuidadosa dos resíduos despejados por cada um deles para reduzir o risco de acidentes.

Face às precárias condições dos sistemas de esgotos da maioria das cidades brasileiras, é necessário que os resíduos de laboratórios P3 saiam esterilizados do estabelecimento.

ETAPAS DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Acondicionamento

Os recipientes de acondicionamento devem ser estanques e, no caso de resíduos infecciosos, ser fechados com tampa. Todos os recipientes precisam ser identificados.

Desde que manuseados corretamente, o risco de infecção por resíduos é bastante reduzido. Os perfurocortantes são os principais responsáveis por infecções. Devem, então, ser acondicionados de forma segura, em embalagens rígidas.

É necessário que o acondicionamento seja adequado ao tratamento a que será submetido o resíduo. Autoclavar os resíduos dentro de sacos plásticos pode ser relativamente complicado. Sacos de polipropileno de alta densidade, sensíveis ao calor, podem impedir o acesso do vapor à massa de resíduos. Sacos de plástico sensíveis ao calor devem ser colocados dentro de outro contêiner para evitar derramamento dos resíduos no equipamento.

Os resíduos de risco biológico ou infectantes, quando considerados separadamente, precisam ser acondicionados em sacos plásticos que os diferenciem dos resíduos comuns. A norma NBR 9190 da ABNT recomenda sacos brancos leitosos para os infectantes e escuros para os comuns.

Conforme já referido anteriormente, os resíduos perfurocortantes constituem a principal fonte potencial de riscos, tanto de acidentes físicos como de doenças infecciosas. Segundo Casanova e colaboradores (1993: 474), “de todos os acidentes relatados por empregados de hospitais, nos Estados Unidos, a maior proporção (35%) é causada por agulhas e outros perfurocortantes”. Durante um estudo de dez meses em um hospital universitário nos Estados Unidos, mais de 320 ferimentos com perfurocortantes foram relatados, dos quais 13% ocorreram durante ou após a disposição dos mesmos: a maioria destes ferimentos foi causada por pontas saindo do lixo acondicionado à espera de coleta e disposição (Walker, 1991). Os resíduos perfurocortantes devem estar acondicionados em embalagens rígidas.

Um problema que muitas vezes foge ao controle do pessoal do laboratório é a existência de ‘catadores’ nos locais de destino final dos resíduos, que rapidamente percebem os contêineres contendo agulhas e seringas, que são ‘aproveitados’ para comercialização entre viciados de drogas. Por esta razão é que o laboratório deve, obrigatoriamente, esterilizar ou pelo menos fazer a desinfecção destes resíduos antes de descartá-los. Entretanto, as atuais normas de segurança recomendam o não manuseio de seringas e agulhas usadas, seja para separá-las, seja para inutilizá-las.

Armazenamento Interno

Por questões de segurança, recomenda-se não acumular grandes quantidades de resíduos no laboratório. O ideal é que em cada local exista apenas o frasco em uso para cada tipo de resíduo e que, após utilizado, seja encaminhado para uma central de armazenamento fora do laboratório. Não se devem armazenar frascos de resíduos na capela nem próximos a fontes de água ou calor (Embrapa, 2006).

Transporte Interno

A condição mais importante é que o resíduo esteja acondicionado de forma adequada, assegurando o seu confinamento. O transporte deve ser feito de forma a evitar a ruptura do acondicionamento e a disseminação do resíduo.

Armazenamento Externo

O armazenamento de resíduos é a contenção temporária dos resíduos em área específica visando a atender as condições básicas de segurança, mantendo a integridade física das embalagens até a sua remoção pelo sistema de coleta externo. O ideal é que haja um abrigo para os resíduos, construído de acordo com as normas (Cussioli, Lange & Ferreira, 2003).

Transporte Externo

O transporte de resíduos, que podem ser armazenados em contêineres, em tambores com tampa, deve ser feito em caminhões com mecanismos de recolhimento de líquidos porventura vazados da massa de resíduos.

Disposição Final dos Resíduos

Três grupos de resíduos devem ser considerados na discussão sobre o seu destino final:

- 1) Os resíduos comuns, que englobam todos os resíduos do tipo domiciliar produzidos no laboratório e todos os resíduos que, pelas suas características de periculosidade, tiveram de passar por processos de esterilização, desinfecção ou neutralização e que, portanto, se tornaram comuns.
- 2) Os resíduos infecciosos que não sejam de alta periculosidade, incluindo os perfurocortantes.
- 3) Os resíduos químicos de baixa periculosidade e em pequenas quantidades.

Embora a recomendação das legislações europeia, americana e japonesa seja de que os resíduos infecciosos e parte dos resíduos químicos sejam incinerados, no Brasil há poucos incineradores para tal fim (com exceção de algumas cidades que estão implementando incineradores de pequeno porte para resíduos hospitalares). Os custos de investimento e de operação para incineradores são elevados e incompatíveis com a realidade de países em desenvolvimento.

Além disso, incineradores de pequeno porte são extremamente difíceis de serem operados dentro de padrões que satisfaçam às exigências para a proteção do meio ambiente. A manutenção da temperatura acima de 850°C para resíduos infecciosos e de 1.200°C para resíduos químicos perigosos, embora possível, tem custos elevados, pois exige a injeção permanente de combustível. “A utilização de separadores a seco e filtros de tecido funciona com sucesso no controle de particulados e gases ácidos em incineradores de grande porte (2.000 t/d). Entretanto, esta combinação não tem sucesso quando aplicada a incineradores de menor capacidade (10 a 20 t/d)” (Cross, Hesketh & Rykowski, 1990: 41).

A alternativa para disposição de resíduos domésticos (comuns) é o tratamento em usinas de reciclagem e compostagem. Por serem considerados infecciosos, os resíduos de serviços de saúde e de laboratórios não são tratados em usinas. Embora muitos técnicos não estejam de acordo com tal justificativa, existem razões de ordem ética (pelo manuseio dos resíduos nas usinas) e

econômica (reação do público em relação aos produtos da usina face ao 'risco de infecção') que impediriam o tratamento dos resíduos de laboratório.

Para a realidade brasileira, a solução seria dispor os resíduos de laboratório no solo, em locais adequados. Isto não causaria problemas se os vazadouros existentes fossem aterros sanitários, projetados e operados dentro de padrões técnicos e localizados em áreas adequadas. Esta não é a realidade na maioria das cidades brasileiras, onde o aterro sanitário é uma exceção, predominando os 'lixões' ou vazadouros.

Desta forma, o gerador (laboratório) tem de se preocupar com os seus resíduos para evitar que os mesmos causem danos à saúde das pessoas e ao meio ambiente.

A recomendação, além da eliminação dos riscos maiores dentro do laboratório, é de que os resíduos, ao chegarem ao seu destino, sejam imediatamente enterrados, evitando que a eles tenham acesso os 'catadores', bem como animais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal preocupação do gerenciador do sistema de resíduos deve ser a de reduzir a geração dos mesmos por meio de uma política de utilização das melhores práticas operacionais possíveis, que podem incluir a manutenção da segregação dos resíduos, a substituição de produtos mais perigosos por outros de menor risco (solventes por exemplo), a aquisição de quantidades corretas de produtos etc.

A existência de um sistema organizado, com pessoas responsáveis pelo manuseio, tratamento e destino final dos resíduos dos laboratórios é, em grande parte, a base para o sucesso de um gerenciamento adequado.

Garantir que os procedimentos estabelecidos sejam eficientes, de relativa facilidade de uso e permanentes também é fundamental para um bom sistema de gerenciamento de resíduos.

Procedimentos onde as pessoas tenham de desviar do seu caminho ou realizar esforços extras são suscetíveis de falhas. Entretanto, se o recipiente correto está à mão e o procedimento de disposição é facilitado pelo uso de dispositivos adequados, então a segurança pode tornar-se rotina. (Pitt & Pitt, 1987: 25)

Dadas as nossas condições econômicas, a determinação correta dos riscos potenciais dos resíduos é essencial para evitar o desperdício de recursos em sistemas especiais desnecessários. É importante ressaltar que quanto maior a quantidade de resíduos considerados perigosos, maiores os custos do sistema de resíduos.

Nos laboratórios ligados a instituições públicas, os procedimentos legais de compra muitas vezes acabam por determinar a aquisição de produtos de qualidade inferior. A desinfecção, por exemplo, pode não se efetivar por conta de um produto cuja concentração de cloro seja menor do que o necessário. É importante, então, admitir a possibilidade de que determinados procedimentos possam estar comprometidos pela qualidade do produto utilizado, gerando desperdício de recursos sem nenhum benefício para a segurança, a saúde e a preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 12807*. Resíduos de serviços de saúde: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1993a.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 12808*. Resíduos de serviços de saúde: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1993b.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 12809*. Manuseio de resíduos de serviços de saúde. Rio de Janeiro: ABNT, 1993c.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 12810*. Coleta de resíduos de serviços de saúde. Rio de Janeiro: ABNT, 1993d.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 10004*. Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). *Resolução RDC n. 306, de 7 de dezembro de 2004*. Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 10 jul. 2006.
- BERLINGUER, G. *Questões de Vida: ética, ciência, saúde*. Salvador, São Paulo, Londrina: APCE, Hucitec, Cebes, 1993.
- BIDONE, F. R. A. *et al. Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: eliminação e valorização*. PROSAB2. Rio de Janeiro: Abes, 2001.
- CASANOVA, J. E. *et al.* Hand dexterity in hospital personnel with multiple needlestick injuries. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 14(8): 473-475, 1993.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). *Resolução n. 358, de 29 de abril de 2005*. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>. Acesso em: 10 mar. 2006.

CROSS, F.; HESKETH, H. E. & RYKOWSKI, P. *Infectious Waste Management*. Lancaster: Technomic, 1990.

CUSSIOL, N. A. M.; LANGE, L. C. & FERREIRA, J. A. *Resíduos de serviços de saúde*. In: COUTO, R. C.; PEDROSA, T. M. G. & NOGUEIRA, J. N. (Orgs.). *Infecção Hospitalar e Outras Complicações Não-Infeciosas da Doença: epidemiologia, controle e tratamento*. Rio de Janeiro: Medsi, 2003.

DUGAN, S. Regulated medical waste: is any of it infectious? *New York State Journal of Medicine*, 92(8): 349-352, 1992.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias). *Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos de Laboratório da Embrapa Suínos e Aves*. Disponível em: <www.cnpqa.embrapa.br/residuos/>. Acesso em: 7 mar. 2006.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

OMS (Organização Mundial da Saúde). *Manual de Bioseguridad en el Laboratorio*. Genebra: OMS, 1983.

PITT, M. & PITT, E. *Handbook of Laboratory Waste Disposal*. Chichester: Ellis Horwood, 1987.

REINHARDT, P. A.; GORDON, J. & ALVARADO, C. J. Medical waste management. In: MAYHALL, C. G. (Ed.). *Hospital Epidemiology and Infection Control*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.

SISINNO, C. L. S. & MOREIRA, J. C. Ecoeficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, 21(6): 1.893-1.900, 2005.

WALKER, A. Waste disposal: fresh looks at a rotting problem. *British Medical Journal*, 303(6.814): 323-326, 1991.

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS RADIOATIVOS EM LABORATÓRIOS DE PESQUISA

Raul dos Santos

O uso de fontes radioativas, de vários tipos e atividades, já se encontra largamente difundido na indústria, na medicina, no ensino e na pesquisa em inúmeros países. No Brasil, o número de instalações que utilizam materiais radioativos cresce a uma taxa média anual de cerca de 6%. Desta forma, é imperativo conhecer e aplicar os princípios básicos de proteção radiológica para garantir o uso seguro desses materiais.

Embora, recentemente, alguns acidentes (Three Mile Island, Chernobyl e Goiânia) tenham chamado a atenção do público para o risco da utilização da energia nuclear, o emprego das fontes radioativas possui um histórico de segurança muito satisfatório, não obstante seja reconhecido pelas autoridades competentes em todo o mundo que o controle das fontes radioativas nem sempre é feito de maneira adequada, e que sua perda, quer acidental ou intencional, pode levar a exposições acidentais de trabalhadores, pacientes e membros da população. Estas exposições podem provocar danos à saúde, em função, principalmente, de sua duração, da atividade do material radioativo em questão e da região do corpo afetada. De toda a maneira, é bom salientar que as fontes radioativas geralmente empregadas na área biomédica possuem baixa atividade e que, portanto, não podem provocar óbitos devido à exposição.

Recentemente, atenção especial tem sido dada ao possível desvio de materiais radioativos para o emprego malevolente, como atentados terroristas que poderiam dispersar, de forma descontrolada, tais materiais no meio ambiente provocando ruptura social devido ao pânico gerado na população, além de exposições de pessoas e contaminação ambiental. No intuito de prevenir tais situações, a Agência Internacional de Energia Atômica (em inglês, International Atomic Energy Agency - IAEA), órgão das Nações Unidas, tem recomendado

um maior controle desses materiais por parte de usuários e organismos reguladores (IAEA, 1990, 1996, 1998, 2003).

A Norma CNEN-NN-3.01, de janeiro de 2005, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), dá a seguinte definição: “Acidente – qualquer evento não intencional, incluindo erros de operação e falhas de equipamentos, cujas consequências reais ou potenciais são relevantes sob o ponto de vista de proteção radiológica (CNEN, 2005)”.

Como é constatado na prática, no mundo inteiro, a maioria das situações de emergência envolvendo materiais radioativos ou radiações ionizantes foi causada em última análise por falha humana. O reconhecimento deste fato aumenta a responsabilidade de todos aqueles envolvidos direta ou indiretamente com a área de segurança, proteção radiológica, engenharia de segurança e medicina do trabalho, e salienta a necessidade constante para:

- o desenvolvimento de planos e procedimentos para proteção radiológica e para resposta a situações de emergência;
- a constante preparação de todas as organizações envolvidas com a utilização de fontes de radiação;
- o treinamento contínuo de todos os profissionais que trabalhem no setor, através de cursos, exercícios, simulados etc.

É necessário destacar que, quando se trata de segurança na área de radiações, não se deve, sob qualquer alegação, menosprezar os riscos e depreciar as medidas de proteção; da mesma forma que não é necessário superestimá-los, uma vez que o perigo representado pelas atividades desenvolvidas nesta área não é maior do que aquele apresentado por outras atividades cotidianas como, por exemplo, atividades industriais (indústrias petroquímicas, aeronáutica, naval etc). Apenas a título de comparação, pode ser lembrado que somente um acidente provocado pelo vazamento de um gás altamente tóxico numa indústria química, em 1984, na Índia (Bhopal), causou a morte imediata de cerca de 3.800 pessoas (Browning, 1993). O objetivo deste trabalho é apresentar os princípios básicos de proteção radiológica que devem ser obedecidos durante a utilização de materiais radioativos em laboratórios de pesquisa na área biomédica.

FUNDAMENTOS

Física Atômica e Nuclear

Os átomos são constituídos por um núcleo com carga elétrica positiva (+), ao redor do qual orbitam elétrons que possuem carga elétrica negativa (-). Os átomos são eletricamente neutros no seu estado de equilíbrio, isto é, neste caso, o número de cargas positivas e de cargas negativas é igual (Tayhata *et al.*, 1999).

Os núcleos dos átomos, por sua vez, são constituídos por partículas genericamente chamadas de núcleons, que podem ser os prótons (com carga elétrica positiva) e os nêutrons (que não possuem carga elétrica).

Para todos os átomos, define-se:

- Z = número atômico = número de prótons no núcleo atômico
- N = número de nêutrons no núcleo atômico
- A = número de massa = $N + Z$

A seguinte nomenclatura é adotada para todos os átomos: ${}_Z X^A$. Isto é, o elemento de símbolo X possui número atômico Z e número de massa A . Assim sendo, átomos são classificados de acordo com seu número atômico (Z) e seu número de massa (A). Cada combinação distinta de Z e A caracteriza uma espécie diferente de átomo denominada nuclídeo.

Os isótopos são nuclídeos que possuem o mesmo número atômico Z , porém, com diferentes números de massa A . Isto implica que os isótopos possuem diferentes números de nêutrons. Alguns exemplos de isótopos são:

- Hidrogênio: ${}_1 H^1$ (prótio), ${}_1 H^2$ (deutério), ${}_1 H^3$ (trítio)
- Urânio: ${}_{92} U^{235}$, ${}_{92} U^{238}$

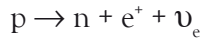
Um radionuclídeo é um nuclídeo com estrutura nuclear instável, que procura alcançar a estabilidade a partir da emissão de partículas e/ou de ondas eletromagnéticas. Estas emissões são conhecidas como radiações, sendo as principais:

- emissão de partícula alfa (α)
- emissão de partícula beta (β)
- emissão de raios gama (γ)

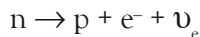
As partículas alfa possuem carga elétrica positiva, sendo constituídas por dois prótons e dois nêutrons (núcleo do gás hélio). São partículas altamente energéticas, emitidas, geralmente, por átomos com número atômico maior que 82 (chumbo). Essas partículas possuem pequeno poder de penetração na matéria, por serem carregadas e possuírem massa relativamente elevada. As partículas alfa podem ser detidas por uma folha de papel.

As partículas beta nada mais são que elétrons e podem ser de dois tipos:

- Partícula beta positiva (ou pósitron): resultado do decaimento de um próton (p), no interior do núcleo atômico, em um nêutron (n), mais um elétron positivo (pósitron), mais um neutrino eletrônico (ν_e), isto é:



- Partícula beta negativa: resultado do decaimento de um nêutron em um próton (p), mais um elétron negativo mais um antineutrino eletrônico ($\bar{\nu}_e$), isto é:



As partículas beta são capazes de penetrar alguns milímetros numa placa de alumínio.

Os raios gama são ondas eletromagnéticas (fótons) que possuem a mesma natureza da luz visível, porém, muito mais energéticos e, portanto, capazes de penetrar vários centímetros através da matéria. Podem ser blindados por paredes de concreto ou de chumbo. Os raios gama diferem dos raios X apenas em sua origem, isto é, os raios gama são produzidos no interior do núcleo atômico, ao passo que os raios X têm sua origem em processos eletrônicos.

Em sua interação com a matéria, as radiações (α , β ou γ) podem provocar:

- Ionização: quando a energia da radiação é superior à energia de ligação de um elétron orbital, arrancando-o.
- Excitação: quando a energia de radiação é inferior à energia de ligação de um elétron orbital. Neste caso, pela absorção de energia da radiação incidente, este elétron é levado para uma órbita mais externa, deixando o átomo instável.

Grandezas e Unidades

A energia de uma radiação, seja de natureza corpuscular (α e β), seja eletromagnética (γ ou X), é expressa em elétron-Volts (eV). Um elétron-Volt é definido como a energia adquirida por um elétron quando este atravessa uma diferença de potencial de um Volt. Os múltiplos mais usados são o kilo-elétron-Volt (keV) e o mega-elétron-Volt (MeV).

A atividade de uma amostra radioativa é expressa em Becquerels (Bq). Um Becquerel é igual a uma desintegração por segundo. Isto significa que, por exemplo, se a atividade de um material radioativo for de 100 Bq, na amostra radioativa, a cada segundo ocorrerão cem emissões de uma dada radiação (α , β ou γ). Historicamente, a primeira unidade de medida de atividade foi o Curie (Ci), definido como a atividade de um grama do isótopo do elemento rádio ($Z = 88$) de número de massa 226 (${}_{88}\text{Ra}^{226}$). A relação entre estas duas unidades é a seguinte:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Os múltiplos do Curie são, por exemplo, o microcurie (μCi) e o milicurie (mCi).

Ao atravessar a matéria, as radiações cedem toda ou parte da sua energia ao produzir as ionizações e/ou excitações. A dose absorvida exprime a quantidade de energia cedida à matéria por unidade de massa. A unidade que expressa a dose absorvida é o Gray (Gy), isto é:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ Joule/kg}$$

A taxa de dose absorvida é expressa em Grays por segundo.

Para se avaliar o efeito biológico de uma dose absorvida pela matéria viva, foi criado o conceito de dose equivalente. Sua unidade é o Sievert, cujo símbolo é Sv. A expressão matemática que vincula as doses absorvida e equivalente é a seguinte:

$$H = D \times Q$$

Onde H é a dose equivalente; D, a dose absorvida; e Q, o chamado 'fator de qualidade', que depende da natureza e da energia da radiação.

- para as radiações β , γ e X, tem-se que: $Q = 1$
- para as radiações α , tem-se que: $Q = 20$

A meia-vida física, ou simplesmente meia-vida, de um radionuclídeo é o tempo gasto para que o mesmo tenha sua atividade reduzida à metade. Como um exemplo, a meia-vida do ${}_{92}\text{U}^{238}$ é de $4,5 \times 10^9$ anos, ao passo que a do ${}_{84}\text{Po}^{212}$ é de milionésimos segundos. A meia-vida biológica é definida como o tempo necessário para que a quantidade de um radionuclídeo incorporado seja eliminada pela metade por um organismo, órgão ou tecido. A meia-vida efetiva de um radionuclídeo está diretamente relacionada com as meias-vidas física e biológica, a partir da equação:

$$(1/T_{\text{efe}}) = (1/T_{\text{fis}}) + (1/T_{\text{bio}})$$

onde T_{efe} é a meia-vida efetiva, T_{fis} é a meia-vida física e T_{bio} é a meia-vida biológica. Um exemplo simples para o emprego da fórmula anterior consiste em imaginar um radionuclídeo que tivesse a meia-vida física (T_{fis}) igual à meia-vida biológica (T_{bio}), isto é: $T_{\text{fis}} = T_{\text{bio}} = T$, então $T_{\text{efe}} = 2T$, ou seja, a eliminação do radionuclídeo do organismo ocorreria numa taxa duas vezes maior.

Proteção Radiológica

Como foi dito, as radiações trazem benefícios aos seres humanos quando empregadas corretamente. Contudo, se utilizadas de forma incorreta, podem provocar uma série de danos à saúde.

Para melhor compreender os objetivos da proteção radiológica, devem-se levar em consideração os seguintes pontos: 1) as características da dose de radiação recebida; 2) os tipos de exposição; 3) a forma físico-química apresentada pelo radionuclídeo; 4) os efeitos biológicos das radiações nas células; 5) os efeitos das radiações no organismo.

O Limite de Incorporação Anual (LIA) para um radionuclídeo é o valor máximo de incorporação anual para um homem padrão. Para cada radionuclídeo, estabelece-se um LIA.

O Quadro 1 exhibe exemplos dos conceitos de energia do radionuclídeo, suas meias-vidas, descritos anteriormente.

A proteção radiológica está baseada em três princípios básicos, a saber:

- TEMPO: quanto menor for o tempo de exposição às radiações ionizantes, menores serão as doses de radiação recebidas e, conseqüentemente, serão menores as chances de ocorrência de efeitos deletérios para a saúde.

- **DISTÂNCIA:** quanto maior for a distância entre o experimentador e a fonte de radiação ionizante, menores serão as doses de radiação recebidas e, conseqüentemente, serão menores as chances de ocorrência de efeitos deletérios para a saúde.
- **BLINDAGEM:** materiais que absorvam radiação devem ser interpostos entre o experimentador e a fonte de radiação, visando a minimizar a dose de radiação recebida.

Quadro 1 - Radionuclídeos usados em pesquisas médicas

Radionuclídeo	Emissão	Energia (keV)	Meia-vida física	Meia-vida biológica	LIA (Bq)
Tritio (^3H)	β^-	19	12,28 anos	10 dias	$8,0 \times 10^5$ (*)
Carbono-14 (^{14}C)	β^-	156	5.730 anos	0,4 dias	$9,0 \times 10^4$ (ina)
Fósforo -32 (^{32}P)	β^-	1.710	14,29 dias	(**)	$2,0 \times 10^{10}$
Enxofre-35 (^{35}S)	β^-	67,47	87,9 dias	7 dias	$8,0 \times 10^7$ (ing) $2,0 \times 10^8$ (ina)
Cromo -51 (^{51}Cr)	β^- γ	4,5 320	27,8 dias	125 dias	de $7,0 \times 10^8$ até $2,0 \times 10^9$ (ina)
Iodo -125 (^{125}I)	β^- γ	167,47 35,5	60,2 dias	138 dias	$2,0 \times 10^6$ (ina) $4,4 \times 10^4$ (tir)
Iodo -131 (^{131}I)	β^- γ	608 364	8,05 dias	3 dias	$2,0 \times 10^6$ (ina)

* água tritiada; ** depende da molécula marcada

(ing) - ingestão; (tir) - tireoide; (ina) - inalação

FONTES DE RADIAÇÃO

Classificação das Fontes de Radiação

De uma maneira geral, as fontes podem ser classificadas em duas categorias:

- FONTE SELADA – é aquela cuja estrutura é tal que previna, sob as condições normais de uso, qualquer dispersão do seu material radioativo para o ambiente. Ex.: fontes de ⁶⁰Co utilizadas em teleterapia.
- FONTE NÃO SELADA – é aquela cuja forma física e as condições normais de uso não permitem prevenir todas as formas de dispersão do material radioativo para o ambiente. Ex.: fontes na forma líquida, empregadas para marcação de moléculas.

Exemplos de Fontes Não Seladas

No Quadro 2 são apresentados alguns exemplos de radionuclídeos empregados usualmente em clínicas, laboratórios biomédicos e hospitais, assim como a meia-vida física, o tipo de emissão (α , β ou γ) e sua energia mais provável, e a atividade máxima utilizada em cada uma das aplicações.

Quadro 2 – Principais radionuclídeos usados em medicina nuclear e pesquisa biomédica

Radionuclídeo	Utilização	Quantidade típica por aplicação	Característica dos rejeitos
H-3	<ul style="list-style-type: none"> • Exames clínicos • Pesquisa biológica • Marcação 	<ul style="list-style-type: none"> • até 5 MBq • até 50 MBq 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólido, líquido e orgânico • Orgânico • Solventes
C-14	<ul style="list-style-type: none"> • Medicina • Pesquisa biológica • Marcação 	<ul style="list-style-type: none"> • menor que 1 GBq • até 10 MBq 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólido e líquido • Solvente • CO₂ exalado
P-32	<ul style="list-style-type: none"> • Terapia clínica • Pesquisa biológica 	<ul style="list-style-type: none"> • até 200 MBq • até 50 MBq 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólido e líquido • Líquido e efluente
S-35	<ul style="list-style-type: none"> • Exames clínicos • Pesquisa biomédica e biológica 	<ul style="list-style-type: none"> • até 5 GBq 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólido e líquido • Efluente
Cl-36	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa biológica 	<ul style="list-style-type: none"> • até 5 MBq 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasoso, sólido e líquido
Ca-45 Ca-47	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa biológica • Exames clínicos 	<ul style="list-style-type: none"> • até 100 MBq • até 1 GBq 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólido (principalmente) • Líquido (alguns)

Quadro 2 – Principais radionuclédeos usados em medicina nuclear e pesquisa biomédica (continuação)

Radionuclédeo	Utilização	Quantidade típica por aplicação	Característica dos rejeitos
Sc-46	• Pesquisa biomédica e biológica	• até 500 MBq	• Sólido e líquido
Cr-51	• Exames clínicos • Pesquisa biológica	• até 5 MBq • até 100 kBq	• Sólido • Efluentes líquidos
Co -57 Co -58	• Exames clínicos • Pesquisa biológica	• até 50 kBq	• Sólido e efluente líquido
Fe-59	• Exames clínicos • Pesquisa biológica	• até 50 MBq	• Sólido • Efluentes líquidos
Ga-67	• Exames clínicos	• até 200 MBq	• Sólido e efluente líquido
Sr-85	• Exames clínicos • Pesquisa biológica	• até 50 MBq	• Sólido e líquido
Rb-86	• Pesquisa biomédica	• até 500 MBq	• Sólido e líquido
Sr-89	• Terapia clínica	• até 300 MBq	• Sólido e líquido
Tc-99m	• Exames clínicos • Pesquisa biológica	• até 1 GBq	• Sólido e líquido
I-123 I-125 I-131	• Pesquisa biomédica • Exames clínicos • Terapia clínica	• até 500 MBq • até 500 MBq • até 500 MBq • até 10 GBq • até 50 MBq	• Sólido e líquido • Eventualmente vapor
Tl-201 Hg-197 Hg-203	• Exames clínicos • Exames clínicos • Pesquisa biológica	• 200 MBq • até 50 MBq	• Sólido e líquido • Sólido e líquido

Todos os radionuclédeos mostrados possuem diversas utilizações, quer no tratamento e diagnóstico de várias enfermidades, quer na área de pesquisa básica. A despeito disto, deve ser sempre lembrado que podem provocar efeitos deletérios para a saúde, não só para pacientes como também para médicos, técnicos e pesquisadores. Desta forma, devem ser seguidos, rigorosamente, os procedimentos de controle intrínsecos a cada um desses radionuclédeos.

NORMAS PARA UTILIZAÇÃO DE FONTES DE RADIAÇÃO

O emprego das radiações ionizantes é regulado por normas, que têm por objetivo reduzir as chances de exposições não justificadas para trabalhadores, pacientes e membros da população de um modo geral. A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) vem, desde 1928, formulando recomendações sobre todos os aspectos básicos e práticos da proteção radiológica (ICRP, 1991). Essas recomendações constituem a base dos regulamentos (normas) adotados por organizações nacionais e internacionais.

Em 1977, a ICRP lançou um conjunto de recomendações, denominado ICRP-26, que foi reformulado em 1990, recebendo a designação de ICRP-60 (*1990 Recommendations of the ICRP*), válidos até hoje.

Além da ICRP, existem outras organizações internacionais que também formulam recomendações na área de proteção radiológica, como, por exemplo, a IAEA (<www.iaea.org>), a partir de documentos intitulados *Safety Series*.

No Brasil, a CNEN (<www.cnen.gov.br>), autarquia especial subordinada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, é o organismo responsável, entre outras atribuições, pela licença que autoriza o funcionamento de instalações que usem materiais radioativos. Desta forma, todas as organizações que utilizem materiais radioativos, no território nacional brasileiro, para quaisquer fins, devem cumprir as normas expedidas pela CNEN (1984, 1985, 1988a, 1988b, 1988c, 1989, 2005).

REJEITOS RADIOATIVOS

Os seguintes pontos devem ser observados quando forem gerados rejeitos radioativos:

- Um rejeito radioativo continua sendo uma fonte de radiação ionizante.
- Prever o uso de recipientes especiais, abalizados, etiquetados e apropriados à natureza do produto radioativo em questão.
- Os rejeitos não devem ser armazenados no laboratório, mas sim em um local previamente adaptado para isto, que fique aguardando o seu recolhimento.

- Considerar como de dez meias-vidas físicas o tempo necessário para obter um decréscimo quase total (1/1.000) para a atividade dos materiais (fontes não seladas) empregados na área de medicina.
- Animais mortos e contaminados devem ser conservados congelados. Nesse caso, o congelador deve ser fechado à chave e deve ser balizado.
- Os rejeitos, após decaimento, podem ser eliminados como lixo convencional, com a condição de não apresentarem qualquer sinalização que lembre a presença de material radioativo ou de radiações.
- É necessário lembrar que o trabalhador (pesquisador, médico, técnico etc.) é o responsável pelos rejeitos que ele produz (quaisquer que sejam eles) até a sua completa eliminação.
- Os procedimentos que devem ser seguidos para a eliminação de rejeitos radioativos em território brasileiro são aqueles estabelecidos pela norma CNEN-NE-6.05 (que pode ser obtida na íntegra a partir de *download* no site da CNEN).

Procedimentos para Manipulação

As regras apresentadas aqui condicionam o planejamento da experimentação, isto é, a preparação e o estabelecimento prévio de protocolos, que devem ser planejados e/ou realizados na presença de profissional competente, compreendendo ações que tratem da prevenção coletiva e da prevenção individual de todos os trabalhadores de um laboratório.

Prevenção Coletiva

- Os laboratórios de manipulação de materiais radioativos devem ter assoalho plano e liso e ser constituídos por materiais que sejam facilmente descontaminados (caso seja necessário efetuar uma descontaminação).
- As paredes também devem ser lisas e pintadas com tintas que sejam de fácil lavagem.

Prevenção Individual

Obtenha informações: 1) junto à pessoa competente encarregada de analisar o local de trabalho; 2) lendo as instruções fixadas no laboratório e as fichas técnicas.

BIOSSEGURANÇA

PROTEJA-SE:

- usando equipamentos de proteção individual (EPI) adequados para cada experimentação, como, por exemplo, jaleco fechado, gorro e dois pares de luvas cirúrgicas;
- empregando blindagens, isto é, utilizar telas apropriadas, manipular em câmaras e capelas, de acordo com o radionuclídeo e a sua atividade;
- diminuindo o tempo de exposição;
- aumentando a distância até a fonte.

DELIMITE:

- os locais com marcação específica;
- as superfícies de trabalho;
- os locais de armazenagem das fontes;
- identifique os materiais, etiquetando-os.

CONFINE:

- os materiais dentro de bandejas, cobertas com papel absorvente, durante a manipulação;
- preveja os materiais que serão destinados à manipulação e descontaminação (caso sejam necessárias) e os instrumentos para detecção.

MONITORIZAÇÃO COM UM DETECTOR DE RADIAÇÃO IONIZANTE:

- as superfícies de trabalho;
- o material empregado;
- as mãos;
- as roupas;
- e, se necessário, de acordo com o radionuclídeo, o assoalho, os sapatos e a tireoide.

JAMAIS:

- comer, beber ou fumar no laboratório;
- maquiar-se;
- pipetar com a boca;
- trabalhar sozinho;

- manipular os radionuclídeos sobre papel de alumínio, que dificulta a contenção da contaminação.

CONTROLES E ORGANIZAÇÃO ADMINISTRATIVA

Controle de Materiais

Deve ser feito a partir de detetores de radiação (por exemplo, Geiger-Muller) escolhidos de acordo com o tipo de radiação e sua energia, sendo devidamente calibrados e aferidos. Para isto, o supervisor de proteção radiológica deve ser consultado.

Controle de Pessoal

Deve ser realizado com o emprego de filmes dosimétricos, canetas dosimétricas e dosímetros termoluminescentes (TLD) para todos que trabalhem com materiais radioativos. Além disso, exames radiotoxológicos devem ser realizados periodicamente, tais como exames de urina e de fezes. Dependendo da prática, outros exames complementares podem ser exigidos, caso necessário, como medidas de contaminação interna num contador de corpo inteiro e exames de sangue.

Uma ficha de acompanhamento médico deve cobrir a vida profissional de cada trabalhador ocupacionalmente exposto a radiações ionizantes.

Controle do Local e Organização Administrativa

O laboratório deve possuir:

- 1) autorização para utilização de fontes radioativas, expedida pela CNEN (de acordo com as normas da CNEN);
- 2) certificado de qualificação dos supervisores de proteção radiológica (de acordo com as normas da CNEN);
- 3) outros profissionais qualificados que participem da prevenção de acidentes, como, por exemplo, engenheiros de segurança do trabalho e médicos do trabalho.

RISCOS ENVOLVIDOS

Fontes Naturais e Artificiais de Radiação

A radioatividade natural é responsável por cerca de 68% da exposição à qual a população terrestre está sujeita diariamente. Esta radioatividade natural é proveniente dos raios cósmicos oriundos do sol, das substâncias radioativas existentes na face da Terra e do gás radônio no interior de residências.

Os 32% restantes, aos quais a população está exposta, são provenientes das fontes artificiais de radiação, como, por exemplo, exames médicos (radiografias, diagnósticos e terapias), representando 29%, e indústrias nucleares, teste de armas atômicas, acidente de Chernobyl, representando 3%.

Deve ser sempre lembrado que toda dose de radiação, ainda que baixa, pode acarretar efeitos deletérios para a saúde. Contudo, o risco radioativo não deve ser nem minimizado, nem tampouco superestimado. Isto é, toda dose recebida deve ser justificada.

Ações de Resposta em Caso de Acidente

- Não se afobe: nas atividades de pesquisa e de rotina na área médica geralmente não se recebem doses letais.
- Notifique imediatamente o pessoal responsável, que será capaz de avaliar se outras organizações competentes deverão ser acionadas, como, por exemplo, a Divisão de Atendimento a Emergências Radiológicas e Nucleares (Dieme), do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), da CNEN.
- Outras contusões (cortes, queimaduras etc.) devem ser tratadas antes das descontaminações, com o intuito de reduzir as vias de acesso do material radioativo para o interior do corpo humano.
- Isolar o local do acidente e controlar o acesso ao local.
- Caso esteja capacitado para tal, efetue descontaminações sempre acompanhado de outra pessoa.
- Deve ser lembrado que ninguém, independentemente de sua competência, está livre de sofrer contaminações.
- Todas as instruções e todos os procedimentos devem ser respeitados.

Acidentes Registrados

Contaminações por materiais radioativos (na forma de fontes não seladas) ocorrem com certa frequência na prática médica e biomédica. Entre alguns casos que foram notificados ao Sistema de Atendimento a Emergências Radiológicas (Saer), da CNEN, podem ser destacados os seguintes:

- Contaminação com fósforo-32 (^{32}P) em laboratório de pesquisa na área da saúde de uma universidade no estado do Rio de Janeiro, devido ao não cumprimento dos procedimentos do laboratório (ex.: luvas cirúrgicas rasgadas, ausência de luvas cirúrgicas e delonga em notificar os organismos competentes).
- Contaminação com enxofre-35 (^{35}S) em laboratório de pesquisa na área da saúde de uma universidade no estado do Rio de Janeiro, devido à ausência de luvas cirúrgicas em mãos que apresentavam ferimentos prévios.
- Contaminação com iodo-131 (^{131}I) em clínica médica em Belo Horizonte, devido à ingestão não autorizada de radiofármaco.
- Contaminação com iodo-131 (^{131}I), em laboratório de produção de radiofármacos no estado de São Paulo, devido à retirada não autorizada de material radioativo da linha de produção.

A título de ilustração, a IAEA (1998) apresenta uma série de acidentes ocorridos em instalações nucleares e radiativas em todo o mundo, desde a implementação da energia nuclear como tecnologia, em suas diversas aplicações, durante 52 anos. A mesma referência pode ser obtida a partir do seguinte endereço eletrônico: <www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1055_web.pdf>.

CONCLUSÃO

A obediência aos princípios da proteção radiológica é fundamental para a utilização segura de materiais radioativos e radiações ionizantes em laboratórios. A constatação de que a maioria dos acidentes envolvendo contaminação com materiais e/ou exposição às radiações é provocada por falha humana põe em xeque toda a infraestrutura das organizações que, de alguma maneira, utilizam essas tecnologias como ferramenta de trabalho.

Desta forma, o treinamento em proteção radiológica, o estabelecimento de procedimentos operacionais (inclusive para situações de emergência) e a fiscalização do cumprimento desses procedimentos são de responsabilidade de todos: médicos, dentistas, pesquisadores, técnicos e empresários do setor.

REFERÊNCIAS

- BROWNING, J. *Union Carbide: disaster at Bhopal*. Union Carbide Corporation, 1993. (Relatório da Union Carbide).
- CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). *Norma CNEN-NE.6.02: licenciamento de instalações radiativas*. Rio de Janeiro: CNEN, 1984.
- CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). *Norma CNEN-NE.6.05: gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas*. Rio de Janeiro: CNEN, 1985.
- CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). *Norma CNEN-NE.3.02: serviços de radioproteção*. Rio de Janeiro: CNEN, 1988a.
- CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). *Norma CNEN-NE.3.03: certificado de qualificação de supervisores de radioproteção*. Rio de Janeiro: CNEN, 1988b.
- CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). *Norma CNEN-NE.5.01: transporte de materiais radioativos*. Rio de Janeiro: CNEN, 1988c.
- CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). *Norma CNEN-NE.3.05: requisitos de radioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear*. Rio de Janeiro: CNEN, 1989.
- CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). *Norma CNEN-NN.3.01: diretrizes básicas de radioproteção*. Rio de Janeiro: CNEN, 2005.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). *Practical Radiation Safety Manual (IAEA-PRSM-6): manual of therapeutic uses of iodine-131*. Viena: IAEA, 1990.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources: safety series n. 115*. Viena: IAEA, 1996.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). *Planning the Medical Response to Radiological Accidents: safety reports series n. 4*. Viena: IAEA, 1998.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). *Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency: EPR-METHOD-2003*. Viena: IAEA, 2003.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Publication 60. Oxford, New York: Pergamon Press, 1991.
- TAUHATA, L. et al. *Radioproteção e Dosimetria: fundamentos*. Rio de Janeiro: Instituto de Radioproteção e Dosimetria, IRD/CNEN, 1999.

SEGURANÇA EM BIOTÉRIOS

Antenor Andrade

Ter segurança significa poder confiar. Para isso, devem ser observados e respeitados as regras e os procedimentos de trabalho formulados para eliminar práticas perigosas e evitar riscos desnecessários.

Os animais de laboratório representam um risco para quem os maneja, pois, mesmo que não estejam experimentalmente infectados, podem estar carreando agentes patogênicos, inclusive zoonóticos. Por isso, o risco de se adquirir infecções em biotérios onde doenças infecciosas estão sendo estudadas, isto é, em infectórios, é muito grande.

Desse modo, um rígido controle nos protocolos experimentais deve ser associado a estritos procedimentos de segurança. E não somente os técnicos precisam ter consciência dos perigos existentes, alguns dos quais específicos para cada área, mas também os pesquisadores e o pessoal de apoio que têm acesso ao biotério.

Os estudos de longa duração em animais estão associados, frequentemente, a estudos de carcinogênese, oncogênese viral e teratogênese, avaliação de compostos potencialmente tóxicos e radioisótopos, entre outros. Por esse motivo, a manipulação e administração de drogas, o contato com tecidos do animal, inclusive soro, bem como com alguns dos componentes das madeiras, cujas maravalhas se usam para as camas dos animais, constituem motivo de preocupação para aqueles que trabalham com animais de laboratório.

O AMBIENTE DE TRABALHO

Em biotérios, existe uma variedade muito grande de salas para animais, envolvendo salas para criação, para manutenção, para cirurgias, para

quarentena ou ainda para manipulação de animais em experimentações, que podem estar expostos a materiais carcinogênicos, infecciosos e alérgicos.

Alguns odores oriundos das salas de animais são nocivos para os seres humanos. Grande parte deles é produzida pela decomposição bacteriana dos excrementos, porém não se devem usar produtos que os mascarem, pois podem ser prejudiciais aos animais. Esses odores podem ser controlados por procedimentos de limpeza e ventilação adequados.

Quando se analisa o ambiente, é necessário testar tanto o macro quanto o microambiente (gaiola dos animais), pois podem ser muito diferentes. O mais comum e mais sério dos contaminantes ambientais dos biotérios é o amoníaco (NH_3), que se forma pela ação das bactérias (urease positivas) sobre os excrementos. A concentração do amoníaco é influenciada por muitos fatores, como: ventilação, umidade relativa, desenho das gaiolas, número e sexo dos animais nas mesmas, estado sanitário dos animais, alimentação etc.

Nas salas de cirurgia e de inoculação de animais de laboratório, é comum o uso de anestésicos voláteis e, entre eles, o éter é o mais utilizado em nosso meio. Esse composto, além de produzir sintomas, como dor de cabeça, cansaço e irritabilidade, pode apresentar peróxidos altamente explosivos que já foram responsáveis por graves acidentes em laboratórios onde se realizavam experiências em animais. Para outros anestésicos voláteis também usados e que constituem riscos potenciais para a saúde, devem ser introduzidas medidas preventivas nas salas de cirurgia para minimizar a exposição a esses tipos de anestésicos.

Normalmente, os técnicos são responsáveis por duas ou mais diferentes espécies de animais e, em alguns casos, até por cães e primatas não humanos. Dessa forma, o desempenho de qualquer atividade em um biotério pressupõe um treinamento específico, no qual o técnico será informado sobre todos os riscos a que está sujeito, bem como as maneiras de se proteger e evitá-los.

Os infectórios estão classificados em grupos de risco, segundo o tipo de atividade desenvolvida, no que se refere à biossegurança animal. Assim se definem as instalações e as práticas aplicáveis para trabalhar com animais infectados com agentes patogênicos, correspondentes aos níveis de biossegurança 1 a 4 (Quadro 1).

Quadro 1 – Níveis de biossegurança recomendados com o uso de animais infectados

Nível de biossegurança	Práticas e técnicas	Equipamentos de segurança	Instalações
1 Baixo risco	Manejo padrão para colônias convencionais		Básicas
2 Risco individual moderado, risco comunitário limitado	Uso obrigatório de jaleco e luvas, descontaminação dos objetos infectados e das gaiolas dos animais antes da higienização; acesso limitado e sinalização para alerta de riscos	Barreira parcial (guichê de desinfecção); uso de dispositivo de proteção pessoal (máscara, respirador etc.) para a manipulação de agentes ou animais infectados que produzem aerossóis	Básicas
3 Risco individual elevado, risco comunitário baixo	Práticas do nível 2 mais uniforme especial e acesso controlado	Os do nível 2 devem ser usados para todos os tipos de manipulações com animais infectados	Alta segurança
4 Elevado risco individual e comunitário	Prática do nível 3 mais troca de roupa de rua por uniforme especial em vestiário; ducha na saída; descontaminação de todos os dejetos antes de sua retirada do infectório	Barreiras máximas, isto é, classe 3 de segurança biológica ou barreira parcial em combinação com proteção total do corpo com uma peça única dotada de ventilação e pressão positiva, gaiolas dotadas de filtros, estantes com fluxo laminar etc.	Segurança máxima

PROTEÇÃO DA SAÚDE

Como é do conhecimento de todos, doenças podem ser transmitidas do homem para os animais e vice-versa (zoonoses). É possível evitar esta transmissão com o monitoramento cuidadoso da saúde dos animais e dos técnicos.

A higiene pessoal constitui uma importante barreira contra infecções. O hábito de lavar as mãos antes e após manipular qualquer animal reduz o risco de disseminar doenças, bem como o de autoinfecção. Para facilitar esses procedimentos, cada sala de animal deveria ser provida de pia, sabão e toalhas de papel.

Fumar, comer ou beber não deve ser permitido em qualquer sala de animal ou em outra área onde existam microrganismos patogênicos ou que

tenham sido manipulados recentemente. Da mesma forma, pessoas com ferimentos abertos não devem ter permissão para trabalhar onde possam ter contato com microrganismos patogênicos, a não ser que os ferimentos estejam satisfatoriamente protegidos.

As roupas de laboratório usadas em áreas de risco devem ser autoclavadas antes de serem lavadas. É necessário usar sapatos descartáveis ou protetores de sapatos como barreira em áreas de alto risco. Para manipulação de material contaminado, devem-se usar luvas de borracha.

Animais experimentalmente infectados com microrganismos patogênicos são mais seguramente mantidos em gaiolas protegidas no fundo e dos lados, ao invés de gaiolas de arame ou tela. Estas gaiolas devem ser manuseadas adequadamente e os técnicos devem usar luvas protetoras, até mesmo quando fornecerem alimentos a esses animais.

Se agentes altamente infecciosos ou nocivos são usados, o animal deve ser isolado em unidade de fluxo laminar ou mesmo em isoladores, nos quais o ar que entra e sai é convenientemente filtrado através de filtros absolutos (filtro HEPA).

O manuseio de primatas não humanos requer especiais precauções, além do uso de roupas protetoras apropriadas e materiais de uso específico para esses animais.

Necropsias de animais infectados com organismos altamente contagiosos devem ser feitas em gabinetes ventilados que ofereçam a devida segurança, isto é, que permitam a filtração do ar.

O material de necropsia a ser descartado deve ser lacrado em sacos plásticos adequadamente identificados. Quando se tratar de material infeccioso, este deverá ser autoclavado e incinerado. A sala de necropsia precisa ser refrigerada adequadamente e possuir instalações para higienização (lavagem e desinfecção).

ZOONOSES

As infecções transmitidas naturalmente entre os animais vertebrados e o homem são denominadas zoonoses. Os animais devem ser considerados fonte potencial desta condição, embora não apresentem sinais aparentes de doença, pois podem carrear agentes causadores. Veja nos Quadros 2, 3, 4 e 5 as principais zoonoses estudadas.

Quadro 2 – Zoonoses causadas por bactérias

Nome	Agente	Hospedeiro	Disseminação	Vetores
Brucelose	<i>B. suis</i> <i>B. canis</i> <i>B. abortus</i> <i>B. melitenses</i>	Suínos, cães, bovinos, ovinos, caprinos	Contato	
Clamidiose Psitacose	<i>Chlamydia</i> spp	Psitacídeos, galináceos, pombos	Inalação	
Colibacilose	<i>E. coli</i>	Ovinos, suínos, aves etc.	Ingestão	
Leptospirose	<i>Lepstospira</i> spp	Roedores, cães, animais de granja	Contato, urina e água contaminada	Artrópodes sugadores de sangue
Pasteurelose	<i>P. multocida</i>	Mamíferos, aves	Contato, ingestão	
Peste	<i>P. pestis</i>	Roedores	Contato, inalação	Pulgas
Pneumonia	<i>B. bronchiseptica</i>	Primatas não humanos, roedores, lagomorfos, cães	Inalação, contato	
Pseudotuberculose	<i>P. pseudotuberculosis</i>	Roedores, pombos, aves em geral	Contato, ingestão	
Febre por mordedura de rato	<i>S. moniliformis</i> <i>Spirillumminus</i>	Roedores	Mordeduras de roedores, ingestão	
Salmonelose	<i>Salmonela</i> spp	Animais em geral	Ingestão, inalação, contato	
Shiguelose	<i>Shigella</i> spp	Primatas não humanos	Contato, contaminação por fezes	
Tétano	<i>Cl. tetani</i>	Equídeos	Contaminação de feridas	
Tuberculose	<i>Mycobacterium</i> spp	Primatas não humanos, bovinos, cães, aves, suínos, ovinos	Contato, ingestão, inalação	
Tularemia	<i>F. tularensis</i>	Lagomorfos, roedores silvestres, ovinos	Contato, ingestão	Insetos sugadores, ácaros

Quadro 3 – Zoonoses causadas por rickettsias

Agente	Hospedeiro	Disseminação	Vetores
<i>R. akari</i>	Camundongos	Picadura	<i>Allodemmanyssus sanguineus</i>
<i>R. rickettsia</i>	Roedores, lagomorfos, ovinos, cães	Picadura	<i>Denmactentor spp</i>
<i>R. mosseri</i>	Ratos camundongos	Picadura	Pulgas e piolhos

Quadro 4 – Zoonoses causadas por vírus

Agente	Hospedeiro	Disseminação	Vetores
Febre hemorrágica	Vírus da febre hemorrágica	Roedores silvestres	Contato, comida contaminada com excretos
Coriomeningite linfocitária	LCM	Roedores, mamíferos em geral	Contato, inalação, transmissão congênita e cultura de tecidos
Encefalite por herpes B	<i>Herpes simiae</i>	Rhesus, outros primatas do gênero Macaca	Contato, mordedura
Hepatite A	Vírus da hepatite	Chimpanzés	Contato
Raiva	Vírus rábico	Mamíferos	Mordedura, contato com saliva contaminada

Quadro 5 – Zoonoses causadas por fungos e protozoários

Agente	Hospedeiro	Disseminação	Vetores
Dermatomicoses	<i>Trychophyllum spp</i> <i>Microsporium sp</i> <i>Dermatophytes spp</i>	Cães, gatos, suínos, roedores, animais de granja	Contato direto
Histoplasmose	<i>Histoplasma spp</i>	Canídeos	Inalação
Coccidiose	<i>Coccidioides immitis</i>	Bovinos, cães e outras espécies	Inalação de esporos
Toxoplasmose	<i>Toxoplasma gondii</i>	Gatos e outros animais domésticos, animais de laboratório	Ingestão de oocistos provenientes de gatos, inalação, ingestão de carne infectada, transmissão fetal
Protozoonoses sanguíneas	<i>Trypanosoma spp</i> <i>Plasmodium spp</i> <i>Leishmania spp</i>	Primatas não humanos, roedores domésticos e silvestres	Transmissão direta, transmissão pela saliva contaminada e por insetos vetores
Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>	Cães e primatas não humanos	Comida contaminada

O risco da ocorrência de zoonose varia muito em função da espécie animal envolvida. De todas as espécies utilizadas para fins experimentais, os primatas não humanos constituem fontes mais perigosas de zoonose, não só por abrigarem uma grande gama de bactérias e vírus, mas também por serem uma espécie altamente suscetível a infecções comuns ao homem.

A transmissão de infecções do animal ao homem geralmente pode ser evitada com cuidados veterinários adequados e cumprimento de normas e procedimentos preestabelecidos na criação e experimentação animal.

SEGURANÇA PESSOAL

Além dos perigos de doenças infecciosas transmissíveis dos animais para o homem, existem muitos riscos para o pessoal que trabalha em biotérios, incluindo danos causados por animais e produtos químicos, bem como materiais e equipamentos manuseados rotineiramente.

Como em outros laboratórios, os biotérios devem ter um programa de segurança que inclui equipamentos de combate a incêndio, instruções para o uso correto de equipamentos e treinamento de primeiros socorros. Todas as pessoas que trabalham em biotérios devem estar familiarizadas com as exigências da instituição ou com o programa de segurança em casos de ferimento acidental.

Responsabilidades devem ser imputadas para assegurar que todo o pessoal que trabalha com animais aprenda como manipular corretamente as espécies envolvidas, para a segurança e saúde deles próprios, bem como dos animais. Quando o trabalho envolve a manipulação de 'camas' contaminadas, o uso de aparelhagem portátil para a sua eliminação, equipada com fluxo de ar negativo, ou de sistemas de vácuo reduz a exposição dos técnicos durante a troca das gaiolas.

Enfim, é imprescindível que todo trabalho com animais se efetue cumprindo as normas de Boas Práticas de Laboratório (BPL), destinadas a salvaguardar os próprios animais, os resultados dos experimentos, as pessoas envolvidas e as instalações.

TRAUMAS FÍSICOS E RISCOS POR SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

Os acidentes que geralmente ocorrem em biotérios estão incluídos em uma das cinco categorias: 1) ferimentos causados por animais (arranhão, mordedura, coice etc.); 2) cortes causados pelas gaiolas, tampas ou outros materiais; 3) quedas causadas por pisos escorregadios ou degraus; 4) torções causadas por objetos pesados, levantados incorretamente; 5) ferimentos nos olhos e na pele, quando da utilização incorreta de agentes químicos.

Todos estes acidentes podem ser prevenidos com: 1) o total esclarecimento dos técnicos; 2) o uso de roupas e equipamentos de proteção; 3) a inspeção regular das gaiolas, tampas e demais materiais; 4) a opção por pisos não escorregadios; 5) a aquisição de escadinhas de altura apropriada e degraus seguros, para evitar que os técnicos utilizem objetos inadequados durante o manuseio das gaiolas no topo das prateleiras/estantes.

MATERIAL RADIOATIVO

Os materiais radioativos apresentam riscos especiais. Os técnicos que trabalham com estes materiais devem conhecer as propriedades de cada um e estar familiarizados com as técnicas de manuseio seguras e com as regulamentações de sua instituição. Não se deve esquecer, também, de que os animais podem eliminar material radioativo em seus excrementos (mais detalhes no capítulo 13). Os olhos e a pele são áreas críticas quando expostos à ação de raios ultravioleta (UV), particularmente os olhos, que podem ser seriamente afetados. Dessa forma, se lâmpadas UV forem utilizadas durante as tarefas, os técnicos precisam usar roupas e óculos protetores. A intensidade máxima tolerada durante sete horas por dia é, em média, de 1,0 a 1,5 milliwatt por pé quadrado de área.

O USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA (EPCs) E DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPIs)

Em virtude dos riscos a que estão sujeitas as pessoas que trabalham em biotérios, o uso adequado de equipamentos de proteção coletiva e/ou individual não pode ser descuidado, tendo em vista a variedade de ambientes de trabalho, as espécies animais envolvidas e a gama de agentes físicos, químicos e biológicos com que têm contato.

Principais EPCs Utilizados em Biotérios

- Cabines de segurança biológica
- Equipamentos de socorro imediato (chuveiro, lava-olhos, pia, sabão, escova etc.)
- Exaustores
- Caixas com luvas
- Equipamentos portáteis de oxigênio
- Extintores de incêndio
- Condicionadores de ar
- Desumidificadores de ambiente
- Circuladores de ar/ventiladores
- Autoclaves
- Microincineradores
- Barreiras (sanitária, acústica, térmica e radioativa)
- Recipientes para rejeitos
- Recipientes especiais para transporte de material contaminado e/ou animais
- Pipetas mecânicas
- Dispositivos de segurança em máquinas e equipamentos

Principais EPIs Utilizados em Biotérios

- Protetores ocular
- Protetores auricular
- Protetores facial
- Respiradores
- Máscaras
- Luvas de borracha
- Mangas
- Aventais
- Jaquetas
- Calçados

REGRAS DE SEGURANÇA DE CARÁTER GERAL

- Conhecer o trabalho e os materiais utilizados;
- Conhecer todas as saídas de emergência;
- Saber onde estão localizados os extintores e as mangueiras de incêndio, bem como saber utilizá-los;
- Utilizar proteção apropriada;
- Observar as indicações de não fumar em local não permitido;
- Seguir todas as regras de segurança referentes ao trabalho;
- Não operar, desmontar ou reparar equipamentos para os quais não esteja qualificado a manusear;
- Avisar imediatamente ao responsável qualquer situação de risco;
- Conhecer as regras básicas de primeiros socorros.

REGRAS DE SEGURANÇA LIGADAS DIRETAMENTE AO TRABALHO

- Não manusear espécie animal sem que esteja habilitado para tal;
- Usar roupas e materiais de contenção de animais, conforme a espécie;
- Informar imediatamente o responsável sobre mordeduras, arranhões ou qualquer trauma físico que tenha sofrido;
- Manter em ordem sua área de trabalho;
- Não fumar, beber ou comer na área de materiais oriundos das criações;
- Separar os materiais defeituosos ou em más condições, para serem recuperados depois;
- Não colocar, nos carros de transporte, material que prejudique a visibilidade do condutor;
- Manter as mãos limpas e as unhas aparadas;
- Recolher com pá e vassoura materiais de vidro ao se quebrarem.

CONCLUSÃO

O trabalho com animais de laboratório requer a utilização e o contato com substâncias químicas e alérgenos potencialmente perigosos para o pessoal envolvido, as instalações e os próprios animais.

Estes perigos podem ser minimizados ou eliminados com o estrito cumprimento de procedimentos operacionais padronizados destinados a

garantir a segurança. O estabelecimento e a validação destes procedimentos é uma responsabilidade intransferível da gerência do biotério ou laboratório e devem ser escritos e explicados ao pessoal envolvido por meio de cursos e treinamento permanente.

Medidas preventivas precisam ser tomadas já durante a elaboração do projeto de construção civil, especialmente com relação ao tipo de piso, ao tamanho das salas, à localização de saídas de emergência e à posição de extintores. Essas medidas também devem possibilitar o estabelecimento de uma ventilação unidirecional, evitando assim a disseminação dos contaminantes pelo ar turbulento. É necessário evitar a recirculação do ar, principalmente quando se trata de infectórios (mais detalhes no capítulo 5).

A seleção do pessoal para trabalhar em biotérios deve ser rigorosa. É obrigatória a realização de exame médico antes de assumir o emprego e devem-se excluir as pessoas com alergias respiratórias ou de pele ou com doenças respiratórias crônicas. É necessário exigir também boa visão, olfato e audição satisfatórios, bem como um elevado padrão de higiene pessoal, permitindo assim trabalhar com segurança em biotérios ou laboratórios que utilizam animais.

Em alguns países, infelizmente, a ciência e a tecnologia em animais de laboratório ainda não estão bem desenvolvidas. Dessa forma, os procedimentos utilizados não correspondem nem às necessidades científicas, nem aos conceitos de segurança internacionalmente recomendados.

REFERÊNCIAS

- BOULTER, E. A. *Infectious Hazards in Safety in the Animal House*. London: Laboratory Animals, 1981.
- CANADIAN COUNCIL ON ANIMAL CARE (CCAC). *Guide to the Care and Use of Experimental Animals*. Ottawa: Canadian Council on Animal Care, 1984.
- CLOUGH, G. Environmental effects on animals used in biomedical research. *Biological Reviews*, 57: 487-523, 1982.
- GAMBLE, M. R. & CLOUGH, G. Ammonia building in animal boxes and its effect on rat tracheal epithelium. *Laboratory Animals*, 10: 93, 1976.
- GRIESEMER, R. A. & MANNING, J. S. *Animal Facilities on Biohazards in Biological Research*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory, 1973.
- PHILLIPS, G. B. & JEMISKI, J. V. Biological safety in the animal house. *Laboratory Animal Care*, 13: 13, 1963.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, 1984.

SAIZ MORENO, L.; GARCIA DE OSMA, J. L. & COMPAIRE FERNANDEZ, C. *Animales de Laboratorio: producción, manejo y control sanitario*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Ministerio da Agricultura, Pesca y Alimentación, 1983.

SEAMER, J. H. & WOOD, M. *Safety in the Animal House*. Handbooks 5. London: Laboratory, 1981.

HANTAVÍRUS E RICKETTSIAS: BIOSSEGURANÇA NO LABORATÓRIO E NO TRABALHO DE CAMPO

Elba Regina Sampaio de Lemos

Em atividades complexas, desenvolvidas tanto no laboratório quanto nos trabalhos de campo, nas quais profissionais estão continuamente expostos ao risco de transmissão de agentes zoonóticos de elevada letalidade (Acha & Szyfres, 2003), como as de pesquisa e de vigilância epidemiológica com hantavírus e rickettsias, informação e capacitação continuadas dos trabalhadores, estudantes, estagiários, profissionais de apoio e demais prestadores de serviços devem fazer parte de uma estratégia institucional, em que os papéis, direitos e deveres precisam ser claros, com o objetivo de assegurar a proteção do profissional, do laboratório e do meio ambiente.

O domínio dos conteúdos e conhecimentos relacionados à biossegurança é importante e imprescindível para a promoção e garantia de ambientes de trabalho permanentemente saudáveis e seguros, nos quais todos os profissionais precisam estar conscientes dos riscos a que estão submetidos e das precauções necessárias para evitar acidentes. Além do mais, no atual contexto em que diversas instituições públicas e privadas vêm praticando com sucesso o Sistema de Gestão da Qualidade em busca da excelência, a atenção com a biossegurança deve ser constante e estimulada, sempre levando em consideração que os riscos, em especial os biológicos, são decorrentes da atividade humana (CDC, 1993a; CDC, 1993c; Harding & Byers, 2006; Sewell, 1995).

BREVE HISTÓRICO E NORMAS GERAIS DE BIOSSEGURANÇA NO LABORATÓRIO

Hantavírus

De acordo com os critérios utilizados para a avaliação de risco, os hantavírus, de uma forma geral, são considerados como sendo da classe de

risco 3 (Brasil, 2006b). Assim, com exceção de Puumala e Prospect Hill, os hantavírus Andes, Dobrava, Haantan, Sin Nombre, Juquitiba, Seoul e outras variantes descritas mais recentemente devem ser classificados como vírus de classe de risco 3 (Brasil, 2006b).

As infecções com hantavírus adquiridas em laboratórios são raras e se limitam às pessoas que trabalham diretamente com estes vírus em procedimentos nos quais ocorre produção de aerossóis (Lee & Johnson, 1982; Umenai *et al.*, 1979). Existem, entre os anos 70 e 80, mais de cem casos documentados de infecções por hantavírus causadores da síndrome renal com manifestações hemorrágicas, associados a laboratórios na Europa e na Ásia (Desmyter *et al.*, 1983; Kawamata *et al.*, 1987; Lee & Johnson, 1982; Lloyd *et al.*, 1984; Nuzum *et al.*, 1988). A maioria dos casos apresentou apenas infecção, isto é, soroc conversão sem manifestação clínica. As infecções em roedores mantidos em cativeiro, embora sejam pouco relatadas, podem atuar como fonte de infecção às pessoas eventualmente expostas aos referidos animais.

Com as instalações laboratoriais eficazes, a tecnologia e os procedimentos que eliminam a geração de aerossóis, atualmente estas infecções são raras em laboratórios.

Riscos em laboratório

Os hantavírus estão presentes em aerossóis gerados a partir de cultura de células ou quaisquer outros procedimentos que aumentem a exposição do profissional às partículas virais, presentes em amostras biológicas de pacientes infectados e de roedores silvestres capturados em áreas de ocorrência de casos confirmados. Apesar de não existir imunização disponível para hantavíroses causadas por hantavírus associados com a síndrome pulmonar do continente americano, a exposição laboratorial oferece um risco insignificante para as pessoas que restringem as práticas de laboratório sem geração de aerossóis (CDC, 1993a; 1993c).

Os hantavírus são sensíveis aos agentes físicos e químicos e, assim como os outros vírus envelopados, são rapidamente inativados por calor, detergentes, solventes orgânicos e soluções de hipoclorito.

Precauções recomendadas

As práticas e instalações do nível de biossegurança 2 (NB-2) são indicadas para as atividades de diagnóstico sorológico e molecular que utilizam líquidos

sabidamente ou potencialmente infecciosos e materiais clínicos contendo ou suspeitos de conter hantavírus. A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem publicado guias relacionados ao trabalho com hantavírus. O laboratório NB-2 para hantavírus segue os requisitos do NB-2 tradicional quanto às instalações, às práticas e aos procedimentos que não produzam aerossóis (OPS, 1999; Brasil, 2006a).

Laboratórios que realizam atividades que gerem elevadas concentrações virais e/ou aerossóis, como inoculação e cultivo de hantavírus em cultura de células, devem, obrigatoriamente, realizar os referidos procedimentos em área de nível de biossegurança 3 (NB-3) (OPS, 1999).

Rickettsias

Diante da grande diversidade de agentes bacterianos deste grupo *lato sensu*, cuja avaliação de risco se encontra compilada no Quadro 3, as rickettsias, isto é, *Rickettsia* spp. (*R. rickettsii*), *Bartonella*, *Ehrlichia* e *Coxiella burnetii*, de uma forma geral, serão consideradas microrganismos de classe de risco 3.

As infecções com rickettsias adquiridas em laboratórios são raras e se limitam às pessoas que trabalham diretamente com estes microrganismos em laboratório com práticas associadas com produção de aerossóis. Apesar do relato de casos fatais de pesquisadores, como Howard Taylor Ricketts e Lemos Monteiro, que se infectaram acidentalmente em laboratório com rickettsias do grupo da febre maculosa (Johnson & Kadull, 1967; Sexton *et al.*, 1991) e do grupo do tifo (Wright *et al.*, 1968), nas últimas três décadas existem poucos relatos e sem registro de óbito. Em relação a *C. burnetii*, agente da febre Q, mais de 15 casos clínicos adquiridos, por inalação, foram descritos, a maioria com quadro caracterizado por pneumonia intersticial (Hall *et al.*, 1982; Pike, 1976). A febre Q é a mais frequente rickettsiose adquirida acidentalmente em laboratório (Johnson & Kadull, 1966; Graham, Yamauchi & Rountree, 1989; Hall *et al.*, 1982; Hamadeh *et al.*, 1992).

Semelhante aos dados obtidos sobre o risco de infecção por hantavírus em laboratório, com as instalações laboratoriais eficazes, tecnologia e procedimentos que não gerem aerossóis, atualmente estas infecções são raras em laboratórios.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O AGENTE ETIOLÓGICO EPIDEMIOLOGIA E MANIFESTAÇÕES CLÍNICAS

Hantavírus

O hantavírus, um gênero singular entre os membros da família *Bunyaviridae*, é um grupo de vírus RNA que é transmitido acidentalmente ao homem pelo contato direto com as excretas ou pela inalação de partículas virais presentes nos aerossóis formados a partir de excrementos e secreções de roedores reservatórios assintomáticos. Os diferentes hantavírus quase invariavelmente são mantidos na natureza associados, cada um, com uma única espécie de roedor. No Brasil, hantavírus associados com casos humanos têm sido identificados principalmente em *Necromys lasiurus*, *Oligoryzomys nigripes*, *Calomys aff. callosus*, *Oligoryzomys moojeni* e *Oligoryzomys fornesi* (Johnson *et al.*, 1999; Suzuki *et al.*, 2004; Rosa *et al.*, 2005; Rosa, 2008).

Transmissão, Manifestações Clínicas e Distribuição Geográfica

Os hantavírus causam infecções zoonóticas amplamente distribuídas pelo mundo, cujos agentes etiológicos são inúmeros genótipos virais pertencentes ao gênero *Hantavirus* (Leduc, 1987). A infecção humana por hantavírus pode acarretar duas formas clínicas até então conhecidas: a febre hemorrágica com síndrome renal (FHSR), de ocorrência na Europa e na Ásia, e a síndrome pulmonar por hantavírus (SPH), encontrada somente nas Américas, inicialmente descrita em 1993 nos Estados Unidos (CDC, 1993b; Nichol *et al.*, 1993) e associada com o vírus *Sin Nombre* (Quadro 1).

Quadro 1 - Hantavirose humanas^a

Hantavírus	Roedor	Doença	Distribuição
Dobrava-Belgrade	<i>Apodemus flavicollis</i>	FHSR ^{b, c}	Europa
Hantaan	<i>Apodemus agrarius corae</i>	FHSR ^c	Europa e Ásia
Puumala	<i>Chletrionomys glareolus</i>	FHSR ^d	Europa
Seoul	<i>Rattus norvegicus</i> e <i>Rattus rattus</i>	FHSR ^d	Mundial
Anajatuba	<i>Oligoryzomys fornesi</i>	SPH ^{e, f}	América do Sul
Andes	<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	SPH	América do Sul
Araraquara	<i>Necromys lasiurus</i>	SPH ^f	América do Sul
Bayou	<i>Oryzomys palustris</i>	SPH	América do Norte

Quadro 1 – Hantavíroses humanas^a (continuação)

Hantavírus	Roedor	Doença	Distribuição
Black Creek Canal	<i>Sigmodon hispidus</i>	SPH	América do Norte
Bermejo	<i>Oligoryzomys chacoensis</i>	SPH	América do Sul
Castelo dos Sonhos	<i>Oligoryzomys moojeni</i>	SPH ^f	América do Sul
Choclo	<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	SPH	América Central
Juquitiba	<i>Oligoryzomys negripes</i>	SPH ^f	América do Sul
Laguna Negra	<i>Calomys laucha</i>	SPH	América do Sul
Laguna Negra simile	<i>Calomys callosus</i>	SPH	América do Sul
Lechiguanas	<i>Oligoryzomys flavescens</i>	SPH	América do Sul
Nova York	<i>Peromyscus leucopus</i>	SPH	América do Norte
Oran	<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	SPH	América do Sul
Sin Nombre	<i>Peromyscus maniculatus</i>	SPH	América do Norte

^a Os hantavírus identificados em roedores, mas que não foram até o momento associados com doença humana, não são apresentados. No Brasil, até o momento foram identificados os hantavírus não patogênicos, Jaborá (*Akodon montensis*) e Rio Mearim (*Holochiulus sciureus*).

^b Febre hemorrágica com síndrome renal.

^c Febre hemorrágica com síndrome renal – forma grave.

^d Febre hemorrágica com síndrome renal – forma mais branda.

^e Síndrome pulmonar por hantavírus.

^f Síndrome pulmonar por hantavírus no Brasil.

Desde 1993, mais de mil casos da doença já foram notificados no Brasil, Indicando, assim, uma intensa circulação de hantavírus em roedores silvestres em diferentes regiões do território nacional, principalmente nos estados das regiões Sul e Sudeste, onde se concentra o maior número de casos.

Rickettsias

Etiologia

No campo amplo da rickettsiologia, no qual as bartonelas e *Coxiella burnetti* também são incluídas, as rickettsias são pequenas bactérias gram-negativas, cocoides, cocobacilares, pleomórficas, medindo aproximadamente 0,3 a 0,5 µm de diâmetro por 0,8 a 2 µm de comprimento, pertencentes originalmente à ordem *Rickettsiales*, que se coram pelos métodos de Giemsa, de Gimenez ou de Machiavello, sendo facilmente visualizadas à microscopia óptica (Olson & McDade, 1994; Olson & Paddock, 1999; Walker, 2007; Walker & Bouyer, 2003).

Até a década de 1990, a ordem *Rickettsiales* era composta por três famílias: *Rickettsiaceae*, *Bartonellaceae* e *Anaplasmataceae*. No entanto, com a caracterização taxonômica utilizando técnicas moleculares, os gêneros *Bartonella* e *Coxiella* foram retirados da ordem *Rickettsiales* e passaram a ser classificados como proteobactérias do subgrupo α 2, família *Bartonellaceae*, e proteobactéria grupo γ , família *Coxiellaceae*, ordem *Legionellas*, respectivamente (Quadros 2 e 3). Assim, sob o aspecto taxonômico, embora as rickettsioses devam ser consideradas como um grupo de doenças causadas estritamente por proteobactérias do subgrupo α , as bartoneloses e a febre Q ainda permanecem estudadas no campo da rickettsiologia (Breener *et al.*, 1993; Olson & McDade, 1994; Raoult & Roux, 1997; Walker & Bouyer, 2003).

A composição da parede celular bem como dos lipopolissacarídeos e do peptidoglicano das bactérias do gênero *Rickettsia* assemelham-se aos das bactérias gram-negativas. Não existem evidências da presença de peptidoglicano nos membros dos gêneros *Orientia* e *Ehrlichia* (Olson & McDade, 1994; Raoult & Roux, 1997; Walker & Bouyer, 2003).

Forma de transmissão, sintomas e distribuição geográfica

Transmitidas por artrópodes, como ácaros, carrapatos, piolhos e pulgas, as rickettsias, *lato sensu*, são bactérias que causam infecção em diferentes regiões do mundo, algumas com elevada letalidade, como a febre maculosa, o tifo do cerrado e o tifo epidêmico. No Brasil, *Rickettsia rickettsii* é o agente da febre maculosa brasileira (FMB), a única rickettsiose de notificação compulsória, e os dados disponíveis confirmam a sua frequente identificação nas regiões Sudeste e Sul, nos estados da Bahia, de Roraima e do Amapá, embora o artrópode reservatório esteja distribuído praticamente em todo território nacional. Com

mais de setecentos casos confirmados de 1981 a 2008, a FMB apresenta uma elevada letalidade na ausência de diagnóstico e tratamento precoce e adequado (Lemos & Mello, 2007; Brasil, 2008).

Quadro 2 – Rickettsioses humanas^a

Vetor	Espécies	Doenças	Distribuição geográfica
Carrapatos	<i>Rickettsia rickettsii</i> <i>Rickettsia sibirica</i> <i>Rickettsia conorii</i> <i>Rickettsia australis</i> <i>Rickettsia honey</i> <i>Rickettsia israeli</i> <i>Rickettsia japonica</i> <i>Rickettsia africana</i> <i>R. mongolotimoniae</i> <i>R. slovacca</i> <i>R. parkeri</i>	Febre maculosa	Hemisfério Ocidental Ásia, Europa África, Europa, Oriente Médio, Índia Austrália Austrália Oriente Médio Japão África Europa, África, Ásia Austrália, Europa Hemisfério Ocidental
	<i>Ehrlichia chaffeensis</i> <i>Ehrlichia sennetsu</i> ^b Agente da EGH ^c	Ehrlichiose	América do Norte Japão América do Norte
	<i>Coxiella burnetii</i> ^d	Febre Q	Mundial
Ácaros	<i>Rickettsia akari</i> <i>Orientia tsutsugamushi</i>	Febre maculosa variceliforme Tifo do cerrado	Hemisfério Ocidental, Ásia Ásia, Austrália
Piolhos	<i>Rickettsia prowazekii</i>	Tifo epidêmico (doença de Brill-Zinsser)	Mundial
Pulgas	<i>Rickettsia typhi</i> <i>Rickettsia felis</i>	Tifo endêmico Tifo transmitido pela pulga do gato	Mundial Hemisfério Ocidental

^a Protobactérias do grupo alfa (subgrupo 1) e do grupo gama (*C. burnetii*). As informações sobre as bartoneloses serão descritas mais adiante.

^b *E. sennetsu*, atualmente *Neorickettsia sennetsu*, o agente da síndrome adenomegálica do Oriente.

^c EGH = agente da ehrlichiose granulocítica humana, atualmente classificado como *Anaplasma phagocytophilum*.

^d Febre Q é comumente transmitida pela inalação de partículas aerolisadas contaminadas.

Gênero *Rickettsia* com Ênfase nas Rickettsias do Grupo da Febre Maculosa

Rickettsia rickettsii, o protótipo do grupo da febre maculosa, é a espécie mais importante e mais bem caracterizada no Brasil. A infecção é adquirida pela picada de carrapatos, sendo *Amblyomma cajennense* o mais importante reservatório-vetor. Estudos realizados sob condições naturais têm sido desenvolvidos nas últimas três décadas por diferentes grupos de pesquisa no território brasileiro, confirmando a participação, como vertebrados amplificadores, de caninos, equinos, roedores silvestres e marsupiais, assim como a identificação de carrapatos reservatórios na manutenção do ciclo enzoótico das rickettsias nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

Considerando que a FMB é uma doença sistêmica que atinge potencialmente qualquer órgão ou tecido, a infecção apresenta um curso clínico polimorfo, desde quadros clássicos a formas atípicas sem exantema. O início da doença é caracteristicamente súbito ou mesmo abrupto, após um período de incubação médio de uma semana, com uma variação de dois a 14 dias. O paciente desenvolve um quadro febril inespecífico, associado com mal-estar generalizado, cefaleia, hiperemia conjuntival, mialgia e artralgia, que evolui com exantema do terceiro ao quinto dia de doença (Helmick, Bernard & D'Angelo, 1984; Lemos *et al.*, 2001; Lamas *et al.*, 2008).

De uma forma geral, as rickettsias podem ser inativadas a 56°C por trinta minutos ou 37°C por diversas horas e destruídas por formalina, fenol, mertiolato e outros antissépticos.

Outras Rickettsias *Lato Sensu*

Coxiella burnetii: formas de infecção e transmissão e distribuição geográfica

A infecção por *C. burnetii* é universal. A capacidade de esporulação deste microrganismo e a alta infectividade justificam sua ubiquidade e inclusão como um dos agentes associados com bioterrorismo. Roedores silvestres de pequeno porte são importantes reservatórios de *Coxiella*, mas a infecção humana está principalmente relacionada a animais de fazenda, como ovelhas, carneiros e gado bovino; em surtos urbanos, estão implicados principalmente gatos, cães e coelhos. O homem contamina-se com aerossóis provenientes de líquido amniótico, placenta e lã; urina, fezes, leite e outras secreções

animais também podem conter e disseminar material infectante. Carrapatos transmitem *C. burnetii* a animais, mas não ao homem. As infecções provocadas podem ser subclínicas ou assemelham-se a um quadro gripal ou, ainda, a uma pneumonia atípica.

Após um período de incubação de uma a quatro semanas, o paciente apresenta febre, calafrio, mal-estar generalizado, cefaleia e mialgia. Manifestações respiratórias de amplo espectro associadas com infiltrado intersticial difuso podem ser observadas, assim como manifestações exantemáticas, embora consideradas mais raras. Ainda na fase aguda, é possível ocorrer hepatite, geralmente na ausência de ou com discreta icterícia (Olson & McDade, 1994; McQuiston *et al.*, 2006). Alguns pacientes, ocasionalmente, evoluem para a forma crônica da doença, e a endocardite subaguda pode surgir meses ou anos mais tarde, com comprometimento principalmente da valva aórtica. Hepatite granulomatosa com um curso mais prolongado é observada em alguns pacientes, e o diagnóstico somente é possível mediante biópsias hepáticas. O comprometimento renal com glomerulonefrite também tem sido descrito na febre Q (Olson & McDade, 1994; McQuiston *et al.*, 2006).

Diferente das bactérias do gênero *Rickettsia*, *C. burnetii* – além de apresentar tropismo para as células do sistema monocítico-fagocitário e existir em duas fases antigênicas, a fase I, virulenta, e a fase II, não virulenta – é estável no meio ambiente, fato que, associado à sua resistência aos agentes físicos e químicos, é fundamental para a sua transmissão.

A infecção por *C. burnetii* pode permanecer assintomática por toda a vida no homem, mas condições como gravidez, hemodiálise, presença de valvulopatia, prótese valvar, aneurisma aórtico ou ainda imunodeficiência (por exemplo, soropositividade pelo HIV) podem reativar a infecção e determinar quadros de infecção crônica (Olson & McDade, 1994; McQuiston *et al.*, 2006).

Bartonella spp.: formas de infecção e transmissão e distribuição geográfica

Quanto às bartonelas, até 1993, *Bartonella bacilliformis* era considerada a única bactéria do gênero *Bartonella* causadora de doença humana, a doença de Carrion, restrita às regiões da Colômbia, Equador e Peru. Atualmente, após a reorganização taxonômica das bartonelas (Brenner *et al.*, 1993), mais de vinte espécies vêm sendo descritas como agente etiológico de diferentes quadros clínicos, entre elas, *Bartonella henselae* e *B. quintana* são as mais prevalentes entre indivíduos imunocompetentes e imunocomprometidos

(Anderson & Neuman, 1997). Em pacientes imunocompetentes, podem causar doença da arranhadura do gato, febre das trincheiras e endocardite. Em imunocomprometidos, as bartonelas são causa de angiomatose bacilar, febre com bacteremia persistente e endocardite. As espécies mais frequentemente associadas com doença humana são *B. bacilliformis*, *B. quintana* e *B. henselae*. Originalmente reconhecidas como pertencentes ao gênero *Rochalimaea*, nome dado em homenagem ao rickettsiologista brasileiro Rocha Lima, todas as espécies, móveis por meio de flagelos, foram transferidas para a ordem *Rhizobiales* (Lamas *et al.*, 2008).

Os vetores de *B. quintana* são pulgas, carrapatos e o piolho humano; os de *B. henselae*, pulgas e carrapatos. Mais recentemente, *Sarcoptes scabiei* foi implicado na transmissão de *Bartonella* spp. São hospedeiros do gênero *Bartonella* roedores, gatos, cães e ungulados. Está bem documentado que o gato doméstico é o principal reservatório de *Bartonella* spp. e estudos mostram soroprevalência que varia de 14% a 50%.

Quadro 3 – *Bartonellae*, as doenças humanas descritas na América do Sul e seus vetores

Espécie	Doença	Vetor
<i>B. bacilliformis</i>	Doença de Carrion / verruga peruana	<i>Lutzomyia verrucarum</i>
<i>B. rochalimaea</i>	Bacteremia, febre, lesão cutânea e esplenomegalia	Possivelmente <i>L. verrucarum</i>
<i>B. quintana</i>	Endocardite, febre das trincheiras, DAG ¹ , AB ² , PH ³	Piolho do corpo (<i>Pediculus humanus corporis</i>), pulga do gato, carrapatos
<i>B. henselae</i>	DAG, manifestações oculares, encefalopatia, meningite, hemiplegia aguda, demência, distúrbios psiquiátricos agudos, FOO ⁴ , abscesso hepatoesplênico, bacteremia, osteomielite, AB, PH, eritema nodoso	Pulga do gato (<i>Ctenocephalides felis</i>), carrapatos (<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes pacificus</i> , <i>Rhipicephalus sanguineus</i>)
<i>B. elizabethae</i>	Endocardite	Pulgas de rato (<i>Rattus</i> spp. e <i>Mus</i> spp.) e de roedores silvestres
<i>B. clarridgeiae</i>	Febre, DAG, sepsis, endocardite	Pulga de gato (<i>C. felis</i>), de roedores

Obs.: DAG¹ - doença da arranhadura do gato; AB² - angiomatose bacilar; PH³ - peliose hepática; FOO⁴ - febre de origem obscura.

Ehrlichia spp.: formas de infecção e transmissão e distribuição geográfica

Desde a primeira descrição de ehrlichiose, em 1953, no mínimo cinco espécies (*A. phagocytophilum*, *E. chafeensis*, *E. ewingii*, *E. canis* e *N. sennetsu*) têm sido identificadas como agentes causadores de doença na população humana em diferentes regiões do mundo (Dumler *et al.*, 2007). Mantidas em complexos ciclos zoonóticos entre artrópodes e vertebrados, as ehrlichias são transmitidas a seres humanos pela picada de carrapatos infectados dos gêneros *Amblyomma*, *Ixodes* e *Rhipicephalus*. Após um período de incubação de uma a três semanas, os indivíduos apresentam um quadro infeccioso inespecífico caracterizado por febre, calafrio, mialgia e cefaleia. Náusea, vômito e anorexia são também comuns. Segundo casuística norte-americana, aproximadamente 30% dos pacientes podem apresentar um exantema maculopapular, raramente evoluindo para petéquia. Encefalopatia e insuficiência renal ocorrem em casos mais graves associados com trombocitopenia e alteração hepática (Dumler, 1999; Dumler *et al.*, 2007). Complicações acontecem e a sua ocorrência depende da espécie do agente.

Quadro 4 - Avaliação de risco das rickettsias *lato sensu*

Agente biológico	Classificação
<i>Bartonella</i> spp.	2
<i>B. bacilliformis</i> ,	2
<i>B. henselae</i>	2
<i>B. quintana</i>	2
<i>B. vinsonii</i>	2
<i>B. elizabethae</i>	3
<i>B. clarridgeiae</i>	3
<i>Coxiella burnetti</i>	3
<i>Ehrlichia</i> spp.	2
<i>O. tsutsugamushi</i>	3
<i>R. canada</i>	3
<i>R. conorii</i>	3
<i>R. montana</i>	3
<i>R. prowazekii</i>	3
<i>R. rickettsii</i>	3
<i>R. siberica</i>	3
<i>R. typhi</i>	3

Fonte: Adaptado de Brasil, 2006b.

Riscos em Laboratório

As rickettsias estão presentes em aerossóis gerados a partir de cultura de células ou quaisquer outros procedimentos que aumentem a exposição do profissional às partículas rickettsianas presentes em amostras biológicas de pacientes infectados, animais não humanos e triturado de artrópodes. Apesar da existência de vacinas tanto para as rickettsias quanto para o agente da febre Q, as mesmas não estão disponíveis, além de não determinarem proteção total aos imunizados. De uma forma geral, a exposição laboratorial às rickettsias oferece um risco insignificante para as pessoas que restringem as práticas de laboratório sem geração de aerossóis, com exceção de *C. burnetii*, que constitui a segunda causa de infecção adquirida em laboratório (Sewell, 1995; Harding & Byers, 2006).

Precauções Recomendadas

As práticas e instalações NB-2 são indicadas para as atividades de diagnóstico sorológico e molecular que utilizam líquidos sabidamente ou potencialmente infecciosos e materiais clínicos contendo ou suspeitos de conter rickettsias e o agente da febre Q. O laboratório NB-2 para rickettsias deve seguir os requisitos do NB-2 tradicional quanto às instalações, às práticas e aos procedimentos que não gerem aerossóis. As atividades de laboratório, como inoculação e cultura de rickettsias *lato sensu* e produção de antígeno ou necropsia de animais infectados, devem ser realizadas também em área NB-3 (Pike *et al.*, 1976; Sewell, 1995; Harding & Byers, 2006).

HANTAVÍRUS E RICKETTSIAS: BIOSSEGURANÇA NO TRABALHO DE CAMPO

Os trabalhos de campo com zoonoses são práticas muito comuns nas atividades de pesquisa e de vigilância epidemiológica, assim como no aperfeiçoamento do aprendizado de disciplinas obrigatórias na área do ensino.

Medidas de segurança durante as atividades de campo devem ser adotadas por todos os profissionais participantes, desde pesquisadores, estudantes, estagiários, profissionais de apoio e demais prestadores de serviços, sempre considerando também os períodos pré e pós-excursão (Lemos & D'Andrea, 2006; Mills *et al.*, 1998; OPS, 1999; Schatzmayr & Lemos, 2007).

Período Pré-Expedição: fase preparatória

Pela sua complexidade, é necessário que as atividades de campo para captura de animais vertebrados e invertebrados para estudo de hantavírus e rickettsias sejam cuidadosamente planejadas e todos os membros da equipe devem: 1) conhecer a legislação brasileira que regulamenta a coleta de espécimes da fauna brasileira; 2) submeter o projeto à comissão de ética no uso de animais, quando houver experimentação animal; 3) solicitar a licença para captura de animais silvestres ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (Sisbio) e ao Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade (ICMBio); 4) conhecer os procedimentos legais e éticos para o manuseio e uso de animais.

Além do exposto anteriormente e da necessidade de reconhecimento prévio da área onde será desenvolvido o estudo, sob o ponto de vista da geomedicina, isto é, da identificação do risco potencial de o profissional adquirir infecção por patógenos existentes no local, recomenda-se que:

- O local para processamento dos animais e obtenção das amostras seja estabelecido longe da circulação de pessoas, gado e animais domésticos (CDC, 1993c; Mills *et al.*, 1998), preferencialmente ao ar livre, com ventilação sob o efeito antiviral da luz ultravioleta natural.
- Os profissionais estejam adequadamente imunizados para doenças como hepatites virais A e B, febre amarela, tétano, difteria, raiva, entre outras, na dependência da área e do objeto de estudo.
- Os profissionais conheçam os mecanismos comuns de exposição aos agentes de risco e utilizem corretamente os equipamentos de proteção individual (EPIs), assim como vestuário adequado (calças e camisas de manga comprida e de cor clara para proteção solar e redução da exposição a artrópodes, além de bota de cano longo com meia grossa).
- Os profissionais tenham conhecimento dos mecanismos comuns de exposição que podem ser por: 1) inoculação direta por agulhas; 2) contaminação de cortes ou arranhões preexistentes; 3) instrumentos contaminados e agressão animal; 4) inalação de aerossóis durante o manejo animal e nos procedimentos e na manipulação na experimentação animal; 5) contato das membranas mucosas de olhos, boca ou narinas por gotículas de materiais, mãos e superfícies contaminadas (CDC, 1993c; Mills *et al.*, 1998).

- Repelentes sejam utilizados, com orientação médica (alergia), para minimizar o ataque de mosquitos e de outros artrópodes.
- Todo o material necessário para a realização das atividades de campo seja verificado quanto à sua integridade e seu perfeito funcionamento. Uma lista com todos os itens enumerados pode ser utilizada com detalhamento dos pontos fundamentais.
- Seja considerada e providenciada, na dependência da área de estudo, água adequada para se beber. Caso não haja disponibilidade de água potável, é importante levar água em quantidade necessária para a atividade de campo. Se houver necessidade de maior consumo de água, fervê-la ou utilizar meios químicos para a sua ingestão, como o cloro na proporção de uma colher de café para um litro de água.
- Sejam providenciados, sempre com orientação médica caixa de primeiros socorros com algodão, álcool, água oxigenada, gaze, esparadrapo, curativos adesivos, antissépticos, soro fisiológico estéril, analgésico para cólica e dor de cabeça, além de medicamentos antivômito e outros distúrbios digestivos como azia e diarreia.

Durante o Trabalho de Campo

Existem procedimentos básicos de segurança no campo para os profissionais que manuseiam vertebrados e invertebrados para o estudo com hantavírus (CDC, 1993c; Mills *et al.*, 1998). Como esses animais podem representar riscos, os profissionais devem seguir algumas regras básicas:

- Conhecer bem a biologia do animal a ser manipulado.
- Não manusear espécies sem qualificação para tal procedimento.
- Informar imediatamente ao coordenador da equipe qualquer acidente ocorrido, seja mordida, arranhão, acidente com agulha ou outro instrumento cirúrgico.
- Utilizar EPIs, como aventais cirúrgicos com punhos elásticos, luvas de látex, óculos protetores com visor de policarbonato contendo ajuste facial e respiradores. Quanto à utilização dos respiradores, equipamentos de proteção respiratória contendo filtros N-100 (equivalente ao HEPA), todos os membros da equipe devem receber instruções sobre o uso e cuidado com os equipamentos, principalmente em relação à sua manutenção e segurança.

- Na preparação de material para as coleções de referência, o profissional pode entrar em contato com o agente químico para conservação e medidas adequadas devem ser instituídas, seguindo as recomendações para agentes químicos.

A captura dos animais silvestres e de seus ectoparasitas deverá seguir as seguintes recomendações:

- Colocar as armadilhas antes do anoitecer de acordo com o modelo pre-estabelecido, evitando a sua exposição ao sol.
- Revisar e recolher, após a colocação de EPIs, as armadilhas sem abrir a tampa, depositando-as imediatamente em sacos plásticos resistentes, os quais devem ser fechados e encaminhados para o local de processamento;
- Transportar, para evitar contato com a equipe, os sacos contendo as armadilhas em bagageiro ou carroceria do veículo.
- Borrifar as luvas com solução desinfetante após a colocação das armadilhas no veículo.

Quanto à coleta de amostras biológicas, o manuseio dos animais deverá seguir uma sequência (CDC, 1993c; Mills *et al.*, 1998), cujo objetivo principal é garantir a segurança da equipe (Figura 1):

- Cobrir a mesa de trabalho com plástico resistente e recobri-la com papel absorvente, que deverá ser trocado entre cada animal a ser processado.
- Colocar na mesa todo material e equipamento a ser utilizado, seguindo a sequência dos procedimentos, para evitar que algum membro da equipe se levante durante as atividades, fato que eleva o risco de acidentes.
- Preparar, antecipadamente, as soluções germicidas apropriadas em recipientes para imersão do instrumental utilizado e deixar bolsa para descarte de material próxima à mesa.
- Iniciar a abertura dos sacos com as armadilhas somente após a confirmação de que todo pessoal esteja utilizando os EPIs, incluindo o sistema de proteção respiratória.
- Não manusear os animais antes da anestesia e realizar a coleta de amostras após o registro do animal e o preenchimento de uma planilha, contendo os dados morfológicos e reprodutivos, assim como a espécie e o local

de captura, entre outras informações, na dependência do desenho do estudo.

- Coletar os ectoparasitas adequadamente com luvas, mantendo os frascos separados e identificados quanto à sua origem.
- Utilizar uma tesoura de ponta romba para a abertura da cavidade abdominal seguida pela utilização de outra tesoura e pinça descontaminadas para a retirada dos órgãos.
- Acondicionar as amostras de sangue em criotubos com tampas de rosca assim como os fragmentos de vísceras, preferencialmente, em nitrogênio líquido ou em gelo seco visando à análise molecular e ao isolamento. Amostras de sangue ou soro para análise sorológica poderão ser acondicionadas na temperatura de -20°C .
- Colocar todo o material utilizado (papel absorvente, gaze, algodão) em sacos plásticos para resíduos da classe A com identificação de risco biológico.
- Antes de iniciar o procedimento com outro animal, limpar com desinfetantes as luvas e a superfície de trabalho e dos frascos utilizados.
- Encaminhar as carcaças dos animais em solução de álcool a 70% para a coleção.

Figura 1 – Equipe de pesquisadores utilizando equipamento de proteção respiratória durante trabalho de campo para a pesquisa de hantavírus em área de ocorrência da síndrome pulmonar por hantavírus



Com o término das atividades, é necessário submeter todas as superfícies de trabalho à desinfecção após limpeza e realizar o descarte dos materiais de acordo com a resolução RDC n. 306, de 7/12/2004, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (Brasil, 2004), e com a resolução n. 358, de 29/4/2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). Os resíduos biológicos gerados no trabalho de campo devem ser recolhidos e tratados preferencialmente na instituição de origem da equipe ou, em segunda opção, em instituição com sistema de gerenciamento de resíduo da localidade onde está sendo desenvolvido o trabalho de campo. Entretanto, caso não exista essa possibilidade, recomenda-se que, no final do procedimento, fragmentos de vísceras e material descartável contaminado sejam enterrados em uma vala de 1 m³, colocando óxido de cálcio no fundo e nas laterais e sobre o material para posterior incineração, tomando o cuidado para evitar o alastramento do fogo no ambiente. Por fim, é preciso cobrir com cal e fechar a vala.

Período Pós-Expedição

Todos os profissionais membros da equipe participante deverão estar orientados sobre os sinais e sintomas das doenças que são objeto de estudo e de outras zoonoses passíveis de ocorrer. Assim, dentro de um período de seis semanas, após a realização do trabalho de campo, o surgimento de qualquer quadro febril será considerado como suspeito de infecção ocupacional. O profissional, neste contexto, deverá ser encaminhado para um médico, de preferência membro da equipe, para exame clínico e coleta de sangue para análise pareada com a amostra previamente coletada e acondicionada no seu próprio laboratório de pesquisa. Concomitantemente, seguindo as recomendações do programa de saúde do trabalhador, todas as informações serão repassadas ao setor responsável pela saúde do trabalhador visando não somente à vigilância, mas fundamentalmente à análise e à identificação dos fatores, assim como à instituição de medidas necessárias de prevenção e proteção do profissional e do ambiente de trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Historicamente, as rickettsioses, em especial as do grupo da febre maculosa e do tifo, sempre estiveram associadas a relatos de infecção laboratorial que culminaram com o óbito de pesquisadores como Ricketts, Prowazeki e Lemos Monteiro. Mais recentemente, com a realização dos procedimentos laboratoriais

e de campo, considerando as normas de biossegurança específicas, os relatos de infecção acidental têm se restringido ao agente da febre Q, *C. burnetti* (Johnson & Kadull, 1966; Graham, Yamauci & Rountree, 1989; Hall *et al.*, 1982; Hamadeh *et al.*, 1992).

Quanto aos hantavírus, embora a transmissão para profissionais de laboratório a partir de aerossóis gerados durante o manuseio de roedores tenha sido documentada exclusivamente com os agentes causadores da FHRS, a exposição às excretas e ao material fresco de necropsia e o contato com material infeccioso e mordida do roedor têm de ser considerados de elevado risco de infecção, independentemente da variante viral.

Diante do exposto e em decorrência da natureza virulenta dos hantavírus causadores da SPH e da transmissão roedor-humano, assim como das diferentes rickettsias *lato sensu*, profissionais que manuseiam animais, em especial os roedores silvestres e seus artrópodes, devem tomar medidas especiais de precaução e é necessário conduzir todas as atividades, tanto de laboratório quanto de campo, atendendo às determinações das normas de biossegurança estabelecidas com ênfase:

- Nas boas práticas de procedimentos laboratoriais e de campo, o treinamento continuado dos profissionais e alunos para a execução das atividades deve ser preconizado e estimulado.
- Na garantia de fornecimento, qualidade e manutenção de EPIs, em especial dos respiradores, cujo custo torna a sua aquisição impeditiva para a maioria dos grupos de pesquisa, ensino ou de serviço de vigilância.
- Nas medidas de promoção e prevenção, principalmente de doenças passíveis de imunoprevenção, em concordância com a Política Nacional de Saúde do Trabalho do Ministério da Saúde, em vigor desde 2004.
- Na elaboração de protocolos específicos para os diferentes acidentes que eventualmente possam ocorrer durante as atividades, de laboratório ou de campo, com as zoonoses, tanto objeto do estudo quanto as outras potencialmente presentes, considerando os animais envolvidos no ciclo.

REFERÊNCIAS

- ACHA, P. N. & SZYFRES, B. *Zoonosis y Enfermedades Transmisibles Comunes al Hombre y Animales*. 3. ed. Washington: Organization Panamericana de la Salud, 2003.
- ANDERSON, B. E. & NEUMAN, M. A. *Bartonella* spp. as emerging human pathogens. *Clinical Microbiology Review*, 10: 203-219, 1997.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 306, de 7 de dezembro de 2004. Regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. *Diário Oficial*, dez. 2004. BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão de Biossegurança em Saúde. *Diretrizes Gerais para o Trabalho de Contenção com Material Biológico*. Série A. Normas e manuais técnicos. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão de Biossegurança em Saúde. *Classificação de Risco dos Agentes Biológicos*. Série A. Normas e manuais técnicos. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia de Vigilância Epidemiológica*. 7. ed. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, 2008. (Guia de bolso SVS, cap. 26).
- BRENNER, D. J. *et al.* Proposals to unify the genera *Bartonella* and *Rochalimaea*, with descriptions of *Bartonella quintana* comb. nov., *Bartonella vinsoni* comb. nov., and *Bartonella elizabethae* comb. nov., end to remove the family bartonellaceae from the order rickettsiales. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 43: 777-786, 1993.
- CDC (Center for Disease Control). National Institute of Health. *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*. 3. ed. Washington, D.C.: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1993a.
- CDC (Center for Disease Control). Update: outbreak of hantavirus infection - Southwestern United States, 1993. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 42: 495-496, 1993b.
- CDC (Center for Disease Control). Hantavirus infection - Southwestern United States: interim recommendations for risk reduction. *Morbidity and Mortality Weekly Recomm. Report*, 42(RR-11): 1-13, 1993c.
- DESMYTER, J. *et al.* Laboratory rat associated outbreak of haemorrhagic fever with renal syndrome due to hantaan-like virus in Belgium. *Lancet*, 11: 445-448, 1983.
- DUMLER, J. S. The ehrlichioses: an overview. *The Infectious Disease Review*, 1: 110-112, 1999.
- DUMLER, J. S. *et al.* Ehrlichioses in humans: epidemiology, clinical presentation, diagnosis, and treatment. *Clinical Infectious Disease*, 45(Suppl. 1): S45-S51, 2007.
- GRAHAM, C. J.; YAMAUCHI, T. & ROUNTREE, P. Q fever in animal laboratory workers: an outbreak and its investigation. *American Journal of Infectious Control*, 17: 345-348, 1989.
- HALL, C. J. *et al.* Laboratory outbreak of Q fever acquired from sheep. *Lancet*, 1(8.279): 1.004-1.006, 1982.

HAMADEH, G. N. *et al.* Laboratory outbreak of Q fever. *The Journal of Family Practice*, 35: 683-685, 1992.

HARDING, A. L. & BYERS, K. B. Epidemiology of laboratory-associated infections. In: FLEMING, D. O. & HUNT, D. L. (Eds.) *Biological Safety Principles and Practices*. 4. ed. Washinton, D.C.: Washington Press, 2006.

HELMICK, C. G.; BERNARD, K. W. & D'ANGELO, L. J. Rocky mountain spotted fever: clinical, laboratory, and epidemiological features of 262 cases. *The Journal of Infectious Disease*, 150: 480-488, 1984.

JOHNSON, J. E. & KADULL, P. J. Laboratory-acquired Q fever: a report of fifty cases. *The American Journal of Medicine*, 41: 391-403, 1966.

JOHNSON, J. E. & KADULL, P. J. Rocky mountain spotted fever acquired in a laboratory. *The New England Journal of Medicine*, 35: 383-390, 1967.

JOHNSON, A. M. *et al.* Genetic investigation of novel hantaviruses causing fatal HPS in Brazil. *Journal of Medical Virology*, 59: 527-535, 1999.

KAWAMATA, J. *et al.* Control of laboratory acquired hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) in Japan. *Laboratory Animal Science*, 37: 431-436, 1987.

LAMAS, C. *et al.* Human bartonellosis: seroepidemiological and clinical features with an emphasis on data from Brazil - a review. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 103: 221-235, 2008.

LEDUC, J. W. Epidemiology of hantaa and related viruses. *Laboratory Animal Science*, 37: 413-418, 1987.

LEE, H. W. & JOHNSON, K. M. Laboratory-acquired infections with hantaa virus: the etiologic agent of Korean hemorrhagic fever. *The Journal of Infectious Disease*, 146: 645-651, 1982.

LEMONS, E. R. S. & D'ANDREA, P. S. Trabalho com animais silvestres. In: MARTINS, E. V.; LOPES, F. A. L. & LOPES, M. C. M. (Orgs.) *Biossegurança, Informação e Conceitos Básicos*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006.

LEMONS, E. R. S. & DE MELLO, J. C. P. Riquetsioses. In: TAVARES, W. & MARINHO, L. A. C. (Orgs.) *Rotinas de Diagnóstico e Tratamento das Doenças Infecciosas e Parasitárias*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

LEMONS, E. R. S. *et al.* Spotted fever in Brazil: a seroepidemiological study and description of clinical cases in an endemic area in the state of São Paulo. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 65: 329-334, 2001.

LLOYD, G. *et al.* HFRS outbreak associated with laboratory rats in UK. *Lancet*, 1: 175-176, 1984.

MCQUISTON, J. H. *et al.* National surveillance and the epidemiology of human Q fever in the United States, 1978-2004. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 75(1): 36-40, 2006.

- MILLS, J. N. *et al.* *Métodos para Trampeo y Muestreo de Pequeños Mamíferos para Estudios Viroológicos*. Washington: Departamento de Salud y Servicios Humanos, Servicio de Salud Pública, CDC, OMS, 1998.
- NICHOL, S. T. *et al.* Genetic identification of a hantavirus associated with an outbreak of acute respiratory illness. *Science*, 262: 914-917, 1993.
- NUZUM, E. O. *et al.* Aerosol transmission of hantaan and related viruses to laboratory rats. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 38: 636-641, 1988.
- OLSON, J. G. & MCDADE, J. E. *Rickettsia* and *Coxiella*. In: MURRAY, P. R. (Ed.) *Manual of Clinical Microbiology*. 6. ed. Washington: ASM Press, 1994.
- OLSON, J. G. & PADDOCK, C. D. Emerging rickettsiosis. *Infectious Disease Reviews*, 1: 113-114, 1999.
- OPS (Organización Pan-Americana da Saúde). *Hantavirus en las Américas: guía para el diagnóstico, el tratamiento, la prevención y el control*. Washington: OPS, 1999.
- PIKE, R. M. Laboratory associated infections: summary and analysis of 3.921 cases. *Health Laboratory Science*, 13: 105-114, 1976.
- RAOULT, D. & ROUX, V. Rickettsioses as paradigms of new or emerging infectious diseases. *Clinical Microbiology Reviews*, 10: 694-719, 1997.
- ROSA, E. S. T. *et al.* Newly recognized hantaviruses associated with hantavirus pulmonary syndrome in northern Brazil: partial genetic characterization of viruses and serologic implication of likely reservoirs. *Vector Borne Zoonotic Diseases*, 5: 11-19, 2005.
- SCHATZMAYR, H. G. & LEMOS, E. R. S. Trabalho com animais silvestres. In: CARDOSO, T. A. O. & NAVARRO, M. B. M. A. (Orgs.) *A Ciência entre Bichos e Grilos*. Rio de Janeiro: Hucitec, 2007.
- SEWELL, D. L. Laboratory-associated infections and biosafety. *Clinical Microbiology Reviews*, 8: 389-405, 1995.
- SEXTON, D. J. *et al.* Possible needle associated rocky mountain spotted fever. *The New England Journal of Medicine*, 292: 645, 1991.
- SUZUKI, A. *et al.* Identifying rodent hantavirus reservoirs, Brazil. *Emerging Infectious Disease*, 10: 2.127-2.134, 2004.
- UMENAI, T. *et al.* Korean haemorrhagic fever in staff in an animal laboratory. *Lancet*, 1: 314-316, 1979.
- WALKER, D. Rickettsiae and rickettsial infections: the current state of knowledge. *Clinical Infectious Disease*, 45 (Suppl. 1): s39-S44, 2007.
- WALKER, D. H. & BOUYER, D. H. *Rickettsia*. In: MURRAY, P. R. *et al.* (Eds.) *Manual of Clinical Microbiology*. Washington D.C.: ASM Press, 2003.
- WRIGHT, L. J. *et al.* Laboratory-acquired typhus fevers. *Annals of Internal Medicine*, 69: 731-738, 1968.

HEPATITES B E C COMO DOENÇAS OCUPACIONAIS

*Clara Fumiko Tachibana Yoshida
Lia Laura Lewis-Ximenez*

As doenças ocupacionais são resultantes de exposições a certos agentes químicos, físicos e/ou biológicos presentes no local do trabalho. Juntos, eles constituem a maior causa de doença e morte nos países industrializados. Nos países em desenvolvimento, onde há falta de experiência em relação à saúde do trabalhador, as condições de trabalho frequentemente oferecem situações de perigo.

São vários os estudos que têm demonstrado os riscos existentes nos acidentes ocupacionais em que há exposição ao material biológico infectado. Porém, este risco é variável e depende do tipo de acidente e de outros fatores, como gravidade e tamanho da lesão, presença e volume de sangue, além das condições clínicas do paciente-fonte e acompanhamento pós-exposição. No entanto, a evolução do conhecimento sobre os agentes etiológicos, as formas de tratamento e os fatores envolvidos nas exposições ocupacionais têm permitido estabelecer medidas para reduzir o risco de agravos à saúde, decorrentes dos acidentes com material biológico contaminado. Cabe ressaltar, porém, que as profilaxias pós-exposição nem sempre estão disponíveis e não são totalmente eficazes, o que reforça a importância da prevenção.

Na esfera do risco biológico - definido como a probabilidade de exposição ocupacional a microrganismos, culturas de células, parasitas, toxinas e príons -, os vírus das hepatites B (HBV) e C (HCV), além do vírus da imunodeficiência humana (HIV), são os agentes infecciosos mais importantes nas exposições ocupacionais.

INFECÇÃO PELO VÍRUS DAS HEPATITES B (HBV) E C (HCV)

O vírus da hepatite B é um vírus DNA com uma estrutura de 42 nanômetros de diâmetro, possuindo na sua superfície externa o antígeno de superfície HBs (HBsAg). Na estrutura interna, ou nucleocapsídeo, encontram-se o antígeno *core* (HBcAg), além do DNA viral e a enzima DNA polimerase. O antígeno HBe (HBeAg) está presente durante o estágio de replicação viral intensa, porém não faz parte da estrutura viral. Esta partícula completa pode circular livremente na corrente sanguínea de um indivíduo portador do vírus da hepatite B e apresentar títulos maiores que 1×10^7 doses infecciosas por mililitro. Além dela, também encontram-se presentes na corrente sanguínea as partículas incompletas, nas formas esféricas e filamentosas de 22 nanômetros de diâmetro e comprimento variado. Tais partículas estão desprovidas de nucleocapsídeo e não possuem ácido nucleico, portanto, não são infecciosas.

O vírus da hepatite C é um pequeno vírus RNA de 30 a 40 nanômetros de diâmetro, apresentando uma estrutura de envelope derivada da membrana da célula hospedeira. Possui no seu interior o nucleocapsídeo composto pelas proteínas *core*, que circunda o genoma RNA do vírus. Estudos de cinética viral demonstram a produção de 10^{10} a 10^{12} partículas virais/dia (Zeuzem *et al.*, 1996), embora o HCV seja menos infeccioso que o HBV (Lauer & Walker, 2001).

O HBV é mais resistente e permanece viável em superfícies secas à temperatura ambiente por um período de até seis meses (Hollinger & Liang, 2001). O HCV assim como o HIV são vírus cujos genomas são constituídos de RNA, que possuem envelope viral e são facilmente degradáveis no meio ambiente. Entretanto, há relatos de que o RNA do HCV em amostras de plasma humano mantém-se estável por 14 dias e, em amostras de soro impregnadas em papel de filtro, permanece por quatro semanas, ambas à temperatura ambiente (Favero & Bond, 1995; Jose *et al.*, 2003; Abe & Konomi, 1998). Além do mais, o HBV é dez vezes mais infeccioso do que o HCV (Lauer & Walker, 2001).

Seis meses após ter sido infectado, o indivíduo pode apresentar cura espontânea, tornando-se imune ao vírus, ou apresentar persistência da replicação por mais de seis meses, caracterizando o estado de portador crônico (Alter *et al.*, 1992; O'Grady *et al.*, 2000; Seeff, 2002). Tanto a infecção causada pelo HBV quanto pelo HCV são silenciosas, pois a grande maioria dos indivíduos não apresenta sintomas durante a fase aguda e crônica.

A progressão da doença depende do tipo de vírus e da idade em que ocorreu a infecção. A infecção pelo HBV tem índices elevados de cronicidade em recém-nascidos (90%), diferentemente do que se observa em adultos, cujos índices variam de 5 a 10% (Maynard, 1990; Andre, 2000). Na infecção pelo HCV, o índice de cronificação varia de 55 a 80%, sendo menor em crianças e indivíduos do sexo feminino (Seeff, 2002). Ambas as doenças evoluem desde formas brandas, com lesão mínima, até as mais graves de hepatite, como cirrose hepática ou hepatocarcinoma. Nas últimas décadas, estudos têm demonstrado que, em países desenvolvidos, as hepatites virais são as que têm maior indicação para transplante hepático (Maupas & Melnick, 1981; Kiyosawa, Tanaka & Sodeyama, 1998; Simmonds, 2004; Sherman, 2005).

Atualmente, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que aproximadamente 1/3 da população mundial – ou seja, dois bilhões de pessoas – já teve contato com o HBV, das quais 370 milhões tornaram-se portadoras crônicas. Além disso, existem estimativas de que 130 milhões de indivíduos estejam infectados pelo HCV, elevando o contingente para quinhentos milhões de pessoas portadoras de vírus e que servem como fontes de infecção para o homem (Andre, 2000; Alter, 2006). No Brasil, dados do Ministério da Saúde informam que pelo menos 15% da população já teve contato com o vírus da hepatite B e que os casos crônicos das hepatites B e C devem corresponder a 1,0% e 1,5% da população brasileira, respectivamente (Brasil, 2002).

O diagnóstico etiológico da doença se faz laboratorialmente através do diagnóstico sorológico, em que são pesquisados antígenos e anticorpos contra os vírus, e do diagnóstico molecular, em que são pesquisados o DNA do HBV ou o RNA do HCV. A cinética dos marcadores virais determina o curso da infecção juntamente com os dados clínicos do paciente (Uchida *et al.*, 1994; O'Grady *et al.*, 2000; Pawlotsky, 2000).

O tratamento em pacientes com infecção crônica pelo HBV e HCV tem como objetivo interromper a replicação do vírus e, com isto, diminuir a inflamação hepática, impedindo a progressão da doença (Dienstag, 1995; Chander *et al.*, 2002). Embora muitos antivirais e imunomoduladores sejam alvo de pesquisa nos últimos trinta anos, apenas três têm sido utilizados para o tratamento da hepatite B: interferon alfa, lamivudina e, mais recentemente, adefovir. No tratamento da hepatite C, é recomendada a associação do interferon alfa e da ribavirina. Estes antivirais apresentam efeitos colaterais e a eficácia, em muitos casos, é baixa. Anualmente, são registrados aproximadamente dois milhões de óbitos no mundo atribuídos a estes dois agentes (Andre, 2000).

MODOS DE TRANSMISSÃO

A transmissão do HBV ou do HCV pode ocorrer por via parenteral, por exposição percutânea ou permucosa, através do sangue ou de outros fluidos orgânicos de pacientes portadores de infecção aguda ou crônica que apresentem o HBV ou o HCV circulante. Na transmissão percutânea, o vírus atravessa a barreira dérmica, podendo se dar de forma acidental através de um objeto perfurocortante ou por lesão preexistente. A transmissão permucosa consiste na exposição de material contaminado a qualquer mucosa. A quantidade de vírus presente no sangue é mais elevada, sendo que, na hepatite B, o vírus pode estar presente também em outras secreções orgânicas. Menores concentrações, porém significativas, são encontradas no sêmen, no fluido vaginal e na saliva de indivíduos com viremia. Portanto, exposições ao sangue e contatos sexuais são modos mais comuns de transmissão do HBV. Na hepatite C, a transmissão parenteral – como os que fazem uso de drogas injetáveis – é a via mais importante de disseminação do vírus, sendo rara a transmissão por outras vias (Piot, Goilav & Kegels, 1990; Hou *et al.*, 1993; Terrault, 2002).

Além da transmissão parenteral e sexual, a transmissão materno-infantil e domiciliar ou horizontal são importantes na hepatite B, em regiões endêmicas onde são observadas altas taxas de prevalência de portadores de HBsAg (Beasley *et al.*, 1982; Yao, 1996; Chen, Wang & Yu, 2000). Na hepatite C, é um evento mais raro, porém presente em mães portadoras de HIV e com concentração elevada de HCV (Papaevangelou *et al.*, 1998; Roberts & Young, 2002).

HEPATITES B E C EM PROFISSIONAIS DA SAÚDE

Profissionais da saúde são definidos como todos os indivíduos – empregados, estudantes, contratantes, clínicos, trabalhadores ou voluntários – cujas atividades envolvam contato com pacientes, sangue ou outros fluidos biológicos em qualquer unidade de atendimento em saúde, laboratório ou serviço público. Isso inclui aqueles que prestam assistência domiciliar, atendimento pré-hospitalar e participam de ações de resgate feitas por bombeiros ou outros profissionais.

As possíveis exposições que acarretariam risco de infecção pelos vírus das hepatites B e C para estes indivíduos são: lesão percutânea (perfuração com agulhas ou cortes com objetos afiados, por exemplo) ou contato com membranas mucosas ou pele não intacta (rachaduras, arranhaduras ou com

dermatites) com sangue, tecido ou outro fluido corporal potencialmente infeccioso. Apesar de o sêmen e as secreções vaginais estarem envolvidos principalmente na transmissão sexual por HBV e raramente por HCV, os mesmos não foram associados à transmissão ocupacional de pacientes para profissionais da saúde. Os fluidos cérebro-espinhal, sinovial, pleural, peritoneal, pericardial e amniótico exercem papel desconhecido na transmissão destes vírus, e seus potenciais riscos para profissionais da saúde em exposições ocupacionais ainda não foram avaliados. Fezes, secreções nasais, saliva, suor, lágrimas, urina e vômito não são considerados potencialmente infectantes, a menos que contenham sangue e, mesmo assim, o risco para transmissão das infecções por HBV e HCV é baixo (MMWR, 2001).

Nem todos os profissionais da saúde que se infectam apresentam história epidemiológica como data ou circunstâncias de exposição acidental nos últimos seis meses. Nos países onde há seguro contra acidentes ocupacionais, esta situação é difícil de controlar, uma vez que não se pode descartar a hipótese de ter ocorrido exposição fora do ambiente de trabalho. Entretanto, nos países de baixa endemicidade, há maior possibilidade de que a infecção pelo HBV venha a ser de origem ocupacional, ainda que na ausência de relato acidental.

O profissional infectado pelo HBV, por sua vez, pode transmitir a doença a seus familiares, cônjuge e filhos. Existem relatos de que 18 a 30% de pacientes com hepatite B aguda transmitem a doença a seus parceiros sexuais (Redeker *et al.*, 1975). No caso de transmissão para o profissional da saúde, dependendo da fonte de infecção e do tipo de acidente, o risco de desenvolver a doença clínica chega a 22 a 31%, quando o acidente for percutâneo com fonte de infecção sabidamente HBsAg e HBeAg positivos, portanto virêmicos; o risco de apresentar apenas evidência sorológica é de 37 a 62%. Porém, se a fonte de infecção é HBsAg positivo, mas com ausência de HBeAg, portanto provavelmente sem viremia, a taxa de conversão para a doença clínica decresce para 1 a 6%, e o risco de apresentar apenas evidência sorológica diminui para 23 a 47% (Werner & Grady, 1982). Na hepatite C, a incidência média de soroconversão para anti-HCV após acidente percutâneo com fonte sabidamente positiva para HCV é de 1,8%, variando de 0 a 7% (Mitsui *et al.*, 1992; Puro *et al.*, 1995; MMWR, 2001).

Apesar de a transmissão da hepatite B ocorrer frequentemente do paciente para o profissional da saúde, não se descarta a hipótese da via inversa. Há relatos sobre a transmissão de HBV por cirurgiões gerais, orais e dentistas

que, sendo portadores crônicos, acabam infectando seus pacientes por falha das medidas gerais de prevenção. Para que isto ocorra, o profissional deve ser um portador altamente virêmico, infeccioso, e realizar algum procedimento traumático, como cirurgia, para ter acesso à entrada do vírus, inclusive havendo a preocupação de se avaliar os níveis virêmicos do portador. Alguns autores sugerem a oferta da terapia antiviral através de tratamento convencional e com novas drogas, em busca de resposta eficaz, para prevenir o afastamento deste profissional especializado como também diminuir a possibilidade da infecção nosocomial (hospitalar) (Buster, Van der Eijk & Schalm, 2003; Van der Eijk *et al.*, 2006).

Nos Estados Unidos, estudos epidemiológicos da década de 1970 e 1980 demonstravam que profissionais da saúde, como médicos e dentistas, tinham aproximadamente uma prevalência de cinco a dez vezes maior de marcadores sorológicos do HBV do que doadores de sangue (Denes *et al.*, 1978; Dienstag & Ryan, 1982; Hadler *et al.*, 1986).

Segundo dados de 1986 do Centro de Controle de Doenças de Atlanta, Estados Unidos, onde a vigilância para esta doença tem papel preponderante, cerca de trezentos mil casos de hepatite B ocorriam anualmente. Deste total, 12.000 casos (4%) eram atribuídos a profissionais da saúde, como consequência de exposição ocupacional ao vírus. Estes dados demonstram que a infecção pelo HBV é um fator de maior risco ocupacional na área da saúde, contudo, é um dos poucos que podem ser prevenidos e controlados com vacinas seguras e eficazes. Levando-se em consideração a história natural da doença e sua provável evolução nos profissionais infectados, é possível supor que, dos 12.000 profissionais da saúde infectados anualmente, 15 morrerão de hepatite fulminante, mil se tornarão crônicos, pelo menos duzentos morrerão de cirrose e quarenta por câncer de fígado em decorrência da infecção pelo HBV (Hadler, 1990).

No Brasil, um estudo envolvendo 1.433 profissionais da área da saúde e 872 da área administrativa mostrou que a prevalência de HBV nos profissionais da saúde é quatro vezes maior. Entre os fatores ocupacionais, o tempo de serviço contribuiu em 14% para a chance de apresentar sorologia positiva, e o acidente biológico elevou o risco de infecção pelo HBV em 4,29 vezes

(Ciorlia & Zanetta, 2005). Dados da Secretaria Municipal do Rio de Janeiro mostram que, de janeiro de 1997 a dezembro de 2005, 17.147 acidentes foram notificados ocorridos em hospitais públicos e privados. São 170 notificações por mês, com uma média de cinco acidentes por dia. Entretanto, acredita-se que 50 a 90% dos acidentes não são notificados, o que dificulta os aspectos de prevenção e acompanhamento dos casos.

A grande maioria dos acidentes é percutânea com envolvimento de sangue. A equipe de enfermagem de nível médio é a que tem o maior número de notificações, seguida de médicos e da equipe de limpeza. Esta última se acidenta por causa da maneira inadequada como é feito o descarte de materiais perfurocortantes por parte de outros profissionais da área da saúde, o que alerta para a necessidade de reciclagem e aprimoramento contínuo das práticas de biossegurança em todas as áreas e ambientes de trabalho. Quanto às circunstâncias em que ocorreram as exposições, coleta de sangue e punção venosa, recapeamento de agulhas, manuseio de material cirúrgico em cirurgias, administração de medicamentos, manuseio de lixo e descarte de material agruparam quase que 2/3 dos casos notificados (<www.saude.rio.rj.gov.br/media/dstaid_acidentes_1997a2005.pdf>).

PREVENÇÃO E CONTROLE DAS HEPATITES B E C EM PROFISSIONAIS DA SAÚDE

Recomenda-se que profissionais expostos a sangue e a outros fluidos potencialmente contaminados sejam tratados como casos de emergência médica, uma vez que, para se obter melhor eficácia, as intervenções para profilaxia da infecção pelo HBV necessitam ser iniciadas logo após a ocorrência do acidente. No Brasil, as condutas para encaminhamento dos casos de acidentes de trabalho de profissionais da saúde envolvendo risco biológico estão descritas no documento do Ministério da Saúde (2004) intitulado *Recomendações para Atendimento e Acompanhamento de Exposição Ocupacional a Material Biológico: HIV e hepatites B e C*. O objetivo deste manual é abordar e orientar as condutas, pré e pós-exposição, indicadas para prevenir o risco de contaminação de profissionais da saúde pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV) e pelos vírus das hepatites B e C no ambiente de trabalho, visto que estes são os agentes infecciosos mais importantes nas infecções ocupacionais ocorridas em serviços de saúde.

Publicada em novembro de 2005, a Norma Regulamentadora para Segurança e Saúde do Trabalhador em Serviços de Saúde no Brasil (NR-32) estabelece diretrizes de proteção à segurança e saúde dos trabalhadores em atividades de promoção e assistência à saúde, visando a minimizar os diversos riscos a que estes profissionais estão submetidos (Brasil, 2005). Com o objetivo de reduzir os acidentes de trabalho, a norma determina que todo trabalhador dos serviços de saúde seja informado dos riscos a que esteja sujeito e tenha direito gratuitamente à imunização contra doenças transmissíveis. Além disso, garante a capacitação continuada e determina que nenhum profissional exerça suas atividades sem o uso de equipamentos de proteção adequados.

De acordo com a NR-32, todo local onde exista possibilidade de exposição a agente biológico deve ter lavatório exclusivo para higiene das mãos, com água corrente, sabonete líquido, toalha descartável e lixeira com sistema de abertura sem contato manual. Os quartos ou enfermarias destinados ao isolamento de pacientes portadores de doenças infecciosas devem contar com lavatório em seu interior. O uso de luvas não substitui o processo de lavagem das mãos, o que deve ocorrer, no mínimo, antes e depois da manipulação.

O empregador deve fornecer, sem ônus ao trabalhador, equipamentos de proteção individual (EPIs) e assegurar capacitação continuada sobre prevenção de riscos. É necessário fornecer aos profissionais instruções escritas em linguagem acessível sobre as rotinas realizadas e medidas de prevenção de acidentes e de doenças relacionadas ao trabalho. Devem ser oferecidos aos trabalhadores gratuitamente programa de imunização ativa contra tétano, difteria e hepatite B. Os profissionais que utilizarem materiais perfurocortantes são responsáveis pelo seu descarte. São vedados o reencape e a desconexão manual de agulhas. Profissionais com feridas ou lesões nos membros superiores só podem iniciar as atividades após avaliação médica obrigatória com emissão de documento de liberação para o trabalho.

PROFILAXIA PRÉ-EXPOSIÇÃO NA HEPATITE B

As medidas gerais para prevenir a exposição do sangue contaminado e instrumentos cortantes foram desenvolvidas no início da década de 1970 e permanecem como base das recomendações universais que foram rigorosamente implementadas quando se reconheceu que a Aids também era uma doença transmitida pelo sangue. O ponto principal da precaução universal

é reconhecer que todo sangue, derivado do sangue ou fluido orgânico podem ser considerados potencialmente infecciosos. Uma das principais medidas para prevenir a hepatite B é a vacinação, indicada para todos os trabalhadores da área da saúde.

A vacina contra hepatite B deve ser sempre administrada pela via intramuscular, no músculo deltoide, em três doses, com intervalos de zero, um e seis meses. Para os profissionais da área da saúde que fazem assistência ou atividades laboratoriais que envolvem risco de acidentes com sangue, precisam ser sorologicamente testados para anti-HBs, após um ou dois meses terminado o esquema de vacinação, para confirmação de anticorpos protetores, considerado os títulos acima de 10 mUI/ml. Pessoas que interromperam a vacinação na primeira dose devem completar a segunda dose o mais rápido possível e a terceira após dois meses da aplicação da segunda dose. Pessoas que não responderam à vacinação podem repetir o esquema de três doses e submeter-se à avaliação sorológica após completar a terceira dose. Há chance de apresentarem títulos protetores em 30 a 50% das pessoas que anteriormente não responderam à primeira série de três doses. Indivíduos que não responderam à vacinação são considerados suscetíveis à infecção. Em caso de exposição, devem recorrer à profilaxia por gamaglobulina hiperimune específica (HBIG) preparada a partir de plasma contendo altos títulos de anti-HBs.

A triagem sorológica antes da vacinação em profissionais da saúde precisa ser avaliada em relação ao custo-benefício, que é válida dependendo das atividades que os profissionais exercem. Esta triagem tem como objetivo verificar a imunidade prévia (anti-HBs > 10 mUI/ml), evitando assim a vacinação desnecessária (MMWR, 2001).

A vacina é segura e imunogênica, apresentando uma taxa de resposta de 90 a 95% em adultos jovens imunocompetentes. Nestes, a imunidade é prolongada e não há necessidade de dose de reforço após o esquema vacinal completo.

Nos Estados Unidos, após a implementação da vacinação da hepatite B nos profissionais da saúde a partir de 1983, houve uma redução considerável na incidência de infecção. No Brasil, as medidas foram adotadas a partir de 1994, embora a cobertura vacinal varie de 40 a 80%, dependendo da categoria do profissional. Os profissionais mais conscientizados e que apresentam maiores taxas de vacinação são dentistas (81%), seguidos de médicos (69%),

enfermeiros (64%), estagiários (61%) e laboratoristas (44%) (Rapparini & Cardo, 2005).

PROFILAXIA PÓS-EXPOSIÇÃO NA HEPATITE B

Em casos de acidente, quando ocorre contato de sangue em mucosas e/ou exposição percutânea, a profilaxia indicada depende da situação vacinal e sorológica do profissional exposto e do estado do paciente-fonte em relação à hepatite B (Quadro1). Geralmente, quando o paciente-fonte apresenta o marcador HBsAg positivo ou não se sabe o seu *status* sorológico, recomenda-se a profilaxia imediata em profissionais que não têm histórico de vacinação ou desconhecem o seu *status* anti-HBs, devendo iniciar o esquema de vacinação de três doses e a HBIG específica para hepatite B, que pode ser aplicada concomitantemente com a primeira dose de vacina, desde que inoculadas em locais diferentes. Nos profissionais não respondedores que se acidentaram com material infeccioso, é indicado o uso de HBIG, cuja primeira dose deve ser administrada até 24 horas após o acidente, e a segunda após um mês. A HBIG fornece imunidade provisória e tem duração de três a seis meses. Outros esquemas de profilaxia, dependendo do *status* de paciente-fonte e do acidentado, estão disponíveis para os clínicos e profissionais da saúde no documento já citado (Brasil, 2004).

Quadro 1 - Profilaxia de hepatite B após exposição ocupacional

Situação vacinal e sorológica do profissional da saúde exposto	Paciente-Fonte		
	HBsAg positivo	HBsAg negativo	HBsAg desconhecido ou não testado
Não vacinado	HBIG + iniciar vacinação	Iniciar vacinação	Iniciar vacinação*
Com vacinação incompleta	HBIG + completar vacinação	Completar vacinação	Completar vacinação*
Previamente vacinado			
Com resposta vacinal conhecida e adequada (10mUI/mL)	Nenhuma medida específica	Nenhuma medida específica	Nenhuma medida específica
Sem resposta vacinal após a 1ª série (3 doses)	HBIG + 1 dose da vacina contra hepatite B	Iniciar nova série de vacina (3 doses)	Iniciar nova série de vacina (3 doses)**

Quadro 1 - Profilaxia de hepatite B após exposição ocupacional (continuação)

	Paciente-Fonte		
Sem resposta vacinal após a 2ª série (6 doses)	HBIG (2x)**	Nenhuma medida específica	HBIG (2x)**
Resposta vacinal desconhecida	Testar o profissional da saúde	Testar o profissional da saúde	Testar o profissional da saúde
	Se resposta vacinal adequada: nenhuma medida específica	Se resposta vacinal adequada: nenhuma medida específica	Se resposta vacinal adequada: nenhuma medida específica
	Se resposta vacinal inadequada: HBIG + 1 dose da vacina contra hepatite	Se resposta vacinal inadequada: fazer nova série de vacinação	Se resposta vacinal inadequada: fazer nova série de vacinação

* Uso associado de imunoglobulina hiperimune está indicado se o paciente-fonte tiver alto risco para infecção pelo HBV.

** HBIG (2x) = duas doses de imunoglobulina hiperimune para hepatite B com intervalo de um mês entre as doses. Esta opção deve ser indicada para aqueles não respondedores.

PROFILAXIA PÓS-EXPOSIÇÃO NA HEPATITE C

Para os profissionais da saúde que se acidentam com sangue de indivíduos positivos para hepatite C, não há recomendação para o uso de imunoglobulina ou agentes antivirais. Aconselha-se, entretanto, que o profissional acidentado faça um teste inicial e acompanhamentos posteriores para anti-HCV e transaminases durante quatro a seis meses. Importante ressaltar que a realização do teste molecular para HCV entre quatro a seis semanas pós-exposição possibilitará a identificação precoce de infecção, confirmando um quadro agudo que na maioria das vezes cursa sem sintomas.

Vários estudos na literatura vêm apresentando resultados altamente favoráveis ao uso de interferon convencional na fase aguda, mostrando que o tratamento é muito mais eficaz nesta fase quando comparada ao tratamento na fase crônica (Gerlach *et al.*, 2003). No Brasil, a tendência atual é iniciar o tratamento com interferon convencional somente 12 semanas após

o início dos sintomas quando a doença é sintomática e não ocorre o desaparecimento viral.

Na infecção assintomática, há dúvidas em relação ao tempo ideal para dar início do tratamento (MMWR, 2001; Sociedade Brasileira de Hepatologia, 2005). No momento, o questionamento maior é sobre qual o período exato para iniciar o tratamento daqueles que não apresentam sintomas.

RECOMENDAÇÕES PARA PROFISSIONAIS DA SAÚDE EXPOSTOS AO HBV E HCV

Os profissionais da saúde expostos a sangue infectado com HBV ou HCV não necessitam de precauções especiais para prevenir transmissão secundária durante o período de acompanhamento pós-exposição, mas devem evitar doar sangue, plasma, órgãos, tecidos ou sêmen. A pessoa exposta não necessita mudar os hábitos sexuais ou evitar a gravidez e aquelas que estiverem amamentando não necessitam interromper. Não existem recomendações restritas quanto às atividades de profissionais infectados com HBV ou HCV. Estes, assim como todos os outros profissionais, devem seguir as boas práticas de laboratório e de controle de infecção hospitalar, as quais incluem medidas preventivas consideradas padrão - como lavagem de mãos, uso de barreiras protetoras e cuidados no manuseio e descarte de agulhas e material contundente - de modo a evitar a ocorrência de acidentes biológicos (MMWR, 1998, 2001).

CONCLUSÃO

Os vírus das hepatites B e C, bem como o HIV são os agentes etiológicos mais importantes envolvidos nas infecções ocupacionais. A transmissão parenteral do vírus da hepatite B é considerada um sério risco para o profissional da saúde exposto a produtos biológicos, como sangue e seus derivados, sendo menor o risco de transmissão para hepatite C.

As consequências da infecção pelo vírus das hepatites B e C são variáveis. Na hepatite B, a maioria dos casos evolui para a cura; entretanto, 5 a 10% tornam-se crônicos, com progressão para cirrose e hepatocarcinoma em até 30% dos casos. Na hepatite C, o índice de cronicidade é de 55 a 80%, dos quais 20 a 30% se tornam cirróticos e, destes, 5 a 10% evoluem para hepatocarcinoma.

A prevenção e o controle da hepatite B se fazem através da vacinação segura e eficaz, sendo ideal a profilaxia pré-exposição a todos os profissionais da saúde. Porém, nos casos de profilaxia pós-exposição, além da vacinação, é recomendado o uso de HBIG. Na hepatite C, não há medida eficaz para reduzir o risco de transmissão do vírus após acidente ocupacional.

Deve-se fortalecer a disseminação contínua do conhecimento aos profissionais da saúde sobre as medidas universais de precaução em relação às infecções transmitidas por sangue, a biossegurança no ambiente de trabalho e os riscos e benefícios envolvidos com a vacinação da hepatite B, no sentido de evitar a ocorrência de acidentes biológicos.

REFERÊNCIAS

- ABE, K. & KONOMI, N. Hepatitis C virus RNA in dried serum spotted onto filter paper is stable at room temperature. *Journal of Clinical Microbiology*, 36: 3.070-3.072, 1998.
- ALTER, M. J. *et al.* The natural history of community-acquired hepatitis C in the United States: the sentinel counties chronic non-A, non-B hepatitis study team. *New England Journal of Medicine*, 327: 1.899-1.905, 1992.
- ALTER, M. J. Epidemiology of viral hepatitis and HIV co-infection. *Journal of Hepatology*, 44 (Suppl 1): S6-S9, 2006.
- ANDRE, F. Hepatitis B epidemiology in Asia, the Middle East and Africa. *Vaccine*, 18 (Suppl 1): S20-S22, 2000.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Programa Nacional de Hepatites Virais. Série A. Normas e manuais técnicos. *Hepatites Virais: o Brasil está atento*. Brasília, 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Programa Nacional de DST/Aids. Recomendações para Atendimento e Acompanhamento de Exposição Ocupacional a Material Biológico: HIV e hepatites B e C. Brasília, 2004.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Portaria n. 485*, de 11 nov. 2005. Brasília, 2005.
- BEASLEY, R. P. *et al.* Incidence of hepatitis B virus infections in preschool children in Taiwan. *Journal of Infectious Diseases*, 146: 198-204, 1982.
- BUSTER, E. K.; VAN DER EIJK, A. A. & SCHALM, S. W. Doctor to patient transmission of hepatitis B virus: implications of HBV DNA levels and potential new solutions. *Antiviral Research*, 60(2): 79-85, 2003.
- CHANDER, G. *et al.* Treatment of chronic hepatitis C: a systematic review. *Hepatology*, 36(5): S135-S144, 2002.

- CHEN, C. J.; WANG, L. Y. & YU, M. W. Epidemiology of hepatitis B virus infection in the Asia-Pacific region. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 15(suppl): E3-E6, 2000.
- CIORLIA, L. A. & ZANETTA, D. M. Hepatitis B in healthcare workers: prevalence, vaccination and relation to occupational factors. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 9(5): 384-389, 2005.
- DENES, A. E. *et al.* Hepatitis B infection in physicians: results of a nationwide seroepidemiologic survey. *The Journal of the American Medical Association*, 239: 210-212, 1978.
- DIENSTAG, J. L. & RYAN, D. M. Occupational exposure to hepatitis B virus in hospital personnel: infection or immunization? *American Journal of Epidemiology*, 115: 26-39, 1982.
- DIENSTAG, J. L. *et al.* A preliminary trial of lamivudine for chronic hepatitis B infection. *New England Journal of Medicine*, 333(25): 1.657-1.661, 1995.
- FAVERO, M. S. & BOND, W. W. Transmission and control of laboratory-acquired hepatitis infection. In: FLEMING, D. O. *et al.* (Eds.). *Laboratory Safety: principles and practice*. Washington, DC: American Society for Microbiology Press, 1995.
- GERLACH, J. T. *et al.* Acute hepatitis C: high rate of both spontaneous and treatment-induced viral clearance. *Gastroenterology*, 125: 80-88, 2003.
- HADLER, S. C. *et al.* Occupational risk of hepatitis B infections in hospital workers. *Infectious Control*, 6: 24-31, 1986.
- HADLER, S. C. Hepatitis B virus infection and health care workers. *Vaccine*, 8(suppl): 24-28, 1990.
- HOLLINGER, F. B. & LIANG, T. J. Hepatitis B virus. In: KNIPE, D. M. & HOWLEY, P. M. (Eds.). *Fields Virology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- HOU, M. C. *et al.* Heterosexual transmission as the most common route of acute hepatitis B virus infection among adults in Taiwan – the importance of extending vaccination to susceptible adults. *Journal of Infectious Disease*, 167: 938-941, 1993.
- JOSE, M. *et al.* The effect of storage at different temperatures on the stability of Hepatitis C virus RNA in plasma samples. *Biologicals*, 31(1): 1-8, 2003.
- KIYOSAWA, K.; TANAKA, E. & SODEYAMA, T. Hepatitis C virus and hepatocellular carcinoma. *Current Studies of Hematology and Blood Transfusion*, 62: 161-180, 1998.
- LAUER, G. M. & WALKER, B. D. Hepatitis C virus infection. *New England Journal of Medicine*, 345(1): 41-52, 2001.
- MAUPAS, P. & MELNICK, J. L. Hepatitis B infection and primary liver cancer. *Progress in Medical Virology*, 27: 1-5, 1981.

- MAYNARD, J. L. Hepatitis B: global importance and need for control. *Vaccine*, 8(Suppl): S18-S20; discussion S21-S23, 1990.
- MITSUMI, T. *et al.* Hepatitis C virus infection in medical personnel after needlestick accident. *Hepatology*, 16: 1.109-1.114, 1992.
- MORBIDITY MORTALITY WEEKLY REPORT. CDC *Recommendations for the Prevention and Control of Hepatitis C Virus (HCV) Infection and HCV-related Chronic Liver Disease*: n. RR-19. MMWR, 1998.
- MORBIDITY MORTALITY WEEKLY REPORT. CDC, *Updated U.S. Public Health Service Guidelines for the Management of Occupational Exposures to HBV, HCV and HIV and Recommendations for Post Exposure Prophylaxis*: n. RR-11. MMWR, 2001.
- O'GRADY, J. L.; LAKE, J. R. & HOWDLE, P. D. *Comprehensive Clinical Hepatology Viral Hepatitis B and D, Hepatitis C and G - 12.1 - 13.19*. London: Harcourt Publishers Limited, 2000.
- PAPAEVANGELOU, V. *et al.* Increased transmission of vertical hepatitis C (HCV) infection to human immunodeficiency virus (HIV)-infected infants of HIV and HCV-coinfected women. *Journal of Infectious Diseases*, 176: 1.047-1.052, 1998.
- PAWLOTSKY, J. M. Use and interpretation of virological tests for hepatitis C. *Hepatology*, 36: S65-S73, 2002.
- PIOT, P.; GOILAV, C. & KEGELS, E. Hepatitis B: transmission by sexual contact and needle sharing. *Vaccine*, 8(Suppl.): S37-S40; discussion S41-S43, 1990.
- PURO, V. *et al.* Risk of hepatitis C seroconversion after occupational exposure in health care workers. *American Journal of Infectious Control*, 23: 273-277, 1995.
- RAPPARINI, C. & CARDO, D. M. Principais doenças infecciosas diagnosticadas em profissionais de saúde. In: MASTROENI, M. F. (Org.) *Biossegurança Aplicada a Laboratórios e Serviços de Saúde*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.
- REDEKER, A. G. *et al.* Hepatitis B immune globulin as a prophylactic measure for spouses exposed to acute type B hepatitis. *New England Journal of Medicine*, 293: 1.055-1.059, 1975.
- ROBERTS, E. A. & YOUNG, I. Maternal-infant transmission of hepatitis C virus infection. *Hepatology*, 36: S106-S113, 2002.
- SEEFF, L. B. Natural history of chronic hepatitis C. *Hepatology*, 36: S35-S46, 2002.
- SHERMAN, M. Hepatocellular carcinoma: epidemiology, risk factors, and screening. *Seminars in Liver Disease*. 25: 143-154, 2005.
- SIMMONDS, P. Genetic diversity and evolution of Hepatitis C virus: 15 years on. *Journal of General Virology*, 85: 3.173-3.199, 2004.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE HEPATOLOGIA. *Consenso sobre condutas nas hepatites virais B e C*, 2005. Disponível em: <www.sbhepatologia.org.br>.

TERRAULT, N. A. Sexual activity as a risk factor for hepatitis C. *Hepatology*, 36: S99-S105, 2002.

UCHIDA, T. *et al.* Evolution of the hepatitis B virus gene during chronic infection in seven patients. *Journal of Medical Virology*, 43: 148-154, 1994.

VAN DER EIJK, A. A. *et al.* Hepatitis B virus (HBV) DNA levels and the management of HBV-infected health care workers. *Journal of Viral Hepatitis*, 3(1): 2-4, 2006.

WERNER, B. G. & GRADY, G. F. Accidental hepatitis B surface-antigen-positive inoculations: use of antigen to estimate infectivity. *Annals of Internal Medicine*, 97: 367-369, 1982.

YAO, G. B. Importance of perinatal versus horizontal transmission of hepatitis B virus infection in China. *Gut*, 38(Suppl. 2): S39-S42, 1996.

ZEUZEM, S. *et al.* Effect of interferon alpha on the dynamics of hepatitis C virus turnover in vivo. *Hepatology*, 32(2): 366-371, 1996.

A BIOLOGIA MOLECULAR E OS DESAFIOS DE BIOSSEGURANÇA

*Carlos Mazur
Ricardo Galler*

Com o agravamento dos fatores epidemiológicos mundiais, como as superpopulações humana, de animais e vegetais (domésticos e de produção), a intensificação do comércio e trânsito internacional, o desequilíbrio ambiental, doenças infecciosas emergentes e reemergentes e a evolução da tecnologia de DNA recombinante, a discussão sobre biossegurança ganhou um forte ímpeto.

Entende-se por biossegurança “a condição de segurança alcançada por um conjunto de ações destinadas a prevenir, controlar, reduzir ou eliminar os fatores de risco inerentes às atividades que possam comprometer a saúde humana, animal e vegetal, o meio ambiente” (Brasil, 2006).

Biossegurança compreende a aplicação de uma série de técnicas e equipamentos, com a finalidade de minimizar a exposição dos técnicos e do ambiente a agentes perigosos. Essencialmente, determina em que condições os agentes biológicos podem ser manipulados e contidos seguramente. Estas condições são estruturadas a partir de três fatores básicos: as técnicas e as boas práticas, os equipamentos de proteção coletivos e individuais (EPC e EPI) e a arquitetura das instalações laboratoriais (Viera & Lapa, 2006).

Para organizar de forma sistemática as medidas de biossegurança adequadas para cada situação, os microrganismos foram divididos em classes de risco, e os laboratórios ou ambientes em níveis de biossegurança, de acordo com sua estrutura e equipamentos.

As classificações de risco do organismo e dos níveis de biossegurança (NB) dos laboratórios atuam como diretrizes na definição da biossegurança necessária, porém outros fatores devem ser levados em conta. As estratégias de biossegurança na consideração dos riscos envolvidos devem incluir

diversos aspectos além destes, como a técnica em si, o laboratorista, os equipamentos e práticas complementares de descontaminação, para a minimização dos acidentes.

Apesar disso, preliminarmente, pode-se associar a classe de risco ao nível de biossegurança, para adequação inicial da estrutura do laboratório, em relação aos microrganismos trabalhados.

Neste capítulo serão abordados aspectos centrais da biologia molecular, com ênfase nos riscos associados aos organismos geneticamente modificados (OGMs), visando a contribuir para biossegurança em laboratórios dedicados a esta área.

A BIOLOGIA MOLECULAR

A biologia é a ciência que se dedica ao estudo dos organismos vivos, suas características estruturais e funcionais, crescimento, origem, evolução e distribuição, baseada, originalmente, na observação direta e em experimentos simples.

Com o advento da microscopia ótica e, posteriormente, dos métodos bioquímicos de fracionamento e purificação de moléculas orgânicas foram desenvolvidos procedimentos capazes de estudar as organizações biológicas no nível celular e molecular. Neste sentido, pode-se considerar o advento da biologia molecular como uma consequência natural da evolução das técnicas biológicas.

De maneira geral, a biologia molecular estuda as macromoléculas e seus mecanismos funcionais, podendo ser definida como o ramo da biologia que lida com os fenômenos celulares, através do estudo do DNA, RNA, proteínas e outras macromoléculas envolvidas na genética e função celular. Para esta finalidade, os pesquisadores utilizam técnicas e instrumentos sofisticados de separação, manipulação, visualização e análise molecular.

Os principais objetos de interesse da biologia molecular são a biossíntese, estrutura e funções das macromoléculas essenciais à vida, como os ácidos nucleicos e proteínas, e seu papel na replicação e transmissão da informação genética, bem como a estrutura e função dos genes.

Breve Histórico

Uma compreensão mais abrangente do conceito e evolução da biologia molecular pode ser obtida a partir de uma visão histórica, observando-se a convergência dos esforços de geneticistas, físicos e químicos estruturais unidos na busca por uma resposta sobre a estrutura e função do gene.

No início do século XX, embora ainda incipiente, a genética deu passos largos com as contribuições de Mendel, do grupo de Morgan (1926), que desenvolveu os primeiros modelos com *Drosophila*, e Muller (1926), que reconheceu o gene como a base da vida e começou a pesquisar sua estrutura, entre outros. Em 1938, percebendo a importância desta nova abordagem física e química da biologia, Warren Weaver, então diretor da Fundação Rockefeller, introduziu o termo biologia molecular.

Em um notável episódio, Francis Crick (Nobel em 1962) explicou por que começou a se intitular um biólogo molecular:

Fui forçado a me chamar de biólogo molecular quando um clérigo insistente me perguntou o que eu fazia e fiquei cansado de explicar que eu era uma mistura de cristalógrafo, biofísico, bioquímico e geneticista, uma explanação que em todo caso ele achou difícil de compreender e aceitar. (Stent, 1969)

Linus Pauling (Nobel em química em 1954) utilizou seus conhecimentos em química estrutural para estudar a estrutura das macromoléculas em trabalho teóricos e experimentais (Pauling, 1939) e se interessou, ao contrário de outros bioquímicos, pela investigação de forças de ligação não covalentes, como pontes de hidrogênio.

Posteriormente, descobriu-se que estas ligações fracas têm grande importância na estrutura e funcionalidade das proteínas e ácidos nucleicos (Crick, 1996). O laboratório de Pauling, no reconhecido California Institute of Technology, também fez uso da cristalografia de Raios X, aperfeiçoando o método de obtenção de imagens moleculares únicas. Suas pesquisas levaram à descoberta de estruturas proteicas, como alfa hélices, e se dirigiram para a estrutura do DNA (Pauling & Corey, 1950).

A biologia molecular foi vista como produto do encontro da bioquímica com a genética, que vinham seguindo trajetórias historicamente distintas, embora estudando estruturas e mecanismos semelhantes, na mesma escala de tamanho, como a síntese proteica. A bioquímica se interessava pelo metabolismo, ao passo que a biologia molecular investigava a reprodução. Ao

considerar as questões centrais da biologia molecular sobre o material genético, o principal foco da bioquímica eram as enzimas e as proteínas.

Atribuído a Gregor Mendel (Figura 1), o conceito dos genes como elementos responsáveis pela transmissão das características hereditárias era apenas teórico e antecedeu a biologia molecular e o conhecimento de sua natureza bioquímica. Pensava-se que os genes, tema geralmente de pouco interesse para os bioquímicos, eram possivelmente proteínas, devido à sua grande versatilidade estrutural e funcional, até as evidências a favor do DNA emergirem nas décadas de 1940 e 1950.

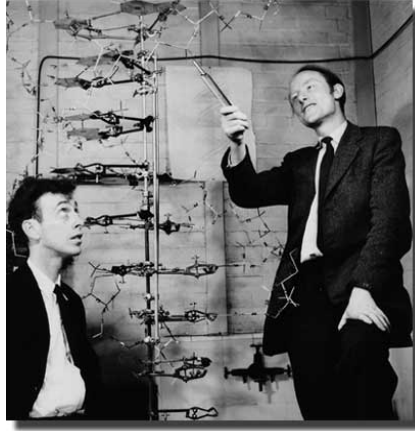
Antes de 1953, o DNA permaneceu relegado ao segundo plano nos textos de bioquímica. A descoberta dos aminoácidos como precursores das proteínas é considerada uma das maiores contribuições da bioquímica do início do século XX. Após a descoberta da estrutura do DNA por Watson e Crick (Figura 2), em 1953, trabalho que lhes rendeu o prêmio Nobel de fisiologia e medicina de 1962, dividido com Maurice Wilkins, a bioquímica apresentou ênfase crescente em ácidos nucleicos.

Figura 1 – Gregor Mendel



Fonte: <http://history.nih.gov/exhibits/nirenberg/popup_01_mendel.htm>.

Figura 2 – James Watson, à esquerda, Francis Crick e seu modelo de estrutura do DNA, à direita



Fonte: <<http://mooni.fccj.org/~ethall/dna/dna.htm>>.

A TECNOLOGIA DE DNA RECOMBINANTE

Um dos pontos culminantes dos avanços promovidos pelo desenvolvimento da biologia molecular é a tecnologia de DNA recombinante. Também conhecida como engenharia genética, consiste no preparo *in vitro* de DNA recombinante, derivado de corte, modificação (eventual) e ligação de fragmentos de DNA de origens distintas. A aplicação dessa tecnologia resultou no desenvolvimento de OGMs para usos comerciais e industriais.

Esta revolução técnico-científica deu origem a um novo ramo: a biotecnologia, caracterizada pela utilização de OGMs para fins práticos. O crescente interesse científico e econômico na produção de proteínas com a utilização da tecnologia do DNA recombinante tem como marcos a síntese de insulina humana em *Escherichia coli* e a obtenção de plantas transgênicas, como soja, milho e algodão, mais resistentes a pragas.

A tecnologia de DNA recombinante trouxe o desenvolvimento de métodos eficazes para isolamento (seleção) de sequências de DNA específicas, a partir do genoma completo de células, e possibilitou a análise da estrutura do DNA selecionado, através de enzimas de restrição e sequenciamento nucleotídico. Pela comparação da estrutura primária da proteína ou RNA mensageiro com aquela sequência do DNA genômico, análises de sequências

codificadoras e de outros elementos gênicos podem ser empreendidas com *softwares* especializados.

Associando-se a análise da expressão gênica *in vitro* pela introdução do gene exógeno (heterólogo) em células com a mutagênese do DNA recombinante *in vitro*, é possível obter informações sobre regiões importantes para o controle da expressão da informação genética, bem como da relação de estrutura e função das diversas proteínas. Dessa forma, a modificação (mutagênese sítio dirigida) de um gene, ou elemento gênico, e a sua introdução em células podem fornecer informações sobre a funcionalidade da região do DNA intencionalmente alterado.

A expressão de proteínas, como hormônios ou outras moléculas biológicas importantes para ciência, medicina e indústrias associadas, deu à biotecnologia uma nova dimensão. Essas moléculas eram produzidas por meios convencionais a um alto custo e em estado relativamente impuro.

São vários exemplos, como no caso dos hormônios humanos, o de crescimento e o interferon. Com a utilização (clonagem) dos genes codificadores dessas proteínas, de forma a permitir a sua expressão, é possível obter grandes quantidades de moléculas biologicamente ativas, a baixo custo e pureza superior.

Investigações direcionadas para obtenção de novos produtos biotecnológicos indicam notáveis possibilidades. Na medicina, podem-se apontar as vacinas produzidas com tecnologia de DNA recombinante; a geneterapia para o combate das deficiências genéticas com a introdução ainda no útero, ou na fase adulta, de genes cuja atividade complementa aquela do gene defeituoso; e a síntese de proteínas antigênicas utilizadas para diagnósticos sorológicos.

Também no campo da agricultura podem-se exemplificar o desenvolvimento de variedades vegetais resistentes a pragas, com maior produtividade por metro quadrado; o controle biológico de parasitas de culturas; o aperfeiçoamento de animais e plantas transgênicas (com genes exógenos implantados) para produção de substâncias específicas, crescimento e produtividade acelerados, resistência às infecções e adaptação a bioclimas não naturais da espécie.

A partir do aperfeiçoamento das técnicas de inserção ou silenciamento de genes, as possibilidades de alterar as características orgânicas de um

determinado organismo encontram-se em expansão. Com a tecnologia de DNA recombinante, o biólogo molecular não precisa mais encarar as formas vivas como produtos finais da evolução e pode participar ativamente neste processo. As implicações dessa mudança de ponto de vista deverão trazer, nas próximas décadas, um grande impacto tecnológico em várias áreas de desenvolvimento.

OS OGMs E SEUS RISCOS

O desenvolvimento da tecnologia de DNA recombinante possibilitou a obtenção, pela primeira vez na história da vida na Terra, de organismos com características genéticas artificiais e não derivadas da evolução natural.

O processo evolutivo ocorre, geralmente, de forma lenta e gradual permitindo a criação, adaptação e integração de ecossistemas ao longo das eras, o que proporciona uma organização natural, mas bastante complexa, entre os seres vivos, na cadeia alimentar e no ambiente.

Em se tratando de OGMs, a seleção natural foi substituída pela tecnologia e interesses humanos. A liberação acidental de OGMs poderia afetar a estrutura dos ecossistemas, com graves consequências. Derivados de OGMs, como proteínas recombinantes, também podem ter efeitos adversos por se tratarem de eventos novos na natureza. Devem ser testadas em regime de contenção para eventuais efeitos nocivos, como alergenicidade, toxicidade e estabilidade no ambiente.

Processos naturais de transferência de materiais genéticos, como o sexo, a transdução (bacteriófagos carregando DNA entre bactérias), transformação e reativação genética entre bactérias e outras formas de fluxo gênico são característicos do DNA e propiciaram a atual biodiversidade. Livre de células, o DNA também pode se tornar uma parte funcional destes sistemas celulares. Embora alguns processos de migração de DNA entre as espécies possam ser improváveis, sua grande estabilidade físico-química aumenta sua permanência no ambiente, favorecendo a transferência e incorporação celular.

Nas práticas biomoleculares, particularmente, vetores de DNA usados nas técnicas de construção de moléculas recombinantes, como genoma de vírus e plasmídeos bacterianos, podem transferir material genético de forma indesejada para procariontos e eucariontos do ambiente.

Organismos patogênicos recombinantes, geralmente construídos para o desenvolvimento de reagentes de diagnóstico (antígenos) ou vacinas,

representam sérios riscos de biossegurança. Estes fatores, entre outros, devem ser considerados pelo pesquisador na realização da técnica e na adequação dos equipamentos e da estrutura do laboratório.

A particularidade dos aspectos de biossegurança envolvidos com a prática da biologia molecular, geralmente, se refere à utilização da tecnologia de DNA recombinante para obtenção de OGMs, peculiar destes laboratórios. Ao escapar de laboratórios ou áreas de reprodução ou cultivos determinadas, alguns OGMs podem oferecer riscos à saúde humana, animal, vegetal e ao meio ambiente.

Em função desses riscos, uma série de normas e equipamentos deve ser adotada em consonância com a regulamentação legal que rege tais práticas. Diversos países, incluindo o Brasil, têm órgãos públicos criados especificamente para legislar e fiscalizar as atividades com OGMs.

Para o melhor acesso aos aspectos de biossegurança envolvidos com a prática da biologia molecular na obtenção de OGMs, é necessário compreender alguns conceitos e aspectos.

Gene

Afinal, o que são os genes? Originalmente em 1865, Mendel imaginou que características individuais eram determinadas por fatores discretos conhecidos como genes, que eram herdados dos pais. Tratava-se então de um conceito hipotético e teórico, que, em função da sua origem filosófica e histórica, vem causando muita controvérsia. Apenas com o advento da biologia molecular, os genes passaram a ser considerados como segmentos contínuos de DNA, definidos por sequências nucleotídicas específicas.

O termo gene pode ser conceituado como unidade hereditária que ocupa um local (*locus*) específico em um cromossomo e tem uma sequência de DNA determinada e característica para cada organismo. Um gene sofre mutação quando sua sequência de nucleotídeos é alterada. De maneira simplista, pode-se considerar que um gene é um segmento de DNA que está especificamente envolvido na produção de uma cadeia polipeptídica.

Clonagem Molecular

O termo ‘clonar’, originado na bacteriologia, significa obter uma população geneticamente idêntica de células ou de organismos multicelulares. Por inferência, a ‘clonagem molecular’ representa a obtenção de uma coleção

de moléculas de DNA ou genes, com a mesma sequência nucleotídica. Para ser 'clonado', o fragmento de DNA deve ser cortado, eventualmente modificado, religado e multiplicado (amplificado) em várias cópias, utilizando-se sistemas biológicos, como bactérias, ou artificialmente.

Alcançado apenas em 1972 (Jackson, Robert & Berg – genoma do *Simian Virus 40* – em plasmídeo), o procedimento de clonagem de DNA apresenta quatro etapas essenciais: o método para gerar fragmentos de DNA por clivagens; a reação de ligação do DNA heterólogo (inserto) com o DNA do vetor; a introdução do DNA recombinante na célula hospedeira, na qual ele será amplificado, e o método de seleção, para identificação dos clones de células recombinantes obtidos em meio aos não recombinantes.

Antes de iniciar um experimento de clonagem, é necessário considerar o tipo de DNA a ser clonado: DNA complementar (DNA obtido a partir a transcrição reversa de uma fita de RNA mensageiro) ou genômico.

Enzimas de Restrição

O primeiro passo fundamental para o desenvolvimento das técnicas de clonagem molecular foi a descoberta das enzimas de restrição. Enzimas de restrição são endonucleases que reconhecem e clivam (cortam) precisamente sequências nucleotídicas específicas que definem seus sítios de restrição particulares em moléculas de DNA.

Identificadas apenas na década de 1970 no citoplasma de *E. coli*, onde atuam restringindo a ação de bacteriófagos (vírus de bactérias) através da clivagem e conseqüente inativação do genoma viral, as enzimas de restrição foram rapidamente identificadas como bisturis moleculares, devido à precisão do seu corte.

As enzimas de restrição reconhecem seus sítios de restrição no DNA de fita dupla e clivam cada uma das fitas nestes locais específicos. Isto indica que a cadeia de DNA pode ser seccionada de forma sistemática, ou seja, todas as vezes que for clivada por uma determinada enzima produzirá os mesmos fragmentos.

Atualmente, existe uma estimativa de, pelo menos, novecentos tipos de endonucleases de restrição para se escolher, fornecendo à tecnologia de DNA recombinante uma bateria de instrumentos precisos.

O delineamento da estratégia de clonagem se inicia na escolha das enzimas de restrição, as quais determinam os fragmentos de DNA que serão ligados ao vetor escolhido.

Ligases

DNA ligases são uma família de proteínas evolutivamente relacionadas que participam na replicação, reparo e recombinação de DNA. Nestas atividades, as DNA ligases são capazes de catalisar a ligação fosfodiéster entre os desoxirribonucleotídeos da cadeia de DNA, com dependência de energia, na forma de ATP.

Após a clivagem com enzimas de restrição, o DNA ensejado (inserto) pode ser unido a um vetor de clonagem com a ação de ligases. Como exemplo, a ligase derivada do bacteriófago T4 vem sendo amplamente utilizada na ligação de fragmentos de DNA.

Vetores de Clonagem

Também conhecidos como veículos de DNA, os vetores de clonagem foram baseados inicialmente em plasmídeos bacterianos e bacteriófagos e, mais recentemente, em vírus eucarióticos, genomas bacterianos (*bacterial artificial chromosomes* – BACs) e fungos (*yeast artificial chromosomes* – YACS).

Os plasmídeos bacterianos são moléculas de DNA, fita dupla circular, extracromossômicas, que são replicadas pelas mesmas enzimas celulares responsáveis pela replicação do DNA genômico.

Entre outros fatores, a escolha do vetor é baseada no tamanho do fragmento a ser clonado, no método de seleção a ser empregado e na finalidade da clonagem.

A partir da ligação do inserto de DNA a um destes vetores, pode-se introduzir o conjunto recombinado (DNA recombinante) em um sistema biológico (bacteriófago, bactérias, leveduras ou células eucarióticas) que, por sua vez, promoverá sua multiplicação, completando o processo de clonagem.

Um vetor de clonagem deve ter três características indispensáveis: uma origem de replicação, sem a qual a célula hospedeira não replicará o DNA, um marcador seletivo para facilitar a identificação das células recombinantes (com o DNA recombinante) e um pequeno segmento caracterizado pela presença de diversos sítios de restrição, para o corte e a inserção de DNA.

Vetores de clonagem podem ser utilizados apenas para multiplicação de fragmentos de DNA e para utilização em análises posteriores, como o sequenciamento nucleotídico. Porém, vetores construídos com os elementos gênicos necessários, como as regiões promotoras, quando inseridos com um gene, podem ser introduzidos em sistemas biológicos que traduzirão (expressarão) a proteína codificada por este. Nesta circunstância, tem-se um vetor de expressão molecular, e os sistemas biológicos empregados são conhecidos como sistemas de expressão molecular.

Introdução do DNA Recombinante na Célula Hospedeira

Para introdução do vetor de clonagem recombinante em sistemas biológicos foram desenvolvidas técnicas de alta eficiência, a partir das quais o DNA pode ser clonado e, eventualmente, expressado em proteínas, através do metabolismo destas.

Tais técnicas dependem da célula hospedeira utilizada, que receberá o DNA recombinante. O processo de introdução de DNA em bactéria é conhecido como transformação e, em células eucarióticas, como transfecção. Equipamentos de ar comprimido (*shot gun*) podem ser utilizados para introdução de DNA em animais e vegetais.

De maneira geral, para introdução do DNA recombinante, as células hospedeiras sofrem previamente um tratamento específico, e o DNA recombinante, na forma circular, é inserido por um rápido choque térmico ou elétrico (eletroporação).

Métodos de Seleção

Uma vez proporcionadas as condições necessárias para recombinação do DNA, através da ligação do vetor com a sequência de DNA a ser inserida, é possível que a reação origine moléculas com estruturas indesejadas. Por exemplo, a recircularização de um vetor de clonagem de DNA circular, como um plasmídeo bacteriano. Desse modo, são necessárias técnicas de detecção das sequências específicas que estão sendo clonadas. O peso molecular maior do vetor recombinante ou marcadores seletivos podem ser utilizados.

O processo de inserção também pode originar centenas de clones da célula usada para amplificação e/ou expressão molecular. A partir dessa etapa, torna-se necessária a identificação dos clones celulares que carregam o DNA recombinante desejado, em meio aos clones apenas com o vetor

não recombinante, que religou suas extremidades (recircularizado). Este procedimento depende da estratégia de clonagem adotada. Por exemplo, quando o DNA complementar derivado de um RNA mensageiro abundante deve ser clonado, o método é relativamente simples, somente um pequeno número de clones precisa ser selecionado. Porém, isolar particularmente uma sequência genética de cópia única de uma biblioteca genômica de mamífero requer técnicas de seleção entre centenas de milhares de clones. Nesse sentido, todos os vetores moleculares úteis carregam marcadores genéticos seletivos, que possibilitarão o procedimento de seleção.

Plasmídeos carregam resistência a antibióticos ou marcadores nutricionais, ao passo que nos fagos a formação de lise bacteriana (placas de lise) já é uma propriedade seletiva. A seleção pela presença do vetor é pré-requisito para se obter o clone com o vetor recombinante. A inativação gênica por inserção de um gene marcador de resistência a drogas ou de um gene como o da galactosidase, para o qual existe uma reação cromógena comprovando a ação enzimática, é exemplo de formas de seleção.

No caso de sequências gênicas inseridas em vetores de expressão, a base da seleção pode ser a expressão da proteína heteróloga, representando um método simples de identificação dos clones contendo o gene exógeno. Os métodos imunológicos de detecção de clones que sintetizam proteínas heterólogas têm sido bem-sucedidos nos casos em que a sequência de um gene inserido é expressa. Uma vantagem desse processo é que genes que não conferem nenhuma propriedade seletiva ao hospedeiro podem ser detectados, embora isto requeira a disponibilidade do anticorpo específico para a proteína heteróloga expressada.

Outros métodos de detecção de recombinantes que empregam hibridização molecular com DNA isolado e purificado a partir de células transformadas (inseridas) também têm sido aplicados. Neste caso, utiliza-se um segmento de fita simples de DNA marcado radioativamente (sondas moleculares), com sequência nucleotídica reversa complementar em relação a uma das fitas do DNA clonado que se está pesquisando.

A hibridização foi aperfeiçoada a partir do método desenvolvido por Grunstein e Hogness (1975), que desenvolveram um procedimento de seleção para detectar sequências de DNA em colônias de células transformadas, através de hibridização molecular em suporte sólido com moléculas de DNA radioativas. Este processo pode determinar rapidamente as colônias de clones bacterianos, entre centenas ou milhares, que contêm a sequência desejada.

Sistemas de Expressão Molecular

Sistemas de expressão molecular, como já mencionado, são células que podem expressar em peptídeos a informação genética de um gene inserido em um vetor de expressão molecular, após sua introdução nestas. Devido à sua simplicidade, bactérias foram os primeiros sistemas de expressão utilizados.

Entretanto, as pesquisas mostraram as limitações dos procariotos como sistemas de expressão molecular, uma vez que o processamento das proteínas, após sua tradução, é limitado. Modificações como glicosilação, miristilação, liposilação, entre outras, importantes na atividade biológica de proteínas, necessitam um sistema eucariótico competente, mais sofisticado bioquimicamente. De maneira que, como etapa natural no desenvolvimento das pesquisas, vetores de expressão molecular em eucariotos foram desenvolvidos.

Vírus eucarióticos têm sua biologia parasitária adaptada ao metabolismo das células superiores. Logo, introduzindo-se modificações necessárias, podem ser utilizados como vetores. Os baculovírus e o vírus vaccínia foram os principais exemplos bem-sucedidos dessa linha de desenvolvimento experimental.

Os baculovírus são vírus de lepidópteros, cujo estudo do ciclo biológico mostrou características interessantes para a biologia molecular. O vírus apresenta um gene que expressa uma proteína, chamada poliedrina, em grandes quantidades, e não é essencial para sua replicação, embora importante para sua manutenção na natureza. Com a inserção de genes heterólogos em substituição deste gene, é possível obter elevados níveis de síntese proteica, a partir da infecção do vírus recombinante na cultura de células de inseto ou na larva do bicho-da-seda.

O vírus vaccínia foi utilizado como amostra vacinal para erradicação mundial da varíola humana, em função da sua imunogenicidade cruzada com este vírus patogênico e sua baixa patogenicidade. Em algumas das suas variantes, o código genético completo foi determinado, tratando-se, portanto, de um vírus profundamente estudado e há décadas de baixo impacto epidemiológico na população humana.

Genes como da timidina cinase têm sido utilizados para inserção de genes heterólogos, ou seja, oriundos de outras espécies. Proteínas recombinantes podem ser expressas em vários tipos de cultura de células ou diretamente em hospedeiros animais, o que pode ser de interesse no caso de imunógenos. Nesse sentido, além desses sistemas de expressão convencionais (culturas

de células eucarióticas, de bactérias ou leveduras), vetores recombinantes de expressão molecular podem funcionar diretamente em organismos superiores inoculados.

Vetores que possibilitam a inserção de DNA heterólogo no genoma de diversas plantas também foram construídos (plasmídeos Ti). Esta tecnologia abriu uma gama muito ampla de pesquisas sobre a obtenção de estirpes vegetais, inclusive de interesse comercial.

Biblioteca Genômica

Uma biblioteca genômica é o produto da clonagem simultânea de um genoma completo, clivado por enzimas de restrição, sendo, portanto, uma coleção de clones que representa a informação genética, possibilitando a localização e o estudo de genes de interesse e, se for de interesse, o seu sequenciamento nucleotídico completo.

O genoma de DNA de um dos vírus mais estudados, o vírus SV 40 dos símios, tem somente 5.243 pares de bases (Jackson, Robert & Berg, 1972), onde estão configurados cinco genes. Este DNA viral, devido à sua simplicidade, tornou possível, após a sua purificação, o estudo dos aspectos estruturais dos genes, da transcrição e do processamento do RNA mensageiro, incluindo a síntese de proteína.

PCR

Quando o objetivo for apenas a obtenção de grandes quantidades de fragmentos de DNA para análises como o sequenciamento nucleotídico ou inserção posterior em um vetor de expressão, a amplificação é normalmente efetuada por *polymerase chain reaction* (PCR) que oferece maior praticidade e eficiência do que a amplificação biológica.

A técnica de PCR corresponde a uma replicação de DNA *in vitro*. Para a reação de síntese, são adicionados a uma solução tamponada do DNA, com uma região-alvo para multiplicação, desoxirribonucleotídeos trifosfatados, uma DNA polimerase dependente de DNA fita dupla, geralmente a *Thermus aquaticus* (TAQ) polimerase, e um par de oligonucleotídeos com 20-25 nucleotídeos, cada um com uma sequência reversa complementar a uma das extremidades da região-alvo. É necessária a utilização de um termociclador com um ciclo térmico programado, por exemplo, 95°C por 30 segundos, 55°C por 30 segundos e 72°C por 60 segundos, que se repetirá por 30 a 40 vezes. O

DNA na mistura submetido aos ciclos térmicos sofre desnaturação (separação da dupla fita) a 95°C, anelamento (pareamento complementar dos oligos às extremidades da região-alvo) a 55°C e polimerização (produção da fita cópia pareada à fita modelo) a 72°C.

Cada ciclo térmico, em condições otimizadas, dobra o número de fragmentos de DNA, produzidos no ciclo anterior configurando uma amplificação exponencial da região-alvo. Com a conclusão dos ciclos térmicos, a amplificação poderá ser verificada por eletroforese, espectrofotometria UV (absorvância a 280 nm) ou de forma enzimática (Elisa *like* PCR).

Sequenciamento Nucleotídico

O termo refere-se à determinação da sequência nucleotídica do DNA, a partir da qual sequências de aminoácidos são deduzidas e diferentes genes são identificados. No caso do vírus símio SV40, o objetivo foi estabelecer a sequência nucleotídica genômica completa, publicada em 1978, buscando-se determinar as sequências de suas proteínas.

Nos dias de hoje, o desenvolvimento dos métodos de sequenciamento nucleotídico semiautomatizados permitiu abordagens mais complexas, como o sequenciamento do genoma completo de diversos organismos, como de levedura, helmintos, insetos e do homem.

No caso do genoma humano foram estimados cerca de 24,5 mil genes (Pennisi, 2003), enquanto um pequeno nematoide, *Caenorhabditis elegans*, possui aproximadamente 20 mil (Claverie, 2001), a bactéria *E. coli* 4,5 mil e os vírus apresentam de 3 a 200 genes.

A BIOSSEGURANÇA NA BIOLOGIA MOLECULAR

De maneira geral, a primeira etapa das análises moleculares pressupõe a obtenção das moléculas de interesse que podem já estar disponíveis, serem adquiridas de outros laboratórios ou no comércio ou ainda extraídas de organismos, como células animais ou vegetais, protozoários, bactérias, fungos e vírus, no laboratório.

Em laboratórios de biologia molecular, que devido ao seu caráter intrínseco se dedicam ao estudo do DNA, RNA e proteínas, recomenda-se que os organismos usados como fontes (doadores) dessas moléculas não sejam introduzidos vivos, por questões de praticidade, infraestrutura e biossegurança.

Estes devem ser criados ou cultivados em espaços apropriados, como biotérios, infectórios, casas de vegetação, laboratórios de microbiologia e cultura de células ou ainda coletados do ambiente exterior. A introdução apenas das moléculas de interesse no laboratório, extraídas previamente, favorece a biossegurança.

Os microrganismos utilizados para a amplificação e/ou expressão, como bactérias, leveduras e vírus recombinantes, considerados ferramentas imprescindíveis, são preservados e cultivados em laboratórios, a partir de equipamentos e procedimentos específicos.

Neste contexto, os principais riscos à biossegurança nos laboratórios de biologia molecular não são os agentes biológicos patogênicos e sim os OGMs através de práticas de manipulação de DNA, como mutações, deleções, inserções, e seus derivados (proteínas recombinantes). Por estes motivos, os OGMs podem ser vistos como a principal preocupação de biossegurança em laboratórios.

Cuidados Gerais nos Laboratórios de Biologia Molecular

De maneira geral, os cuidados de biossegurança nos laboratórios de biologia molecular começam na adequação das roupas dos técnicos, sejam pesquisadores, pós-graduandos e estagiários ou auxiliares. Jalecos descartáveis ou de algodão, com mangas longas, cobrindo até os joelhos, calças compridas e calçados fechados de uso restrito ao laboratório são essenciais.

Acessórios como brincos, anéis e relógios devem ser evitados, bem como o uso de telefones celulares. Nenhum procedimento deve ser realizado sem luvas e, dependendo do nível de biossegurança do laboratório, toucas para cabelos e pro-pés são obrigatórios.

A remoção dos jalecos, luvas e pro-pés é obrigatória na saída, mesmo momentânea, do laboratório. Ao término das técnicas e da reorganização dos equipamentos e reagentes, é necessário remover as luvas, evitando-se o contato com maçanetas e outros equipamentos.

Os frascos, recipientes e tubos com DNA recombinante e OGMs só poderão ser abertos em capelas de fluxo certificadas, que serão descontaminadas por irradiação com luz UV, após o manuseio. Na substituição, os filtros precisam ser incinerados.

Todos os materiais como pipetas, ponteiros e tubos, após o uso, deverão ser descartados em hipoclorito de sódio renovado diariamente, a 1%, pelo

menos, permanecendo por, no mínimo, 12 horas, até o seu descarte final. É importante que estes materiais sejam completamente imersos no desinfetante. Pulverizadores com álcool a 70% devem ser disponibilizados e utilizados sobre as superfícies de trabalho, frascos e alguns equipamentos, antes e depois do uso.

Líquidos ricos em proteínas, como leite e sangue, podem ser descartados em recipientes separados com desinfetante, observando-se a adequação dos volumes praticados. Materiais orgânicos sólidos, como tecidos animais ou precipitados de células, devem ser autoclavados e depositados em sacos plásticos, os quais são selados previamente e levados ao lixo de biológicos para incineração. Nesse sentido, o lixo é classificado em perfurocortante, biológico e regular.

Em relação aos principais equipamentos e características, o laboratório deve dispor de capelas de fluxo laminar certificadas, capela de exaustão de gases e sistema de descontaminação por UV para micropipetas. Deve também ter uma sala reservada para o manuseio de OGMs vivos ou ativos com capela de fluxo laminar vertical. Todos os materiais, reagentes e equipamentos necessários devem ser organizados no local, antes da realização das técnicas. Sob hipótese alguma, os OGMs podem ser transportados para fora do laboratório, sem a devida autorização do técnico responsável.

É necessário que os técnicos sejam experientes em técnicas microbiológicas de manipulação de microrganismos, com ênfase nos aspectos de assepsia, antissepsia e descontaminação de agentes biológicos.

Cuidados Práticos de Biossegurança nas Técnicas para Produção de OGMs

Extração de ácidos nucleicos

Para obtenção dos genes de interesse, pode ser necessária a construção de uma biblioteca genômica e a seleção posterior do clone recombinante com o gene-alvo.

Em outros casos, como na obtenção de genes de genomas completamente sequenciados (por exemplo, vírus vaccínia), a extração dos ácidos nucleicos, seguida de uma estratégia de clivagem enzimática do gene-alvo para clonagem pode ser suficiente. Por vezes também, o gene de interesse pode ser obtido já clonado em um veículo de DNA, por outros pesquisadores. De qualquer

forma, procedimentos de extração e purificação de ácidos nucleicos são frequentemente realizados.

Para este objetivo, reagentes com solventes orgânicos (álcool, fenol, clorofórmio) devem ser concentrados em capela com exaustão de gases, onde a técnica deve ser efetuada. Os resíduos gerados precisam ter recipientes próprios, vedáveis e resistentes aos produtos acumulados para descarte posterior. Tais recipientes devem ser recolhidos por empresa especializada ou órgão da própria instituição para neutralização química ou reciclagem. Na utilização de sistemas comerciais de extração, como colunas de adsorção de DNA, os materiais deverão ser autoclavados ou depositados no lixo biológico para incineração posterior.

Eletroforese

A eletroforese é utilizada com frequência para monitorar os fragmentos de DNA processados ao longo das técnicas. A utilização do brometo de etídeo, agente intercalante de DNA/RNA, é necessária para visualização por transiluminação UV de géis de agarose, após a eletroforese.

Devido à sua interação do DNA/RNA, o produto é oncogênico. O brometo de etídeo pode ser acrescentado no gel ou no tampão de eletroforese ou ainda em outro recipiente para coloração do gel, após a eletroforese. Embora gere mais consumo de tempo, o último procedimento contamina apenas um recipiente utilizado, e o gel pode ser descontaminado por enxágues sucessivos em recipientes com água.

De qualquer forma, é necessário que todos os materiais que entrem em contato com o brometo de etídeo sejam descontaminados cuidadosamente, e a manipulação do gel utilize espátulas exclusivas. A visualização do gel de agarose em transiluminador UV deve ser realizada com extremo cuidado, pois o equipamento poderá provocar lesões de pele e nos olhos. É obrigatório o uso de óculos (protetor facial), além da proteção da tampa acrílica do aparelho.

Para o preparo de géis de poliacrilamida, que oferecem maior resolução no fracionamento por peso molecular, a manipulação do reagente em pó deverá ser realizada com máscara na capela de exaustão. Após a obtenção da imagem das bandas nos géis, o descarte deverá ser feito em recipiente próprio para incineração ou após autoclavagem.

Ligação

A partir da etapa de ligação do gene ou fragmento de DNA desejado ao vetor escolhido, moléculas de DNA recombinantes podem ser liberadas no ambiente. Todos os tubos, ponteiras e pipetas utilizados devem ser descartados em recipiente com hipoclorito de sódio a 1% para inativação. Concluído o processo, o tubo com a mistura de ligação deve ser aberto apenas em capelas de fluxo laminar, evitando-se sempre a formação de aerossóis e a contaminação das luvas na abertura dos tubos.

Introdução do DNA recombinante no sistema de expressão celular

Neste momento, moléculas do vetor recircularizado (em caso de plasmídeo) e vetor recombinante devem ser introduzidos em células competentes para amplificação e/ou expressão da proteína recombinante. Para iniciar esta etapa, é necessário adicionar uma alíquota da mistura de ligação às células sensibilizadas para incorporação de DNA circular. Após a técnica (eletroporação ou choque térmico), as células competentes recombinantes e as não transformadas devem ser cultivadas em meio sólido. Logo, capelas de fluxo são indispensáveis, com os cuidados microbiológicos cabíveis.

Seleção de clones recombinantes

A seleção dos clones celulares com o vetor recombinante desejado implica a manipulação dos OGMs produzidos. Placas de Petri com colônias bacterianas transformadas com DNA plasmidial ou de fagos recombinantes, culturas de células transfectadas com DNA viral recombinante ou outros sistemas biológicos devem ser manuseados em capelas de fluxo com o máximo rigor.

É importante a introdução prévia dos materiais, equipamentos e reagentes, pulverizados com álcool 70% quando possível, na capela a fim de evitar a remoção das mãos do equipamento antes da conclusão dos procedimentos, minimizando a perturbação da lâmina de ar esterilizado. Antes da remoção dos mesmos da capela, ao fim dos trabalhos, é preciso fazer novas pulverizações. A descontaminação dos acessórios é feita em recipientes com desinfetante exclusivos, nos quais permanecerão por pelo menos 12 horas antes do descarte final. Os recipientes com os sistemas biológicos, como placas de cultura de células ou bactérias, deverão ser selados cuidadosamente com parafilme e, no caso de descarte, autoclavados e depositados no lixo biológico.

CONCLUSÃO

As boas práticas no laboratório de biologia molecular são essenciais para proteção dos técnicos e, principalmente, para se evitar o escape de OGMs. Porém, a descrição detalhada de pormenores práticos na realização das técnicas pode ser pouco interessante e cansativa para os interessados, mas deve ser ministrada na formação técnico-científica teórica e, especialmente, prática dos mesmos. O processo educativo só se completará na orientação e supervisão cotidianas no laboratório.

A formação científica, o conhecimento dos aspectos moleculares e a vivência adquirida e atualizada ao longo dos anos em laboratórios possibilitam ao técnico responsável e principal determinar os cuidados necessários na sua realidade local, que devem ser transferidos pedagogicamente à sua equipe. Recomenda-se também que as equipes realizem discussões regulares sobre aspectos locais de biossegurança e seus problemas práticos.

As Comissões Internas de Biossegurança em OGMs (CIBios) devem promover eventos de formação e treinamento e também atuar como órgãos de consulta e supervisão dos laboratórios, devendo ser apoiadas pela administração superior. Cabe também às CIBios a orientação jurídica, principalmente, no tocante à Lei de Biossegurança Nacional, referente aos procedimentos com OGMs, embora seu conhecimento seja de responsabilidade do técnico principal do laboratório. Consultas aos seus membros ou diretamente à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) sobre aspectos práticos ou legais também devem ser feitas.

Apesar da importância da arquitetura e da engenharia do laboratório e dos equipamentos de proteção individual e coletiva, repousa sobre o elemento humano a principal responsabilidade dos cuidados de biossegurança. Portanto, a limitação de algumas instalações não pode ser utilizada como justificativa para falta de cuidados. Independente das facilidades de um laboratório, até de nível máximo de biossegurança, a não observação das boas práticas poderá acarretar acidentes de consequências variáveis.

Neste contexto, a realização de treinamentos práticos, seminários de atualização e conscientização regulares são de grande importância, bem como o bom relacionamento da equipe.

Sistemas de fiscalização institucionais também podem ser eficientes, principalmente quando estimulam a conscientização profissional, antes dos

procedimentos punitivos, por vezes inevitáveis. A inobservância das regras de biossegurança é passível de denúncias e pode implicar sérias medidas administrativas e legais.

O exercício da ciência visa à melhoria da qualidade de vida da humanidade. Considerando que a prática da biossegurança nos laboratórios consiste na arte de realizar pesquisa e desenvolvimento em respeito à vida, a realização de rotinas laboratoriais descuidadas pode ser vista como paradoxal, ferindo princípios básicos da ciência em benefício da sociedade.

Nesse sentido, talvez o maior desafio da implantação da biossegurança, onde quer que se fizer necessária, seja o processo de reeducação e conscientização dos profissionais de laboratórios e dos administradores, de órgãos de fomento e fiscalização. Como resultado, a concentração continuada dos esforços no indivíduo e na sua formação profissional possibilitará a implementação disciplinada das práticas, criando ambiente laboratorial adequado e condições seguras para as comunidades e o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. *Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos*. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Consulta Pública n. 1, 10 out. 2008. *Diário Oficial da União*, Brasília, 13 out. 2008.

CLAVERIE, J. Gene Number: what if there are only 30,000 human genes?. *Science*, 291: 1255-1257, 2001.

CRICK, F. The impact of Linus Pauling on molecular biology. In: RAMESH, S. & KRISHNAMURTHY, R. (Eds.) *The Pauling Symposium: a discourse on the art of biography*. Oregon: Oregon State University Libraries Special Collections, 1996.

JACKSON, D. A.; ROBERT, H. S. & BERG, P. Biochemical method for inserting new genetic information into SV40 DNA: circular SV40 DNA molecules containing lambda phage genes and the galactose operon of *E. coli*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 69: 2.904-2.909, 1972.

PENNISI, E. A low number wins the genesweep pool. *Science*, 300: 1.484, 2003.

GRUNSTEIN, M. & HOGNESS, D. Colony hybridization: a method for the isolation of cloned DNAs that contain a specific gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 72: 3.961-3.965, 1975.

MORGAN, T. H. *The Theory of the Gene*. New Haven: Yale University Press, 1926.

MULLER, H. J. The gene as the basis of life. *Proceedings of the International Congress of Plant Science*, 1: 897-921, 1926.

PAULING, L. *The Nature of the Chemical Bond*. Ithaca: Cornell University Press, 1939.

PAULING, L. & COREY, R. B. Two hydrogen-bonded spiral configurations of the polypeptide chain. *Journal of the American Chemical Society*, 72: 5.349, 1950.

STENT, G. S. *The Coming of the Golden Age: a view of the end of progress* Garden City, NY. American Museum of Natural History Press, 1969.

VIERA, V. M. & LAPA, R. Riscos em laboratório: prevenção e controle. *Cadernos de Estudos Avançados*, 3(1): 25-43, 2006.

WATSON, J. D. & CRICK, F. H. C. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171: 737-738, 1953.

PRÍONS E BIOSSEGURANÇA

Hermann G. Schatzmayr

Os príons podem ser definidos como partículas proteicas transmissíveis, desprovidas de ácidos nucleicos em sua composição, com alta resistência a agentes químicos e físicos e capazes de infectar vertebrados superiores, inclusive o homem, causando encefalopatias espongiformes não inflamatórias, as quais evoluem de forma lenta, mas irreversível, para a morte do hospedeiro.

Quadros degenerativos fatais, posteriormente reconhecidos como causados por príons, foram descritos em carneiros no Reino Unido desde o século XVIII, apresentando o animal movimentos descoordenados, prurido intenso e paralisias progressivas. Apesar de inúmeras tentativas, nenhum agente infeccioso tradicional, como vírus, bactérias, protozoários ou fungos era encontrado nos animais, bem como nenhuma causa externa foi comprovada como responsável pelo quadro. A partir da década de 1930, a doença começou a ser identificada também nas Américas e na Austrália, através da importação de ovinos da Europa.

Esta doença era denominada *scrapie*, constituindo-se por muitos anos em uma grande incógnita, especialmente pelo fato de que suspensões de tecido nervoso de animais mortos, quando injetadas em animais sadios, eram capazes de causar o mesmo quadro clínico. Ou seja, era uma doença transmissível, porém sem um agente demonstrável no material usado para as inoculações experimentais. Nestes estudos de transmissão da doença, ficou claro que todos os tecidos nervosos, gânglios e globo ocular possuíam alta concentração do agente; em escala média, outros órgãos como pulmão, rim, fígado e baço; e em menor escala, os tecidos musculares. Uma típica degeneração espongiforme com a presença de placas amiloides, assim denominadas por sua semelhança com o amido, era encontrada no cérebro, no cerebelo e nas áreas motoras da medula dos animais infectados experimentalmente.

Porém, no início da década de 1920, na Alemanha, uma doença humana igualmente degenerativa foi descrita de forma independente por dois pesquisadores, na qual foram encontradas no sistema nervoso central (SNC) lesões de uma encefalopatia espongiiforme muito semelhantes ao quadro do *scrapie* e que foi denominada doença de Creutzfeldt-Jakob (DCJ). Estas entidades, às quais posteriormente se incorporaram outras doenças causadas por príons, foram reunidas em um grupo de quadros clínicos de evolução lenta, apresentando lesões características no SNC.

A denominação ‘príon’ foi criada por Prusiner em 1982 e indica as duas características básicas do agente: ‘pro’teína ‘in’fecciosa. A palavra que seria ‘proin’ foi modificada pelo autor para ‘príon’, adotada internacionalmente (Prusiner, 1982).

PROPRIEDADES GERAIS

Os príons se formam a partir de uma proteína normalmente presente na superfície das células nervosas, denominada PrP, a qual tem função ainda não totalmente esclarecida como receptora/transmissora de estímulos nervosos (Collinge *et al.*, 1994). Esta proteína apresenta uma estrutura em hélice do tipo alfa e, ao se transformar em príon, esta hélice se modifica para a configuração beta, passando a ser insolúvel, muito resistente à ação de enzimas proteolíticas e formando placas que se depositam na célula, causando a sua progressiva degeneração. A proteína transformada é denominada PrPsc, da palavra *scrapie*.

Mais recentemente, foi sugerida que a transformação de proteínas para formas mais estáveis, semelhantes às que ocorrem na formação dos príons, também ocorreria na estabilização das proteínas responsáveis pela memória de longa duração (Si, Lindquist & Kandel, 2003).

A proteína normal PrP é produzida por um gene presente no cromossoma 20 e mutações neste gene podem induzir a formação das proteínas anormais PrPsc. Este mecanismo genético é responsável pelo surgimento dos casos esporádicos da DCJ, bem como de outros quadros clínicos humanos semelhantes, como a doença de Gerstmann-Sträussler-Scheinker e a insônia familiar fatal. A DCJ está presente em todo o mundo na proporção aproximada de um caso para cada um milhão de habitantes. Ocorre em pacientes a partir dos 55 anos, tem uma incubação longa, mas, quando surgem os sintomas, o quadro evolui para a morte em cerca de um ano.

Além da capacidade de lesar as células nervosas, a PrP^{sc} é capaz de induzir diretamente a transformação da proteína normal PrP em PrP^{sc} por mecanismos ainda não totalmente conhecidos e é ainda capaz de se autoduplicar. Por todas estas propriedades, os príons se constituem em um grupo de agentes de crescente importância e que, por sua alta resistência a agentes químicos e físicos, devem ser considerados como um novo desafio a ser enfrentado pela biossegurança em hospitais e laboratórios.

EPIDEMIOLOGIA E VIAS DE INFECÇÃO

Os príons podem ser introduzidos no hospedeiro através de alimentos contaminados com o agente, como ocorreu na Inglaterra, na década de 1990, quando a proteína animal obtida de carne de carneiros infectados naturalmente com *scrapie* começou a ser utilizada na alimentação de bovinos. Nestes animais, surgiu um quadro degenerativo semelhante à doença de ovinos, o qual igualmente levava à paralisia e morte.

Para tentar controlar o episódio, milhares de bovinos foram eliminados. Porém, em 1995, surgiu um caso humano com um quadro fatal semelhante à DCJ em um jovem de 19 anos, com lesões cerebrais espongiiformes, como observado anteriormente em outras síndromes causadas por príons. Ao longo dos anos seguintes, mais de 130 casos com a idade média de 28 anos foram confirmados, principalmente no Reino Unido, demonstrando que uma nova síndrome humana havia surgido, causada por príons infectantes por via oral. A idade dos pacientes, muito mais baixa do que aquela dos quadros de DCJ de origem genética, levou a se criar a denominação vDCJ, ou seja, variante da DCJ anteriormente conhecida. Casos de vDCJ ocorreram em outros países da Europa, embora em número muito reduzido. No entanto, bovinos com encefalopatia espongiiforme causada por príons foram assinalados em muitos países europeus bem como na África e no Oriente, através da exportação por vezes ilegal de rações animais contendo proteína de carneiros infectados.

O número de casos da doença em bovinos e humanos reduziu-se grandemente nos últimos anos. Contudo, não está totalmente estabelecido o impacto real desta nova entidade nosológica, considerando uma possível mais longa incubação em segmentos das populações que estiveram sob maior risco de se infectar na década de 1990.

Em realidade, a infecção humana por via oral foi demonstrada anteriormente por Gajdusek, em 1977, quando estudou um grupo de habitantes nativos da Nova Guiné, onde ocorria uma doença denominada Kuru, a qual ele demonstrou ser causada por príons (Gajdusek, 1977). Esta doença atingia principalmente crianças e mulheres que apresentavam um quadro de paralisia progressiva e demência, evoluindo para a morte em cerca de um ano. Ele mostrou ainda que a origem do quadro era o hábito cultural da tribo de canibalismo, utilizando como alimento vísceras de membros falecidos da família. A eliminação deste hábito levou ao desaparecimento quase total da doença, embora alguns casos tenham surgido vários anos mais tarde, indicando que em algumas pessoas a incubação pode ser bastante longa. Sugeriu-se que o quadro tenha se iniciado pela ingestão de vísceras de paciente(s) de DCJ surgido(s) por mecanismo genético na comunidade.

Além da origem genética e por ingestão de alimento contendo príons, se reconhecem outras formas de transmissão, como a via iatrogênica através do transplante de córnea e a aplicação de hormônios de crescimento, descritas pela primeira vez em 1974 e 1985, respectivamente. A utilização de material humano contendo partículas de príons originou, em ambos os casos, a transmissão para vários indivíduos que receberam estes materiais (Duffy, Wolf & Collins, 1974; Brown, 1988; Brown, Preece & Will, 1992).

A questão do hormônio de crescimento foi resolvida pela eliminação da utilização de material anteriormente obtido de pituitárias de cadáveres, substituindo-o pelo uso de hormônio produzido por engenharia genética. Porém, a questão dos transplantes de córnea constitui-se ainda em um problema em aberto. A possibilidade da utilização de córneas de doador em uma fase de incubação de DCJ pode ser minimizado pela não utilização de doadores de idade mais avançada.

Transplantes ósseos geraram igualmente casos de príons em receptores destes transplantes (Prichard *et al.*, 1987; Nisbet, Macdonaldson & Bishara, 1989; Masullo *et al.*, 1989), sendo preconizada a eliminação dos agentes por tratamento prévio do fragmento ósseo com solução de hidróxido de sódio, como adiante descrito.

A questão da possível transmissão de príons por transfusão sanguínea foi levantada mais de uma vez, mas não há uma comprovação científica do fato em humanos. Por medida de precaução, alguns países – inclusive o Brasil – restringem a utilização de doadores que viveram no Reino Unido na década de 1990.

O quadro humano causado pela ingestão de carne bovina infectada com príons (vDCJ) se caracteriza por um início com distúrbios de comportamento, simulando um problema psiquiátrico, evoluindo ao longo dos meses para um quadro cerebelar com ataxia e incoordenação motora. A demência surge mais tardiamente em relação à DCJ e na fase final do quadro, após sete a 23 meses de evolução, se observam mutismo acinético e paralisias. Estudos genéticos demonstraram que, nos pacientes de vDCJ, o gene gerador da PrP era homozigótico para metionina na posição 129, sugerindo que, além da ingestão de príons, fatores genéticos predisõem a formação do quadro clínico nestes pacientes (Magalhães & Coura, 2005).

Na infecção experimental, a via intracerebral sempre se mostrou como a mais eficaz e a oral, a menos capaz de transmitir príons, calculando-se que, no caso da encefalopatia bovina, seja necessária uma dose aproximadamente um milhão de vezes maior por via oral do que através da inoculação intracerebral para se obter a infecção.

Assinale-se que no Brasil nenhum caso de encefalopatia espongiforme bovina foi encontrado, tendo sido estabelecidos um sistema de exames de rotina em cérebros de animais em matadouros, bem como a proibição da importação de qualquer alimento ou outro derivado de bovinos dos países onde casos da doença foram encontrados (Brasil, 1993).

Casos de *scrapie* em ovinos ocorrem no Brasil de forma esporádica por mecanismos genéticos (Fernandes, Real & Fernandes, 1978) em descendentes de animais importados no passado do Reino Unido, sendo eliminados dos rebanhos logo que surgem os sintomas. Como nunca se demonstrou que a infecção se transmita diretamente de carneiros para o homem, estes casos não apresentam, pelos conhecimentos atuais, risco para o homem.

Doenças causadas por príons atingem várias outras espécies animais, como caprinos e animais de vida livre (veados e alces). A transmissão do quadro por ingestão de alimentos contaminados fornecidos pelo homem ocorreu também em animais de zoológicos e parques de proteção ambiental, bem como em felinos domésticos. Em relação aos animais de experimentação, *hamsters*, camundongos e primatas têm sido utilizados para estudos da patogênese da doença, resistência do agente e mecanismos genéticos envolvidos na sensibilidade à infecção. Assinale-se que os príons mudam suas propriedades, em especial a patogenicidade, quando são inoculados em hospedeiros diferentes daqueles de onde foram originalmente identificados, o que explica

a transformação ocorrida pela passagem dos príons de carneiros para bovinos e posteriormente para o homem.

PATOLOGIA E RESPOSTA DO HOSPEDEIRO

As lesões básicas observadas em todas as doenças causadas por príons são uma progressiva vacuolização dos neurônios e, em menor escala, de oligodentrócitos, uma extensa hipertrofia e proliferação astrogliar, culminando com uma ampla degeneração da matéria cinzenta, a qual adquire um aspecto de esponja. Os vacúolos se formam da membrana celular para o interior do citoplasma, confluindo-se posteriormente; as placas amiloides ocorrem no cérebro e cerebelo, podendo se observar depósitos extracelulares.

As placas formadas nas células nervosas afetadas em humanos e animais apresentam algumas diferenças morfológicas de acordo com a doença que as originou, bem como a distribuição das lesões no SNC e os padrões dos eletroencefalogramas respectivos. A biópsia cerebral é utilizada como um elemento importante no diagnóstico de confirmação da origem do quadro clínico em avaliação. Há estudos sugerindo a pesquisa de príons nas amígdalas, em casos suspeitos humanos e animais, ainda sem uma conclusão definitiva da real utilidade deste método.

Os príons não produzem uma resposta imunológica de formação de anticorpos detectáveis nos pacientes e animais infectados. Porém, recentemente, foi possível preparar anticorpos monoclonais em cobaias utilizando proteínas de príons altamente purificadas. Estes anticorpos reagem com proteínas de príons do homem e de diversas outras espécies, permitindo o desenvolvimento de kits de diagnóstico confirmatórios, os quais, no entanto, apresentam uso ainda limitado.

PREVENÇÃO E CONTROLE

O risco de transmissão das encefalopatias espongiformes para o homem pode ser dividido em duas categorias:

- Risco real – representado pela DCJ e por outras doenças humanas causadas por príons, através do contato com pacientes e tecidos ou órgãos de cadáveres.
- Risco potencial – representado pela possível transmissão ao homem de infecções animais como a encefalopatia bovina, através de produtos

animais utilizados como alimento ou no preparo de produtos biológicos com fins terapêuticos ou cosméticos.

Os príons são classificados em nível de risco 2 (NB-2), para trabalhos de bancada, e em nível de risco 3 (NB-3), quando são inoculados em animais de experimentação. Recomenda-se, no entanto, que as operações de bancada devam sempre seguir procedimentos de NB-3.

No nível da biossegurança, o fator mais importante na questão dos príons é sua alta resistência a agentes físicos, como autoclavação a 120°C, fervura, radiações ultravioleta, calor seco e ultrassom, e a agentes químicos, como formol, álcool, óxido de etileno, solventes orgânicos, água oxigenada e hipoclorito, este último quando em baixas concentrações.

Com isso, além da possibilidade de transmissão através de alimentos submetidos ao cozimento normal em torno de 100°C, existem problemas importantes a serem equacionados nos níveis laboratorial e hospitalar. Dentre estes, se incluem: a eliminação final de resíduos potencialmente contaminados com príons; autópsias envolvendo o SNC de humanos e animais; atos cirúrgicos e outras intervenções invasivas, como o uso de alguns tipos de eletrodos para estudo da atividade cortical, os quais foram demonstrados serem capazes de transmitir os príons quando utilizados sem desinfecção apropriada; manejo de fragmentos de tecido nervoso em laboratórios de patologia; transplantes e outros procedimentos nos quais tecidos potencialmente contaminados devam ser manejados.

Definiu-se, com base em dados experimentais obtidos em animais, que os seguintes métodos eliminam príons presentes em ambiente hospitalar ou laboratorial:

- Autoclavação a 132°C por no mínimo duas horas – alguns autores recomendam um tempo ainda maior de autoclavação, de até quatro horas e meia. O tempo de autoclavação deve ser decidido em função dos volumes dos espécimens a serem esterilizados, prolongando-se o tempo quando se tratar de órgãos inteiros ou grandes volumes de resíduos sólidos ou líquidos. A grande maioria das autoclaves utilizadas nos serviços de saúde no país estão preparadas para atingir apenas temperaturas próximas a 120°C. A aquisição de novos equipamentos atingindo temperaturas mais elevadas deve ser uma meta a ser alcançada no menor tempo possível.

- Tratamento por hidróxido de sódio 1N por uma hora - utilizado especialmente para fragmentos ósseos a serem implantados e limpeza de superfícies de trabalho potencialmente contaminadas.
- Tratamento por hipoclorito de sódio a 5% por uma hora - assinala-se que o hipoclorito para esta finalidade deve ser de boa qualidade, preparado e mantido de acordo com as normas técnicas respectivas, ou seja, em concentrações mínimas de 5 a 7% e em tampão em torno de pH 11, para evitar sua degradação durante o transporte e armazenamento. Recomenda-se o uso do produto diretamente sem diluir. O hipoclorito pode ainda ser utilizado para desinfetar superfícies potencialmente contaminadas com príons.

É recomendada a utilização de rígidas normas de biossegurança para a realização de autópsias de casos suspeitos de DCJ ou no manejo de fragmentos de SNC suspeitos de conter príons, com a utilização de equipamentos de proteção individual completos, como jalecos descartáveis, protetores faciais e luvas (recomenda-se o uso de luvas duplas), além de material cirúrgico descartável. O uso de serras elétricas poderá gerar aerossóis, sendo recomendável o uso de máscaras de proteção respiratória durante a autópsia.

Todos os materiais que estiveram em contato com tecidos contaminados ou espécimens clínicos, bem como os equipamentos de proteção individual, devem ser recolhidos cuidadosamente após o uso e autoclavados como descrito. O tratamento com hipoclorito ou hidróxido de sódio deve ser reservado apenas para pequenos instrumentos sensíveis a temperaturas elevadas. Eletrodos de profundidade devem ser cuidadosamente descontaminados e, quando possível, eliminados após o uso.

Espécimens clínicos de SNC, em especial de pacientes acima de 50 anos, devem ser considerados de alto risco e manejados com equipamentos de proteção individual, lembrando-se de que o formol não inativa os príons destes espécimens, e vários casos de contaminações em laboratórios de patologia já foram descritos (Brown, Gibbs Jr. & Gajdusek, 1986; Gorman *et al.*, 1992; Miller, 1988).

Fragmentos de tecidos destinados a estudos histopatológicos devem ser imersos logo após a coleta em formol tamponado a 10% por dez a 14 dias. Em seguida, os fragmentos devem ser mergulhados em ácido fórmico absoluto a 96% por trinta minutos e passados novamente para solução de formol a 10%

por mais 48 horas até a preparação dos cortes histológicos (Brown, Wolff & Gajdusek, 1990).

O manejo de pacientes de doenças causadas por príons deve seguir as mesmas recomendações aplicáveis aos pacientes com Aids: eles não são capazes de transmitir a infecção por contato direto ou aerossol, porém, lesões de pele – em especial as causadas por instrumentos perfurocortantes, como agulhas ou instrumentos cirúrgicos usados anteriormente no paciente – são consideradas de alto risco. No caso de ocorrer este tipo de lesão, a área deve ser lavada com hidróxido de sódio 1 N ou hipoclorito não diluído por dez minutos e, em seguida, rinsada com água. Recomenda-se, ainda, a incineração final de todo material que potencialmente esteve contaminado com príons.

Mais detalhes sobre procedimentos laboratoriais e hospitalares relativos a doenças causadas por príons podem ser encontrados no endereço eletrônico: <www.anvisa.gov.br>.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa n. 2, de 8 de setembro de 1993.
- BROWN, P. Human growth hormone therapy and Creutzfeldt-Jakob disease: a drama in three acts. *Pediatrics*, 81: 85-92, 1988.
- BROWN, P.; GIBBS JR., C. J. & GAJDUSEK, D. C. Transmission of Creutzfeldt-Jakob disease from formalin-fixed, paraffin-embedded brain tissue. *New England Journal of Medicine*, 315: 1.614-1.615, 1986.
- BROWN, P.; PREECE, M. A. & WILL, R. G. “Friendly fire” in medicine: hormones, homografts, and Creutzfeldt-Jakob disease. *Lancet*, 340: 24-27, 1992.
- BROWN, P.; WOLFF, A. & GAJDUSEK, D. C. A simple and effective method for inactivating infectivity in formalin-fixed samples from patients with Creutzfeldt-Jakob disease. *Neurology*, 40: 887-890, 1990.
- COLLINGE, J. *et al.* Prion protein is necessary for normal synaptic function. *Nature*, 370: 295-297, 1994.
- DUFFY, P.; WOLF, J. & COLLINS, G. Possible person-to-person transmission of Creutzfeldt-Jakob disease. *New England Journal of Medicine*, 290: 692, 1974.
- FERNANDES, R. E.; REAL, C. M. & FERNANDES, J. C. T. “Scrapie” em ovinos no Rio Grande do Sul. *Arquivos da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 6: 139-143, 1978.
- GAJDUSEK, D. C. Unconventional viruses and the origin and disappearance of kuru. *Science*, 197: 943, 1977.

GORMAN, D. C. *et al.* Creutzfeldt-Jakob disease in a pathologist. *Neurology*, 42: 463, 1992.

MAGALHÃES, G. C. & COURA, J. R. Prions e encefalopatias de evolução lenta. In: COURA, J. R. (Ed.) *Dinâmica das Doenças Infecciosas e Parasitárias*. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara, 2005.

MASULLO, C. *et al.* Transmission of Creutzfeldt-Jakob disease by dural cadaveric graft. *Journal of Neurosurgery*, 71: 954-955, 1989.

MILLER, D. C. Creutzfeldt-Jakob disease in histopathology technicians. *New England Journal of Medicine*, 318: 853-854, 1988.

NISBET, T. J.; MACDONALDSON, I. & BISHARA, N. S. Creutzfeldt-Jakob in a second patient who received a cadaveric dura mater graft. *Journal of the American Medical Association*, 261: 1.118, 1989.

PRICHARD, J. *et al.* Rapidly progressive dementia in a patient who received a cadaveric dura mater graft. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 36: 49-50, 1987.

PRUSINER, S. B. Novel proteinaceous infectious particles cause scrapie. *Science*, 216: 136, 1982.

SI, K.; LINDQUIST, S & KANDEL, E. R. A neuronal isoform of the aplysia CPEB has prion-like properties. *Cell*, 115: 879-891, 2003.

DOENÇAS EMERGENTES, BIOSSEGURANÇA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

*Hermann G. Schatzmayr
Izabel K. F. de Miranda Santos
Amilcar Tanuri*

Entende-se por doença emergente toda aquela causada por novos agentes patogênicos ou ainda por antigos agentes que ganharam novas capacidades destrutivas, modificando assim seu quadro original. Por sua vez, as atividades humanas podem ser representadas pelas mais diversas interfaces homem-natureza e homem-homem. Passam por tecnologias e aspectos sociais, chegando às políticas de desenvolvimento, conduzindo o homem ao contato com novos nichos ecológicos e a novas condições sociais, ambos criadouros potenciais de doenças.

Porém, entender a biossegurança no contexto das doenças emergentes é fundamental do ponto de vista científico e, ao mesmo tempo, estratégico para a segurança biológica mundial, principalmente com o vertiginoso desenvolvimento da moderna biotecnologia e dos vários interesses que estão em jogo no início deste século em área tão polêmica como a de manipulações genéticas. O verdadeiro fascínio pelas descobertas no campo da biologia deu lugar à corrida acelerada pelo seu domínio tecnológico, envolvendo bilhões de dólares e com visões as mais ecléticas possíveis do seu uso.

O advento dos antibióticos e inseticidas, a erradicação mundial da varíola e até mesmo o sabão e a refrigeração faziam-nos crer na onipotência da ciência e da tecnologia sobre os microrganismos. Mas a dimensão do flagelo da Aids, as ‘bactérias assassinas’, o ressurgimento de doenças medievais (como a peste bubônica, na Índia) e a explosão da malária e da tuberculose resistentes a múltiplas drogas esvaziaram essas esperanças e criaram a expectativa de que o apocalipse, anunciado por microscópicos cavaleiros, é iminente. E humildemente refletimos sobre as razões para as derrotas acumuladas. Perguntamos por que, em plena revolução da biotecnologia, uma outra

simples *Escherichia coli* é capaz de devastar adultos previamente saudáveis. Para respondermos a essas perguntas, é preciso ter sempre em mente a advertência de ninguém mais que o próprio Pasteur: “O micróbio é nada, o terreno tudo”.

O papel das doenças infecciosas nos rumos da história nos parece óbvio. A obra clássica do historiador William McNeil, *Plagues and People* (“As Pragas e os Povos”), analisou seu impacto sobre a atividade humana. O estudo de McNeil sobre a dizimação das populações nativas das Américas pelas doenças trazidas pelos conquistadores é dos mais comoventes. Estima-se que 54 milhões (90% da população da época) de ameríndios morreram nos cem primeiros anos da conquista do Novo Mundo. Essa guerra biológica teve um exemplo cruel na figura de Sir Jeffrey Amherst, comandante supremo das forças britânicas na América do Norte. Em 1763, ele distribuiu cobertores contaminados propositalmente com o vírus da varíola aos índios Pontiac, obliterando assim a tribo e espalhando a doença por todo o continente. O número de mortes nas aldeias visitadas por missionários era tão grande que eles não davam conta de enterrá-los. Entre nós, o padre Manoel da Nóbrega, pelos dados disponíveis, era tuberculoso e deve ter causado involuntariamente a morte de milhares de fiéis. Juntamente com Anchieta, os dois missionários também não conseguiam enterrar todos os mortos das aldeias contaminadas.

Outro livro pioneiro, *The Coming Plague: newly emerging diseases in a world out of balance* (“A Praga Vindoura: doenças emergentes num mundo desequilibrado”), da jornalista Laurie Garrett, apresenta um outro aspecto das doenças infecciosas: o impacto da atividade humana sobre a ecologia e a evolução dos microrganismos e as doenças emergentes.

A descrição mais eloquente do impacto trágico que essa atividade pode ter foi dada por Richard Preston, jornalista e autor do *best-seller* *The Hot Zone* (“A Zona de Perigo”). No livro, destaca-se a pavimentação da rodovia Kinshasa (na África), “que afetou todos os habitantes da Terra e revelou ser um dos mais importantes acontecimentos do século XX. (...). Testemunhei um dos fatos mais cruciais para o aparecimento da Aids, a transformação de um fio de terra numa fita negra de asfalto”. Tendo vivido durante a infância no Quênia, Preston viajava com os pais pelo interior do país por precárias estradas de terra. No início da década de 1970, em nome do desenvolvimento, uma rodovia foi construída, atravessando quatro países e ligando Mombassa, na costa leste, a Pointe-Noire, na costa oeste da África. Todas as evidências epidemiológicas

indicam que foi por essa artéria que o HIV deixou as florestas africanas e alguns poucos habitantes e, a partir das margens do lago Vitória, ganhou o mundo. Com esse exemplo, fica claro que as políticas de desenvolvimento sustentável que o Brasil abraça precisam não somente incluir a avaliação de seu impacto ambiental e as consequências sobre a biodiversidade e outras fontes de riquezas, mas devem primeiramente considerar o papel do desenvolvimento no surgimento de doenças.

A plasticidade genética dos microrganismos lhes garante adaptabilidade em situações que são inicialmente adversas e a uma velocidade que, quase sempre, tem superado a da criatividade humana. Um exemplo deste fenômeno é o vibrião do cólera, que recentemente adquiriu a capacidade de parasitar algas. Isso lhe garante maior viabilidade e um alcance geográfico mais amplo a bordo desse meio de transporte ubíquo. Porém, pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) isolaram no Amazonas nova cepa da bactéria, que não produz a toxina clássica, porém produz os sintomas por ela mediados.

A corrida dos microrganismos contra os antibióticos e quimioterápicos constitui outro exemplo assustador dessa plasticidade. Enquanto a indústria farmacêutica leva de sete a dez anos para desenvolver e comercializar um novo antibiótico, uma bactéria pode desenvolver resistência ao mesmo em menos de dois anos. Existem cepas de estafilococos patógenos humanos, resistentes a todos os antibióticos empregados. No sudeste asiático, 50% dos casos de malária são resistentes às drogas comumente empregadas na África. Acredita-se que esses dados reflitam tanto o melhor poder aquisitivo dos povos asiáticos quanto a falta de regulamentação da venda de medicamentos. Assim, a medicação pode ser comprada ‘por baixo do balcão’ (sem receita médica controlada), aumentando seu uso inadequado e facilitando o aparecimento de resistência.

Outros números também têm enorme significado na avaliação do impacto de doenças emergentes. Por exemplo, as trinta mil crianças órfãs de vítimas da Aids existentes até junho de 1994 somente na cidade de Nova York. O impacto econômico da Aids em países do sudeste asiático e africanos não tem precedentes. Alguns, porém, argumentarão sobre a impossibilidade de se prever uma nova doença e seus efeitos médico-sanitários, muito menos os econômicos. Uns poucos ainda saudarão seus efeitos malthusianos, esquecendo-se de que todo patógeno acaba por romper barreiras sociais, ‘democratizando’ a doença para os que negavam o direito de todos à saúde.

A futilidade desses argumentos fica mais bem ilustrada se considerarmos os números pertinentes a um flagelo velho conhecido nosso, números estes que vêm da maior potência científica, tecnológica e econômica do mundo. Ficamos estarrecidos com o relato de Garrett (1994) sobre a magnitude do número de casos registrados nos Estados Unidos de infecções pelo *Mycobacterium tuberculosis* resistentes aos quimioterápicos já consagrados. Esses surgiram inicialmente entre presidiários e marginalizados da cidade de Nova York. Pela própria natureza de sua condição social, são verdadeiras estufas para cepas resistentes devido a sérias falhas no cumprimento do rigoroso esquema terapêutico. Este pode empregar três drogas tomadas durante semanas a fio.

Mais impressionante, porém, é avaliar esses números à luz dos relatos pessoais de frustração dos sanitaristas locais. Seus apelos para que houvesse um acompanhamento implacável desses doentes, notórios irresponsáveis, foram ignorados. Os custos da omissão são agora bem maiores do que os gastos previstos com agentes sanitários. A cidade de Nova York teve de construir uma unidade especial de 140 leitos hospitalares no presídio de Rikers, apenas para atender à explosão nos casos de tuberculose entre presos (50% dos quais resistentes a drogas convencionais), e o aumento do custo em instalações para a contenção do risco biológico foi astronômico.

Segundo Garrett, estes números coincidem com as seguintes decisões políticas e econômicas da administração Reagan: sua declaração de “guerra contra as drogas”, que fez com que dobrasse a população carcerária para os atuais 513 de cada cem mil cidadãos americanos, aumentando, portanto, os expostos a essa nova forma de tuberculose; seu programa econômico, que resultou na maior concentração de renda desde a década de 1920, ao mesmo tempo que 25 milhões de americanos passavam fome, ficando assim mais vulneráveis a infecções; a queda em relação ao ano de 1968, na verba de US\$ 40 milhões destinada somente ao controle da tuberculose para ‘menos’ de US\$ 200 mil no ano de 1988 na cidade de Nova York; o corte de verbas federais para pesquisa sobre o *M. tuberculosis*. A visão limitada dos que determinam as políticas econômicas, sanitárias e de investimentos em pesquisa trouxe de volta a peste branca. Apenas os custos diretos dessa epidemia foram da ordem de US\$ 1 bilhão entre 1989 e 1994.

A política agrícola e ambiental também deve ser avaliada quanto a seu impacto sobre doenças emergentes. Frequentemente o contexto médico-sanitário negativo, no qual o produtor rural e a política agrícola são analisados, inclui apenas a poluição por agrotóxicos e eventuais zoonoses. Mas não

é apenas nessa frente que a agropecuária contribui para o surgimento de doenças. A substituição de grandes áreas da flora local por monoculturas altera as condições ecológicas, permitindo a proliferação de certos reservatórios e vetores. É o caso dos roedores que abrigam o vírus Junin, causador da febre hemorrágica argentina. Esses animais beneficiam-se do alimento abundante e proliferam nas lavouras de milho que substituíram uma grande extensão dos Pampas. Na época da colheita infestam as cidades vizinhas, em busca do grão agora armazenado.

Os hantavírus são outro exemplo de infecção transmitida pela urina de roedores silvestres cronicamente infectados e que se aproximam do homem na busca de alimento. Estes vírus, que na Ásia e Europa provocam quadros de menor gravidade, geram nas Américas quadros respiratórios agudos com letalidade próxima a 50%. Estas infecções são igualmente graves nos países do Cone Sul e também no Brasil, nas regiões Sul e Sudeste.

Os casos de púrpura fulminante causados pelo *Haemophilus aegypti*, normalmente pouco virulento, merecem ser avaliados sob esta mesma ótica. São descritos no noroeste do estado de São Paulo e apresentam distribuição e incidência que coincidem com áreas de plantação e com a época da colheita de cana-de-açúcar.

Outro exemplo de doença emergente é o vírus Sabiá, cujo nome remete ao bairro chamado Jardim Sabiá, onde se infectou uma jovem agrônoma em 1994, no município de Cotia, São Paulo. Este foi o único caso conhecido da doença, que é uma febre hemorrágica grave e que levou à morte da paciente em cerca de uma semana. Não se conhece o reservatório do vírus.

O Quadro 1 mostra a importância do papel direto da agricultura no aparecimento de novas viroses: mais da metade das doenças relacionadas está ligada a práticas agrícolas.

Sem dúvida, o impacto socioeconômico da agricultura é fator indireto em muitas outras doenças. Assim, o êxodo rural que decorre da não fixação do homem no campo também contribui para o surgimento de doenças. As condições promíscuas de moradia nas grandes metrópoles, aliadas à falta de saneamento e de políticas corretas de saúde pública, também são terreno fértil para o aparecimento de infecções (como, por exemplo, a tuberculose) e para o favorecimento da proliferação de vetores e reservatórios.

Outro aspecto é o emprego de antibióticos na pecuária, o que está diretamente ligado ao aparecimento de cepas de microrganismos resistentes. Até o adubo oriundo de animais submetidos à antibioticoterapia tem sido fonte de graves infecções no homem através da contaminação de alimentos não processados industrialmente.

Quadro 1 - Algumas viroses emergentes e os possíveis fatores desencadeantes

Organismo	Fatores desencadeantes
<i>Arenaviridae</i> Junin (febre hemorrágica da Argentina) Machupo (febre hemorrágica da Bolívia)	Modificações na agricultura (favorecimento da proliferação de hospedeiro do vírus)
<i>Bunyaviridae</i> <i>Hantavirus</i> : Seoul, Sin Nombre, Andes, Juquitiba <i>Bunyavirus</i> : Oropouche	Agricultura (contato com roedores durante colheita e estocagem de grãos), proliferação de insetos vetores em resíduos vegetais
<i>Filoviridae</i> Marburg e Ebola	Entrada do homem em ecossistemas contaminados, contato com animais silvestres
<i>Flaviridae</i> Dengue	Aumento da densidade populacional em áreas urbanas (êxodo rural), proliferação do vetor
<i>Orthomyxoviridae</i> Influenza	Pecuária integrada de patos e porcos permitindo troca de material genético e geração de novas amostras virais
<i>Retroviridae</i> HIV	Tecnologias médicas (transfusões, injeções), fatores sociais e econômicos

Fonte: Adaptado de Morse, 1993.

Concluimos que, do ponto de vista médico-sanitário, a atividade milenar da agropecuária tem um impacto direto no aparecimento de novas doenças e, portanto, na saúde humana. A expansão da fronteira agrícola no Brasil, como ocorre no cerrado com as conseqüentes mudanças inevitáveis no meio ambiente, merece ser avaliada não somente sob a ótica do desenvolvimento sustentável mas também sob aquela das doenças emergentes, devido ao contato do homem e de animais de pecuária com novos nichos ecomicrobianos. É necessário que o desenvolvimento aceito como sustentável esteja em harmonia com seu impacto na saúde.

O aparecimento de lagos artificiais devido à construção de grandes barragens na África, em conformidade com as diretrizes das agências

internacionais de financiamento, sem levar em consideração os estudos de impacto ambiental e sanitário, levou à amplificação de vetores de vírus causadores de encefalites e febres hemorrágicas graves e ao consequente aumento no número de casos dessas doenças.

Exemplo disto foi a construção da barreira de Assuã no rio Nilo, ao sul do Egito, na década de 1950, que causou uma grande proliferação de mosquitos vetores de doenças, como o vírus do oeste do Nilo. Este vírus constitui um exemplo muito atual da invasão de extensas áreas por um agente infeccioso. Isolado pela primeira vez em 1937 na província de mesmo nome em Uganda, às margens do lago Vitória, o vírus se disseminou ao longo do rio Nilo pelo aumento de seus vetores e alcançou todo o Egito e o Oriente Médio. O ciclo natural do vírus ocorre entre aves e mosquitos transmissores, sendo o homem e os equinos também atingidos. O quadro mais grave são as meningoencefalites, em especial em pessoas de idade mais avançada.

Depois de se estabelecer em extensas regiões da África, o vírus chegou às Américas no verão de 1999, em Nova York, onde provocou casos fatais em aves, equinos e humanos. Ao longo dos anos seguintes, avançou de forma inexorável nos Estados Unidos, chegando à costa do Pacífico em 2003 e iniciando a descida para o sul pelo México. Desde seu aparecimento até 2006, foram registrados mais de 25.000 casos humanos com mais de setecentos óbitos nos Estados Unidos e no Canadá. No final de 2006, o vírus do oeste do Nilo foi isolado de equinos na Argentina e se espera que venha a alcançar nosso país em curto prazo, trazido por vetores infectados ou aves silvestres migratórias.

A construção da usina hidroelétrica de Balbina, na Amazônia, inundou cerca de dois mil quilômetros quadrados de floresta, também possibilitando a proliferação fenomenal de insetos, muitos deles vetores de arbovírus amazônicos. Em vista disso, caberia uma comparação entre as usinas nucleares e hidroelétricas quanto ao seu impacto sobre doenças infecciosas emergentes? Que estudos existem sobre a planejada transposição do rio São Francisco? Quem decidirá pela população local, se esta deve ou não ser mais exposta a doenças ainda não controladas na região, como a esquistossomose ou mesmo outras ainda não descritas que poderão proliferar? Uma avaliação crucial sobre as políticas de fomento foi feita pelos criadores da teoria da dependência do desenvolvimento, apontando o impacto negativo desse modelo nas condições de saúde dos países do terceiro mundo.

A Revolta da Vacina, ocorrida em 1904 no Rio de Janeiro, ilustra o papel da imprensa e dos interesses econômicos e políticos na saúde. Embora esse episódio seja considerado um movimento popular para a defesa dos direitos dos cidadãos, baseou-se na ignorância e na má-fé em relação aos objetivos do presidente Rodrigues Alves e de seu ministro da Saúde, Oswaldo Cruz, na tentativa mal sucedida de tornarem obrigatória a vacina contra a varíola, doença que assolava a cidade. Estes dirigentes consideravam a reforma sanitária uma pré-condição para a expansão da economia. Os positivistas, militares e alguns setores da imprensa, com vistas à purificação da república ‘prostituída’, trataram de construir uma causa mais concreta para mobilizar a população na forma de uma revolta violenta contra a vacinação obrigatória, mesmo em plena epidemia. O número de vacinações caiu de 66.537 no ano de 1904 para apenas 2.859 no ano seguinte.

A oposição baseava-se em supostos pontos científicos e filosóficos. Interpretava o pensamento de Augusto Comte como contrário à teoria dos germes de Pasteur. E, ainda, considerava a saúde pública assunto de foro íntimo. As doenças que seriam causadas pela vacina incluíam sífilis, convulsões, tuberculose e outras! A vacinação era reservada às ‘messalinas’, as únicas a desnudarem os braços para os agentes sanitários. Mesmo considerando a moral e as limitações científicas da época, o terrorismo é evidente. As consequências foram sentidas logo depois, em 1908, quando do surgimento de nova epidemia na população desprotegida.

Esse obscurantismo não é privilégio do início do século passado, nem dos países menos desenvolvidos. Na década de 1960, a Escola de Saúde Pública de Harvard riscou do currículo a disciplina de entomologia médica, pois acreditava que, com o advento do DDT, o problema dos vetores estava solucionado. No início da década de 1980, o ministro da Saúde americano William Stuart declarou que a guerra contra as doenças infecciosas estava ganha.

Esses absurdos foram feitos e ditos em confronto com a voz de Richard Krause, na época diretor do Instituto Nacional de Alergia e Doenças Infecciosas. Em 1981, ele publicou um livro intitulado *The Restless Tide: the persistent challenge of the microbial world* (“A Maré Incansável: o desafio permanente do mundo dos micróbios”), onde já argumentava que doenças consideradas há muito tempo derrotadas haveriam de ameaçar novamente os Estados Unidos. Epidemias de sarampo e escarlatina voltam a frequentar o noticiário, e a difteria agora ronda a Rússia após muitos anos fora do cenário. A malária no Brasil nos cobre de

vergonha: o número de casos, que se aproximava de zero na década de 1960, em 1994 alcançou a cifra de quinhentos mil casos. E ainda a política do governo de fechamento sistemático dos garimpos, o grande reservatório da doença, não leva em consideração o potencial de disseminação por meio dos que retornam às áreas urbanas do sul do país em busca de alternativas de trabalho.

Por vários anos não ocorria um caso de doença de Chagas agudo, porém, infecções orais recentes a partir de caldo de cana no sul do país demonstram a importância desta via e a constante possibilidade de novas infecções. As causas que influenciam o aparecimento de doenças infecciosas estão resumidas no Quadro 2. Ilustram as interações complexas entre os micróbios e vetores com seus hospedeiros e o meio ambiente. Muitas são passíveis de intervenção imediata, outras dependem de mais conhecimento científico.

Falta ainda um debate amplo sobre o impacto das leis de propriedade intelectual e de acesso à biodiversidade sobre a saúde humana. As indústrias farmacêuticas, químicas e de biotecnologia, detentoras de patentes, ditam o acesso a seus produtos conforme seus interesses. A disponibilidade de fármacos é o elemento de impacto mais óbvio e imediato. Mas as restrições em outros setores são igualmente importantes, como na medicina veterinária, na agricultura e na utilização do meio ambiente e da biodiversidade, todas atividades com efeitos diretos e indiretos sobre a saúde humana e reguladas também pela propriedade intelectual e pelos interesses comerciais.

É preciso avaliar o impacto de cada uma dessas restrições sobre o desenvolvimento científico e tecnológico na área da saúde, principalmente nos países em desenvolvimento. Os interesses comerciais e econômicos na área de biodiversidade e recursos genéticos também têm impacto direto na saúde, pois poderão paralisar a utilização destes recursos em prol de um bem maior. A descoberta de um bioinseticida não poluente, mais eficaz e de custo baixo poderá não estar disponível para uso se a indústria que detiver sua patente produzir um inseticida sintético, de maior retorno econômico. Novamente lembremos a Aids, que saiu de um obscuro vilarejo de um país pobre da África para abranger o mundo todo.

Quadro 2 – Fatores que influenciam o aparecimento de doenças infecciosas

Mecanismos microbianos e de vetores	Fatores do hospedeiro e ambientes
Mecanismos de variabilidade genética (seleção por antibióticos)	Populações humanas em expansão
Aumento de virulência (síndrome do choque tóxico e emprego de absorventes)	Alteração nos padrões de comportamento (aumento de promiscuidade, meios de transporte)
Novos hospedeiros (novas fronteiras agrícolas e vírus como Junin, SIV, hantavírus)	Contaminação de alimentos, água e ar (legionelose, criptosporidiose)
Seleção para resistência (fatores protetores no homem: seleção de alelos de HLA e resistência à malária)	Aumento da interação com vetores, aparecimento de vetores novos ou alterados (doença de Lyme, fronteiras agrícolas)
Redução no controle de vetores e aumento de resistência a inseticidas (proliferação de roedores e mosquitos e aumento dos casos de hantavíroses, dengue e malária)	Imunossupressão que ocorre no envelhecimento (aumento da população idosa): HIV, tumores, desnutrição e receptores de transplantes

Fonte: Adaptado de Krause, 1994.

Assim como a diversidade genética, a saúde está repleta de surpresas. Precisamos um do outro. País nenhum é independente. O Prêmio Nobel e advogado da causa do cuidado com as doenças emergentes, Joshua Lederberg, alerta que uma pandemia inédita com vírus novo é somente uma questão de tempo.

O conhecimento de técnicas de biossegurança, associado a laboratórios devidamente construídos, é o pré-requisito indispensável para o trabalho com os microrganismos emergentes, isto para que não se coloquem em risco pesquisadores e até mesmo as populações dos grandes centros, locais onde se encontram normalmente os importantes centros de pesquisas.

As modernas técnicas de engenharia genética também podem levar, em mãos erradas, ao aparecimento de novos agentes patogênicos. Obviamente, esta nova fronteira do conhecimento humano possibilita a construção proposital ou acidental de ‘armas biológicas’. Porém, o uso cuidadoso da engenharia genética é seguro, podendo resolver inúmeros problemas na área da saúde, da agropecuária e do meio ambiente.

Quais são as soluções para o Brasil? Podemos citar: a implementação de sistemas integrados nacionais e internacionais de vigilância em fronteiras

políticas, ambientais e de desenvolvimento; os investimentos para melhorar a infraestrutura de saúde pública; o treinamento em programas de epidemiologia, microbiologia e entomologia; mais verbas para pesquisa em microbiologia, imunologia e desenvolvimento de vacinas; e, não menos importantes, recursos para a pesquisa agropecuária devido a seu impacto nutricional e na geração de divisas. São decididamente necessários mais recursos para órgãos e programas que avaliem o enorme impacto da agricultura nas doenças emergentes e vice-versa, como, por exemplo, o Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

O controle de doenças emergentes, no final das contas, está tanto nas mãos dos políticos, planejadores e economistas quanto nas dos médicos, sanitaristas e cientistas. A comunidade médica e científica tem cumprido seu papel, dentro dos recursos que lhe têm sido alocados. Cabe aos demais setores cumprirem também os seus.

BIBLIOGRAFIA

- BODSTEIN, R. C. A. Práticas sanitárias e classes populares do Rio de Janeiro. *Revista Rio de Janeiro*, 1: 33-43, 1986.
- CARVALHO, J. M. *Os Bestializados*. São Paulo: Companhia das Letras, 1982.
- EWALD, P. W. *Evolutions of Infectious Diseases*. New York: Oxford University Press, 1994.
- GARRET, L. *The Coming Plague: newly emerging diseases in a world out of balance*. New York: Farrar, Strauss, and Giroux, 1994.
- KRAUSE, R. M. Dynamics of emergence. *Journal of Infectious Diseases*, 170: 265-277, 1994.
- LEVINS, R. et al. The emergence. *Journal of Infectious Diseases*, 170: 265-277, 1994.
- MCNEILL, W. H. *Plagues and People*. New York: Doubleday Anchor Press, 1976.
- MORSE, S. S. *Emerging Viruses*. New York: Oxford University Press, 1993.
- PRESTON, R. *The Hot Zone*. New York: Random House, 1994.
- PROUS, A. *Arqueologia Brasileira*. Brasília: UnB, 1992.
- THE CRUCIBLE GROUP. *People, Plants and Patents*. Ottawa: IRDC, 1994.
- THE INFECTIONS DISEASES SOCIETY. Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Infectious Diseases Society of America. *Journal of Infectious Diseases*, 170: 265-285, 1994.

BIOSSEGURANÇA

SCHATZMAYR, H. G. Doenças emergentes e reemergentes. In: TONELLI, T. & FREIRE, L. (Orgs.) *Doenças Infecciosas na Infância*. Rio de Janeiro: Medsi, 2000.

SCHATZMAYR, H. G. A biossegurança nas infecções de origem viral. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, 3: 12-15, 2001.

SCHATZMAYR, H. G. Doenças emergentes e reemergentes. In: MARTINS, E. V.; SILVA, F. A. L. & FREIRE, L. M. S. (Orgs.) *Biossegurança, Informação e Conceitos*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006.

BIOSSEGURANÇA E BACTÉRIAS PATOGÊNICAS

*Leon Rabinovich
Geraldo Rodrigues Garcia Armôa*

Este capítulo visa a informar, de modo muito breve, aspectos relacionados à importância da biossegurança, enfatizando a área da bacteriologia, abordando temas como a questão histórica, que reporta alguns acidentes que se tornaram exemplos marcantes. Assim, tangenciam-se o conceito e a classificação atual de bactérias, suas relações com a promoção de doenças no homem, a existência natural de microbiota bacteriana no próprio homem e a atualidade da biossegurança com as suas medidas de prevenção. Todos esses assuntos tornam este tema de grande relevância, sendo o objetivo principal contribuir para o conhecimento de que as boas práticas laboratoriais visam a maximizar a proteção do homem no que tange o seu trabalho com bactérias patogênicas. Foram selecionados temas que discorrem sucintamente sobre os primórdios do conhecimento de bactérias como agentes de infecção e, portanto, causadoras de doenças, caminhando-se até as medidas de controle do risco biológico em laboratório de bacteriologia.

CONTÁGIO: BREVE HISTÓRICO DAS DOENÇAS DE ORIGEM BACTERIANA E OS PRESSUPOSTOS DA TEORIA DO MIASMA

Atribuem-se aos trabalhos básicos de Louis Pasteur (1822-1895) e Robert Koch (1843-1910) os marcos iniciais da era bacteriológica e, portanto, ambos são considerados os fundadores da bacteriologia. Segundo Bier (1963: 3), “a noção de que bactérias são causa de doenças é relatada em trabalhos mais antigos, que procuraram esclarecer a natureza do contágio e do miasma”. De acordo ainda com o autor,

contagium seria uma substância derivada do corpo do doente que, passando de um indivíduo para outro, transmitia a moléstia. Miasma seria uma substância

gerada fora do corpo que, espalhando-se por intermédio do ar, produziria a doença. O contágio derivava do organismo doente, o miasma, da matéria morta: *Morbus contagia, mors miasmata gignit*.

(...) a sífilis (de homem a homem) e a raiva (do cão ao homem) eram exemplos típicos de moléstias originárias de contágio. O impaludismo e a gripe eram consideradas pela permanência em lugares de ar pestilencial de onde resultaram os nomes mal-aria (mau ar) e influenza (motivada por influências atmosféricas). (Bier (1963: 3)

Contagium vivum

Deve-se a Fracastorius, em 1546, a postulação da ideia de que o *contagium* ocorria por meio de agentes vivos (*seminaria*), criando, deste modo, a doutrina do *contagium vivum*, no âmbito da qual eram distinguidas três formas de contágio: direto, indireto e à distância (*contagium per contactum, per formitem et ad distans*).

Todavia, dois séculos mais tarde, em 1762, o médico vienense Plenciz, reconhecendo o significado da descoberta dos micróbios (*animalicula*) por Antonie van Leewenhöek, em 1675, não só atribuiu a eles a causa das doenças como introduziu a noção de “a cada doença o seu micróbio específico”.

A demonstração definitiva da origem microbiana das doenças infecciosas somente teve lugar em 1878, quando Louis Pasteur e colaboradores comunicaram a Teoria dos Germes, fruto de seguidas investigações sobre fermentações e a geração espontânea, esta última refutada com demonstrações práticas, com o emprego dos famosos frascos com colos em ‘pescoço de cisne’ (Bier, 1963; Madigan, Martinko & Parker, 2003).¹

Somam-se a isso as ideias de Henle, em 1840, que trouxeram a noção de que o pus varioloso, constituído de pus mais o *contagium* da varíola, poderia ser transmitido por contato, diretamente, ou espalhando-se pelo ar. Foi Henle quem estabeleceu que um determinado agente particular pudesse ser o

¹ Essas demonstrações, realizadas em 1861, consistiram em provar que infusões de carne (caldos de carne animal) fervidas longamente permaneciam límpidas após resfriamento em frascos abertos para o meio exterior, desde que estes fossem construídos com colos longos e sinuosos como um ‘pescoço de cisne’. Nessas circunstâncias, o ar penetrava livremente e os micróbios do ar ficavam retidos no trajeto sinuoso do colo do frasco, não atingindo os líquidos dos nutrientes, assim não os turvando como resultado de crescimento. Tais demonstrações foram auxiliares à microbiologia em geral, permitindo o aperfeiçoamento das metodologias de esterilização, por destruição de microrganismos com auxílio de calor, agentes químicos ou retenção dos mesmos por filtração.

causador de doença infecciosa. Ele deveria ser encontrado no corpo do doente com frequência e deveria ser possível o seu isolamento e, com isso, poder-se-ia produzir experimentalmente a doença.

A partir dessas condições estabelecidas por Henle, Robert Koch ‘impôs’ mais tarde os postulados que são aceitos ainda hoje pelos bacteriologistas e outros profissionais da saúde, isto é, o que é necessário para que um agente particular seja considerado causador de doença infecciosa (Bier, 1963; Madigan, Martinko & Parker, 2003). Se o ar ambiente está carregado de partículas, incluindo as relativas a microrganismos, e se as contaminações (fermentações de líquidos) e as putrefações (alimentos e frutas) são também causadas por estes, deveria ser possível evitar as infecções pós-operatórias, mediante a desinfecção prévia do instrumental cirúrgico, do campo operatório e das mãos do cirurgião.

Tal constatação iniciou-se com o inglês Lister, em 1867 (*apud* Bier, 1963), que instituiu a ‘cirurgia antisséptica’ pelo emprego do ácido fênico (fenol) como desinfetante aspergido sobre o campo cirúrgico. Entretanto, convém lembrar que Semmelweis, em 1847, na Áustria, estudando infecção puerperal, constatou que a mortalidade nas enfermarias em que trabalhavam estudantes era superior à que ocorria nas enfermarias assistidas por parteiras. O médico também notou que um colega, falecido por motivo de infecção contraída através de ferimento durante uma autópsia, foi contaminado por material infeccioso trazido pelos estudantes, uma vez que estes vinham de outros setores trazendo micróbios contraídos nas salas de dissecções. Por esse motivo, Semmelweis exigiu que os estudantes desinfetassem as mãos com solução de hipoclorito,² o que fez baixar a mortalidade por infecção puerperal de 12% para 1,2%. Ironicamente, ele veio a falecer como consequência de infecção contraída por um ferimento ocorrido por ocasião de autópsia (Bier, 1963). No mesmo sentido, é importante salientar que o brasileiro Gaspar Vianna, paraense trazido para Manguinhos por Oswaldo Cruz,

em abril de 1914 sofreu um grave e imprevisto acidente durante uma necropsia (...). Ao abrir uma caixa torácica de um cadáver tuberculoso, ao incisar a pleura, uma grande quantidade de líquido da cavidade o contaminou comprometendo suas meninges (...). Antes do acidente, Gaspar Vianna gozava de ótima saúde. (Icict, 2006)

² Importantes instituições de pesquisa usam hipoclorito de sódio (NaClO) a 0,5%-0,6% em água destilada (Água de Javelle) como excelente antisséptico, antibacteriano.

Vale a pena rememorar neste introito que, em dezembro de 1941, um ilustre bacteriologista argentino, Alberto Sordelli, assim se expressou, em carta, para um não menos ilustre bacteriologista e imunologista brasileiro, Otto Bier, que editava um dos primeiros tratados de bacteriologia e imunologia em nosso país:

Los progresos recientes de la microbiología deben ser atribuidos a una mayor exactitud y precisión de los resultados experimentales, a un juicio más severo de sus centros y países que se han incorporado al movimiento científico del viejo mundo. En la América del Norte hace ya tiempo, y más recientemente en las Repúblicas del Sur y del Centro de este Continente, se han desarrollado los estudios de las ciencias microbiológicas de manera sorprendente. El Brasil ha marchado delante en la organización de sus instituciones científicas entre sus hermanas latinas y esa posición particular permitió a sus investigadores realizar una obra reconocida y apreciada en todo el mundo. (Bier, 1963, prólogo)

Conceito de Bactéria

Se considerarmos que microrganismos são seres microscópicos unicelulares ou um conjunto de células, as bactérias constituem um grupo de procariotos unicelulares de relacionamento filogenético próximo, mas distinto sob os aspectos fisiológicos, bioquímicos, citomorfológicos e moleculares do grupo de *Archaea*. São de dimensões tais que se situam no limite do visível, isto é, os contornos de uma célula podem ser observados ao microscópio óptico comum ainda no limite de 0,2 μ ; abaixo disso, duas células são confundidas com uma única. De qualquer modo, não são observadas a olho nu.

Dentro de certos limites e em relação à sua presença no homem, as bactérias podem ser consideradas como compondo microbiotas, que são distinguidas pelas seguintes categorias: não patogênicas, comensais e patogênicas. Em laboratório bacteriológico, esse conhecimento torna-se importante, pois, se microrganismos podem ser introduzidos no ambiente via materiais contaminados, inclusive portados pela roupa do introdutor, assim como o ar de ventilação, todas essas condições contribuirão para introduzir bactérias contaminantes no ambiente e nos materiais estéreis desse laboratório.

Novos Domínios e Bactéria

Atualmente, são três os principais domínios dos organismos vivos: *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya*. Os três integram a chamada árvore filogenética universal, que é derivada de estudos comparativos de sequenciamento de RNA ribossomal 16S ou 18S. O domínio *Bacteria* compõe-se de 15 grupos principais,

todos derivados do sequenciamento de RNA ribossomal, e sua filogenia está relacionada a células procarióticas plenamente distintas daquelas componentes dos outros dois domínios. Estudos recentes promoveram uma reorganização da sistemática bacteriana, permitindo o surgimento de novos grupos taxonômicos, como, por exemplo, gêneros e espécies (Madigan, Martinko & Parker, 2003).

As espécies primitivas descritas como patogênicas para o homem e os animais nos primórdios da bacteriologia ainda hoje desempenham um papel importante como causadoras de doenças. Espécies representativas das principais bactérias patogênicas para o homem e os animais figuram no Quadro 1. A maioria delas foi descrita ainda no século XIX (Bier, 1963). Os estudos pertinentes que envolvem o manuseio desses microrganismos, visando a diferentes níveis de abordagens – incluindo aí o diagnóstico bacteriológico de infecções, rejeitos sépticos, a preservação e conservação em laboratórios de coleções, cujos números são crescentes –, originaram a necessidade de reforço da chamada ‘vigilância epidemiológica’, de modo a garantir segurança biológica e o controle de infecções, uma vez que é bastante atual a preocupação com as infecções emergentes e reemergentes, bem como a conexão com suas origens. Nesse último caso, dá-se grande importância ao lixo hospitalar como veiculador de agentes infecciosos.

Quadro 1 – Principais bactérias patogênicas para o homem e os animais com importância atual como agentes etiológicos de doenças

Ano ⁽¹⁾	Espécie bacteriana	Doença causada	Nome do descobridor	Cultura
1850	<i>B. anthracis</i>	Carbúnculo	Pollender e Davaine	1876, Koch
1862	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Pus azul	Lucke	1882, Gessard
1874	<i>Mycobacterium leprae</i>	Lepra	Hansen	-
1877	<i>Clostridium septicum</i>	Edema maligno	Pasteur e Joubert	Idem ⁽²⁾
1879	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Gonorreia	Neisser	1885, Bumm
1880	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Pneumonia lobar	Pasteur	1886, Frank e Weichsel
1880	<i>Staphylococcus aureus</i>	Furunculose, osteomielite	Pasteur	1884, Rosenbach
1880	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Febre puerperal	Pasteur e Doléris	1884, Rosenbach
1880	<i>Salmonella Typhi</i>	Febre tifoide	Eberth	1884, Gaffky
1882	<i>Burkholderia mallei</i>	Mormo	Löeffler e Schutz	Idem
1882	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose	Köch	Idem
1883	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Difteria	Klebs	1884, Löeffler

Quadro 1 – Principais bactérias patogênicas para o homem e os animais com importância atual como agentes etiológicos de doenças (continuação)

Ano ⁽¹⁾	Espécie bacteriana	Doença causada	Nome do descobridor	Cultura
1883	<i>Vibrio Cholerae</i>	Cólera	Koch	Idem
1884	<i>Clostridium tetani</i>	Tétano	Nicolaier	1889, Kitasato
1886	<i>Escherichia coli</i>	Várias infecções	Escherich	Idem
1887	<i>Neisseria meningitidis</i>	Meningite epidêmica	Weichselbaum	Idem
1887	<i>Brucella melitensis</i>	Febre de Malta	Bruce	Idem
1889	<i>Salmonella Enteritidis</i>	Intoxicação alimentar	Gaertner	Idem
1889	<i>Haemophilus ducreyi</i>	Cancro mole	Ducrey	Idem
1892	<i>Haemophilus influenzae</i>	Pneumonia	Pfeiffer	Idem
1892	<i>Clostridium perfringens</i>	Gangrena gasosa	Welch e Nutall	Idem
1894	<i>Yersinia pestis</i>	Peste	Yersin e Kitasato	Idem
1895	<i>Brucella abortus</i>	Aborto bovino	Bang	1896, Bang e Stribolt
1896	<i>Salmonella Paratyphi B</i>	Febre paratífica	Achard e Bensaúde	Idem
1896	<i>Clostridium botulinum</i>	Botulismo	Van Ermengem	Idem
1898	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Intoxicação alimentar	De Nobele	Idem
1898	<i>Salmonella Paratyphi A</i>	Febre paratífica	Gwyn	Idem
1898	<i>Shigella dysenteriae</i>	Disenteria bacilar	Shiga	Idem
1900	<i>Bordetella pertussis</i>	Coqueluche	Bordet e Gengou	1906, Bordet e Gengou
1900	<i>Shigella flexneri</i>	Disenteria bacilar	Flexner	Idem
1903	<i>Streptococcus</i> do grupo “viridans”	Endocardite lenta	Schottmüller	Idem
1905	<i>Treponema pallidum</i>	Sífilis	Schaudinn e Hoffmann	-
1910	<i>Francisella tularensis</i>	Tularemia	McCoy e Chapin	Idem
1914	<i>Brucella suis</i>	Aborto suíno	Traum	Idem
1916	<i>Rickettsia prowazekii</i>	Tifo exantemático	Rocha Lima	1923, Wollbach e Schlesinger

Obs.: 1 - Ano da descoberta ou do cultivo *in vitro*.

2 - “Idem” refere-se aos mesmos nomes e datas constantes à esquerda.

Fonte: Adaptado de Bier, 1963.

Considerando apenas como exemplo a microbiota bacteriana do corpo humano, esta, em parte, está listada no Quadro 2, juntamente com outras bactérias, onde são distinguidas a localização, as classes de risco biológico, a implicação com produção de doenças e a frequência de isolamento. Esse quadro objetiva, de forma concisa, ressaltar o conhecimento de que o próprio homem, sadio ou portador de infecção bacteriana, pode contribuir para a disseminação de bactérias em um ambiente. Além disso, as classes de risco biológico apontadas orientarão para as medidas de prevenção de infecções relacionadas aos laboratórios que operam com bactérias infecciosas, ou potencialmente, permitindo a avaliação do risco inerente. Desse modo, auxiliará os projetos de instalações, equipamentos e práticas de segurança a serem adotados.

Quadro 2 – Bactérias estudadas na Fiocruz e aquelas encontradas na microbiota humana indígena ou em espécimes clínicos

Espécies	Localização preferencial	Classe de risco biológico	Frequência de isolamento	Envolvimento com doença
<i>Acinetobacter iodoaceticus</i>	d	2	B	II
<i>Aeromonas hydrophila</i>	e, g, h	2	B	II
<i>Bacillus anthracis</i>	d, g	3	C	III
<i>Bacillus cereus</i>	e	1	B	II
<i>Bacillus sphaericus</i>	nen	1	B	I
<i>Bacillus subtilis</i>	d, e, f, g, h	1	B	I
<i>Bacillus thuringiensis</i>	nen	1	B	I
<i>Bacillus vulgatus</i>	nen	1	C	I
<i>Bordetella bronchiseptica</i>	d	2	B	III
<i>Bordetella pertussis</i>	D	2	B	III
<i>Borrelia spp.</i>	d, e, g	2	B	I
<i>Branhamella (Moraxella) spp.</i>	d, f, h, i	2	B	II
<i>Burkholderia cepacia</i>	D	3	B	II
<i>Burkholderia mallei</i>	nen	3	B	III
<i>Campylobacter coli</i>	e	2	B	III
<i>Campylobacter fetus</i>	d, e, g	2	B	III

Quadro 2 – Bactérias estudadas na Fiocruz e aquelas encontradas na microbiota humana indígena ou em espécimes clínicos (continuação)

Espécies	Localização preferencial	Classe de risco biológico	Frequência de Isolamento	Envolvimento com doença
<i>Campylobacter jejuni</i>	e	2	B	III
<i>Chlamydia pneumoniae</i>	d	2	C	II
<i>Clostridium botulinum</i>	nen	3	B	II
<i>Clostridium sporogenes</i>	nen	2	B	II
<i>Clostridium tetani</i>	nen	3	B	III
<i>Enterobacter aerogenes</i>	e, f	2	B	II
<i>Enterobacter cloacae</i>	e, f	2	B	II
<i>Escherichia coli</i>	e, f	2	B	II
<i>Haemophilus ducreyi</i>	d, f	2	B	III
<i>Haemophilus influenzae</i>	d, f	2	B	III
<i>Legionella pneumophila</i>	d	2	B	II
<i>Leptospira interrogans</i>	f, g	2	C	III
<i>Listeria spp.</i>	f, g	2	C	II
<i>Micrococcus luteus</i>	d, g	1	A	I
<i>Mycobacterium avium</i>	nen	2	C	II
<i>Mycobacterium bovis</i>	nen	3	C	II
<i>Mycobacterium fortuitum</i>	e, g, h	2	C	II
<i>Mycobacterium leprae</i>	g	2	C	II
<i>Mycobacterium smegmatis</i>	f, g	1	B	II
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	d, h	3	C	III
<i>Mycoplasma orale</i>	d, h	2	B	II
<i>Neisseria meningitidis</i>	d, f, h	2	B	II
<i>Neisseria gonorrhoea</i>	d, e, f	2	B	III
<i>Proteus mirabilis</i>	e, f, g	2	B	II
<i>Proteus morgani</i>	d, e, g	2	B	II
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	d, f, g	2	B	II
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	d	2	B	II
<i>Salmonella Typhimurium</i>	e	2	B	III
<i>Salmonella Arizona</i>	e	2	B	II
<i>Salmonella Cholerasuis</i>	e	2	B	III
<i>Salmonella Enteritidis</i>	e	2	B	III

Quadro 2 – Bactérias estudadas na Fiocruz e aquelas encontradas na microbiota humana indígena ou em espécimes clínicos (continuação)

Espécies	Localização preferencial	Classe de risco biológico	Frequência de Isolamento	Envolvimento com doença
<i>Salmonella Gallinarum Pollorum</i>	e	2	B	II
<i>Salmonella Paratyphi</i>	e	2	B	III
<i>Salmonella Tifhy</i>	e	2	B	III
<i>Serratia Marcenses</i>	e, g	1	B	II
<i>Shigella flexneri</i>	e	2	B	II
<i>Shigella boydii</i>	e	2	B	II
<i>Shigella dysenteriae</i>	e	2	B	II
<i>Shigella sonnei</i>	e	2	B	II
<i>Staphylococcus aureus</i>	d, g, h	2	B	II
<i>Staphylococcus pyogenes</i>	d, g, h	2	B	III
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	d, h	2	B	III
<i>Treponema pallidum</i>	f, g, h	2	B	III
<i>Vibrio cholerae</i>	nen	2	B	III
<i>Yersinia enterocolitica</i>	nen	2	B	II
<i>Yersinia pestis</i>	nen	3	B	III

Obs.: 1 – Quanto à presença em espécimes clínicos humanos (infecção):

A – comumente encontrada; B – ocasionalmente encontrada; C – raramente encontrada.

2 – Quanto à localização preferencial ou ocasional:

d – encontrada no trato respiratório; e – encontrada no trato gastrointestinal; f – encontrada no trato genitourinário; g – encontrada em ferimento, queimadura e pele; h – encontrada no olho; i – encontrada no ouvido.

3 – Quando presente, seu envolvimento com produção de doença pode ser:

I – raramente envolvida; II – ocasionalmente envolvida; III – comumente envolvida.

4 – nen – não encontrada na microbiota humana.

Fonte: Richmond & McKinney, 2000; Koneman *et al.*, 2001; OMS, 2004; CTBio/Fiocruz, 2005; Balows *et al.*, 1991.

PROCEDIMENTOS DE BIOSSEGURANÇA COMO ESTRATÉGIA DE PREVENÇÃO EM LABORATÓRIO DE BACTERIOLOGIA

No âmbito desses conhecimentos, as boas práticas laboratoriais, preocupadas com a infraestrutura de laboratórios que lidam com representantes patogênicos do domínio *Bacteria*, bem como com a qualidade de trabalho que executam e as implicações dos fluxos de materiais e técnicos operadores, que geram riscos de infecções, suscitaram o progressivo surgimento de regulamentações nos níveis internacional e nacional. Dentro desse contexto, emergiu o conceito de biossegurança, que, no seu sentido mais abrangente, significa:

Conjunto de saberes direcionados para ações de prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, as quais possam comprometer a saúde do homem, dos animais, das plantas e do meio ambiente ou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos. (CTBio/Fiocruz, 2005)

No Brasil, o conceito de biossegurança e sua aplicação em todo o território nacional foi definido pela Lei de Biossegurança, n. 11.105, de 24 de março de 2005, da Presidência da República. Esta lei estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização, entre outras determinações sobre manipulação, cultivo, transporte, transferência, importação, exportação, armazenamento, pesquisa e descarte de microrganismos geneticamente modificados e seus derivados, dentro de um princípio de segurança total para o homem e o meio ambiente, e que se aplica, por extensão, à manipulação de todo e qualquer microrganismo vivo de interesse, uma vez que a biossegurança é, em sua essência, um conceito universal independentemente do microrganismo manipulado.

Os benefícios dessa legislação para o país são notáveis e já perceptíveis em instituições de pesquisa estatais e privadas, universidades, hospitais, laboratórios de saúde pública e laboratórios clínicos, além de instituições voltadas para atividades de produção que utilizam células e microrganismos vivos.

Adicionalmente, no contexto da Lei de Biossegurança e suas diretrizes, cabe chamar a atenção para o papel do chefe do laboratório e supervisores, que têm reafirmada sobre si a responsabilidade sobre a segurança de todas as pessoas envolvidas no trabalho. Devem, portanto, informá-las adequadamente sobre os riscos envolvidos em suas atividades no laboratório, fornecer equipamentos

de segurança coletiva e individual, bem como treiná-las ou assegurar que sejam treinadas no uso de práticas laboratoriais seguras do ponto de vista do risco biológico envolvido com o agente bacteriano manipulado.

CLASSIFICAÇÃO DE AGENTES BACTERIANOS EM FUNÇÃO DO SEU RISCO BIOLÓGICO

De acordo com a Comissão Técnica de Biossegurança da Fundação Oswaldo Cruz (CTBio/Fiocruz), bactérias patogênicas são agentes biológicos capazes de produzir doenças nos homens e animais e, portanto, são distribuídas em classes de risco biológico em função de critérios que incluem o nível de capacidade de se disseminar no meio ambiente, a estabilidade no meio ambiente, a endemicidade, o modo de transmissão, a existência ou não de medidas profiláticas (como vacinas) e a existência ou não de tratamentos eficazes. Outros fatores podem ser ainda levados em conta, como perdas econômicas geradas, vias de infecção, existência ou não da bactéria no país e a capacidade da mesma de se implantar em uma nova área.

As classes de risco biológico em geral e que, portanto, incluem as bactérias podem ser assim definidas (CTBio/Fiocruz, 2005):

- CLASSE DE RISCO 1 (baixo risco para o operador e para a coletividade) – incluem bactérias que não possuem a capacidade comprovada de causar doença em pessoas ou animais sadios.
- CLASSE DE RISCO 2 (risco individual e limitado risco para a comunidade) – incluem bactérias que causam doenças no homem ou nos animais, mas que não apresentam riscos sérios para os profissionais do laboratório, para a comunidade, para os animais e para o meio ambiente. As bactérias desta classe, quando não existentes no país, devem ter sua importação restrita, sujeita à autorização prévia das autoridades competentes.
- CLASSE DE RISCO 3 (alto risco individual e risco moderado para a comunidade) – incluem as bactérias que usualmente causam graves doenças humanas ou animais, as quais, no entanto, podem usualmente ser tratadas com medicamentos ou medidas terapêuticas gerais, representando risco moderado para a comunidade e para o meio ambiente. As bactérias desta classe, quando não existentes no país, devem ter sua importação restrita,

³ Consultar a legislação vigente para incineração.

sujeita à autorização prévia por parte das autoridades competentes.

- CLASSE DE RISCO 4 (alto risco individual e alto risco para a comunidade) – incluem as bactérias de alto risco biológico, que causam doenças humanas e animais de alta gravidade e capazes de se disseminar na comunidade. Esta classe inclui principalmente agentes virais. Os agentes desta classe, quando não existentes no país, devem ter sua importação proibida e, caso sejam identificados ou se tenha suspeita de sua presença no país, os materiais suspeitos de conter estes agentes devem ser manipulados com os níveis máximos de segurança disponíveis e devem ser destruídos por processos físicos (autoclavação) ou por processos químicos de reconhecida eficácia e posteriormente incinerados.³

Entende-se, assim, que todos os laboratórios clínicos ou de pesquisa na área de bacteriologia devam possuir uma cópia da classificação de bactérias por classe de risco biológico, bem como instalações apropriadas e compatíveis com a prática necessária para cada nível de biossegurança ou risco biológico. Além disso, devem dispor de equipamentos de proteção individual e coletiva e instruções específicas de referência para uso da equipe do laboratório.

Do ponto de vista de adequação e infraestrutura, os laboratórios são classificados em quatro níveis de biossegurança – NB-1, NB-2, NB-3 e NB-4. Tais níveis estão associados a uma progressão crescente de risco biológico que varia de acordo com a classe de risco do patógeno a ser manipulado. Os requerimentos mínimos, obrigatórios e opcionais, em termos de infraestrutura física e operacional para cada categoria de laboratório em função do nível de biossegurança, já foram definidos (CTBio/Fiocruz, 2005). Normalmente, o nível de biossegurança a ser utilizado irá depender da classe de microrganismo de maior risco envolvido em uma determinada atividade laboratorial. Quando o potencial patogênico do espécime a ser processado for desconhecido, o recomendável é fazer uma análise prévia a partir do maior número de informações possíveis para se determinar a categoria de laboratório a ser utilizada para aquela situação.

De uma maneira geral, todos os laboratórios clínicos e de pesquisa devem possuir, no mínimo, instalações e infraestrutura apropriadas para o processamento e a manipulação de espécimens ou microrganismos de classe de risco 2 (laboratório NB-2 ou nível de biossegurança 2). Laboratórios que processam espécimens suspeitos de conter patógenos ou que os cultivam, como o *Mycobacterium tuberculosis*, cepas de *Escherichia coli* (verotoxigênicas),

Brucella spp, *Clostridium botulinum*, *Bartonella* spp, *Pasteurella multocida* (tipo B), *Yersinia pestis*, *Bacillus anthracis*, entre outras bactérias definidas como de classe 3, devem ter instalações compatíveis com o nível de biossegurança 3 (NB-3) (CTBio/Fiocruz, 2005). Os laboratórios NB-4, por sua vez, destinam-se à manipulação de bactérias e outros microrganismos classificados como de risco biológico 4 e que demandam as condições mais rigorosas em termos de contenção e controle, uma vez que são extremamente perigosos para o pessoal de laboratório e podem causar doença epidêmica de alta gravidade.

TRANSFERÊNCIA E TRANSPORTE DE BACTÉRIAS

O termo ‘transferência’, no contexto da movimentação de espécimens para diagnóstico e bactérias, implementada por necessidade de trabalho, deve ser diferenciado de ‘transporte’. Transferência refere-se à movimentação de bactérias, ou espécimens clínicos, entre laboratórios de uma mesma instituição, normalmente entre laboratórios localizados em único edifício ou entre laboratórios localizados em edifícios da mesma instituição. Transporte, por sua vez, diz respeito ao conjunto de procedimentos necessários para a movimentação de um espécimen, ou bactéria, que envolva acondicionamento e empacotamento e a contratação de serviços de carregamento de materiais para envio por terra, ar ou mar (Richmond & McKinney, 2000).

A aplicação das normas de biossegurança começa com a colheita e a transferência (ou transporte) de espécimens clínicos, ou bactérias em cultivos ou *swabs*, para o laboratório. Nesse sentido, é necessário considerar infeccioso todo material clínico (sangue, escarro, urina, fezes etc.) até prova em contrário, e o médico ou profissional responsável pela transferência deve alertar o pessoal técnico envolvido na transferência sobre o risco existente. Uma vez colhido, o espécimen clínico ou a bactéria em cultura, *swabs* etc., precisam ser acondicionados em embalagem própria à prova de vazamento e, em seguida, colocados em uma caixa de transferência com alça, provida preferencialmente de isolamento térmico e gelo, se necessário. O procedimento deverá ser acompanhado de uma requisição padrão que identifique claramente a origem, o conteúdo, o responsável pelo envio e o destinatário, além de outras informações adequadas que forem necessárias.

Uma vez apropriadamente acondicionado, o material contido nesses recipientes, após a transferência, somente poderá ser retirado da caixa de transferência no laboratório destinatário em condições de segurança, em

conformidade com o nível de risco indicado, e executado por pessoal qualificado para fazê-lo (Denys, Gray & Snyder, 2004). Na Fiocruz, em algumas unidades, já é prática a transferência de bactérias ou espécimens clínicos diversos, o uso de caixas isotérmicas com corpo termoplástico, dupla camada em PVC e isolamento entre as paredes em poliuretano, tampa basculante com alça integrada e travamento automático, identificadas com sinal de risco biológico. Estas caixas são para uso interno e é vetada a sua circulação fora do *campus* da Fiocruz.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a regulamentação sobre o transporte de materiais infecciosos, independentemente do meio utilizado, tem como base as “Recomendações das Nações Unidas sobre Transporte de Mercadorias Perigosas”, que podem ser adotadas e normatizadas pelos programas nacionais visando ao controle da movimentação de bactérias e outros microrganismos patogênicos, bem como a segurança coletiva (OMS, 2004). Como se trata de área dinâmica e rapidamente atualizável em função do combate ao bioterrorismo nacional e internacional, os interessados, antes de enviar qualquer material, devem procurar se informar sobre possíveis alterações na regulação internacional de transporte, consultando as “Diretivas sobre Expedição de Substâncias Infecciosas”, publicada todos os anos pela Associação do Transporte Aéreo Internacional (Iata), e o próprio conjunto de regulamentos das Nações Unidas que sofre atualizações bienais.

É igualmente importante saber que o tráfego internacional de materiais infecciosos, ou potencialmente infecciosos, depende das regulamentações internacionais e nacionais de importação e exportação, e cada país pode apresentar particularidades que necessitam ser conhecidas *a priori* para se evitar a criação de situações inesperadas e de difícil solução (OMS, 2004).

O sistema de escolha destinado ao acondicionamento de bactérias e materiais infecciosos, ou potencialmente infecciosos, é o da embalagem tripla, formado por três elementos: um recipiente primário que contém o material, uma embalagem secundária que protege o recipiente primário e uma embalagem exterior que completa o sistema e protege a embalagem secundária contra impactos durante a manipulação e o transporte.

Uma grande parcela de responsabilidade, senão a sua totalidade, sobre acidentes associados a um determinado transporte de material infeccioso é do remetente desse material. Assim, cabe ao remetente classificar (classe de risco), identificar, embalar, etiquetar corretamente a remessa, além de providenciar

a documentação necessária e se certificar de que o material em questão foi preparado e embalado por pessoas qualificadas, especificamente treinadas para tal atividade (OMS, 2004).

ACIDENTES E PRINCIPAIS MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO BIOLÓGICO NO LABORATÓRIO DE BACTERIOLOGIA

Os equipamentos destinados à proteção individual (EPIs) e coletiva (EPCs) dos profissionais que atuam no âmbito dos laboratórios de segurança biológica são vários. Incluem jalecos, sapatilhas, toucas, luvas, máscaras, óculos protetores, elmos, capacetes com ar filtrado, cabines de segurança biológica, *glove boxes*, entre outros. Para efeito de suas especificações, dependem do nível de segurança biológica estabelecido para cada laboratório, bem como da classe de risco da bactéria a ser manipulada. Apesar do uso de EPIs e EPCs e da implementação de procedimentos operacionais padronizados (POPs), destinados a minimizar o risco, acidentes ocorrem com frequência e o laboratório deve estar preparado para gerenciar estes acidentes e os riscos associados. Segundo a OMS (2004), cada laboratório – particularmente os de nível 3 e 4 (NB-3 e NB-4) – deve elaborar um plano de emergência que inclua ações planejadas para: gerenciamento de ferimentos do tipo agulha contaminada, cortes e abrasão; ingestão de material potencialmente contaminado; formação de aerossóis potencialmente perigosos; recipientes partidos e materiais infecciosos derramados; quebra de tubos de material potencialmente infeccioso ou infeccioso em centrífugas etc. Igualmente, é necessário estar preparado para agir diante da eventualidade de um incêndio ou desastre natural. O plano de emergência deve indicar os procedimentos operacionais para cada uma dessas situações e deve ser do conhecimento de toda a equipe do laboratório.

Os acidentes mais comuns com bactérias patogênicas incluem formação de aerossóis, quebra de tubos ou frascos de cultura e quebra de tubos durante operação de centrifugação. Por exemplo, diante de um caso de formação de aerossóis de natureza infecciosa, a área laboratorial deverá ser evacuada. Os profissionais expostos precisam ser encaminhados para receberem atendimento médico e a descontaminação só poderá ser iniciada uma hora após o acidente, de modo que as partículas mais pesadas dos aerossóis se depositem no chão. Recipientes quebrados contendo bactérias patogênicas deverão ser cobertos com material absorvente (pano ou papel) e, em seguida, aspergidos com

desinfetante adequado e reconhecidamente eficaz para o patógeno envolvido no acidente. No caso de quebra de tubos em centrifuga, deve-se interromper o funcionamento do equipamento e aguardar pelo menos trinta minutos com a tampa fechada antes de iniciar o processo de descontaminação e limpeza. Todos os tubos, quebrados ou não, rotor e superfícies atingidas pelo material infeccioso deverão ser tratados com um desinfetante eficaz contra a bactéria envolvida. É importante ter-se em mente que, dentre todas as medidas preventivas e de fácil implementação, a vacinação de todos os membros da equipe contra os patógenos manipulados é a medida de maior eficácia e de maior custo-benefício para o laboratório (OMS, 2004).

CONCLUSÃO

As histórias da bacteriologia e da biossegurança são indissociáveis e remontam aos trabalhos iniciais de Louis Pasteur (1822-1895) e Robert Koch (1843-1910) e aos estudos de Semmelweis (1847) e Lister (1867), além de muitos outros no campo da antisepsia que, em sua essência, estão associados às bases da biossegurança como a entendemos hoje. No contexto brasileiro mais recente, o conceito de biossegurança e sua aplicação em todo o território nacional foram redefinidos pela Lei de Biossegurança, de 2005, que estabelece normas de segurança para manipulação, cultivo, transporte, transferência, importação, exportação, armazenamento, pesquisa e descarte de microrganismos, inclusive de bactérias patogênicas.

De acordo com a Lei de Biossegurança, o risco relativo à manipulação de bactérias patogênicas (classes 1-4) é gerenciável e deve ser minimizado, ou abolido, através da construção de laboratórios de segurança biológica adequados (NB-1 a NB-4) contendo EPIs e EPCs necessários às suas atividades, além de POPs apropriados e descritivos para orientar as ações de seu funcionamento. No contexto da Lei de Biossegurança e do conhecimento atual, é inaceitável a falta de controle sobre o risco nas atividades com bactérias em universidades, instituições de pesquisa, laboratórios clínicos, hospitais ou rede de saúde pública. Todos os laboratórios, sem exceção, devem se adequar no tocante à sua estrutura física e ambiental, bem como atualizar seus equipamentos. Adicionalmente, devem buscar a implementação desse conceito, além de qualificar seu pessoal para melhor gerenciá-los.

REFERÊNCIAS

- BALOWS, A. *et al.* *Manual of Clinical Microbiology*. 5. ed. Washington, DC: American Society for Microbiology, 1991.
- BIER, O. *Bacteriologia e Imunologia*. 11. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1963.
- CTBIO/FIOCRUZ (Comissão Técnica de Biossegurança/Fundação Oswaldo Cruz). *Procedimentos para a Manipulação de Microrganismos Patogênicos e/ou Recombinantes na Fiocruz*. Rio de Janeiro: CTBio, 2005. (Manual Técnico).
- DENYS, G. A.; GRAY, L. D. & SNYDER, J. W. *Packing and Shipping of Diagnostic Specimens and Infectious Substances: cumulative techniques and procedures in clinical microbiology*. Washington, DC: ASM Press, 2004.
- ICICT (Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde)/FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz). *Gaspar Vianna*. Rio de Janeiro: Icict/Fiocruz, 2006. (Série Biografias).
- KONEMAN, W. E. *et al.* *Diagnóstico Microbiológico*. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2001. (Texto e atlas colorido).
- MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M. & PARKER, J. *Brock, Biology of Microorganisms*. 10. ed. New Jersey: Prentice Hall, Pearson Education, 2003.
- OMS (Organização Mundial da Saúde). *Manual de Segurança Biológica em Laboratório*. 3. ed. Genebra: OMS, 2004.
- RICHMOND, Y. J. & MCKINNEY, W. R. *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*, CDC/USA n. 93, 8.395, 1999. (Traduzido por A. R. Santos; M. A. Millington & M. C. Althoff. *Biossegurança em Laboratórios Biomédicos e de Microbiologia* Brasília: Ministério da Saúde, 2000).

BIOSSEGURANÇA NA MANIPULAÇÃO DE FUNGOS

Cíntia de Moraes Borba

Os fungos são organismos heterotróficos, eucarióticos e pertencem ao reino *Fungi*. São diferentes de todos os outros organismos existentes, seja no comportamento, seja na organização celular. Desempenham distintas atividades na natureza, desde patógenos de humanos e plantas a organismos decompositores. Também são utilizados em modelos experimentais para investigações genéticas e de biologia celular.

Em termos de diversidade, estima-se que há aproximadamente 1,5 milhão de espécies diferentes de fungos, mas somente cerca de 75 mil foram descritas até o momento. Desse total conhecido, cerca de quatrocentas causam doenças no homem, nos animais ou nas plantas.

De um modo geral, existem dois grandes grupos de fungos: leveduras e fungos filamentosos. Os fungos filamentosos crescem produzindo filamentos que se ramificam, conhecidos como hifas, e se reproduzem por esporos. Já as leveduras são arredondadas e se reproduzem formando novas células semelhantes a elas por um processo chamado brotamento. No entanto, existem fungos que alternam de forma, passando de levedura a fungo filamentoso em resposta a condições ambientais. São os chamados fungos dimórficos, que incluem várias espécies patogênicas para os humanos.

Micologia é a ciência que estuda os fungos. Os micologistas, ou qualquer outro profissional ao trabalhar com esses microrganismos, devem estar conscientes do risco em adquirir uma infecção micótica, pois muitos acidentes de laboratório já foram descritos ao longo da história. O levantamento mais consultado e que serve de referência a todos aqueles que estudam os riscos na manipulação de fungos é a publicação de Hanel e Kruse (1967). Eles organizaram uma revisão de micoses adquiridas em laboratório e os

procedimentos que facilitaram a aquisição da infecção. O trabalho coletou dados de profissionais que trabalhavam com *Coccidioides immitis*, *Histoplasma capsulatum*, *Blastomyces dermatitidis*, *Sporothrix schenckii* e dermatófitos.

Dos acidentes conhecidos, a principal causa da contaminação foi a formação de aerossóis durante procedimentos de maceração de material biológico, seguida de aerossóis gerados por agulhas e seringas. Os profissionais contaminados pertenciam às classes de bioterista, pesquisador assistente, lavador de material laboratorial e até mesmo secretária, enfocando, neste caso, a contaminação de profissionais que não estavam diretamente envolvidos na manipulação de fungos.

Muitos outros acidentes de laboratório já foram registrados, incluindo desde contaminações por quebra de frasco ou tubo contendo culturas e acidentes com centrífuga (Pike, 1976) até a dispersão de esporos fúngicos por sistema de ventilação de edificação laboratorial (Hanel & Kruse, 1967).

Padhye e colaboradores (1998) chamaram a atenção para a falta de padrões de biossegurança no manuseio de fungos considerados importantes na área médica. Eles relacionaram o tipo de acidente laboratorial com a micose adquirida (Quadro 1).

Quadro 1 - Correlação entre o tipo de acidente laboratorial com a micose adquirida

Acidente laboratorial	Micoses
LESÕES NA PELE	
• Necropsia	Blastomicose, histoplasmose, coccidioidomicose
• Ferimento com agulha	Blastomicose, histoplasmose, esporotricose, peniciliose por <i>Penicillium marneffe</i> , criptococose
• Mordida de animal infectado	Blastomicose, esporotricose
• Contato com animal infectado	Dermatofitose
MATERIAL EM CONTATO COM A PELE INTACTA	Esporotricose
RESPINGO NA CONJUNTIVA	Esporotricose
INALAÇÃO DE FILAMENTOS OU SOLO CONTAMINADO	Coccidioidomicose, histoplasmose, blastomicose

Fonte: Padhye *et al.*, 1998.

O mais recente relato sobre infecção fúngica grave adquirida durante trabalho laboratorial ocorreu em 1992. Um médico veterinário residente, ao fazer uma necropsia em um cavalo, constatou um caso de coccidioidomicose disseminada. Após 13 dias, o veterinário apresentou febre, perda de peso e *rash* cutâneo. Exames foram realizados e o diagnóstico clínico de coccidioidomicose disseminada foi então acordado entre os profissionais da saúde. O paciente foi tratado adequadamente, no entanto, evoluiu para uma meningite coccidioidal (Kohn *et al.*, 1992). Os autores deste estudo chamam a atenção para o fato de a contaminação ter ocorrido na ausência do elemento infectante, o artrosporo (esporo). Eles postulam que a infecção foi adquirida pela inalação de endosporos aerolizados durante a dissecação de regiões do cavalo contendo abscessos, pois não houve relato de qualquer ferimento ocorrido durante a necropsia. Além disso, ressaltam que o profissional somente usava um avental e luvas de polivinil.

Diante do exposto, cuidados especiais devem ser tomados durante a manipulação de fungos para evitar a exposição aos mesmos. O contato com fungos pode ocorrer, principalmente, por: 1) inalação de partículas fúngicas; 2) ingestão; 3) inoculação direta como resultado de acidentes com perfurocortantes e outras injúrias.

Durante o trabalho laboratorial, acidentes acontecem. Em se tratando de fungos vivos, três normas gerais de segurança devem ser adotadas: 1) prender a respiração e deixar a sala imediatamente, fechando a porta; 2) avisar todas as pessoas do laboratório e não permitir a entrada na área contaminada; 3) descontaminar o local do acidente.

PRINCIPAIS FUNGOS CAUSADORES DE INFECÇÕES MICÓTICAS

Coccidioides immitis e *Coccidioides posadasii*

São fungos dimórficos que habitam o solo. O micélio cresce rapidamente em filamentos brancos que se quebram gradualmente em artrosporos, tornando-se livres no ar. Uma vez inalado pelo indivíduo, o artrosporo se converte, no tecido parasitado, em elementos esféricos (esférula), não brotantes, repletos de endosporos. Estas espécies são consideradas os agentes micóticos mais virulentos. A doença coccidioidomicose é uma infecção respiratória benigna que pode se resolver espontaneamente ou progredir para uma doença sistêmica severa (Comrie, 2005).

Os indivíduos que trabalham em laboratório com esses fungos têm se exposto por ambas as vias, respiratória e cutânea. Devido ao tamanho dos artrósporos, de 2 a 5 µm, o risco de inalação é grande e, quando isso ocorre, são retidos nos espaços pulmonares profundos. A esférula, por ser maior, de 30 a 60 µm, reduz consideravelmente a eficácia desta forma do fungo como um patógeno transportado pelo ar. Porém, pode ocorrer inoculação subcutânea da forma de esférula, resultando na formação de granulomas locais cutâneos que, segundo Smith e colaboradores (1961), resolvem espontaneamente sem a ajuda de medicação.

Nível de biossegurança recomendado ao se trabalhar com C. immitis e C. posadasii

- NB-2 – manuseio e processamento de espécimes clínicos e no trabalho com animais experimentais, pois a urina destes pode conter o fungo;
- NB-3 – trabalho com a fase filamentosa esporulada, em processamento de solo ou outros materiais ambientais conhecidos, ou que provavelmente contenham artrósporos infecciosos.

Histoplasma capsulatum

É um fungo dimórfico que se caracteriza por apresentar uma fase filamentosa no solo ou em meio de cultura à temperatura ambiente, como colônia algodonosa de crescimento rápido, inicialmente branca. Constitui-se de hifas, nas quais nascem conídios (esporos) sésseis ou em curtos conidióforos. Dois tipos de conídios são vistos: microconídios, pequenos, esféricos medindo cerca de 2 a 6 µm, e macroconídios, grandes, de 8 a 15 µm, esféricos e tuberculados. A inalação de conídios e fragmentos miceliais é provavelmente o modo de infecção mais importante desse organismo. Já a 37°C, em cultura ou em tecido parasitado, elementos ovalados com brotamento unipolar ligado por estreito istmo são vistos. A histoplasmose pode ser uma micose pulmonar aguda, subaguda, crônica ou sistêmica. O microrganismo tem predileção pelo sistema retículo endotelial e pode envolver alguns órgãos, incluindo o sistema nervoso central (Bulmer & Fromtling, 1983).

Essa doença fúngica associada ao trabalho laboratorial está bem documentada (CDC, 2007; Collins, 1983; Hanel & Kruse, 1967; Pike, 1976). As infecções pulmonares resultaram do manuseio de culturas na forma micelial, das coletas e dos processamentos de amostras de solo e as infecções locais, de ferimentos na pele. Os conídios produzidos pelo *H. capsulatum* são resistentes

à desidratação e podem permanecer viáveis por períodos longos de tempo. Seu pequeno tamanho facilita a dispersão pelo ar e a retenção intrapulmonar. Os conídios desse fungo são encontrados em culturas miceliais esporulando e em solo de áreas endêmicas. Já a forma de levedura é identificada em tecidos ou em fluidos biológicos de animais infectados.

Nível de biossegurança recomendado ao se trabalhar com H. capsulatum

- NB-2 – manuseio e processamento de espécimes clínicos e no trabalho com tecidos animais;
- NB-3 – manipulação de culturas filamentosas identificadas como *H. capsulatum*, bem como no processamento de solo ou outro material ambiental conhecido ou que provavelmente contenha conídios infecciosos.

Paracoccidioides brasiliensis

É um fungo dimórfico e agente causal da paracoccidioidomicose. É encontrado como elementos esféricos, apresentando um ou mais brotamentos no pus, nos líquidos orgânicos, nos tecidos e em cultura a 37°C. Em cultivo, à temperatura ambiente, ele forma colônias filamentosas compostas de hifas, clamidosporos e aleuriosporos (San-Blas, Nino-Veja & Iturriaga, 2002). As manifestações clínicas resultam da inalação de elementos infectantes do fungo ou da reativação de lesão primária quiescente e são aquelas de uma doença granulomatosa crônica, com envolvimento dos pulmões, sistema retículo-endotelial, áreas mucocutâneas e outros órgãos.

Ao se trabalhar com a fase leveduriforme, o risco de se contaminar é por inoculação accidental do fungo. Com a fase micelial, o perigo de se inalar elementos infectantes é grande, principalmente quando se trabalha com meios pobres que induzem a esporulação. No entanto, a paracoccidioidomicose associada a acidentes de laboratório não tem sido documentada.

Nível de biossegurança recomendado ao se trabalhar com P. brasiliensis

- NB-2 – manuseio de espécimes clínicos, processamento de animais, culturas filamentosas e leveduriformes em meios ricos.

Recomenda-se aumentar o nível de contenção e o uso de equipamentos de proteção individual durante a manipulação de culturas filamentosas crescidas

em meios pobres e processamento de solo ou outro material ambiental com suspeita de conter esporos fúngicos.

Blastomyces dermatitidis

É um fungo dimórfico encontrado no solo. Cresce lentamente em meio sólido à temperatura ambiente, formando colônias com micélio aéreo branco tornando-se marrom. Produz conídios (esporos) esféricos a ovais originados de curtos conidióforos ou conídios piriformes a esféricos nascidos terminalmente na hifa. A 37°C desenvolvem-se colônias leveduriformes apresentando grandes células esféricas com unibrotamentos. A blastomicose é uma doença crônica supurativa e granulomatosa (Bradsher, Chapman & Pappas, 2003).

Durante o trabalho laboratorial com esse agente, corre-se o risco de inoculação acidental de formas de levedura presentes nos tecidos de animais infectados e em espécimes clínicos. Essa inoculação pode causar a formação de granulomas locais que regridem espontaneamente (Larson *et al.*, 1983). Outro perigo é a manipulação de culturas filamentosas contendo conídios deste fungo, que podem levar à produção e, conseqüentemente, à exposição aos aerossóis.

Nível de biossegurança recomendado ao se trabalhar com B. dermatitidis

- NB-2 – trabalho com animais, materiais clínicos e culturas leveduriformes;
- NB-3 – manipulação de culturas filamentosas, solo e outros materiais contendo conídios infecciosos de *B. dermatitidis*.

Cryptococcus neoformans

É uma levedura patogênica, apresentando em seu aspecto parasitário, ou em cultivo, elementos normalmente arredondados, ovais ou em forma de limão, de 3 a 8 µm de diâmetro, uni ou bibrotantes, encapsulados. A criptococose é adquirida por inalação de propágulos de leveduras desidratadas e/ou basidiosporos (da forma perfeita do fungo *Filobasidiella neoformans*) a partir de fontes ambientais (Lortholary *et al.*, 2004). Na maioria dos casos, ocorre infecção pulmonar regressiva, sem manifestações clínicas ou radiológicas. Contudo, alguns indivíduos desenvolvem quadros pulmões (pneumonia, pseudotumor) acompanhados ou não de disseminação por via hematogênica, com frequente acometimento do sistema nervoso central (Kwon-Chung & Bennett, 1992).

Quando se trabalha com culturas desse fungo ou com materiais contaminados, a inoculação parenteral acidental é um perigo em potencial para o pessoal de laboratório, particularmente para aqueles que estejam imunocomprometidos. Outros riscos também são as mordidas de camundongos infectados experimentalmente, a manipulação de materiais ambientais infectados (por exemplo, fezes de pombo) e o contato com material contaminado com urina de animais infectados (Kwon-Chung & Bennett, 1992).

Cuidados também devem ser tomados quando se trabalha com *Cryptococcus gattii*, outra espécie desse gênero, pois acomete indivíduos imunocompetentes com formação de grandes massas fúngicas nos pulmões e no cérebro. A criptococose por *C. gattii* é considerada uma doença de alta morbidade (Datta *et al.*, 2009).

Nível de biossegurança recomendado ao se trabalhar com C. neoformans e C. gattii

- NB-2 – manuseio de materiais clínicos, de culturas puras, de animais infectados experimentalmente, processamento de solo ou manipulação da fase perfeita do fungo *Filobasidiella neoformans* e *F. bacillispora*, respectivamente.

Sporothrix schenckii

É um fungo dimórfico que se apresenta à temperatura ambiente como filamentosos, formando colônias esteliformes tornando-se membranosas e sulcadas, com coloração variando do branco ao negro. O *S. schenckii* vive na natureza, usualmente associado a vegetais, e é inoculado acidentalmente na pele ou no tecido subcutâneo determinando lesão subcutânea. Em cultivo enriquecido de sangue a 37°C, em tecido parasitado e no pus, se apresenta sob a forma de elementos navicular e charuto, além de corpos asteroides. Esta fase chamada de leveduriforme apresenta colônias brancas e cremosas. Ocasionalmente, o fungo pode ser inalado causando a forma sistêmica. A lesão inicial é uma pápula ou um nódulo que surge no ponto de inoculação. Propaga-se por contiguidade, determinando a lesão circunscrita, ou por via linfática, produzindo uma série de lesões lineares (Rosa *et al.*, 2005).

Tem-se documentado um número significativo de infecções na pele e nos olhos de pessoas que trabalham em laboratório manipulando *S. schenckii*. Muitos casos estão associados a acidentes e envolvem respingos de materiais de culturas nos olhos, arranhão ou injeção de material infectado na pele ou

mordidas de animal infectado experimentalmente, assim como contaminação durante necropsia de animais. Não há registro de infecção pulmonar resultante da exposição ao fungo em laboratório, embora naturalmente ocorra doença pulmonar pela inalação do fungo (CDC, 2007). Em todos os casos de contaminação, foi necessária terapia medicamentosa (Kwon-Chung & Bennett, 1992).

Nível de biossegurança recomendado ao se trabalhar com S. schenckii

- NB-2 - manipulação de culturas puras, materiais clínicos e animais apresentando a doença.

Dermatófitos: Epidermophyton, Microsporium e Trichophyton

Dermatofitoses constituem manifestações clínicas variadas, causadas por dermatófitos que produzem lesões na pele, nos pelos e/ou nas unhas. Os dermatófitos são saprófitas no solo, onde vivem sobre restos de queratina. O fungo em parasitismo é visto como hifas hialinas, septadas e ramificadas. As hifas podem se desarticular formando os artroconídios. Em cultivo, na maioria das espécies, pode-se verificar a presença de micro e macroconídios.

O processamento de material clínico não tem sido associado a infecções de laboratório. Raramente há contaminação por manipulação de culturas puras. As infecções por dermatófitos são adquiridas por contato com animais de laboratório infectados experimentalmente ou naturalmente. Para Collins (1983), o *T. mentagrophytes* parece ser o fungo mais frequentemente associado com infecções laboratoriais.

Nível de biossegurança recomendado ao se trabalhar com dermatófitos

- NB-2 - manuseio de animais de laboratório infectados com infecções inaparentes ou aparentes. Materiais clínicos e culturas não são fontes importantes de infecção humana, no entanto, recomenda-se a utilização de equipamentos de proteção individual.

FUNGOS EMERGENTES COMO PATÓGENOS OPORTUNISTAS

Os fungos oportunistas têm emergido com grande frequência como causa importante de morbidade e mortalidade. Possuem virulência baixa. Por isso, para invadir um hospedeiro, necessitam que o mesmo esteja com suas defesas diminuídas para que se estabeleça uma infecção. O aumento destas micoses emergentes está em paralelo com o incremento de pacientes imunocomprometidos por enfermidades ou condições como transplantes, doenças malignas (como leucemias e linfomas), enfermidades crônicas granulomatosas, diabetes *mellitus*, síndrome de imunodeficiência adquirida, neutropenias associadas a enfermidades ou drogas, pacientes após grandes cirurgias, transgressão da barreira mucocutânea, utilização de catéteres intravasculares centrais permanentes, uso generalizado de antibióticos de amplo espectro, terapia imunossupressora, agentes quimioterápicos, abuso do uso de álcool, drogas, má nutrição e até a crescente expectativa de vida. Esses são fatores que contribuem para o aumento dos patógenos emergentes, produzindo quadros clínicos com sintomatologia cutânea, mucosa ou sistêmica (Montiel, 2004).

Várias são as espécies que podem causar infecções em hospedeiros imunocompetentes e imunocomprometidos, entre elas: *Cladophialophora bantiana*, *Penicillium marneffeii*, *Exophiala dermatitidis*, *Fonsecaea pedrosoi*, *Fusarium solani* e *Paecilomyces lilacinus*. Torres-Rodríguez (1996) listou uma série de espécies fúngicas, consideradas atualmente como patógenos oportunistas emergentes, recomendando, portanto, precaução ao manipulá-las sempre em condições de NB-2 (Quadro 2).

Quadro 2 - Relação de algumas espécies de fungos agentes de micoses oportunisticas

<p><i>Acremonium</i> spp. <i>Alternaria</i> spp. <i>Aphanoascus fulvescens</i> <i>Aspergillus</i> spp. <i>Beauveria bassiana</i> <i>Candida</i> spp. <i>Conidiobolus incongruus</i></p>

Quadro 2 – Relação de algumas espécies de fungos agentes de micoses oportunistas (continuação)

<i>Cunninghamella bertholletiae</i>
<i>Fusarium</i> spp.
<i>Geotrichum candidum</i>
<i>Mucor</i> spp.
<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>P. variotii</i>
<i>Phoma</i> spp.
<i>Schizophyllum commune</i>
<i>Scopulariopsis</i> spp.
<i>Trichosporon</i> spp.

Obs.: spp. = espécies

Fonte: Torres-Rodríguez, 1996.

O QUE FAZER EM CASO DE ACIDENTE DURANTE UM PROCEDIMENTO LABORATORIAL ENVOLVENDO FUNGOS?

Acidentes envolvendo fungos podem ocorrer dentro ou fora da cabine de segurança biológica. Segundo McGinnis (1980), devemos colocar em prática as seguintes recomendações:

1) Em casos de acidentes fora da cabine de segurança com espécimes clínicos e culturas de fungos que não são potencialmente perigosos:

- Feche a ventilação da área e espere aproximadamente por uma hora antes de entrar, até que os aerossóis possam ser depositados.
- Vista um jaleco de mangas compridas, máscara e luvas de borracha. Cubra o material clínico ou a cultura quebrada com hipoclorito de sódio a 5% diluído à razão de 1:10 para obter uma concentração final de 5 gramas/litro de cloro livre.
- Mantenha a área molhada com o desinfetante por aproximadamente uma hora antes de limpá-la.
- Desinfete todos os equipamentos contaminados ou potencialmente contaminados.

- Autoclave e descarte todos os resíduos após a desinfecção do local do acidente, porém antes da autoclavação retire o excesso de hipoclorito de sódio. Se as mãos entrarem em contato com o material contaminado, lave-as com sabão e água ou com álcool isopropílico a 70%, ou ambos.
- 2) Em caso de acidentes fora da cabine de segurança envolvendo fungos perigosos:
- Feche a ventilação da área e espere, aproximadamente, por uma hora antes de entrar na sala.
 - Vista um macacão ajustado nos pulsos, máscara, luvas e cubra os sapatos. Coloque na área do acidente hipoclorito de sódio a 5%. Espalhe o desinfetante ao redor do local, mas não diretamente sobre o derramado para não produzir aerossóis.
 - Coloque papel-toalha embebido com o desinfetante sobre o derramado por uma hora. A descontaminação com formaldeído se faz necessária quando se tratar de agentes da classe de risco 3.
 - Autoclave todos os materiais contaminados durante o acidente, após retirar o excesso do hipoclorito de sódio ou do formaldeído.
 - Limpe os equipamentos e acessórios do laboratório com hipoclorito de sódio a 5%.
- 3) Em casos de acidentes ocorrendo em uma centrífuga:
- Prenda a respiração e desligue a centrífuga imediatamente e deixe a sala fechando a porta.
 - Comunique ao pessoal do laboratório e feche a ventilação da área.
 - Espere por aproximadamente uma hora.
 - Vista roupa protetora, entre na sala e desinfete a centrífuga com hipoclorito de sódio a 5% diluído a 1:10.
 - Limpe os equipamentos e desinfete a sala.
 - Autoclave o material contaminado.
- 4) Em caso de acidentes dentro da cabine de segurança com fungos perigosos:
- Deixe a cabine.
 - Vista luvas, esfregue todas as paredes, superfícies de trabalho e equipa-

mentos com hipoclorito de sódio a 5%, diluído a 1:10, deixando o desinfetante em contato com as superfícies da cabine por dez a 15 minutos.

- Autoclave as luvas e esponjas.

CONCLUSÃO

Ao trabalhar em um laboratório, seja ele micológico ou microbiológico, deve-se sempre lembrar que a segurança é de responsabilidade pessoal, da chefia do laboratório e da instituição. É importante que o profissional tenha conhecimento da legislação brasileira de biossegurança e suas normas, pois as mesmas abordam questões para a redução dos riscos envolvidos e para a implantação de um trabalho de qualidade no ambiente laboratorial. Com o conhecimento adequado, é possível adotar medidas de proteção, assumir uma postura diferenciada e pró-ativa com relação à prática de procedimentos que garantam não só a segurança individual como a segurança coletiva e, conseqüentemente, evitar acidentes (Borba & Armôa, 2007).

Adicionalmente, em relação ao trabalho com fungos, o trabalhador deve estar consciente de que não há vacinas ou profilaxias medicamentosas indicadas antes de se trabalhar com esses agentes. E em caso de acidentes, todos aqueles que entraram em contato com partículas fúngicas devem procurar atendimento médico.

REFERÊNCIAS

- BRADSHER, R. W.; CHAPMAN, S. W. & PAPPAS, P. G. Blastomycosis. *Infectious Disease Clinics of North America*, 17: 21-40, 2003.
- BORBA, C. M. & ARMÔA, G. R. G. Biossegurança em laboratórios de microbiologia. *Microbiologia in Foco*, 2: 13-19, 2007.
- BULMER, G. S. & FROMTLING, R. A. Pathogenic mechanisms of mycotic agents. *In*: HOWARD, D. H. (Ed.) *Fungi Pathogenic for Humans and Animals*. Part B: Pathogenicity and Detection I. New York: Marcel Dekker, 1983.
- CDC (Center for Disease Control). National Institutes of Health. *Biosafety in Microbiological Biomedical Laboratories*. 5 ed. Washington: CDC, 2007.
- DATTA, K. *et al.* Spread of *Cryptococcus gattii* into Pacific Northwest region of the United States. *Emerging Infectious Disease*, 15: 1.185-1.191, 2009.

- HANEL, E. & KRUSE, R. H. Laboratory-acquired Mycoses. *Miscellaneous Publication*, 28: 1, 1967.
- KOHN, G. J. *et al.* Acquisition of coccidioidomycosis at necropsy by inhalation of coccidioidal endospores. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 15: 527-530, 1992.
- KWON-CHUNG, K. J. & BENNETT, J. E. *Medical Mycology*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1992.
- LARSON, D. M. *et al.* Primary cutaneous (inoculation) blastomycosis: an occupational hazard to pathologists. *American Journal of Clinical Pathology*, 79: 253, 1983.
- LORTHOLARY, O. *et al.* Pulmonary cryptococcosis. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*, 25: 145-157, 2004.
- MCGINNIS, M. R. *Laboratory Safety: laboratory handbook of medical mycology*. New York: Academic Press, 1980.
- MONTIEL, H. V. Patógenos emergentes en micosis cutaneas y sistémicas. *Dermatología Venezolana*, 42: 4-18, 2004.
- PADHYE, A. A. *et al.* Biosafety considerations in handling medically important fungi. *Medical Mycology*, 36: 258-265, 1998.
- PIKE, R. M. Laboratory-associated infections: summary and analysis of 3,921 cases. *Health Laboratory Science*, 13: 104, 1976.
- ROSA, A. C. *et al.* Epidemiology of sporotrichosis: a study of 304 cases in Brazil. *American Academy of Dermatology*, 52: 451-459, 2005.
- SAN-BLAS, G; NINO-VEGA, G. & ITURRIAGA, T. *Paracoccidioides brasiliensis* and Paracoccidioidomycosis: molecular approaches to morphogenesis, diagnosis, epidemiology, taxonomy and genetics. *Medical Mycology*, 40: 225-242, 2002.
- SMITH, C. E. *et al.* Human coccidioidomycosis. *Bacteriology Review*, 25: 310, 1961.
- TORRES-RODRÍGUEZ, J. M. Nuevos hongos patógenos oportunistas emergentes. *Revista Iberoamericana de Micología*, 13: 30, 1996.

ACIDENTES DO TRABALHO COM MATERIAL BIOLÓGICO

Cristiane Rapparini

Há muito tempo as repercussões do trabalho na vida e na saúde do homem vêm sendo objeto de reflexões e análises. As doenças e os acidentes relacionados ao trabalho constituem um importante problema de saúde pública.

Os trabalhadores da área da saúde sujeitos ao risco de exposições percutâneas envolvendo material biológico representam 12% da população trabalhadora, um universo de 35 milhões de pessoas em todo o mundo. Historicamente, esses profissionais não vinham sendo considerados como categoria de alto risco para acidentes do trabalho e doenças ocupacionais.

Nas últimas três décadas, diferentes estudos realizados nos campos das ciências sociais e humanas e nas ciências da saúde, em relação aos processos de saúde e doença desses trabalhadores, têm revelado dados alarmantes. Na atividade da área da saúde, há exposição a uma multiplicidade de riscos: físicos, químicos, biológicos, psicossociais, ergonômicos, mecânicos e de acidentes.

As estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS) são da ocorrência mundial de três milhões de acidentes percutâneos com agulhas contaminadas por material biológico por ano entre trabalhadores da área da saúde. Baseando-se em um modelo de estudo de carga de doenças, a OMS considera que, em 2000, possam ter ocorrido 16 mil casos de hepatite C, 66 mil de hepatite B e mil de infecção pelo HIV devido a exposições ocupacionais percutâneas entre estes trabalhadores.

ACIDENTES E DOENÇAS RELACIONADAS AO TRABALHO

Contexto Internacional

Dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT) revelam uma média diária de aproximadamente seis mil mortes de trabalhadores como

resultado de acidentes ou doenças relacionadas ao trabalho, totalizando anualmente mais de 2,2 milhões de mortes. Retratam ainda que, anualmente, 270 milhões de trabalhadores são vítimas de acidentes do trabalho que levam ao afastamento, por pelo menos três dias, e a ocorrência de 160 milhões de incidentes que originam doenças relacionadas ao ambiente profissional. Estes números podem subestimar de forma importante a realidade, principalmente pela fragilidade da cobertura e notificação dos sistemas de informações de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho nos diversos países

Contexto Nacional

No Brasil, o reconhecimento do acidente do trabalho como evento crítico na saúde do trabalhador foi oficialmente identificado como gravíssimo problema de saúde pública desde a década de 1970. A queda observada no número de acidentes do trabalho nos últimos anos no país pode ser explicada como resultado de vários fatores, que vão desde a adoção de uma política de engenharia de segurança e medicina do trabalho, com o estabelecimento de normas regulamentadoras e formação específica de profissionais, até as questões que não refletem, na realidade, melhorias na qualidade de saúde e segurança no trabalho, mas que estão relacionadas a restrições que a legislação sofreu progressivamente no conceito do acidente e das doenças relacionadas ao trabalho, o que implicou mudança na concessão de benefícios.

A despeito da tendência de declínio nas últimas décadas, a mortalidade vem se mantendo em patamares mais elevados do que a de outros países. O aumento da letalidade, concomitante à tendência declinante da mortalidade, tem sido interpretado como indicativo de sub-registro dos casos de acidentes.

De acordo com os dados do Ministério da Previdência Social (MPS), em 2008 foram registrados aproximadamente 750.000 acidentes do trabalho e 2.750 mortes, o que corresponde a 230 óbitos por mês ou mais de sete mortes por dia.

Com base nos dados do Anuário Estatístico da Previdência Social de 2008, verifica-se que na categoria “Saúde e serviços sociais”, com um número médio de 1.700.000 vínculos empregatícios, foram registrados 52.559 acidentes (7,0% do total do país), correspondendo a uma taxa de incidência de 30,9 acidentes/1.000 vínculos empregatícios. As atividades com maior número de registros foram aquelas da categoria “Atividades de atendimento hospitalar”.

Os índices de registros de acidentes do setor da saúde estão crescendo. O setor saúde tem superado áreas historicamente consideradas de maior risco, como da construção civil e metalurgia, por exemplo.

O problema dos acidentes do trabalho assume maiores proporções do que as estatísticas existentes permitem estimar, e o seu dimensionamento real, inclusive quanto ao custo social, tem sido dificultado por diversos fatores.

Como os dados oficiais de acidentes do trabalho no Brasil são provenientes do sistema previdenciário, criado com a finalidade de pagamento de benefícios acidentários, apresentam limitações no que diz respeito tanto à qualidade quanto à quantidade das informações.

As estatísticas de registro de acidentes divulgadas no Anuário da Previdência Social e no Anuário de Acidentes do Trabalho captam o que acontece no universo de trabalhadores segurados – possuidores de vínculo empregatício formal, contribuintes da previdência social e regidos pela Consolidação de Leis do Trabalho (CLT). Representam, portanto, uma visão parcial do problema, uma vez que não contabilizam o que ocorre entre os trabalhadores públicos civis e militares de regime estatutário, os trabalhadores previdenciários autônomos e os trabalhadores do setor informal (atualmente maior que o formal).

Uma outra grande dificuldade é o fato de tais estatísticas dependerem da comunicação do empregador – por meio da Comunicação de Acidente do Trabalho (CAT), gerando grande subnotificação dos acidentes. Apesar de serem regimes jurídicos diferenciados que regem a categoria dos trabalhadores públicos e privados, em ambas as codificações, todo acidente do trabalho deve ser notificado. Os funcionários da União, dos estados e dos municípios devem observar Regimes Jurídicos Únicos (RJU) que lhes são específicos.

A extensão do sub-registro de acidentes do trabalho no Brasil é alarmante. Dos cerca de 390.000 acidentes do trabalho notificados no Brasil em 2003, o MPS calcula que o número real seria de aproximadamente 1.500.000 acidentes, considerando-se todas as ocorrências que deveriam ser cadastradas. Corroborando com estes dados, de acordo com estudo da OMS, na América Latina somente entre 1% e 4% das doenças de trabalho são registradas.

A discrepância entre o número de benefícios por auxílio-doença comum em comparação ao auxílio-doença por acidente do trabalho, concedidos pelo MPS em 2003, permite refletir sobre o tamanho do problema da subnotificação e encobrimento dos acidentes do trabalho: foram concedidos aproximadamente

1.370.000 benefícios por auxílio-doença comum contra 145.000 por acidente do trabalho.

Legislação brasileira

A legislação brasileira sobre acidentes do trabalho sofreu importantes modificações ao longo dos anos. A primeira lei a respeito surgiu em 1919 e considerava o conceito de ‘risco profissional’ como natural à atividade exercida. Essa legislação previa a comunicação do acidente de trabalho à autoridade policial e o pagamento de indenização ao trabalhador ou à sua família, calculado de acordo com a gravidade das sequelas do acidente.

Em 1972, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) iniciou o programa de formação de especialistas e técnicos em medicina e segurança do trabalho, tendo sido publicada uma portaria que obrigava as empresas a criar serviços médicos para os empregados, dependendo do tamanho e do risco da empresa. Essa portaria ministerial tinha como base a recomendação n. 112 da OIT, de 1959, que foi o primeiro instrumento internacional em que foram definidos de maneira precisa e objetiva as funções, a organização e os meios de ação dos serviços de medicina do trabalho, servindo como base para as diretrizes de outras instituições científicas.

Em 1978, o MTE aprovou as Normas Regulamentadoras (NR) relativas à segurança e à medicina do trabalho. Mediante essas normas, estabeleceram-se, segundo critérios de risco e número de empregados das empresas, a obrigatoriedade de serviços e programas responsáveis pelas questões relativas à saúde e segurança no ambiente de trabalho. No final de 2005, foi publicada uma nova NR (NR-32), relacionada à segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde. Nela, constam recomendações contempladas nas NRs anteriores, considerando-se as especificidades para controle e prevenção dos riscos encontrados no ambiente de trabalho da saúde (Quadro 1).

A legislação brasileira sobre acidentes de trabalho atualmente em vigor é de 1991 e foi regulamentada em 1992 (Lei Básica da Previdência Social). Acidente de trabalho é definido como aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause morte, perda ou redução da capacidade, permanente ou temporária, para o trabalho.

Quadro 1 – Normas Regulamentadoras – MTE*

NR	Normas Regulamentadoras	Ano de criação**	Objetivos
NR-04	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT)***	1978	Aplicar os conhecimentos específicos de engenharia de segurança e medicina do trabalho, de forma a reduzir ou até eliminar os riscos à saúde do trabalhador. Além disso, os SESMT são responsáveis tecnicamente pela orientação quanto ao cumprimento das normas regulamentadoras de segurança e medicina do trabalho.
NR-05	Comissões Internas de Prevenção de Acidentes (Cipa)	1978	Conhecer as condições de risco nos ambientes de trabalho, solicitar medidas para reduzir e até eliminar os riscos existentes e promover as normas de segurança e saúde dos trabalhadores de forma a prevenir acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador.
NR-06	Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	1978	Para os fins de aplicação desta NR, considera-se Equipamento de Proteção Individual (EPI) todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.
NR-07	Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)	1978	Promover e preservar a saúde dos trabalhadores, baseando-se em um caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados com o trabalho, além da constatação de casos de doença profissional ou danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores.
NR-09	Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)	1978	Antecipar, reconhecer, avaliar e controlar a ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.
NR-15	Atividades e Operações Insalubres	1978	Assegurar ao trabalhador a percepção de adicional de insalubridade incidente sobre o salário mínimo. O adicional é devido aos empregados expostos à insalubridade quando impraticável sua eliminação ou neutralização.

Quadro 1 – Normas Regulamentadoras – MTE* (continuação)

NR	Normas Regulamentadoras	Ano de criação**	Objetivos
NR-32	Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde	2005	Estabelecer as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral. Para fins de aplicação desta NR definiram-se serviços de saúde como qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde da população, e todas as ações de promoção, recuperação, assistência, pesquisa e ensino em saúde em qualquer nível de complexidade.

* Seleccionadas apenas as principais NRs relacionadas com os temas tratados neste capítulo.

** Alterações de texto e inclusão de adendos foram efetuadas para praticamente todas as NRs nos anos posteriores à sua criação.

*** Embora a CLT de 1943, em seu art. 164, já prescrevesse a existência nas empresas de Serviços Especializados em Segurança e Higiene do Trabalho, os mesmos só se constituíram com a portaria 3.237, de 27 de junho 1972, do Ministério do Trabalho, sendo então denominados Serviços Especializados em Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho. Posteriormente com a NR-04 de 1978, passou-se à denominação Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT).

Para efeitos previdenciários, equiparam-se, ao acidente de trabalho, a doença profissional (aquela produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar à determinada atividade), a doença do trabalho (aquela adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relaciona diretamente) e o acidente de trajeto (sofrido no percurso da residência para o local de trabalho ou do trabalho para a residência).

O RJU dos servidores públicos civis da União, das autarquias e das fundações públicas federais configura como acidente em serviço o dano físico ou mental sofrido pelo servidor, que se relacione, mediata ou imediatamente, com as atribuições do cargo exercido. Também equipara ao acidente em serviço os acidentes de trajeto.

No glossário da NR-32, acidente é definido como um evento súbito e inesperado que interfere nas condições normais de operação e que pode resultar em danos ao trabalhador, à propriedade ou ao meio ambiente, ao passo que

incidente é um evento súbito e inesperado que interfira na atividade normal do trabalho sem dano ao trabalhador, à propriedade ou ao meio ambiente. A NR-32 reafirma que os trabalhadores devem comunicar imediatamente todo acidente ou incidente, com possível exposição a agentes biológicos, ao responsável pelo local de trabalho e, quando houver, ao serviço de segurança e saúde do trabalho e à Cipa. Para fins de aplicação desta NR, considera-se risco biológico a probabilidade da exposição ocupacional a agentes biológicos, que são os microrganismos, geneticamente modificados ou não, as culturas de células, os parasitas, as toxinas e os príons.

O Ministério da Saúde publicou em 1999 a Portaria n. 1.339, com uma lista de doenças relacionadas ao trabalho, referindo-se a entidades nosológicas, agentes e situações de exposição ocupacional, codificadas de acordo com a Classificação Internacional de Doenças – CID-10 (Brasil, 1999). A mesma lista foi adotada pela previdência social para fins de caracterização dos acidentes do trabalho e procedimentos decorrentes. As doenças infecciosas e parasitárias relacionadas com o trabalho, de acordo com essa portaria, são: tuberculose, carbúnculo (antraz), brucelose, leptospirose, tétano, psitacose/ornitose/doenças dos tratadores de aves, dengue, febre amarela, hepatites virais, doença pelo HIV, dermatofitose e outras micoses superficiais, candidíase, paracoccidiodomicose (blastomicose sul-americana, blastomicose brasileira, doença de Lutz), malária, leishmaniose cutânea ou leishmaniose cutâneo-mucosa. Essas informações constam também de um documento publicado em 2001 em que doenças são relacionadas com potenciais agentes ou fatores de risco ocupacionais. Essa iniciativa contribui não apenas para a vigilância em saúde, mas também na caracterização, pelos serviços de saúde, do diagnóstico de doenças e seu vínculo com o trabalho, auxiliando os médicos e viabilizando o adequado tratamento e notificação.

Em 2004, foi publicada uma portaria pelo Ministério da Saúde (Portaria n. 777, de 28 abr. 2004) que dispõe sobre a regulamentação da notificação compulsória de agravos à saúde do trabalhador, acidentes e doenças relacionados com o trabalho, em uma rede de serviços sentinela. Para efeitos dessa portaria, os acidentes do trabalho com exposição a material biológico foram classificados como agravos de notificação compulsória.

Em 2005, foi aprovada a Lei de Biossegurança, que estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados (OGMs) e seus derivados, cria o

Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança (PNB).

A Constituição Federal brasileira estabelece a competência da União para cuidar da segurança e da saúde do trabalhador por meio das ações desenvolvidas pelos Ministérios do Trabalho e Emprego, da Previdência Social e da Saúde. A Política Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador (PNSST) instituída em 2005 representa um conjunto de diretrizes e responsabilidades institucionais, com a preocupação de se adotar medidas intersetoriais e interdisciplinares e superar as ações fragmentadas e desarticuladas na questão de saúde e segurança dos trabalhadores.

ACIDENTES DO TRABALHO COM MATERIAL BIOLÓGICO

Neste capítulo, estão sendo considerados acidentes do trabalho com material biológico as exposições percutâneas, mucosas, cutâneas ou mordeduras envolvendo sangue ou outros fluidos e secreções corporais.

Características das Exposições

Os diferentes sistemas de vigilância implantados em todo o mundo têm permitido o monitoramento e a identificação das principais circunstâncias da ocorrência de exposições a material biológico entre trabalhadores da área da saúde. A partir do conhecimento de fatores determinantes das situações de maior risco de exposição, é possível a implementação de medidas de prevenção e outras intervenções.

Vários instrumentos e dispositivos perfurocortantes são responsáveis pelos acidentes percutâneos com material biológico. De maneira geral, os principais dispositivos envolvidos nas exposições são: agulhas hipodérmicas, agulhas de sutura, agulhas de escalpes, lâminas de bisturi, estiletos de cateteres intravasculares e agulhas para tubos de coleta de sangue a vácuo. Resultados semelhantes têm sido encontrados em diversos países, incluindo o Brasil, quanto ao predomínio de acidentes percutâneos provocados por agulhas com lúmen.

Entre as principais circunstâncias de acidentes, a maioria dos casos ocorre durante a inserção ou manipulação de acessos vasculares periféricos, a coleta de sangue, a realização de procedimentos laboratoriais e processamento de

amostras, o procedimento de descarte de material perfurocortante, o descarte inadequado, a limpeza do instrumental, o recapeamento de agulhas, as injeções parenterais e durante sutura ou outros procedimentos cirúrgicos.

Um importante fator a ser considerado sobre as exposições em geral é a caracterização do momento de ocorrência do acidente. Exposições durante a realização do procedimento são mais difíceis de serem prevenidas e são dependentes das condições nas quais ele é realizado. Em contrapartida, aquelas exposições que ocorrem depois da realização do procedimento e antes do descarte e também durante e após o descarte são mais facilmente evitadas mediante o seguimento das normas de precaução padrão ou o uso sistemático de instrumentos com dispositivos de segurança. Exemplos de ocorrência de exposições após a realização de procedimentos e antes do descarte incluem o recapeamento de agulhas, a presença de materiais perfurocortantes em bandejas e os instrumentos deixados em locais impróprios, como bancadas, cama e chão.

Apesar da recomendação de prevenção de acidentes através da prática de não reencapar agulhas ter sido citada desde o início da década de 1980, tal prática ainda tem sido uma causa frequente de exposições. Em países desenvolvidos, relatos do final da década de 1980 e início da de 1990 evidenciavam que até 35% dos acidentes estavam relacionados com o recapeamento de agulhas, mas esse percentual vem diminuindo para níveis inferiores a 5% a 10% nos últimos anos. Nos países em desenvolvimento, entretanto, os dados continuam sendo alarmantes, e os acidentes devido a essa prática podem chegar até 45% das circunstâncias encontradas.

As exposições associadas ao descarte de materiais perfurocortantes e aos coletores também são frequentemente relatadas. Podem ocorrer durante a tentativa de descarte de material perfurocortante, o acondicionamento ou a manipulação dos coletores. Circunstâncias comuns de exposição são:

- coletores cheios acima do limite permitido;
- agulhas ou outros materiais perfurocortantes projetados para fora do coletor;
- dificuldade de descarte do próprio instrumento (por exemplo, escalpes);
- montagem incorreta dos coletores;
- localização inadequada;

- coletores pequenos ou em número insuficiente para um determinado setor;
- descarte incorreto com desconexão da agulha da seringa.

O desconhecimento dos trabalhadores em relação à necessidade de descarte de qualquer material perfurocortante – vidros, frascos e ampolas –, independentemente de estar ou não contaminado, em coletores resistentes e específicos para essa finalidade, tem sido responsável por frequentes acidentes na equipe de limpeza pela manipulação de lixo comum. Todos os materiais perfurocortantes devem ser desprezados em coletores rígidos e padronizados para cada tipo de descarte.

Principais Patógenos Envolvidos

Uma grande variedade de patógenos pode ser responsável pela contaminação de trabalhadores da área da saúde, já tendo sido descritos casos de infecção ocupacional com sessenta diferentes agentes infecciosos, após exposição a sangue e outros materiais biológicos: 26 diferentes vírus, 18 bactérias/micobactérias/rickettsias, 13 protozoários e três fungos.

Nas doenças de curta duração, que cursam com baixos níveis do agente infeccioso na circulação sanguínea e nas quais há contenção da infecção pelo sistema imunológico, a possibilidade de contaminação do trabalhador acidentado durante o curto período de circulação sanguínea é improvável, e essas doenças não são normalmente de transmissão sanguínea. Outras infecções cursam com a presença contínua ou intermitente de partícula infecciosa na corrente sanguínea, oferecendo um risco contínuo de transmissão.

Dessa forma, o papel das bactérias, dos fungos e dos parasitas nas doenças ocupacionais por transmissão sanguínea não é tão importante quanto os riscos associados à transmissão viral. O HIV-1, o vírus da hepatite B (HBV) e o da hepatite C (HCV) são os agentes mais importantes envolvidos nessas infecções ocupacionais. Com esses vírus, é comum a ocorrência de longos períodos de tempo sem sinais clínicos que indiquem a suspeita do risco de infecção. Além disso, esses são os agentes etiológicos mais frequentes pela maior prevalência entre a população geral e a maior gravidade da infecção provocada, podendo representar maior probabilidade de hospitalização e atendimento em serviços de saúde em relação a outros agentes infecciosos.

Sistemas de Vigilância

Vários estudos têm sido realizados em todo o mundo nas últimas duas décadas, principalmente nos Estados Unidos, no Canadá e na Europa (destacando-se Itália, Reino Unido, Espanha e França), para avaliar, monitorar e prevenir o risco de contaminação por patógenos de transmissão sanguínea entre trabalhadores da área da saúde e para investigar a incidência e as causas de exposição ocupacional.

A maioria dos sistemas de vigilância implementados referem-se a programas de notificação voluntária, com a participação de diferentes serviços de saúde através da notificação em formulários padronizados e da centralização dos dados em órgãos específicos para consolidação e posterior divulgação dos resultados.

Sistemas eficazes de vigilância para monitorar as práticas existentes são essenciais para que a segurança no ambiente de trabalho seja alcançada, já que o conhecimento dos fatores determinantes das exposições ocupacionais permite a possibilidade de melhorias nas estratégias de prevenção.

A análise comparativa dos resultados entre os estudos é dificultada pelas diferentes metodologias utilizadas. Alguns denominadores necessários para os cálculos de taxas, como o número de funcionários, o número de horas trabalhadas, indicadores de ocupação hospitalar e os tipos de dispositivos utilizados, normalmente não estão disponíveis. Além disso, a interpretação dos resultados encontrados deve ser avaliada dentro do contexto: serviços de saúde com taxas semelhantes podem apresentar realidades opostas. Por exemplo, se um dos serviços de saúde apresenta características principais de atendimento de emergência a pacientes com trauma e o outro a pacientes com condições clínicas que não exijam muitos procedimentos invasivos, alguns indicadores utilizados podem não ser comparáveis.

É difícil obter estimativas confiáveis da frequência de contato com sangue ou outros materiais biológicos entre os trabalhadores da área da saúde. Além da importante subnotificação das exposições por parte do trabalhador acidentado, a comparação entre os dados é difícil, já que as informações sobre as incidências de exposição são baseadas em diferentes tipos de estudo. Entre eles estão os estudos de casos autorrelatados, os estudos com questionários e entrevistas com os profissionais sobre as exposições ocorridas e a observação direta de procedimentos.

Os estudos de casos autorrelatados estão sujeitos a vários vieses em função das subnotificações. Em alguns desses trabalhos as incidências de exposição

percutânea variaram, conforme o estudo e a categoria profissional, de 0,01 a 0,1 por 100 profissionais-ano. Essas taxas são 10 a 100 vezes menores do que as obtidas por meio de estudos com questionários e entrevistas sobre exposições ocorridas nos últimos dias ou meses de trabalho e de avaliações com observação direta da realização de procedimentos que envolvam o risco de exposição a material biológico.

Diversas pesquisas têm demonstrado taxas de subnotificação por parte dos trabalhadores acidentados variando de 40% a 95% dos casos. Vários são os motivos da subnotificação, como, por exemplo:

- desconhecimento do procedimento de notificação;
- desconhecimento sobre o que é o acidente do trabalho;
- ausência de um departamento de saúde ocupacional;
- falta de preocupação quanto à exposição por desconhecimento dos riscos de infecções;
- percepção de um baixo risco de contaminação com alguns tipos de exposição ou com alguns pacientes;
- pressão do trabalho ou o medo de que a ocorrência de uma exposição possa refletir a falta de habilidade individual;
- falta de tempo;
- fato de a notificação ser um procedimento demorado e também complicado;
- não existência de medidas profiláticas eficazes em algumas situações, tais como as exposições ao vírus da hepatite C (ou mesmo ao HIV, antes das publicações de meados da década de 1990).

As exposições envolvendo paciente-fonte sabidamente infectado pelo HIV têm uma maior probabilidade de serem notificadas. Além disso, houve a descrição de um aumento do número de notificações após a publicação da possibilidade de diminuição do risco de transmissão do HIV com o uso da zidovudina (AZT) e das recomendações do uso de quimioprofilaxia combinada de medicamentos antirretrovirais.

Contexto internacional

As estimativas da OMS são da ocorrência de três milhões de acidentes percutâneos com agulhas contaminadas por material biológico por ano entre trabalhadores da área da saúde no mundo inteiro; dois milhões com exposição ao HBV, 900 mil ao HCV e 170.000 ao HIV. Apesar de 90% de tais exposições

ocorrerem nos países em desenvolvimento, 90% das notificações dos casos de infecção ocupacional são feitas pelos Estados Unidos e pela Europa.

A projeção de exposições percutâneas é subestimada, considerando-se a ausência de sistemas de vigilância e a subnotificação dos acidentes, especialmente em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Dados da OMS em sistemas de vigilância relacionados com a prática de injeções seguras demonstram a ocorrência de, em média, quatro acidentes com agulhas por trabalhador por ano nos países da África, do Oriente Médio e da Ásia.

- AMÉRICA

- 1) Estados Unidos

Nos EUA, no final da década de 1990, considerando somente trabalhadores que atuam em estabelecimentos hospitalares, revelava-se a ocorrência anual de 385 mil acidentes percutâneos, o que resulta em uma média aproximada de mil acidentes por dia. Estimativas recentes revelam que 17-57 trabalhadores da área da saúde por milhão de empregados morrem anualmente nos EUA devido a infecções e acidentes ocupacionais.

O primeiro sistema nacional de vigilância de exposição a material biológico entre trabalhadores da área da saúde foi criado, em 1983, pelo The Cooperative Needlestick Surveillance Group (CDC). Os serviços de saúde preenchiam voluntariamente um formulário padronizado no momento do acidente e posteriormente durante o acompanhamento. Cerca de cem serviços participaram durante o período de 1983 a 1998. O sistema foi encerrado, tendo em vista a criação do National Surveillance System for Hospital Health Care Workers (NaSH).

O NaSH foi criado pelos CDC em 1995 com o intuito de ser um sistema de vigilância mais abrangente, incluindo diferentes aspectos de saúde ocupacional dos trabalhadores da área da saúde, como vacinações e exposições a doenças imunopreveníveis. Nesse sistema participam serviços de saúde, com a notificação voluntária de dados referentes às exposições, e também de outras informações, para permitir o cálculo de taxas e comparações entre os serviços. A partir de 2005, a vigilância de exposições ocupacionais passou a ser um dos componentes de um novo sistema, denominado National Healthcare Safety Network (NHSN), baseado na Internet e criado para englobar tanto as questões de segurança para o trabalhador quanto aquelas relacionadas ao pacientes.

Um outro programa de vigilância nacional dos hospitais e serviços de saúde americanos foi iniciado em 1992, com a implementação de um sistema padronizado desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Virgínia: o Exposure Prevention Information Network (EPINet®), um sistema amplamente utilizado nos EUA e adaptado para diversos países. Logo após a introdução do EPINet®, mais de setenta serviços de saúde americanos iniciaram uma rede de informações em colaboração com o Centro Internacional de Segurança entre Trabalhadores da Área da Saúde da Universidade de Virgínia. Os serviços de saúde incluem hospitais de ensino e comunitários, e mesmo serviços ambulatoriais, e representam instituições em diferentes localizações geográficas.

O fluxo de informações é baseado nas notificações das exposições ocorridas nas unidades participantes do programa, preenchidas em formulários padronizados e digitadas no programa de banco de dados EPINet®. Tais informações, enviadas periodicamente aos pesquisadores da universidade para análise dos dados, identificam medidas necessárias de prevenção e os impactos estimados. Anualmente, relatórios são publicados e divulgados na Internet com informações sobre as principais características e circunstâncias de ocorrência dos acidentes.

São observadas algumas diferenças em relação ao outro principal sistema de vigilância dos EUA (CDC – NaSH), o que, em parte, reflete a característica dos hospitais participantes dos sistemas.

2) Canadá

No Canadá, um sistema de vigilância denominado *Système Intégré de Surveillance des Expositions aux Liquides Biologiques et des Séroconversions (SISES)* foi implementado em abril de 1996 a partir de uma adaptação do EPINet® e ficou consolidado a partir de 2000, quando foi reunido a outros sistemas de vigilância e passou a ser chamado de *Réseau de Surveillance Canadien des Piqûres d’Aiguilles (RSCPA)* ou *Canadian Needle Stick Surveillance Network (CNSSN)*. As notificações de acidentes são enviadas pelos serviços de saúde, que participam voluntariamente da vigilância.

- EUROPA

Na Europa, os principais países com sistemas de vigilância implementados são: Itália, França, Espanha e Reino Unido.

1) Itália

O Studio Italiano Rischio Occupazionale HIV (SIROH), um estudo nacional multicêntrico, prospectivo, foi iniciado na Itália em 1986 com a finalidade de estimar o risco de transmissão do HIV e de outros patógenos de transmissão sanguínea. Entre 1986 e 1993, todas as exposições percutâneas, em membranas mucosas e em pele não íntegra, envolvendo sangue ou outros materiais com risco de transmissão dos vírus das hepatites B e C e o HIV foram investigadas de forma detalhada.

A partir de 1994, uma versão modificada do EPINet® foi adaptada para o registro mais minucioso de exposições a material biológico entre trabalhadores da área da saúde, independentemente do conhecimento do paciente-fonte e de sua infectividade. Além disso, desde 1990, o centro coordenador iniciou a coleta de dados sobre o uso de profilaxia antirretroviral pós-exposição com a finalidade de monitorar o uso e a toxicidade de esquemas com a zidovudina e, a partir de 1995, de esquemas combinados de quimioprofilaxia.

2) França

Na França, existem diferentes sistemas de vigilância implementados, incluindo: Groupe d'Étude sur le Risque d'Exposition au Sang (GERES), iniciado no final dos anos 80; Assistance Publique - Hôpitaux de Paris, um hospital de ensino de grande porte; Hospices Civils de Lyon et de Marseille e cinco Centres de Coordination de Lutte contre les Infections Nosocomiales (CCLINs), que correspondem a cinco unidades coordenadoras de comissões de controle de infecção hospitalar. Em Paris, desde 1990, questionários padronizados sobre exposições a material biológico são preenchidos pelos médicos do trabalho da assistência de hospitais públicos.

Desde 1994, o Comitê de Prevenção de Infecção Nosocomial (CCLIN/GERES) tem conduzido um estudo prospectivo de notificações voluntárias de exposições a material biológico realizado em hospitais da região norte da França, bem como em Paris, com participação por pelo menos um ano no programa. Esse sistema de vigilância também utiliza questionários padronizados, preenchidos por profissionais de medicina do trabalho.

3) Espanha

Na Espanha foi implementado em 1996 o Estudio y Seguimiento del Riesgo Biológico en el Personal Sanitario (EPINETAC). A adaptação do

sistema EPINet® foi promovida e desenvolvida pela Sociedade Espanhola de Medicina Preventiva, Saúde Pública e Higiene. O objetivo principal do EPINETAC é permitir a vigilância e a prevenção das exposições acidentais a sangue e outros materiais biológicos entre trabalhadores de serviços de saúde, bem como institucionalizar uma cultura de segurança no ambiente de trabalho. Até 2006, 25.659 acidentes foram notificados, representando um taxa de 13,8 exposições percutâneas e 1,4 exposições mucocutâneas por cada cem leitos.

4) Reino Unido

Um sistema de vigilância passiva de exposição ocupacional ao HIV entre trabalhadores da área da saúde foi implementado no Reino Unido, englobando a Inglaterra, o País de Gales e a Irlanda do Norte. A partir de julho de 1997 a vigilância ativa foi estabelecida e passou a incluir também as exposições ao HBV e ao HCV. Um sistema semelhante de vigilância está disponível na Escócia.

No período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007, 3.773 exposições ocupacionais a sangue e outros materiais biológicos foram notificadas à Health Protection Agency, por 194 diferentes centros. Aproximadamente metade destas notificações foram enviadas pelos 43 centros de Londres.

Contexto nacional

No Brasil, até muito recentemente não se havia estabelecido um sistema nacional de vigilância de acidentes do trabalho com material biológico. Os estudos desenvolvidos no país referiam-se principalmente a programas realizados de forma individualizada em hospitais universitários e outros serviços de saúde. Algumas cidades e estados brasileiros tomaram iniciativas a partir do final da década de 1990, relacionadas com a criação e a implementação de sistemas de vigilância locais. O município do Rio de Janeiro e o estado de São Paulo são os locais com os sistemas de vigilância mais antigos e com divulgação periódica de boletins informativos.

Apesar de não haver informações sobre o número de acidentes e infecções ocupacionais, os dados sobre história prévia de acidentes do trabalho com material biológico são alarmantes: até 90% dos trabalhadores referem a ocorrência de pelo menos um acidente percutâneo durante suas atividades e carreiras.

Em uma pesquisa realizada a partir de entrevistas com 1.096 trabalhadores da área da saúde de um hospital-escola público de porte extra (dois mil leitos),

localizado no município de São Paulo, verificou-se que 236 (21,5%) tiveram acidente do trabalho com material biológico nos 12 meses antecedentes à pesquisa, e 54 (4,9%) nos 30 dias antecedentes. A frequência encontrada, segundo as categorias ocupacionais, nos 30 dias antecedentes à pesquisa e com 12 meses, foi, respectivamente, de 2,7% e 14,7% entre auxiliares de enfermagem; 1,6% e 10,2% entre enfermeiros; 2,6% e 10,5% entre técnicos de laboratório; 2,5% e 11,3% entre trabalhadores da equipe de limpeza; 7,1% e 24,1% entre médicos assistentes; 12,3% e 44,5% entre médicos residentes; e 9,4% e 55,4% entre internos de medicina (Basso, 1999).

Entre 15.035 notificações de acidentes do trabalho com material biológico na cidade do Rio de Janeiro (jan. 1997 a dez. 2004), constatou-se um percentual de 8,5% trabalhadores da saúde com história de exposição prévia nos seis meses anteriores à exposição atual. Entre médicos, esse percentual atingiu 12,9%.

Vigilância de Acidentes de Trabalho com Material Biológico: iniciativas brasileiras

- MINISTÉRIO DA SAÚDE – Sistema Único de Saúde

Em 2004 foi publicada a regulamentação da notificação compulsória de agravos à saúde do trabalhador, acidentes e doenças relacionados com o trabalho, em uma rede de serviços sentinela do Sistema Único de Saúde (SUS), que inclui centros de referência em saúde do trabalhador e serviços de saúde credenciados como sentinela (hospitais de referência para o atendimento de urgência e emergência e/ou atenção de média e alta complexidade, e também serviços de atenção básica e de média complexidade).

Os acidentes do trabalho com exposição a material biológico foram classificados como agravos de notificação compulsória. O instrumento de notificação compulsória é a ficha de notificação, que foi padronizada pelo Ministério da Saúde segundo o fluxo do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan). A nova versão do sistema – Sinan-NET – possibilita a notificação *on-line* dos acidentes.

Apesar de a legislação ser de 2004, o sistema *on-line* para notificação dos acidentes só foi disponibilizado a partir de 2007. Cerca de 14.000 acidentes têm sido notificados anualmente.

- RIO DE JANEIRO – Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro

A implementação do sistema de vigilância de acidentes do trabalho com material biológico na cidade do Rio de Janeiro foi pioneira no país. Iniciada em janeiro de 1997 pela Gerência de DST/Aids da Secretaria Municipal de Saúde, tem permitido a avaliação prospectiva das circunstâncias mais comuns de ocorrência dos acidentes e informações gerais sobre o uso de profilaxia pós-exposição ao HIV e ao HBV. De janeiro de 1997 a dezembro de 2005, foram notificados 17.147 acidentes por mais de 500 diferentes serviços de saúde.

A partir de 2008, o sistema de vigilância passou a integrar o Sinan-NET do Ministério da Saúde.

- SÃO PAULO – Programa Estadual de DST/Aids

O Programa Estadual de DST/Aids de São Paulo, através da Divisão de Vigilância Epidemiológica, criou o Sistema de Notificação de Acidentes Biológicos (Sinabio) em 1999. O sistema incluía variáveis relacionadas às circunstâncias de ocorrência dos acidentes e ao monitoramento das soroconversões para os vírus das hepatites B e C e para o HIV. A vigilância teve início em dezembro de 1999. No período de janeiro de 1999 a setembro de 2006, foram notificados 14.096 acidentes. O Sinabio recebeu notificações de 228 diferentes municípios, sendo que o município de São Paulo foi responsável por cerca de 30% de todas as notificações recebidas. O Sinabio foi encerrado em 2006 e, a partir de 2007, todos os acidentes passaram a ser notificados pelo Sinan-NET.

- PROJETO RISCOBIOLOGICO.ORG – Sistema de Vigilância

O Projeto Riscobiologico.org, iniciado em agosto de 2000, inclui como uma de suas bases, a implementação do PSBio (Profissionais de Saúde e Riscos Biológicos) – um sistema, de participação voluntária, de vigilância de acidentes do trabalho com material biológico em serviços de saúde brasileiros.

O instrumento de notificação é bastante detalhado, especialmente no que diz respeito ao registro das circunstâncias de ocorrência dos acidentes, e é baseado nos protocolos do NaSH (CDC) e do EPINet®.

O primeiro projeto-piloto foi iniciado no final de 2002, e a partir de 2005, após o segundo projeto-piloto, a rede de centros colaboradores de diferentes estados brasileiros se estabeleceu de forma consistente.

- PROJETO DA REDE DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES DE TRABALHO COM MATERIAL BIOLÓGICO (REPAT)

Teve início em 2003 e tem como objetivo a implementação de uma base eletrônica de dados relativos ao controle e à prevenção de acidentes de trabalho com material biológico em hospitais universitários de diferentes regiões do país.

É uma iniciativa de pesquisadores do Núcleo de Estudos Saúde e Trabalho (Nuesat) da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (USP).

CONCLUSÕES

Os trabalhadores da área da saúde representam um universo de milhões de indivíduos em todo o mundo que historicamente não eram considerados de alto risco para acidentes do trabalho e doenças ocupacionais. Os dados disponíveis sobre acidentes do trabalho com material biológico entre esses trabalhadores apontam para sua relevância como um importante problema de saúde pública.

As estatísticas existentes podem subestimar de forma importante a realidade, principalmente pela fragilidade da cobertura e de notificação dos sistemas de informações de acidentes e doenças vinculadas ao trabalho nos diversos países. A ocorrência de acidentes do trabalho implica danos sociais imediatos. Primeiro, e mais importante, pelo comprometimento da saúde e da integridade física do trabalhador. Além disso, devem ser consideradas as implicações para seus dependentes, que podem perder a base de sustentação familiar, e os custos que recaem sobre as áreas sociais, principalmente na saúde e na previdência social.

No Brasil, não existem estimativas confiáveis sobre a ocorrência de exposições a material biológico e infecções ocupacionais. Diferentes autores brasileiros têm publicado pesquisas sobre o tema, especialmente a partir da década de 1990, mas os dados ainda são insuficientes para se conhecer a realidade de ocorrência desses acidentes em nosso meio.

Sistemas eficazes de vigilância para monitorar as práticas existentes são essenciais, já que o conhecimento dos fatores determinantes dos acidentes do trabalho permite a possibilidade de melhorias nas estratégias de prevenção. É

importante o entendimento da vigilância como ‘informação para ação’, tendo como referência a coleta, a análise e a programação de ações de detecção de situações de risco e o ponto de partida para ações de intervenção.

RECOMENDAÇÕES

NO QUE SE REFERE À VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA

- Estimular e manter o sistema nacional de vigilância dos acidentes do trabalho com material biológico para todos os serviços de saúde, obrigatório, simplificado, capaz de produzir informações essenciais para planejar e monitorar as medidas de assistência e prevenção nesta área.
- Estimular e manter sistemas nacionais de vigilância de acidentes do trabalho com material biológico em serviços sentinela, de participação voluntária, com coleta detalhada de informações sobre as circunstâncias de ocorrência dos acidentes e as medidas de profilaxia pós-exposição e acompanhamento clínico-laboratorial.
- Estimular estudos dos fatores causais associados às circunstâncias mais frequentes de ocorrência dos acidentes do trabalho com material biológico e de avaliação da adequação das medidas de profilaxia pós-exposição.

NO CAMPO DA EDUCAÇÃO

- Ampliar o debate sobre riscos biológicos para trabalhadores da área da saúde e garantir a incorporação desse tema na formação dos profissionais da saúde tanto de nível técnico quanto de nível superior.
- Investir em ações de educação permanente nos serviços de saúde.

NO CAMPO DA ASSISTÊNCIA

- Divulgar amplamente protocolos técnicos e operacionais para rede de serviços de saúde, com ênfase na implantação de estratégias de atendimento, adesão, acompanhamento e avaliação dos desfechos dos acidentes do trabalho com material biológico envolvendo trabalhadores da área da saúde.
- Prover infraestrutura adequada aos serviços de saúde, reduzindo as situações de risco de exposição a material biológico e garantindo um ambiente de trabalho mais seguro.

- Promover ações integradas de saúde, com ênfase nas medidas de prevenção, incluindo reforço às ações de imunização.

NO CAMPO DA GESTÃO

- Criar uma rede integrada e hierarquizada de informações que também disponha de mecanismos eficazes de comunicação inter e intrainstitucional.
- Utilizar amplamente as tecnologias de informação, como a Internet, para ações de vigilância e educação continuada a distância.
- Elaborar mecanismos orientados para a implantação de processos de acreditação dos serviços de saúde que englobem a questão dos riscos biológicos para trabalhadores da área da saúde.

REFERÊNCIAS

- ABITEBOUL, D. Blood exposure data in Europe. In: COLLINS C. H. & KENNEDY, D. A. (Eds.) *Occupational Blood-Borne Infections*. Cambridge: CAB International, 1997.
- BASSO, M. *Acidentes Ocupacionais com Sangue e Outros Fluidos Corpóreos em Profissionais de Saúde*, 1999. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Universidade de São Paulo.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. *Doenças Relacionadas ao Trabalho: manual de procedimentos para os serviços de saúde*. Brasília, Ministério da Saúde do Brasil, 2001. (Série A. Normas e Manuais Técnicos n. 114 – organizado por Elizabeth Costa Dias; colaboradores Idelberto Muniz Almeida *et al.*).
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS/GM n. 1.339, de 18 de novembro de 1999. Lista de doenças relacionadas ao trabalho. Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS/GM n. 777, de 28 de abril de 2004. Dispõe sobre os procedimentos técnicos para a notificação compulsória de agravos à saúde do trabalhador em rede de serviços sentinela específica no Sistema Único de Saúde – SUS. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, 29 abr. 2004, (Seção 1), v. 81, p. 37-38.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n. 3.214, de 8 de julho de 1978. Normas regulamentadoras do capítulo V, título II da Consolidação das Leis do Trabalho. Brasília, 1978.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria n. 485, de 11 nov. 2005. Aprova a Norma Regulamentadora n. 32 – segurança e saúde no trabalho em estabelecimentos de saúde. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, 16 nov. 2005, Seção 1, v. 219, p. 80-94.

BULHÕES, I. *Riscos do Trabalho de Enfermagem*. 2. ed. Rio de Janeiro: Folha Carioca, 1998.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). *Workbook for designing, implementing, and evaluating a sharps injury prevention program*, 2008. Disponível em: <www.cdc.gov/sharpsafety/>. Acesso em: 15 dez. 2009.

CUT/INSS (Central Única dos Trabalhadores/Instituto Nacional de Saúde no Trabalho). *Acidentes e doenças do trabalho em 2003: organização preliminar de dados divulgados pela Previdência Social*, 2005. Disponível em: <www.instcut.org.br/documentos/AcidentesdeTrabalho2003QuadroGeral.doc>. Acesso em: 18 dez. 2005.

HEALTH PROTECTION AGENCY CENTRE FOR INFECTIONS & COLLABORATORS. *Occupational Transmission of HIV: summary of published reports - data to December 2002*. London, March 2005.

HEALTH PROTECTION AGENCY CENTRE FOR INFECTIONS. National Public Health Service for Wales, CDSC Northern Ireland. *Eye of the Needle: surveillance of significant occupational exposure to bloodborne viruses in healthcare workers*. London, 2008.

HERNANDEZ NAVARRETE, M. J. *et al.* Grupo de Trabajo Epinetac. *Medicina Clínica (Barc)*, 122(3): 81-86, 2004.

HUNT, D. L. Epidemiology of blood-borne infections. In: COLLINS, C. H. & KENNEDY, D. A. (Eds.) *Occupational Blood-borne Infections*. Cambridge: CAB International, 1997.

INTERNATIONAL HEALTH CARE WORKER SAFETY CENTER. *Exposure prevention information network*, 2006. Disponível em: <www.healthsystem.virginia.edu/internet/epinet/aboutthecenter.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2006.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. *Facts on safety at work*, 2009. Disponível em: <www.ilo.org/public/english/bureau/inf/download/factsheets/pdf/wdshw.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2005.

IPPOLITO, G. *et al.* Studio Italiano Rischio Occupazionale da HIV (SIROH) Group. Surveillance of occupational exposure to bloodborne pathogens in health care workers: the Italian national programme. *Euro Surveillance*, 4(3): 33-36, 1999.

JAGGER, J. Using denominators to calculate percutaneous injury rates. *Advances in Exposure Prevention*, 6(1): 7-8, 2000.

MACHADO, J. M. H. Processo de vigilância em saúde do trabalhador. *Cadernos de Saúde Pública*, 13, supl. 2: 33-45, 1997.

MARZIALE, M. H. P. *Rede de prevenção de acidentes de trabalho com material biológico em hospitais do Brasil*, 2004. Disponível em: <http://repat.eerp.usp.br/projeto/projeto_repat.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2005.

MCCORMICK, R. D. & MAKI, D. G. Epidemiology of needle stick injuries in hospital personnel. *The American Journal of Medicine*, 70: 928-932, 1981.

MIRANDA, C. R. Acidentes de trabalho. In: MIRANDA, C. R. *Introdução à Saúde no Trabalho*. São Paulo: Atheneu, 1998.

NAPOLEÃO, A. A. *Causas de Subnotificação de Acidentes do Trabalho: visão dos trabalhadores de enfermagem de um hospital do interior paulista*, 1999. Dissertação de Mestrado, Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

NGUYEN, M.; PATON, M. N. & KOCH, J. Update - surveillance of health care workers exposed to blood, body fluids and bloodborne pathogens in Canadian hospital settings: 1 April, 2000, to 31 March, 2002. *Canada Communicable Disease Report*, 29(24): 209-213, 2003.

PANLILIO, A. L. *et al.* Estimate of the annual number of percutaneous injuries among hospital-based healthcare workers in the United States, 1997-1998. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 25(7): 556-562, 2004.

PORTA, C.; HANDELMAN, E. & McGOVERN, P. Needlestick injuries among health care workers. A literature review. *AAOHN Journal*, 199(47): 237-244, 2002.

PRUSS-USTUN, A.; RAPITI, E. & HUTIN, Y. *Sharps Injuries: global burden of disease from shaps injuries to health-care workers*. Geneva: World Health Organization, 2003. (Environmental Burden of Disease Series, n. 3)

RAPPARINI, C. *Acidentes do Trabalho com Material Biológico em Serviços de Saúde Brasileiros*, 2006. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Saúde. *Acidentes de trabalho com material biológico: boletim 1997 a 2005*, 2006. Disponível em: <www.saude.rio.rj.gov.br/media/dstuids_acidentes_1997a2005.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2006.

SAGOE-MOSES, C. *et al.* Risks to health care workers in developing countries. *The New England Journal of Medicine*, 345: 538-539, 2001.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Saúde. Programa Estadual de DST/Aids. Divisão de Vigilância Epidemiológica. Sinabio - acidentes com material biológico: prevenir é preciso. *Boletim Epidemiológico CRT-DST/Aids-CVE*, (2)1: 3-16, 2004.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Saúde. Programa Estadual de DST/Aids. Divisão de Vigilância Epidemiológica. Sinabio - acidentes biológicos: mudanças em vigilância, assistência e prevenção. *Boletim Epidemiológico CRT-DST/Aids/CVE*, IV(1): 1-20, 2007.

SEPKOWITZ, K. A. & EISENBERG, L. Occupational deaths among healthcare workers. *Emerging Infectious Diseases*, 11(7): 1.003-1.008, 2005.

SILVA, V. E. F. *Estudo sobre Acidentes de Trabalho Ocorridos com Trabalhadores de Enfermagem de um Hospital de Ensino*, 1998. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo.

SOUZA, M. *Acidentes Ocupacionais e Situação de Risco para a Equipe de Enfermagem: um estudo em cinco hospitais do município de São Paulo*, 1999. Tese de Doutorado, São Paulo: Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo.

TARANTOLA, A.; ABITEBOUL, D. & RACHLINE, A. Infection risks following accidental exposure to blood or body fluids in health care workers: a review of pathogens transmitted in published cases. *American Journal of Infection Control*, 34(6): 367-375, 2006.

TARANTOLA, A. *et al.* CCLIN Paris-Nord Blood and Body Fluids (BBF) Exposure Surveillance Taskforce. Occupational blood and body fluids exposures in health care workers: four-year surveillance from the Northern France network. *American Journal of Infection Control*, 31(6): 357-363, 2003.

WILBURN, S. Q. & EIJKEMANS, G. Preventing needlestick injuries among healthcare workers: a WHO-ICN collaboration. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 10: 451-456, 2004.

WHO (World Health Organization). *The World Health Report 2002: reducing risks, promoting healthy life*. Geneva: WHO, 2002.

WUNSCH FILHO, V. Reestruturação produtiva e acidentes de trabalho no Brasil: estrutura e tendências. *Cadernos de Saúde Pública*, 15(1): 41-51, 1999.

AUTORES

Amilcar Tanuri

Médico, doutor em Genética pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com pós-doutorado pelo Center for Disease Control (CDC), Atlanta (EUA). Professor adjunto da UFRJ e chefe do Laboratório de Virologia Molecular da UFRJ.

Antenor Andrade

Médico-veterinário, com especialização em Criação de Animais de Laboratório Livres de Germes Patogênicos Específicos (SPF) pelo Robert von Ostertag Institute, Berlim (Alemanha), e em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Servidor do Centro de Criação de Animais de Laboratório da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).

Beatriz Rodrigues Lopes Vincent

Médica, mestre em engenharia biomédica pela Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pesquisadora da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz (Ensp/Fiocruz), docente e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da mesma instituição.

Carlos Mazur

Médico-veterinário, mestre e doutor em Microbiologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor associado do Departamento de Microbiologia e Imunologia Veterinária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Célia M. C. A. Romão

Farmacêutica-bioquímica, doutora em Biologia Parasitária pelo Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Tecnologista sênior da Fiocruz.

Christina Simas

Arquiteta, com especialização em Controle da Qualidade de Produtos, Ambientes e Serviços pelo Instituto Nacional de Controle da Qualidade em Saúde da Fundação Oswaldo Cruz (INCQS/Fiocruz). Pesquisadora do Núcleo de Biossegurança da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (Ensp) da Fiocruz e docente do Programa de Capacitação de Recursos Humanos de Biossegurança em Laboratórios, da Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública da Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde (SVS/MS).

Cíntia de Moraes Borba

Bióloga, mestre e doutora em Biologia Parasitária pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Pesquisadora do Laboratório de Taxonomia, Bioquímica e Bioprospecção de Fungos do Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz).

Clara Fumiko Tachibana Yoshida

Graduada em Ciências Biológicas, doutora em Microbiologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pesquisadora do Laboratório de Hepatites Virais do Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz).

Cristiane Rapparini

Médica, mestre e doutora em Infectologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Doenças Infecciosas e Parasitárias da UFRJ e coordenadora do Projeto Riscobiologico.org.

Cristina Lúcia Silveira Sisinno

Graduada em Ciências Biológicas, mestre e doutora em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz (Ensp/Fiocruz). Bióloga da BfU do Brasil Serviços Ambientais Ltda. e da SoloTox Consultoria Ltda.

Elba Regina Sampaio de Lemos

Médica, mestre e doutora em Medicina Tropical pelo Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Pesquisadora titular e chefe do Laboratório de Hantavíroses e Rickettsioses do IOC, professora e membro da coordenação do Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical do IOC, professora do Programa de Pós-Graduação em Pesquisa Clínica em Doenças Infecciosas do Instituto de Pesquisa Evandro Chagas (Ipec) da Fiocruz, membro colaborador da Comissão Interna de Biossegurança do IOC, coordenadora dos

laboratórios de referência regional para hantavírus e nacional para rickettsioses do Ministério da Saúde.

Elizabeth Gloria Oliveira Barbosa dos Santos

Biomédica, mestre e doutora em Biologia Parasitária pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Pesquisadora da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (Ensp) da Fiocruz, professora do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Ensp, coordenadora do curso de especialização (modalidade a distância) promovido pela Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública, da Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde (CGLAB/SVS/MS).

Francelina Helena Alvarenga Lima e Silva

Bióloga, mestre em Ciência da Informação pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia (Ibict/MCT), doutoranda em Doenças Infecciosas e Biossegurança no Instituto de Pesquisa Evandro Chagas da Fundação Oswaldo Cruz (Ipec/Fiocruz). Tecnologista sênior em Saúde Pública do Núcleo de Biossegurança (NuBio) do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental (DSSA) da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (Ensp) da Fiocruz.

Gabriel Eduardo Schütz

Bioquímico, mestre e doutor em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz (Ensp/Fiocruz). Pesquisador visitante da Ensp/Fiocruz.

Geraldo Rodrigues Garcia Armôa

Farmacêutico-bioquímico, doutor em Microbiologia pela George Washington University (EUA). Tecnologista sênior em Saúde Pública do Laboratório de Esquistossomose Experimental do Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz).

Hermann G. Schatzmayr

Veterinário, livre-docente em Virologia pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Pesquisador titular do Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz), membro titular da Academia Brasileira de Ciências.

Isabel K. F. de Miranda Santos

Médica, mestre em Ciências (Microbiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e doutora em Clínica Médica pela Universidade de São Paulo

(USP). Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e pesquisadora visitante da USP.

João Alberto Ferreira

Engenheiro, mestre em Engenharia Ambiental pelo Manhattan College (Nova York, EUA) e doutor em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz (Ensp/Fiocruz). Professor adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj).

Leon Rabinovich

Farmacêutico-químico, doutor em Enzimologia e Tecnologia das Fermentações pela Universidade Federal Fluminense (UFF), com pós-doutorado pelo Instituto Pasteur (Paris). Pesquisador titular e chefe do Laboratório de Fisiologia Bacteriana do Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz).

Lia Laura Lewis-Ximenez

Médica, doutora em Biologia Parasitária pelo Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Responsável pelo Grupo de Atendimento ao Diagnóstico das Hepatites Virais, Laboratório de Hepatites Virais do IOC.

Márcia Barbosa de Lima

Fisioterapeuta, mestre em Ciências em Engenharia de Produção pela Coppe/ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Membro efetivo da Câmara Técnica de Ergonomia do Crefito.

Marco Antonio Ferreira da Costa

Engenheiro-químico, doutor em Ciências pelo Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Professor e pesquisador da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV) da Fiocruz, docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde do IOC.

Paula Raquel dos Santos

Enfermeira, mestre em Ciências da Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), doutora em Saúde Pública pela mesma instituição. Professora substituta da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj).

Paulo Roberto de Carvalho

Químico industrial, doutor em Ciências pelo Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Professor e pesquisador da Escola Politécnica

de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV) da Fiocruz, docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde do IOC.

Pedro Teixeira (Organizador)

Biólogo, com mestrado profissionalizante em Gestão de Ciência e Tecnologia em Saúde pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (Ensp/Fiocruz). Pesquisador do Departamento de Ciências Biológicas da Ensp, coordenador do curso de especialização a distância em Biossegurança da Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde (SVS/MS) e presidente da Comissão Interna de Biossegurança da Ensp.

Raul dos Santos

Físico, mestre em Engenharia Nuclear pelo Instituto Militar de Engenharia (IME). Tecnologista sênior da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Renato Bonfatti

Médico e filósofo, mestre em Filosofia pelo Instituto de Filosofia e Ciências Sociais da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IFCS/UFRJ), doutor em Ciências da Engenharia de Produção pela Coppe/UFRJ. Médico-ergonomista do Núcleo de Saúde do Trabalhador da Diretoria de Recursos Humanos da Fundação Oswaldo Cruz (Direh/Fiocruz).

Ricardo Galler

Graduação em Biologia Animal, mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), doutor em Ciências da Natureza pela Universität Heidelberg (Alemanha), com pós-doutorados pelas universidades Southwest Foundation for Biomedical Research, Washington University e California Institute of Technology. Pesquisador do Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos da Fundação Oswaldo Cruz (Bio-Manguinhos/Fiocruz).

Roberto Passos Nogueira

Médico, doutor em Saúde Coletiva pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj). Pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e professor do Núcleo de Saúde Pública da Universidade de Brasília (Nesp/UnB).

Silvio Valle (Organizador)

Médico-veterinário, com especializações em Biosafety and Risk Assessment for GMOs pelo Istituto Agronomico per l' Oltremare em Florença (Itália), em Advanced Research in Biosafety for GMOs pelo International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB) em Trieste (Itália), em Investigaciones

Biomédicas y el Controle de Calidad pelo Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología em Havana (Cuba). Pesquisador titular e coordenador de cursos de Biossegurança da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).

Simone Santos Oliveira

Graduação em Ciências Sociais, com especialização em Ergonomia Contemporânea pela Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre e doutora em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (Ensp/Fiocruz). Pesquisadora em Saúde Pública da Ensp.

Telma Abdalla de Oliveira Cardoso

Médica-veterinária, doutora em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz (Ensp/Fiocruz). Pesquisadora sênior e coordenadora do Núcleo de Biossegurança da Ensp, coordenadora e professora do Programa de Capacitação de Recursos Humanos de Biossegurança em Laboratórios da Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública, Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde (SVS/MS).

Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos

Engenheiro de produção, mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (USP). Professor titular de Engenharia de Segurança do Trabalho e Ergonomia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

William Waissmann

Médico, mestre e doutor em Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Pesquisador titular do Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz (Cesteh/Ensp/Fiocruz) e médico da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

Formato: 16 x 23cm
Tipologia: Gouldy Old Style (miolo)
Chicago e Calibri (capa)
Papel Pólen Bold 70g/ m² (miolo)
Cartão Supremo 250g/ m² (capa)

CTP, Impressão e acabamento: Imos Gráfica e Editora Ltda.
Rio de Janeiro, maio de 2012.

Não encontrando nossos títulos em livrarias, contactar a Editora Fiocruz:

Av. Brasil, 4036 - 1 andar - sala 112 - Manguinhos
21041-361 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 3882-9039 e 3882-9006
www.fiocruz.br/editora
editora@fiocruz.br