



Fundamentos de saúde ambiental



EDITORA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO AMAZONAS



PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Luiz Inácio Lula da Silva

MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Sérgio Machado Rezende

GOVERNADOR DO ESTADO DO AMAZONAS
Carlos Eduardo de Souza Braga

SECRETÁRIO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
José Aldemir de Oliveira

PRESIDENTE DA FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO
DO AMAZONAS
Odenildo Teixeira Sena

REITOR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
Hidembergue Ordozgoith da Frota



Esta obra foi publicada com o apoio do Governo do Amazonas, por meio da
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM
Rua Recife, n. 3280. Parque 10 de Novembro, Manaus – AM
www.fapeam.am.gov.br e-mail – gabinet@fapeam.am.gov.br



Leandro Luiz Giatti
(Organizador)

Fundamentos de saúde ambiental




EDITORA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO AMAZONAS
Manaus – 2008

Copyright © 2008 Universidade Federal do Amazonas

EDITOR
Renan Freitas Pinto

REVISÃO
Renan Freitas Pinto
Aldirene Cordeiro
Guilhermina Terra

SUPERVISÃO EDITORIAL
Elione Angelim Benjó

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA (MIOLO)
Adylia Verushka Moraes Melara

CAPA

ILUSTRAÇÃO DE CAPA

Catálogo na Fonte

F981 Giatti, Leandro Luiz (Org.).
Fundamentos de saúde ambiental. / Leandro Luiz
Giatti, organizador. -- Manaus: Editora da Univer-
sidade Federal do Amazonas, 2008.

343 p.: Il. 21 cm

ISBN 978-85-7401-295-7

1. Saúde pública. I. Giatti, Leandro Luiz.

CDU 628

Ficha elaborada por Guilhermina de Melo Terra (CRB 369/11)
Departamento de Biblioteconomia

EDUA
Editora da Universidade Federal do Amazonas
Rua Coronel Sérgio Pessoa, n 147 – Centro
(antiga Faculdade de Direito, praça dos Remédios)
Fone: (0xx92) 3231-1139 e 9128-5327
CEP 69.005-030 Manaus/AM
www.ufam.edu.br e-mail: edua_ufam@yahoo.com.br



Sumário

Capítulo 1

Fundamentos das relações entre saúde e ambiente, 00

Prof. Dr. Leandro Luiz Giatti

Capítulo 2

Precariedades em saneamento básico, doenças de veiculação hídrica e demais moléstias associadas, 00

Prof. Dr. Leandro Luiz Giatti

Capítulo 3

Serviços de coleta, tratamento e destinação final de esgotos, 00

Prof. Dr. José Luiz Negrão Mucci

Capítulo 4

Abastecimento público e usos das águas, 00

Profa. Dra. Silvana Audrá Cutolo

Capítulo 5

Poluição atmosférica, 00

Prof. Dr. João Vicente de Assunção / Profa. Dra. Célia Regina Pesquero

Capítulo 6

Resíduos sólidos, contaminação ambiental e relações com saúde pública, 00

Profa. Dra. Luciana Franzetti Barreira / Prof. Msc. Anderson Sena

Capítulo 7

Ecologia e saúde pública, 00

Profa. Dra. Zoraida Fernández Grillo

Capítulo 8

Artrópodes de importância em saúde pública, 00

Prof. Dr. Paulo Roberto Urbinatti / Prof. Dr. Delsio Natal

Capítulo 9

Ambiente urbano, bem-estar e saúde, 00

Prof. Dr. Leandro Luiz Giatti / Msc. Carolina Moura de Souza





Capítulo 10

O papel da educação para a promoção da saúde, 00

Profa. Msc. Renata Ferraz de Toledo / Profa. Dra. Maria Cecília Focesi Pelicioni



Capítulo 1

Fundamentos das relações entre saúde e ambiente

Prof. Dr. Leandro Luiz Giatti

Com o atual nível de conhecimento científico da humanidade, é incontestável o reconhecimento das relações entre meio ambiente e saúde. Inúmeras são as possibilidades em que problemas ambientais interferem direta ou indiretamente na saúde humana.

Contudo, é importante salientar que a compreensão da relação saúde meio ambiente teve diversas interpretações ao longo da história da humanidade, também havendo distinção entre culturas de povos quanto ao entendimento dos fenômenos que interferem na saúde.

Entre 5000 e 4000 a.C., a história dos sumérios indica associação entre a água e divindades, demonstrando a importância primordial desse recurso ambiental (ROCHA, 1997).

Gouveia (1999) cita que, Hipócrates, médico grego de 400 a.C., em sua famosa obra intitulada “Ares, águas e lugares” considerava o papel crucial do meio ambiente na gênese, determinação e evolução das doenças. Rezende e Heller (2002) complementam que a obra de Hipócrates tratava do ambiente físico, indicando condições adequadas para ocupação humana, bem como, estabelecendo uma relação entre áreas pantanosas e transmissão de doenças, classificando desse modo alguns ambientes como insalubres.

Também Sextus Julius Frontinus, na obra intitulada “Das águas da cidade de Roma, 97 à 104 d.C.”. Demonstra o reconhecimento e importância de um fator ambiental, no caso a água, para a saúde humana. Considera-se que princípios adotados no abastecimento de água da Roma antiga permanecem atuais até os dias de hoje (WIENDL, 1983).

Demais culturas primitivas associavam a saúde a divindades e a ocorrência de doenças a presença ou ação de maus espíritos. Mesmo em tempos modernos, dentre culturas que não foram ainda totalmente abarcadas pelo desenvolvimento científico atual, verificam-se alusões entre saúde e entidades sobrenaturais como componentes de culturas que resistem bravamente ao processo de globalização.

Kameyama (1985, p. 34), em sua dissertação de mestrado sobre epidemiologia de parasitoses intestinais no Parque Nacional do Xingu, assinala que os indígenas mesmo “aceitando bem as atividades médicas preventivas e curativas da equipe da Escola Paulista de Medicina” conservam a concepção de que

as doenças são provocadas por entes sobrenaturais, espíritos de plantas ou de animais, ‘mamaé’ no idioma tupi, que ferem determinado órgão ou região do corpo do mortal, com um objeto, como espinho ou unha do gavião, porque está zangado, ou porque foi provocado a tal, por um feiticeiro.

Na região do Alto Rio Negro, mais precisamente no município de São Gabriel da Cachoeira/AM, onde em suas proximidades vivem representantes de 22 etnias indígenas, constatam-se fortes mudanças no sistema econômico-político e social dos grupos indígenas. Desde a chegada dos atuais missionários Salesianos em 1916, diversas práticas xamânicas da medicina tradicional foram sendo coibidas, havendo inclusive a proibição de práticas de pajelança. Nesse processo, diversas doenças não endêmicas foram introduzidas na região, sendo que apesar dos indígenas não conhecerem a etiologia de tais moléstias, estes atribuem explicações mitológicas sobre o aparecimento das mesmas (ATHIAS, 2002).

Buchillet (1988 apud BUCHILLET, 1997) e Garnelo (2003), indicam, sobre os índios da região do alto rio Negro das etnias Tukano e Baniwa, que esses povos consideram fatores intrínsecos do ambiente

no processo saúde doença, como o ambiente (natureza) e as relações sociais. O conhecimento tradicional desses indígenas, de transmissão oral e registrado na forma de mitos, envolve profundo saber e especialização sobre o ambiente, obtenção de recursos e manejo diante da escassez dos mesmos, elementos essenciais à saúde e sobrevivência dos mesmos.

Foi provavelmente a partir de uma mescla entre as concepções primitivas de saúde e meio ambiente, associando a origem das moléstias com pântanos, matéria orgânica em decomposição, bem como com a presença e ação de espíritos nefastos que surgiu a Teoria dos Miasmas.

Rezende e Heller (2002, p. 38), indicam que a Teoria dos Miasmas foi amplamente difundida e aceita até o século 19, tendo como base que a transmissão das doenças ocorria “por emanações gasosas provenientes da matéria orgânica em decomposição, constantemente encontrada em regiões pantanosas”.

É nítido que esta teoria conferia grande valoração a um aspecto ambiental no ciclo de transmissão das doenças, no caso, o ar era reconhecido como de grande importância. Apesar da pouca compreensão quanto aos complexos mecanismos de transmissão de doenças infecciosas, a Teoria dos Miasmas apresentava-se de maneira coerente para indicar a origem de doenças como varíola e tuberculose. Contudo, diversas outras doenças infecciosas não se encaixavam nesse mesmo modelo de transmissão, embora também tivessem relação íntima com questões ambientais.

Um significativo exemplo de interpretação errônea de transmissão de doença, na concepção da Teoria dos Miasmas, foi o da Peste Bubônica, mazela de expressão avassaladora em diversos momentos da história da Europa. No ano de 1665 uma epidemia de Peste Bubônica causou a morte de cerca de 100 mil dos 400 mil habitantes de Londres. Julgava-se que a transmissão era feita por odores, sobretudo do mau cheiro oriundo dos bubões dos doentes (grandes bolhas escuras que produziam pus e odor). Para evitar o contágio, as



peças saudáveis afastavam-se dos doentes ou obrigavam-lhes a quarentenas em domicílio. Os médicos da época utilizavam chapéu, longa vestimenta, luvas, botas, uma vara para tocar os doentes e uma máscara com um “bico” contendo substâncias aromáticas com intuito de se proteger dos odores ou “miasmas” que transmitiriam a doença. Porém, hoje se sabe que tal moléstia é transmitida pela pulga dos ratos, sendo este roedor um reservatório da doença (MARTINS, 2002). Assim sendo, verificamos que nesse caso, apesar de não haver correlação pertinente na concepção de transmissão pelo ar, há uma relação muito intensa entre a doença e um problema ambiental. O sistema de armazenamento de grãos praticado na época e a precariedade de saneamento das habitações e vilarejos constituíam fatores que favoreciam tanto a proliferação de ratos como de pulgas.

O Rio de Janeiro do século 19, então capital do Império, era palco de recorrentes epidemias de varíola, febre amarela e cólera, que afetavam a população ceifando inúmeras vidas. Naquela época, devido ao pouco conhecimento dos médicos não ocorriam significativos progressos no combate a tais mazelas. Frente a diversas teorias, uma das equivocadas conclusões que figuraram foi a de que as enfermidades cariocas eram causadas por miasmas, ares corrompidos que sopravam do oceano e pairavam sobre a cidade. Dentre as precauções adotadas em momentos de intensas epidemias, os médicos solicitavam às milícias que realizassem periódicos disparos de canhão ao céu com intuito de afugentar os miasmas (BERTOLLI FILHO, 2000).

Ainda no século 19 um grande avanço no sentido de compreensão da origem das doenças ocorreu, quando por volta de 1880 iniciou-se a era bacteriológica, tendo como precursores de grande expressão, Louis Pasteur, Robert Koch, John Snow e Semmelweis. Tal momento na história da ciência foi de grande significância, pois estes cientistas não somente descreveram fenômenos microbiológicos como

também demonstraram mecanismos de infecção e a respectiva relação com origem das doenças, constituindo a Teoria do Contágio.

Foi tamanha a expressividade destas descobertas, que a partir do início do século 20 o meio científico passou a reconhecer a presença de microrganismos como o único fator causador de doenças, sustentando a Teoria Unicausal, a qual deu origem a um modelo de combate a doenças exclusivamente dirigido à eliminação e controle do agente etiológico, por meio de modelo assistencialista de saúde, fazendo intenso uso de biocidas e quimioterápicos (REZENDE; HELLER, 2002).

É válido resgatar que apesar das equivocadas interpretações de origem das doenças, a Teoria dos Miasmas compreendia uma dimensão ambiental, de significado plausível no sentido de prevenção contra algumas doenças. Contudo, no limiar da era bacteriológica, demais conceitos que não contemplavam diretamente a presença de microrganismos foram temporariamente desconsiderados.

A superação dessas teorias se consolidou na década de 1960, quando se passou a reconhecer uma grande complexidade de fatores vinculados a origem das doenças. Essa nova concepção foi reconhecida como Teoria Multicausal, a qual admite que o processo de doença não depende exclusivamente das particularidades de um microrganismo, mas sim das características de um agente patológico (que pode ser animado ou inanimado) somadas às características do indivíduo e de sua resposta a estímulos provocadores de doença, advindos do meio ambiente e do próprio indivíduo. A grande importância da consideração de múltiplas causas associadas a uma doença reside no fato de que a prevenção ou busca da cura baseia-se na eliminação direta do agente patológico e também na supressão de demais fatores associados. Um bom exemplo trata-se da tuberculose, cujo adoecimento não depende exclusivamente da

presença do bacilo de Koch (*Mycobacterium tuberculosis*), mas também de outros fatores como susceptibilidade, saneamento, desnutrição e habitação (MALETTA, 1988).

No sentido de tornar compreensível a importância de considerar diversos fatores associados ao desencadeamento de uma doença, Rouquayrol e Goldbaum (1999, p. 23) afirmam que: “*ao serem consideradas as condições para que a doença tenha início em um indivíduo suscetível, é necessário ter-se em conta que nenhuma delas será, por si só, suficiente*”, e que “*a associação dos fatores é sinérgica, isto é, dois fatores estruturados aumentam o risco de doença mais do que faria a sua simples soma. O estado final provocador de doença é, portanto, resultado da sinergização de uma multiplicidade de fatores políticos, econômicos, sociais, culturais, psicológicos, genéticos, biológicos, físicos e químicos*”.

Não obstante, Almeida Filho (1997) apresenta pertinente crítica à multicausalidade, sendo que este termo apenas representa “muitas causas” ou múltiplas causas, não sendo esta teoria completamente abrangente em relação à natureza potencialmente diversificada das conexões, ou funções de risco. Assim, o enfoque da complexidade do objeto doença-saúde pode se articular em referenciais epistemológicos e conceitos teórico-metodológicos em uma abordagem de holopatogênese, que segundo Samaja (1994 apud ALMEIDA FILHO; ANDRADE, 2003, p. 109) “deve ser interpretado como um tipo especial de objeto-modelo heurístico, operando em distintos níveis hierárquicos de complexidade, simultaneamente dependente de substrato ontológico e simbólico”. Esse modelo estruturado em dimensões que vão do molecular ou celular ao individual, populacional, ecossistêmico e cultural, preconiza que cada dimensão abriga seus conjuntos de fatores causa, com subconjuntos de determinantes antagônicos, uns que fomentam o aparecimento da doença e outros que favorecem a resistência à sua disseminação.

Por definição, complexidade constitui traço essencial do modelo geral de holopatogênese e de seus submodelos porque se encontram sujeitos à não-linearidade e à sensibilidade a condições iniciais ao interagir em rede e permitir sinergismo nos seus efeitos (ALMEIDA FILHO; ANDRADE, 2003, p. 112).

Resgatando a importância do ambiente em proposta de estudo da complexidade do processo saúde-doença, Rouquayrol (1999) classifica fatores ambientais em:

– Fatores ambientais naturais: localização, relevo, hidrografia, solo, clima, vegetação e fauna;

– Fatores ambientais artificiais: modificação ou destruição de paisagem natural ou de ecossistemas, emissão de poluentes ambientais, emprego de agrotóxicos, contaminação de alimentos por agentes microbiológicos, químicos ou radioativos, introdução de aditivos químicos em alimentos industrializados, restrição na quantidade e na diversificação de alimentos disponíveis, tipo de habitação, organização de espaço urbano e condições adversas em locais de trabalho.

Diante da multiplicidade de fatores ambientais pertinentes, temos uma imensa gama de situações associadas. Na tentativa de ilustrar quanto as possíveis relações, podemos considerar um processo de desequilíbrio ecológico e conseqüente proliferação de pragas, as quais podem ser vetores que atuam na transmissão de doença ou mesmo reservatório de doenças transmissíveis ao ser humano.

No caso de doenças causadas por microrganismos patogênicos, temos que os fatores ambientais freqüentemente se associam com os mecanismos de transmissão destas moléstias. Esta associação pode ocorrer de maneira direta ou indireta.

Uma associação direta será bem evidente como no caso da cólera, onde a água contaminada por dejetos humanos que contém o agente etiológico será consumida sem o devido tratamento ou então

contaminará alimentos a serem consumidos acarretando a transmissão da doença.

Por outro lado, uma associação indireta pode se caracterizar com a transmissão da dengue, quando resíduo doméstico é disposto de maneira inadequada, permitindo acumulação de água necessária para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, o qual, por sua vez, atuará na transmissão da doença.

Não obstante, além das doenças infecciosas, doenças crônicas passam a apresentar grande importância no perfil epidemiológico de populações humanas, sobretudo em se tratando da urbanização e os distintos condicionantes que se fazem presentes nessa forma de organização do espaço antrópico. Assim, doenças como as cardiovasculares e o câncer podem ser estudadas quanto a uma multiplicidade de fatores de risco, dentre os quais, o meio ambiente, quando em condições inadequadas, figura com grande importância.

Tarride (1998, p. 22) assinala quanto às mudanças na área de abrangência da saúde pública, que no passado se restringia a ações massificadas de prevenção a epidemias e erradicação de doenças infecciosas, hoje concentra esforços para com as doenças degenerativas, acidentes, consumo de drogas etc. Este autor afirma que,

no campo da saúde ambiental, o que preocupa já não são o esgoto nem as condições higiênicas das moradias, mas a contaminação da atmosfera e das águas, os ruídos e fenômenos perturbadores, antes desconhecidos.

Assim, vale ressaltar a grande preocupação quanto à poluição e a saúde, vinculada ao lançamento indevido de elementos químicos no ambiente, e aos demais tipos de poluição aos quais o ser humano pode estar exposto. Diversos elementos tóxicos são lançados ao ar,



solo e água por meio da ação humana. Consta que a exposição a tais elementos irá ou não causar prejuízos à saúde em razão de diversos fatores como tempo de exposição, concentração do poluente no meio, toxicidade do elemento, o processo de entrada no organismo, a concentração no organismo, efeitos sinérgicos entre poluentes, suscetibilidade do indivíduo, o processo metabólico e a possibilidade de excreção do tóxico. Tais fatores correspondem a elementos de complexidade do estudo da *ecotoxicologia*.

De maneira a simplificar um pouco o entendimento toxicológico, podemos afirmar que, quando ocorrem sintomas aparentes de intoxicação por um determinado poluente, caracterizando um quadro agudo, é porque houve exposição a uma quantidade relativamente grande de um elemento tóxico capaz de deflagrar tais sintomas em curto prazo. Nessas circunstâncias fica clara a relação de causa e efeito quanto ao poluente.

Contudo, em situações onde pessoas são expostas a pequenas quantidades de poluentes, por longo período de exposição, seja em cidade onde a poluição atmosférica apresenta níveis preocupantes, ou mesmo em local onde as pessoas consomem água de manancial contaminado por baixos níveis de elementos tóxicos, há então, a possibilidade de desencadear problemas crônicos, os quais geralmente possuem vínculo com demais fatores de risco que incidem sobre os indivíduos expostos, desse modo, dificultando a correta interpretação de causa e efeito, necessitando a realização de estudos epidemiológicos mais aprofundados, que compreendem significativos grupos populacionais e espaço de tempo.

Dentre efeitos ecotoxicológicos crônicos podemos dar destaque ao câncer, doença que pode ter origem quando pessoas são expostas a substâncias cancerígenas em baixas concentrações por longos períodos. Della Porta (1984) declara que aproximadamente 80 a 90%



dos cânceres são devidos a fatores ambientais. Determinados elementos químicos encontrados na poluição atmosférica, na água, na agricultura moderna e nos detritos sólidos, que por sua vez podem poluir o ar e a água, são associados ao aumento da incidência de tipos de câncer (KORMONDY; BROWN, 2002).

Ainda no sentido das relações com a saúde humana, é também atribuído ao ambiente grande vínculo com o bem-estar e a qualidade de vida das populações humanas, tópico relacionado às características do ambiente antrópico e às atividades impactantes aos ecossistemas.

Considerando o meio ambiente como conjunto de elementos e fatores indispensáveis à vida, verificamos que o equilíbrio dos componentes do ambiente remete diretamente a viabilidade do fenômeno vital. Assim, podemos observar que a ação do ser humano sobre o ambiente, de tão expressiva em virtude da capacidade desse ser, acarreta desequilíbrios tais que podem ameaçar até mesmo sua própria sobrevivência.

Nesse sentido, Patz et al. (2004) assinalam que

profundas mudanças antrópicas sobre o meio configuram ambientes propícios para consequências na epidemiologia de doenças infecciosas, tais como emergência e reemergência de bioagentes patogênicos e modificação de vias de transmissão de doenças endêmicas (grifos do autor).

Em se estudando diferentes níveis de alterações ambientais promovidos por ação humana, é possível estimar um gradiente entre o ambiente natural em um extremo, como uma floresta primária, e em outro extremo um ambiente profundamente alterado em suas características por ação antrópica, como por exemplo um ambiente urbano em uma grande metrópole. Muito conveniente pode ser direcionar esta analogia para a região Amazônica, bioma detentor de

status inigualável em termos de patrimônio natural, biodiversidade e extensão de floresta tropical.

Assim, verifica-se que há áreas de intensa urbanização na Amazônia, como na cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas. Consta que movimentos migratórios advindos, sobretudo, do interior do Estado e de outros Estados Amazônicos propiciam o acelerado crescimento urbano, havendo para tal processo demográfico o estímulo do desenvolvimento econômico promovido pelo pólo industrial residente nesta cidade (RIBEIRO-FILHO, 1999).

Pois bem, considerando áreas próximas e até mesmo marginais da cidade de Manaus, analogicamente seguindo para o centro da cidade, é possível identificar um gradiente de ambientes que se verifica desde áreas de florestas primárias a ambientes totalmente construídos pelo ser humano. Nesse sentido, Confalonieri (2005) classifica três tipos de macropaisagens: paisagens naturais, paisagens antropizadas e paisagens construídas. O citado autor descreve que para cada qual das macropaisagens associam-se conjuntos relativamente bem definidos de agravos à saúde. Observa-se assim, que em paisagens naturais ocorrem infecções focais de doenças infecciosas e parasitárias, resultantes do contato direto do ser humano com o ambiente natural. Já em paisagens antropizadas é comum verificar a ocorrência de agravos associados ao desequilíbrio ecológico como a malária, a leishmaniose e as viroses silvestres que “transbordam” dos ecossistemas. Por sua vez, nas paisagens construídas as doenças infecciosas e parasitárias apresentam menores prevalências, por outro lado, assumem maior significância as doenças circulatórias, acidentes, violência social e ainda, efeitos da poluição atmosférica e sonora, dentro outros fatores característicos do ambiente urbano.

Ainda fazendo uso da cidade de Manaus como exemplo, observa-se que estas distintas situações de ambiente e respectivos



condicionantes do processo saúde doença ocorrem em espaço relativamente reduzido e que o fluxo diário das pessoas leva moradores de um lado a outro da cidade, resultando nos mais diferentes tipos de exposição. Diante da proximidade entre o ambiente silvestre e construído é válido considerar que doenças infecciosas provenientes de ciclos silvestres possam ser introduzidas no meio urbano, para tanto, basta que haja o contato com o agente etiológico em ambientes naturais, a movimentação de infectados e finalmente a possibilidade de transmissão no ambiente construído densamente habitado. Pode-se considerar, por exemplo, a febre amarela, que de ciclo silvestre pode ser reintroduzida em ambientes urbanos, onde pode haver sua transmissão pelo mosquito *Aedes aegypti*.

Seguiram-se algumas considerações no sentido de ilustrar aspectos históricos, conceituais e uma breve introdução sobre as relações entre saúde e ambiente. Não obstante, é preciso fazer menção sobre o direito ao ambiente saudável. Assim, ressalta-se aqui o Artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil, determinando que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida” (BRASIL, 1988, cap. VI, art. 225).

Contudo, para entender o que é o meio ambiente essencial a sadia qualidade de vida, é necessário primeiramente entender o significado de saúde.

Nesse contexto, é imprescindível apresentar a definição da Organização Mundial da Saúde – OMS, sobre saúde, como “o estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doença”. Tendo em vista o caráter abrangente de tal definição, que terá maior discussão no capítulo 8 deste livro, compreende-se que sobre os aspectos ambientais haverá uma grande abrangência em termos de requisitos, os quais são elementos de estudo da Saúde Ambiental.

De acordo com a OMS, saúde ambiental consiste das “conseqüências na saúde da interação entre a população humana e o meio ambiente físico – natural e transformado pelo homem – e o social” (WHO, 1996 apud GOUVEIA, 1999).

Enfim, esta obra pretende abordar relevantes fundamentos da Saúde Ambiental, de modo a valorizar a importância do meio para a saúde pública, constituindo importante papel no campo da saúde preventiva por meio da busca de um ambiente antrópico equilibrado e da importância da manutenção dos ambientes naturais para a saúde e bem-estar humano.

Referências

ALMEIDA FILHO, N. *A clínica e a epidemiologia*. Rio de Janeiro: APCE Produtos do Conhecimento, co-edição Abrasco, 1997.

ALMEIDA FILHO, N.; ANDRADE, RFS. Holopatogênese: esboço de uma teoria geral de saúde-doença como base para a promoção da saúde. In: CZRESNIA, D.; MACHADO DE FREITAS, C. (Orgs). *Promoção da saúde*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

ATHIAS R. Saúde, medicina tradicional e programas de saúde entre os povos indígenas do Rio Negro. In: BRANDÃO, M. C.; DE PAULA, N. C.; ATHIAS, R. *Saúde indígena em São Gabriel da Cachoeira: uma abordagem antropológica*. Recife: Líber Gráfica e Editora, 2002.

BERTOLLI FILHO, C. *História da saúde pública no Brasil*. São Paulo: Editora Ática, 2000.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil – 1988*. Brasília: Senado Federal, 1988.

BUCHILLET, D. *Caracterização etnográfica da região e dos povos – 1. Os grupos Tukano orientais*, 1997.

CONFALONIERI, U. E. C. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para análise de paisagens e doenças. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 53, p. 221-36, 2005.

DELLA PORTA, G. A importância do meio ambiente na etiologia do câncer. In: MONTORO, A. F.; NOGUEIRA, D. P. *Meio ambiente e câncer*. São Paulo: T. A. Queiroz Editor, 1984.

GARNELO, L. *Poder, hierarquia e reciprocidade: saúde e harmonia entre os Baniwa do Alto Rio Negro*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. *Saúde e Sociedade*, v. 8, n. 1, p. 49-61, 1999.

KAMEYAMA, I. *Parasitoses intestinais entre os índios do Parque Nacional do Xingu: alguns aspectos epidemiológicos e ecológicos*. Dissertação de mestrado. São Paulo: Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 1985.

KORMONDY, E. J.; BROWN, D. E. *Ecologia humana*. Tradução de Max Blum. São Paulo: Atheneu Editora, 2002.

MALETTA CHM. *Epidemiologia e saúde pública*. São Paulo: Livraria Atheneu, 1988.

MARTINS, R. A. *Contágio: história da prevenção das doenças transmissíveis*. São Paulo: Editora Moderna, 2002.

PATZ, J. A. et al. Unhealthy landscapes: policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. *Environmental Health Perspectives*, n. 112, v. 10, p. 1092-8, 2004.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. *O saneamento no Brasil: políticas e interfaces*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

RIBEIRO-FILHO, V. *Mobilidade residencial em Manaus: uma análise introdutória*. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 1999.

ROCHA, A. A. *Fatos históricos do saneamento*. São Paulo: Scortecci, 1997.



ROUQUAYROL, M. Z.; GOLDBAUM, M. Epidemiologia, história natural e prevenção de doenças. In: ROUQUAYROL, M. Z. *Epidemiologia & saúde*. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1999.

ROUQUAYROL, M. Z. *Epidemiologia & saúde*. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1999.

TARRIDE, M. I. *Saúde pública: uma complexidade anunciada*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1998.

WIENDL, W. G. Prefácio. In: FRONTINUS, S. J. *Das águas da cidade de Roma (97-104 d.C.)*. Tradução de W. G. Wiendl. São Paulo: CETESB, 1983.



Capítulo 2

Precariedades em saneamento básico, doenças de veiculação hídrica e demais moléstias associadas

Prof. Dr. Leandro Luiz Giatti

Saneamento do meio

No contexto das intervenções humanas no meio ambiente, as quais interferem direta ou indiretamente na saúde pública, observa-se que o saneamento do meio tem como principal meta à saúde humana, no sentido de suprimir os desequilíbrios ambientais que na maioria das vezes são causados pelas ações antrópicas, salvo em situações de catástrofes como desmoronamentos, furacões, terremotos, maremotos, tempestades e enchentes. Nesses casos, fenômenos naturais causam desastres que oferecem risco epidemiológico constituindo objeto do saneamento ambiental.

Segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS, saneamento “é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o seu bem-estar físico, mental ou social”. Observa-se aqui a grande abrangência de ação do saneamento, tendo em vista que o bem-estar físico, mental e social do indivíduo, enquanto definição de saúde da própria OMS, compreende grande quantidade e variabilidade de relações com o meio ambiente e até mesmo algumas condições que podem remeter a singularidade humana (MOTA, 1999).

Ainda no sentido de definir saneamento, podemos citar que de acordo com Mota (1999, p. 405) é “o conjunto de medidas visando **preservar** ou **modificar** as condições do meio ambiente, com a

finalidade de prevenir doenças e promover a saúde”. Já nessa definição podemos observar o termo “**preservar**” condições do meio ambiente, indicando uma relação com o ambiente natural, dando a entender que preservar a natureza significa promover a saúde humana. Podemos facilmente exemplificar esse contexto da seguinte maneira: se preservarmos uma fonte de água potável natural, não sofreremos risco de contrair doenças ao consumir dessa água. Por outro lado, o termo “**modificar**” as condições do meio ambiente, certamente refere-se quase exclusivamente a reparação de impactos ambientais gerados, principalmente por ação humana. Por exemplo, ao despoluirmos um rio que corta uma cidade também estamos promovendo a saúde da população.

Contudo, o saneamento ambiental vai muito além dos exemplos populares acima citados. Carvalho e Oliveira (1997) apontam os seguintes tópicos como componentes do saneamento do meio:

- Garantir o abastecimento de água potável suficiente e adequada ao consumo;
- Promover a drenagem e a disposição de águas residuárias: esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e águas pluviais;
- Promover acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e/ou destino do lixo e limpeza urbana;
- Combater a poluição das águas, do ar e do solo;
- Controlar a qualidade dos alimentos;
- Garantir o saneamento de locais de trabalho, escolas, hospitais, habitações, clubes, restaurantes etc.;
- Sanear os meios de transporte;
- Cuidar do saneamento e do planejamento territoriais;
- Garantir saneamento nas situações de emergência: enchentes, terremotos etc.;

- Controlar vetores (roedores e artrópodes) causadores de zoonoses;
- Controlar a poluição sonora.

Saneamento básico

Dentro dessa grande área de atuação, refere-se como saneamento básico ao conjunto de serviços essenciais as populações humanas no sentido de salvaguardar a saúde pública. Compreendendo, portanto:

- abastecimento de água;
- disposição de esgotos sanitários;
- acondicionamento, coleta, transporte e destinação do lixo;
- drenagem de águas pluviais.

Tais ações fazem-se extremamente relevantes e necessárias levando em consideração as necessidades diárias humanas. Rocha (1993) indica que cada ser humano consome diariamente em média 2 litros d'água por ingestão e ainda cerca de 200 litros para outros fins e também mais de 600 gramas de alimentos, gerando a cada dia 1,2 litros de urina e 700 gramas de lixo e matéria orgânica (fezes).

Também é possível observar que as demandas por saneamento básico são crescentes à medida que ocorre crescimento populacional e adensamento urbano, e ainda, o aumento do consumo de bens acarreta elevação da demanda por saneamento básico, sobretudo no tocante aos serviços de resíduos sólidos – lixo.

Entretanto, esse capítulo dirige-se basicamente aos óbices referentes às precariedades associadas ao abastecimento de água, e indevida disposição dos esgotos, elementos de grande relevância em saúde pública, tendo em vista que segundo a OMS (2000), a cada ano, mais de cinco milhões de seres humanos morrem de alguma doença

associada à água não potável, ambiente doméstico sem higiene e falta de sistemas para eliminação de esgoto.

Sistema de saneamento básico

É necessário um sistema bem projetado para o equacionamento do saneamento básico em uma cidade ou comunidade. Um sistema de saneamento básico deve contemplar o fornecimento de água potável de boa qualidade e também os corretos procedimentos quanto ao destino dos esgotos domésticos.

Inicialmente a água será captada de um manancial, no caso uma represa. Os cuidados com o saneamento devem começar no manancial, este deve ter em seu entorno uma área de proteção de preferência com cobertura vegetal nativa, a qual servirá para proteger a água contra contaminações e também terá um papel na produtividade de água do manancial, evitando também o assoreamento desse corpo d'água. É seriamente recomendável que não ocorram lançamentos de efluentes de qualquer natureza no manancial, no sentido de evitar a poluição.

Após a captação ocorre a destinação para uma estação de tratamento que irá deixar água em condições adequadas de potabilidade, estabelecidas por legislação. Atualmente no Brasil, vigora a Portaria Nº 518-2004 do Ministério da Saúde.

O tratamento é necessário para adequar a padrões determinados na legislação que garantem a saúde da população abastecida, esse procedimento deve ocorrer mesmo diante de um manancial com água de boa qualidade e sem contaminação por esgotos.

O armazenamento da água em grandes reservatórios facilita a distribuição e previne contra eventuais falhas no processo de tratamento, como por exemplo no caso de eventual falta de energia elétrica para

movimentar o sistema, assim, dos reservatórios a água geralmente percorre a rede adutora por gravidade.

Já no sentido de iniciar as observações quanto ao adequado manejo dos esgotos domésticos, nota-se que a dimensão e cobertura da rede de captação de esgotos deverá ser equivalente à da rede de distribuição de água potável. Isso porque a cada litro de água consumido irá gerar-se aproximadamente o mesmo volume em águas servidas.

Desse modo, quanto aos esgotos, após a captação devem ser encaminhados a estações de tratamento onde passarão por processos que visam a redução de sua carga poluidora. Finalmente, verifica-se que os esgotos tratados deverão ter sua destinação final adequada, não sendo apropriado lançar tais efluentes em corpos d'água que servirão de manancial para demais populações humanas (ver capítulo 3).

Doenças de veiculação hídrica

Como já citado, há uma forte relação entre água e doenças, sobretudo em países em desenvolvimento onde as precariedades sanitárias são notórias e evidentemente constatáveis. Tais fragilidades abrem precedente para a disseminação de uma grande gama de moléstias intituladas como doenças de veiculação hídrica.

Mota (1999, p. 406) define doenças de veiculação hídrica como

doenças que podem ser transmitidas ao homem através da água, quando esta serve como meio de transporte de agentes patogênicos eliminados pelo homem através dos dejetos, ou de poluentes químicos e radioativos, presentes nos esgotos industriais. Esses agentes podem alcançar o homem através da ingestão direta da água, pelo contato da mesma com a pele ou mucosas, ou

através do seu uso em irrigação, ou na preparação de alimentos.

No caso das doenças de veiculação hídrica causadas por agentes biológicos, também chamados de bioagentes patogênicos, temos diversas moléstias cujas infecções ocorrem por meio de mecanismos de transmissão diferenciados, assim como, existem diferentes categorias de agentes biológicos associados (tabela 1).

Doença	Agente biológico
Diarréias	Causadas por vírus
Hepatite A	Virus da Hepatite A - VHA
Poliomielite	Poliovirus 1,2,3
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>
Salmoneloses	<i>Salmonella sp</i>
Shigeloses	<i>Shigella sp</i>
Leptospirose	<i>Leptospira sp</i>
Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>
Giardiase	<i>Giardia lamblia</i>
Criptosporidiase	<i>Cryptosporidium parvum</i>
Esquistossomose	<i>Schistosoma mansoni</i>

Tabela 1. Exemplos de doenças de veiculação hídrica. Fonte: adaptado de Rouquayrol e col. (1999).

Assim sendo, as doenças acima citadas são, sobretudo, transmitidas por veiculação hídrica, entretanto verifica-se que podem ocorrer algumas diferenças entre os mecanismos de transmissão dessas doenças. Ocasionalmente, algumas dessas doenças serão transmitidas através da ingestão de água contaminada por bioagentes patogênicos muitas vezes oriundos de esgotos domésticos, ou seja de material fecal, esse meio de transmissão também é conhecido como fecal oral. Contudo, também lembramos que a subsequente contaminação de

alimentos, através da água contendo patógenos, pode contribuir para a transmissão das mesmas moléstias.

Um exemplo clássico de transmissão é o do vibrião colérico, tal agente infeccioso é eliminado por um hospedeiro através do vômito ou fezes, tais substratos, na precariedade de serviços de esgotos, contaminam água de beber ou água utilizada na irrigação agrícola de hortaliças, ou mesmo comprometendo água que será utilizada na higiene doméstica e preparação de alimentos. Assim podendo atingir novo hospedeiro pela ingestão de água contaminada ou de alimentos, sobretudo os não cozidos. Nesse caso observamos claramente que a água representa um veículo transportador e introdutor dos patógenos.

Quanto a variações em mecanismos de transmissão, ainda podemos observar algumas situações específicas. Por exemplo, no caso da Leptospirose, cuja transmissão também ocorre pela ingestão de água, também há infecção através da pele ferida e vulnerável em contato com água de enchente contaminada pelo agente por meio da urina de roedores urbanos.

Outro mecanismo a ser observado é o da esquistossomose, no qual ocorre infecção ao haver contato direto com água onde se encontram as cercarias, forma de vida livre e de poder invasivo do parasito, capaz de penetrar na pele saudável de um novo hospedeiro humano.

Ainda no âmbito da veiculação hídrica é necessário referenciar quanto à ingestão de água contaminada por elementos químicos. Essa condição compreende uma imensa gama de possibilidades dado às inúmeras substâncias químicas orgânicas e inorgânicas utilizadas pelo homem moderno. A rigor, esse processo está associado a diversos eventos ou atividades antrópicas capazes de acarretar a poluição dos mananciais, exemplificando, temos o lançamento de efluentes de indústrias químicas, utilização indevida de agrotóxicos e até mesmo a poluição por elementos orgânicos como os de esgotos domésticos

que podem acarretar a proliferação de algas produtoras de toxinas em mananciais (ver capítulo 4).

Quanto às doenças infecciosas veiculadas através da água, estas ocorrem a partir de um processo de introdução e desenvolvimento ou multiplicação de um agente patogênico vivo em um novo hospedeiro. Diferentemente, no caso de contaminação da água por elementos químicos sucede um processo de intoxicação. A intoxicação pode ocorrer em diferentes graus associados à toxicidade dos elementos poluentes, a quantidade ingerida enquanto concentração em água potável, e a frequência e duração da exposição, ou digamos, por quanto tempo e com qual grau de repetição e quantidade a água contaminada foi consumida.

Ainda fazendo um paralelo entre infecção e intoxicação, vemos que ao interromper o processo de ingestão de água contaminada temos diferentes ocorrências. Em se tratando das doenças infecciosas tendo se consumado o processo infeccioso não basta interromper o consumo para evitar o desenvolvimento da doença, entretanto, a continuidade do processo pode agravar a gravidade da moléstia. No caso das intoxicações a interrupção da ingestão é capaz de surtir efeito imediato no desenrolar das manifestações toxicológicas, mas no entanto, verifica-se que alguns elementos tóxicos apresentam a propriedade biocumulativa, ou seja se acumulam nos organismos e assim permanecem mesmo após o fim do processo de exposição por ingestão da água.

O processo de poluição de mananciais pode acarretar a presença de elementos indesejados na água potável de abastecimento público, elementos tais que geralmente não são completamente retidos em processo convencional de tratamento de água (ver capítulo 4).

Verifiquemos como exemplo as dosagens de nitratos em águas de consumo, esse elemento, considerado como carcinogênico, pode



ser oriundo de poluição por esgotos, detritos de animais, efluentes industriais e processo de fertilização química de lavouras. Um estudo de Lazzarotto et al. (1997) sobre águas de consumo em comunidades no oeste do Estado de Santa Catarina indica que dentre as amostras realizadas, 27% se apresentaram fora dos padrões estabelecidos por legislação, de 10 mg/L.

Também é pertinente observar quanto à presença de metais pesados em águas naturais, isso pode ocorrer naturalmente por meio de processos geoquímicos como dissolução de rochas que contém tais elementos. Entretanto, nas últimas décadas processos de urbanização e industrialização têm acarretado alterações ambientais relacionadas com a concentração de metais pesados na água, elementos capazes de provocar efeitos tóxicos agudos e câncer (MORAES; JORDÃO, 2002).

Além do processo de poluição e lançamento de efluentes, a contaminação de um manancial também pode ocorrer por acidente. Serpa et al. (1997) relatam acidente rodoviário com caminhão que acarretou em vazamento e poluição do Braço Rio Pequeno do Reservatório Billings, na Grande São Paulo, com 29.000 l de uma mistura conhecida como BTX, contendo benzeno, tolueno e xileno. Consta que a população local utiliza a água para fins recreativos e de consumo, gerando uma situação de alto risco em saúde pública frente à circunstância.

Demais doenças associadas à água

Doenças associadas à falta de limpeza e higiene com água

Esta categoria envolve doenças que estão mais intimamente ligadas à quantidade de água de boa qualidade para efetuar limpeza e higiene, também havendo vínculo com demais aspectos de saneamento, como a disposição adequada de esgotos domésticos. Podemos citar as seguintes moléstias causadas por helmintos (vermes) parasitos do homem: ascaridíase (*Ascaris lumbricoides*), teníase (*Taenia solium* e *Taenia saginata*), ancilostomíase ou amarelão (*Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus*), enterobiase (*Enterobius vermicularis*) e tricuriase (*Trichuris trichiura*). E ainda a título de exemplo, temos também a escabiose (sarna), pediculose (piolho), conjuntivite bacteriana e tracoma (*Chlamydia trachomatis*).

Consta estimativa de que *Ascaris lumbricoides* é parasito que atinge de cerca de 30% da população mundial, daí tornando propícia a citação de seu mecanismo de transmissão em sentido ilustrativo. A transmissão desse helminto consiste da ingestão de ovos do mesmo eliminados nas fezes dos hospedeiros. Ocorre que, habitualmente, esses ovos passam durante determinado tempo depositados no solo e que através de manipulação, poeira ou vetores como moscas e baratas acabam contaminando alimentos ou sendo simplesmente levados à boca de um suscetível, acarretando o processo de infecção (NEVES, 1991). Daí verifica-se a importância da água em quantidade satisfatória para realizar a limpeza e higienização corpórea e do ambiente, além dos devidos afastamento e tratamento do material fecal. Ressalta-se que ovos de *Ascaris lumbricoides* podem permanecer vivos em estado latente no ambiente por até sete anos a espera do estímulo do suco gástrico para sua eclosão e perpetuação de seu ciclo biológico (GIÓIA, 1995).



Outro exemplo pertinente é o da teníase. Há duas espécies causadoras desta doença, no caso da *Taenia solium*, a infecção ocorre quando um ser humano ingere carne de porco mal cozida contendo os cisticercos do parasito, o suíno por sua vez adquire os cisticercos ao ingerir os ovos do verme oriundos de material fecal de hospedeiro humano que possui o verme adulto em seus intestinos. Essa situação ocorre em decorrência da disposição indevida de esgotos domésticos. Quanto ao mesmo parasito, também existe outra modalidade de manifestação, quando uma pessoa ingere os ovos de *Taenia solium*, esta desenvolve a cisticercose humana.

Podemos também citar o mecanismo de transmissão do tracoma. O agente biológico causador é a *Chlamydia trachomatis*, a infecção ocorre geralmente na infância com transmissão através de mãos sujas, ou vetores como moscas. É comum a transmissão de uma criança para outra ou de criança para a mãe e vice-versa. A falta de água em qualidade satisfatória para a higiene pessoal e do ambiente é elemento crucial relacionado à transmissão. O tracoma é uma doença que pode levar a cegueira em idade adulta em decorrência de diversas reinfecções ocorridas na infância.

Doenças que apresentam relação indireta com a água

Tal categoria refere-se às moléstias cujos patógenos não são veiculados através da água, mas, no entanto, os vetores das mesmas apresentam relação com a água em seu ciclo biológico, pois terão nesse meio o habitat adequado para seu desenvolvimento em determinado estágio de vida. Como exemplo temos a malária, febre amarela e dengue, doenças que serão abordadas em maior profundidade nos capítulos 4 e 7, quanto aos respectivos mecanismos de transmissão e vetores envolvidos.

Apenas no sentido de demonstrar a relação de alguma dessas mazelas com o saneamento podemos afirmar que a dengue, causada por um vírus, tem como vetor biológico o mosquito *Aedes aegypti*, o qual requer água parada de relativa boa qualidade para a sua proliferação, tendo em vista que as larvas, fase jovem do inseto, possuem desenvolvimento em meio aquático.

Situação do saneamento básico no Brasil e no Mundo e indicadores de saúde

É incontestável a importância do saneamento básico para a saúde pública, entretanto, mesmo havendo esse notório saber não se verifica de maneira global o equacionamento de tal problemática. Essa situação acarreta que de maneira recorrente, a humanidade é assolada por moléstias já bem conhecidas que vem atingindo populações desde os tempos mais remotos. Tais eventos ocorrem com maior frequência em países em desenvolvimento.

A OMS, no ano de 2000 concluiu um relatório intitulado como “Situação Global de Suprimento de Água e Saneamento – 2000”, o qual traz as seguintes afirmativas:

- No mundo, 2,4 bilhões de pessoas (quase a metade da população do planeta) não vivem em condições aceitáveis de saneamento, enquanto 1,1 bilhão de pessoas não têm sequer acesso a um adequado abastecimento de água;
- Cerca de um quarto dos 4,8 bilhões de pessoas dos países em desenvolvimento continua sem acesso a fontes de água adequadas, enquanto metade deste total não tem acesso a serviços apropriados de saneamento;
- Os serviços de abastecimento nas áreas rurais ainda estão bem defasados em relação aos centros urbanos;

– Na América Latina apenas 14 % das águas residuárias são tratadas.

Especificamente no Brasil também se verificam lastimosos indicadores da precariedade em termos de saneamento básico.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 2000 e divulgada em 2002, verifica-se:

– Apenas 63,9% dos municípios brasileiros são atendidos por rede de distribuição de água;

– 92,8% da água distribuída recebe algum tipo de tratamento, contudo, ocorrem discrepâncias nesse índice ao longo das regiões do Brasil. Por exemplo, na região Centro-Oeste apenas 3,6% da água distribuída não é tratada, enquanto que na região Norte 32,4% da água não recebe qualquer tratamento antes da distribuição (ver gráfico 1);

– Traçando-se um paralelo entre a mesma pesquisa realizada em 1989, verifica-se um revés quanto ao volume de água distribuída sem tratamento. Em 1989 apenas 3,9% da água distribuída não era tratada, em 2000 essa proporção quase dobrou, passando para 7,2%, isso provavelmente relaciona-se com o aumento de implementação de sistemas de abastecimento de água, dos quais, fração significativa não conta com tratamento;

– 47,8% dos municípios brasileiros não têm serviço de esgotamento sanitário. Isso não significa que dentre os municípios onde há tal serviço todos os domicílios são atendidos por rede coletora;

– Dentre os distritos que possuem rede coletora de esgotos, apenas em 33,8% destes contam com algum tipo de tratamento, no restante (66,2%) todo o volume de esgotos coletados é lançado *in natura* diretamente nos corpos d'água ou no solo, comprometendo a qualidade da água utilizada para abastecimento público, irrigação e recreação;

- O volume de água distribuído no Brasil diariamente é de aproximadamente 44 milhões de m³, considera-se que para cada m³ de água de abastecimento gera-se o mesmo volume em esgotos, entretanto, ocorre no país a coleta de apenas 14,5 milhões de m³ de esgoto por dia, dos quais, somente 5,1 milhões de m³, ou seja 35,2% recebem tratamento;

Quanto à contemplação por serviços de saneamento básico nas diferentes regiões brasileiras observamos informações contrastantes indicando diferentes realidades (gráfico 1 e tabela 2).

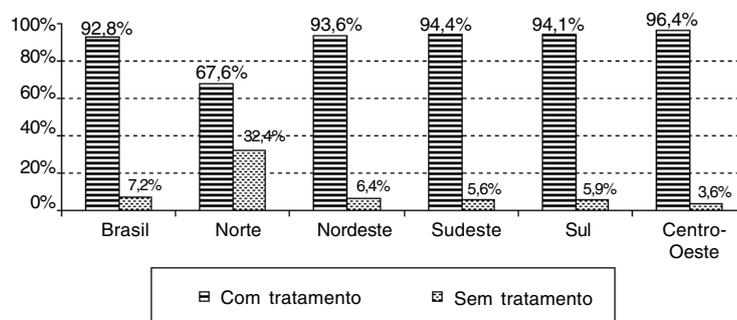


Gráfico 1. Proporção do volume de água distribuída por dia, com e sem tratamento, segundo as grandes regiões, 2000. Fonte: IBGE, Diretoria de pesquisas. Departamento de população e indicadores sociais, pesquisa nacional de saneamento básico, 2002.

Grandes Regiões	Proporção de municípios por condição de esgotamento sanitário (%).		
	Sem coleta	Só coletam	Coletam e tratam
Brasil	47,8	32,0	20,2
Norte	92,9	3,5	3,6
Nordeste	57,1	29,6	13,3
Sudeste	7,1	59,8	33,1
Sul	61,1	17,2	21,7
Centro-Oeste	82,1	5,6	12,3

Tabela 2. Proporção de municípios, por condição de esgotamento sanitário, segundo as Grandes Regiões – 2000. Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas. Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2002.

Ressalta-se que no âmbito dos serviços de esgotos com indicação na tabela 2, o fato de um município possuir serviço de coleta e/ou tratamento de esgotos, não significa que todo o esgoto gerado no município é coletado e/ou tratado.

Em 1914, Monteiro Lobato, escritor e nacionalista convicto, criou um de seus mais famosos personagens, o “Jeca Tatu”, essa criação transparecia a indignação do autor quanto à situação em que o brasileiro do interior vivia. Tal personagem tinha como frases marcantes: “Nada paga a pena. Nem cultura, nem comodidades. De qualquer jeito se vive”. Essa era a pura imagem da estagnação e acomodação relatadas pelo autor quanto ao morador do campo no Brasil.

Entretanto, o ilustre escritor logo em seguida engajou-se às campanhas higienistas da época lideradas por Belisário Pena e Artur Neiva. Os relatórios de pesquisas de campo elaborados por tais estudiosos descortinaram a realidade para Monteiro Lobato, que então se sentiu desapontado com a imagem que havia criado quanto ao brasileiro interiorano. Diante das constatações, Lobato pede perdão por ter ignorado o Jeca doente e afirma: “Está provado que tens no sangue e nas tripas um jardim zoológico da pior espécie. É essa bicharada cruel que te faz papudo, feio, molenga, inerte. Tens culpa disso? Claro que não”.

Daí então, Monteiro Lobato torna-se um ícone na luta contra as enfermidades que segundo ele eram responsáveis pelo atraso da nação (AZEVEDO et al., 1997).

O contexto em que se inserem esses acontecimentos é o de um Brasil rural que apresentava situação de saneamento básico extremamente precária, deficiência que associada à falta de educação em saúde acarretava elevadas prevalências de doenças parasitárias intestinais e também, certamente, significativas taxas de incidência de demais doenças de veiculação hídrica.

Mesmo na atualidade é possível conferir que em algumas localidades no Brasil constata-se pouco avanço no sentido do saneamento e do combate a doenças tão bem conhecidas.

A título de ilustração podemos citar o Vale do Ribeira ao sul do Estado de São Paulo, dentre outros exemplos. No tocante a registros bibliográficos sobre saneamento no Vale do Ribeira verificam-se condições precárias em 1971, quando 82% da população não tinha acesso a água encanada e 95% não possuía rede de esgotos. Naquela época afirmava-se sobre os moradores do vale que muitos andavam descalços e bebiam água poluída, sendo assim, “presas fáceis de três a sete qualidades de vermes”, também se registrava elevados índices de mortalidade infantil, revés notoriamente ligado a condições sanitárias (ITESP, 2000).

Um estudo baseado em dados censitários do IBGE aponta que no Vale do Ribeira em 1980 apenas 3,9% das residências possuíam ligação com rede e canalização interna de água no domicílio enquanto em 1991 esta cifra saltou para 10,8%. Já em termos de esgotos nos domicílios rurais, em 1980 somente 2,2% dos domicílios possuíam ligação à rede geral de esgoto, 12,8% tinham fossa séptica, 49,1% utilizavam fossa rudimentar e 30,6% não apresentavam nenhum tipo de instalação sanitária. Mesmo havendo avanços quanto ao esgotamento sanitário na região ainda em 1991 os dados censitários confirmavam o Vale do Ribeira como uma das regiões mais precárias em saneamento básico do Estado de São Paulo (HOGAN et al., 2000).

Para verificar a relação de tais precariedades com a saúde pública podemos observar que Gióia (1995), realizou um inquérito parasitológico em localidade rural no Vale do Ribeira. Tal estudo identificou diversas fragilidades nas questões relativas a saneamento básico e por meio da realização de exame de fezes em 393 indivíduos (quase a totalidade da população local) verificou que 72,5% dos

examinados possuíam parasitas e/ou comensais, também demonstrando poliparasitismo com média de 2,3 parasitas por indivíduo.

As associações entre precariedades em saneamento e indicadores de saúde vem sendo demonstradas por outros autores. Um trabalho realizado no município de Assis, Estado de São Paulo, demonstra correlação entre condições de saneamento básico e prevalência de parasitoses intestinais. Entre localidades estudadas verificaram-se índices de ligação de água e esgotos por população na ordem de 37%, 28%, 28%, 26%, 24% e 21%, havendo respectivamente, por localidade, uma relação inversamente proporcional de exames de fezes positivos para enteroparasitos em 16,1%, 12,6%, 15,2%, 24,6%, 28,8% e 34,2% na população estudada (LUDWIG et al., 1999).

Ressalta-se que dentre minorias indígenas, sobretudo aquelas sujeitas a profundas mudanças em seu modo tradicional de vida, indicadores de saúde intestinal refletem precariedades do ambiente e a desfavorável condição socioeconômica e cultural a que esses grupos étnicos estão sujeitos. A título de exemplo, diversas investigações recentes sobre parasitismo intestinal dentre populações indígenas, indicam em geral, que mais de 50% dos indivíduos são acometidos por mais de uma espécie de helminto (SANTOS; COIMBRA JR, 2003).

Um perfil etnoepidemiológico de uma população indígena no interior do Estado de Pernambuco demonstrou que o poliparasitismo entre habitantes amostrados apresenta-se como regra e está referido, sobretudo às fontes de água de beber e ao seu tratamento (FONTBONNE et al., 2001).

No município de São Gabriel da Cachoeira, Estado do Amazonas, onde predominam habitantes indígenas, no ano de 2000 foram registrados mais de 460 internações na pediatria, das quais 70 (15,2%) ocorreram por gastroenterite e diarreia, sendo que tais acometimentos foram em crianças provenientes de bairros onde as

famílias não têm sequer água tratada para uso domiciliar (CARVALHO, 2002).

No sentido do equacionamento dessa problemática, verifica-se que a implementação de serviços de água e esgotos não constituem a única medida necessária ao combate a tais moléstias, supõe-se que exista um limiar socioeconômico, abaixo do qual as medidas de saneamento não são suficientemente profiláticas, tendo em vista que estas infecções também podem estar ocorrendo em domínio doméstico, onde a educação sanitária, as noções de higiene e aspectos culturais apresentam relevância na eliminação dessas doenças (SOARES, 2002).

Ressalta-se um estudo de prevalência de enteroparasitoses na população de São José da Bela Vista, Estado de São Paulo, onde 1032 exames fecais apresentaram 44,4% de positividade, atribuídos à baixa renda familiar em famílias numerosas, precárias condições de higiene do domicílio e pessoal e ao pouco conhecimento da profilaxia de protozoários e helmintos (TAVARES-DIAS; GRANDINI, 1999).

Portanto, fatores pertinentes no sentido de reduzir a prevalência de doenças parasitárias intestinais envolvem também o saber e práticas da população quanto ao assunto.

Quanto aos indicadores de saúde relacionados a saneamento básico, podemos apresentar alguns resultados obtidos por Mello-Jorge & Gotlieb (2000), em estudo intitulado “As condições de saúde no Brasil – retrospecto de 1979 a 1995”, seguem algumas importantes informações:

– Recentemente no Brasil as doenças infecciosas retomaram importância como problema de saúde pública, em razão do ressurgimento de algumas há muito consideradas erradicadas, como é o caso da cólera e da dengue. O ressurgimento dessas causas tem sido interpretado, com frequência, como evidência da deterioração das

condições sanitárias do país e de seu retrocesso à situação vigente no início do século;

– Dentre a mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias no Brasil, em 1995 as doenças infecciosas intestinais foram responsáveis por 47,5% dos óbitos;

– Em 1995, 9,3% das mortes de menores de um ano foram causadas por doenças infecciosas intestinais.

A título de demonstrar um paralelo entre as condições de saneamento nas diferentes regiões do Brasil e índices de saúde é pertinente citar a distribuição dos casos de cólera ao longo do país desde sua reintrodução em 1991 até 1997 (tabela 3). Observa-se nítida concentração de casos nas regiões Norte e Nordeste, as quais também recebem destaque por conta de precariedades em tratamento de água para abastecimento e captação de esgotos sanitários.

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
1991	2.095	7	-	-	1	2.103
1992	4.242	33.328	2	-	-	37.572
1993	1.445	58.454	435	6	-	60.340
1994	1.351	49.276	413	-	284	51.324
1995	2.334	2.619	1	-	-	4.954
1996	80	936	-	-	-	1.016
1997	32	1.344	-	-	-	1.376
Total	11.579	145.964	851	6	285	158.685

Tabela 3. Casos confirmados de cólera no Brasil e regiões – 1991-1997. Fonte: Mello-Jorge; Gottlieb, 2000.

Ainda no sentido de ilustrar a significância da relação saneamento e indicadores de saúde, temos as seguintes informações da OMS (2000) quanto a América Latina e Caribe:

- Nesses países existem 168 milhões de pessoas sem abastecimento de água, nos quais as enfermidades de origem hídrica aparecem entre as três principais causas de morte;
- Diarréias em crianças são responsáveis por 80 mil mortes;
- Hepatite viral apresenta elevada incidência, de 24 a 29 casos por 100.000 habitantes;
- Amebíase e febre tifóide são doenças endêmicas em muitos países;
- *Entamoeba histolytica* é identificada como a causa de algumas epidemias resultantes da contaminação de águas de abastecimento por esgotos domésticos.

Breve histórico sobre saneamento

Desde a antiguidade a água vem exercendo, além de sua importância para a dessedentação, influência quanto aos usos e costumes das antigas civilizações. Por volta de 4000 a.C., já havia aquedutos, canais de irrigação, reservatórios e poços dentre outras estruturas em civilizações da Mesopotâmia, Babilônia, Índia, Grécia, Egito, China, Itália e outros. Consta que em 2000 a.C., os persas já haviam estabelecido leis no sentido de proibir o lançamento de excretas nos rios. Quanto ao correto armazenamento da água, no Egito eram utilizados potes de barro onde a água permanecia durante meses sofrendo decantação para então ser consumida pelo homem. Mesmo em textos bíblicos a água é diversas vezes mencionada, ressaltando-se sua importância para a vegetação, dessedentação humana, ação purificadora e higiene, além de recomendações para sua preservação e transporte (ROCHA, 1997).

Já no primeiro século da Era Cristã um importante registro indica valioso empreendimento na área de saneamento. Wiendl (1983) traduzindo a obra de Sextus Julius Frontinus, intitulada “*Das águas da*

cidade de Roma, 97 à 104 d.C., destaca que naquela época, Roma contando com mais de 1 milhão de habitantes, dispunha de um sistema de abastecimento de água por aquedutos comparável, sob vários aspectos, aos de nossas modernas cidades.

Durante a Idade Média, em razão das disputas pelo poder político e religioso no velho mundo, as políticas sociais constituíam um plano secundário. Assim, o conhecimento sobre saneamento preservou-se como publicações englobando descrições e técnicas em poder da igreja. Entretanto, alguns avanços ocorreram principalmente no meio urbano, tais como, medidas de proteção a recursos hídricos, valoração da pureza da água, limpeza de ruas e o primeiro poço artesianos projetado e construído na França em 1126. Contudo, o Estado mantinha-se ausente quanto às ações em saneamento, exercendo apenas um papel fiscalizador. Com o fim da Idade Média no século 15 e a formação dos Estados Nacionais ocorreu o fortalecimento das ciências naturais e do reconhecimento da relação saúde-saneamento. Posteriormente no século 18, com a revolução industrial a saúde pública foi fortalecida enquanto capital tendo em vista a saúde do trabalhador, assim, países como Inglaterra, França, Alemanha e Estados Unidos aceleraram a implementação de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário (REZENDE; HELLER, 2002).

No Brasil, frente à descoberta em 1500, os primeiros relatos indicavam uma relação entre a riqueza de recursos naturais, pureza das águas e clima ameno com a saúde dos habitantes do Novo Mundo. Os índios que ocupavam a região litorânea eram robustos e ágeis, desconhecendo as mazelas que assolavam as populações Européias na época (BERTOLLI FILHO, 2000).

De acordo com Rezende e Heller (2002), antes da chegada do europeu, os indígenas que habitavam o Brasil possuíam o hábito de se mudar de acordo com as provisões de água e alimento locais, assim

possibilitavam que seus dejetos pudessem ter uma adequada depuração no ambiente.

Porém, a chegada dos colonizadores acabaria por influenciar os nativos ao sedentarismo, facilitando a concentração de dejetos e disseminação de doenças. Tais mudanças na dinâmica das populações indígenas aliadas com a exposição a agentes patogênicos trazidos pelos europeus desencadearam lamentável processo de adoecimento e morte entre populações nativas.

Assim, centenas de comunidades exauriram-se nas mãos dos colonizadores. O padre jesuíta José de Anchieta queixava-se de que entre 1560 e 1580 mais de oitenta mil indígenas haviam morrido sob a tutela dos colonos da Bahia (LOPEZ, 2001).

Com a nova ordem promovida pelo processo de colonização ocorreram muitas mudanças, dentre elas a construção das primeiras cidades no Brasil colônia. Ressalta-se a precariedade em termos de saneamento das construções coloniais e das cidades.

O Jornalista Georges Latif Bourdoukan (1999, p. 47) escreveu o romance intitulado “A incrível e fascinante história do Capitão Mouro”, baseado em dedicado levantamento histórico do século 17 no Brasil, obra da qual podemos fazer menção a passagem que descreve sobre a higiene e a realidade sanitária urbana no Estado de Pernambuco:

jamais vira tanta sujeira em tão pouco espaço. Era quase impossível andar pelas ruas daquela cidade sem correr o risco de pisar nos dejetos. Fezes humanas e de animais tomavam conta de todo espaço vazio. Era prática comum fazer as necessidades ao redor das casas, atrás dos muros ou sob as árvores. As casas não possuíam latrinas. Banheiros então, nem pensar, já que o banho era raríssimo, mesmo na Europa. A Igreja não o recomendava por entender que era pecaminoso, pois a água não respeitava os limites do corpo.

Um pano úmido era suficiente. E perfume. Muito perfume. Bacia ou penico eram privilégio dos doentes, daqueles que não podiam se locomover. O produto da evacuação era atirado pelas portas e janelas.

Após séculos de epidemias, com a vinda da Corte portuguesa ao Brasil em 1808, dom João VI fez com que o Rio de Janeiro se tornasse o centro de ações sanitárias para oferecer nova imagem à colônia (BERTOLLI FILHO, 2000).

Posteriormente, algumas concessões foram realizadas pelo Império para iniciativa privada de modo a implementar infra-estrutura de saneamento nas capitais brasileiras. A cidade do Rio de Janeiro foi a primeira capital do Brasil, e a quinta do mundo, a possuir um sistema de esgotos inaugurado em 1864, tendo início da construção de sistema de abastecimento de água em 1876. Em 1866 ocorre inauguração de sistema de abastecimento de água em Porto Alegre. A cidade de São Paulo teve seu marco em 1877 com a organização da Companhia Cantareira de Águas e Esgoto (REZENDE; HELLER, 2002).

Entretanto, expressivo avanço na saúde pública brasileira só foi notado a partir da era dos institutos inaugurada em 1892. Ressalta-se a contratação de pesquisadores estrangeiros e posteriormente o empenho e desenvoltura de grandes cientistas e sanitaristas, dentre os quais podemos destacar: Oswaldo Cruz, Carlos Chagas, Emílio Ribas, Adolfo Lutz, Artur Neiva e Belisário Pena (BERTOLLI FILHO, 2000).

Essa nova fase foi de grande importância para a real compreensão dos mecanismos de transmissão das doenças e para a valorização do saneamento, em detrimento de antigas teorias equivocadas como a dos miasmas.

Rocha (1997) ainda enfatiza dois importantes episódios como marcos do saneamento no Brasil. Em 1919, Francisco Rodrigues



Saturnino de Britto, considerado o patrono da Engenharia Sanitária brasileira, implementou pela primeira vez no país o tratamento químico da água. E em 1925, o professor Geraldo Paula Souza, notável defensor da saúde pública, consegue a aprovação da obrigatoriedade do uso de cloro como agente químico desinfetante no tratamento de águas para abastecimento público no Estado de São Paulo.

No período de 1964 a 1985, com a centralização do Estado brasileiro e a atuação dos governos locais como simples gestores da política central, o Plano Nacional de Saneamento – PLANASA, incentiva a criação de empresas de saneamento de economia mista e a concessão dos serviços pelos municípios e estados. Em 1988, com as tendências de redefinição do papel do estado segundo as determinações da nova Constituição, nova ênfase é dada, incentivando a descentralização e a privatização, trazendo de volta a responsabilidade de políticas públicas ao poder local. No entanto esta nova determinação esbarra na desigual capacidade dos municípios para equacionar tal problemática (IBGE, 2002). Assim, as diferenças existentes no desenvolvimento socioeconômico entre as regiões e municípios brasileiros passam a refletir os níveis de atendimento por saneamento básico no Brasil.

Custo benefício do saneamento

A economia, ciência voltada ao estudo dos fenômenos relativos a produção, distribuição, acumulação e consumo dos bens materiais, mantém relações diretas com o meio ambiente. Desde os primórdios dos estudos desta ciência foram sendo verificadas interações com as questões ambientais, não pelas problemáticas relativas ao descarte de resíduos provenientes da produção ou do consumo, mas sim, pelas preocupações referentes ao esgotamento dos recursos naturais como matérias-primas essenciais aos processos produtivos.



A partir da Revolução Industrial, com o desenvolvimento dos setores produtivos, melhor aproveitamento de matérias-primas e novas técnicas e utilização de extensas áreas de produção, a questão do esgotamento de recursos naturais distanciou-se do foco das relações entre meio ambiente e economia.

Uma vez que no passado o ambiente só era visto como fonte de recursos, destaca-se a conduta de John Stuart Mill – 1806-1873, economista famoso, que considerava a terra e a água pela sua função de lazer e bem estar para a satisfação das pessoas e não simplesmente como elementos relativos à alimentação humana (MOURA, 2000).

Em se tratando do uso da água pelo ser humano, é importante registrar que as águas naturais (aquelas que ainda não sofreram influências antrópicas) em geral não são nocivas para consumo, a não ser por características estéticas como cor, sabor e turbidez, além da necessidade de tratamentos simplificados como a desinfecção. Assim, as águas só requerem tratamentos mais complexos quando sob influência direta ou indireta do homem. A cidade do Rio de Janeiro até 1955 não procedia ao tratamento da água para abastecimento devido a sua boa qualidade nos mananciais (BRANCO; ROCHA, 1977). Algumas cidades como New York, Madri e Roma utilizavam, a até pouco tempo atrás, água sem qualquer tratamento em função da proteção de seus mananciais, permitindo qualidade aceitável para o consumo mesmo *in natura* (AZEVEDO NETTO, 1965 apud BRANCO; ROCHA, 1977). Tais exemplos demonstram que medidas de saneamento refletem-se no custo da água de abastecimento, uma vez que a água proveniente de um manancial devidamente protegido não será encarecida por processos avançados de tratamento.

Desse modo, verifica-se que a degradação dos recursos naturais acarreta processo de geração de custos ambientais, seja em montantes despendidos para correção impactos ambientais, ou seja, em custos



referentes ao escassear dos recursos naturais. Assim, torna-se conveniente internalizar (incorporar) custos ambientais a atividades produtivas impactantes ao ambiente ou a utilização de recursos naturais, como a captação de água para abastecimento público. Dessa forma, temos que a captação de água de um manancial acarreta um custo ambiental, pelo simples fato de escassear tal recurso, esse ônus deve ser embutido de maneira justa no preço ao consumidor, contudo, tal fração arrecadada deve ser adequadamente empregada em projetos de proteção e recuperação de mananciais. Isso corresponde ao princípio de cobrança pelo uso da água mecanismo que está em discussão nas instâncias responsáveis pela utilização dos recursos hídricos no Brasil. Salienta-se que tradicionalmente o usuário paga apenas pelos serviços de captação, tratamento e distribuição de água potável.

O procedimento de internalização de custos ambientais, além de incorporar nova responsabilidade, também serve como elemento regulador de consumo, uma vez que atividades danosas ao meio passam a ter custo elevado, criando um mecanismo de regulação de consumo que por sua vez, contempla a preservação ambiental (MOURA, 2000).

Nesse contexto, também podemos entender como custo ambiental a valoração do dano proveniente da precariedade em saneamento básico, assim, vemos que no caso do lançamento de efluentes em mananciais temos a degradação do recurso hídrico e elevação do custo da água para demais fins, como uso industrial, abastecimento público, dessedentação de animais ou a própria manutenção do equilíbrio ecológico do ambiente aquático, seja pela biodiversidade, por valor estético, ou por questão de produtividade pesqueira.

Outra forma de internalizar os custos dos danos ambientais é obrigar o poluidor ou o utilizador do recurso natural a pagar pelos danos provocados, isso pode se viabilizar por meio da cobrança de taxas. Ocorre que, em parte, este ônus também acaba por se transferir

para o consumidor final por meio de repasses. Porém, mesmo assim, tal mecanismo surte efeito como medida controladora de qualidade ambiental, além de envolver o consumidor que possui responsabilidade moral no processo produtivo (TISDELL, 1992).

Enfim, de qualquer maneira, é a população que acaba por arcar com os custos das precariedades em saneamento básico. Assim sendo, é crucial que a sociedade tome consciência e valorize de maneira adequada os recursos naturais que se fazem necessários ao atendimento das necessidades básicas humanas. Da mesma forma o posicionamento do cidadão enquanto consumidor também tem um papel relevante, tal qual a opção por produtos e serviços cujo fornecimento não implique na degradação ambiental.

Entretanto, a valorização econômica demonstrada acima não representa todos os custos associados às questões ambientais. É necessário ressaltar quanto ao ônus vinculado à saúde. Não obstante, devemos considerar o custo das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. Fato que acaba por justificar a viabilidade econômica das medidas adequadas de saneamento básico.

Mello-Jorge e Gotlieb (2000) indicam que os custos com internações registrados no Brasil em 1996 foram da ordem de 3,18 bilhões de reais, e que, as doenças infecciosas e parasitárias, com 8,2% das internações, representaram o quarto lugar dentre os grupos de causas, sendo que tais moléstias possuem forte vínculo com saneamento. Na Região Norte do país, as doenças infecciosas e parasitárias ocuparam o primeiro ou no máximo o segundo lugar em termos de grupos de causas, e na Região Nordeste tais doenças ocuparam o segundo ou terceiro lugar. Haja vista as precariedades em saneamento básico já citadas nessas duas regiões brasileiras.

Especificamente na região Norte do país são constatáveis as maiores proporções para gastos com internações por doenças

relacionadas ao saneamento ambiental inadequado. No ano de 2000, o montante despendido com essa categoria de moléstias representou 6,84% do gasto hospitalar total com doenças nessa região, ao passo que a média deste ônus no em todo o Brasil foi de 2,28% e na região Sudeste 1.03% (BRASIL, 2004).

Segundo estatísticas do Sistema Único de Saúde – SUS, as doenças de veiculação hídrica foram responsáveis por 888 mil internações na rede pública de saúde no ano de 2000 (FOLHA de São Paulo, 2002).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, em 1999, os investimentos em saneamento têm um efeito direto na redução dos gastos públicos com serviços de saúde. Verifica-se que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, economiza-se R\$ 4,00 na área da medicina curativa.

Todavia, devemos ir além do gasto hospitalar. Temos que as pessoas acometidas perdem dias de trabalho gerando um ônus nos setores produtivos e de serviços, também podemos observar que crianças acometidas perdem dias letivos, gerando um déficit educacional.

É pertinente recordar a relação apontada por Monteiro Lobato quanto à doença e subdesenvolvimento. Certamente, índices de parasitoses intestinais elevados, comprometem o desenvolvimento e a possibilidade de melhoria de qualidade de vida das pessoas acometidas. De acordo com Neves (1991) e Pessôa e Martins (1988), observam-se diversos sintomas associados aos diferentes tipos de parasitos intestinais, como abatimento, anemia, depressão, má absorção de alimentos, debilidade, tonturas, perda de peso e subnutrição. Assim, concluímos que um indivíduo parasitado dificilmente terá um bom rendimento no trabalho, rerepresentando queda de produtividade que pode ser discutida sob a ótica da economia. Outrossim, as crianças que em geral são mais suscetíveis a tais infecções também terão, certamente,

dificuldades quanto ao seu desenvolvimento e baixo rendimento escolar. Projetando estas circunstâncias para nível populacional, podemos supor que entre grupos onde representativa parcela dos indivíduos é parasitada, haverá sérias limitações ao desenvolvimento social.

Um estudo de custo benefício de abastecimento de água e esgoto sanitário, realizado em quatro comunidades rurais do Vale do Ribeira no Estado de São Paulo, publicado em 1995, indica que as prevalências de doenças associadas varia dentre a população atendida por saneamento básico de 3,55% a 6,88%, enquanto que as prevalências dentre população não atendida variaram de 10,92% a 24,46%. Da mesma maneira o custo por habitante/ano do tratamento dos casos de doenças relacionadas com a falta de saneamento básico variou de US\$ 10,15 a 14,17 para a população atendida e de US\$ 33,02 a 79,45 para a população não atendida (MARTINS, 1995).

Segundo a OMS (2000), o custo de saneamento básico é, em média, de US\$ 145 por pessoa nas áreas urbanas, sendo que o saneamento básico adequado pode reduzir as taxas de morbidade e mortalidade das doenças relacionadas entre 20 e 80%.

Recomendações domésticas frente a precariedade de saneamento básico

Em locais onde o saneamento é precário e ainda, frente a epidemias ou surtos de doenças de veiculação hídrica, algumas recomendações domésticas e de comportamento são pertinentes de se enfatizar no sentido de evitar a infecção por bioagentes patogênicos:

– Se a água para consumo humano não é tratada e não é proveniente de fonte segura recomenda-se adicionar duas gotas de solução de hipoclorito (água sanitária) por litro e aguardar 30 minutos para consumir. A fervura e a filtração também são recomendáveis.

Quanto maior o número de procedimentos combinados maior a segurança ao consumir a água;

- Lavar bem as mãos antes e depois de usar o banheiro;
- Lavar bem as mãos antes de manipular e consumir alimentos;
- Não andar descalço;
- Não tomar banho nem praticar recreação em águas comprometidas por esgotos domésticos;
- Não beber leite não fervido ou não pasteurizado;
- No caso de alimentos que são consumidos sem cozimento, como hortaliças e frutas, é recomendável deixar de molho em água com solução de hipoclorito (água sanitária) por 30 minutos, na proporção de uma colher de sopa para cada litro de água. Se a água utilizada não for tratada e não for proveniente de fonte segura não enxágüe esses alimentos após deixar de molho;
- O lixo domiciliar deve estar sempre protegido, fechado em latas ou em sacos plásticos em local seguro;
- Os alimentos devem ser bem acondicionados e protegidos do contato de moscas e baratas, que são vetores mecânicos, isto é, capazes de transportar os bioagentes patogênicos, contaminando os alimentos;
- Não consumir alimentos de procedência duvidosa, preparados e vendidos em estabelecimentos desprovidos de mínimas condições sanitárias.
- Ter bastante atenção quanto a essas recomendações para com as crianças, pois as mesmas, devido aos hábitos, são mais suscetíveis às doenças de veiculação hídrica e parasitoses intestinais em geral.

Referências

- ÁGUA E CIDADE. *Dossiê do saneamento: água e cidade*. [s.i: s.n., s.d.].
- AZEVEDO, C. L. et al. *Monteiro Lobato: furacão na Botocúndia*. São Paulo: Editora SENAC, 1997.
- BERTOLLI FILHO, C. *História da saúde pública no Brasil*. São Paulo: Editora Ática, 2000.
- BOURDOUKAN, G. L. *A incrível e fascinante história do Capitão Mourou*. São Paulo: Casa Amarela, 1999.
- BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. São Paulo: CETESB, 1977.
- CARVALHO, G. A. A saúde como campo de intervenção do assistente social. In: BRANDÃO, M. C.; DE PAULA, N. C.; ATHIAS, R. *Saúde indígena em São Gabriel da Cachoeira: uma abordagem antropológica*. Recife: Líber Gráfica e Editora, 2002.
- CARVALHO, A. R.; OLIVEIRA, M. V. C. *Princípios básicos do saneamento do meio*. São Paulo: Editora SENAC, 1997.
- FONTBONNE, A. et al. Fatores de risco para poliparasitismo intestinal em uma comunidade indígena de Pernambuco, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 2, n. 17, p. 367-73, 2001.
- Fundação Nacional de Saúde. *Manual de Saneamento*. Brasília: FUNASA, 1999.
- GIÓIA, I. *Levantamento eco-parasitológico da população residente na Fazenda Intervales*, Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 1995.
- HOGAN, D. J. et al. Conflitos entre crescimento populacional e uso dos recursos ambientais em bacias hidrográficas do estado de São

Paulo. In: TORRES, H.; COSTA, H. *População e meio ambiente*. São Paulo: Editora SENAC, 2000.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa nacional de saneamento básico*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

FUNDAÇÃO Instituto de Terras do Estado de São Paulo “José Gomes da Silva”. *Negros do Ribeira: reconhecimento étnico e conquista do território*. São Paulo: ITESP, 2000.

LAZZAROTTO, P. et al. *Dosagem de nitratos em águas de consumo do Oeste Catarinense*.

LOPEZ, A. *Franceses e tupinambás na terra do Brasil*. São Paulo: Editora SENAC, 2001.

LUDWIG, K. M. et al. Correlação entre condições de saneamento básico e parasitoses intestinais na população de Assis, Estado de São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* ano 32, n. 5, 1999. Disponível: < www.scielo.br/scielo.php > . Acessado em: _____

MARTINS, G. *Benefícios e custos do abastecimento de água e esgotamento sanitário em pequenas comunidades*. São Paulo, 1995 Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

MELLO-JORGE & GOTLIEB, S. L. D. *As condições de saúde no Brasil: retrospecto de 1979-1995*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública*. Brasília: FUNASA, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518/2004 – Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. Diário Oficial da União 2004; Mar. 25.

MORAES DSL & JORDÃO BQ. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. Rev Saúde Pública 2002; 36(3): 370-4.

MOTA S. Saneamento. In: ROUQUAYROL MZ. Epidemiologia & Saúde. Rio de Janeiro: Medsi, 1999. 5a ed.

MOURA LAA. Economia ambiental – gestão de custos e investimentos. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira; 2000.

NEVES DP. Parasitologia Humana. São Paulo: Atheneu; 1991: 8a ed.

OMS (Organização Mundial da Saúde). Situação Global de Suprimento de Água e Saneamento. 2000 [relatório disponível em [url:www.who.int/inf-pr-2000/em/pr2000-73.html](http://www.who.int/inf-pr-2000/em/pr2000-73.html)].

PESSÔA SB, MARTINS AV. Peesôa – Parasitologia Médica. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 1988.

REZENDE SC, HELLER L. O saneamento no Brasil: políticas e interfaces. Belo Horizonte: Editora UFMG; 2002.

ROUQUAYROL MZ. Epidemiologia & Saúde. Rio de Janeiro: Medsi; 1999: 5a ed.

ROCHA AA. Fatos históricos do saneamento. São Paulo: Scortecci; 1997.

ROCHA AA. Saúde e Meio Ambiente. In: Ecologia: A qualidade da vida. São Paulo: SESC; 1993.

SANTOS R V, COIMBRA JR. C E A. Cenários e tendências da saúde e da epidemiologia dos povos indígenas no Brasil. In: Coimbra Jr. CEA, Santos RV, Escobar AL. Epidemiologia e saúde dos povos indígenas no Brasil. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ / ABRASCO; 2003. p 13-47.

SERPA RR, GOUVEIA JLN, FERNÍCOLA NAGG. Derramamento de BTX devido a acidente rodoviário, efeitos ao ambiente e a saúde humana. Resumos do X Congresso Brasileiro de Toxicologia. Salvador: Revista Brasileira de Toxicologia 1997; 10(2): 79.

SOARES SRA, BERNARDES RS, CORDEIRO-NETTO OM. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. Cadernos de Saúde Pública 2002; 18(6): 1713-24.

TAVARES-DIAS M, GRANDINI AA. Prevalência e aspectos epidemiológicos de enteroparasitoses na população de São José da Bela Vista, São Paulo. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 1999; 32(1): 63-65.

TISDELL CA. Environmental economics: policies for environmental management and sustainable development. Great Britain: Cambridge University Press; 1992.

WIENDL WG. Prefácio. In: FRONTINUS SJ. Das águas da cidade de Roma (97 - 104 d.C.). Trad. de WG WIENDL. São Paulo: CETESB; 1983.



Capítulo 3

Serviços de coleta, tratamento e destinação final de esgotos

Prof. Dr. José Luiz Negrão Mucci

Histórico

As leis referentes às águas foram os primeiros códigos do homem

Ao longo de toda a história da humanidade observa-se que as cidades sempre são erigidas nas proximidades de grandes rios ou lagos. Isto pode ser explicado pelo fato de os recursos hídricos serem utilizados tanto para a retirada de água para abastecimento, como também para receber e diluir dejetos.

Nas civilizações da região mediterrânea de antes de Cristo, no Egito e Oriente Próximo (persas, hititas, assírios e babilônios) e os no sudeste da Europa (etruscos, gregos, romanos) parece que os problemas ambientais que desempenhavam papel de relevo eram a erosão do solo, a higiene e a economia (e proteção dos recursos hídricos).

A esse respeito, é interessante notar que os primeiros documentos escritos da humanidade, obras dos sumérios, que os tornaram conhecidos por volta do ano 4000 a.C. continham instruções sobre irrigação de lavouras dispostas em forma de terraços. Como nas civilizações atuais, também para os povos das civilizações mais antigas, as preocupações com a água foram, desde os seus primórdios, um fator predominantemente econômico. As primeiras leis da humanidade, fixadas por escrito, são códigos que regulam o uso

da água, conforme lembra Hans Liebmann em sua obra “Terra, um planeta inabitável?”, publicada em 1976.

Nesse livro, há a menção do Tribunal das Águas de Valência, na Espanha, cujos primórdios reportam-se aos romanos. Seguindo-lhes o exemplo, também os maometanos baixaram rigorosas normas sobre o uso da água. Maomé pregava que “o reino das águas deve ser considerado uma espécie religiosa de amor ao próximo”. Segundo determinadas leis, o dono das terras só podia utilizar quantidades limitadas de água. Podia-se adquirir terras, mas a água era considerada bem comum. Sua guarda e distribuição eram realizadas por vigias que possuíam autoridade ilimitada.

Os problemas começam na Idade Média e persistem até a atualidade

Todos os cuidados contidos em tão importantes dispositivos legais, não foram suficientes para evitar a degradação reinante no período medieval. Com a migração dos povos, o mundo da antiguidade desmorona. Com isso, perdem-se muitos dos avanços já conquistados no campo da preservação ambiental, principalmente no que se refere à construção de cidades, à higiene urbana, ao suprimento de água e à eliminação de esgotos. A falta de higiene se fazia notar pelo acúmulo de dejetos e lixo nas ruas das cidades medievais: a população que emigrava do interior para as cidades, trazia consigo os animais domésticos que costumava manter na zona rural. Além disso, a população rural estava acostumada a lançar todos os seus dejetos, inclusive fezes e urina, nos montes de esterco que se acumulavam nas cidades. Vários são os relatos disponíveis na bibliografia especializada, atestando a degradação ambiental e a falta de higiene reinantes na época medieval, no entanto, são aqui transcritos, a título de exemplo, dois trechos que aparecem na obra de Liebmann, antes citada:

No dia de Santa Catarina (23 de novembro) o oficial de obras da Prefeitura (da cidade de Nuremberg) solicita que as ruas sejam varridas e que o lodo e o lixo sejam retirados tanto nas proximidades da ponte de Santa Catarina como do portão diante do Marstall, e junto ao poço público, e também no outro portão da cidade, no Knopf (peixaria municipal), a fim de que as pessoas que se dirijam à Igreja de Santa Catarina não se aborreçam por não estarem varridas as ruas[...]

Mais adiante lê-se a ordem explícita:

Não varrer o pavimento e não remover o lodo e as fezes de nenhum outro lugar. No mercado não é necessário que se faça coisa alguma, pois aí a responsabilidade cabe ao pessoal do novo hospital[...] que durante todo o ano despeja lixo ali (LIEBMANN, 1976, p. 137-138)

Os excertos acima não deixam dúvidas de que, àquela época, medidas de higiene só eram tomadas em datas especiais e não eram implementadas durante a maior parte do tempo.

As breves digressões sobre o meio ambiente na Antiguidade e na Idade Média aqui apresentadas de forma resumida e que são muito mais amplamente discutidas nos compêndios sobre história da humanidade e sobre saneamento ambiental, deveriam ter servido de exemplo para as gerações que se seguiram, mas, como todos sabemos, isto não ocorreu, pois os níveis de poluição que se verificam na maior parte das cidades do Brasil e do mundo, mostram que infelizmente, a afirmação que para o *Homo sapiens* “existir significa poluir”, continua sendo verdadeira. No caso específico da cidade de São Paulo, o descaso com a preservação ambiental e com o controle da poluição, fica patente quando se tem em conta a situação das águas dos dois grandes rios que cortam a região metropolitana da cidade fundada por José de Anchieta.

Interessantes constatações comentadas com conhecimento de causa, sobre as principais razões que fizeram que esses dois corpos hídricos viessem a constituir o que hoje (infelizmente) se conhece como o imenso “colar de esgotos” que circula a metrópole paulistana, podem ser encontradas no livro intitulado *Do Lendário Anhembi ao Poluído Tietê*, de autoria do Professor Aristides Almeida Rocha, publicado em 1991.

Nessa obra, o iminente biólogo sanitaria relembra a concessão pioneira conseguida em 1899 pela empresa canadense “*Light and Power Company*”, ou simplesmente “*Light*”, para operar os serviços de transportes urbanos na capital paulista e mais tarde monopolizar a geração e distribuição de energia, como fato que possibilitou o surgimento daquela que ficou conhecida como a época do “milagre brasileiro”, período no qual os governantes da república defendiam o “desenvolvimento a qualquer custo”, quando o importante era o incremento da atividade industrial sem levar em conta a degradação ambiental que dele decorria. A partir desse modelo de desenvolvimento, os recursos hídricos brasileiros passaram a ser encarados apenas como fonte de força motriz para geradores em imensas usinas hidrelétricas e não como ecossistemas outrora equilibrados que constituíam o habitat de várias espécies animais e vegetais trocando matéria e energia de maneira dinâmica e harmônica com seu ambiente.

Ora, se a água tinha valor apenas pela energia potencial que armazenava, sua qualidade ecológico-sanitária passava a ser um fator secundário. Dessa forma, durante muito tempo, a noção de preservação e conservação desse importante recurso natural, ficou restrita aos acadêmicos, à época, considerados pelos governantes, meros “românticos visionários”. Esta equivocada opção foi, sem dúvida a responsável pelo atual estado de degradação em que se encontra grande parte das águas continentais do território nacional. O assunto pode ser concluído com a brilhante observação do Professor Aristides Almeida Rocha:

Creio firmemente que nesse episódio do uso exclusivo da água para fins energéticos, sendo esse recurso natural explorado por uma única concessionária estrangeira, voltamos ao período setecentista, quando os aguadeiros, muitos portugueses, que distribuíam água em carroças-tanque para a população, permitiam-se escrever a Portugal: ‘A água é boa, o povo é burro, a água é deles e nós lha vendemos’ (ROCHA, 1991, p. 40).

A autodepuração natural dos corpos d’água

Os ecossistemas aquáticos são relativamente capazes de assimilar uma certa quantidade de material poluente e mineralizá-lo. Todas as vezes que uma certa quantidade de matéria orgânica é lançada na água, esse composto altamente energético será utilizado como alimento pela biota aquática. Tem início um processo de decomposição aeróbia (oxidação) promovida a partir do processo respiratório dos seres aquáticos, com a finalidade de romper as ligações químicas que se estabelecem entre os átomos constituintes da matéria orgânica e utilizar a energia nelas contida. Como produto final dessa atividade biológica temos a transformação de uma substância altamente complexa em substâncias simples (carbono, hidrogênio, oxigênio nitrato, fosfato etc.) continuando o processo natural de ciclagem dos elementos. Esse processo gera então, uma demanda (ou consumo) de oxigênio, nesse caso, o oxigênio dissolvido na água. Esta demanda de oxigênio gerada a partir da degradação da matéria orgânica é conhecida como Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, que pode ser definida como a quantidade de oxigênio necessária para a degradação de uma dada quantidade de matéria orgânica. Pode-se então perceber que quanto maior a quantidade de matéria orgânica em solução na água, maior será a DBO gerada e conseqüentemente, menor a concentração de

oxigênio dissolvido. Em casos extremos (que não são raros nos dias de hoje) pode haver o consumo de todo o oxigênio da água, impossibilitando a sobrevivência de seres que dependem da existência de oxigênio livre para respirar. É essa, aliás, a causa da maior parte dos episódios de mortandade de peixes que ocorre em todo o país e os órgãos de imprensa divulgam amplamente.

Fatores intervenientes na autodepuração natural

Obviamente, para que o fenômeno acima ocorra, algumas condições devem ser satisfeitas: a vazão do corpo receptor precisa ser maior do que a do resíduo nele descarregado; a matéria orgânica deve ser biodegradável e livre de substâncias tóxicas; deve haver um certo intervalo de espaço e tempo entre os vários lançamentos em um mesmo corpo hídrico. Além desses, outros fatores que interferem na autodepuração natural dos corpos hídricos são comentados sucintamente à seqüência, conforme (ROCHA, 1995):

- Ação da gravidade – Em águas lânticas (com pouca correnteza) a força gravitacional provoca a sedimentação de cerca de cerca de 40% da matéria orgânica, representada pela Demanda Bioquímica Total de uma carga poluente, quando a velocidade da água é menor que 0,2 m/s. Quando a velocidade da água é superior a 0,3 m/s há o arraste do lodo. As bactérias também são removidas pela ação da gravidade;
- Turbulência – A movimentação turbulenta da água pode levar a uma reoxigenação com o rompimento da lâmina de tensão superficial, ou aumentar o consumo de oxigênio pelo aumento da demanda bioquímica devido à atividade bacteriana, quando o lodo é revolvido. Às vezes são deslocados e transferidos para a coluna d'água, materiais, produtos e elementos tóxicos que estavam sedimentados;

• Diluição – A diluição dos poluentes é um fator primordial para a autodepuração. Com a diluição há um aumento na dispersão das partículas em suspensão;

• Radiação – A luz solar tem ação germicida até 1 m de profundidade durante 1 hora de exposição. Esta ação é tanto melhor, quanto melhor for a qualidade da água. As radiações ultravioleta são letais para organismos unicelulares;

• Temperatura – A temperatura da água influi no metabolismo dos organismos aquáticos, acelerando a velocidade das reações químicas. Outro efeito se dá sobre a densidade e a viscosidade da água, do que dependem muitos seres aquáticos para sobreviver. O aumento da temperatura diminui a viscosidade e com isto, muitos organismos do plâncton perdem a capacidade de flutuação e vão ao fundo;

• Respiração – O processo respiratório aeróbio leva ao aumento da demanda bioquímica de oxigênio e conseqüentemente à diminuição de oxigênio dissolvido no meio. Provoca ainda a liberação de gás carbônico o que acidifica o meio;

• Síntese orgânica – Nas sínteses orgânicas há a produção de compostos orgânicos a partir da fotossíntese e a produção de oxigênio. Outra reação é a quimiossíntese, como a nitrificação, por exemplo, onde compostos inorgânicos são oxidados originando nitratos.;

• Predação e parasitismo – Essas atividades de seleção natural possibilitam o equilíbrio nas comunidades aquáticas, por exemplo, vírus predam bactérias e os fungos agem sobre os protozoários;

• Antibióticos e Toxinas – Muitos organismos aquáticos e mesmo terrestres produzem substâncias tóxicas às vezes liberadas ao meio para inibir a competição por espaço e alimento. São exemplos os actinomicetos bacteriostáticos, algumas algas e bactérias;

• Aglutinação – A floculação ou aglutinação de seres aquáticos se dá por diminuição da concentração de nutrientes em

relação à demanda. Nesse caso passam a atuar o potencial zeta, força de natureza eletrocinética que repele as micelas em suspensão na água e, a força de Van Der Waals. Em ambientes pobres em alimento, as bactérias têm o potencial zeta sobrepujado pela força de Van Der Waals e se aglutinam formando um floco mais pesado que se sedimenta.

É possível perceber que a autodepuração natural dos corpos hídricos é um fenômeno caracterizado em grande parte pela atividade biológica e desempenha importante papel na recuperação da qualidade ecológica e sanitária dos ecossistemas aquáticos, mas não reconstitui a situação verificada antes do evento de poluição. Cabe lembrar ainda que, como resultado da autodepuração natural, sempre haverá o aumento da concentração de nutrientes na água (eutrofização) que pode levar a florações algais em alguns casos nocivas ao ambiente e podendo representar um problema de saúde pública. Além disso, a autodepuração natural não garante a eliminação de ovos ou cistos de patogênicos que eventualmente se encontrem na água.

Tratamento de esgoto

A natureza gregária do *Homo sapiens* faz com que grandes contingentes populacionais se aglomerem em centros urbanos que, quase sempre, produzem dejetos em quantidades bastante superiores àquelas que o ambiente pode assimilar. Assim, a autodepuração natural não é suficiente para degradar todo o resíduo líquido que uma cidade descarta. É necessário então que se faça uso de processos artificiais de tratamento, chamados simplesmente de Processos de Tratamento de Esgoto. Entende-se por esgoto, o resíduo predominante líquido, produzido pela atividade antrópica. Mais especificamente, denomina-se *esgoto sanitário* (ou esgoto doméstico), o resíduo líquido constituído por fezes, urina e restos de alimento, ou seja, material

biodegradável. Quando se pretende fazer referência ao resíduo líquido produzido a partir de um processo industrial fala-se em *esgoto industrial*. Este último difere do primeiro, basicamente por conter substâncias não necessariamente biodegradáveis e, em muitos casos, tóxicas.

Tratar o esgoto significa fornecer as condições necessárias para que a autodepuração natural se processe mais rapidamente e sob condições controladas no interior das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE.

Etapas do tratamento de esgoto

São as seguintes as etapas de tratamento de esgotos:

Pré-tratamento – Ao entrar na ETE o esgoto passa por um sistema de grades de vários tamanhos) para a retenção de sólidos maiores (papelão, vidro, plástico etc.), após o gradeamento o líquido segue para Caixa de Areia, onde sólidos em suspensão de maior diâmetro (areia, principalmente) sofrem sedimentação. Esta etapa condiciona (prepara) o resíduo para as fases subseqüentes;

Tratamento Primário – É a segunda etapa do tratamento. O esgoto vai para um decantador, onde ocorre a sedimentação dos sólidos em suspensão, formando um lodo que se acumula no fundo. O líquido sobrenadante, já com menor DBO, passa à etapa seguinte. É importante notar que em alguns casos, este é o único tipo de tratamento que o esgoto sofre, ou seja, há situações onde o sobrenadante formado nesta etapa, é diretamente lançado no corpo receptor;

Tratamento Secundário – Esta etapa é também conhecida como *tratamento biológico*. Os processos biológicos de tratamento de esgoto intensificam a atividade bacteriológica ou bioquímica, para oxidar e nitrificar a matéria orgânica presente e serão discutidos

detalhadamente mais adiante. O tratamento biológico pode ocorrer por processos aeróbios (lodo ativado, filtro biológico e lagoa de estabilização) ou anaeróbios (reatores anaeróbios). Em termos de eficiência, os processos biológicos de tratamento de resíduos promovem boa remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão, porém, contribuem para aumentar a concentração de nitratos e fosfatos (nutrientes) na água.

Dada a importância dos tratamentos biológicos no contexto do saneamento no Brasil, apresenta-se a seguir, uma sucinta descrição de cada um dos processos, de acordo com Rocha (1995):

Lodos ativados: Nesse tipo de tratamento, o esgoto passa por uma decantação inicial (decantação primária), onde a fase sólida se separa da fase líquida por sedimentação, o líquido passa então para um aerador e recebe ar (oxigênio), o que garante a aerobiose do meio. Nesse tanque de aeração ocorre o contato da microfauna do esgoto (bactérias, protozoários, fungos e helmintos), com a matéria orgânica que será oxidada até se transformar em substâncias quimicamente mais simples. A energia liberada no processo é utilizada pela microfauna para seu crescimento, reprodução e locomoção. O passo seguinte é uma nova decantação (decantação secundária). O líquido do decantador secundário é despejado no corpo receptor e parte do lodo é recirculada para o tanque de aeração. Cabe ressaltar neste ponto, que o excesso de lodo formado no nesse tipo de tratamento precisa ser descartado e tal descarte representa um problema ambiental grave, pois o lodo contém muitos patogênicos. Atualmente o lodo é depositado em aterros sanitários, mas pesquisas estão sendo realizadas no sentido de garantir uma disposição final segura para este material;

Filtro biológico: Os filtros biológicos foram criados na Inglaterra e também são conhecidos como filtros de percolação ou filtros de gotejamento. Trata-se de uma estrutura com um leito

percolador para a estabilização de matéria orgânica biodegradável que anteriormente passa por uma decantação primária. Em geral, o leito percolador está envolto por um recipiente circular. As construções são de alvenaria ou concreto. No topo da coluna vertical há dispersores e na extremidade inferior há drenos para a entrada de ar e retirada de efluente. Normalmente o efluente passa por um decantador secundário, pois possui muitos sólidos em suspensão. O recipiente e a coluna percoladora têm altura média de 1 a 5 metros. Algumas vezes há uma cobertura, então há a necessidade de janelas gradeadas, ventilador e portas para inspeção existem filtros de baixa capacidade, que operam com carga de 2,2 m³/m² por dia e DBO inferior a 200 mg/L e os de alta capacidade cuja carga varia de 8,5 a 28 m³/m² por dia e DBO entre 500 a 1800 mg/L. O material percolante dos filtros de baixa capacidade pode ser constituído de brita, seixos rolados, e carvão. Nos de alta capacidade utiliza-se materiais sintéticos como PVC e polipropileno. A biota que promoverá a oxidação da matéria orgânica fica aderida a esses substratos, formando a chamada película biológica ou biomassa. O exame microscópico dessa película revela a presença de organismos aeróbios, facultativos e anaeróbios, tais como: algas, bactérias, protozoários, fungos, insetos, platelmintos, nematóides e rotíferos. dados da literatura indicam que os filtros biológicos removem entre 65% e 85% da DBO e 80% a 90% dos sólidos em suspensão;

Lagoas de Estabilização: Nesse sistema, constituído por diques de terra, o tratamento biológico natural se dá por ação de bactérias aeróbias que oxidam a matéria orgânica liberando nutrientes e gás carbônico. As algas utilizam esses compostos e elementos liberando por sua vez, o oxigênio que é utilizado pelas bactérias. Nesse sistema a degradação é mais lenta e há a necessidade de grandes áreas de terreno. A remoção da DBO pode atingir 90%. Para

que a luz penetre em toda a coluna d'água, a profundidade não devem ultrapassar 2 m. Várias lagoas podem ser ligadas entre si, em série ou em paralelo. As lagoas de estabilização podem ser classificadas em:

Lagoa Facultativa: Utilizada para resíduos domésticos e industriais. Estas lagoas são aeróbias na superfície e anaeróbias no fundo;

Lagoa de Maturação: Usada para completar o tratamento do efluente. Há pequena redução de DBO pois o esgoto já é pobre em matéria orgânica. O sistema serve à piscicultura e à remoção de patógenos. A fauna e flora mais comuns são: bactérias, algas e artrópodes.

Além desses processos aeróbios há, como antes afirmado, que se considerar os *tratamentos anaeróbios*, isto é, fossa séptica e reator anaeróbio de fluxo ascendente, cuja descrição sucinta é apresentada a seguir:

Fossa Séptica: Trata-se de um sistema de tratamento de resíduos de baixo custo, para impedir ou minimiza, para impedir ou minimiza a poluição e contaminação de mananciais destinados ao abastecimento domiciliar. O processo compreende três fases: retenção do esgoto por 12h a 24h; retenção dos sólidos suspensos (60% a 70% forma lodo) e outra parcela (sólidos, graxas e gorduras) fica retida na superfície do líquido sob a forma de espuma; digestão anaeróbia do lodo e da espuma destruindo total ou parcialmente os patógenos, redução de volume devido à produção de gases e líquidos decorrente da digestão anaeróbia;

Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente – RAFA: Constitui-se de um tanque de forma cilíndrica ou prismática de seção circular quadrada e fundo falso perfurado, com leito cujo material pode ser brita nº 4 ou plástico onde o esgoto é introduzido pela extremidade superior. O funcionamento se dá a partir de um digestor (fossa séptica) com a estabilização da matéria orgânica e remoção dos sólidos em suspensão que periodicamente são retirados. O líquido clarificado passa para o RAFA, cujo leito fica sempre submerso. A eficiência global do sistema é 78% a 89%; para a Demanda Química de Oxigênio (DQO) de 76% a 84% e sólidos suspensos de 78% a 90%.

Disposição final de esgotos e reúso

A falta de uma política efetiva de controle da poluição que inclui, entre outras medidas, investimentos na coleta, tratamento e disposição final de resíduos sólidos e líquidos faz com que os dejetos originados a partir das atividades humanas sejam descartados no ambiente sem nenhum critério ou cuidado. No caso específico dos esgotos, estes são lançados, muitas vezes “*in natura*” (sem tratamento) em corpos hídricos continentais ou no oceano. Este cenário, aliado ao fato de que a água não se distribui uniformemente na terra e que os mananciais de superfície que podem ser utilizados para abastecimento humano estão cada vez mais distantes dos grandes centros consumidores, é bem provável que as águas subterrâneas venham a ser preferencialmente usadas para atender a demanda de água das cidades. Considerando esta tendência, uma alternativa para a indústria (e em um futuro não muito distante, para as cidades) é o *reúso da água*. A respeito do assunto, ressaltam:

O reúso de água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente (MANCUSO; SANTOS, 2003, p. 22).

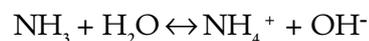
A Organização Mundial da Saúde em 1973 citada por Mancuso e Santos (2003) define os tipos de reúso de água:

- reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, e descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;

- **reciclagem interna:** é o reúso da água internamente à instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

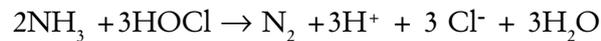
O reúso da água, no entanto, pressupõe o emprego de sistemas, processos e operações para a recuperação da água já utilizada pelo homem. Dentre tais procedimentos e técnicas estão os sistemas de tratamento de esgotos, já apresentados neste capítulo e outras técnicas com finalidades mais específicas, descritas resumidamente à seqüência, com base em Mancuso e Santos (2003):

Remoção de amônia por arraste com ar: é o processo mais simples e de mais fácil controle para a remoção de nitrogênio de águas residuárias. Nesse processo o gás de amônia é removido da água, agitando-se a mistura gás-água na presença do ar. O nitrogênio na forma do íon amônio é convertido a gás amônia, quando o pH é aumentado. O gás é liberado da solução uma torre de arraste. A reação abaixo mostra a situação de equilíbrio entre amônio e amônia, quando o pH situa-se em torno de 7,0



Com a elevação do pH a reação se desloca para a esquerda, atingindo maior rendimento com pH 11.

Remoção de amônia por cloração ao ponto de ruptura (*breakpoint*): Não é possível oxidar o nitrogênio amoniacal diretamente a nitrogênio gasoso. Isso só é possível através de uma reação com cloro. Na presença de amônia, a adição de quantidades crescentes de cloro produz residuais de cloro segundo uma curva característica. O ponto da curva no qual toda a amônia já reagiu com o cloro e começa a aparecer residual de cloro livre é denominado ponto de ruptura ou *breakpoint*.



Culp (1980) citado por Mancuso e Santos (2003) afirma: O processo de cloração ao ponto de ruptura pode remover virtualmente todo o nitrogênio amoniacal presente no efluente de esgoto, embora do ponto de vista econômico, não seja indicado para grandes concentrações de nitrogênio amoniacal. Cabe lembrar que a questão da segurança deve ser levada em conta, pois o cloro é um oxidante forte e perigoso. São, portanto, imprescindíveis cuidados especiais nas fases de projeto e implantação, inclusive na previsão de equipamentos de proteção individual e controle de vazamentos.

Ozonização: A aplicação de ozônio é utilizada para a desinfecção de água potável em muitos países da Europa. Culp (1980) citado por Mancuso e Santos (2003) menciona que atualmente o uso desse gás em tratamento de esgoto vem aumentando rapidamente, existindo somente nesse continente, mais de mil instalações. O ozônio é um forte oxidante e desinfetante, mas bastante instável, decompondo-se facilmente pela ação do calor. Essa característica é bastante positiva no caso de esgotos, pois introduz oxigênio dissolvido à água. A ozonização é recomendada quando se deseja altos níveis de desinfecção e onde se deseja controlar a formação de compostos organoclorados. e é bastante efetiva como germicida, eliminando 100% dos vírus, bactérias e outros patógenos, dependendo do grau de pré-tratamento, dose e tempo de contato. A eficiência da aplicação de ozônio pode ser aumentada se combinada com ultra-som ou com luz ultravioleta.

Adsorção por carvão ativado: o carvão ativado (granular ou em pó) é usado no tratamento avançado de esgotos para a remoção de substâncias orgânicas solúveis que não foram removidas nas fases anteriores do tratamento. Essas substâncias são adsorvidas

na superfície dos poros do carvão., até que o carvão se sature, quando é necessária sua regeneração ou reativação. A reativação é feita por meio de aquecimento que volatiliza os compostos orgânicos, liberando novamente os poros.

Troca iônica: é a troca seletiva de íons amônio (NH_4^+) através de uma resina mineral que tem maior afinidade por esse íon do que por Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ .

Separação por membranas semipermeáveis: O uso de membranas semipermeáveis é relativamente recente e baseia-se nos processos observados em células vegetais. Quando se usa uma membrana semi-permeável para a separação de soluções em água esse solvente passa através de seus poros, separando parte de suas impurezas originais na forma de um concentrado (MANCUSO; SANTOS, 2003). Dentre os vários processos que envolvem estes tipos de membrana, o mais utilizado é a *osmose reversa*. Esta é uma operação na qual o solvente é separado da solução mediante sua passagem por uma membrana semipermeável não porosa, desenvolvida para reter sais e solutos de baixo peso molecular. Se uma solução salina concentrada é separada de água pura por uma membrana dessa natureza, a diferença de potencial químico promove o deslocamento da água pura para o compartimento com a solução salina, para equilibrar as concentrações. No equilíbrio, a diferença de nível nos dois compartimentos corresponde à pressão osmótica da solução salina. Para se produzir água pura a partir de uma solução salina, é necessário superar essa pressão osmótica. Para que isso ocorra de forma economicamente viável, aplicam-se pressões pelo menos duas vezes maior do que a pressão osmótica. Para a dessalinização da água do mar, por exemplo, aplicam-se pressões de 51 a 81 kg/cm^2 . Há ainda vários outros processos de tratamento de água visando seu reúso que são aplicados em situações particulares

que por seu elevado custo são inviáveis para serem aplicados ao tratamento de resíduos líquidos urbanos.

Legislação ambiental referente ao meio aquático

A gestão do meio ambiente como um todo e dos ecossistemas aquáticos em particular só pode ser efetiva e eficaz se existir um conjunto de leis que regulamente o uso dos recursos naturais. Nosso país conta com uma legislação ambiental moderna que pode ser colocada entre as melhores do mundo. Sendo assim, é fundamental apresentar os dispositivos legais referentes ao meio ambiente aquático, com base em Braga et al. (2002):

Constituição Federal de 1988

Na Constituição Federal de 1988, os bens da União relativos à água estão nos incisos:

“III – os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

IV – o mar territorial;

VII – os potenciais de energia hidráulica”.

O artigo 21, inciso 12 regulamenta o uso pela União dos cursos de água para geração de energia elétrica.

Grande parte dos problemas de poluição e contaminação verificados no Brasil decorrem da falta de fiscalização e descaso das autoridades governamentais e de alguns setores da iniciativa privada.

O art. 21, inciso XIX, diz que compete à União instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso.

O art. 22 diz que compete à União legislar sobre águas, energia,...] (inciso IV) e sobre regime de portos, navegação lacustre, fluvial, marítima[...] (inciso X). Pelo parágrafo único desse artigo, lei complementar poderá autorizar os Estados a legislar sobre questões específicas das matérias nele relacionadas.

No art. 23 é estabelecida a competência comum da União, dos Estados e municípios para proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas.

No art. 24, inciso VI, é estabelecida a competência concorrente da União e dos Estados para legislar sobre florestas, caça, pesca, fauna e conservação da natureza, defesa do solo e de recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição. Pelo parágrafo primeiro desse artigo, no âmbito da legislação concorrente, a competência da União limitar-se-á a estabelecer normas gerais.

No art. 26, inciso I, é dito que aos Estados pertencem as águas superficiais ou subterrâneas, emergentes e em depósito, ressaltadas, nesse caso, na forma da lei, as decorrentes das obras da União.

Legislação Básica Federal

A primeira legislação federal sobre água foi o Código de Águas de 1934, nunca completamente regulamentado. Em termos de legislação, as diretrizes dadas ao recurso água estão também contidas na chamada legislação ambiental. Na década de 80, várias leis de proteção dos recursos naturais que foram promulgadas contêm dispositivos de proteção dos recursos hídricos e proibição da poluição. Entre outras, a lei nº 4.771, de 15.9.65, instituiu o Código Florestal, que estabeleceu as faixas de proteção à margem dos rios; o Código de Pesca, que além de outros dispositivos que proibiam a poluição das águas, estabeleceu condições no sentido de não haver prejuízo à fauna aquática. Na década de 80, podemos

destacar a Lei 6.938, de 31.8.81, e suas alterações e regulamentações (Lei de Política Nacional do Meio Ambiente).

A Resolução Nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, de 17.03.05, estabelece classes de rios em função dos usos preponderantes para águas doces, salinas e salobras do Território Nacional.

A Lei Federal n. 7.861, de 16.5.88, instituiu O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro como parte integrante da Política Nacional do Meio Ambiente, visando orientar a utilização racional dos recursos da zona costeira, contribuindo para a proteção do seu patrimônio natural, incluindo as águas costeiras, fluviais e estuárias.

A Lei Federal n. 5.357, de 17.11.67, estabeleceu penalidades para embarcações e terminais marítimos ou fluviais que lançarem detritos ou óleo em águas brasileiras.

A grande evolução veio com a Lei 9.433, de 8.1.97, que instituiu a Política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Constituição do Estado de São Paulo

Nessa Constituição, os recursos hídricos estão alocados no Capítulo IV, que trata do meio ambiente, dos recursos naturais e do saneamento. É interessante destacar que esse Capítulo está inserido no Título VI, que trata da ordem econômica. Os arts. de 205 a 213 tratam especificamente dos recursos hídricos.

Pelo art. 205, o Estado deve instituir, por lei, o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, congregando órgãos estaduais e municipais e a sociedade civil, assegurando meios financeiros e institucionais. Esse assunto foi objeto da Lei n. 7.663, de 30.12.91, que será comentada mais adiante.

O art. 208 veda o lançamento de efluentes e esgotos urbanos sem o devido tratamento em qualquer corpo de água e, sobre isso,

é interessante informar que o art. 48 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias estabeleceu que ao prazo de três anos, a contar da promulgação da Constituição, ficavam os Poderes Públicos Estadual e Municipal obrigados a tomar medidas eficazes para impedir o bombeamento de águas servidas, dejetos e de outras substâncias poluentes para a represa Bilings. Em 4.9.92, foi editada sobre o assunto a Resolução Conjunta SMA-SE-3 das Secretarias do Meio Ambiente e de Energia e Saneamento.

Em 30.12.91, a Lei n. 7.663 veio estabelecer normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, priorizando a instalação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

A Política Estadual de Recursos Hídricos será implementada por meio dos seguintes instrumentos financeiros e institucionais:

- O Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, cujos principais objetivos são a proteção, recuperação, o controle e a conservação dos recursos hídricos;
- O Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH, faz a descentralização dos recursos hídricos, promovendo a participação do Estado, dos municípios e da sociedade;
- O Fundo Estadual de Recursos Hídricos – Fehidro, para a execução do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Relativamente ao saneamento, atendendo aos dispositivos constitucionais, artigos 215 e 216, foi promulgada a Lei n° 7.750, de 31.3.92, que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento, que deverá ser implementada por meio do Sistema Estadual de Saneamento, do Plano Estadual de Saneamento e do Fundo Estadual de Saneamento – Fesan. Essa lei priorizou a instalação da Comissão Regional de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. O órgão responsável no Estado de São Paulo pelo controle de poluição das águas é a Companhia de Tecnologia

de Saneamento Ambiental – Cetesb, hoje vinculada à Secretaria do Meio Ambiente – SMA.

O dispositivo legal de controle ambiental é o Decreto nº 8.468, de 8.9.79, que regulamentou a Lei Estadual nº 997, de 31.5.76. Nesse decreto foram estabelecidos limites e condições para os corpos de água em função dos usos e o sistema de licenciamento para as fontes de poluição. O Decreto nº 10.755, de 22.11.77, fez o enquadramento dos corpos de água nas classes previstas no Decreto nº 8.468.

Destacamos, também, a Lei nº 898, de 18.12.75, a Lei nº 1.172, de 17.11.76, e o Decreto nº 9.714, de 19.4.77. As leis delimitaram as áreas a serem protegidas e estabeleceram parâmetros de uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas da Região Metropolitana de São Paulo, enquanto o decreto estabeleceu as competências dos vários órgãos envolvidos, além das sanções e procedimentos para aprovação de novos empreendimentos. Citamos, também, a Lei nº 1.817, de 1978, e a Lei nº 2.952, de 1981, de Zoneamento Industrial Metropolitano.

Do ponto de vista institucional, os órgãos envolvidos na aplicação desses dispositivos legais são a Cetesb e Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A – Emplasa.

Referências

LIEBMANN, H. *Terra, um planeta inabitável?* São Paulo: EDUSP/Edições Melhoramentos, 1976. 184 p.

MANCUSO, P. C.; SANTOS, H.F. *Reúso de água*. Barueri, SP: Manole, 2003. 550 p.

ROCHA, A. A. *Do lendário Anhembi ao poluído Tietê*. São Paulo: EDUSP, 1991. 75 p.

Capítulo 4

Abastecimento público e usos das águas

Profa. Dra. Silvana Audrá Cutolo

A água constitui um dos elementos de maior distribuição e importância na crosta terrestre. Todos os processos metabólicos dos seres vivos dependem de sua ação direta ou indireta (ESTEVEZ, 1998).

A água é fisiologicamente necessária para a sobrevivência do homem, existindo um equilíbrio entre a ingestão e a eliminação do organismo. A ingestão ocorre por alimentos e bebidas, e é eliminada através da urina, da transpiração e, em menores proporções, nas fezes.

A ingestão de água de cada indivíduo varia amplamente entre a relação peso e superfície corpórea, a temperatura e a umidade do ambiente, a dieta, as atividades realizadas, a cultura e, principalmente, ao estado de saúde. A média diária de água ingerida pelo homem é de 2,0 a 2,5 litros (MCJUNKIN, 1986). O corpo humano é composto por cerca de 50-75% de água, e a perda de apenas 3-4% da água corporal afeta de forma adversa e acima desta porcentagem pode levar à morte (NAVARRO; BACURAU, 2000).

Além do uso para sua sobrevivência, o homem precisa da água em suas múltiplas atividades. A utilização cada vez maior dos recursos hídricos tem resultado em problemas, não só de carência dos mesmos, como também de degradação de sua qualidade (MOTA, 1999).

Em função de condições de escassez em quantidade e ou qualidade, a água deixou de ser um bem livre e passou a ter valor econômico. Esse fato contribuiu com a adoção de um novo paradigma de gestão desse recurso ambiental, que compreende a utilização de



instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. A cobrança nesse sentido não se refere ao valor que se paga usualmente no Brasil pela água de abastecimento público, pois esse valor remete aos custos de captação, tratamento e distribuição da água. Na verdade, a cobrança pelo uso da água estabelece valor ao recurso natural, sendo que a arrecadação de cifras deve gerar fundos de investimento na gestão, conservação e recuperação dos recursos hídricos.

A experiência em outros países mostra que, em bacias que utilizam a cobrança, os indivíduos e firmas poluidores reagem internalizando custos associados à poluição ou outro uso da água. A cobrança pelo uso de recursos hídricos, mais do que instrumento para gerar receita, é indutora de mudanças pela economia da água, pela redução de perdas, pela gestão com justiça ambiental.

Usos múltiplos

A água pode ser utilizada de várias maneiras pelo homem. Entre os vários usos estão abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação, recreação, uso estético e paisagismo, dessedentação de animais, preservação da flora e fauna, geração de energia elétrica, transporte e, por fim, diluição e afastamento de despejos.

Abastecimento público

O abastecimento humano pode ser considerado como o uso mais nobre da água. Entretanto, o líquido destinado ao consumo humano deve apresentar elevado padrão sanitário, devido aos riscos que uma água com impurezas tem de transmitir patógenos e outras substâncias (MOTA, 1988, p. 405-430).



O consumo de água é dependente de vários fatores, tais como os hábitos, poder aquisitivo, nível de educação em saúde da população, características climáticas, e seleção adequada dos sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário (MOTA, 1999). A quantidade de água utilizada ao abastecimento público é expressa em consumos médios diários por dia, conhecido como consumo per capita, e variáveis em distintas regiões. Nas regiões urbanas são recomendados valores como: 450 litros por habitante por dia para a cidade do Rio de Janeiro; 350 litros por habitante por dia para a cidade de São Paulo; 250 litros por habitante por dia para Curitiba. Entretanto, na região Nordeste, são adotados consumos médios diários *per capita* de 100 a 200 litros, variando entre cidade de pequena a grande porte (MOTA, 1999).

A preocupação com a qualidade da água é relativamente recente, uma vez que os projetos mais antigos de aproveitamento de recursos hídricos abordavam mais os aspectos quantitativos, procurando garantir vazões necessárias aos diversos usos (MOTA, 1999).

A qualidade da água de um manancial, além de seus usos, depende das atividades que se desenvolvem em seu entorno. Deste modo, na preservação dos recursos hídricos devem ser considerados a água e o solo como um todo, para que os usos e ocupações dos mesmos tenham o menor impacto possível sobre a qualidade das águas (MOTA, 1999).

A água destinada ao consumo humano deve atender aos padrões de potabilidade. Entretanto, a água na natureza contém impurezas e elementos de natureza biológica, física e química, e o tratamento de água tem o intuito de removê-las (MOTA, 1999).

As substâncias físicas são aquelas que conferem cor, turbidez, sabor, odor e interferem na temperatura; substâncias químicas são substâncias dissolvidas na água, conferindo acidez,

alcalinidade e dureza ou constituindo-se como nutrientes tais como nitrogênio e fósforo, além de outras substâncias: cloretos, fluoretos, ferro, manganês, compostos tóxicos e outros (DI BERNARDO, 1995; MOTA, 1999).

Quanto aos componentes biológicos, as algas fitoplanctônicas, especificamente, as florações de algas, são responsáveis pela produção de toxinas, causando um dos episódios mais drásticos no Brasil em Caruaru em 1996, ocasionando a morte de 60 pacientes de hemodiálise (JOCHIMSEN et al., 1998; POURIA et al., 1998). Podem estar presentes na água patógenos como bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Destacam-se os problemas decorrentes de oocistos e cistos de protozoários como *Cryptosporidium parvum* (oocisto) e *Giardia lamblia* (cisto), quanto a este último existem elevadas incidências em países como Estados Unidos, Reino Unido, México e Brasil, apresentando distribuição mundial (ORTEGA; ADAM, 1997).

A água é considerada potável, quando as impurezas são removidas e permanecem abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação, não ocasionando prejuízos e danos à saúde humana. Atualmente no Brasil, os critérios de qualidade para água potável de abastecimento público são descritos na portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Abastecimento Industrial

Além do uso para abastecimento público, a água pode ser utilizada na indústria como matéria-prima, em processos de resfriamento, lavagem, caldeiras, produção de vapor, entre outros. Para cada tipo de uso industrial, podem variar as exigências quanto à qualidade da água. Nas indústrias alimentícias, de bebidas e farmacêuticas são necessários rigorosos padrões de qualidade; em outras, como no caso do uso de águas para resfriamento, estas

deveriam estar livres de agentes que podem provocar corrosão ou incrustações (MOTA, 1999).

Irrigação agrícola

Para as águas destinadas à irrigação pode ser exigido um maior ou menor rigor quanto às impurezas presentes no líquido e de acordo com o tipo de cultura. No mundo todo, 70% do consumo de água é empregado na irrigação agrícola, cerca de três trilhões de metros cúbicos são utilizados na agricultura, entretanto somente 1,3 trilhões atingem as plantações. Nos Estados Unidos, a agricultura é responsável por cerca de 81% do consumo de água.

Uso recreacional

Quanto ao uso recreacional, este pode ser de dois tipos: de contato primário, quando existe contato do corpo humano com a água, existindo risco de ingestão da mesma; de contato secundário, através do contato acidental como esportes náuticos, pesca e outros.

Paisagismo

Para uso estético da água entende-se a sua integração com elementos da natureza para fins paisagísticos. Estas águas devem ser isentas de substâncias que causem prejuízo ao seu aspecto como materiais flutuantes, substâncias que produzam cor, turbidez ou odor.

Preservação da vida aquática

A água destinada à preservação da fauna e flora visa a manutenção do equilíbrio ecológico do meio aquático e, também,



propagação de espécies destinadas à alimentação humana. A piscicultura exige alguns requisitos de qualidade e padrões sanitários, principalmente para a sobrevivência das espécies animais destinadas ao consumo humano.

Produção de energia

A água é utilizada para fins energéticos por meio da geração de vapor d'água nas usinas termoeletricas ou pelo aproveitamento da energia potencial da água nas usinas hidrelétricas.

A geração de energia elétrica é, sem dúvida, um dos principais usos que se faz das águas no Brasil, e os cuidados se referem às substâncias que possam causar incrustações, corrosão e danos às tubulações e turbinas.

Navegação

Quanto ao uso dos recursos hídricos para navegação, as restrições referem-se à proliferação excessiva de plantas aquáticas, presença de material sedimentável que levam ao assoreamento, e existência de substâncias químicas.

Diluição e afastamento de esgotos

Os recursos hídricos podem ser utilizados para diluição e afastamento de despejos. Lamentavelmente, grandes volumes de águas residuárias são lançados em mananciais, podendo causar diferentes impactos, dependendo da composição do resíduo líquido e da capacidade de assimilação do corpo receptor (MOTA, 1999).

Disponibilidade de água no planeta

O processo de desenvolvimento econômico e social de uma região ou um país é totalmente dependente da forma como são utilizados os recursos naturais. Dentre eles, a água destaca-se como componente fundamental para o desenvolvimento, pois são pouquíssimas as atividades humanas em que sua utilização é imprescindível. Adicionalmente, acentua-se a sua importância como elemento subjacente à garantia de equilíbrio dos ecossistemas naturais.

A necessidade de seu gerenciamento decorre da falta de equilíbrio requerida entre as aglomerações humanas e disponibilidade oferecida pela natureza. A disponibilidade da água é variável no tempo e no espaço, de maneira nem sempre compatível com as necessidades. Assim, eventos críticos como o excesso que causa inundações ou a falta de água podem trazer efeitos dramáticos sobre a economia, a saúde e a segurança das comunidades.

Desde as remotas civilizações, o ser humano procurou seguir, até por razões de sobrevivência, os cursos d'água. As civilizações da Europa, Ásia, América estabeleceram-se ao longo de diversos rios como Tâmis, Reno, Danúbio, Nilo, Mississipi, Tietê, entre outros.

Os principais rios e lagos da terra constituem importantes reservatórios de água doce, situados no interior dos continentes drenando áreas extensas, essas fontes de água são essenciais à sobrevivência de organismos, plantas, animais e do próprio homem. A distribuição da água no planeta não é homogênea como pode ser observado na Tabela 1, a seguir.

Região	Média anual: drenagem (km ²)	Porcentagem da drenagem global (%)	Porcentagem da população global (%)	Estável %
África	4225	11	11	45
Ásia	9865	26	58	30
Europa	2129	5	10	43
América do Norte	5960	15	8	40
América do Sul	10380	27	6	38
Oceania	1965	5	1	25
União Soviética	4350	11	6	30
Mundo	38874	100	100	36

Tabela 1. Distribuição de suprimento renovável de água por continente. Fonte: Tundisi, 2003.

Disponibilidade hídrica no Brasil

O Brasil é dotado de uma vasta e densa rede hidrográfica, sendo que muitos de seus rios destacam-se pela extensão, largura e profundidade. Em decorrência da natureza do relevo, predominam os rios de planalto que apresentam em seu leito rupturas de declive, vales encaixados, entre outras características, que lhes conferem um alto potencial para a geração de energia elétrica. Dentre os grandes rios nacionais, apenas o Amazonas e o Paraguai são predominantemente de planície e largamente utilizados para a navegação. Os rios São Francisco e Paraná são os principais rios de planalto.

No Brasil, a ocupação teve seu início na região litorânea, e a interiorização foi ocorrendo através dos rios, podendo ser lembrado o São Francisco, considerado como rio de integração nacional, e o próprio Amazonas como histórica via de acesso a regiões longínquas.

De maneira geral, os rios brasileiros têm origem em regiões não muito elevadas, exceto o rio Amazonas e alguns de seus afluentes que nascem na cordilheira andina. Em termos gerais, pode-se dividir a rede hidrográfica brasileira em sete principais bacias.

Bacia do rio Amazonas

Este rio, com uma extensão de aproximadamente 6.500 km, disputa com o rio Nilo o título de mais extenso no planeta. A sua área de drenagem total, superior a 5,8 milhões de km², dos quais 3,9 milhões no Brasil, representa a maior bacia hidrográfica mundial. O restante de sua área dividi-se entre o Peru, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana e Venezuela. O volume de água do rio Amazonas é extremamente elevado, descarregando no Oceano Atlântico aproximadamente 20% do total que chega aos oceanos em todo o planeta.

Sua vazão é quatro vezes maior que o rio Congo, o segundo maior em volume, e dez vezes o rio Mississipi. Por exemplo, em Óbidos, distante 960 km da foz do rio Amazonas, tem-se uma vazão média anual da ordem de 180.000 m³/s. Tal volume d'água é o resultado do clima tropical úmido característico da bacia, que alimenta a maior floresta tropical do mundo.

Na Amazônia os canais mais difusos e de maior penetrabilidade são utilizados tradicionalmente como hidrovias. Navios oceânicos de grande porte podem navegar até Manaus, capital do estado do Amazonas, enquanto embarcações menores, de até 6 metros de calado, podem alcançar a cidade de Iquitos, no Peru, distante 3.700 km da sua foz.

O rio Amazonas é um rio de planície, possuindo baixa declividade. Sua largura média é de 4 a 5 km, chegando em alguns trechos a mais de 50 km. Por ser atravessado pela linha do Equador, esse rio apresenta afluentes nos dois hemisférios do planeta. Entre seus principais afluentes, destacam-se os rios Iça, Japurá, Negro e Trombetas, na margem esquerda, e os rios Juruá, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu, na margem direita.

Bacia do rio Tocantins – Araguaia

A bacia do rio Tocantins – Araguaia com uma área superior a 800.000 km², se constitui na maior bacia hidrográfica inteiramente situada em território brasileiro. Seu principal rio formador é o Tocantins, cuja nascente localiza-se no estado de Goiás, ao norte da cidade de Brasília. Dentre os principais afluentes da bacia Tocantins – Araguaia, destacam-se os rios do Sono, Palma e Melo Alves, todos localizados na margem direita do rio Araguaia.

O rio Tocantins desemboca no delta amazônico e embora possua, ao longo do seu curso, vários rápidos e cascatas, também permite alguma navegação fluvial no seu trecho desde a cidade de Belém, capital do estado do Pará, até a localidade de Peine, em Goiás, por cerca de 1.900 km, em épocas de vazões altas. Todavia, considerando-se os perigosos obstáculos oriundos das corredeiras e bancos de areia durante as secas, só pode ser considerado utilizável, por todo o ano, de Miracema do Norte (Tocantins) para jusante.

O rio Araguaia nasce na serra das Araras, no estado de Mato Grosso, possui cerca de 2.600 km, e desemboca no rio Tocantins na localidade de São João do Araguaia, logo antes de Marabá. No extremo nordeste do estado de Mato Grosso, o rio dividi-se em dois braços, rio Araguaia, pela margem esquerda, e rio Javaés, pela margem direita, por aproximadamente 320 km, formando assim a ilha de Bananal, a maior ilha fluvial do mundo. O rio Araguaia, é navegável cerca de 1.160 km, entre São João do Araguaia e Beleza, porém não possui neste trecho qualquer centro urbano de grande destaque.

Bacia do Atlântico Sul – trechos norte e nordeste

Vários rios de grande porte e significado regional podem ser citados como componentes dessa bacia, a saber: rio Acaraú, Jaguaribe, Piranhas, Potengi, Capibaribe, Una, Pajeú, Turiaçu, Pindaré, Grajaú, Itapecuru, Mearim e Parnaíba.

Em especial, o rio Parnaíba é o formador da fronteira dos estados do Piauí e Maranhão, por seus 970 km de extensão, desde suas nascentes na serra da Tabatinga até o oceano Atlântico, além de representar uma importante hidrovia para o transporte dos produtos agrícolas da região.

Bacia do rio São Francisco

O rio São Francisco, nasce em Minas Gerais, na serra da Canastra, e atravessa os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. O rio São Francisco possui uma área de drenagem superior a 630.000 km² e uma extensão de 3.160 km, tendo como principais afluentes os rios Paracatu, Carinhanha e Grande, pela margem esquerda, e os rios Salitre, das Velhas e Verde Grande, pela margem direita.

De grande importância política, econômica e social, principalmente para a região nordeste do país, é navegável por cerca de 1.800 km, desde Pirapora, em Minas Gerais, até a cachoeira de Paulo Afonso, em função da construção de hidrelétricas com grandes lagos e eclusas, como é o caso de Sobradinho e Itaparica.

Bacia do Atlântico Sul – trecho leste

A bacia do Atlântico Sul possui diversos cursos d'água de grande porte e importância regional, dentre os quais estão os rios

Pardo, Jequitinhonha, Paraíba do Sul, Vaza-Barris, Itapicuru, das Contas e Paraguaçu.

Por exemplo, o rio Paraíba do Sul está localizado entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, os de maior significado econômico no país, possui ao longo do seu curso diversos aproveitamentos hidrelétricos, cidades ribeirinhas de porte, como Campos, Volta Redonda e São José dos Campos, e indústrias importantes como a Companhia Siderúrgica Nacional.

Bacia Platina, ou dos rios Paraná e Uruguai

A bacia platina, ou do rio da Prata, é constituída pelas sub-bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, drenando áreas do Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai.

O rio Paraná possui cerca de 4.900 km de extensão, sendo o segundo em comprimento da América do Sul. É formado pela junção dos rios Grande e Paranaíba. Possui como principais tributários os rios Paraguai, Tietê, Paranapanema e Iguçu. Representa trecho da fronteira entre Brasil e Paraguai, onde foi implantado o aproveitamento hidrelétrico binacional de Itaipu, com 12.700 MW, maior usina hidrelétrica em operação do mundo. Posteriormente, faz fronteira entre o Paraguai e a Argentina. Em função das suas diversas quedas, o rio Paraná somente possui navegação de porte até a cidade argentina de Rosário.

O rio Paraguai, por sua vez, possui um comprimento total de 2.550 km, ao longo dos territórios brasileiro e paraguaio e tem como principais afluentes os rios Miranda, Taquari, Apa e São Lourenço. Nasce próximo à cidade de Diamantino, no estado de Mato Grosso, e drena áreas de importância como o Pantanal mato-grossense. No seu trecho de jusante banha a cidade de Assunción, capital do

Paraguai, e forma a fronteira entre este país e a Argentina, até desembocar no rio Paraná, ao norte da cidade de Corrientes.

O rio Uruguai, por fim, possui uma extensão da ordem de 1.600 km, drenando uma área em torno de 307.000 km². Possui dois principais formadores, os rios Pelotas e Canoas, nascendo a cerca de 65 km a oeste da costa do Atlântico. Fazem parte da sua bacia os rios Peixe, Chapecó, Peperiguaçu, Ibicuí, Turvo, Ijuí e Piratini.

O rio Uruguai forma a fronteira entre a Argentina e Brasil e, mais ao sul, a fronteira entre Argentina e Uruguai, sendo navegável desde sua foz até a cidade de Salto, cerca de 305 km a montante.

Bacia do Atlântico Sul – trechos sudeste e sul

A bacia do Atlântico Sul é composta por rios da importância do Jacuí, Itajaí e Ribeira do Iguape, entre outros. Os mesmos possuem importância regional, pela participação em atividades como transporte hidroviário, abastecimento d'água e geração de energia elétrica.

Água para abastecimento público

O volume total de água permanece constante no mundo, a qualidade e a disponibilidade sofrem alterações. A água está em constante processo de reciclagem, considerado o ciclo natural mais importante para a humanidade (GRAY, 1994).

Segundo Rocha (1995), a hidrosfera corresponde a três quartas partes da superfície do globo terrestre. Cerca de 92% estão nos oceanos; 5,5% na forma de geleiras polares; 2% compreendem águas doces e acessíveis nos rios, lagos e lençóis subterrâneos; e 0,5% como vapor d'água, sendo essa porcentagem importante para a reciclagem da água. Entretanto, nem toda água doce está

disponível ao consumo humano, sendo que 75% está na forma de geleiras, 24% está localizada no subsolo como águas subterrâneas, e apenas 1% está disponível ao homem (GRAY, 1994).

O Brasil apresenta um amplo ecossistema de água doces, distribuído em diversas bacias hidrográficas, apresentadas na tabela abaixo:

Bacia	Km ²	Porcentagem (%)
Amazonas, Tocantins e Araguaia	4.787.717	56,13
Nordeste	884.835	10,44
São Francisco	631.133	7,42
Leste	569.310	6,64
Paraguai	345.701	4,16
Paraná	891.309	10,45
Uruguai	178.235	2,09
Sudeste	223.688	2,62
TOTAL	8.511.928	100,00

Tabela 1. Bacias hidrográficas brasileiras. Fonte: Tundisi, 2003.

Embora o ecossistema de água doce no Brasil seja abundante, distribuído em 8.511.928 km² de bacias hidrográficas e na extensa costa litorânea, a disponibilidade e a distribuição dos recursos aquáticos são irregulares, com rios caudalosos na região Amazônica, em contraposição com a escassez da região nordeste. Por outro lado, os rios das regiões sul e sudeste são bastante volumosos, mas apresentam graves problemas de poluição de origens doméstica e industrial (ROCHA, 1994).

As águas doces

Com relação a águas superficiais, a produção hídrica em território brasileiro é de 168.790 m³/s. Essa disponibilidade chega

a 257.790 m³/s, considerando-se a vazão na área da bacia amazônica que inclui a procedente de território estrangeiro. O balanço hídrico mostra grande diversidade hidrológica, que varia desde 48,2 l/s/km² no Atlântico Norte e 34,2 l/s/km² na bacia amazônica, até 2,8 l/s/km² na região semi-árida do Atlântico Leste e 4,5 l/s/km² na bacia do rio São Francisco.

O volume de água subterrânea nos lençóis mais profundos está estimado em 112.000 km³. Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, há cerca de 200.000 poços tubulares em exploração; são perfurados cerca de 10.000 poços por ano. Cerca de 61% da população brasileira se abastece de mananciais de subsuperfície, tais como poços rasos (6%), nascentes/fontes (12%) e poços profundos (43%).

De modo geral, os problemas mais graves na área de poluição dos sistemas hídricos no país podem ser assim descritos: poluição por esgotos domésticos; poluição industrial; disposição dos resíduos sólidos; poluição difusa de origem agrícola; poluição acidental; eutrofização de lagos e represas; salinização de rios e açudes; poluição por mineração; falta de proteção dos mananciais superficiais e subterrâneos.

São muitos os setores que utilizam recursos hídricos para suas atividades. É fundamental, por isso, que os critérios e normas setoriais sejam consistentes com a legislação de recursos hídricos, de forma a permitir o disciplinamento desses diferentes usos. Entre eles, destacam-se: o saneamento, a irrigação, a produção de hidreletricidade, o transporte hidroviário, o uso industrial da água, a pesca e a aqüicultura.

No Brasil, o nível de abastecimento de água dos domicílios ligados à rede geral é de 91%. No entanto, persiste um quadro social desfavorável, já que mais de 11 milhões de pessoas residem em cidades que ainda não têm acesso à água por meio de rede canalizada. Em contrapartida, o desperdício de água nos sistemas públicos de abastecimento pode chegar a 45% do volume ofertado

à população, o que representa uma perda de 2,08 bilhões de m³ por ano, num total de cerca de 4,68 bilhões de m³ de água produzidos nesse espaço de tempo. Mesmo que se consiga chegar à meta de 25% de perdas, considerada aceitável, o prejuízo anual ainda será de R\$1,02 bilhão (BRAGA et al., 2002; TUNDISI, 2003).

A título de ilustrar a problemática de recursos hídricos para metrópoles indicamos a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, com 39 municípios e 17,8 milhões de habitantes. Apenas o município de São Paulo conta com 10 milhões de habitantes (IBGE, 2000). Com sua maior parcela dentro de 5.650 Km² da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, essa metrópole ocupa cabeceiras dos rios Tietê, Tamaduateí e Pinheiros que recebem diariamente 1100 toneladas de esgotos, sendo 800 toneladas de origem doméstica e 300 toneladas de origem industrial. Além disso, esses rios são depositários de descargas de galerias pluviais, águas de escoamento superficial, de infiltração e da disposição direta de detritos (CUTOLO, 2002; CUTOLO; ROCHA, 2002).

Nessa região metropolitana, a produção de energia através das usinas hidrelétricas era prioridade devido ao crescimento industrial da Baixada Santista até Campinas. Entretanto, houve nos últimos anos uma inversão, e torna-se crescente a preocupação com a qualidade de água para abastecimento público, pois a água está cada vez mais escassa, principalmente na Grande São Paulo, que importa água de bacias hidrográficas pertencentes a outras regiões.

Os principais reservatórios responsáveis pelo abastecimento de água da RMSP são Cotia, Alto Tietê, Rio Claro, Rio Grande, Guarapiranga e Cantareira, com diminuição da capacidade produtora, comparando os três anos de 1999, 2000 e 2001 (COMITÊ DE BACIA, 2001; CUTOLO, 2002). A Represa do Guarapiranga teve a ampliação (12 m³/s) de sua capacidade com a interligação do braço da Billings e com importação de água do sistema Capivari-Monos (gráfico 1).

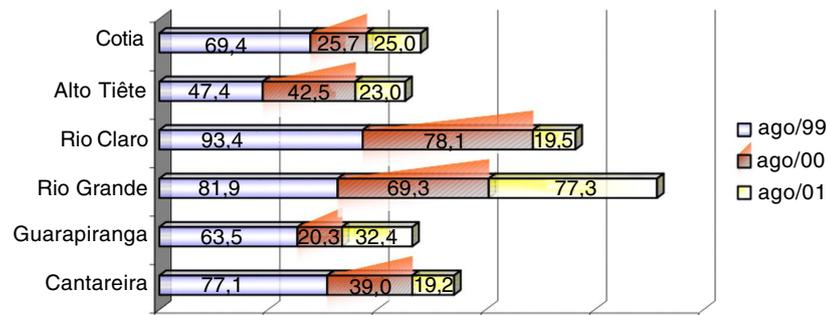


Gráfico 1. Capacidade produtora (m^3/s) dos reservatórios do Município de São Paulo nos anos de 1999, 2000 e 2001 (Comitê de Bacia Alto Tietê, 2001).

O Município de São Paulo apresenta graves problemas no entorno dos mananciais, utilizados para abastecimento público. Verifica-se crescente e irregular ocupação nessas áreas e a Represa do Guarapiranga é a que tem forte comprometimento da qualidade das águas em razão desse processo (CUTOLO, 2002).

Outras fontes consideradas abundantes em água tem gerado preocupação, em consequência da seca no Amazonas. Abaixo de Itacoatiara (230 km de Manaus), os bancos de areia no meio do Amazonas formam praias imensas. Nos rios Madeira e Purus, o transporte está bastante dificultado, com encalhes freqüentes de balsas, e grandes prejuízos até para os produtores e transportadores de soja em grão para o Porto de Itacoatiara. Em direção ao Acre, no rio Purus, só se navega com embarcações muito pequenas. No Alto Solimões, entre Tefé e Tabatinga, a 1.000 km de Manaus, o calado do rio chegou a 2 m, historicamente o mais baixo da região (em secas normais é de 4,5 m), obrigando os barcos a navegarem somente durante o dia e Tabatinga a mudar seu porto de lugar. Os lagos e braços de rios estão se isolando, com grande mortandade de peixes, com esperada baixa na reprodução deste ano e na produção

pesqueira nos próximos anos, uma vez que a maioria das espécies de peixes se reproduz em lagos e não consegue chegar até eles.

Doenças contagiosas e virais como o Cólera – que matou 159 pessoas entre 1991 e 1998 –, o Rotavirus (latente no sul do estado, com 11 mortes em Ipixuna), Doenças Diarréicas Agudas – DDA, Hepatite A e a Febre Tifóide podem se proliferar, em função da maior concentração desses patógenos causada pela diminuição drástica do volume de água nos rios e lagos e pela escassez de água potável, que já começa a se verificar no interior do estado. É verdade que o Amazonas é um estado onde a água é um bem mais presente na vida de sua população do que em qualquer outro da Amazônia e do Brasil. Assim, os reflexos de sua escassez são naturalmente mais agudos e mais rapidamente percebidos. Entretanto, – e até por essa razão – essa sua particularidade também pode ser um importante indicador do agravamento dos problemas ambientais que, invariavelmente, repercutem na quantidade e qualidade da água disponível nos continentes. No Brasil, os desmatamentos respondem por 75% das emissões de gás carbônico, e é bem provável que respondam, também e em boa medida, pela seca histórica que assola o maior estado brasileiro (MENEZES, 2005).

Processo de poluição de mananciais, suas origens e conseqüências

A palavra poluição significa ato ou efeito de sujar, macular, tornando-se prejudicial à saúde; enquanto poluir pode ser entendido como sujar, corromper, tornar-se prejudicial à saúde. O poluente pode ser compreendido como qualquer substância ou energia que, lançada no meio, interfere com o funcionamento de parte ou de todo ecossistema (ACIESP, 1997). Poluição é o termo genérico para designar a problemática resultante da presença e ação de

determinantes físico-químicos de origem antrópica (FORATTINI, 2004).

Em um sentido mais amplo, a poluição tem sido definida como sinônimo de Impacto Ambiental, ou seja, qualquer modificação de características de um ambiente de modo a torná-lo impróprio às formas de vida naturais. Uma abordagem mais restrita, implica na modificação do ambiente para ser realmente considerada poluição deve afetar, de maneira nociva, direta ou indiretamente, a vida e o bem estar humanos. A poluição se caracteriza pela perda das condições propícias à vida de determinadas espécies vegetais e/ou animais. Para fins práticos, essa definição deve ser mais restrita, de maneira a incluir um elemento indicador de prejuízo sanitário, econômico ou simplesmente estético (BRANCO, 1983).

Contaminação, por sua vez, significa contagiar, provocar infecção, em um sentido bem restrito ao uso da água representa o lançamento de elementos que sejam diretamente nocivos à saúde do homem ou de animais e vegetais que consomem essa água, independentemente do fato de estes viverem ou não no ambiente aquático. Assim, a presença de seres patogênicos, de substâncias tóxicas, de elementos ionizantes ou radioativos está compreendida neste conceito (BRANCO, 1983; FORATTINI, 2004).

De acordo com Branco (1986), a poluição constitui, talvez, a mais devastadora das atividades humanas em relação às populações naturais. A poluição exerce um efeito deletério sobre grande parte dos organismos que vivem em um corpo d'água, por outro lado, esse processo pode contribuir para o surgimento de uma nova flora e fauna mais resistentes ao novo ambiente, em detrimento de espécies que não conseguem se adaptar aos impactos. A poluição pode ser provocada por distintos poluentes como:

Poluentes Orgânicos Biodegradáveis

As fontes de poluição, oriundas dos esgotos sanitários, podem transferir ao meio aquático patógenos como bactérias, vírus, protozoários e helmintos; além de compostos orgânicos, inorgânicos e minerais nutrientes. Essa poluição ocasiona diversos impactos negativos, levando não só prejuízos à saúde pública, mas também aos usos múltiplos da água, além de interferir negativamente sobre a fauna e flora aquáticas, provocar o assoreamento e a eutrofização, induzindo a aspectos estéticos desagradáveis com rebatimentos negativos à economia (ROCHA, 1995).

Os esgotos domésticos são ricos em compostos nitrogenados como proteínas, aminoácidos e amônia, além de gorduras e açúcares. O enriquecimento das águas por nutrientes leva, conseqüentemente, ao aumento das atividades de organismos, que transformam a matéria orgânica presente, em substâncias que possam ser por eles assimiladas, armazenadas ou oxidadas. As substâncias biodegradáveis podem ser transformadas por intermédio de enzimas, armazenadas na forma de substância viva, por meio da síntese ou reprodução de organismos e oxidadas, liberando energia, mas consumindo o oxigênio do meio aquático (BRANCO, 1986).

Em resposta ao enriquecimento de nutrientes, ocorre um aumento da produtividade da comunidade fitoplanctônica, que passa a apresentar um crescente aumento na dominância, principalmente de espécies mais resistentes, sendo cada vez mais comum a ocorrência de um intenso crescimento de cianobactérias na superfície dos corpos d'água denominada como floração (CHORUS; BARTRAM, 1999). Assim, o excesso de nutrientes é a causa principal da proliferação e explosão da densidade populacional de algas azuis nos ambientes aquáticos continentais e algas

vermelhas nos ambientes marinhos, dentre estes grupos estão presentes espécies produtoras de toxinas, prejudiciais a cadeia alimentar aquática e ao homem (BRANCO, 1986; CHORUS; BARTRAM, 1999).

Poluentes químicos: metais pesados e poluentes orgânicos persistentes

O homem está exposto a contaminantes de origem química que, com certa facilidade, podem ocorrer na água natural. Estima-se que cerca de 4 bilhões de metros cúbicos de contaminantes, provenientes principalmente de efluentes industriais, compostos químicos de uso agrícola e efluentes domésticos são lançados nos ambientes aquáticos a cada ano. Esses, uma vez no ambiente, podem sofrer série de transformações físicas e químicas, inclusive a combinação com outros compostos químicos podendo intensificar a toxicidade aos organismos aquáticos e seres humanos (WANG, 1994).

Dentre os principais e preocupantes efeitos antropogênicos estão os resíduos industriais que contêm estressores potenciais, isto é, novas formulações químicas às quais os organismos vivos e os ecossistemas em geral ainda não tiveram um período evolutivo para adaptação ou acomodação. No entanto, pode-se esperar que a exposição crônica aos fatores antropogênicos resulte em mudanças básicas na estrutura e função das comunidades bióticas, à medida que ocorram a aclimação e a adaptação genética (ODUM, 1985).

Segundo Forattini (2004), as substâncias que são lançadas no ambiente, mesmo em quantidades pequenas, que não resultam em efeitos imediatos, podem resultar em um desencadeamento de processo cumulativo, propiciando e incrementando organismos participantes da cadeia alimentar, denominado bioconcentração, ou seja, a concentração do poluente e sua transferência ao longo da cadeia alimentar. Como exemplo tem-se o caso ocorrido em Minamata (Japão) em 1950, onde o efeito acumulativo do metal

pesado mercúrio, concentrando-se nos peixes, atingiu a população que deles se alimentava, resultando em mais de 100 óbitos. Nesta mesma ótica, estão os estudos sobre a exposição e doenças relacionadas com os possíveis determinantes ambientais na gênese do câncer, que são os agentes carcinogênicos liberados no ambiente

O papel que o ambiente desempenha na etiologia do câncer é mais evidente, tendo em vista que 90% dos tipos de câncer hoje encontrados são carcinomas, ou seja, câncer das células que recobrem os órgãos (pele, intestino, pulmão etc.) que estão em contato com o ar, alimento e água (WATSON, 1987).

Existem, além disso, evidências epidemiológicas da alta taxa de tumores em indivíduos expostos ocupacionalmente a compostos cancerígenos, como o angiosarcoma de fígado em operários de fábrica de cloreto de vinila; câncer de bexiga entre operários em contato com 2 naftilamina e câncer pulmonar em trabalhadores de fábrica de amianto (MIX, 1986).

Em peixes, alguns estudos mostraram que ocorre maior incidência de tumores naqueles que viviam em ambientes quimicamente contaminados (MIX, 1986). Em 1978, Prein et al. mostraram, por exemplo, um aumento de aberrações cromossômicas em peixes expostos às águas do rio Reno (Holanda) contaminadas com produtos químicos com atividade mutagênica.

Kinae et al. (1990) observaram alta taxa de câncer de pele em peixes em áreas da costa do Japão sob a influência há mais de vinte anos, de descargas freqüentes de efluente de indústria de papel e celulose.

Riscos ao Ambiente

De acordo com Rocha (1994), vários poluentes podem ser lançados no meio aquático entre estes estão as bactérias, vírus e

outros seres patogênicos, compostos orgânicos e inorgânicos, minerais, nutrientes e metais pesados. Os poluentes podem causar cor, turbidez e odor, alterar a temperatura, carregar sólidos dissolvidos em suspensão, fertilizantes e defensivos agrícolas. Os impactos, conseqüentemente, são diminuição do oxigênio dissolvido, danos ecológicos à vida aquática, prejuízos aos usos da água, assoreamento, eutrofização, aspecto estético desagradável, alterações paisagísticas e reflexos econômicos.

No ambiente aquático, o poluente pode seguir três caminhos: 1) a diluição que ocorre por mistura turbulenta ou ação de correntes; 2) o transporte feito por correntes ou por organismos migratórios; e 3) a concentração do poluente por processos na cadeia alimentar como por exemplo o consumo direto por peixes; ou o consumo indireto pelo fitoplâncton, passando para o zooplâncton e invertebrados bentônicos e daí às aves, peixes e mamíferos. Nos processos físicos e químicos podem ocorrer adsorção, troca iônica, precipitação ou acúmulo nos sedimentos.

A água possui diversas finalidades na indústria como matéria-prima, meio de transporte, agente de limpeza, fonte de vapor e produção de energia. Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental ressaltou que 32,60% das águas estavam poluídas, destas 60% por efluentes de minas, 23% por dejetos agrícolas, 9% por dejetos industriais e 8% por esgotos municipais.

De acordo com Branco (1986) a poluição possui um efeito deletério sobre a flora e fauna aquática. Pode ser lembrado como exemplo, a grande quantidade de peixes mortos pela contribuição dos esgotos ou pela pequena quantidade de substâncias como herbicidas, fungicidas ou inseticidas. A morte de peixes é o efeito biológico mais visível da poluição dos corpos d'água, mas afeta todo o ciclo biodinâmico do meio. Além deste efeito, tem-se o comprome-

timento dos diversos usos das águas como alterações paisagísticas, pesca, recreação.

Além dos efeitos diretos dos lançamentos dos resíduos líquidos e sólidos nos sistemas aquáticos, ainda há o efeito indireto da poluição do ar. De acordo com Tambellini e Câmara (1998), é praticamente impossível estimar a quantidade de poluentes lançados a cada hora ao ambiente e, tampouco, prever os danos ao equilíbrio ecológico provocados pela ação antrópica.

A poluição do ar é constituída de diversos resíduos, dentre estes estão o anidrido sulfuroso e o óxido de nitrogênio, que em contato com vapor e o oxigênio atmosférico transformam-se em ácido sulfúrico e ácido nítrico, levando conseqüentemente ao fenômeno da chuva ácida, qual tem ocasionado diversos prejuízos principalmente no ciclo hidrológico e na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos. Dentre vários exemplos destaca-se a costa do Atlântico Norte, onde a água do mar está 10 a 30% mais ácida que nos últimos vinte anos; existem hipóteses de que a chuva ácida facilita o acúmulo de mercúrio nos peixes.

Outro fator que contribui para a chuva ácida é a queima de carvão e combustíveis fósseis, os quais produzem dióxido de enxofre. Nos Estados Unidos, as termoelétricas são responsáveis pela emissão de 65% do dióxido de enxofre. A chuva ácida provocou a morte de todos os peixes de 147 lagos da província de Ontário (Canadá).

De acordo com os diversos tipos de poluição tem-se o lançamento de substâncias tóxicas, não-biodegradáveis, compostos orgânicos e inorgânicos, e resíduos industriais contendo metais pesados, chumbo, mercúrio, arsênio, cádmio e outros elementos que são bioacumulativos, ou seja, estes elementos são acumulados ao longo do tempo nos tecidos e órgãos da flora e fauna aquática. Segundo OMS, algumas localidades do Oceano Atlântico possuem taxas de mercúrio sete vezes maiores que o limite máximo estabelecido, que é de 5mg/kg.

Riscos à saúde

Do ponto de vista de Saúde Pública, o lançamento de esgotos domésticos e industriais no ambiente resulta na contaminação dos cursos d'água que servem de abastecimento de água potável para diversas populações, e está diretamente relacionado com a transmissão de doenças infecciosas, parasitárias e aquelas provocadas por intoxicações por substâncias químicas.

A água pode estar contaminada por substâncias físicas e químicas provenientes de diversos tipos de poluição, ocasionando a presença de cor, sabor, odor, opacidade ou toxicidade e riscos à saúde pela presença de substâncias como arsênio, chumbo, cádmio, cianeto, cromo, mercúrio e outros.

Quando um curso d'água é poluído por mercúrio, parte deste se volatiliza na atmosfera e torna a cair na superfície com as chuvas, enquanto a outra parte é absorvida direta ou indiretamente por plantas e animais aquáticos, num processo chamado “bio-acumulação”. Esse processo provoca a concentração de mercúrio em quantidades cada vez maiores nos animais e que estão mais acima na cadeia alimentar, como os peixes, que por sua vez são ainda consumidos pelo homem (FORATTINI, 2004).

O mercúrio metálico provoca lesões celulares, atacando principalmente o tubo digestivo, os rins e o sistema nervoso central. Em 1956, o mercúrio orgânico foi a causa da morte de 46 pessoas e da intoxicação de centenas de outras numa vila de pescadores na baía de Minamata, no Japão, que haviam consumido peixes contaminados pelo metal, lançado de uma fábrica de produtos químicos (FORATTINI, 2004).

Os efeitos decorrentes da contaminação com mercúrio orgânico são: estado de inconsciência, movimentos involuntários,

degeneração das células do cérebro, atrofiamento e degeneração do sistema nervoso, formigamento e posterior falta de sensibilidade dos membros e dos lábios, distúrbio das funções motoras, fala inarticulada, campo de visão constricto, defeitos congênitos. A baía de Minamata só foi declarada livre da contaminação pelo mercúrio em julho de 1997, mais de 40 anos depois do desastre ecológico (FORATTINI, 2004).

As substâncias radioativas presentes em despejos industriais ou de termoeletricas interferem diretamente nos átomos e moléculas que formam os tecidos vivos, provocando lesões celulares que podem resultar em câncer, alterações no material genético que podem acarretar mutações nas próximas gerações e modificações nas funções de certos órgãos do corpo. Acredita-se que a aspiração de um milionésimo de grama de plutônio é suficiente para causar câncer no pulmão.

Além de substâncias químicas, a água é normalmente habitada por vários tipos de microorganismos de vida livre, que dela extraem os elementos indispensáveis à sua sobrevivência. Ocasionalmente são introduzidos organismos patogênicos, que utilizando a água como veículo, constituem-se um perigo sanitário potencial. A falta de disponibilidade de água potável de boa qualidade, a má disposição dos dejetos, e uma inadequada destinação de resíduos sólidos como visto são fatores que contribuem para uma maior incidência de moléstias de veiculação hídrica (MOTA, 1999).

Desde 1854, quando John Snow descobriu a relação existente entre o consumo de água contaminada e a incidência de cólera em Londres, as ações relativas à manutenção da potabilidade da água passaram a ser eleitas como prioritárias no âmbito da saúde pública. É interessante notar que a quase totalidade dos microorganismos patogênicos são incapazes de viver em sua forma adulta ou de

reproduzirem-se fora do organismo que lhes serve de hospedeiro. Portanto, têm vida limitada quando se encontram na água, isto é, fora do hospedeiro. Alexander Houston demonstrou em 1908 que quando uma água contaminada com bacilos de febre tifóide era armazenada por uma semana mais de 99% desses germes eram destruídos (MOTA, 1999; HELLER, 2000).

São vários os agentes de destruição natural de patogênicos nas águas armazenadas. Além da temperatura, destacam-se os efeitos da luz, a sedimentação, a presença ou não de oxigênio dissolvido, de parasitas ou predadores de bactérias, substâncias tóxicas ou antibióticos produzidos por outros microrganismos como produção de cianotoxinas, responsáveis pela destruição da comunidade zooplânctônica no lago Taquaral em Campinas (ESTEVES, 1998).

Os microrganismos patogênicos são classicamente agrupados em vírus, bactérias e helmintos. Para cada grupo determinam-se famílias, gêneros e espécies, que identificam os diversos agentes causadores de doenças, denominados agentes etiológicos. Desta forma, uma bactéria do gênero *Vibrium*, espécie *V. cholerae* é causadora da cólera, um protozoário do gênero *Giardia*, espécie *G. lamblia* provoca a giardíase e a larva do helminto do gênero *Taenia*; espécie *T. solium* é responsável pela teníase.

Entretanto, para efeito de prevenção e controle de doenças, particularmente àquelas relacionadas com a água, uma outra classificação se mostra mais útil. Trata-se da classificação que enfoca as vias de transmissão e o ciclo do agente, também conhecida como classificação ambiental das infecções relacionadas com a água, proposta por Cairncross e Feachem em 1990 (CUTOLO, 2002).

Categoria da Doença	Exemplos
1. Transmissão por via hídrica (clássicas; não clássicas).	Febres paratífóide, tifóide, cólera, hepatite infecciosa.
2. Causadas por insuficiência de água para higiene pessoal (pele, olhos, diar-réia).	Escabiose, tracoma, disenteria bacilar e amebiana, conjuntivite.
3. Baseadas na água (penetração pela pele ou ingestão).	Esquistossomose, verme da guinéa, verminoses e protososes.
4. Transmissão por inseto vetor relacionado à água (picam pessoas perto da coleção de água ou nelas proliferam).	Doença do sono, febre amarela, malária, leishmaniose, oncocercose (cegueira dos rios).
5. Relacionadas com o lançamento de excretas.	Leptospirose, ancilostomose.

Tabela 1. Doenças por agentes infecciosos relacionados a água. Fonte: Briscoe (1987), Heller (2000), Cutolo (2002).

Abastecimento de água

Os sistemas de abastecimento de água para consumo humano são constituídos de instalações e equipamentos destinados a fornecer água potável à comunidade. As características físicas, organolépticas, químicas, bacteriológicas e radioativas são consideradas como conjunto de valores máximos permissíveis (VMP) para a qualidade de água destinada ao consumo humano, de acordo com a Portaria de Potabilidade de água (BRASIL, 2005).

Formas de abastecimento de água

Coleta direta de rios, represas, fontes naturais.

Este sistema de coleta de águas superficiais é, frequentemente, utilizado no meio rural e em pequenas cidades, transportada através de bombamento ou manualmente pelo ser humano.

Cisternas

São utilizadas para armazenar água captada na superfície dos telhados de casas e prédios, acumulando água proveniente das chuvas. Trata-se de uma alternativa para regiões áridas e semi-áridas para garantir água aos pequenos aglomerados humanos.

Poços

A água proveniente de poços é muito utilizada no meio rural e ocasionalmente no ambiente urbano, em localidades não servidas por sistemas públicos de abastecimento. Os poços podem ser: rasos – água captada dos primeiros lençóis d'água; profundos – quando atingem lençóis d'água mais profundos; poço freático – quando o nível da água fica sob pressão atmosférica; poço artesianos – o nível da água fica sujeito a uma pressão superior à atmosférica

Caixa d'água

São reservatórios domiciliares destinados ao armazenamento de água provenientes diretamente dos sistemas aquáticos ou dos sistemas de abastecimento de água. As caixas d'água devem estar fechadas com tampas e lavadas a cada seis meses.

Mananciais

Geralmente, são construídos por represamentos de cursos d'água para abastecimento da população em cidades de médio e grande porte, e as águas são captadas e tratadas por diversos processos até serem encaminhadas até a rede de distribuição.

Tratamento de água

No tratamento de água podem ser utilizados processos simplificados ou sistemas mais complexos. Dentre os processos



simplificados para tornar a água potável podem ser utilizados filtros domésticos como os de barro, eficiente na remoção de patógenos de maior tamanho como bactérias, cistos de protozoários e ovos de helmintos, mas ineficaz na remoção de vírus. Uma técnica simples e eficiente consiste na fervura da água, produzindo a desinfecção da água, e portanto, a inativação de patógenos.

No tratamento de elevadas vazões de água são utilizados processos complexos denominados de tratamento convencional. A Portaria 36/GM/90 define Serviço de Abastecimento Público de Água como um conjunto de atividades, instalações e equipamentos, cuja finalidade é o abastecimento de água potável a uma comunidade (BRAGA et al., 2002).

O Sistema de Abastecimento Público de Água é definido como parte física do serviço, compreende as seguintes unidades: captação, adução, recalque, tratamento, reservação e distribuição. É nesse sistema que se realiza o tratamento da água para adequá-la aos padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde.

Existem diversos tratamentos recomendados para fontes distintas de abastecimento de água com risco de transmissão de vírus insignificante como está demonstrado no quadro 1 (WHO, 1993).

Tipo de Fonte	Tratamento Recomendado
Águas Subterrâneas	
Poços profundos protegidos, essencialmente livres de contaminação fecal	Desinfecção
Poços superficiais não protegidos, contaminação fecal	Filtração e desinfecção
Águas Superficiais	
Águas represadas em áreas com altitude e protegidas; essencialmente livres de contaminação fecal	Desinfecção
Águas represadas ou rios em áreas de altitude e não protegidas; contaminação fecal	Filtração e desinfecção
Rios não protegidos em áreas baixas; contaminação fecal	Desinfecção prévia ou armazenamento; filtração e desinfecção
Bacia hidrográfica não protegida; contaminação fecal considerável	Desinfecção prévia ou armazenamento; filtração, tratamento suplementar e desinfecção
Bacia hidrográfica não protegida; contaminação fecal excessiva	Não se recomenda o uso para abastecimento público de água potável

Quadro 1. Tratamentos recomendados para diferentes fontes para produzir água com risco viral insignificante. Fonte: WHO, 1993.

A seguir, apresenta-se um resumo de cada uma dessas etapas:

Captação – é o local de onde é extraída a água bruta para alimentar o sistema de abastecimento de água. Os mananciais utilizados para abastecimento de água podem prover das águas pluviais superficiais e subterrâneos.

A captação de águas superficiais é a extração das águas nos rios, córregos, represas ou lagos. Uma captação de águas superficiais deve atender aos seguintes requisitos: garantia de suprimento e funcionamento contínuo, inclusive em épocas de estiagem; e localizar-se em ponto de maior proteção sanitária contra eventual

poluição e acidente com produtos químicos, a fim de garantir a melhor qualidade da água bruta.

As águas captadas do subsolo são classificadas em águas de lençol freático e águas de lençol confinado. Um poço perfurado nessas condições recebe a denominação de poço freático, poço raso, cacimba ou amazonas. As águas de lençol confinado são aquelas que se encontram confinadas por camadas impermeáveis e sujeitas a uma pressão maior que a pressão atmosférica. O aproveitamento dessas águas se dá por meio de poços profundos ou artesianos. A captação de águas subterrâneas onde se tem uma melhor qualidade da água bruta é aquela do lençol confinado.

Adução – é o conjunto de tubulações, peças e obras destinadas a promover a circulação da água no sistema de abastecimento de água. Quando situada entre a captação e a estação de tratamento é chamada de adução de água bruta. Quando está situada após o tratamento até o reservatório ou a rede de distribuição recebe a denominação de adução de água tratada.

Quanto à energia utilizada para movimentar a água, tem-se: 1) por gravidade – quando a água escoar em superfície livre constantemente sob a pressão atmosférica. Para o escoamento são utilizados condutos livres ou canais à céu aberto; 2) por recalque – quando a água escoar sempre em pressão diferente da pressão atmosférica, em conduto forçado, acionado por uma energia proveniente de conjunto elevatório; 3) mista – quando a água escoar parte por gravidade e parte por recalque.

Tratamento – tem por finalidade adequar a água aos padrões de potabilidade. Existem vários processos de tratamento e a sua escolha é função da qualidade da água bruta e da eficiência desejada na redução de agentes físicos, químicos e microbiológicos.

A Estação de Tratamento de Água – ETA, é o local onde se localizam as instalações e equipamentos destinados a realizar o

tratamento de água. Estas devem ser construídas de acordo com alguns fatores como: conhecimento da qualidade da água bruta; características das comunidades a serem abastecidas e seu crescimento populacional; condições locais e econômico-financeiras; conhecimento das vazões mínimas, médias e máximas; técnica adequada para potabilizar a água; custos de implantação, operação e manutenção.

A seleção das etapas de tratamento utilizadas para água de abastecimento dependerá da qualidade da água bruta, da eficiência desejada e de outros fatores como custos financeiros de implantação, operação e manutenção.

O tratamento da água deve ser realizado para atender algumas finalidades como: sanitária – remoção de bactérias, protozoários, algas, vírus e outros microorganismos potencialmente patogênicos; estéticas – correção de cor, odor e sabor; econômicas – redução de corrosividade, dureza, cor, turbidez, ferro, odor e sabor.

As principais etapas do tratamento d água são resumidamente descritas abaixo (OPS, 1996; MOTA, 1999; BRAGA et al, 2002):

Aeração – é o processo pelo qual uma fase gasosa, normalmente o ar, e a água são colocadas em contato, com a finalidade de transferir substâncias voláteis da água para o ar e substâncias voláteis do ar para água, de forma a obter o equilíbrio entre as substâncias químicas presentes. Os objetivos da aeração são remoção de: gás carbônico em teores elevados, de ácido sulfúrico; substâncias aromáticas voláteis causadoras de sabor e odor; remoção de excesso de cloro e metano; e introdução de oxigênio para oxidação de compostos de ferro ou manganês. Os tipos de aeradores utilizados no processo podem ser por gravidade, ar difuso ou de pulverização.

Mistura rápida, coagulação e floculação

A mistura rápida consiste em colocar a água em contato íntimo com um agente coagulante para a obtenção de reação química uniforme e contínua. A coagulação é o processo de reação química rápida do coagulante na água. A coagulação é empregada para remoção de impurezas que se encontram em suspensão fina, em estado coloidal ou em solução, sendo suas funções principais desestabilizar, agregar e aderir os colóides, para transformá-los em coágulos.

A floculação é o processo pelo qual as partículas em estado de equilíbrio eletrostaticamente instável no seio da massa líquida são forçadas a se movimentar, a fim de que sejam atraídas entre si, formando flocos. Com a continuidade da agitação, os flocos tendem a aderir uns nos outros, tomando-se pesados para posterior separação nos decantadores.

Na estação de tratamento de água, a coagulação e floculação ocorrem em dois pontos distintos: a coagulação é a aplicação de produto químico coagulante na água bruta, que entra na ETA, e a floculação é uma agitação na massa já coagulada.

Para a fase da coagulação, há necessidade de aplicar produtos químicos. Os mais utilizados são: coagulantes – sulfato de alumínio, sulfato férrico, sulfato ferroso clorado, cloreto férrico; alcalinizantes – cal virgem, cal hidratada, carbonato de sódio, hidróxido de sódio; coadjuvantes ou auxiliares – argila, sílica ativada, polieletrólitos. Geralmente, o sulfato de alumínio é o coagulante mais utilizado.

Para a eficiência da coagulação é importante a realização de ensaios laboratoriais, a fim de verificar a concentração ideal do coagulante a ser aplicada em toda massa líquida, no ponto de maior agitação (ressalto hidráulico, agitador mecânico).

Decantação – entre as impurezas contidas na água encontram-se partículas em suspensão e partículas em estado coloidal. Partículas mais pesadas do que a água podem se manter suspensas nas correntes líquidas pela ação de forças relativas à turbulência.

A decantação é a separação das partículas sólidas (flocos), que sendo mais pesadas do que a água tendem a cair para o fundo do tanque decantador com uma certa velocidade (velocidade de sedimentação). Anulando-se ou diminuindo-se a velocidade de escoamento das águas, reduzem-se os efeitos da turbulência, provocando a deposição das partículas.

O decantador é um tanque de sedimentação, onde acontecem as fases de turbilhonamento, decantação, ascensão e repouso do material.

Filtração – o objetivo da filtração é principalmente a retenção física de partículas e microrganismos que não foram removidos no decantador, resultando num efluente final de melhores características que o efluente do decantador. Na filtração ocorre o processo de coagem e de absorção, isso é, adesão das impurezas nos grãos do leito filtrante.

Os filtros são classificados de acordo com as seguintes características: quanto ao tipo de material: areia; carvão ou antracito; carvão-areia; terra diatomácea; e quanto a camada filtrante, no caso camadas superpostas ou múltiplas camadas.

Desinfecção – entende-se por desinfecção a destruição ou inativação de patógenos e de outros organismos indesejáveis como cianobactérias presentes nas águas superficiais. A desinfecção constitui medida que deve ser adotada em todos os sistemas de abastecimento, seja em caráter corretivo ou em caráter preventivo.

Entre os fatores que influem na eficiência da desinfecção e, conseqüentemente, no tipo de desinfetante a ser empregado estão: espécie e concentração do organismo a ser destruído; tipo e concentração do desinfetante; tempo de contato; características

químicas e físicas da água; e grau de dispersão do desinfetante na água.

Atributos necessários a um desinfetante: poder de destruir, em tempo razoável, patógenos possivelmente presentes nas águas; não ser tóxico ao homem e animais nas dosagens usuais; estar disponível no mercado; ter custo razoável e apresentar facilidade e segurança no transporte e manuseio; produzir residuais, de maneira a constituir barreira sanitária contra eventual contaminação.

A resistência de alguns microrganismos a desinfetantes específicos varia consideravelmente. A destruição de organismos por um determinado desinfetante é proporcional à concentração do desinfetante e ao tempo de reação. Assim sendo, pode-se trabalhar com altas concentrações e curto espaço tempo ou baixas concentrações e tempo elevado.

As características químicas da água a ser tratada devem ser o fator de escolha do desinfetante, pois se o agente desinfetante for oxidante, a presença de material orgânico e outros materiais oxidáveis irá consumir parte da quantidade necessária para destruir os organismos. A temperatura também influi no processo de desinfecção. Em geral, altas temperaturas favorecem a ação do desinfetante.

Os desinfetantes químicos para serem eficientes devem ser distribuídos uniformemente na massa d'água por meio de agitação.

Tipos e métodos de desinfecção

Estudos têm demonstrado que abastecimento de água potável segura pode reduzir substancialmente a mortalidade e morbidade por patógenos transmitidos por água.

Processos físicos

1 Calor – a ebulição em fervura é um método de desinfecção doméstica, que elimina os microrganismos presentes na água. Por

tratar-se de processo térmico, ocorre a perda de gases presentes na água, havendo necessidade da aeração da água após a fervura.

2 Raios ultravioleta – a água pode ser desinfetada pela exposição aos raios ultravioletas que são obtidos por meio de passagem de corrente elétrica através de lâmpada de quartzo-mercúrio.

3 Pasteurização – a água passa por um aquecimento seguido de um resfriamento rápido, nos mesmos moldes da pasteurização do leite.

Processos químicos

Cloro

É o desinfetante mais utilizado, devido a sua alta eficiência, poder residual, baixo custo e por ser facilmente encontrado no mercado.

Nos sistemas de abastecimento de água o cloro tem as seguintes utilidades:

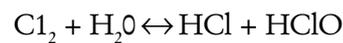
- desinfecção da água;
- desinfecção de tubulações novas;
- desinfecção de tubulações em manutenção e reparos;
- desinfecção de reservatórios;
- desinfecção de poços.

A cloração e as reações químicas

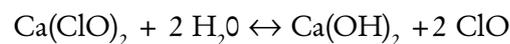
Quando o cloro é aplicado em águas naturais, as substâncias existentes, principalmente a matéria orgânica e a amônia, são responsáveis por reações secundárias, das quais as mais importantes são as que formam cloretos inativos e aumentam o teor de cloretos na água; e as que causam a formação de cloraminas ($\sim \text{H}_2\text{Cl}$ e NHCl_2).

As cloraminas têm poder bactericida, porém exigem, para um mesmo efeito desinfetante, um residual quase 10 vezes maior do que o cloro livre. Portanto, pode-se ter dois tipos de residual de cloro: o livre e o combinado.

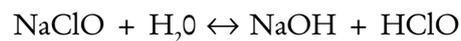
O processo de desinfecção com cloro é denominado cloração. Este pode também ser empregado nos mananciais como algicida e na pré-cloração, e ainda, como oxidante do ferro e manganês naturais na água ou como oxidante da amônia. Quando se adiciona cloro gasoso à água ele se combina para formar o ácido clorídrico e o ácido hipocloroso:



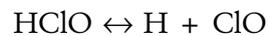
Na adição de hipoclorito de cálcio, o sal se dissocia e por hidrólise tem-se:



Na adição de hipoclorito de sódio, tem-se a seguinte reação:



Pela adição de qualquer das substâncias acima, verifica-se a formação do HClO (ácido hipocloroso), que por sua vez também se dissocia:



Essa dissociação varia com a temperatura e com o pH da água.

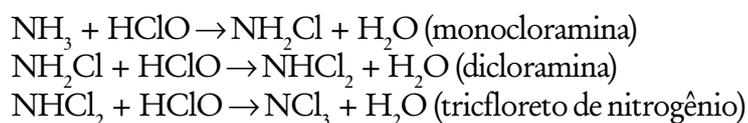
Desta forma, o cloro pode ser encontrado na água nas seguintes formas: Cl (cloro molecular), HClO (ácido hipocloroso) e ClO (íon hipoclorito).

Em pH < 5,0, prevalece o cloro na forma molecular. Na faixa de pH entre 5,0 e 7,5 prevalece a forma ácido hipocloroso e em pH > 7,5 prevalece a forma íon hipoclorito. Em todos os casos, as outras formas também estão presentes, porém em menor concentração.

O ácido hipocloroso (HClO) é aproximadamente 80 vezes mais poderoso como desinfetante que o íon hipoclorito (ClO⁻), conclui-se, que o poder bactericida do cloro decresce à medida que o pH aumenta. Para os valores correntes do pH das águas a serem tratadas (acima de 5,0) o cloro predominante será sempre nas formas HClO e ClO, sendo denominado cloro residual livre.

Quando se adiciona cloro à água, ocorre uma reação com a matéria orgânica e inorgânica, combinando, provocando oxidações ou originando a coagulação de certos compostos orgânicos. Enquanto a reação com matéria inorgânica ocorre rapidamente, com a matéria orgânica é mais lenta, fato importantíssimo a ser considerado no processo de desinfecção da água. Há uma aceleração das reações proporcional à quantidade de cloro.

Entre as substâncias freqüentemente contidas na água com as quais o cloro reage, tem significado especial a amônia (NH₃) e outros compostos nitrogenados, como proteínas e aminoácidos, com os quais o cloro forma as chamadas cloraminas e outros cloro derivados de menor interesse.



A importância das cloraminas na desinfecção da água reside na particularidade de conterem cloro disponível para novas reações, embora menos enérgicas do que as de cloro livre.

Para valores de pH da água superiores a 9,0, predominam as monocloroaminas; para valores de pH 5,0 predominam a dicloramina e o tricloreto de nitrogênio. Para valores pH entre 5,0 e 9,0 forma-se uma mistura de mono e dicloramina com concentrações crescentes para a monocloramina e decrescentes para a dicloramina à medida que o pH aumenta.

A ação bactericida das cloraminas deve-se principalmente à dicloramina, o que explica porque os valores elevados de pH da água são também desfavoráveis.

Ao residual de cloro na forma de NHCl_2 e NH_2Cl se designa cloro residual combinado.

Quando se aplica cloro à água, uma parte dele é absorvido pelas reações que se originam, de tal modo que seu poder desinfetante, em determinado momento, depende somente do cloro disponível para novas reações, ou seja, do cloro residual disponível, e este inclui não somente o cloro residual livre, mas também as cloraminas (cloro residual combinado). Como ambos têm velocidade de reação diferentes, é importante distingui-los, por meio de análise.

Define-se como demanda de cloro de uma água a quantidade de cloro que a água absorve, sem deixar residual. A quantidade é variável com o tempo de contato cloro-água, pelo que se deve referir à demanda de cloro para um determinado tempo de contato. Pode-se ainda definir a demanda de cloro de uma água, para um determinado tempo de contato cloro-água, como a diferença entre a dosagem de cloro aplicada e o residual disponível, ao fim desse período de contato.

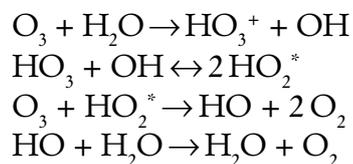
Variando-se as dosagens de cloro para um mesmo tempo de contato acontece um fenômeno que é chamado ponto de inflexão do cloro (breakpoint). O ponto de inflexão é alcançado quando houver

equilíbrio da relação cloro/matéria oxidável. A partir deste ponto, poderá existir um residual de cloro. A permanência deste residual indica que as reações químicas e/ou biológicas foram completadas.

A cloração pode ser feita com cloro líquido, cal clorada ou hipocloritos. Compostos de cloro mais empregados são: Cloro gás – forma líquida em cilindros especiais, sob pressão, com pureza de 99,99% e com peso de 40,68 a 900 kg; Hipoclorito de cálcio (Perchloron, HTC etc.) – Pó branco com cerca de 70% de cloro disponível; Hipoclorito de sódio – é encontrado sob a forma de solução a 10% de cloro ativo embalado em bombonas de 40 kg. A água sanitária é uma solução diluída de hipoclorito de sódio contendo entre 2 a 5% de cloro ativo que pode ser utilizada em tratamento domiciliar de água proveniente de poço, cisterna, nascente, rio ou água de chuva. Um problema com o uso da água sanitária para a desinfecção é sua adulteração, responsável pela concentração de cloro no produto inferior a declarada em seu rótulo ou comprometida pelo armazenamento incorreto.

Ozônio

É um agente oxidante forte, elimina a matéria orgânica, remove cor, turbidez, odor e sabor. As limitações estão no custo e técnicas mais sofisticadas de aplicação. Entretanto, tal como o cloro, este pode produzir subprodutos como formaldeídos e outros aldeídos, bromato e ácidos carboxílicos.



A cadeia de reações ocorre e íon de hidroxila (OH^-) inicia o primeiro passo para suscetíveis repetições, ou seja, o mecanismo de decomposição do ozônio ocorre cadeia cíclica.

Iodo

É um bom desinfetante, mas seu custo é alto para ser utilizado em sistemas públicos de água, cerca de 10 vezes em relação ao cloro. É um halogenio em estado sólido em temperatura ambiente e pressões normais. A solubilidade do iodo aumenta quando ocorre o aumento da temperatura, pode variar de 200-400 mg/l, sendo que a 20 °C é de 290 mg/l. Entretanto, o iodo tem potencial de oxidação mais baixo que o cloro e o bromo (OPS, 1996).

Formação de subprodutos (SBD) no processo de desinfecção e riscos à saúde

O cloro é o desinfetante de água potável mais comumente utilizado, entretanto subprodutos do cloro que predominam são os triahalometanos (THM), que se formam pela reação do cloro com substâncias húmicas, metabólitos de algas e compostos nitrogenados. Os THMs consistem fundamentalmente de clorofórmio, bromodiorometano e bromofórmio. A concentração de THM: são maiores em águas superficiais cloradas do que em águas subterrâneas cloradas; tendem a aumentar com o aumento da temperatura, pH e dose de cloro; o clorofórmio é componente mais abundante do THM, representando 90% em sua concentração; elevadas quantidades de bromo na água, levam a formação de bromofórmio; a formação de THM pode ser induzida com a pré-cloração (GALAL-GORCHEV, 1996). Quanto ao iodo, este é um precursor na formação de THM, entretanto menos potente em relação ao cloro e ao bromo (GALAL-GORCHEV, 1996).

O ozônio decompõe-se rapidamente, e entre os subprodutos da ozonização podem ser encontrados aldeídos, ácidos carboxílicos, peróxido de hidrogênio, brometos, cetonas. Existe uma limitação no uso como desinfectante por problemas de recrescimento bacteriano nos sistemas de distribuição, elevado custo, escassez de informações quanto à natureza e toxicidade dos subprodutos (GALAL-GORCHEV, 1996).

Estudos epidemiológicos têm notificado associações entre água clorada e a incidência ou mortalidade por câncer de cólon, retal e bexiga. A cloramina é um desinfectante menos eficaz do que o cloro, pois é necessário concentrações mais altas e tempos de contato pro-longados para inativação de patógenos transmitidos por água. Entretanto, a cloramina pode causar efeitos agudos como metahemoglobinemia e anemia em pacientes de diálises renais (WITT; REIFF, 1996).

Fluoretação

A idéia de adicionar à água potável substâncias cuja presença possa assegurar o adequado desempenho fisiológico do corpo humano constitui-se também numa finalidade do tratamento de água. Sabe-se que muitas substâncias presentes nos alimentos são essenciais à saúde. Certos elementos presentes na água, em quantidades muito pequenas, são igualmente importantes. Assim como o homem necessita de ferro, cobre, iodo, entre outros, para seu bom desempenho fisiológico, o flúor administrado através da água, contribui para a saúde da população.

A fluoretação da água tem o intuito de prevenir a decomposição do esmalte dos dentes, auxiliando na produção natural de dentes mais resistentes. Em estudos epidemiológicos

pode-se constatar os efeitos benéficos da fluoretação por meio do percentual do número de dentes cariados, perdidos e obturados numa dada população. Desta forma é calculado o chamado Índice de CPO-D (cariados, perdidos e obturados-dentes), que é comparado nos períodos em que essa população recebia água não fluoretada e fluoretada. Esses estudos permitiram estabelecer a ingestão ótima de fluoreto através da água, pois concentrações muito elevadas, durante muito tempo, pode causar fluorose dentária e danos ósseos em crianças e adultos.

Esse limite é estabelecido através de uma estimativa da água ingerida diariamente por uma população. Esta estimativa está baseada nas temperaturas médias anuais, de modo que as concentrações de fluoreto adicionadas à água serão maiores quanto mais baixas as temperaturas médias e menores quanto mais altas estas temperaturas.

Os compostos de flúor são encontrados geralmente em quantidades maiores nas águas subterrâneas do que nas superficiais. A solubilidade do fluoreto e a quantidade em que esse se encontra na água depende da natureza da formação rochosa, da velocidade com que passa a água sobre as rochas, da porosidade dessas rochas e da temperatura local. A ocorrência de fluoretos tende a ser maior em águas temperadas e alcalinas.

A quantidade ou dosagem do composto de flúor, necessária a uma determinada água, depende: 1. da pureza do composto a ser utilizado; 2. da dosagem de fluoreto natural na água; 3. do teor de íon fluoreto do composto; 4. Da concentração desejada para a água tratada. De acordo com as legislações existentes, a concentração de flúor para as águas de abastecimento público para consumo humano deve estar entre 0,6 a 0,8 mg/L.



Reservatório de distribuição

O reservatório de distribuição tem como finalidade: garantir a quantidade da água, regularizar as diferenças entre abastecimento e o consumo; e garantir o armazenamento da água para as demandas de emergência (reserva de incêndio); melhorar as condições de pressão da água na rede de distribuição.

Em função da localização da captação, estação de tratamento e do setor de distribuição, pode-se ter os reservatórios classificados em reservatórios de montante, de jusante ou de sobras. Quanto a localização dos reservatórios no terreno, podem ser enterrados, semi-enterados, stand-pipes e elevados. O material de construção pode ser alvenaria, concreto, aço, entre outros; e seus formatos retangulares, circulares, paralelepipedais ou troncopiramidais.

Rede de distribuição

É o conjunto de tubulações que percorre as vias públicas (ruas e passeios), conduzindo a água tratada até os consumidores (casas, unidades de saúde, hotéis, quartéis etc).

A rede de distribuição é constituída de tubulações de diâmetros distintos, sendo que os de maior diâmetros formam a rede principal, que alimenta os de menor diâmetro (rede secundária), responsável por levar a água diretamente aos pontos de consumo.

Para que a água mantenha o padrão de potabilidade na rede de distribuição, alguns aspectos construtivos devem ser observados, tais como:

1 A pressão deve ser positiva em qualquer ponto da rede de distribuição, isto é, a água deve atingir todos os pontos da rede e jorrar em todas as torneiras abertas;



2 A rede deve estar protegida de contaminação externa. Além de certificar-se da estanqueidade das tubulações, recomenda-se assentar a rede de distribuição de água a uma distância mínima de três metros da rede coletora de esgotos, em nível superior ou em extremos opostos da via pública;

3 Boas condições de operação do sistema de abastecimento evitam interrupções de fornecimento de água, momento propício à ocorrência de queda de pressão na rede de distribuição, favorecendo a entrada de contaminantes dentro das tubulações;

4 A rede de distribuição deve ser provida de registros e dispositivos que permitam manutenção e descargas de rede sem prejuízo do abastecimento ou alteração no padrão de potabilidade.

Ramal predial

É a tubulação compreendida entre a peça de derivação da rede de distribuição e o hidrômetro do consumidor. Como parte da rede de distribuição, instalação e manutenção são da competência do órgão operador do sistema de abastecimento.

Barreiras múltiplas

As barreiras múltiplas são constituídas por um conjunto de tratamentos, incluindo: coleta e tratamento de todas as águas residuárias; limitação do lançamento de águas residuárias tratadas para impedir a sobrecarga nos ecossistemas aquáticos naturais; manejo integrado das bacias coletoras e uso do solo com o objetivo de proteger da contaminação os cursos d'água superficiais e subterrâneos; tratamento apropriado das águas de abastecimento com desinfecção e filtração para assegurar a proteção dos consumidores; e proteção do sistema de distribuição de água potável (OPS, 1996).

Fontes	Coliformes fecais (CF)	
Coliformes fecais em excretas humanos	1.950.000,000 / pessoa / dia	
Águas residuárias municipais sem tratamento	8.260,000 / 100 ml	
Reduções por tratamento de esgoto	Redução acumulativa (%) CF sobreviventes	
Tratamento primário	50	4.130,000
Tratamento secundário	80	1.652,000
Tratamento terciário	98	165,200
Desinfecção	99,99	800
Autodepuração e diluição do afluente	10 - 50	400 - 700
Tratamento de água para abastecimento	Redução acumulativa (%) CF sobreviventes	
Armazenamento da água sem tratamento	50	200 - 350
Coagulação / sedimentação	60	80 - 140
Filtração	99,9	0,8 - 1,4
Desinfecção	99,9999	,00008 - ,00014

Quadro 1. Redução bacteriana com adoção de conjunto de processos denominados Barreiras Múltiplas. Fonte: OPS (1996); Cutolo e Rocha (2002).

A falta de atenção às barreiras múltiplas foi a principal causa da rápida transmissão de cólera em toda América Latina, depois de sua introdução no Perú em 1991. Em 1993, nos Estados Unidos, ocorreu uma epidemia de origem hídrica, devido a contaminação das águas de abastecimento, provocada pelo protozoário *Cryptosporidium parvum*, causando gastroenterites em mais de 400.000 pessoas em Milwaukee (Wisconsin). Assim, as epidemias de origem hídrica propagam-se sempre que as fontes de abastecimento de água são contaminadas e os sistemas de tratamento tem baixo desempenho operacional (OPS, 1996).

Padrões de potabilidade (Portaria N° 518, 25 de março de 2004)

A importância da água para a manutenção de padrões aceitáveis de qualidade ambiental é indiscutível. Como produto indispensável à manutenção da vida no planeta, a água tem despertado o interesse dos mais diversos setores motivando-os a elaborarem modelos de uso e gestão capazes de compatibilizar as demandas crescentes com a relativa escassez do produto na qualidade desejada. A água destinada ao consumo humano deve obedecer uma série de requisitos para se constituir em água potável.

As empresas que atuam nos sistemas de abastecimento de água devem cumprir às normas e padrões estabelecidos pelas autoridades sanitárias. Sabe-se que a importância dos sistemas de abastecimento de água está relacionada com a melhoria da qualidade de vida e com o aumento da vida média dos habitantes. Na medida em que aumenta a eficiência dos serviços de abastecimento de água, diminui a incidência de doenças relacionadas com a água.

Por se constituir em serviço sanitário básico, a eficiência de um sistema de abastecimento de água é medida através de dados como índice de abastecimento, índice de qualidade de água, índice de perdas de água, entre outros que são chamados de indicadores sanitários.

Política Nacional de Recursos Hídricos

A Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, preconiza em seus fundamentos que “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.

A conservação de bacias hidrográficas é uma estratégia que visa proteger e restaurar a qualidade ambiental e, conseqüentemente, os ecossistemas aquáticos. Esta abordagem baseia-se na constatação de que muitos dos problemas de qualidade e quantidade de água são evitados ou resolvidos de maneira eficaz por meio de ações que focalizem a bacia hidrográfica como um todo, as atividades desenvolvidas em sua área de abrangência e os atores envolvidos. Em razão da complementaridade hidrológica entre as águas subterrâneas e superficiais, a gestão destes recursos deve se dar de forma integrada, contemplando a utilização da água subterrânea numa perspectiva de otimização de uso, no espaço e no tempo.

Referências

- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- BRANCO, S. M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.
- BRANCO, S. M. *Poluição: a morte de nossos rios*. São Paulo: ASCETESB, 1983.
- BRISCOE, J. Abastecimiento de água y servicios de saneamiento; su función la revolución de la supervivencia infantil. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, n. 103, v. 4, p. 325-340, 1987.
- CHORUS, I.; BARTRAM, J. *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. Ed. Chorus I, Bartram J. WHO. 1999.

COMITÊ de Bacia. *Informativo do Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê*, ano V, n. 29, jul./ago./set./2001.

CRAUN, G. Enfermedades transmitidas por el agua en los Estados Unidos de América. In: CRAUN, G. F.; CASTRO, R. *La calidad del agua potable en América Latina*. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. ILSI Argentina: Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C.: ILSI Press, 1996. p. 63-88.

CUTOLO, S. A. *Reúso de águas residuárias e a transmissão de helmintíases no município de São Paulo, Brasil*. São Paulo, 2002. [Tese de Doutorado - Faculdade de Saúde Pública da USP].

CUTOLO, S. A.; ROCHA, A. A. Reflexões sobre o uso de águas residuárias na cidade de São Paulo. *Saúde e Sociedade*, 2002, n. 11, v. 2, p. 89-105.

DI BERNARDO, L. *Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento*. Rio de Janeiro: ABES, 1995. p. 140.

GALAL-GORCHEV, H. Desinfección del agua potable y subproductos de interés para la salud. In: CRAUN, G. F.; CASTRO, R. *La calidad del agua potable en América Latina*. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. ILSI Argentina: Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C.: ILSI Press, 1996. p. 89-100.

Heller, L. *Saneamento e saúde*. OPAS/OMS, 1997

KINAE, N.M.; YAMASHITA, I.; TOMITA, I.; KIMURA, H.; ISHIDA, H.; NAKAMURA, G. A. Possible correlation between environmental chemicals and pigment cell neoplasia in fish. *Sci. Total Envir.*, n. 94, p. 143-153. 1990.

- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Discos CBS, 1985.
- ORGANIZAÇÃO Pan-Americana de Saúde – OPAS. *Controle das doenças transmissíveis ao homem*. 13. ed., 1980.
- ORGANIZAÇÃO Pan-Americana de Saúde – OPAS. *La calidad del agua potable en América Latina*. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. ILSI Argentina: Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C.: ILSI Press, 1996.
- ORTEGA, Y.; ADAM, R. D. *Giardia*: overview and update. 1997, n. 25, v. 9, p. 545-550.
- MC JUNKIN, F. E. *Água y salud humana*. OPASIOMS, 1982.
- MINISTÉRIO da Saúde. *Terminologia básica em saúde*. 2. ed., Brasília, 1987.
- MIX, M. C. Cancerous diseases in aquatic animals and their association with environmental pollutants. *A critical literature review*. *Marine Envir. Res.*, n. 20, p. 1-141. 1986.
- MOTA, S. Saneamento. In: ROUQUAYROL, M. Z. *Epidemiologia e saúde*. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1999. p. 405-430.
- NAVARRO, F.; BACURAU, R. F. P. *Fisiologia do exercício*. 1. ed. São Paulo: Editora Manole Ltda, 2000. 527p.
- PREIN, A.E.; THIE, G. M.; ALINK, G. M.; KOEMAN, J. H. Cytogenetic changes in fish exposed to water of the River Rhine. *Sci. Total Environ*, 1978, n. 9, p. 287-291.
- ROCHA, A. A. A problemática da água. In: LEITE, J. L. *Problemas chave do meio ambiente*. Salvador: Instituto de Geociências da UFBA, Ed. EXPOGEO, 1994. p. 91-113.

ROCHA, A. A. *Ciências do ambiente, saneamento, saúde pública*. São Paulo: Departamento de Saúde Ambiental. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, 1995. 407p.

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: RiM, IIE, 2003.

WANG, R. G. M. *Water contamination and health*. New York: Marcel Dekker, 1994.

WATSON, J. D.; HOPKINS, N.; ROBERTS, J. W.; STEITZ, J. A.; WEINER, A. M. *Molecular biology of the gene*. 4. ed., Melopark, California, Benjamin cummings., 1987. v. 2.

WITT, V. C.; REIFF, F. M. Selección de los sistemas de desinfección desde la perspectiva de los subproductos de la desinfección. In: CRAUN, G. F.; CASTRO, R. *La calidad del agua potable en América Latina*. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. ILSI Argentina: Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C.: ILSI Press, 1996. p. 187-202.

Capítulo 5 Poluição atmosférica

Prof. Dr. João Vicente de Assunção e
Profa. Dra. Célia Regina Pesquero

Introdução

A composição da atmosfera sofreu alterações desde os primórdios da humanidade, mas estas alterações nunca foram tão grandes quanto nos últimos 250 anos, com a eclosão da Revolução Industrial, e em especial nos últimos cinquenta anos em função da uso intensivo de combustíveis, do solo para fins agrícolas, da industrialização e outras ações poluidoras dos seus quase 6,3 bilhões de habitantes.

A ação poluidora não é uniforme no planeta, pois os países industrializados têm participação muito maior do que o tamanho da sua população. Os EUA, por exemplo, tem apenas cerca de 4% da população mundial mas utiliza 25% da energia gerada no Planeta. Um outro dado alarmante é que os países desenvolvidos, com apenas 25% da população mundial, contam em contrapartida com 80% dos carros existentes no mundo, consomem 85% de toda a produção mundial de papel, 79% de todo o aço, 86% de todos os metais e aproximadamente 90% de toda a energia gerada. Há um crescimento do consumo *per capita* de energia e a melhoria em termos de Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, assim quanto mais desenvolvida uma sociedade mais impacto ela terá em termos de consumo *per capita* de energia, mas há uma grande variação, de 1 TEP¹/capita a 9,5 TEP/

¹ Toneladas equivalentes de petróleo.

capita, para países com IDHs acima de 0,8 (GOLDEMBERG, 1998). Assim é possível e deve-se buscar o desenvolvimento com menores impactos.

Apesar de que os maiores causadores de alteração da qualidade do ar são os países desenvolvidos, deve-se considerar que o ar de grandes cidades de países em latino-americanos em desenvolvimento como São Paulo, Rio de Janeiro, Cidade do México, Santiago do Chile, passa por alterações de qualidade que fazem com que suas populações fiquem submetidas a condições insalubres.

Alguns fatos históricos mostram que a poluição do ar já é percebida de longa data. Em 1300 DC o Rei Eduardo I já estabelecia que “Seja conhecido a todos que sejam alcançados pelo som da minha voz, que quem quer que seja encontrado culpado de queimar carvão deverá sofrer a perda de sua cabeça” e proibia a queima de carvão em Londres durante as sessões do parlamento, devido à fumaça e odor produzidos.

Em 1666, John Evelyn escrevia sobre a poluição do ar de Londres e propunha medidas para sua atenuação em “Fumifugium or the Inconvenience of Aer and Smoak of London Dissipated, together with some Remedies Humbly Proposed”, as quais não foram seguidas pois em 1772 uma nova edição foi editada. Suas recomendações envolviam a retirada de indústrias da cidade e o plantio de cinturões verdes em torno da cidade, o que ainda é utilizado até os dias de hoje.

A Revolução Industrial, ocorrida em meados do século 18, ocorreu com a introdução da máquina a vapor pelo inglês James Watt. A partir daí tem início uso intensivo de combustíveis, em especial o carvão mineral. O desenvolvimento da indústria na Inglaterra foi rápido com o incremento do uso de processos industriais a introdução da máquina de fiar e tecer, substituindo parte da mão de obra; o trem a vapor e o navio a vapor são outros usos da máquina inventada por



Watt. A partir do século 19 a descoberta do petróleo possibilita novo impulso na capacidade energética, e finalmente, ao final do século 20, o gás natural passa a ter participação significativa e com tendência de crescimento, busca-se então energias mais limpas como a eólica, a solar e a baseada em células de combustível.

Na primeira metade do século 19 a Inglaterra já se preocupava com o tema e vários comitês foram formados para estudar o problema. Em 1845 o Parlamento inglês aprovou uma lei que exigia que as locomotivas controlassem a fumaça que as mesmas geravam. Em 1866 um primeiro artigo trata de efeitos da poluição do ar à saúde. Em 1875 morte de cabeças de gado em Londres foi associada à poluição do ar. Em 1905 o Dr. Des-Voeux usou pela primeira vez o termo mortes por “smoke-fog” e é provável que o termo *smog* tenha sido cunhado de seus trabalhos.

Somente depois do desastre de Londres em 1952, famoso episódio crítico de poluição do ar ocorrido em dezembro daquele ano e que resultou na morte prematura de cerca de 4000 habitantes de Londres, é que medidas efetivas foram tomadas.

No começo do século 20 os EUA já tinham diversas cidades infestadas pela fumaça e por dióxido de enxofre, como Chicago, Saint Louis e Pittsburgh. Em 1919 tem-se o primeiro artigo tratando de poluição por veículos automotores e dos efeitos do monóxido de carbono. Em 1930 ocorre um episódio crítico no Vale do Mosela na Bélgica, de 1 a 5 de dezembro de 1930, tendo como consequência 60 mortes em episódio com duração de 5 dias, outro em 1948 em Donora na Pensilvânia (EUA) e em 1952 o de Londres já mencionado acima e em 1957 ocasionou a morte de 800 pessoas e, em 1962, outro episódio resultou na morte de 700 pessoas. Em 1976 um acidente industrial em Seveso na Itália liberou dioxinas no ar contaminando primeiramente o ar depois o solo provocando um aumento da taxa de abortos

espontâneos durante dois anos e um aumento imediato de 25% na taxa mortalidade de animais (ESKENAZI et al., 2000, 2001). Em Bhopal – Índia, em 12 de março de 1984, onde houve liberação acidental de isocianato de metila, resultando na morte de cerca 2000 pessoas.

Em 1955 os EUA estabelecem a primeira legislação federal sobre poluição do ar e em seguida, em 1956, a Inglaterra estabelece a Primeira Lei do Ar Limpo. E 1963 os EUA estabelecem sua Lei do Ar Limpo (*Clean Air Act*), o qual foi complementado em 1970 e depois em 1990, com fixação dos primeiros padrões de qualidade do ar em 1975. A Agência Federal de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) foi criada em 1970.

Mas um tipo diferente de poluição assolava Los Angeles, cidade que se industrializou rapidamente após a 2ª Guerra Mundial e sua frota de veículos cresceu vertiginosamente. Esta poluição causava, e ainda causa, irritação dos olhos e era mais forte sob forte insolação, o que era freqüente em Los Angeles. Tratava-se da poluição fotoquímica onde reações complexas entre alguns poluentes geram outros poluentes em especial o ozônio troposférico (O₃).

Na década de 1970 a poluição do ar estava presente de forma acentuada em cidades Tóquio, Milão, Cidade México, Santiago do Chile, Teerã.

No Brasil o problema de poluição do ar também acompanhou a industrialização. Muitas cidades tinham como símbolo do progresso suas chaminés soltando fumaça preta. Na década de 1960 o país inicia a era da indústria automobilística na região do ABC, com a implantação de três gigantes mundiais de montagem de veículos, Volkswagen, Ford e General Motors. A região e seu entorno, inclusive a cidade de São Paulo, torna-se o pólo de um conjunto de indústrias, muitas delas de apoio a estas montadoras, entre elas indústrias siderúrgicas, fundições, indústrias

mecânicas, indústrias químicas, além de outras como fábricas de móveis, alimentícias, de fertilizantes etc. A população e a frota de veículos também crescem rapidamente gerando uma condição de deterioração crescente da qualidade do ar. Na década de 1970 era comum observar o ar cinzento na época do inverno quando as inversões térmicas se tornam mais freqüentes e de baixa altitude. A poluição fotoquímica, indicada principalmente pelos níveis de ozônio troposférico, também já se apresentava e as pessoas a sentiam nos olhos e na garganta, devido à irritação que a mesma causa, ou até mesmo lacrimejamento. O primeiro *smog* fotoquímico de que se têm notícia no Brasil ocorreu na cidade de São Paulo, em 1972 e foi provocado por emissões de veículos e indústrias, inversão térmica e ausência de vento e de chuvas. A cidade ficou coberta por uma densa névoa (ASSUNÇÃO, 2000).

Em 1976 um episódio crítico de poluição do ar ocorrido na cidade de Santo André, região do ABC paulista, de características industriais, perdurou por uma semana (MENDES; WAKAMATSU, 1976). Ocasionado por inversão térmica, ausência de vento e de chuva, aliadas à presença de altas concentrações de dióxido de enxofre e material particulado emitidos pelas indústrias da região, em especial as siderúrgicas e fundições. Neste caso, não se têm informações sobre possíveis mortes ocasionadas pelo episódio, mas foi verificado, na ocasião, um aumento significativo de hospitalizações no período, principalmente por doenças e problemas respiratórios (MENDES; WAKAMATSU, 1976)

Outro exemplo importante, refere-se à região de Cubatão, São Paulo, parque industrial de grande porte, que no início da década de 80 registrou altos níveis de poluição de ar, principalmente material particulado. A situação nesta região tornou-se demasiadamente crítica, com impactos na população e no ecossistema

local, em especial na vegetação da Serra do Mar, o que exigiu esforços do governo, empresas e sociedade na reversão deste problema.

Contagem em Minas Gerais, Volta Redonda no Rio de Janeiro são outros exemplos de áreas industriais onde a poluição do ar mereceu destaque na década de 1970.

O problema da poluição atmosférica passou a ser sentido de forma acentuada nos assentamentos urbanos de grande densidade demográfica, devido ao processo de urbanização com migração da população rural para a cidade e devido ao crescimento acelerado da população, passando de 1,5 bilhão de pessoas no início do século 20, para 6 bilhões de pessoas no final deste mesmo século e com tendência de crescimento ainda acentuado, conforme projeção das Nações Unidas, mostrado na Figura 1. Este crescimento se dará principalmente nas regiões em desenvolvimento, como mostrado na Figura 2.

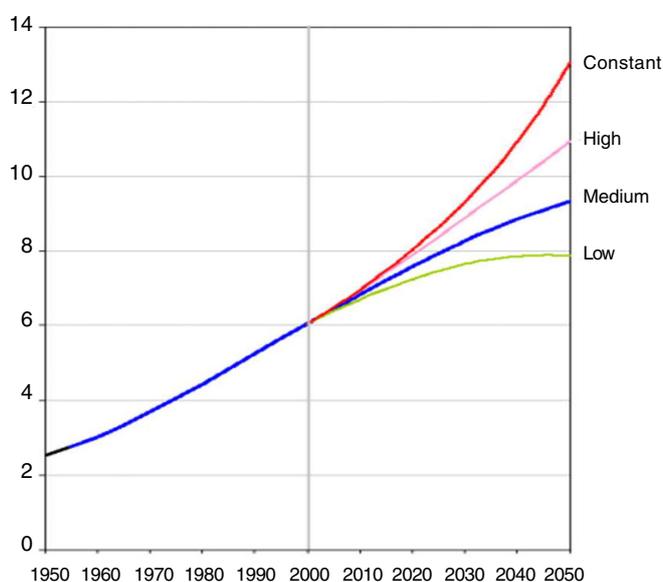


Figura 1. Projeção do crescimento da população mundial. Fontes:United Nations, 2001.

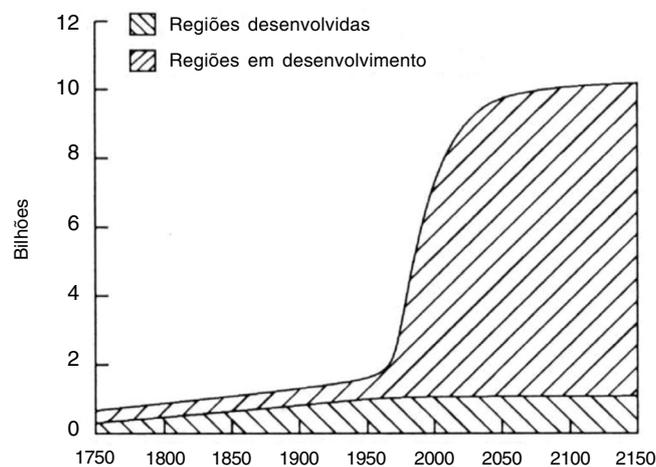


Figura 2. Projeção comparativa do crescimento da população mundial em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Fonte: Lora, 2002.

Também as inovações tecnológicas ocorridas principalmente neste último período, onde os processos industriais, a metalurgia e o automóvel merecem destaque como agentes poluidores e o consumismo desenfreado, principalmente nos países desenvolvidos, acentuaram o problema.

Atualmente a poluição do ar é um problema mundial e com reflexos em todo o planeta terra, pela concentração de poluentes na atmosfera, ou seja, foi ultrapassada sua capacidade de autodepuração, causando problemas como o efeito estufa e a redução da camada de ozônio estratosférico. A figura 3 mostra a evolução da concentração de gás carbônico (CO_2) e de metano na atmosfera, onde pode-se notar o crescimento acentuado no período pós-revolução industrial.

O aumento do tempo de permanência das pessoas em interiores, onde também ocorre emissão de poluentes e que também recebe poluentes vindos do ar externo, resultado também dos atuais

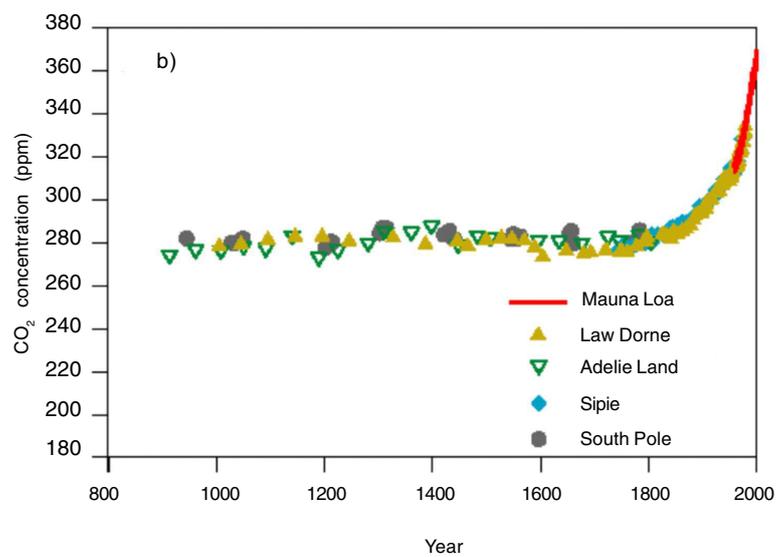
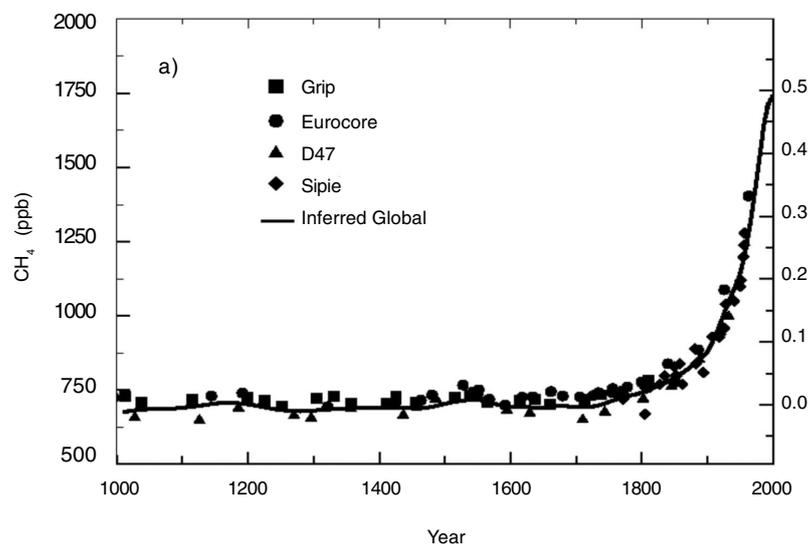


Figura 3. Evolução da concentração do gás carbônico e de metano na atmosfera, principais gases de efeito estufa. Fonte: IPCC (2001).

padrões de consumo e de vida, bem como a maior permanência em meios de transportes, principalmente em congestionamentos, faz com que seja importante também a dose de poluentes respirados nesses ambientes e não só ao ar livre.

Estatísticas dos países desenvolvidos revelam que as pessoas permanecem, em média, cerca de 90% do seu tempo em interiores, 5% em meios de transporte e 5% ao ar livre, enquanto em países menos desenvolvidos a permanência ao ar livre está por volta de 21% (SMITH, 1993).

A questão da poluição global vem sendo tratada em reuniões internacionais específicas, em especial a de Montreal em 1987, que originou o Protocolo de Montreal para controle das substâncias causadoras de destruição da camada de ozônio e a de Quioto em 1997 para controle de substâncias causadoras do efeito estufa.

A Conferência das Nações Unidas para O Meio Ambiente de 1992 (“Rio 92”), teve como resultado a Agenda 21, que, em termos de poluição do ar tratou principalmente de medidas para prevenir e mitigar a poluição global e a poluição urbana.

Essas medidas indicam que o século 20 terminou com a tomada de consciência para uma nova ordem mundial rumo ao desenvolvimento sustentável, assim como uma população em processo de conscientização da necessidade de ações pessoais que produzam menos resíduos.

1 Qualidade do ar, poluentes e fontes de emissão

1.1 Evolução da Atmosfera Terrestre

Segundo a cosmologia moderna, o Universo foi gerado por uma grande explosão conhecida como *big bang*, ocorrida há

cerca de 15 bilhões de anos, a partir de matéria muito densa e de tamanho praticamente nulo, passando então à fase de expansão. A “bola de fogo” da grande explosão era extremamente quente e continha apenas partículas básicas de matéria, como prótons, nêutrons e elétrons. Quando o Universo chegou a um segundo de idade a temperatura caiu para 1 bilhão de graus, que é a temperatura encontrada no interior das estrelas mais quentes, os prótons e nêutrons já não tinham mais energia suficiente para escapar da força nuclear forte e teriam começado a se combinar para produzir os núcleos dos átomos de deutério (hidrogênio pesado), que contém um próton e um nêutron. Ao longo de milhões de anos elementos mais pesados foram se formando e se reuniram para constituir corpos celestes como a Terra (HAWKINGS, 1988; MORRIS, 2001).

É do bioquímico russo Aleksandr I. Oparin e do geneticista inglês J. B. S. Haldane o modelo da atmosfera primitiva da Terra constituída de amônia, metano, vapor de água e hidrogênio e da evolução pré-biótica de compostos químicos importantes. Em 1953, Stanley Miller demonstrou o que havia sido proposto em 1923 por Oparin e Haldane, ou seja, era possível produzir *in vitro* compostos orgânicos biológicos à partir de moléculas simples encontradas em uma atmosfera redutora (BADA; LAZCANO, 2000).

Atualmente a atmosfera da Terra é formada principalmente de nitrogênio (78,1%) e oxigênio (20,95%) e com concentrações bem menores de argônio (0,93%), gás carbônico (0,037%) e outros gases em pequeníssimas concentrações como neônio, hélio, metano, criptônio, óxido nitroso, hidrogênio, ozônio e monóxido de carbono. A atmosfera contém também quantidades bastante variáveis de vapor de água, dependendo do local, hora, estação do ano etc. Contém também partículas sólidas e líquidas em suspensão, de

composição química e concentrações variáveis e inclusive matéria viva (polens, microrganismos etc.) (MASTERS, 1997).

A atmosfera tem sido dividida em várias camadas horizontais, cada uma caracterizada por perfis distintos de temperatura, além de outros atributos que as distinguem entre si. Começando do nível do solo tem-se a troposfera, camada da atmosfera que vai do solo até a altitude média de cerca de 10 a 12 quilômetros (5 ou 6 km sobre os pólos e podendo chegar a 18 km sobre o equador). Na troposfera é que ocorre a formação de nuvens e de chuvas. A seguir vem a estratosfera, camada que se estende por cerca de 40 quilômetros de altitude, vindo a seguir a mesosfera e a termosfera. Dentro da termosfera se encontra a ionosfera, uma banda relativamente densa de partículas carregadas eletricamente (MASTERS, 1997).

A região da estratosfera entre 20 e 30 km de altitude aproximadamente contém maiores níveis de ozônio, sendo esta região denominada “região da camada de ozônio” e que vem sendo destruída pela ação antrópica, em especial pelo cloro e bromo presente nos halocarbonos, como os clorofluorcarbonetos (CFC).

A atmosfera tem uma importante função na regulação da temperatura da Terra. Compostos como gás carbônico, ozônio, vapor de água e metano absorvem radiação infravermelha (calor) retransmitida pela Terra, ocasionando o efeito similar ao de uma estufa de plantas, mantendo assim uma certa quantidade calor próxima à superfície terrestre, importante para manter as temperaturas atuais, caso contrário toda a Terra seria muito fria, com temperaturas abaixo de zero. O aumento na concentração desses gases e de outros provocados pela ação do Homem, tem causado um aumento na temperatura média da Terra originando o chamado “efeito estufa” que não é senão o aumento daquele efeito estufa original, com o qual já estávamos acostumados.

É dentro deste “colchão de ar” da troposfera que permanecemos 24 horas por dia, durante toda nossa vida e isto mostra a importância que a atmosfera representa para a vida humana.

2.2 Poluentes

Muitos são os compostos ou substâncias presentes no ar e que podem causar alterações à saúde e ao meio ambiente em geral e que denominamos de poluentes atmosféricos. Eles podem estar não só na forma de matéria mas também de energia. Aqui trataremos somente daqueles na forma de matéria. Uma primeira classificação clássica é distribuí-los em dois grandes grupos: material particulado e gases.

Material particulado (ou matéria particulada) é um conjunto de partículas (agregado de moléculas), em geral de constituição diversificada mas pode ser de um tipo de substância somente, por exemplo partículas de óxido de chumbo, cujo tamanho varia de 0,002 micrômetros a 100 micrômetros (mm). Ele pode estar na forma sólida ou líquida (pequenas gotículas), sendo subdividido em poeira, fumo, fumaça e névoa segundo o modo como foi formado. Denomina-se aerossol um conjunto de material particulado em suspensão no ar. De acordo com o diâmetro são classificadas em partículas finas ou grossas, se forem menores ou maiores que 2,5 mm respectivamente (BAIRD, 2002).

O material particulado pode conter substâncias orgânicas (ácidos carboxílicos, algumas dioxinas e furanos, alguns hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e outros) e inorgânicas (carbono elementar, metais e outros).

Os poluentes na fase gasosa podem estar tanto como gases permanentes como vapores, que apresentam maior facilidade de se condensarem só pelo abaixamento da temperatura. Os poluentes gasosos são inúmeros, mas os mais comuns são o monóxido de

carbono, o dióxido de enxofre, o ozônio, o dióxido de nitrogênio, o óxido nítrico e um conjunto de orgânicos denominados de compostos orgânicos voláteis (VOC, em inglês e COV, em português).

Considerando que os poluentes podem ser emitidos diretamente pelas fontes já na sua forma final ou serem formados na atmosfera por reações químicas entre os poluentes e mesmo com constituintes naturais do ar, é usual a classificação adicional em poluentes primários para os primeiros e poluentes secundários para aqueles formados na atmosfera, como o ozônio e outros oxidantes foto-químicos, partículas de sulfato e partículas de nitrato.

2.3 Níveis de referência

Em geral os níveis considerados “seguros” são estabelecidos a partir de dados científicos de dose-resposta obtidos através de estudos toxicológicos e/ou epidemiológicos ou mesmo de estudo de efeitos em vegetais e materiais inertes e também de informações de episódios ocorridos em diversas regiões. Os padrões de qualidade do ar levam em consideração fatores econômicos, sociais e culturais e não podem ser considerados indicativos de condições de ar saudável uma vez que têm sido constatados efeitos mesmo abaixo dos mesmos (WHO, 2000). Isto fica evidente quando se verifica que dentro de um mesmo país existem padrões de qualidade do ar diferentes, por exemplo, o Estado da Califórnia pratica limites muito mais restritivos que os limites estabelecidos em nível federal.

A Organização Mundial da Saúde (OMS), publica os *guidelines* de qualidade do ar, para orientar o estabelecimento de níveis de referência, sendo que os atuais estão mostrados no Quadro 1, mas que são passíveis de modificação com a evolução do conhecimento

científico, como foi o caso do material particulado que não tinha limite seguro e voltou a ter limite recomendado (WHO, 2006).

No Brasil, os Padrões de Qualidade do Ar estão definidos pela resolução CONAMA n. 3, de 28/6/1990, válidos para todo o território nacional. Os poluentes considerados nessa resolução foram: Material Particulado (representado pelas Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis e Fumaça) Dióxido de Enxofre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃) e Dióxido de Nitrogênio (NO₂). Foram estabelecidos Padrões Primários, destinados à proteção da saúde pública e Padrões Secundários, para proteção do meio ambiente em geral e do bem-estar da população. Os valores fixados por essa resolução estão mostrados no Quadro 2.

Segundo CONAMA (1990) os padrões primários de qualidade do ar representam as concentrações de poluentes que, ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo. São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. São considerados como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

2.5 Emissões atmosféricas

As fontes de emissão são então num primeiro olhar de origem natural ou antrópica. Fontes naturais podem ser biogênicas, geogênicas e outras.

Indicador	Concentração máxima recomendada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo de exposição
Dióxido de enxofre (SO_2)	500	10 minutos
	125	24 horas
	50	anual
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	200	1 hora
	40	anual
Monóxido de carbono (CO)	100.000	15 minutos
	60.000	30 minutos
	30.000	1 hora
	10.000	8 horas
Ozônio (O_3)	100	8 horas
Material particulado inalável (PM_{10})	50	24 horas
	20	anual
Material particulado respirável (PM_{25})	25	24 horas
	10	anual

Quadro 1. Níveis máximos para poluentes clássicos, recomendados pela Organização Mundial de Saúde, para proteção à saúde, exceto câncer e odor incômodo. Fonte: WHO, 2000, 2006.

Poluente	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo de exposição
Partículas totais em suspensão	240	150	24 horas
	80	60	Anual*
Partículas inaláveis	150	150	24 horas
	50	50	Anual**
Fumaça	150	100	24 horas
	60	40	Anual**
Dióxido de enxofre (SO_2)	365	100	24 horas
	80	40	Anual**
Monóxido de carbono (CO)	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)	1 hora
	10.000 (8,7 ppm)	10.000 (8,7 ppm)	8 horas
Ozônio (O_3)	160	160	1 hora
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	320	190	1 hora
	100	100	Anual**

Quadro 2. Padrões nacionais de qualidade do ar, segundo a resolução Conama n. 03,

As fontes antropogênicas podem ser classificadas de acordo com algumas outras características como o fato de serem estáticas (fontes estacionárias) ou não (fontes móveis). As fontes estacionárias podem ser sub-classificadas em função da capacidade ou não de provocar um impacto significativo de per si ou em grupo, sendo o primeiro caso denominadas fontes pontuais e no segundo de fontes área ou não-pontuais. Assim, uma indústria de maior potencial poluidor, uma termelétrica, um incinerador municipal de lixo estariam enquadrados como fontes pontuais enquanto um conjunto de pequenas fontes individuais e similares, numa determinada região, como postos de gasolina, restaurantes, galvanoplastias, seriam então consideradas como fontes-área, ou seja, uma é tratada individualmente e a outra em conjunto, em especial para fins de levantamento de emissões (inventário de fontes). Haveria então, com esta definição, a necessidade de estabelecer um ponto de corte na emissão para classificar a fonte numa ou outra situação.

As fontes móveis são principalmente os veículos automotores (automóveis, camionetes, caminhões, ônibus, motos) que apresentam contribuição pequena individual mas tem grande importância no conjunto, sendo uma das maiores fontes de poluição do ar nas cidades. Assim, essas fontes também estão enquadradas como fontes-área. Navios, aviões, trens a óleo também estão na categoria de fonte móveis.

Fontes naturais incluem VOC, óxidos de nitrogênio (NO_x , basicamente NO e NO_2) metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) ozônio (O_3) e dióxido de carbono (CO_2) e provem de processos naturais que ocorrem na vegetação, no solo, e em ecossistemas marinhos. As emissões biogênicas podem ser consideradas um subgrupo das fontes naturais pois incluem somente as emissões produzidas por algum tipo de atividade biológica. As emissões

biogênicas representam uma porção significativa das emissões naturais, sendo que VOCs e NO_x e três dos gases que provocam efeito estufa, gás carbônico, metano e óxido nitroso podem ser emitidos por fontes naturais.

A vegetação é a fonte natural predominante de VOCs. Atividade microbiana é a responsável pela emissão natural de NO_x e de três gases do efeito estufa (CO₂, CH₄ and N₂O). Atividade micro-biana no solo é responsável pelas emissões de NO_x e N₂O de terras agrícolas e de pastagens. Metano é emitido pela ação microbiológica em solos alagados e em outros microambientes anaeróbios, ou seja, na ausência de oxigênio. Gás carbônico provém da decomposição aeróbica da biomassa. Fontes naturais que não são biogênicas incluem relâmpagos e vulcões (US EPA, juni 2003).

Historicamente, com base na maior frequência de ocorrência, tem-se dado destaque ao material particulado, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ozônio e hidrocarbonetos. Estes poluentes têm sido denominados também de “poluentes clássicos” e tem sido objeto de regulamentação em muitos países.

Após serem lançados na atmosfera, os poluentes sofrem o efeito de processos complexos, sujeitos a diversos fatores, que determinam a concentração do poluente no tempo e no espaço, bem como sua transformação e retirada da atmosfera. Assim, se estes processos atmosféricos não forem suficientes para a remoção dos poluentes ocorre então a concentração dos mesmos. O tempo de permanência dos poluentes na atmosfera é muito variável conforme mostra o Quadro 3, para os gases de efeito estufa, incluindo os halocarbonetos, onde se vê que o tempo de vida médio na atmosfera varia de 5,4 anos a 300 anos.

O ciclo do carbono é um bom exemplo da dinâmica dos poluentes na atmosfera. Carbono é lançado na atmosfera por vários processos naturais e antropogênicos, dentre os quais pode-se destacar: a respiração das plantas e animais (93%), queimadas florestais e combustão de matéria orgânica de origem vegetal (2%), queima de combustíveis fósseis como óleo, carvão mineral, gás natural, entre outros (5%). Por outro lado, diversos processos naturais, entre os quais se destacam a fotossíntese e a captação pelos oceanos, são responsáveis pela retirada de 95% deste carbono da atmosfera, permanecendo o restante sem reabsorção (RIBEIRO et al., 2000).

Composto	Fórmula química	Tempo de vida médio (anos)
Gás carbônico	CO ₂	120
Metano	CH ₄	12,2
Óxido nitroso	N ₂ O	120
CFC-11	CFCl ₃	50
CFC-12	CF ₂ Cl ₂	102
CFC-113	CF ₂ ClCFCl ₂	85
CFC-114	CF ₂ ClCF ₂ Cl	300
HCFC-22	CF ₂ HCl	13,3
HCFC-141b	CH ₃ CFCl ₂	9,4
HCFC-142b	CH ₃ CF ₂ Cl	18,4
HFC-134a	CF ₃ CH ₂ F	14,6
HFC-32	CH ₂ F ₂	5,6
H-1301	CF ₃ Br	65
Metil clorofórmio	CH ₃ CCl ₃	5,4
Tetracloro de carbono	CCl ₄	42

Quadro 3. Tempo de vida na atmosfera de gases de efeito estufa. CFC = clorofluorcarboneto; HCFC = Hidroclorofluorcarboneto; HFC = Hidrofluorcarboneto; H = Halon. Fonte: IPCC (1995 e 1996) e Wuebbles (1995) apud Master, 1997 modificado.

4 Conseqüências da poluição do ar

4.1 Agravos à saúde

De acordo com a definição da Organização Mundial da Saúde: “Saúde é o estado de completo bem-estar físico, mental e social e não meramente a ausência de doenças”. Segundo Ribeiro (2001b) alguns autores como Dubos (1961) e Audy (1971) vêem a saúde como um processo contínuo de reação e adaptação, diferentemente da definição adotada pela Organização Mundial da Saúde em 1946. Para Dubos (1961) “estados de saúde ou doença são a expressão do sucesso ou fracasso experimentado pelo organismo no seu esforço de resposta adaptável aos desafios do meio ambiente”. Para Audy (1971) “saúde é a propriedade contínua, potencialmente mensurável, da habilidade de um indivíduo reagir a insultos químicos, ou físicos, ou infecciosos, ou psicológicos, ou sociais” (apud RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002).

Eventos de graves conseqüências, podendo até mesmo serem denominados de desastres, ocorridos principalmente no século 20, demonstraram que a poluição do ar constitui-se numa ameaça grave à saúde pública. Tais eventos, denominados de episódios agudos de poluição do ar, caracterizam-se pela pequena duração, de minutos a alguns dias, e por provocarem conseqüências graves. Muitos destes episódios ocorreram devido à permanência de condições desfavoráveis à dispersão dos poluentes por vários dias, como inversão térmica, ausência de chuvas, ventos calmos, aliados à emissão continuada de poluentes e topografia desfavorável, um vale, por exemplo (ASSUNÇÃO, 2000).

Diversos estudos já realizados no exterior e no Brasil mostram que os agravos à saúde podem ir desde o desconforto até a morte, passando pelo aumento da taxa de morbidade (doenças);

aumento da procura do sistema de saúde (centros de saúde, hospitais, pronto socorros); aumento do absentéismo ao trabalho; irritação dos olhos e das vias respiratórias; redução da capacidade pulmonar; diminuição do desempenho físico; redução da atenção; dor de cabeça; alterações motoras; alterações enzimáticas; doenças do aparelho respiratório (asma, bronquite, enfisema, edema pulmonar, pneumoconioses); danos ao sistema nervoso central; efeitos teratogênicos; alterações genéticas e câncer, aumento da mortalidade intra-uterina.

Os efeitos dependerão do tipo de poluente, da dose recebida e do tipo de exposição – crônica ou aguda. Em relação ao material particulado seus efeitos na saúde dependem, além da sua constituição química e concentração, também do tamanho da partícula, sendo de especial interesse aquelas com menor diâmetro. Exposições a matéria particulada podem resultar em efeitos agudos, como por exemplo, o aumento da mortalidade diária e aumento nos atendimentos dos centros de serviços de saúde. Os efeitos em longo prazo também incluem aumento da mortalidade e morbidade respiratória, mas há ainda poucos estudos sobre os efeitos do material particulado para estes casos.

A ocorrência das doenças respiratórias tem vários fatores determinantes como clima e meteorologia (temperatura, ventos, insolação, inversão térmica, entre outros), topografia, uso e ocupação do solo (poluentes urbanos, poluentes agro-industriais, queimadas urbanas e agrícolas, poeira do solo, frota de veículos); condições de vida (assistência à saúde, educação para a saúde, tabagismo, fatores emocionais, atividades ocupacionais) e atributos individuais (condições de gestação, nascimentos prematuros, tipo de amamentação, pré-disposição genética), e sua ação conjunta poderá resultar no aparecimento da doença (MIRANDA; DORADO; ASSUNÇÃO, 1994).

Ribeiro (2003) apresentou resultado de estudo de avaliação do impacto dos programas de controle da poluição na saúde respiratória, com a análise de dados de concentrações de dióxido de enxofre e material particulado, no período de 1986 a 1998, em três regiões da Região Metropolitana de São Paulo, ou seja, bairro do Tatuapé na cidade de São Paulo e cidades de Osasco e Juquitiba. Foram levantados dados de crianças entre 11 e 13 anos de idade, que estudavam nas escolas das regiões estudadas no mesmo período de coleta dos dados de qualidade do ar. Juquitiba foi tomada como cidade controle, com boa qualidade do ar. Nas outras duas áreas, os níveis de concentração de dióxido de enxofre reduziram bastante nos últimos anos, como resultados de ações dos setores governamental e empresarial; as concentrações de material particulado reduziram-se no Tatuapé e aumentaram em Osasco, conforme mostra a Figura 2.1. Em 1998, dos 35 sintomas respiratórios identificados pelos questionários, Osasco apresentou maior prevalência em 18 deles; Tatuapé em 13 e Juquitiba em 5 sintomas. Embora Juquitiba ainda apresente características de área rural, para o período do estudo, 27 sintomas apresentaram aumento, para Osasco 24, e para Tatuapé 16.

Neste sentido, autora conclui que o estudo indica necessidade de controle integrado da poluição atmosférica para vários poluentes, e aplicação de outras ações de promoção da saúde pública, como campanhas de vacinação e educação ambiental, de modo a alcançar maior eficácia nos programas sociais e de melhoria ambiental.

4.2 Alterações nos materiais

O primeiro efeito visível e de reconhecimento popular é a deposição de partículas, principalmente poeira e fumaça, nas

edificações e monumentos, sujando-os, exigindo, portanto, uma maior frequência de limpeza ou de pintura (ASSUNÇÃO, 2000).

A corrosão de partes metálicas ocorre pela ação de diversos fatores como umidade e temperatura, mas é aumentada pela ação da poluição do ar, principalmente, pelos gases ácidos, em especial o dióxido de enxofre (SO₂). Dentre os metais, os ferrosos (ferro e aço), são mais susceptíveis à corrosão por poluentes atmosféricos mas os não ferrosos também apresentam o processo da corrosão (GODISH, 1997).

O ataque aos materiais de construção não metálicos ocorre principalmente pela ação do SO₂, que reage com os carbonatos na presença de umidade, formando sulfatos, mais solúveis, causando deterioração do material. O gás carbônico (CO₂), na presença de umidade forma o ácido carbônico que converte a pedra calcária em bicarbonato, que é solúvel em água e pode ser lixiviado pela chuva. O mármore de monumentos e estátuas sofre efeitos idênticos aos dos materiais de construção, afetando a memória cultural, portanto (ASSUNÇÃO, 2000; BOUBEL, 1994; GODISH, 1997).

A borracha também é afetada pela poluição do ar, em especial pelo ozônio (O₃), que ataca a borracha natural e a borracha sintética de butadieno-estireno. Os efeitos são a perda de elasticidade e enfraquecimento. Alguns tipos de borracha, como a de silicone, são mais resistentes ao ozônio (ASSUNÇÃO, 2000; BOUBEL, 1994; GODISH, 1997).

Os tecidos e corantes são também afetados pela poluição do ar não só pela deposição de partículas (“sujeira”), mas também pela redução da sua resistência, desbotando e reduzindo a sua vida útil, pela maior frequência de lavagem que se faz necessária nas atmosferas poluídas. Nos grandes centros urbanos é típico o escurecimento do colarinho das camisas claras com pouco tempo de uso. O ataque ao couro e ao papel se verifica com a desintegração da superfície e enfraquecimento do material e nas tintas a poluição do ar causa

escurecimento, descoloração e sujeira, que resultam em aumento na frequência de pintura. As partículas, os gases ácidos, como dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio, gás sulfídrico e os oxidantes como o ozônio são os principais agressores (ASSUNÇÃO, 2000; BOUBEL et al., 1994; GODISH, 1997).

4.3 Alterações na vegetação

Segundo Godish (1997) a indução da injúria pela poluição do ar e a subsequente expressão do sintoma é dependente de vários fatores físicos e biológicos. Das quatro rotas principais (raíz, caule, folhas e estruturas reprodutoras, a folha é o alvo principal porque ela é o ponto de troca gasosa).

A sensibilidade das plantas aos poluentes atmosféricos é bastante variável, indo de altamente tolerante a muito sensível (Atlas da vegetação).

Os principais efeitos da poluição do ar na vegetação são: alteração do crescimento e da produtividade da planta, colapso foliar, envelhecimento precoce, descoloração, clorose e outras alterações da cor, necrose do tecido foliar (ASSUNÇÃO, 2000).

A redução da penetração da luz, com conseqüente redução da capacidade fotossintetizadora, que são ocasionados pela deposição de partículas nas folhas; a penetração dos poluentes gasosos através dos estômatos, principal porta de entrada, pequenos poros na superfície das plantas, em geral, nas folhas e na parte inferior, onde se dá a troca de gases ($O_2 - CO_2$); a penetração de poluentes pelas raízes após deposição de partículas ou dissolução de gases no solo podem resultar em respostas agudas ou crônica (in CALVERT, 1984).

Fatores extra poluição devem ser considerados na análise da vegetação presumivelmente danificada pela poluição do ar. Os principais fatores a serem considerados são a quantidade e tipos de

nutrientes presentes, a quantidade de umidade, a temperatura, a idade das plantas e a presença de insetos e doenças.

Os principais poluentes presentes na atmosfera, e que são importantes fitotóxicos, são o ozônio e o peroxiacetilnitrato (PAN), formados no *smog* fotoquímico, o dióxido de enxofre, e de menor importância os óxidos de nitrogênio. Os fluoretos são altamente fitotóxicos, mas não estão presentes de forma frequente na atmosfera urbana (in CALVERT, 1984).

Outro fator que deve ser levado em consideração é a presença de vários poluentes ao mesmo tempo, que podem aumentar o efeito ou mesmo alterar o aspecto visual em relação àquele resultante da exposição a um poluente específico.

Diversas espécies de plantas têm sido utilizadas para biomonitoramento. Uma espécie indicadora é um indivíduo sensível à poluição do ar e que exibe um sintoma de injúria foliar típico (Atlas p. 1-1). Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos se acumulam na couve (*Brassica oleracea acephala*) e esta pode ser utilizado no biomonitoramento (PEICCHL, 1997; VDI, 2000 apud KLUMPP et al., 2001). Tabaco (*Nicotiana tabacum*) sofre necrose foliar e a espécie Bel-W3 é utilizado no biomonitoramento deste poluente (ARNDT et al., 1985; HEGGESTAD, 1991 apud KLUMPP et al., 2001). Tradescantia (Trabapoera???) pode ser utilizada para monitorar substâncias genotóxicas, pois sofre mutações nas células-mãe de grãos de pólen (bioensaio Trad-MCN com clone 4430). Em alguns casos as plantas também podem ser utilizadas como sumidouros para poluentes atmosféricos.

4.4 Efeitos globais

4.4.1 Efeito estufa

As mudanças climáticas são, provavelmente, a grande preocupação ambiental da última década do século passado e na presente década. Segundo a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UN, 1992, art. 1) adotada em 1992 as mudanças climáticas são entendidas como

uma mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana, que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis.

O Protocolo de Quioto é o documento internacional que trata do assunto, tendo sido para assinatura em 16 de março de 1998 e entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, após a sua ratificação por países que representam 55% das Partes da Convenção.

O Efeito Estufa significa o aumento da temperatura da Terra provocado pela maior retenção, na atmosfera, da radiação infravermelha por ela refletida, em função do aumento da concentração de determinados gases que têm essa propriedade. A camada de gases que envolvem a Terra tem função importante na manutenção da vida no planeta pela retenção de calor que ela proporciona, havendo, portanto um efeito estufa natural por esta camada. O problema surgido é o aumento dessa retenção pelo aumento da concentração desses gases que absorvem radiação infravermelha (calor) (ASSUNÇÃO, 2000).

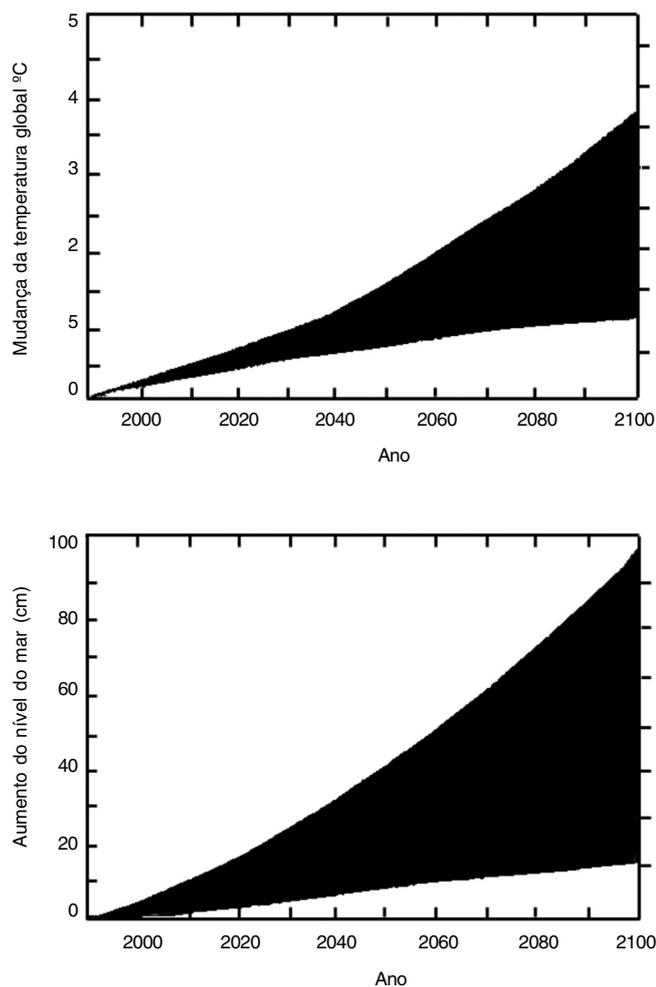


Figura 4.1. Faixa de provável elevação média da temperatura da superfície e previsão de aumento do nível do mar . Fonte: UNEP – United Nations Environment Programme e WMO – World Meteorological Organization, apud <http://www.mct.gov.br/clima/quioto/bndes.htm#Introdução>. Obs.: dados mais recentes mostram possibilidade de elevação da temperatura até 5,8 °C.

O gás carbônico é considerado o principal responsável pelo efeito estufa, participando com cerca de 55%. Sua concentração no

início do século passado era de cerca de 290 ppm e está, agora, no início do século 21, em torno de 365 ppm. A sua principal fonte de emissão é a queima de combustíveis fósseis e as queimadas.

Metano e óxido nitroso são dois outros importantes gases de efeito estufa e são emitidos por atividades agrícolas, mudanças no uso da terra e outras fontes. Os CFCs também participam do efeito estufa.

Alguns dos principais efeitos adversos sinalizados e já percebidos nos dias atuais são:

- aumento do nível do mar;
- alteração no suprimento de água doce;
- maior número de ciclones;
- tempestades de chuva e neve fortes e mais freqüentes; e
- forte e rápido ressecamento do solo.

Outras conseqüências significativas podem ocorrer em muitos sistemas ecológicos e sobre a socioeconomia, afetando o fornecimento de alimentos e os recursos hídricos, bem como a saúde humana.

A alteração da temperatura da Terra já está em cerca de 0,6 °C nos últimos 100 anos, mas existem previsões de acréscimos significativos se a emissão desses gases continuar a crescer na taxa atual, podendo resultar em aumentos de até 5,8 °C até o final do século 21, o que ocasionaria maior degelo das calotas polares, com conseqüente aumento do nível dos mares de até 95 cm, inundando áreas costeiras, além de alterações climáticas, com efeitos deletérios à agricultura, à vegetação em geral, além do aumento de tormentas, secas e inundações, aumento de pragas e de doenças tropicais.

4.4.2 Redução da camada de ozônio

A existência de ozônio na estratosfera permitiu que a vida se desenvolvesse na Terra face à sua capacidade de filtrar a radiação

ultravioleta vinda do sol. No século 20 observou-se que esta camada estava sendo destruída pela ação do cloro e do bromo, presentes em determinados produtos orgânicos, basicamente os clorofluorcarbonos (CFCs), utilizados como agente refrigerante em sistemas de refrigeração (geladeiras, *freezers*, balcões e câmaras frigoríficas etc.) e ar-condicionado, como agente expensor na produção de espumas, como agente de limpeza de circuitos eletrônicos, como propelente em embalagens tipo aerosol, o gás *halon*, à base de bromo, utilizado sistemas de prevenção contra incêndio, metilclorofórmio, brometo de metila e tetracloreto de carbono. O ozônio se distribui diferentemente nas várias camadas da atmosfera, sendo maior sua concentração na estratosfera, entre 20 km e 30 km de altitude (Figura 5). Na troposfera o ozônio (“ozônio ruim”) causa preocupação em relação a seus efeitos à saúde e à vegetação, mas na estratosfera ele é um filtro para as radiações ultra-violetas (“ozônio bom”), em especial na faixa B (uvB), de comprimento de onda de 280 a 320 nm.

Na estratosfera as moléculas das substâncias destruidoras da camada de ozônio são quebradas produzindo átomos de halogênios (cloro e bromo) que subsequentemente destroem o ozônio por meio de um ciclo catalítico complexo. Os cientistas calculam que um átomo de cloro pode destruir cerca de cem mil moléculas de ozônio até que venha a se ligar a uma molécula que pare esta ação de destruição. A destruição do ozônio é maior nos pólos, em especial no Pólo Sul, por causa das baixíssimas temperaturas e pela presença de nuvens polares estratosféricas. A presença de cristais de gelo facilita a reação de destruição por prover maior área para a reação. Como há necessidade de radiação solar, esta reação é intensificada nos meses da primavera. Assim, a destruição é máxima na Antártica nos meses de setembro e outubro, chegando a níveis de redução acima de 50%.



Figura 5. Variação do nível de ozônio estratosférico na Antártica. Fonte: <http://www.epa.gov/ozone/science/hole/size.html>.

Atualmente o uso de CFCs é muito restrito pois vem sendo substituído por outras substâncias. Nas embalagens tipo aerosol o CFC foram substituídos por gás butano ou propano, na refrigeração e em sistemas de condicionamento de ar, tem sido substituídos pelos HFCs – Hidrofluorcarbonos, como por exemplo a substituição do CFC 12 pelo HFC134a nas geladeiras domésticas e no condicionador de ar de automóveis (ASSUNÇÃO, 1993).

O ozônio da estratosfera – ozônio bom – é um filtro natural para as radiações ultravioletas do sol, protegendo a Terra, portanto, de níveis indesejáveis dessa radiação. Raios ultravioletas em excesso, principalmente na faixa do UV-B (280 a 320 nanômetros de comprimento de onda), têm como efeitos prováveis a maior incidência de cataratas, doenças da pele como queimaduras e câncer de pele, o prejuízo ao sistema imunológico, a redução da camada de gordura com aumento de infecções fúngicas e bacterianas, o envelhecimento mais rápido da pele pela sua degeneração elástica, os efeitos negativos à vegetação, com prejuízos à agricultura, a redução da fotossíntese



do fitoplâncton, com conseqüente redução do seu crescimento e o aumento da con-centração de gás carbônico na atmosfera, contribuindo, portanto, para o efeito estufa indiretamente. Muitos outros efeitos negativos ainda desconhecidos poderão advir desse desequilíbrio ambiental (ASSUNÇÃO, 1993).

Com a redução deste filtro sérias conseqüências podem advir e estas já têm sido observadas. O primeiro alerta foi dado pelos pesquisadores da Universidade da Califórnia M. J. Molina e F. S. Rowland, e, em 1974 em função dos resultados que os dois obtiveram em suas pesquisas sobre o comportamento do cloro na atmosfera. Com os resultados do trabalho de Molina e Rowland, receberam o Prêmio Nobel de química em 1995 pelos seus trabalhos em relação à depleção da camada de ozônio, começou então intenso trabalho para que fosse controlada a emissão das substâncias causadoras desta destruição. Este trabalho não foi fácil tendo em vista que o comércio destas substâncias representavam bilhões de dólares. Em 1978 a primeira medida concreta foi tomada com a proibição nos EUA do seu uso em embalagens tipo aerosol, exceto para usos essenciais, pela Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA), que foi seguida pelo Canadá e diversos países escandinavos (MASTERS, 1997).

Em 16 de setembro 1987 uma decisão importante foi tomada com a aprovação do Protocolo de Montreal sobre Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio. Inicialmente este Protocolo pretendia a redução da emissão de CFCs e Halons em 50% até o final do século 20, tendo como base a emissão de 1990. Em reunião das partes em 1992, em Copenhague, aprovou-se um adendo que estabeleceu a eliminação da produção de CFCs e Halons em 31 de dezembro de 1995, nos países desenvolvidos, com período de carência de 10 anos para os países em desenvolvimento. As demais substâncias destruidoras da camada de ozônio também

tiveram a fixação de cronograma de eliminação, mas um pouco mais dilatada.

No Brasil, o Ministério da Saúde proibiu, em 1989, o uso de CFCs como propelente de aerossóis, exceto em casos essenciais, como, por exemplo, o uso medicinal. Em 1994 apresentou o Programa Brasileiro de Eliminação de Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio, que foi aprovado pelos gestores do Protocolo de Montreal.

A Resolução CONAMA n. 13, de dezembro de 1995, estabeleceu entre outras medidas, uma gradativa eliminação do uso das substâncias destruidoras da Camada de Ozônio (SDO), e aprovou a antecipação da eliminação das SDO no Brasil em relação aos prazos dispostos no Protocolo de Montreal. Assim, ficou proibido, em todo o território nacional. O uso dessas substâncias em novos sistemas, equipamentos e produtos, nacionais e importados, ressalvadas aquelas aplicações caracterizadas como de uso essencial pelo Protocolo de Montreal, nas seguintes datas:

- * 1 de janeiro de 1996, para instalações de combate a incêndio, instalações de ar condicionado central, instalações frigoríficas com compressores de potência unitária igual ou superior a 100HP;

- * 1 de janeiro de 1996, reforça a legislação existente quanto à proibição de uso como propelente em aerossóis;

- * 1 de junho de 1996, para os usos de embalagens descartáveis para o acondicionamento de CFC 11 e CFC 12, bem como para o comércio de SDO e produtos que as contêm com países não signatários do Protocolo;

- * 1 de janeiro de 1997, para ar condicionado automotivo em quase todos os modelos;

- * 1 de janeiro de 1999, para todos os usos como solventes;

- * 1 de janeiro de 2001, para ar condicionado automotivo em todos os modelos, para refrigeradores e congeladores domésticos e para todos os demais sistemas de refrigeração;

* 1 de janeiro de 2001, para espuma rígida e semi-rígida e para todos os usos como esterilizantes.

Em setembro de 2000, foi aprovada a Resolução CONAMA nº 267, que manteve as proibições do uso das substâncias controladas da Resolução CONAMA 13/95 e estabeleceu a redução ano-a-ano das importações de CFC 12 no Brasil, até sua proibição total a partir de 2007.

Comemora-se o Dia do Ozônio em 16 de setembro, dia em que o Protocolo de Montreal foi aprovado, como um dos meios de disseminação e divulgação das atividades de proteção da Camada de Ozônio desencadeadas no país.

Outros agentes dessa destruição são o ozônio, os óxidos de nitrogênio e as erupções vulcânicas, o brometo de metila que é utilizado como fumigante e inseticida, para tratamento de solo, controle de formigas e fumigação de produtos de origem vegetal, o metilclorofórmio e o tetracloreto de carbono.

4.4.3 Deposição ácida

A deposição ácida envolve deposição seca e a deposição úmida, esta última mais conhecida como pelo termo “chuva ácida”, que foi utilizado pela primeira vez por Robert Angus Smith para se referir ao efeito observado nas águas de chuva na Inglaterra, no século 19. Normalmente a água de chuva tem acidez (pH) próxima de 5,6 em função do gás carbônico (CO₂) já presente no ar. Os poluentes ácidos aumentam esta acidez. Os agentes ácidos principais são os óxidos de enxofre e de nitrogênio. A chuva é considerada ácida quando o seu pH é menor que 5,6. Não muito comum, mas poluentes alcalinos podem causar o efeito contrário ou seja, a redução da acidez.

Sua ação, apesar de ser sentida a nível mundial, tem se apresentado mais em nível regional ou mesmo transfronteiriça como

entre EUA e Canadá e entre vários países europeus, em especial os países nórdicos que recebem a poluição ácida de vários outros países da Europa.

Em Niterói, medições realizadas em curto período de tempo em 1986, mostraram valores de pH variando de 4,3 a 5,3. Na Floresta da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, o pH da chuva apresentou média ponderada de 4,7.

Também na Amazônia têm sido observados valores de pH da chuva abaixo do nível normal, similares aos observados em regiões altamente urbanizadas, como Rio de Janeiro e São Paulo, devido às condições naturais e à emissão de substâncias ácidas nas queimadas.

Regiões com termelétricas a carvão mineral são fortes candidatas a apresentar águas de chuva ácidas, sendo de interesse o estudo destes locais neste aspecto.

5 Amostragem e análise de poluentes atmosféricos

5.1 Considerações iniciais sobre o monitoramento do ar

A gestão do ar necessita também do monitoramento sistemático da qualidade do ar na região, de forma a acompanhar sua evolução ou mesmo para verificar a eficácia de programas implantados. Isso pode ser feito utilizando-se métodos passivos, mecânicos e automáticos. Biomonitoramento é também uma forma interessante, em várias situações, para verificar o estado de poluição de determinada região. Em geral são escolhidos alguns indicadores, específicos para determinada região, em função dos poluentes que podem estar presentes em nível significativo e dos seus possíveis efeitos.

O monitoramento do ar é feito com diversas finalidades e entre essas ressaltamos aqui o acompanhamento dos níveis dos

poluentes no ar para fins de comparação com os Padrões de Qualidade do Ar e para a verificação do impacto de fontes específicas. Para estabelecer um Plano de Monitoramento algumas perguntas devem ser feitas:

- a) Que poluentes devem ser monitorados?
- b) Quantas estações de monitoramento são necessárias e onde devem ser localizadas?
- c) Que métodos de medição podem ser utilizados e quais devem ser os escolhidos?
- d) Qual a frequência de medição?
- e) Como devem ser tratados os dados obtidos no monitoramento?

5.2 Poluentes a serem monitorados

De início devem ser escolhidos para serem monitorados poluentes que tenham Padrão de Qualidade do Ar fixados, conforme resolução CONAMA 03/90, mostrados no Quadro 4. Outros poluente podem necessitar monitoramento em função de estudos específicos.

Poluente	Método de referência*
Partículas totais em suspensão (PTS)	Amostrador de grande volume (<i>Hi-Vol</i>)
Partículas inaláveis (PI ou MP10)	Separação seguida de filtração
Fumaça	Refletância
Dióxido de enxofre (SO ₂)	Pararosanilina
Monóxido de carbono (CO)	Infravermelho não-dispersivo
Ozônio (O ₃)	Luminescência química
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	Luminescência química

Quadro 4. Métodos de referência segundo Resolução CONAMA n. 03, de 28/06/90. Nota: * $\mu\text{mg}/\text{m}^3$ significa micrograma do poluente por metro cúbico de ar. Fonte: CONAMA, 1990.

5.3 Número e localização das estações de monitoramento

O número e a localização das estações dependem dos objetivos fixados. Vamos exemplificar para o caso em que se pretende verificar o impacto de uma fonte específica na qualidade do ar da região. Assim, estas devem estar localizadas nas regiões que se mostram mais impactadas, mas também em áreas onde haja densidade de habitantes que justifique sua medição. Sua localização normalmente segue os ventos predominantes na região. Regiões à montante dos ventos, podem ser consideradas regiões de baixo impacto, são áreas de entrada do ar em relação à localização à fonte e pouco significativas em termos de medição. Deve-se sempre dar preferência às áreas com maior quantidade de pessoas expostas.

Observe-se que qualquer medição que seja feita não distingue o impacto de outras fontes do impacto da fonte em estudo, mas com a utilização de dados de vento, sua contribuição pode ser avaliada com o uso de estações à jusante dos ventos, não sendo necessária uma estação à montante.

5.4 Métodos de medição

A Resolução CONAMA 03/90 estabelece métodos de referência para medições, conforme mostrado na Tabela 1 (dos PQAR), mas também são aceitos outros métodos cujos resultados possam ser considerados satisfatórios. Entre estes estão métodos já normatizados pela ABNT e métodos utilizados por organismos internacionais, Organização Mundial da Saúde, por exemplo, ou de agências ambientais estrangeiras que tenham credibilidade (USEPA, por exemplo). Os órgãos ambientais, como CETESB, FEAM, FEEMA utilizam métodos alternativos aos de referência.

Os métodos de medição podem ser automáticos, com análise e registro automático, ou não-automáticos, onde as amostras são coletadas, por exemplo, em solução contida em borbulhador, ou num filtro e são então levadas para laboratório para proceder a análise e cálculo de concentrações. Métodos automáticos dão resposta quase que em tempo real, mas são importados e muito caros, dependem de mão de obra muito especializada e bem treinada, exigem ambiente climatizado e gases especiais de calibração. Existem também os monitores passivos e o biomonitoramento:

a) Medição de material particulado (MP)

Para medição de Material Particulado a Resolução CONAMA 03/90 especifica três métodos; Para Partículas Totais em Suspensão é especificado o método gravimétrico do Amostrador de Grande Volume, muito conhecido pelo seu nome em inglês Hi-Vol. Para Partículas Inaláveis deve ser utilizado um sistema inercial para separação de partículas maiores que 10 mm, seguida então de filtração. Este método é conhecido mundialmente por Método PM_{10} . Um terceiro método é especificado para medição de fumaça, segundo resolução CONAMA 03/90, que é um método ótico, derivado da Organização Mundial da Saúde.

O método automático normalmente utilizado pelos órgãos ambientais brasileiros emprega o princípio da absorção de radiação beta pelo material particulado e que pode ser correlacionado com a sua concentração.

b) Medição de dióxido de enxofre (SO_2)

Para medição de dióxido de enxofre (SO_2) a Resolução CONAMA 03/90 especifica o método da Pararosanilina, contudo

este método não é utilizado na prática por ser de difícil execução e por envolver solução de substância tóxica. Este é um método não-automático e que pode ser substituído pelo Método Acidimétrico, com solução de Peróxido de Hidrogênio (água oxigenada), padronizado pela Organização Mundial da Saúde e mais recentemente pela ABNT. Um método automático para dióxido de enxofre utiliza radiação ultravioleta gerando fluorescência que é correlacionada com a concentração do poluente.

c) Medição de dióxido de nitrogênio (NO₂)

Para medição de dióxido de nitrogênio a Resolução CONAMA 03/90 especifica o método da luminescência química que é um método automático. Dois métodos não-automáticos podem ser utilizados, o de Saltzman (reação de Griess-Saltzman) e o do Arsenito de Sódio, ambos são métodos colorimétricos ou seja, a alteração da coloração da solução química utilizada se relaciona com a concentração do poluente. O método de Saltzman pode ser utilizado para determinar concentração horária conforme período especificado pela Resolução CONAMA 03/90, no entanto apresenta dificuldade em termos de frequência das medições, já que teria que coletar amostras a cada 1 hora e levar para análise. Na prática, as medições se reduziram a alguns períodos, por exemplo, algumas coletas horárias pela manhã e outras à tarde.

Ele é um método que permite coleta de amostras de 24 horas e é referendado pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA. Um problema que se tem com este método é a comparação dos resultados, obtidos em 24 horas, e o Padrão de Qualidade do Ar nacional que é de 1 hora. Portanto, tem-se que aplicar um fator de correção, transformando os dados obtidos em valores de 1 hora.

d) Medição de monóxido de carbono (CO)

Para medição de Monóxido de Carbono a Resolução CONAMA 03/90 especifica o método do infravermelho não-dispersivo, que é um método automático e o normalmente utilizado na prática.

e) Medição de ozônio (O₃)

Para medição de Ozônio a Resolução CONAMA 03/90 especifica o método da luminescência química que é um método automático. O método não-automático que pode ser utilizado é o do Iodeto de potássio, em que o ozônio presente no ar amostrado libera iodo em solução que é medido por método colorimétrico. O tempo de coleta de amostra é de 30 a 60 min, tempo comparável ao de 1h especificado pela Resolução CONAMA 03/90.

5.5 Frequência de medição

A frequência de coleta varia com o poluente e método de amostragem adotado, bem como com os objetivos fixados. Monitores automáticos coletam e analisam os poluentes quase que em tempo real e continuamente, exceto material particulado onde a frequência é em geral horária. Métodos não-automáticos, também chamados de mecânicos, têm sido utilizados para coletas horárias e de 24 horas. Para estes a amostragem a cada seis dias pode ser utilizada para fins de se conseguir um valor de média anual ainda com boa representatividade estatística.

6 Prevenção e controle da poluição do ar

Medidas de prevenção e correção devem ser tomadas visando atingir o desenvolvimento sustentável. A busca de soluções para o problema da poluição do ar deve começar pela sua prevenção. Prevenção significa evitar a geração de poluentes, com a utilização de processos industriais mais limpos, combustíveis mais limpos, medidas de redução de consumo de produtos poluidores e de energia, enquanto controlar se refere às medidas de tratamento da emissão de poluentes.

É sabido que poluição significa perda de matéria prima e ou de energia. Uma caldeira que emite fumaça preta está trabalhando com eficiência baixa, desperdiçando combustível e ao mesmo tempo lançando mais poluentes no ar, que visualmente observa-se pela fumaça preta saindo das chaminés, além de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e outros.

Um automóvel desregulado polui muito mais e ao mesmo tempo consome mais combustível. Assim, prevenir e controlar a poluição em última análise significa reduzir perdas de combustível e de matérias primas.

É na prevenção que a população pode atuar mais intensamente, como, por exemplo, reduzindo o uso de veículos particulares, privilegiando o transporte coletivo, que, por seu turno deve ser do tipo menos poluente, mais disponível e confortável para que a população possa ficar satisfeita ao utilizá-lo. Menor produção de lixo pela população e o uso de eletrodomésticos e lâmpadas mais eficientes, em termos de consumo de energia, são medidas de grande importância.

Medidas tecnológicas são importantes, mas não tem conseguido resolver o problema, como é o caso dos veículos automotores, sendo necessária a atuação consciente e ambiental-

mente correta da população. Ninguém, em sã consciência poderá questionar a importância da ciência e da tecnologia para o bem-estar da humanidade, para o seu conforto, mas até para sua própria sobrevivência.

A evolução da ciência e da tecnologia constitui a própria evolução do homem desde o período das cavernas propiciando a sua adaptação ao meio e a busca da sobrevivência, da satisfação, do conforto e do bem estar. O início foi a busca do abrigo para as intempéries e da alimentação, depois o combate às doenças e pragas, até o conhecimento de outras regiões do planeta e do universo.

Para a prevenção e de controle da poluição do ar usam-se medidas que envolvem desde o planejamento do assentamento de núcleos urbanos e industriais e do sistema viário, até a ação direta sobre a fonte de emissão. A prevenção está ligada à tríade “reduzir, reutilizar e reciclar”.

Pode-se considerar o processo de poluição do ar em quatro fases: a fase da geração, da emissão, do transporte, difusão e transformação e a fase da recepção. Imagine por exemplo um incinerador de resíduos. Na queima do lixo tem-se a formação dos poluentes, pela chaminé temos a emissão, no ar esses poluentes são transportados, difundidos, transformados e finalmente atingem os receptores, que sejam as pessoas, a vegetação, os animais, os materiais, ou qualquer parte do meio ambiente, onde exercem seus efeitos.

A geração de poluentes está intimamente ligada ao consumo. Quanto mais se consome, mais tem que ser produzido e mais poluição resultará. Logicamente o nível de poluição dependerá dos meios utilizados e cuidados envolvidos na produção do bem ou serviço.

A produção pode ser feita em muitos casos com a não geração de determinados poluentes.

Esses podem ser eliminados totalmente pela substituição de combustíveis, matérias-primas e reagentes que entram no processo, mudança de equipamentos e de processos.

Um exemplo típico é a eliminação da emissão de compostos de chumbo por veículos a gasolina quando o chumbo tetraetila, um aditivo antidetonante, deixou de ser adicionado à gasolina, sendo substituído por álcool etílico (etanol) anidro.

A substituição de combustíveis com enxofre, por combustíveis sem este elemento, elimina a formação e a emissão de compostos de enxofre à atmosfera. O gás natural é praticamente isento de enxofre e pode substituir os óleos combustíveis que contêm teores mais altos de enxofre.

Na prática a diminuição da quantidade de poluentes gerados é mais fácil de ser alcançado do que a sua eliminação. Isso pode ser conseguido com a adoção dessas medidas: operação dos equipamentos dentro da sua capacidade nominal; operação e manutenção adequada de equipamentos produtivos, caldeiras, fornos, veículos etc.; armazenamento adequado de materiais pulverulentos e/ou fragmentados, evitando a ação dos ventos sobre os mesmos; adequada limpeza do ambiente; utilização de processos, equipamentos e operações de menor potencial poluidor; utilização de matérias-primas e reagentes de menor potencial poluidor; utilização de combustíveis de menor potencial poluidor.

As medidas acima necessitam, sem dúvida, de adequado esclarecimento dos responsáveis pelas fontes poluidoras, sendo que a participação da população é fundamental no processo. A educação ambiental da população e dos empresários é de grande importância para que a ação de controle funcione. Não adianta ter boas leis se a população não estiver engajada no processo e se os meios empresariais não estiverem motivados para esta ação.

Depois de esgotados todos os esforços com as medidas anteriormente mencionadas, sem que tenha sido conseguida a redução necessária na emissão ou na concentração no ambiente, deve-se então

utilizar os equipamentos para tratamento das emissões (equipamentos de controle de poluentes – “filtros”).

Pode também resultar que a escolha recaia na implantação nesses equipamentos porque são mais econômicos ou mais disponíveis ou mais viáveis para casos específicos.

Sempre em conjunto com o equipamento de controle de poluição industrial existe um sistema de exaustão (captadores, dutos, ventilador e chaminé), cuja função é captar, concentrar e conduzir os poluentes para serem “filtrados”, com posterior lançamento do residual no ar.

Os equipamentos de controle de poluição do ar são divididos em função do tipo de poluente a ser considerado, ou seja, Equipamentos de Controle de Material Particulado e Equipamentos de Controle de Gases e Vapores.

No caso de veículos um exemplo de dispositivo de tratamento de emissões muito conhecido pela população é o combustor catalítico, que reduz a emissão de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e de compostos orgânicos (“hidrocarbonetos”).

Por outro lado, o planejamento urbano, permite uma melhor distribuição espacial das fontes potencialmente poluidoras do ar, aumentando a distância fonte-receptor, diminuindo a concentração de atividades poluidoras próximas a núcleos residenciais, proibindo a implantação de fontes de alto potencial poluidor em regiões críticas, localizando as fontes preferencialmente à jusante dos ventos predominantes na região, em relação a assentamentos residenciais, e controle da circulação de veículos em áreas congestionadas, bem como atuando no sentido de melhoria o sistema viário.

Neste caso, tem-se que tomar cuidado, pois a melhoria do sistema viário pode agir no sentido contrário, à medida que pode incentivar mais ainda o uso do transporte individual, com o automóvel.



No que se refere à diluição deve-se enfatizar que a utilização de chaminés altas visa a redução da concentração do poluente ao nível do solo, sem a redução da quantidade emitida. Trata-se, portanto, de medida cuja eficácia fica dependente da distribuição espacial das fontes e das condições meteorológicas e topográficas da região. É uma técnica recomendável como medida adicional para melhoria das condições de dispersão dos poluentes residuais na atmosfera, mas somente após a tomada de outras medidas para reduzir a geração de poluentes ou a sua emissão.

Planos de gestão do ar devem considerar a necessidade de manter níveis baixos em regiões onde a qualidade do ar é boa e corrigir situações onde a qualidade do ar já apresenta níveis considerados inadequados. Em regiões ainda não poluídas pode-se estabelecer limites de comprometimento da qualidade do ar por cada fonte ou conjunto de fontes e não simplesmente se basear no padrão de qualidade do ar. Em regiões com altos níveis de poluição do ar medidas têm que ser tomadas para reduzir as emissões e ao mesmo tempo evitar ou dificultar a instalação de novas fontes nessa região.

O grande desafio atual é o controle do poluente ozônio troposférico, resultante de reações fotoquímicas na atmosfera entre óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos, oriundos principalmente de veículos automotores.

Os veículos se tornaram a maior preocupação em relação à poluição do ar nos centros urbanos, pois as emissões industriais foram objeto de intenso controle desde a década de 1970, não só pela ação dos órgãos ambientais, mas também pela pressão de grupos ambientalistas. Assim, atualmente nas grandes e médias cidades pode-se afirmar que a maior parcela das emissões é originária de veículos, apesar da legislação federal sobre o assunto (PROCONVE) ter reduzido em mais de 85% as emissões de carros

novos, a frota aumenta em ritmo maior que a redução das emissões, face ao crescimento vertiginoso da frota e a sua idade média. Motocicletas e similares já tem participação efetiva nas emissões urbanas, sendo que em São Paulo chega próximo a 15% em relação a monóxido de carbono e hidrocarbonetos (CETESB, 2004).

Torna-se necessário o controle integrado da poluição atmosférica para vários poluentes, e aplicação de outras ações de promoção da saúde pública, como campanhas de educação ambiental, de modo a alcançar maior eficácia nos programas sociais e de melhoria ambiental, como afirma Ribeiro (2000).

Considerando o aspecto de proteção da saúde pública é importante desenvolver um programa maior que envolva as substâncias tóxicas em geral, realizando o levantamento de quem e o quanto emite e a fixação de prioridades e de cronograma de redução de emissões, visando a redução de seus níveis no ar e conseqüentemente dos efeitos à saúde da população, em especial a ocorrência de neoplasias.

Assim, há necessidade de adequada gestão do ar envolvendo mecanismos administrativos, legais, técnicos, tecnológicos, econômicos e sócio-culturais e com a participação efetiva da sociedade. A estruturação de planos de controle da poluição do ar urbana deve ser feita com base em estratégias claras, com metas bem definidas e com base em princípios claramente definidos como o da precaução, do poluidor-pagador; da prevenção da poluição e da não-deterioração da qualidade do ar (ASSUNÇÃO, 2004).

Referências

ASSUNÇÃO, J. V. de. Controle ambiental do ar. In: PHILIPPI JR., A; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. (Eds.). *Curso de gestão ambiental*. Barueri, SP: Manole, 2004. (Coleção Ambiental, n. 1)

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2003*. São Paulo, 2004.

GOLDEMBERG, J. *Energia, meio ambiente & desenvolvimento*. Tradução André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.

MIRANDA, E. E. de; DORADO, A. J.; ASSUNÇÃO, J. V. de. *Doenças respiratórias crônicas em quatro municípios paulistas*. Campinas, SP: ECOFORÇA, 1994.

RIBEIRO, H.; CARDOSO, M. R. A. Air pollution and children's health in São Paulo (1986-1998). *Socila Science & Medicine*, n. 57, p. 2013-2022, 2003.

RIBEIRO, H. Air pollution and respiratory disease in São Paulo (1986-1998). *IX International Symposium in Medical Geography*. Université de Montreal. Canadá, 2000.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. de. Efeitos das queimadas à saúde humana. *Estudos Avançados*, v. 16, n. 44, p. 1-24, 2002.

SALDIVA, P. H. Efeitos da poluição atmosférica na saúde. In: Centro de Estudos de Cultura Contemporânea [CEDEC] e Secretaria do Meio Ambiente [SMA]. *Debatendo a poluição do ar*. São Paulo, 1997.

Bibliografia consultada

ALONSO, C. D; MARTINS, M. H. R. B; ROMANO, J.; GODINHO, R. São Paulo aerosol characterization study. *Journal of the Air and Waste Management Association*, v. 49, p. 642-645, 1997.

ASSUNÇÃO, J. V. de; Pesquero, R. C. Dioxinas e furanos: origens e riscos. *Rev. de Saúde Pública*, n. 33, v. 5, p. 523-30, 1999.

ASSUNÇÃO, J. V. de. Poluição do ar. In: CASTELLANO, E.G.; CHAUDHRY, F. H. (Eds.). *Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias*. São Carlos, SP: EESC-USP, 2000. p. 139-168.

BADA, J. L.; LAZCANO, A. *Stanley Miller's 70th birthday*. Origins of life and evolution of the biosphere, n. 30, p. 107-112, 2000.

BAIRD, C. *Química ambiental*. Trad. Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BOUBEL, R. W. et al. *Fundamentals of air pollution*. San Diego: Academic Press, 1994.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 03 de 28 de junho de 1990. *Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil*, Brasília, 16 ago 1990. p. 15518.

FARHAT, S. C. L. *Efeitos da poluição atmosférica na cidade de São Paulo sobre doenças do trato respiratório inferior em uma população pediátrica*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo, 1999. 180p.

GOUVEIA, N.; FLETCHER, T. *Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status*. J. Epidemiol Community Health, 2000. n. 54, p. 0-6.

GRIFFIN, R. D. *1988: principles of hazardous materials management*. Chelsea: Lewis Publishers, 1988.

HAWKINGS, S. W. *Uma breve história do tempo: do Big Bang aos buracos negros*. Tradução de Maria Helena Torres. Rio de Janeiro: Rocco, 1988. 262p.

MASTERS, G. M. *Introduction to environmental engineering and science*. 2nd. ed. New Jersey: Printice Hall, 1997.

MIRANDA, E. E. de; DORADO, A. J.; ASSUNÇÃO, J. V. de. *Doenças respiratórias crônicas em quatro municípios paulistas*. Campinas, SP: ECOFORÇA, 1994.

MORRIS R. *O que sabemos sobre o Universo: realidade e imaginação científica*. Tradução de Vera Ribeiro. Revisão técnica: Alexandre Cherman. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2001. 221 p.

PETIT Jr, JOUZE J.; JONES, D. et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica. *Nature* 1999;399:429-436. Apud Epstein PR. Climate change and infectious disease: Stormy weather ahead?. *Epidemiology* July 2002, vol. 13 n. 4.

RIBEIRO, H. E.; ASSUNÇÃO, J. V. de. Efeitos das queimadas à saúde humana. *Estudos Avançados*, v. 16, n. 44, p. 1-24, 2002.

RIBEIRO, S. K. et al. *Transporte e mudanças climáticas*. Rio de Janeiro: Mauad, 2000.

RIBEIRO, H. Air pollution and respiratory disease in São Paulo (1986-1998). *IX International Symposium in Medical Geography*. Université de Montreal. Canadá, 2000.

SALDIVA, P. H. Efeitos da poluição atmosférica na saúde. In: Centro de Estudos de Cultura Contemporânea [CEDEC] e Secretaria do Meio Ambiente [SMA]. *Debatendo a poluição do ar*. São Paulo, 1997

SALDIVA, P. H. N.; POPE, C. A. III; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W.; LICHTENFELS, A. J.; SALGE, J. M. Air pollution and mortality of elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil. *Arch. Environ. Health*. 1995. n. 50, v. 2, p. 159-163.

SALDIVA, P. H. N. et al. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: A preliminary report. *Environ. Res.*, n. 65, p. 218-25, 1994.

[US EPA]U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY US. Emissions Inventory Guidance for Implementation

of Ozone and Particulate Matter National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) and Regional Haze Regulations. Research Triangle Park, NC USA, June 2003. (http://www.epa.gov/ttn/chief/eidocs/eiguid/eiguiddraft_june2003.pdf) acessado em 6-11-2004.

[WHO] WORLD HEALTH ORGANISATION. Air quality guidelines for Europe- second edition. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2000 (WHO Regional Publications, European Series, No. 91).

MOLINA, M. J.; ROWLAND, F. S. Stratopheric sink for chorofluor-methanes: Chlorine atom catalyzed destruction of ozone. *Nature*, n. 249, p. 810-812, 1974.

ESKENAZI, B.; MOCARELLI, P.; WARNER, M.; SAMUELS, S.; NEEDHAM, L.; PATTERSON, D.; BRAMBILLA, P.; GERTHOUX, P. M.; TURNER, W.; CASALINI, S.; CAZZANIGA, M.; CHEE, W. Y. Seveso women's health study: does zone of residence predict individual TCDD exposure? *Chemosphere*, n. 43, p. 937-942, 2001.

ESKENAZI, B.; MOCARELLI, P.; WARNER, M.; SAMUELS, S.; VERCELLINI, P.; OLIVE, D.; NEEDHAM, L.; PATTERSON, D.; BRAMBILLA, P. Seveso women's health study: a study of the effects of 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin on reproductive health. *Chemosphere*, n. 40, p. 1247-1253, 2000.

Capítulo 6

Resíduos sólidos, contaminação ambiental e relações com a saúde pública

**Profa. Dra. Luciana Pranzetti Barreira e
Prof. Msc. Anderson Sena**

A saúde do ser humano não pode ser caracterizada somente pela ausência de doença. A Organização Mundial da Saúde – OMS, a define como sendo um completo bem-estar físico, mental e social. Portanto, entende-se que a saúde, no seu sentido mais amplo, é uma decorrência do modo de vida das pessoas tendo o meio ambiente uma fundamental importância nesse processo.

De acordo com Pelicioni et al. (2000), existe uma total inter-relação entre as alterações do meio ambiente e a qualidade de vida dos indivíduos. Dentre as várias manifestações que essas alterações podem causar, as mais frequentes e de fácil percepção são os agravos à saúde das pessoas e isso pode ser percebido claramente quando tratamos dos resíduos sólidos urbanos.

A idéia de que somente a indústria é geradora de resíduos perigosos está cada vez mais ultrapassada. Atualmente, sabe-se que os resíduos sólidos, quaisquer que sejam sua natureza (domésticos, industriais, infectantes, outros), atingem diretamente a saúde da população e a do meio ambiente, principalmente quando não são dispostos e tratados com medidas sanitárias adequadas.

A partir do momento que os resíduos são gerados pelos indivíduos após satisfeitas as suas necessidades, os problemas se iniciam e se multiplicam na medida que são jogadas no ambiente milhões de toneladas de material de difícil decomposição no solo. Exemplos

podem ser citados pelos diversos tipos de plásticos, vidros, borracha e metais em geral.

Portanto, a problemática que envolve a questão dos resíduos está, basicamente, no tripé geração-composição-disposição final. Segundo dados publicados no Diário Oficial (São Paulo, 2004), o Brasil concentra 3% da população mundial, sendo responsável por cerca de 6,5% da produção de resíduos no mundo.

De acordo com Günther e Ribeiro (2003), o aumento na geração de resíduos sólidos urbanos tem como causas o crescimento da população urbana, a melhoria do poder aquisitivo e a maior oferta e diversificação de bens e serviços com a incorporação do uso de materiais descartáveis.

Deste modo, os resíduos, atualmente, são produzidos com diferentes materiais com o intuito de suprir o mercado cada vez mais exigente, com diminuição de perdas no processo e melhoria na logística de transporte desses produtos. Ou seja, ao mesmo tempo que as “novas” embalagens são desenvolvidas com alta tecnologia para atender à demanda mercadológica, os impactos de sua disposição ainda não foram totalmente mensurados tanto em relação ao ambiente quanto à saúde da população.

Embora as embalagens representem um mercado em amplo crescimento devido, principalmente, às influências dos fatores de competitividade como menor custo, flexibilidade e inovação, os materiais orgânicos putrescíveis ainda atingem os índices de 50 a 60% na composição dos resíduos gerados pela população brasileira. Na Tabela 1 é apresentada uma breve comparação entre os resíduos produzidos em diferentes países.

Materiais	Brasil	EUA	Suécia	Europa	Índia	Peru
matéria orgânica	52,5	25	33,0	28,1	78,0	51,4
vidro	1,6	5,3	7,0	9,8	0,2	1,30
papel/papelão	24,5	34	30,0	36,0	2,0	10,0
plástico	2,90	11,7	6,0	7,2	0,1	3,20
metal	2,30	7,6	5,0	9,2	1,0	2,10
outros	16,2	3,3	19,0	9,7	18,7	32,0

Tabela 1. Composição percentual média dos resíduos domiciliares (em %). Fonte: D'Almeida e Vilhena (2000).

Os dados confirmam as pesquisas realizadas que indicam o grande paradoxo social: quanto mais subdesenvolvido é um país, maior é a quantidade de restos orgânicos putrescíveis gerada pela população ao passo que, em países com melhores níveis de desenvolvimento econômico os maiores valores são representados pelas embalagens e papéis. O fato do Brasil ser um país de economia basicamente agrícola também contribui para os valores apresentados.

Dependendo de sua disposição, esses resíduos podem comprometer à saúde do ambiente e da população como um todo devido a uma série de impactos causados. Dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002) demonstram a problemática da disposição final dos resíduos no Brasil. Do total de resíduos coletados diariamente no país, 40,5% possuem um destino adequado contra 59,5% que ainda são dispostos inadequadamente. Portanto, cerca de 228.413 toneladas/dia de resíduos, seguem as principais vias de disposição e/ou tratamento (Tabela 2, a seguir):

Destinação final dos resíduos coletados	Quantidade de resíduos coletados (t/dia)	%
Vazadouro a céu aberto (lixão)	48.321,7	21,1
Vazadouro em áreas alagadas	232,6	0,10
Aterro controlado	84.575,5	37,0
Aterro sanitário	82.640,3	36,2
Usina de compostagem	6.549,0	2,80
Estação de triagem	2.265,0	0,99
Incineração	1.031,8	0,45
Locais não fixados	1.230,2	0,53
Outra	1.566,2	0,68
Total	228.413,0	100

Tabela 2. Quantidade de resíduos coletados diariamente no Brasil e suas unidades de destino final. Fonte: IBGE (2002).

Infelizmente, os dados apontam, ainda, uma situação alarmante: apesar dos pequenos avanços¹, a disposição inadequada de resíduos representada pelos lixões e aterros controlados, representam mais de 50% do destino final. Além disso, em todo o mundo, a necessidade sanitária de dispor os resíduos em algum local de forma rápida e com menor investimento fez com que houvesse a disseminação dos chamados aterros e lixões e esse tipo de atividade sempre foi considerada a maneira menos custosa de deposição.

No Brasil, há ainda um fator importante que não deve ser desconsiderado: a grande disponibilidade de áreas passíveis para despejo de resíduos disponíveis na maioria dos municípios brasileiros. Em contrapartida, as metrópoles brasileiras já sofrem com a falta de locais para serem transformados em depósitos de resíduos, o que eleva

¹ Em 1991, a mesma pesquisa realizada pelo IBGE apontava que 76% dos resíduos eram depositados a céu aberto, 13% em aterros controlados, 10% em aterros sanitários, 0,9% tratados em usinas de compostagem e apenas 0,1% incinerados (IBGE, 1991).

sobremaneira os custos para sua disposição em locais mais afastados das aglomerações urbanas.

Entretanto, devido o conhecimento dos impactos ambientais e de saúde pública causados pela disposição inadequada de resíduos, esforços estão sendo realizados na tentativa de mudar este quadro. Alguns países da Europa, como por exemplo a Alemanha, estão banindo os aterros sanitários de suas atividades sanitárias. Os aterros sanitários estão sendo substituídos pela incineração com recuperação de energia e grande parte dos resíduos gerados no país são coletados seletivamente.

No Brasil essa realidade ainda está muito longe de ocorrer e alguns efeitos adversos da prática de dispor resíduos de forma inadequada são apresentados a seguir:

Impactos negativos na saúde da população

Segundo Azevedo et al. (2001), apesar de amplamente reconhecida, tanto no meio técnico quanto no científico, a importância dos efeitos e a associação entre os fatores da disposição dos resíduos sólidos sobre a saúde pública não tem sido objeto de muitos estudos e pesquisas além de ficar relegada a níveis secundários pelas políticas públicas. Podemos também considerar, nesse caso, o aumento de doenças causadas direta ou indiretamente pela disposição inadequada de resíduos (Figura 1).



Figura 1. Vias de acesso de agentes patogênicos para o homem através dos resíduos "in natura". Fonte: adaptado de Rocha, 1980.

A transmissão de doenças via resíduos sólidos se dá pelo fato de que, quando dispostos e/ou tratados inadequadamente, os locais que servem para disposição de resíduos (lixões e vazadouros) podem abrigar ou tornarem-se criadouros de muitos vetores de importância epidemiológica que se tornam veiculadores ou reservatórios (mecânico ou biológico) de moléstias (GÜNTHER; RIBEIRO, 2003), e podem transmitir ao homem diversas enfermidades que podem causar até a morte, conforme apresentadas na Tabela 3.

Além disso, segundo Rocha (1980), quando os resíduos encontram-se disponíveis, estes servem como fonte de alimento pelo seu alto conteúdo energético oferecendo condições adequadas à proliferação. Entretanto, quando suas necessidades não se encontram satisfeitas, esses animais passam a conviver diretamente

Vetores	Formas de transmissão	Principais doenças
Ratos	Através da mordida, urina e fezes Através da pulga que vive no corpo do rato	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Peste bubônica ◆ Tifo murino ◆ Leptospirose
Moscas	Por via mecânica (através das asas, patas e corpo) Através das fezes	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Febre tifóide ◆ Salmonelose ◆ Cólera ◆ Amebíase ◆ Desenteria ◆ Giardíase
Mosquitos	Através da picada da fêmea	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Malária ◆ Leishmaniose ◆ Febre amarela ◆ Dengue ◆ Filariose
Baratas	Por via mecânica (através das asas, patas e corpo) e pelas fezes	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Febre tifóide ◆ Cólera ◆ Giardíase
Suínos	Pela ingestão de carne contaminada	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cisticercose ◆ Toxoplasmose ◆ Teníase ◆ Triquinelose ◆ Diarréia
Aves	Através das fezes	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Toxoplasmose ◆ Histoplasmose

Tabela 3. Principais doenças transmitidas por vetores presentes em locais de disposição inadequada de resíduos. Fonte: Funasa (1999), Azevedo et al. (2001).

com a população se adaptando perfeitamente ao ambiente doméstico.

Antigamente, a prática de dispor os resíduos em locais a céu aberto, como ruas, praças e próximos a habitações levou as autoridades sanitárias a correlacionar os surtos epidêmicos com a disposição inadequada de resíduos, passando esse tema ser objeto de maior atenção (SISINNO, 2000), mas que, segundo Azevedo et al. (2001), ainda não permitem a adoção de práticas de gestão mais efetivas que considerem os aspectos epidemiológicos voltados a melhoria da saúde nos municípios brasileiros.

Impactos negativos no meio ambiente

Assim como a saúde da população, o meio ambiente sofre conseqüências diretas com a falta de medidas sanitárias adequadas em relação aos resíduos. Embora o solo sempre tenha sido considerado um receptáculo natural para disposição final de resíduos sólidos produzidos pelas atividades humanas (RODRIGUES, 1996), o aumento na sua quantidade e sua composição variada faz com que esses materiais não sejam absorvidos naturalmente pelo ambiente causando uma série de impactos como citados a seguir:

Poluição do ar: liberação de gases (CH_4 – metano e CO_2 – gás carbônico) e odores; partículas em suspensão; poluição química por dioxinas pela queima de compostos perigosos (plásticos e organo-clorados);

Poluição do solo: contaminação química pela ação do chorume; contaminação biológica; comprometimento do solo para outros fins;

Poluição da água: contaminação química pelo chorume; assoreamento; consumo de oxigênio dissolvido; aumento de

turbidez; alteração da temperatura; contaminação biológica por bactérias, vírus, protozoários e helmintos.

Poluição visual: espalhamento dos resíduos pela ação do vento e chuva; comprometimento estético da paisagem.

Desvalorização espacial: os locais que servem de depósito de resíduos se encontram em áreas distantes da aglomeração urbana onde vivem pessoas de baixo poder aquisitivo, entretanto, mais vulneráveis aos problemas ambientais e de saúde; essas áreas acabam ficando comprometidas para outros fins.

Classificação dos resíduos

Os resíduos sólidos são um complexo emaranhado de tipos tendo composições e fontes de geração distintos necessitando de disposições e/ou tratamentos diferenciados. São muitas as classificações dos resíduos que podem ser analisadas conforme a biodegradabilidade, a periculosidade e a origem, dentre outras:

Quanto à biodegradabilidade, de acordo com Bidone e Povinelli (1999):

⇒ Facilmente Degradáveis: matéria orgânica;

⇒ Moderadamente Degradáveis: papel, papelão e outros produtos celulósicos;

⇒ Dificilmente Degradáveis: trapo, couro, borracha e madeira;

⇒ Não-Degradáveis: vidro, metal, plástico, pedras, terra e outros.

Quanto à periculosidade, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004):

⇒ Classe I Perigosos;

⇒ Classe II Não-Perigosos, subdividida em Classe II A (não inertes) e Classe II B (inertes).

A NBR 10004/2004, que começou a vigorar em novembro do mesmo ano, foi elaborada em substituição à NBR 10.004 de 1987 e fixa novos critérios técnicos para a classificação dos resíduos sólidos. A nova norma remove a antiga classificação resíduos Classe III (não perigosos inertes) e tem como objetivo classificar os resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que estes possam ser gerenciados adequadamente (ABNT, 2004).

De acordo com a ABNT (2004), os resíduos são considerados perigosos quando apresentam pelo menos uma das seguintes propriedades: reatividade, corrosividade, inflamabilidade, toxicidade ou patogenicidade. Para tanto é necessário que os resíduos sejam submetidos a testes para sua correta classificação, como é o caso da NBR 10005, relativa ao procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, a NBR 10006, relativa ao procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, e a NBR 10007, referente à amostragem de resíduos sólidos.

Os resíduos Classe II A (não inertes) podem apresentar propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Os resíduos Classe II B (inertes), são quaisquer resíduos que, quando amostrados segundo a NBR 10007, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente (NBR 10006), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, com exceção dos padrões de turbidez, cor, dureza e sabor (ABNT, 2004).

Quanto à origem, segundo D'Almeida e Vilhena (2000):

⇒ Domiciliar: gerado nos domicílios e constituído de restos de preparação de alimentos, cascas em geral, sobras, papéis, embalagens plásticas e metalizadas, papéis higiênicos, fraldas descartáveis.

⇒ Comercial: gerado nos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, bares, restaurantes etc.

⇒ Público: originado nos serviços de limpeza pública urbana (varrição, limpeza de bocas de lobo, córregos e terrenos) e de feiras livres

⇒ Portos, Aeroportos e Terminais Rodoviários e Ferroviários: são constituídos de restos de alimentos, materiais de higiene e asseio corporal. São resíduos que podem conter agentes patogênicos e devem ser coletados segregadamente.

⇒ Industriais: gerado nas diversas atividades industriais. Tem composição bastante variada e podem conter resíduos altamente tóxicos.

⇒ Serviços de Saúde: são resíduos gerados nos diversos estabelecimentos que tratam da saúde tanto humana quanto animal, como por exemplo, hospitais, centros de saúde, clínicas veterinárias, clínicas odontológicas etc.

⇒ Agrícolas: são gerados devido as atividades agrícolas e pecuária e são constituídos de embalagens de defensivos agrícolas, rações, restos de colheitas etc.

⇒ Entulho: são gerados nas construções, demolições e reformas em geral e são constituídos de argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas e diversos outros materiais.

Muitos especialistas classificam os resíduos domésticos, os comerciais e os de limpeza urbana como sendo resíduos sólidos domiciliares. Portanto, podem ser encontradas na literatura diferenças na classificação quanto à origem. De qualquer modo, o estudo desse tipo de classificação é de extrema importância pois determina a composição, a geração e a responsabilidade no gerenciamento dos resíduos (Tabela 4).

Origem dos resíduos	Responsabilidade
Domiciliar	Prefeitura
Comercial	Prefeitura*
Público	Prefeitura
Serviços de saúde	Gerador
industrial	Gerador
Portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários	Gerador
Agrícola	Gerador
Entulho	Gerador

Tabela 4. Responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos. * A prefeitura é responsável por quantidades pequenas de acordo com a legislação municipal específica. Fonte: D'Almeida e Vilhena (2000).

Devido a sua importância para o gerenciamento dos resíduos nos municípios brasileiros alguns tipos serão tratados mais profundamente:

Resíduos sólidos domiciliares

A geração de resíduos sólidos varia quantitativa, qualitativa e sazonalmente. A média de produção per capita no Brasil está em torno de 750 gramas/dia, mas em grandes centros urbanos esses valores atingem entre 1 a 1,5 kg/hab/dia. As características dos resíduos sólidos urbanos são influenciadas por vários fatores como: número de habitantes, poder aquisitivo, nível educacional, hábitos e costumes da população e condições climáticas e sazonais.

Além da composição, a complexidade dos diferentes tipos de resíduos que necessitam ser tratados diariamente, deve-se ainda levar em conta os graus de periculosidade e toxicidade. No caso dos resíduos sólidos domiciliares, mesmo sendo definidos como resíduos não perigosos podem eventualmente produzir percolados potencialmente tóxicos trazendo prejuízos ambientais.

Segundo Ferreira (2000), até poucos anos atrás, esses tipos de resíduos eram considerados como de pequeno risco para o ambiente, pois continham basicamente resíduos orgânicos e outros materiais pouco impactantes. Entretanto, a introdução de novos produtos de composição variada em quantidade crescente no mercado e o desconhecimento dos impactos decorrentes de sua disposição, pode-se considerar que os resíduos sólidos domiciliares representam, atualmente, um potencial poluidor já que apresentam itens classificados como perigosos, como por exemplo, os citados na Tabela 5.

Tipos	Produtos
Material para pintura	◆ Tintas, solventes, pigmentos e vernizes
Materiais para jardinagem e animais	◆ Pesticidas, inseticidas, repelentes, herbicidas
Materiais automotivos	◆ Óleos lubrificantes, fluidos de freio, baterias
Outros itens	◆ Pilhas, frascos de aerossóis e lâmpadas fluorescentes, produtos de limpeza, medicamentos vencidos

Tabela 5. Resíduos domésticos potencialmente perigosos. Fonte: Adaptado de Gomes e Ogura, 1993.

O que torna esses materiais potencialmente perigosos é a presença de quantidades significativas de substâncias químicas nocivas ao meio ambiente e aos seres vivos, substâncias essas que podem se acumular nos tecidos vivos, atingindo níveis perigosos para a saúde. Alguns exemplos são o mercúrio, encontrado em produtos farmacêuticos e lâmpadas fluorescentes, o cádmio em pilhas e baterias e o chumbo em inseticidas e tintas. Esses metais, como são denominados, podem surtir efeitos deletérios como lesões neurológicas, deficiências nos órgãos sensoriais, distúrbios, perda de memória e até efeitos mutagênicos (MMA/IDEC, 2002).

Resíduos de serviços de saúde

Quanto aos resíduos de serviços de saúde existe, ainda, muita discussão sobre seus reais riscos à saúde e ao ambiente. Muitos especialistas afirmam que os RSS são até menos contaminados que os resíduos sólidos domiciliares. De qualquer maneira, enquanto não há consenso entre estudiosos da área, o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde (RSS) que inclui a segregação, o acondicionamento e o tratamento deve ser realizado em todos os estabelecimentos de saúde com o objetivo de evitar possíveis contaminações.

Pela grande diversidade de resíduos produzidos nesses locais, os RSS são divididos em vários grupos (CONAMA, 2005), a saber:

Grupo A: resíduos com possível presença de agentes biológicos. Nessa categoria incluem-se 5 subdivisões:

⇒ A 1: culturas, vacinas, resíduos de Classe Risco 4 com alta periculosidade, bolsas contendo sangue, sobras de laboratório com sangue ou líquidos corpóreos;

⇒ A 2: carcaças, peças anatômicas, vísceras;

⇒ A 3: peças anatômicas humanas (membros) e produtos de fecundação sem sinais vitais;

⇒ A 4: kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores; sobras de amostras de laboratórios contendo fezes, urina e secreções; peças anatômicas e resíduos de procedimentos cirúrgicos e outros resíduos sem inoculação de microorganismos;

⇒ A 5: órgãos, tecidos, fluidos orgânicos e materiais perfurocortantes.

Grupo B: resíduos contendo substâncias químicas, como por exemplo, produtos hormonais, antimicrobianos, antiretrovirais,

imuossupressores, solventes, ácido crômico, efluentes de processadores de imagem, mercúrio de termômetro, amálgama, saneantes etc.

Grupo C: resíduos que contenham radionuclídeos como rejeitos sólidos ou líquidos provenientes de laboratórios de análises clínicas e serviços de medicina nuclear e radioterapia.

Grupo D: resíduos sem risco biológico, químico ou radioativo como resíduos provenientes de áreas administrativas, de limpeza de jardins, restos alimentares de refeitórios e de pacientes, fraldas e papel de uso sanitário, material de antissepsia, resíduos de gesso e equipos de soro.

Grupo E: materiais perfurocortantes ou escarificantes como lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, lâminas de bisturi, brocas, utensílios, vidros quebrados e similares.

Portanto, a denominação resíduos de serviços de saúde trata de uma gama de resíduos, com distintas características e classificações, que requerem diferentes e variados métodos para seu tratamento ou disposição final, sempre considerando a periculosidade, as características físicas, químicas e biológicas.

Todas as pessoas que trabalham em locais que prestam serviços de saúde, desde a administração até ao tratamento direto ao paciente, devem tomar os devidos cuidados e obedecer às normas e regulamentos impostos pelos diversos órgãos como o CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, Associação Brasileira de Normas Técnicas e Ministério do Trabalho. Os diversos resíduos produzidos devem ser acondicionados em sacos com cores diferentes e devidamente identificados para seu posterior reconhecimento, tratamento e destinação final. Alguns símbolos são apresentados na Figura 2:



Figura 2. Símbolos contidos nos sacos e recipientes (NBR 7500). Fonte: Takayanagui (2005).

A segregação dos resíduos deve ser efetuada na fonte no momento da geração dos mesmos, não sendo, portanto sanitariamente adequada a mistura dos resíduos nas unidades geradoras para posterior separação. Na realidade brasileira, a separação do lixo *a posteriori* acaba sendo efetuada por meio da separação manual, implicando em risco ocupacional para os indivíduos que executam esse tipo de serviço.

Se houver a mistura de resíduos químicos perigosos ou infectantes com os demais resíduos, toda a massa final terá características de resíduo perigoso ou de risco biológico. Ao ser segregada dos demais resíduos, apenas a parcela contaminada ou infectada será objeto de tratamento específico, o que reduz riscos e custos.

Portanto, a etapa de segregação de RSS é parte integrante do gerenciamento interno dos RSS em um estabelecimento gerador. De acordo com o Art. 14 da resolução CONAMA nº 358/2005: “é obrigatória a segregação dos resíduos na fonte e no momento da geração, de acordo com suas características, para fins de redução do volume dos resíduos a serem tratados e dispostos, garantindo a proteção da saúde e do meio ambiente”. Assim sendo, essa resolução institui a responsabilidade dos estabelecimentos de saúde pelo gerenciamento interno e externo dos resíduos gerados em suas dependências.

Quanto ao tratamento dado a esses resíduos, desde as tecnologias mais simples quanto as mais avançadas, sempre há algum inconveniente tanto do ponto de vista sanitário quanto do econômico. Alguns tipos de tratamento são citados (D'ALMEIDA; VILHENA, 2000):

⇒ Tratamento por microondas: processo de desinfecção dos resíduos a temperaturas de 90 a 100 °C por 30 minutos. Após esse tratamento, os resíduos são dispostos em aterros sanitários;

⇒ Autoclavagem: processo de esterilização dos resíduos com aplicação de vapor saturado sob pressão superior à atmosférica, com custos de instalação e operação elevados;

⇒ Incineração: queima dos resíduos em temperaturas entre 800 a 1000°C, reduzindo drasticamente massa (em até 70%) e volume (em até 90%). Apresenta uma série de vantagens e desvantagens incluindo a geração de poluentes devido aos teores elevados de elementos tóxicos presentes nos RSS;

⇒ Métodos alternativos: fervura em água, esterilização fracionada, esterilização por radiação ionizante e não ionizante, desinfecção por substâncias químicas na forma líquida, por gases ou vapores químicos e encapsulamento.

Resíduos industriais

Assim como os resíduos de serviços de saúde, os resíduos industriais também se configuram de grande risco sanitário e ambiental por eventualmente conter compostos tóxicos e altamente poluidores, como substâncias orgânicas e metais pesados.

Os danos à saúde pública e à saúde dos trabalhadores em relação a essa classe de substância são diversos, pois:

⇒ Há a liberação de metais tais como mercúrio, chumbo, cromo e cádmio que causam diversos danos fisiológicos;

⇒ Os poluentes orgânicos liberados alteram a fisiologia celular sendo muitos desses derivados tidos como extremamente cancerígenos;

⇒ O meio ambiente sofre danos irreversíveis sendo que, tanto os resíduos orgânicos quanto os metais, podem se agregar às cadeias alimentares da fauna local prejudicando um grande número de animais mesmo sem haver contato direto com o local poluído ou com os poluentes em questão.

Os resíduos industriais inferem em grande problema de ordem sanitária e ambiental, possuem toxicidade extremamente alta incluindo um grande número de substâncias e elementos químicos cancerígenos e impactantes.

Cabem às indústrias elaborarem um sistema integrado de gestão ambiental, minimizando os impactos ambientais e implantando estruturas e métodos de produção mais limpa com uso racional de matérias-primas não renováveis e diminuição das fontes de poluição.

O Estado também deve, por sua vez, elaborar uma legislação específica para resíduos tóxicos, fiscalizando os municípios, que devem estar atentos às áreas de ocupação. Cuidados especiais devem ser tomados considerando a qualidade do solo (condições geológicas, sanitárias e de aplicação) e da água (indicadores físicos, químicos e biológicos), uma vez que locais com antigos aterros industriais ou mesmo indústrias que exerciam atividades poluidoras, podem estar, atualmente, sendo utilizados para outros fins como áreas residenciais ou de recreação. Eventualmente, os meios de comunicação anunciam explosões em áreas residenciais, fortes odores exalados ou mesmo águas contaminadas em poços artesianos.

As áreas contaminadas podem se originar de acidentes, vazamentos, desrespeito aos procedimentos seguros para o manejo de substâncias perigosas ou até mesmo desconhecimento dos perigos em épocas passadas, causando o que denomina-se passivos ambientais.

De acordo com a CETESB (2005), o número de áreas contaminadas no Estado de São Paulo está aumentando gradativamente desde 2002 quando foi divulgado a existência de 255 áreas contaminadas. Em 2003, este número subiu para 727, passando para 1.336 em 2004, e atingindo a marca de 1.504 em 2005.

Segundo o órgão ambiental, o aumento do número de áreas contaminadas foi devido à ação de licenciamento e controle sobre os postos de combustíveis, sobre as fontes industriais, comerciais, de tratamento e disposição de resíduos e ao atendimento aos casos de acidentes. Os principais grupos de contaminantes encontrados foram: combustíveis líquidos, solventes aromáticos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs), metais e solventes halogenados (CETESB, 2005).

Nos Estados Unidos, até o ano de 2000 foram registradas 63.000 áreas contaminadas sendo necessárias ações para remediação em 23.000 delas. Em alguns países como a Holanda, a Alemanha, a França e a Bélgica foram encontradas até o momento, respectivamente, 60.000, 55.000, 3.500 e 7.000 áreas contaminadas que necessitam de remediação (CETESB, 2005).

A remediação é um conjunto de tecnologias aplicadas à recuperação ou tratamento de áreas contaminadas, e que pode ser realizada por degradação química ou biológica. Quando se utiliza microorganismos ou plantas nesse processo, é denominado biorremediação.

É importante ressaltar que as indústrias devem se adequar aos órgãos ambientais locais evitando possíveis contaminações, promovendo a prevenção e minimização da produção de resíduos, aprimorando o conhecimento e informação sobre os aspectos da gestão desse tipo de resíduo e sobre os efeitos dessas substâncias sobre a saúde da população e do meio ambiente como um todo (BRAGA et al., 2002).

Formas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos

Existem diversas formas de tratamento e disposição final de resíduos que devem levar em conta as características físicas, químicas e biológicas. Entretanto, a maioria dos resíduos produzidos no Brasil, como visto anteriormente, é disposta de forma inadequada. De acordo com Ferreira (2000), este tipo de atividade é o principal fator responsável pelos impactos no ambiente e na saúde pública, principalmente nos países da América Latina e Caribe.

Portanto, o gerenciamento dos resíduos sólidos é uma necessidade visível e urgente. Dentre as opções de um gerenciamento adequado e ideal estão a redução na fonte, a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a combustão com geração de energia e a disposição em aterros. Um manejo integrado desses resíduos deve basicamente utilizar essas alternativas de modo conjunto, e não individualmente, como é muito comum nos municípios brasileiros. Como consequência dessa interação pode-se resultar em uma diminuição do problema de disposição dos resíduos urbanos.

Contudo, esse gerenciamento não é simples e deve ser elaborado articuladamente com ações normativas, operacionais e de planejamento levando-se em conta critérios sanitários, ambientais e econômicos (D'ALMEIDA; VILHENA, 2000). Segundo Hamada (2004), não se deve focalizar ou comparar alternativas individuais mas sim, sintetizar os sistemas de manejo de resíduos atuando sobre todo o fluxo, comparando os tratamentos do ponto de vista ambiental e econômico.

Entretanto, todas as opções oferecidas para um adequado gerenciamento dos resíduos possuem tantos pontos positivos quanto negativos e devem ser analisados considerando a potencialidade de cada região. Gonçalves (1997), Schalch et al. (s.d.) e Barreira (2000), apontam as principais vantagens e desvantagens em relação aos tipos de tratamento adotados pela maioria dos municípios brasileiros:

Lixão

Conceito: Local onde o lixo urbano ou industrial é acumulado de forma rústica, a céu aberto, sem qualquer tratamento, sendo na maioria, clandestinos.

Vantagens: a curto prazo apresenta os custos mais baixos para a disposição dos resíduos, pois não há tratamento dos materiais nem ao menos controle da área.

Desvantagens: contamina a água, o ar e o solo e traz inúmeros prejuízos para a saúde pública, como já discutido anteriormente.

Aterro sanitário

Conceito: segundo a norma NBR 8419 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1984), aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos consiste na técnica de disposição no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método consiste na utilização de princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível. Ao final de cada jornada de trabalho ou em intervalos menores, os resíduos são cobertos com uma camada de terra. Gonçalves (1997) aponta que o aterro sanitário deve ter o solo impermeabilizado e contar com sistema de drenagem e coleta de chorume.

Vantagens: solução econômica, podendo ocupar áreas já degradadas como antigas mineradoras; aceita qualquer tipo de resíduo sólido; na cobertura dos resíduos; emprega equipamentos normalmente utilizados em serviços de terraplanagem; controla a proliferação de vetores; diminui a ação dos catadores e é indispensável, mesmo adotando-se outras formas de tratamento.

Desvantagens: tem vida útil curta; se não houver controle, pode receber resíduos de serviço de saúde e industriais; não há recuperação de materiais recicláveis; disponibilidade de terra para cobertura em quantidade limitada; se mal gerenciado pode acarretar os mesmos danos apresentados pelos lixões.

Usinas de compostagem

Conceito: local onde os materiais orgânicos (restos de preparo de alimentos e jardinagem) provenientes dos resíduos domésticos são separados dos materiais inertes (vidro, plástico, alumínio) e levados a locais apropriados (pátios de compostagem, silos, tambores rotativos) para sofrerem processo de degradação controlada para produção do composto.

Vantagens: transforma os resíduos orgânicos de origem vegetal e animal – que em seu estado natural não têm praticamente nenhum valor – em composto; se o tratamento for adequado (separação de materiais biodegradáveis, tempo de retenção da matéria orgânica, aeração), o composto torna-se um excelente adubo orgânico e pode ser utilizado na agricultura ou atividades correlatas; reduz a quantidade de resíduos a serem dispostos no aterro sanitário e facilita a ação de compra/venda entre sucateiros e indústrias recicladoras.

Desvantagens: as usinas de compostagem, quando gerenciadas de forma incorreta e dentro dos limites urbanos, podem causar transtornos às áreas vizinhas, como mau cheiro e proliferação de insetos e roedores (como por exemplo, a Usina de Compostagem da Vila Leopoldina em São Paulo, interditada em setembro de 2004 em decorrência de reclamações da vizinhança do entorno da usina); a compostagem depende integralmente da coleta seletiva e o composto só será de boa qualidade se for livre de impurezas e metais pesados tão presentes em nossos resíduos; quando o processo de compostagem não é bem praticado, ou seja, sem separação de resíduos inertes, sem revolvimentos periódicos e sem o tempo necessário para total degradação da matéria orgânica, o composto produzido se torna de baixa qualidade causando queda no seu preço, não pagando pelos custos da sua produção.

Incineração

Conceito: local onde é feita a queima controlada do resíduo inerte. A utilização do calor dos incineradores na produção de energia é uma prática comum na Europa, Japão e EUA, que paralelamente à solução do problema direto dos resíduos em geral (urbanos, de serviços de saúde, industriais e outros) resolvem em parte a crise de energia nesses países (LEÃO, 1997).

Vantagens: reduz consideravelmente o volume de resíduos, transformando esse material em escória e cinzas de fácil destinação final; não há necessidade de áreas muito extensas podendo o incinerador se localizar em áreas próximas aos centros urbanos; possibilidade de recuperação de energia e elimina satisfatoriamente sob o ponto de vista sanitário, os resíduos considerados potencialmente perigosos como os RSS e os industriais.

Desvantagens: necessidade de investimento elevado; altos custos na operação e manutenção; possibilidade de danos atmosféricos por meio do lançamento de gases poluentes (dioxinas e furanos); exigência de mão-de-obra especializada na sua operação e, no caso do Brasil, a incineração é particularmente dificultada em função da elevada umidade presente nos resíduos sólidos urbanos.

Reciclagem

Conceito: a reciclagem consiste no reaproveitamento de materiais, seja no mesmo processo que os originou ou num outro que resultará em um produto com características diferentes do material de origem, apresentando uma ou mais possibilidades de utilização (LEÃO, 1997).

Vantagens: o reaproveitamento de materiais evita que os recursos renováveis e não-renováveis sejam utilizados para manufatura de novos produtos; enorme economia de água e energia em comparação à produção com matéria-prima virgem; geração de empregos e possibilidade de lucro.

Desvantagens: o processo de reciclagem possui um custo muito elevado, além da necessidade de uma logística extremamente cuidadosa; a distância entre as fontes geradora e recicladora é um fator decisivo na viabilidade econômica da reciclagem dos materiais; a falta da coleta seletiva inviabiliza os processos de reaproveitamento e isso está diretamente interligado com uma educação ambiental freqüente, contínua e realmente efetiva; sem a colaboração e investimentos dos munícipes é quase impossível a viabilidade do processo.

No caso da reciclagem, deve ser salientado, no entanto, que a lógica mercantilista não leva em consideração os ganhos em termos ambientais do reaproveitamento de matérias-primas. A longo prazo, como já indicado na Agenda 21 a reciclagem é uma

das estratégias fundamentais para alcançarmos o objetivo de uma sociedade verdadeiramente sustentável (UNCED, 1992).

A hierarquia imposta pela Política Nacional de Resíduos Sólidos quanto ao seu manejo, tem a minimização de resíduos em primeiro plano, seguido pelo reuso, reciclagem de materiais (incluindo a compostagem), a recuperação de energia, incineração e, por último, os aterros sanitários (HAMADA, 2004).

Enquanto nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento as discussões ainda permeiam o tema com poucas ações concretas no setor, a tendência atual dos países desenvolvidos é direcionar-se cada vez mais para uma diminuição na produção de resíduos que possui pontos positivos em diversas esferas, determinando a inter-relação entre os fatores econômicos, ambientais e sociais, não podendo mais ser tratados isoladamente, mas sim de uma forma sistêmica e interligada.

Considerando em primeiro plano a questão econômica, a diminuição na quantidade de resíduos gerados pressupõe um menor custo de produção de materiais de consumo, com menor retirada de matérias-primas para sua constituição. Além disso, com menor quantidade de resíduos há também grande economia destinada ao seu tratamento e destinação final.

Pode-se considerar, nesse caso, que não há praticamente diferenciação entre as questões econômicas e ambientais, visto que, evitando-se a geração de resíduos, conseqüentemente, evita-se os custos de tratamento e aterramento que indiscutivelmente são processos extremamente custosos e, quando mal gerenciados, têm conseqüências diversas sobre as saúdes pública e ambiental.

O não tratamento ou disposição inadequada de resíduos concentra inúmeros fatores negativos que prejudicam todo o equilíbrio do sistema que funcionaria numa ordem natural se o fator decompositor suportasse a capacidade natural de produção e consumo.



Segundo Bidone (2001), o equacionamento do problema estaria na melhor aplicação e desenvolvimento sobre a fase da decomposição com sistemas mais eficientes de recuperação, reciclagem e reutilização de resíduos. Entretanto, esse autor ressalta a importância de garantir primeiramente o chamado 1º R, ou seja, redução ou minimização, atuando fortemente na fase inicial da geração.

Infelizmente não é ainda o que ocorre, pois a quantidade de resíduos gerada diariamente pela população ultrapassa em muitas vezes a capacidade de absorção do ambiente (OLIVEIRA, 1997). Como agravante dessa situação, a falta de gerenciamento, controle, fiscalização e políticas públicas de proteção ambiental visando adequar o desenvolvimento econômico à preservação dos recursos naturais têm contribuído para uma situação extremamente alarmante.

É necessário que os consumidores mudem sua postura em relação à geração de resíduos, diminuindo-a em quantidade e que exerçam uma pressão efetiva para uma mudança no sistema produtivo, escolhendo produtos com certificação, selos verdes e que sejam ambientalmente seguros.

Entretanto, de acordo com Jacobi (1997), ainda são muito recentes e incipientes as práticas de alguns consumidores mais conscientes sob o ponto de vista ecológico. Segundo este autor, as mudanças só serão garantidas por meio de ações sócio-políticas que fortaleçam a participação dos cidadãos em processo de engajamento de interesse público, apoiado em processos educacionais, garantindo as condições de acesso dos diversos atores sociais envolvidos às informações em torno do impacto provocado pelos problemas ambientais.

Considerações finais

Os resíduos sólidos como um todo, desde algumas décadas atrás, se tornaram um grave problema mundial que afeta diretamente a qualidade do meio ambiente, a saúde das pessoas, a economia, dentre outros. As alternativas para modificar esse panorama aplicam-se em ações de curto a longo prazo.

A Educação Ambiental surge nesse cenário como uma busca por uma melhor qualidade de vida e na tentativa de modificar o estado atual do planeta com a reformulação de alguns hábitos de consumo, um exercício maior da cidadania e por um desenvolvimento mais sustentável.

Portanto, pode-se considerar a Educação Ambiental um forte aliado e um instrumento indispensável para a mudança de valores e atitudes em relação ao meio ambiente e as desigualdades sociais, e em relação aos resíduos sólidos seu papel é extremamente importante, na tentativa de inserir o homem no ambiente em que vive, fornecendo-lhe base e diretrizes para a discussão e intervenção, dando-lhe direitos e cobrando deveres no cuidado com o planeta.

Sendo assim, as práticas de coleta seletiva, compostagem caseira, oficinas e feiras com sucatas, reciclagem de papel, palestras e discussões educativas, permeiam o trabalho de educação ambiental na temática dos resíduos, onde são colocadas as responsabilidades de cada indivíduo como parte integrante de uma sociedade que necessita rever, urgentemente, seus padrões de consumo e suas relações com o meio ambiente.

Contudo, para que essa melhoria seja efetiva, não só a educação basta, mas deve ser acompanhada pela tomada de decisão política, visando o interesse comum, com ações concretas e mais responsáveis.



Entretanto, a política e seus instrumentos que deveriam servir como base e diretrizes para as práticas de gestão, gerenciamento e educação da população, em geral, ainda encontram-se muito escassas no Brasil, prejudicando sobremaneira as práticas de melhoria da questão ambiental e qualidade de vida dos cidadãos (JACOBI; TEIXEIRA, 1998).

Quanto aos resíduos, além da falta de uma política específica (a Política Nacional de Resíduos Sólidos encontra-se em fase de ante-projeto), existe ainda a necessidade de investimentos emergenciais que incentivem formas de tratamento alternativas que gerem menos impactos possíveis e sejam eficientes e ambientalmente seguras. Além disso, a sociedade como um todo deveria arcar com a responsabilidade sobre a geração e o tratamento dos resíduos, repensando suas atitudes e modificando hábitos nocivos a sua própria qualidade de vida.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos visa definir, entre outros temas, a responsabilidade dos diferentes setores da sociedade e mesmo dos indivíduos quanto à geração de resíduos com a aplicação de programas que visem estimular a redução, reutilização e reciclagem. Além disso, a Política, por meio de diretrizes e normas, destaca a adoção de sistemas de gestão ambiental, a universalização do acesso e a auto-sustentabilidade dos serviços de limpeza urbana. Entre os fundamentos da Política Nacional estão: a descentralização político e administrativa; a integração das ações nas áreas de saneamento, meio ambiente, saúde pública e ação social; a participação da sociedade; a responsabilidade dos geradores no gerenciamento dos resíduos sólidos além da responsabilização pós-consumo do fabricante e/ou importador pelos produtos e respectivas embalagens ofertados ao consumidor final (HAMADA, 2004).

Dessa forma, cabe a todos os cidadãos exigir leis que incentivem uma produção mais limpa, com diminuição dos impactos causados por grandes geradores de resíduos, a responsabilidade das indústrias perante seus produtos colocados no mercado, na tentativa de melhorar as condições ambientais e de saúde pública advindas da falta de preocupação com os impactos causados pelos resíduos sólidos que são produzidos para nossa própria subsistência.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8419. *Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos urbanos – procedimento*. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004. *Resíduos sólidos*. classificação. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, mai./2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10007. *Amostragem de resíduos*. São Paulo, 1987.

AZEVEDO, M. A. DE; HELLER, L.; SCHALCH, V. Avaliação do potencial de risco para a saúde da disposição inadequada dos resíduos sólidos. In: *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa, PB: ABES, set./2001. p. 16-21. p. 1-15.

BARREIRA, L. P. *Produção de composto de resíduos sólidos urbanos e embalagens tipo Tetrapak® e sua aplicação como substrato na produção de mudas de Eucalyptus grandis*. Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista/UNESP, 2000. (Dissertação de Mestrado).

BIDONE, F. R. A. *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização*. Porto Alegre, RS: RiMa, ABES, 2001.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos, SP: EESC/USP, 1999.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; BARROS, M. T. L.; VERAS JUNIOR, M. S.; PORTO, M. F. A. et al. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CETESB. *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas no Estado de São Paulo*. São Paulo, mai./2005.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (Coord). *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DIÁRIO Oficial do Estado de São Paulo. *Relatório de qualidade ambiental do estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2004.

Ferreira, J. A. Resíduos sólidos: perspectivas atuais. In: SISINNO, Cristina Lucia S.; OLIVEIRA, Rosália Maria de. (Orgs). *Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000. p. 19-40.

FUNASA. *Manual de Saneamento*. Brasília: Fundação Nacional de Saúde/Ministério da Saúde/Departamento de Sanemaento, 1999.

GOMES, J. Á.; OGURA, S. K. Considerações sobre os componentes potencialmente perigosos no lixo domiciliar. [Trabalho apresentado no Seminário “Componentes potencialmente perigosos no lixo domiciliar”, 13 de abril de 1993, São Paulo, IPT].

GONÇALVES, C. L. Definindo a questão do lixo urbano. In: *Consumo, lixo e meio ambiente – desafios e alternativas*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/CEDEC/Coordenadoria de Educação Ambiental, 1997. p. 3.

GÜNTHER, W. M. R.; RIBEIRO, H. Resíduos sólidos urbanos. In: RIBEIRO, Wagner Costa (Org). *Patrimônio ambiental brasileiro*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003.

HAMADA, J. *Política nacional de resíduos sólidos*. In: I SICOM – Simpósio sobre Compostagem – “Ciência e Tecnologia”, ago./2004, p. 19-20. Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista, 2004. p. 1-14.

IBGE. *Anuários estatísticos do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

_____. *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

JACOBI, P. Desperdício e degradação ambiental. In: *Consumo, lixo e meio ambiente – desafios e alternativas*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/CEDEC/Coordenadoria de Educação Ambiental, 1997. p. 12.

JACOBI, P.; TEIXEIRA, M. A. C. Resíduos sólidos e educação ambiental: quando a vontade influi nas políticas públicas. In: *Educação, meio ambiente e cidadania*. Reflexões e experiências. São Paulo: SMA/CEAM, 1998. p. 53-60.

LEÃO, A. A. Geração de resíduos sólidos urbanos e seu impacto ambiental. In: *Indicadores ambientais*. Sorocaba; Piracicaba, SP: Liber Arte, jun./1997. p. 213-222.

MMA. *Consumo sustentável: manual de educação*. Brasília: Consumers International/MMA/IDEC, 2002, 144 p.

OLIVEIRA, S. M. L. de. Resíduos sólidos na região metropolitana de São Paulo: uma visão contemporânea. *Consumo, lixo e meio ambiente*.

Secretaria do Meio Ambiente/CEDEC/Coordenadoria de Educação Ambiental. São Paulo, 1997, (nº especial), p. 8-9.

PELICIONI, A. C.; NETTO, F. S.; WIELICZKA, M. G. Z.; DANTAS, V. M. Educação ambiental na formação de agentes comunitários. In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília Focesi. *Educação ambiental: desenvolvimento de cursos e projetos*. São Paulo: Signus Editora, 2000. p. 253-265.

ROCHA, A. A. *Lixo: aspectos epidemiológicos, classificação, características e processos de tratamento e disposição final*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 1980.

RODRIGUES, M. S. Composted societal organic wastes for sustainable wheat (*Triticum aestivum*) production. Wye; 1996. [Tese para obtenção do título de PhD – Wye College/ University of London].

SCHALCH, V.; ALMEIDA LEITE, W. C. DE; GOMES, L. P. *Curso sobre gerenciamento de resíduos sólidos* [Apostila do Curso de pós-graduação]. São Carlos, [n.d.] 227 p.

SISINNO, C. L. S. *Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000. Resíduos Sólidos e Saúde Pública, p. 41-57.

TAKAYANAGUI, A. M. M. et al. *Manual de orientação sobre resíduos de serviços de saúde*. Grupo Interinstitucional de Estudos da Problemática de Resíduos de Serviços de Saúde. Ribeirão Preto, 2005.

UNCED. *Agenda 21 – Conferência das Nações Unidas sobre o ambiente e o desenvolvimento*. Rio de Janeiro, n. 3-4, jun./1992. 451p.

Capítulo 7 Ecologia e Saúde Pública

Profa. Dra. Zoraida Fernández Grillo

A palavra *ecologia* vem do grego *oikos*, que significa “casa”, o nosso meio ambiente mais próximo. Em 1870, o zoologista alemão Ernst Haeckel deu a este termo um significado mais abrangente: o estudo do meio ambiente natural e das relações dos organismos entre si e com os seus arredores. Haeckel escreveu que, “Ecologia é o estudo de todas as complexas relações referidas por Darwin como as condições de luta pela existência” (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993).

Assim, a ecologia é a ciência que estuda a interação dos organismos no ambiente em que vivem. O termo ambiente inclui *fatores abióticos* (físicos e químicos), tais como água, nutrientes, luz, temperatura e vento, e *fatores bióticos*, todos os outros organismos que afetam a vida dos indivíduos (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993).

O termo ecologia tornou-se de uso geral somente no final do século 19, quando cientistas americanos e europeus passaram a se autodenominar Ecólogos. Desde então a ecologia tem sofrido imenso crescimento e diversificação nas áreas que abrange, e embora seja classificada como um ramo da biologia, precisa dos conhecimentos das ciências exatas e sociais para seu desenvolvimento. Dentro dessa diversidade tão complexa, surgiram várias especializações dentro da ecologia, todas elas com o objetivo comum de avaliar e entender a natureza e as consequências das interações entre os seres vivos e o ambiente (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993).

A ecologia teve suas raízes na história natural descritiva, mas posteriormente, desenvolveu-se em um campo de questio-

namentos, abordando níveis que iam desde a relação dos indivíduos com seu ambiente até a estrutura de comunidades e ecossistemas.

É importante ressaltar que os organismos tanto influenciam quanto são influenciados por seus ambientes. Neste contexto, as mudanças ambientais causadas por nossa própria espécie são um dos grandes problemas estudado pelos ecólogos no mundo moderno.

Neste capítulo concentraremos nossa atenção no conceito de ecossistema, fluxo de energia e ciclo de materiais, nas principais interações biológicas e sua influência na estrutura das comunidades, e o impacto do homem no ambiente e seu efeito no surgimento de doenças infecciosas de importância na saúde pública (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993).

Ecossistemas naturais

Durante o século 19 surgiram vários conceitos que levaram o ecólogo inglês Charles Elton à percepção de que as relações de alimentação ligam os organismos numa unidade ou sistema ecológico. Em 1930, o ecólogo de plantas inglês A. G. Tansley, considerando os animais e as plantas junto com os fatores físicos dos seus arredores, denominou essa unidade de ecossistema (RICKLEFS, 1993).

Simultaneamente, o químico Alfred J. Lotka teve uma visão termodinâmica do ecossistema. Segundo ele, o sistema devia ser representado por um conjunto de equações que expressa as transformações de massa entre seus componentes. Essas transformações se referem à assimilação de dióxido de carbono em compostos orgânicos de carbono pelas plantas verdes e ao consumo de plantas pelos herbívoros e de animais pelos carnívoros.

A idéia do ecossistema como sistema de transformação de energia foi trazida aos ecólogos por um artigo publicado em 1942 por Raymond Lindeman, um jovem ecólogo aquático da Universidade

de Minnesota. Nesse artigo, ele adotou a noção de Tansley de ecossistema e o conceito do Elton de cadeia alimentar (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993).

Cadeia alimentar e fluxo de energia nos ecossistemas

A cadeia alimentar tem vários componentes: produtor primário, herbívoro, carnívoro (primário, secundário e assim sucessivamente), onívoro e detritívoro. Estes componentes foram denominados níveis tróficos por Lindeman e são visualizados como uma pirâmide de energia, ou seja, a energia diminui ao mover-se de um nível mais baixo para um mais alto. Da mesma forma, pode ser construída uma pirâmide de biomassa, a qual mostra a massa dos organismos existente nos diferentes níveis (PURVES et al., 2002).

As plantas constituem o nível trófico dos produtores primários ou seres autotróficos, pois elas capturam a energia solar e a transformam em energia química através do processo de fotossíntese. Neste processo, o carbono de um estado oxidado no CO_2 (baixa energia) é transformado num estado reduzido no carboidrato (alta energia). A quantidade total de energia assimilada pelas plantas ao longo de um ano é chamada de produção primária bruta, e é determinada pela disponibilidade de água e a temperatura. Assim, por exemplo, perto do equador onde as temperaturas são altas e o suprimento de água é adequado, na maior parte do tempo, prosperam florestas altamente produtivas, enquanto que, nos desertos de latitudes pequenas ou médias, onde há limitação de água, a produção primária é baixa. A produção que permanece após a subtração de energia que as plantas usam para sua própria manutenção é denominada produção primária líquida. A diferença entre a produção bruta e líquida é a energia da respiração (PURVES et al., 2002).



Os organismos que representam os outros níveis tróficos consomem direta ou indiretamente as moléculas orgânicas produzidas pelos organismos produtores. Estes são também denominados seres heterotróficos ou heterótrofos. Os organismos que consomem as plantas constituem o nível dos herbívoros. Os que consomem os herbívoros são chamados carnívoros primários e os que se alimentam destes, são os carnívoros secundários, e assim por diante. Os organismos que consomem animais mortos ou excretas são os detritívoros ou decompositores. Finalmente, os organismos que se alimentam de mais de um nível trófico são chamados onívoros. As cadeias alimentares são geralmente interconectadas em uma teia alimentar, porque a maioria das espécies em uma comunidade consome e é consumida por mais de uma espécie.

É importante ressaltar que parte da energia que os organismos utilizam na sua manutenção é dissipada como calor (segunda lei da termodinâmica), por essa razão, apenas uma pequena porção da energia capturada em um nível trófico é transferida para os organismos no próximo nível (FORATTINI, 1993; PURVES et al., 2002).

Ciclos biogeoquímicos

Como foi mencionado anteriormente, o fluxo de energia nos ecossistemas esta em acordo com a segunda lei da termodinâmica. Por outro lado, os elementos químicos não são perdidos quando são transferidos de um organismo para outro. Eles circulam repetidamente através dos organismos e do ambiente físico.

Entre todos os elementos químicos conhecidos, a maioria participa na composição da matéria viva. Vinte e cinco deles são considerados essenciais e são chamados de nutrientes, mas só nove

desempenham funções importantes nos sistemas vivos e são denominados macronutrientes. São o carbono (C), o hidrogênio (H), o nitrogênio (N), o oxigênio (O), o potássio (K), o fósforo (P), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o enxofre (S). Os quatro primeiros entram na composição da água, proteínas, hidratos de carbono e lípidos. Outros elementos são necessários em quantidades menores, motivo pelo qual recebem o nome de micronutrientes. São eles o ferro (Fe), o manganês (Mn), o cobre (Cu) e o sódio (Na) (FORATTINI, 1992, 1996; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

Os ciclos mais relevantes são os do carbono e oxigênio, do nitrogênio, do fósforo e do enxofre. Para cada um destes elementos existem reservatórios que estão na atmosfera, no caso dos três primeiros e na crosta terrestre, para os outros dois.

O carbono circula sob a forma de gás dióxido (CO_2) e está presente na atmosfera, na concentração de 0,03%, ou dissolvido na água. Sua reciclagem nos sistemas aquáticos e terrestres acontece mediante três grandes processos. O primeiro inclui reações assimilativas e desassimilativas de carbono na fotossíntese e na respiração. A segunda classe inclui a troca de CO_2 entre a atmosfera e os sistemas aquáticos. O terceiro processo, chamado carbonificação, consiste na dissolução e precipitação de compostos minerais no solo. Este fenômeno é responsável pelas reservas existentes como húmus, turfa, carvão e petróleo.

O oxigênio está na concentração de 20,95% no ar e interage com o carbono nos processos de fotossíntese e respiração, resultando na formação dos compostos orgânicos aproveitados pelos organismos (FORATTINI, 1992, 1996; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

Embora o gás nitrogênio (N_2) represente 78,08% da atmosfera, ele é pouco aproveitado pela maioria dos organismos

nessa forma. Ele pode ser convertido em compostos orgânicos por bactérias e cianobactérias, através do processo de fixação de nitrogênio, e assim permitir a formação de proteínas. O N_2 reduzido é ainda decomposto por microrganismos nitrificantes os quais transformam as proteínas em amônia, nitritos (NO_2) e nitratos (NO_3). O elemento volta à atmosfera pela ação de bactérias anaeróbicas desnitrificantes que o transformam em nitrogênio molecular (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993).

O ciclo do fósforo difere dos outros ciclos mencionados por não possuir uma forma gasosa. A maioria dos depósitos de fosfato é de origem marinha. Na Terra, o elemento torna-se disponível por meio do lento intemperismo e da dissolução de rochas e minerais. Este elemento é assimilado pelas plantas como íon fosfato (PO_4^{3-}) ou compostos semelhantes, diretamente do solo ou da água e esses organismos o incorporam em vários compostos orgânicos na forma de ésteres fosfato. A decomposição desses compostos orgânicos pelos microrganismos garante a volta dos fosfatos para o solo onde são retomados pelas plantas (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993).

O enxofre está presente nos aminoácidos cistina e metionina, requeridos pelas plantas e animais. Os vulcões e chaminés de gases quentes são as únicas fontes naturais não biológicas de enxofre, na forma de dióxido de enxofre (SO_2) e ácido sulfídrico (H_2S). Porém, compostos de enxofre voláteis são também emitidos por organismos terrestres e certas algas marinhas (RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 1993). Certos microrganismos heterótrofos decompõem matéria orgânica liberando gás sulfídrico, parte do qual é convertido em sulfato graças à atuação de bactérias sulfurosas. Aparentemente, o enxofre é sempre suficientemente abundante no ambiente para satisfazer as necessidades dos

organismos vivos. Ele também exerce um importante papel nos padrões climáticos globais.

O homem tem alterado os ciclos biogeoquímicos naturais que acabamos de mencionar. Os combustíveis fósseis, gerados pela transformação de moléculas orgânicas em petróleo, gás natural e carvão, estão sendo usados em taxas crescentes. O produto final da queima desses combustíveis está sendo liberado na atmosfera mais rápido do que esta sendo transferido para os oceanos e incorporado na biomassa terrestre. Este fenômeno, junto com as freqüentes queimas das florestas, tem incrementado o CO₂ atmosférico levando a uma maior retenção de radiação infravermelha na superfície da Terra, produzindo um aquecimento global que esta mudando as zonas climáticas ao redor dos pólos. Evidências atuais indicam que esse aquecimento esta diminuindo as camadas de gelo que circundam as massas de terra polares e os níveis do mar aumentaram, em média, uns poucos centímetros em todo o mundo (RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 1993).

A Organização Meteorológica Mundial e o Programa Ambiental da Organização das Nações Unidas instituíram, em 1988, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (PIMC), o qual tem a finalidade de alertar ao mundo quanto à problemática da alteração do clima global. Esta organização estima que a temperatura aumente de 1 °C para 3 °C antes do final do século 21. Se isso acontecer, é previsto que grandes extensões de florestas sejam substituídas por savanas, que aconteçam movimentos migratórios de diversos organismos para outras regiões nas quais possam se adaptar às novas condições climáticas, e que espécies oportunistas, que se adaptam bem às situações perturbadas, substituam as populações originais. Essas espécies oportunistas poderiam explorar os ecossistemas, produzindo uma redução da biomassa e dos nutrientes disponíveis, resultando numa maior deterioração do solo (RICKLEFS, 1993; FORATTINI, 1996; PURVES et al., 1993).



Os ciclos do enxofre e do nitrogênio também têm sido alterados pelo homem pela queima de combustíveis fósseis gerando a chamada precipitação ácida, ou seja, chuva ou neve cujo pH é diminuído pela presença de ácido sulfúrico e ácido nítrico. Este fenômeno é maiormente observado em países industrializados. A precipitação com um pH de 3,5 ou menos causa dano direto às folhas das plantas e reduz as taxas de fotossíntese. Atualmente, com a criação das Emendas da Lei do Ar Puro de 1990, houve uma redução nas emissões de enxofre na maior parte do leste dos Estados Unidos e a precipitação é menos ácida do que era há 15 anos (RICKLEFS, 1993).

Além das alterações mencionadas, as atividades humanas estão aumentando a circulação de elementos como o chumbo e criando ciclos de substâncias químicas sintéticas, tais como o DDT. Todas essas mudanças estão causando sérios problemas ambientais afetando o ciclo biológico e distribuição geográfica de vários agentes patogênicos e de seus vetores. Conseqüentemente, as distribuições geográfica e sazonal de múltiplas doenças infecciosas estão sendo alteradas, produzindo agravos à saúde humana. Dentro deste contexto cabe mencionar a emergência e reemergência de doenças infecciosas, conceitos que serão tratados com maior detalhe posteriormente (FORATTINI, 1992, 1996; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 1993).

Ecologia de comunidades

Os organismos que compartilham uma determinada área, interagindo uns com os outros em diferentes graus de intensidade e de multiplicidade de tipos, constituem uma comunidade ecológica. As interações podem acontecer entre organismos da mesma espécie

ou entre diferentes espécies, sendo consideradas no primeiro caso intra-específicas e no segundo, interespecíficas.

De um modo geral, o contato entre organismos influencia ou interfere na sobrevivência dos mesmos. Assim, a condição em que uma população é afetada em proveito de outra é chamada de interação negativa. Enquanto que aquela na qual as duas populações recebem benefício é denominada de interação positiva (PURVES et al., 2002).

Interações negativas

A *competição* é um tipo de interação negativa na qual dois organismos podem mutuamente prejudicar-se, na obtenção de recurso comum. O recurso é definido como qualquer fator de consumo pelos organismos que leva ao crescimento das populações e cuja disponibilidade é reduzida quando usada. Há duas modalidades de competição. A primeira é aquela em que dois ou mais organismos interagem por um recurso comum limitado e é chamada de competição por recurso ou indireta. A segunda modalidade se refere à defesa de um recurso comum não limitado, e é denominada competição por interferência ou direta (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

A competição entre indivíduos da mesma espécie ou competição intra-específica pode resultar na redução do crescimento e das taxas reprodutivas de alguns indivíduos, pode excluir alguns deles dos melhores habitats e pode causar a morte de outros. A competição entre espécies ou interespecífica afeta os indivíduos da mesma maneira, podendo uma espécie ser excluída de um habitat, fenômeno chamado de exclusão competitiva. Uma estratégia diferente consiste na utilização de recursos que não são utilizados por outras populações, conhecida como partição de recursos (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

De maneira geral, a competição tem como resultado final a conquista de espaço e de alimento garantindo a sobrevivência dos indivíduos. Um tipo de competição direta, considerada por alguns autores como interação interespecífica neutra, o constitui o amensalismo ou antibiose. Neste tipo de interação, a população reduz ou impede o crescimento de outra mediante a produção de substâncias inibidoras, que recebem o nome de antibiótico ou alelopático e que são de grande utilidade na medicina e na saúde pública (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

A *predação* é um tipo de interação negativa onde uma população se alimenta de outra, produzindo uma diminuição na abundância desta. O indivíduo que se alimenta de outro é chamado de predador e o aquele que serve de alimento é a sua presa. Quando a predação é exercida sobre diversas espécies, se fala em polifagia, mas, quando é feita sobre uma ou poucas espécies é denominada monofagia ou oligofagia, respectivamente.

Interações predador-presa resultam freqüentemente em oscilações nas densidades de ambas as populações e o fato de que as populações-presas podem propiciar nos predadores mortalidade dependente da densidade, torna evidente o seu papel regulador.

Os predadores não capturam as presas ao acaso, sendo assim, agentes de seleção natural e de mortalidade. Conseqüentemente, as espécies presas evoluíram uma rica variedade de adaptações que as torna mais difíceis de capturar, dominar e comer. Entre essas adaptações podemos mencionar pêlos e cerdas tóxicas, espinhos duros, substâncias químicas nocivas, estratégias de camuflagem ou mimetismo, entre outros. Paralelamente, os predadores têm desenvolvido mobilidade, sentidos e a habilidades que permitem manipular sua presa.

O mimetismo é uma das adaptações da presa contra a predação mais estudada e se refere à evolução de uma semelhança a algum item não palatável ou não comestível. No mimetismo batesiano, uma espécie palatável mimetiza uma espécie não palatável. O mimetismo batesiano funciona porque um predador que capture um indivíduo de uma espécie não palatável ou nociva aprende a evitar qualquer presa de aparência semelhante. No entanto, se o predador capturar um mimético palatável, ele é recompensado com alimentos e aprende a associar a palatabilidade com a aparência daquela presa (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

Outro tipo de mimetismo, chamado mulleriano, ocorre entre organismos de espécies não palatáveis que vêm a assemelhar-se uns aos outros. Neste caso, quando várias espécies não palatáveis são dotadas de padrões similares de advertência, o aprendizado de rejeição dos predadores se torna mais eficiente, beneficiando todos os membros do complexo de mimetismo (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

O *parasitismo* é considerado por alguns autores como um tipo de interação predador-presa, na qual um organismo de uma espécie vive a custa de outro de outra espécie, criando-se laços de dependência metabólica. Desta maneira, a sobrevivência do primeiro depende do metabolismo do segundo. A primeira espécie recebe o nome de parasito e a segunda, de hospedeiro. De uma maneira geral, os parasitos são considerados consumidores que, segundo a natureza do seu hospedeiro (planta, herbívoro ou carnívoro), podem situar-se ao nível de consumidor primário, secundário, terciário ou quaternário.

Os parasitos são normalmente muito menores do que os organismos parasitados e podem viver ou na superfície (ectoparasitos) ou dentro do corpo dos hospedeiros (endoparasitos). Os ectoparasitos podem obter o oxigênio diretamente do meio exterior,

como o faz, por exemplo, o “berne” (larva da *Dermatobia hominis*). Porém, tanto ectoparasitos quanto endoparasitos utilizam seus hospedeiros como fonte de alimento e como maquinaria genética para fabricar enzimas e outras substâncias importantes para seu metabolismo. Essas substâncias essenciais são chamadas fatores de crescimento.

De uma maneira geral, o parasitismo leva a um processo de *infecção* no organismo que é invadido. Algumas espécies de parasitos só podem infectar uma ou poucas espécies de hospedeiros, muito próximas geneticamente, e são chamados de estenoxenos. Outras podem viver em uma grande variedade de espécies de hospedeiros, são os eurixenos. Além disso, há parasitos que necessitam de um único hospedeiro para completar seu ciclo de vida, são chamados monoxenos. Enquanto que outros que completam seu desenvolvimento passando sucessivamente e na mesma ordem, por dois ou mais hospedeiros, são chamados de parasitos heteroxenos. Os hospedeiros onde se desenvolvem as formas imaturas ou as formas assexuadas dos parasitos são chamados de hospedeiros intermediários; enquanto os hospedeiros onde se desenvolvem as formas adultas de reprodução sexuada, são chamados hospedeiros definitivos. Muitas vezes o hospedeiro intermediário é denominado vetor, que literalmente significa “o portador” em latim. Em epidemiologia é diferenciado o vetor biológico do mecânico. O primeiro, refere-se ao hospedeiro onde o parasito desenvolve parte de seu ciclo biológico, possibilitando a este o acesso ao novo hospedeiro. O segundo, é o organismo que pode contaminar-se com formas infectantes do parasito, transportando-as mecanicamente ao novo hospedeiro.

O encontro do hospedeiro pelo parasito acontece através de um processo denominado transmissão. Neste processo, sucedem uma série de etapas que garantem a sobrevivência do parasito e que em conjunto formam a cadeia de transmissão. A transmissão pode

ser ativa, quando o parasito responde a estímulos do ambiente e do hospedeiro, ou passiva, quando o encontro ocorre pela ação do acaso.

Uma vez que o parasito entra em contato com o hospedeiro, ele poderá desenvolver seu ciclo de vida de duas maneiras. A primeira é através do desenvolvimento das formas infectantes sem reproduzir-se, como acontece com os helmintos filarídeos no hospedeiro intermediário. O segundo mecanismo é através de um processo reprodutivo, acompanhado ou não de desenvolvimento de formas infectantes. O primeiro caso deste segundo mecanismo é exemplificado pelos plasmódios da malária, onde há reprodução e desenvolvimento das formas infectantes nos dois hospedeiros (homem e mosquito), enquanto que o segundo caso, é observado em arbovirus (vírus transmitidos por artrópodes) dentro do hospedeiro (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

Interações positivas

As interações positivas se caracterizam pela ausência de antagonismos, embora os benefícios possam se restringir a um dos parceiros. Este tipo de interação se denomina *comensalismo*. Frequentemente, o comensalismo implica a ocupação de local onde se encontram recursos alimentares, abrigo (*inquilinismo*) e em alguns casos pode incluir possibilidade de transporte (*forésia*). Quando a interação leva a um benefício mútuo, estimulando e propiciando o crescimento das duas populações envolvidas, se fala em *mutualismo*. Este pode ser classificado em trófico, defensivo ou dispersivo dependendo da natureza da relação entre as espécies envolvidas. A origem evolutiva do mutualismo é pouco conhecida, sendo assim um assunto que necessita de maiores estudos (FORATTINI, 1992; RICKLEFS, 1993; PURVES et al., 2002).

Biosfera

O conjunto de comunidades organizadas em ecossistemas naturais, que se mantêm ao longo do tempo é definido como biosfera. A zona de transição entre elas, onde há a possibilidade de uma das comunidades ser substituída por outra, é denominada ecótono (RICKLEFS, 1993).

Os ecólogos descrevem a distribuição dos organismos pela classificação dos ecossistemas. Eles utilizam o termo *bioma* para referir-se a um tipo principal de ecossistema que difere dos outros tipos na estrutura de sua vegetação predominante. A fauna local, pelo fato de apresentar mobilidade e variabilidade, a torna pouco adequada para essa classificação. Assim, a vegetação de um bioma tem uma aparência similar em qualquer lugar da Terra que ocorra, mas as espécies vegetais dessas comunidades podem não estar relacionadas evolutivamente.

A distribuição dos biomas na Terra é fortemente influenciada pelos padrões anuais de temperatura e pluviosidade. Assim por exemplo, nas florestas temperadas decíduas a precipitação é constante ao longo do ano, mas a temperatura varia muito entre o verão e o inverno. Nas florestas tropicais úmidas ocorre o contrário, a temperatura é constante ao longo do ano, enquanto que a precipitação varia sazonalmente. Nos trópicos, onde as flutuações sazonais de temperatura são pequenas, os ciclos climáticos anuais são dominados por períodos de seca e de chuva.

Os principais encontrados no Brasil são os seguintes:

1 Savana. Cobertura vegetal com predomínio de gramíneas, subarbustos e árvores pequenas. Estas podem se apresentar espalhadas ou agrupadas, mas não cobrindo mais do que o 10% do solo. O cer-rado e a catinga são exemplos desse bioma e são encontrados na região centro-oeste e nordeste, respectivamente.

2 Campo ou campo limpo. Predomínio de vegetação rasteira, sem árvores, arbustos ou plantas persistentes. Pode ser encontrado nas regiões sudeste e sul.

3 Floresta. Este bioma se caracteriza pelo predomínio arbóreo, cobrindo 60% ou mais da superfície do solo. No Brasil são reconhecidos dois tipos gerais. Um corresponde à *floresta úmida* ou *bigrófila* e o outro à sazonal *subcaducifólia*. A primeira constitui o bioma onde a diversidade de espécies é elevada e a porcentagem de árvores que perdem as folhas no período anual (deciduidade), não ultrapassa 10%. As matas amazônica e tropical atlântica são os exemplos mais representativos desse bioma. A floresta subcaducifólia apresenta também elevada diversidade de espécies e a deciduidade é variável (10% a 90%), dependendo do comprimento do período seco. A cobertura florestal planáltica das regiões sudeste e sul constituem exemplos desse tipo de bioma.

Os demais biomas, citados na literatura, como a tundra, estepe, floresta temperada e de coníferas, e deserto, não se encontram representados no Brasil, ou quando existem, se apresentam com menor extensão em relação aos anteriores.

Ambiente antrópico

O *Homo sapiens*, a diferença dos outros animais, é conseqüência do seu desenvolvimento cultural. Conseqüentemente, sua interação com o meio ambiente e com outros organismos é determinada pela estrutura social.

A humanidade constitui apenas 4×10^{-5} do total da biomassa existente na Terra. No entanto, o impacto que exerce sobre a natureza é tão desproporcional que chega a afetar toda a Biosfera, contribuindo com o empobrecimento gradual da biota, tanto animal como vegetal. O homem modifica os ecossistemas naturais

favorecendo, por exemplo, o estabelecimento e crescimento de espécies oportunistas que se adaptam rápido ao novo médio e eventualmente substituem as espécies primitivas, às vezes de tipo clímax. Este fenômeno é conhecido como *regressão* e os ecossistemas gerados através deste processo são chamados *ecossistemas antrópicos*.

Entre os ecossistemas antrópicos mais comuns podemos mencionar:

- ◆ O ecossistema gerado pelas atividades pré-agrícola, como são a caça, a pesca e a coleta de vegetais ou outro material biológico. Dentro deste contexto o homem usufrui o ecossistema natural, produzindo alterações nele. Acredita-se que hoje em dia o 4% da população mundial ainda realiza esse tipo de atividades.

- ◆ O ecossistema rural-agrícola, onde se passa da dependência das populações naturais para a produção de alimentos. Assim, o homem mantém contato com o meio natural e com espécies animais e vegetais domésticas, predominando a atividade agropecuária. Essa atividade gera mudanças extensas e intensas do ecossistema natural, com a finalidade de produzir energia, representada pelos alimentos. No entanto, em muitos países como o Brasil estão sendo construídas usinas e hidroelétricas em regiões rurais com a finalidade de obter outros tipos de energia. Além disso, novas tecnologias agrícolas estão sendo desenvolvidas com o objetivo de melhorar a produção e atingir as necessidades da população.

- ◆ O ecossistema ou ambiente urbano-industrial, onde o homem se desvincula completamente do ambiente natural e se concentra em espaço limitado. Neste ambiente, há um uso maciço de energia representada pelos combustíveis e pela eletricidade e são produzidos muitos resíduos de maneira concentrada que são lançados fora do ambiente, gerando em muitos casos alterações nos ciclos biogeoquímicos. Atualmente, 75% da população dos países

industrializados vivem nas cidades, enquanto que naqueles em desenvolvimento, as zonas urbanas representam as áreas de mais rápido e intenso crescimento demográfico.

Dentro deste processo de transformação do ambiente natural em ambiente antrópico, algumas espécies, animais e vegetais, são eliminadas e outras vão se adaptando aos novos nichos criados pelo homem. Desta forma, podem ser diferenciadas duas maneiras fundamentais de adaptação das espécies, a *domesticação* e a *domiciliação*.

A *domesticação* é o processo de adaptação de plantas e animais, de interesse para o homem, ao convívio com ele e sua utilização do ponto de vista econômico e hedonístico. Enquanto que a *domiciliação* é a adaptação de espécies aos nichos gerados pela atividade antrópica em ausência de iniciativa humana. Em ambos casos, o patrimônio genético dessas espécies é alterado pela seleção artificial gerada pela atividade antrópica e não, pela seleção natural.

O processo de domiciliação compreende ampla gama de espécies que se estende desde os microorganismos diversos até os metazoários vertebrados. Algumas espécies se adaptaram de tal forma ao convívio humano que se tornaram dependentes dele, como é o caso das parasitoses humanas. Dentro deste contexto podemos citar as chamadas *infecções emergentes* e *reemergentes*, as quais na atualidade causam preocupação na saúde pública.

Infecção emergente é aquela gerada por agente de identificação recente e antes desconhecida. Enquanto que a *reemergente* é aquela que reaparece ou se expande para regiões onde sua presença não tinha sido relatada. No Brasil temos como exemplos e dentre as veiculadas por culicídeos, a encefalite causada pelo vírus Rocio (infecção emergente) e a dengue (infecção reemergente).

O aparecimento das infecções emergentes e o ressurgimento das reemergentes têm sido associados a fatores físicos (principalmente as alterações de temperatura e precipitação atmosférica, gerados pelo

aquecimento global), biológicos (adaptação de agentes infecciosos e seus vetores aos novos nichos e condições ambientais gerados pela ação antrópica e outras mudanças ambientais) e sociais (o crescimento da população humana, a urbanização, a pobreza, os movimentos migratórios, o uso irracional da terra e a deterioração dos serviços de saúde pública, constituem os principais fatores). Outros fatores como o desenvolvimento industrial e econômico e o tráfego internacional também favorecem a ocorrência dessas infecções.

Infecções de importância na saúde pública

O conceito de *infecção* já foi mencionado em várias oportunidades neste capítulo, no entanto, considera-se importante discutirmos sobre esse termo antes de falar sobre as infecções de importância na área da saúde pública. A *infecção* é considerada um tipo de parasitismo, ou seja, é uma afecção conseqüente da instalação de um agente patogênico no organismo no qual sobrevive e se reproduz. Ela pode ser aparente, gerando no organismo hospedeiro, sinais e sintomas clínicos, ou inaparente.

As infecções no homem e animais podem ser ocasionadas por vírus, bactérias, fungos, protozoários e helmintos. Neste capítulo trataremos de algumas delas consideradas de importância na saúde pública, principalmente no Brasil.

Doenças causadas por vírus

Arboviroses

As arboviroses são doenças causadas por um grupo de vírus, ecologicamente bem definidos, chamados arbovírus. Constituem um problema de importância em todos os continentes, onde se

apresentam sob forma endêmica (ocorrência habitual de uma doença ou infecção em determinada área geográfica) ou epidêmica (ocorrência de infecção em número que ultrapassa a incidência normal). A maioria deles provoca uma síndrome febril benigna, enquanto que outros geram quadro hemorrágico ou de encefalite, acompanhado de significativa letalidade.

O termo arbovírus origina-se das duas primeiras letras das palavras inglesas “arthropod-borne”, acrescidas da palavra vírus. Esses vírus são mantidos na natureza mediante a transmissão biológica entre hospedeiros vertebrados suscetíveis e artrópodes hematófagos ou de hospedeiro artrópode a hospedeiro artrópode através da via transo-variana. Esses vírus multiplicam-se e produzem viremia nos vertebrados, multiplicam-se nos tecidos dos artrópodes e são passados a novos vertebrados suscetíveis, através da picada do inseto, após um período de incubação extrínseca. Esse período dura de cinco a sete dias até algumas semanas, durante o qual o vírus se multiplica nos tecidos do inseto até atingir as glândulas salivares e a partir desse momento, poderá realizar a hematofagia e transmitir o agente infeccioso.

Os arbovírus possuem um genoma constituído por RNA, com uma única exceção, o vírus da febre suína africana, que possui DNA. O genoma RNA pode ser segmentado ou não segmentado e apresentar-se com uma ou duas fitas. Os arbovírus podem ser classificados de acordo com suas propriedades antigênicas ou segundo suas características. No primeiro caso, a informação foi obtida dos resultados dos testes de inibição da hemaglutinação, fixação do complemento e neutralização. De acordo com esse critério, os arbovírus que apresentam cruzamento sorológico formam parte de um mesmo grupo antigênico. Assim, foram criados três grupos antigênicos designados pelas letras A, B e C e dentre eles foram formados subgrupos ou complexos, dependendo do grau de relação entre os vírus.

Com base em suas propriedades físico-químicas, os arbovírus estão distribuídos em cinco famílias: Togaviridae, Flaviviridae, Bunyaviridae, Rhadoviridae e Reoviridae. No entanto, é importante ressaltar que nem todos os membros dessas famílias são necessariamente arbovírus, como é o caso do vírus da Imunodeficiência humana (HIV) incluído na família Reoviridae.

Neste capítulo daremos ênfase a alguns arbovírus que são de grande importância na saúde pública no Brasil e em outros países das regiões tropicais e subtropicais.

Dengue

A febre do dengue é uma doença causada pelo vírus dengue, e ocorre nas regiões tropicais e subtropicais de todos os Continentes, com exceção da Europa. Transmite-se ao homem através da picada do mosquito *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae), porém, outros mosquitos desse gênero, como o *Aedes albopictus* e o *Aedes africanus* têm sido associados como vetores secundários na Ásia e África, respectivamente. Nas Américas, o único vetor do vírus é o *Aedes aegypti*.

A doença se apresenta em duas formas: a forma clássica do dengue (FD), manifestando febre elevada, cefaléia de grau variável, erupção maculopapular e dores musculares e articulares. Alguns pacientes apresentam hemorragias na pele, sob a forma de petéquias, e em casos raros, outros tipos de sangramento, como epistaxe, gengivorragia, hematêmese e hematúria. A forma hemorrágica do dengue (FHD) se manifesta com hemorragias e diminuição do volume plasmático intravascular, o que pode levar o paciente ao choque hipovolêmico ou síndrome de choque (DSS) e à morte. Dois aspectos laboratoriais acompanham os quadros de FHD e DSS, que são a trombocitopenia e hemoconcentração. Esta resulta do

extravasamento do plasma sangüíneo devido ao aumento da permeabilidade vascular.

O vírus dengue pertence ao grupo B dos arbovírus, família Flaviviridae, gênero *Flavivirus*. Esse gênero inclui outros vírus responsáveis por doença no homem, entre os quais, a febre amarela, o West Nile, o Rocio e a encefalite de St. Louis.

Quatro sorotipos imunologicamente distintos e assinalados como DEN-1, -2, -3 e -4, têm sido identificados no vírus dengue. A infecção por esses sorotipos no homem produz imunidade permanente contra reinfeção pelo sorotipo causador da infecção.

O genoma do vírus é RNA de fita simples, com polaridade positiva e se apresenta não segmentado. As partículas virais apresentam 50 a 55 nm de diâmetro e são constituídas por um core de ribonu-cleoproteínas e um envelope de lipoproteínas.

Estudos moleculares das seqüências de nucleotídeos do genoma dos sorotipos do vírus dengue têm permitido classificar os agentes em genótipos. Assim, é sabido que nas Américas circulam um grupo genotípico do DEN-1, dois do DEN-2, um do DEN-3 e um do DEN-4.

No Brasil, as primeiras referências de ocorrência de casos de dengue datam de 1917, quando ocorreram epidemias na cidade de Curitiba, Estado do Paraná, e em localidades do Estado do Rio Grande do Sul. Em 1922-1923 foram detectados casos no Estado do Rio de Janeiro, na cidade de Niterói e povoados vizinhos. Em 1904, Oswaldo Cruz iniciou uma campanha de erradicação do *Aedes aegypti*, na luta contra o vírus da febre amarela. No entanto, o intenso trabalho de erradicação dessa espécie começou em 1944, com a criação do Serviço Nacional da Febre Amarela, obtendo-se êxito em 1955. Dessa maneira, o *Aedes aegypti* esteve ausente do território nacional de 1955 a 1967 e acredita-se que entre 1923 e 1981 não houve notificação de casos de dengue. Na década de 60, o uso indiscriminado dos

inseticidas, o crescente custo desses e a resistência que os insetos expressaram, desestimularam a continuidade dos programas de erradicação em várias partes do mundo, incluindo os países próximos do Brasil. Em consequência, em 1976, o *Aedes aegypti* reentrou no território brasileiro pelo litoral paraense, dispersando-se através dos portos de Salvador e Rio de Janeiro.

Em 1981, houve o primeiro registro de casos clínicos de dengue em forma epidêmica, em Boa Vista, Estado de Roraima. Provavelmente, foi o reflexo da expansão da dengue que ocorreu em vários países da América Central e Caribe. Naquela oportunidade foram isolados os sorotipos 1 e 4.

Em 1986 foi registrada epidemia em Nova Iguaçu, no Estado do Rio de Janeiro, causada por DEN-1. Em 1987, os estados vizinhos foram atingidos detectando-se casos em Alagoas, Ceará, Pernambuco, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo. Dessa maneira, entre 1986 e 1987 foram notificados 93.910 casos de dengue no Brasil. A transmissão do vírus permaneceu discreta até o ano 1990, quando houve incremento no número de casos pela introdução do sorotipo 2 do vírus. Esse sorotipo se dispersou pela costa dos Estados do nordeste brasileiro e região Amazônica, ocasionando FD e SSD.

Em 1999, foi isolado pela primeira vez no Brasil o DEN-3 de um paciente que estava retornando da Nicarágua. Porém, o primeiro caso autóctone foi registrado em 2001, no Estado do Rio de Janeiro. A partir desse ano outros casos foram detectados nos Estados de Roraima, Pará, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo.

No Brasil, assim como em outros países neotropicais, a dengue apresenta uma distribuição sazonal. No inverno, quando a temperatura e o índice pluviométrico diminuem, observa-se também

uma diminuição da densidade do mosquito transmissor, e com ele, do número de pessoas infectadas com dengue. No verão ocorre o contrário.

A manifestação da febre clássica ou da febre hemorrágica do dengue tem sido associada a uma série de fatores, entre eles: idade e sexo, estado imune e patogenicidade de cepas do vírus. Nas epidemias da Ásia, de Cuba e da Venezuela, a FHD tem sido observada com maior freqüência em menores de 15 anos e em mulheres, pois o mosquito transmissor (*Aedes aegypti*) realiza a hematofagia em locais domiciliares e peridomiciliares durante as horas diurnas. Porém, esse padrão não tem sido observado no Brasil. Assim mesmo, a infecção previa por um dos sorotipos do vírus imuniza o paciente contra esse sorotipo, mas não contra os outros três. Assim mesmo, a infecção previa sensibiliza o paciente e aumenta o risco desse indivíduo desenvolver a forma hemorrágica da doença. Outro fator importante de considerar é a existência de cepas ou variedades, em alguns sorotipos do vírus, com maior virulência ou patogenicidade para o homem.

Têm sido mencionados, na literatura, dois ciclos de transmissão do vírus DEN, a saber: 1) os ciclos endêmico e epidêmico, sendo o *Aedes aegypti* o vetor e o homem, o hospedeiro. O *Aedes albopictus* e outros mosquitos do gênero *Aedes* podem participar desses ciclos como vetores secundários; 2) o ciclo zoonótico ou silvestre, que ocorre nas florestas da África Ocidental, Vietnã e Malásia, envolvendo primatas não humanos e mosquitos do gênero *Aedes*.

Não há tratamento específico para o dengue, portanto, as medidas que são tomadas visam à manutenção do paciente, preservando suas funções vitais. A febre alta é usualmente tratada com acetaminofen ou dipirona, nas doses habituais, evitando-se o uso de medicamentos que contenham ácido acetilsalicílico e seus derivados,

devido a sua ação anticoagulante e irritante da mucosa gástrica, facilitando hemorragias e produzindo transtornos no equilíbrio ácido-básico. A hidratação é recomendada sempre que o hematócrito estiver alterado.

Atualmente estão sendo avaliadas vacinas vivas atenuadas contra os sorotipos do dengue, mas no momento, o método mais eficaz para reduzir a incidência da doença consiste em controlar a população do mosquito vetor, através de medidas focalizadas no saneamento doméstico e educação da população humana no sentido de eliminar ou evitar a formação de criadouros do mosquito.

Febre amarela

A febre amarela é uma doença infecciosa que se mantém endêmica ou enzoótica nas florestas tropicais da América do Sul e África intertropical causando periodicamente surtos isolados ou epidemias. O vírus é transmitido ao homem através da picada de mosquitos culicídeos dos gêneros *Aedes*, *Haemagogus* e *Sabethes*.

A doença causada pelo vírus amarílico determina no homem desde quadros inaparentes ou oligossintomáticos (de difícil diferenciação de outras doenças febris), até formas fulminantes. As formas clínicas podem ser divididas didaticamente em quatro tipos: 1) Forma leve ou abortiva da febre amarela que se manifesta com febre e cefaléia; 2) Forma moderada que se expressa no paciente com febre, cefaléia, mialgias, mal-estar, dor lombo-sacral, congestão conjuntival, rubor facial e do pescoço, artralgias e náuseas; 3) Forma grave onde se apresentam os sintomas já mencionados com maior severidade, deixando o paciente prostrado, vômitos alimentares, hemorragias e alterações gerais na bilirrubina, transaminases; 4) Forma maligna onde o paciente precisa de cuidados intensivos, sendo considerada

como emergência médica. Nesta forma todos os sintomas clássicos estão presentes de maneira exacerbada, as hemorragias são freqüentes, acometendo múltiplos órgãos e pode levar o paciente a óbito.

O vírus da febre amarela, como já foi mencionado, está incluído no gênero *Flavivirus*. Possui genoma RNA, de fita simples, linear, não segmentado. Possui 5 proteínas estruturais e 7 não estruturais, das quais a mais importante é a NS1, já que está presente na membrana das células infectadas, podendo induzir anticorpos em camundongos e macacos. Esse achado permitiu o desenvolvimento da vacina 17D.

Até recentemente desconhecia-se a origem do vírus nas Américas. Estudos moleculares indicam que o vírus que circula nas Américas perdeu parte de uma seqüência repetitiva do genoma na região não codificante 3', o que não ocorre nas amostras africanas inclusive na vacina 17D e na amostra protótipo Asibi da qual derivou a amostra vacinal. Este achado indica que o vírus se originou na África.

Desde os anos 80-90, tem se observado a reemergência do vírus febre amarela, em termos de números de casos, tanto na África como na América. Na América, mais de 90% dos casos descritos nas décadas de 70-90 ocorreram no Peru, na Bolívia e no Brasil. Este último é responsável por cerca de 19% dos casos notificados à OMS. O principal fator desse incremento no número de casos é a dispersão do *Aedes aegypti*.

No Brasil, na década de 1970, o estado mais atingido foi Goiás. Nos anos 80, lideraram as estatísticas o Pará e o Mato Grosso do Sul. Nos anos 90, novamente o Pará e o Maranhão foram os mais acometidos. Em 2000, Goiás novamente e em 2001, Minas Gerais notificou o maior número de casos. Todos os casos decorreram de transmissão silvestre pelo mosquito da espécie *Haemagogus janthinomys*. No entanto, a ampla distribuição do *Aedes aegypti* ressalta a importância de estudar

essa espécie enquanto a sua susceptibilidade, sensibilidade e capacidade para transmitir o vírus da febre amarela.

O vírus da febre amarela se mantém na natureza através de dois ciclos: 1) O Ciclo urbano, onde a transmissão ocorre diretamente no homem, o qual atua como amplificador e disseminador do vírus na população, através da picada de *Aedes aegypti* infectado. O mosquito infectado leva em média 2 semanas para tornar-se vetor. Os últimos casos de febre amarela urbana, relatados no Brasil, aconteceram em 1942, no município de Sena Madureira, no Estado do Acre. 2) O Ciclo silvestre, que envolve várias espécies de mosquitos do gênero *Aedes*, principalmente *Aedes africanus*, *Ae. furcifer* e *Ae. simpsoni* na África, enquanto nas Américas os mais importantes transmissores são *Haemagogus janthinomys*, *H. albomaculatus*, *H. leucocelaenus* e *Sabethes chloropterus*. Os macacos são os principais hospedeiros vertebrados, no entanto, tem sido proposto que quando o número de macacos suscetíveis diminuí, os marsupiais podem atuar como hospedeiros do vírus. No ciclo silvestre, o homem pode ser infectado ao penetrar na mata ou às suas proximidades onde existam vetores infectados.

Não há tratamento específico para o tratamento da doença. Estudos experimentais têm mostrado *in vitro* a atividade antiviral da ribavirina, porém, são necessários estudos mais detalhados ao respeito. De uma maneira geral, recomenda-se o internamento do paciente com as formas graves em hospitais assim como, o uso de analgésicos e antitérmicos nas doses adequadas.

O método mais eficaz para prevenir a febre amarela é a vacinação com a amostra 17D. Atualmente, duas subcepas são usadas na produção de vacinas: 17DD no Brasil e 17D-204 no resto do mundo. A OMS recomenda que sejam vacinadas todas as pessoas com mais de 6 meses de idade que residem nas áreas de risco ou que se dirijam a elas e uma dose da vacina protege a pessoa por 10

anos. Também é recomendado não vacinar pessoas com imunodeficiência, pois a vacina é produzida com vírus atenuado.

Outro procedimento que pode prevenir a ocorrência da febre amarela é o combate ao vetor urbano, através de programas de educação da população de maneira de prevenir o acúmulo de lixo onde possa se armazenar água e desenvolverem as fases imaturas do mosquito.

Vírus Rocio

O vírus Rocio é também um arbovírus da família *Flaviviridae* que gerou uma epidemia na região Sul do Estado de São Paulo (Baixada Santista e Vale do Ribeira) nos anos 1975 a 1980. Os mais afetados foram os indivíduos do sexo masculino, pois eles freqüentavam as áreas de florestas onde entravam em contato com o vetor transmissor.

Estudos morfológicos em cérebros infectados de camundongos recém-nascidos examinados por microscopia eletrônica mostraram que as partículas virais apresentam forma esférica com um diâmetro de 43 nm. Distribuem-se ao longo do sistema reticular endoplasmático, ocupando vacúolos ou cisternas.

Os sintomas freqüentemente observados nos pacientes infectados pelo vírus Rocio são dor de cabeça, febre, náuseas e vômitos, estado geral deprimido e fraqueza dos membros inferiores. Nos casos mais severos se detectam danos graves no sistema nervoso central, perturbações respiratórias, e má perfusão periférica, podendo levar a óbito.

Os vetores e os hospedeiros vertebrados envolvidos no ciclo de manutenção do vírus Rocio não estão identificados. Estudos ecológicos dirigidos aos culicídeos foram conduzidos na região do Vale do Ribeira por Forattini et al. a partir de 1976. Essas pesquisas permitiram identificar espécies dominantes nas áreas onde ocorreram os casos, entre eles: *Aedes scapularis*, *Ae. serratus* e espécies do gênero

Culex (*Melanoconion*). Assim mesmo, Lopes e col. isolaram o vírus em pool de mosquitos da espécie *Psorophora ferox* e de um tico-tico (*Zonotrichia capensis*).

Estudos sorológicos conduzidos em 1975 revelaram a presença de anticorpos anti-rocio em várias espécies de vertebrados, como roedores, marsupiais, morcegos e aves (galinhas, patos e pombos). Observações experimentais de viremia em pardais e pintos e o hábito cultural de criação de aves domésticas no interior de casas sugerem que as aves atuem como reservatórios, amplificando a infecção.

Não há tratamento específico para a infecção gerada pelo vírus Rocio. O tratamento inespecífico consiste em dar repouso no leito ao paciente para evitar quedas, nutrição adequada, antitérmicos, analgésicos, anticonvulsivos e hidratação.

Vírus Hantaan

O vírus Hantaan foi isolado em 1978, na Coreia, em roedor silvestre da espécie *Apodemus agrarius*. Posteriormente, vários vírus foram isolados em outras partes do mundo e associados a roedores. Esses vírus compreendem o gênero *Hantavirus* e são incluídos na família *Bunyaviridae*. Os hantaviruses, Hantaan, Seoul e Dobrava, são transmitidos por roedores da família Murinae, e Puumala é transmitido por roedores da família Arvicolinae. Todos eles produzem febre hemorrágica com síndrome renal e ocorrem na Ásia. Em 1993 foi isolado na América do Norte um novo hantavirus que produz síndrome pulmonar (HPS) e foi identificado como Sin Nombre. Desde 1995, quando o primeiro caso de HPS na Patagônia foi associado com o vírus Andes, mais de 400 casos de HPS foram relatados em seis países da América do Sul: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Uruguai e Paraguai. Diferenças genéticas têm sido encontradas entre os

hantavíruses da América do Sul e do Norte, assim como diferenças em algumas características clínicas.

No Brasil, um isolado de tecidos de um roedor da espécie *Rattus norvegicus*, capturado na cidade de Belém (Pará), revelou similaridade antigênica com o vírus Girard Point, isolado em roedores domésticos dos Estados Unidos, e evidente diferença do protótipo de hantavírus que ocorre na Ásia. Anticorpos anti-hantavírus têm sido detectados em roedores urbanos e em várias populações humanas nos Estados de Mato Grosso, Pernambuco, Bahia, São Paulo e Pará.

Os membros da família *Bunyaviridae* possuem partículas esféricas dotadas de um envoltório cujo diâmetro varia de 90 a 120 nm. São vírus RNA que possui três segmentos e não é infeccioso. Esses segmentos são denominados L (grande), M (médio) e S (pequeno), de aproximadamente 7, 4 e 1-2 Kb, respectivamente. As partículas virais contêm 4 proteínas principais: a transcriptase, a proteína do nucleocapsídeo, e duas glicoproteínas as quais formam a superfície dos peplômeros.

A diferença de outros membros da família *Bunyaviridae*, o vírus hantaan não é um arbovírus e é transmitido aos humanos pela inalação dos aerossóis produzidos pela urina de roedores ou por contato direto com a excreta deles ou fômites contaminadas.

A Ribavirina é usada no tratamento de doenças produzidas por hantavírus, porém, o uso de essa droga não é legalmente permitido em muitos países. Por essa razão considera-se que o controle da população de roedores e educação da população humana nos centros urbanos, constituem a melhor forma de combater a doença.

Doença causada por bactérias

Leptospirose

A leptospirose é uma antropozoonose, com características clínicas e epidemiológicas peculiares, produzidas por variedades do gênero *Leptospira* e transmitida ocasionalmente ao homem por contato direto ou indireto com portadores animais e doentes assintomáticos, que as eliminam através da urina.

Os primeiros casos de leptospirose no Brasil foram notificados em 1910 por Sefton, na região Amazônica, em tecidos de pessoas ictericas na cidade de Manaus. Posteriormente, outros casos em humanos foram reconhecidos em várias cidades do território brasileiro.

As leptospirosas pertencem à ordem Spirochaetales, família Treponemataceae e gênero *Leptospira*. O gênero compreende as espécies *L. biflexa* e *L. interrogans*, ambas subdivididas em vários sorotipos. A *L. interrogans* abrange todos os sorotipos associados a infecções humanas e animais, agrupando 18 sorogrupos com mais de 150 sorotipos.

As leptospirosas são microorganismos de forma helicoidal, delgados, de aproximadamente 0,1 mm de diâmetro por 4 a 20 m de comprimento, com extremidades usualmente encurvadas em gancho e com grande número de espiras de pequena amplitude.

A distribuição é universal, prevalecendo, porém, nas zonas tropicais e subtropicais. No ambiente rural, a doença costuma ocorrer sob a forma de casos esporádicos, adquiridos muitas vezes, das atividades agrícolas ou pecuárias. Nestas circunstâncias a leptospirose vem a caracterizar-se como uma doença profissional. Nas áreas urbanas, a moléstia costuma estar associada a enchentes e alagamentos. Os roedores e outros mamíferos silvestres e domésticos são os principais reservatórios animais das leptospirosas.

A transmissão ao homem das leptospiras pode ocorrer por contato direto com sangue, tecidos, urina e outros excretas de animais infectados, ou por via indireta, que é a mais comum, a través de contato com água ou solo úmido contaminados com a urina de animais portadores. Também pode fazer-se pela ingestão de água e alimentos contaminados por leptospiras patogênicas. Os principais reservatórios no Brasil são o *Rattus norvegicus*, o *R. rattus* e o *R. alexandrinus*.

As leptospiras penetram ativamente no organismo através de lesões cutâneas, ou pelas mucosas oral, nasofaríngea, conjuntival, esofágica e possivelmente, também a vaginal. Na corrente sangüínea, a leptospira replica-se, indo se localizar em diferentes órgãos ou sistemas.

As manifestações clínicas da leptospirose são variáveis de acordo com a região geográfica e com o sorotipo predominante. Os sintomas podem ser de pequena intensidade ou inespecíficos, semelhante à “gripe” ou muito intensos, como ocorre na forma íctero-hemorrágica, com comprometimento de múltiplos órgãos constituindo a forma mais grave.

A forma anictérica da leptospirose se caracteriza por uma fase de leptospirosemia, onde há sintomas de febre, calafrios, cefaléia intensa, os sintomas respiratórios são freqüentes, as lesões cutâneas são variáveis. Após um a dois dias, inicia-se a fase imune onde os anticorpos começam ser detectados no soro do paciente, e sintomas como meningite e febres elevadas são observadas nesta fase.

A forma ictérica é a forma grave da doença, onde se observa uma severa disfunção hepática acompanhada de disfunção renal. Isto ocorre de 3 a 7 dias após o início da doença. É freqüente observar a urina escura, alterações cardíacas e fenômenos hemorrágicos.

A leptospirose pode ser tratada de maneira específica ou inespecífica. O primeiro é recomendado quando o paciente encontra-se na fase de leptospirosemia, usando antibióticos como a penicilina,

ampicilina, tetraciclina, doxiciclina e amoxicilina. Dentre esses, a penicilina G é a mais efetiva. O tratamento inespecífico é feito quando o diagnóstico é clínico e é iniciado antes da comprovação laboratorial. É voltado à detecção e controle dos sinais de insuficiência respiratória, desidratação, hipotensão arterial e outros distúrbios hemorrágicos.

Por tratar-se de doença transmissível de notificação compulsória, todos os casos de doença humana ou animal devem ser comunicados, para permitir que as autoridades de saúde estabeleçam medidas preventivas. Assim mesmo, é necessária a educação sanitária da população, esclarecendo-a sobre o modo de transmissão, sobre a importância de evitar contaminação das águas e do solo, evitar a presença de animais doentes nas casas e nos locais de produção e de armazenamento de alimentos e cozinhar devidamente os mesmos. Também é necessário estabelecer medidas permanentes para reduzir a população de roedores tanto no meio urbano como no rural.

Doenças causadas por protozoários

Doença de Chagas

A doença de Chagas ou tripanosomíase americana é uma infecção de natureza endêmica, causada por um protozoário, o *Trypanosoma cruzi*, e transmitida ao homem e outros animais através de triatomíneos.

O nome da doença é em homenagem ao cientista brasileiro Carlos Chagas, que a descobriu e descreveu todos os aspectos epidemiológicos e etiopatogênicos, desde seu agente infeccioso, seus transmissores, reservatórios, e o conjunto de manifestações clínicas que a caracterizam.

A doença de Chagas tem ampla distribuição por todo o Continente Americano, desde o sul dos Estados Unidos até a

Argentina. No Brasil, os Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Bahia, Paraná e Rio Grande do Sul são os que apresentam a mais alta endemicidade.

O protozoário *T. cruzi* pertence à família Trypanosomatidae, classe Mastigophora, ordem Kinetoplastida. Sua estrutura morfológica é basicamente constituída pelo citoplasma, um núcleo, um cinetoplasto, um flagelo e membrana ondulante. Dependendo do sítio de localização do parasito, essa espécie pode se apresentar sob forma flagelada (tripomastigota ou epimastigota) ou aflagelada (amastigota).

Os tripomastigotas têm corpo alongado, com 20 µm de comprimento por 1,2 µm de largura. São formas encontradas no sangue circulante dos hospedeiros vertebrados e nas porções terminais do intestino dos vetores. Os amastigotas, formas arredondadas ou ovóides, imóveis, agrupam-se em ninhos na intimidade de tecidos diversos do hospedeiro vertebrado. Medem de 1,5 µm a 4 µm de diâmetro. Os epimastigotas representam uma fase de transição entre amastigotas e tripomastigotas, podendo ser encontrados tanto nos hospedeiros vertebrados quanto nos invertebrados.

O ciclo evolutivo do parasito se realiza em duas etapas: 1) No hospedeiro invertebrado, inicia-se com ingestão de sangue de um mamífero infectado com tripomastigotas circulantes, as quais passam pelas formas amastigotas e epimastigotas no tubo digestivo do inseto. Finalmente, evoluem para a forma tripomastigota metacíclico. O processo dura de 6 a 15 dias. 2) No hospedeiro vertebrado, começa quando o inseto ao exercer hematofagia, expele certa quantidade de fezes contendo as formas infectantes sobre a pele do vertebrado. Os tripomastigotas metacíclicos penetram através da pele e mucosas, se multiplicam no tecido celular subcutâneo, evoluindo para formas amastigotas. Estas, após divisões binárias dão origem à formação de pseudocistos e

posteriormente, as tripomastigotas, as quais passam a corrente sangüínea e linfática, com possibilidades de infectar insetos vetores ou atingirem novos tecidos.

Nas áreas endêmicas a principal forma de transmissão é a vetorial, mas também pode ser transmitida por transfusão de sangue infectado, por via congênita através da placenta, por ingestão de alimentos contaminados com fezes do inseto vetor, acidentalmente em hospitais ou laboratórios ao manipular material contaminado e em órgãos transplantados que contêm formas amastigotas.

Os vetores são insetos da ordem Hemiptera e podem ser classificados como silvestres, peridomésticos ou domésticos, sendo estes últimos os de maior importância na veiculação da doença ao homem. Os principais vetores domésticos são seis: *Triatoma infestans*, *Panstrongylus megistus*, *T. brasiliensis*, *T. dimidiata*, *Rhodnius prolixus* e *T. sordida*. São capazes de estabelecer colônias em domicílios humanos, quase sempre de baixa condição socioeconômica. Fêmeas e machos exercem hematofagismo obrigatório, à noite ou durante o dia em ambiente escuro, sendo a picada indolor.

Mamíferos silvestres como o gambá (*Didelphis marsupialis*), o coati (*Nasua nasua*), o tatu (*Dasybus novemcintus*) e outros, são considerados reservatórios do parasito na natureza. Mamíferos domésticos como o cão, o gato e a cobaia podem atuar como fontes imediatas de infecção para o homem.

A doença de Chagas pode ser dividida em três formas clínicas: aguda, indeterminada e crônica. A fase aguda pode ser aparente ou inaparente. É mais comumente observada em crianças. Caracteriza-se pelo aparecimento de um conjunto de manifestações de intensidade variável. É possível observar uma lesão de porta de entrada dos parasitos: o sinal de Romana, quando a penetração do parasito ocorre pela conjuntiva. Esse sinal caracteriza-se essencialmente pelo apare-

cimento, em um dos olhos, de edema elástico e indolor das pálpebras, que adquirem coloração róseo-violácea, hiperemia e congestão da conjuntiva. Os sinais de porta de entrada desaparecem ao final de 1 a 2 meses.

As manifestações gerais, na fase aguda, são febre, cefaléia, astenia e anorexia. A fase indeterminada sucede a fase aguda e caracteriza-se pela ausência de manifestações clínicas da doença. Esta fase corresponde à metade dos indivíduos infectados, nas zonas endêmicas, e pode perdurar por meses ou anos, até indefinidamente. Na fase crônica o paciente volta a apresentar sintomas e sinais clínicos, agora decorrentes da destruição extensa de neurônios parassimpáticos intramurais, ao nível de órgãos do sistema digestivo (síndromes de megaesôfago e de megacólon) e do sistema cardíaco (síndromes de arritmias, de insuficiência cardíaca e de tromboembólica).

O tratamento da doença de Chagas é específico nos casos agudos, sendo utilizadas duas substâncias: o nifurtimox e o benzonidazol. Ambas são consideradas de ação supressiva, não curativa, e ainda assim, com resultados variáveis segundo a cepa do parasito. O tratamento inespecífico considera repouso na fase aguda, antitérmicos e hidratação adequada. Na miocardite pode ser necessário o emprego de corticosteróides. Na fase crônica com envolvimento cardíaco, os medicamentos dependem do tipo de manifestação apresentada, e no caso de megaesôfago, o paciente é tratado com dieta líquida e pastosa.

A profilaxia baseia-se fundamentalmente no combate do inseto vetor, melhora das condições de moradia da população humana, controle da transmissão transfusional através da realização de testes sorológicos para a exclusão de doadores, prevenção da transmissão acidental e congênita, e a eliminação de animais domésticos portadores da infecção.

A malária

A malária é uma doença produzida por protozoários do gênero *Plasmodium* (Haemosporidia), transmitida de homem a homem através de vetores invertebrados do gênero *Anopheles* e caracterizada clinicamente pelos sintomas: febre, cefaléia e calafrio.

Apesar dos poucos conhecimentos que existem sobre a origem da doença, acredita-se que a malária se originou na África tropical onde o parasito se adaptou aos hospedeiros humanos e posteriormente se dispersou e estabeleceu em grandes centros de civilizações como a Mesopotâmia, a Índia, a China, o Vale do Nilo e margens do Mediterrâneo. No novo mundo a doença provavelmente já existia devido a presença dos parasitos *P. vivax* e *P. malariae*. Porém acredita-se que o *P. falciparum* foi trazido pelos colonizadores espanhóis e portugueses com os escravos negros.

Os parasitos da malária estão classificados no filo Apicomplexa, ordem Eucoccidiiida, família Plasmodiidae, gênero *Plasmodium*. Existem cerca de 120 espécies, incluindo 22 parasitos de primatas, 19 de roedores, morcegos e outros mamíferos e em torno de 70 outras espécies em aves e répteis.

O ciclo evolutivo dos plasmódios da malária humana se passa em 2 fases distintas:

- no hospedeiro invertebrado, mosquito *Anopheles* onde, após o repasto sanguíneo, os eventuais gametas se unem formando o ovo ou zigoto e, por esporogonia, os esporozoítos são introduzidos no homem;
- no hospedeiro vertebrado, o homem, onde os esporozoítos alojam-se nos hepatócitos, os quais por esquizogonia, formam os esquizontes teciduais primários. O esquizonte, uma vez maduro, rompe-se e libera os merozoítos, os quais penetram as hemácias, onde passam a se chamar trofozoítos. Estas formas crescem até o ponto onde o núcleo se divide, dando lugar ao

esquizonte hemático, o qual por divisão múltipla origina novos merozoítos que voltarão a parasitar outros eritrócitos. A diferenciação dos parasitas assexuados intra-eritrocíticos em gametócitos varia consideravelmente durante as sucessivas esquizogonias.

Dentre as 400 espécies de *Anopheles* conhecidas, 60 são vetores da malária em condições naturais. No Brasil, o principal vetor é o *An. darlingi*, o qual esta presente em quase todo o território nacional, particularmente na Região Amazônica. É um anofelino doméstico, apresenta elevada incidência domiciliária e pronunciada preferência pelo sangue humano.

A OMS considera a malária como o maior problema de saúde pública em muitos países, particularmente os do Terceiro Mundo. Há fatores que dificultam o controle da malária e sua profilaxia nas áreas de alta transmissão: higiene insuficiente, deficiência de recursos econômicos, insuficiência de conhecimentos sobre a bioecologia dos vetores, expansão das fronteiras agrícolas e da exploração florestal e mineral que demandam novas correntes migratórias.

No Brasil a expansão da malária nas últimas duas décadas tem sido preocupante, devido à re-introdução da doença em áreas urbanas, particularmente nas capitais das unidades federativas formadoras da Amazônia Legal. Nas Américas, a situação tem-se agravado apesar das medidas executadas pelos programas de controle e/ou erradicação utilizados pelos países onde a doença ocorre.

A endemicidade da doença numa determinada região é baseada no índice esplênico ou nos fatores que condicionam a transmissão (OMS, 1951). No primeiro caso refere-se ao percentual de pessoas com baço aumentado de volume na faixa etária local entre dois e nove anos de idade, podendo, em alguns casos, incluir também os adultos. De acordo com esse índice, o grau de infecção

de uma região pode ser hipoendêmico (índice menor do que 10% das crianças), mesoen-dêmico (índice entre 11 e 50%), hiperendêmico (índice superior a 50%) ou holoendêmico (superior a 75%).

Ao considerar os fatores de transmissão distinguem-se dois tipos de malária: a estável, que ocorre durante todo o ano e a instável, observada principalmente nas áreas temperadas. Na maioria dos casos a malária estável corresponde à malária hiperendêmica ou holoendêmica, e a malária instável é hipo- ou mesoendêmica.

A principal característica clínica da malária é a crise malárica, constituída principalmente por febre, calafrios e cefaléia. Ela se apresenta de forma intermitente com curtos períodos de recuperação. É difícil, nas fases iniciais fazer diferenciação clínica entre as várias espécies de plasmódios. A crise malárica tem relação com a duração do ciclo esquizogônico e com o número de populações de plasmódios em desenvolvimento no indivíduo. Com a repetição das crises maláricas o paciente vai ficando cada vez mais abatido, pálido, aparecem náuseas e vômitos pós-alimentares, mialgias, artralgias e astenia.

O parasito *P. falciparum* pode gerar um quadro de infecção grave, caracterizado por evolução rápida da doença e complicações potencialmente fatais. Na literatura são descritas várias formas clínicas da malária grave: malária cerebral, malária pulmonar, insuficiência renal aguda, entre outras.

O tratamento da malária depende do diagnóstico clínico e parasitológico e este, quanto mais precoce possível, torna o prognóstico mais favorável. Para o tratamento da doença produzida por *P. vivax* e *P. ovale* é recomendado utilizar um esquema de medicamentos que tenham ação exoeritrocítica (esquizonticida tecidual) e eritrocítica (esquizonticida sangüíneo) no ciclo do parasito. Até o momento a melhor opção é a associação cloroquina ou amodiaquina. As doses a serem subministradas em cada caso devem ser calculadas com base

na relação droga/peso corporal, porém, as dificuldades de encontrar uma balança podem exigir o uso de uma tabela de acordo com a idade do paciente. O tratamento, no caso de *P. vivax*, deve ser feito por um período de duas semanas.

Para o tratamento da malária produzida por *P. falciparum* é recomendado usar sulfato de quinino – 30 mg/kg/dia – por 10 dias via oral. A mefloquina também tem mostrado resultados positivos e ultimamente estão sendo utilizados derivados de uma planta chinesa (*Artemisia annua*), sob a forma de artesunato oral, na dose de 1,6 mg/kg/dia por 6 dias.

Após o tratamento é importante que o médico conscientize o paciente para a necessidade do controle de cura visando à certeza da eliminação da doença. Os esquemas de controle são os seguintes:

– *P. vivax*, 1 lâmina por mês, durante 6 meses. Se todas forem negativas o paciente está curado, porém, deve procurar o serviço na vigência de sintomatologia;

– *P. falciparum*, 1 lâmina por semana, por 4 semanas. Se todas negativas o paciente está curado.

A profilaxia da malária deve ser estudada caso a caso, levando em consideração uma série de fatores, como o grau de transmissão na área, o grau de resistência dos parasitos, o período de permanência das pessoas na área malarígena, a viabilidade do uso de um determinado método etc. Os métodos mais indicados ao nível individual são o uso camisa de manga comprida, uso de mosquiteiro e evitar sair de casa em horário crítico de exposição ao anofelino, ou seja, das 18:00 às 6:00 horas. Ao nível coletivo, recomenda-se colocar telagem nas janelas e portas das casas e medidas de saneamento básico, por exemplo, evitando ou eliminando possíveis criadouros nas proximidades das casas. Também é mencionado o uso de quimioprofilaxia que se refere a uso de cloroquina 10 mg/kg 1 ou

2 semanas antes de visitar a área de transmissão, durante o período que estiver na área e mais 8 a 10 semanas após sair da região.

Leishmaniose tegumentar americana

A leishmaniose tegumentar americana é doença infecciosa, crônica, não contagiosa, causada por diferentes espécies de protozoários do gênero *Leishmania*, transmitida por insetos hematófagos conhecidos genericamente como flebótomos. Caracteriza-se, na maioria dos doentes, pelo comprometimento do tecido cutâneo, apresentando-se na forma de lesões com diferentes aspectos morfológicos: placa infiltrada, tubérculos, nódulos e lesão vegetante verrucosa.

As primeiras suspeitas de ocorrência da doença nas Américas foram levantadas em 1885 na população indígena do Peru. No Brasil, os primeiros registros foram feitos por Lindenberg em 1909, quem encontrou formas de leishmânias idênticas à *L. tropica* (agente infectante no Velho Mundo), em trabalhadores das matas do interior do Estado de São Paulo. Dois anos mais tarde Gaspar Vianna deu ao parasito o nome de *L. brasiliensis* por considera-lo morfológicamente diferente da *L. tropica*.

A leishmaniose tegumentar americana tem ampla distribuição geográfica, desde o México até o norte da Argentina. Predomina em regiões baixas, geralmente entre 50 e 700 m de altitude, havendo porém exceções como a “Uta” no Peru, que ocorre em altitudes acima de 1800 m. No Brasil, tem sido registrada em todos os Estados exceto Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

As leishmânias apresentam duas formas evolutivas: amastigotas, que medem de 2 a 6 μ m e habitam as células do sistema linfo-monocitário, e promastigotas (flagelados) com 15 a 20 μ m, encontradas nos insetos transmissores e em meios de cultura. O

ciclo evolutivo se desenvolve parte no inseto vetor e parte no hospedeiro. O flebótomo retira as formas amastigotas ao picar o hospedeiro vertebrado que se transformam em promastigotas e sofrem divisão binária no intestino anterior. As promastigotas são inoculadas no hospedeiro vertebrado durante o hematofagismo, indo parasitar os macrófagos, onde se transformam em amastigotas.

Atualmente no Brasil, são reconhecidas seis espécies de leishmânias associadas à leishmania tegumentar:

– *L. braziliensis*, registrada nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo, Ceará, Bahia, Pará e Paraná. Os hospedeiros mamíferos são roedores dos gêneros *Proechymis*, *Rhipidomys*, *Oryzomys*, *Akodon* e *Rattus*, além do *Didelphis*. Em animais domésticos, o parasito tem sido encontrado em cão e eqüídeos. O principal vetor é *Psychodopygus wellcomei*.

– *L. guyanensis*, encontrado nos Estados do Amazonas, Pará e Amapá e países vizinhos: Guiana, Suriname e Guiana Francesa. Os principais reservatórios são a preguiça real (*Choloepus didactylus*) e o tamanduá (*Tamandua tetradactyla*). O principal vetor é *Lutzomyia umbratilis*.

– *L. lainsoni*, encontrada só no Estado do Pará. A paca (*Agouti paca*) é o único reservatório e o único vetor conhecido é *Lutzomyia ubiquitalis*.

– *L. shawi*, ocorre no Pará. Os hospedeiros mamíferos são os macacos (*Cebus apella*, *Chiropotes satanas*), as preguiças real e bentinha (*Choloepus didactylus*, *Bradypus tridactylus*) e o quati (*Nasua nasua*). A única espécie vetora incriminada é *Lutzomyia whitmani*.

– *L. naiiffi*, de distribuição geográfica ainda desconhecida, porém, casos da doença produzidos por esta espécie foram relatados no Pará e Amazonas. O único reservatório é o tatu (*Dasylops novemcinctus*) e três espécies de flebótomos parecem estar envolvidos na transmissão: *Psychodopygus paraensis*, *P. ayrozai* e *P. squamiventris*.

– *L. amazonensis*, distribuída tipicamente na bacia amazônica, embora tenha sido identificada nos Estados da Bahia e Paraná. Os roedores *Proechymis*, *oryzomys*, *Neacomys*, *Nectomys* e *Dasyprocta*, a raposa (*Cerdocyon thous*) e os marsupiais (*Marmosa*, *Metachirus*, *Philander* e *Didelphis*) são os principais hospedeiros silvestres. O vetor é *Lutzomyia flaviscutellata*.

Com base no apresentado é possível observar que a leishmaniose tegumentar na Amazônia é essencialmente uma zoonose de mamíferos silvestres, e o homem é hospedeiro acidental em decorrência das atividades que possa realizar nas áreas de mata onde há transmissão, e também pela adaptação aos locais peri- e domiciliares que algumas espécies de flebótomos têm sofrido, como consequência da alteração do ambiente.

Em geral, a pele é a porta de entrada da infecção e o período de incubação é muito variável, sendo habitualmente de 1 a 3 meses e não menor do que 10 dias. O quadro clínico varia de uma espécie de *Leishmania* para outra. Porém a lesão cutânea inicial é similar em todos os casos. A lesão primária começa por uma pápula que pode evoluir para uma úlcera leishmaniótica. Em alguns casos o sistema linfático pode estar envolvido, ocorrendo aumento de nódulos linfáticos nas áreas próximas à lesão. Assim mesmo, é freqüente observar a leishmaniose mucosa, relacionada com lesões cutâneas múltiplas ou extensas de longa duração e localizadas na parte superior do corpo.

No Brasil, o tratamento é feito através do uso de Antimoniato de N-metilglucamina, aplicado intramuscular na dose de 10 a 20 mg Sb^v/kg/dia durante 20 dias ou até observar cicatrização das lesões. Os principais efeitos colaterais são: artralgia, mialgia, inapetência, náuseas, febre, fraqueza. Também são recomendadas outras drogas como Pentamidina, Anfotericina B. As lesões devem ser limpas para evitar miíase e infecções bacterianas.

Leishmaniose visceral americana

É uma doença infecciosa crônica produzida pela *L. chagasi*. Epidemiologicamente, trata-se de uma protozoose de canídeos silvestres, cuja transmissão se faz através do flebotomíneo *Lutzomyia longipalpis*.

A leishmaniose visceral tem sido assinalada desde o México, ao Norte, até a Argentina, no Sul. Contudo, é no Brasil onde está localizado o principal foco de leishmaniose visceral nas Américas, de onde se originam cerca de 90% dos casos registrados em nosso continente. No Brasil, a doença pode ser encontrada em todos os Estados que margeiam a costa, desde o Pará, no Norte, até o Paraná, no Sul, além de outros mais no centro como Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul. Porém, é nos Estados Ceará e Bahia onde se apresenta com maior endemicidade. Nessa região a doença é particularmente rural, e a densidade do vetor é favorecida pelo clima úmido e quente.

Quando a doença se manifesta em áreas peridomiciliares, o principal reservatório é o cão e é chamada leishmaniose visceral doméstica ou peridoméstica. O ciclo envolve o homem, o cão doméstico e o vetor. Ocorre comumente na região Nordeste. A proli-feração de casos em humanos deve-se principalmente às invasões e construções de casas que tem sido feitas em áreas onde o flebotomíneo se desenvolve.

Nas áreas silvestres, o principal reservatório é a raposa (*Cerdocyon thous* ou *Lycalopex vetulus*) e é classificada como leishmaniose visceral silvestre. Neste segundo caso, o ciclo envolve o homem, a raposa e o vetor e é observado com frequência na região Amazônica.

O agente infeccioso apresenta-se sob duas formas principais: A amastigota, é a forma arredondada ou ovóide, sem flagelo livre, com dimensões que variam entre 2 a 4 mm por 1,5 a 2,5 mm. Essa

forma é encontrada no interior das células do sistema fagocítico mononuclear (SFM), principalmente no baço, fígado, medula óssea e gânglios linfáticos. A promastigota é a forma flagelada infectante para os hospedeiros vertebrados incluindo o homem. É encontrada naturalmente no tubo digestivo dos vetores flebotomíneos, tem aspecto fusiforme, com duas extremidades afiladas. Ambas as formas multiplicam-se pelo processo de divisão binária.

O quadro clínico está relacionado com a suscetibilidade individual (dependente da idade, grau de desnutrição, imunidade, gravidade dos fenômenos patológicos) e com os fatores geográficos (epidemiologia). Os casos graves apresentam quatro períodos: Período de incubação (variável, mas normalmente de 1 a 4 meses), período inicial ou prodrômico (com febre de longa duração e evolui por 30 a 60 dias), período de estado (febre elevada, palidez cutaneomucosa, queda dos cabelos, estomatite, abdome volumoso, diarréia, fenômenos hemorrágicos) e período final (ascite volumosa, derrame pleural, hepatoesplenomegalia importante, infecções bacterianas secundárias).

A doença é tratada com antimoniais pentavalentes que são considerados leishmanicidas, pois interferem na bioenergética das amastigotas de *Leishmania*. O medicamento pode ser aplicado via intravenosa ou intramuscular em dose de 10 a 20 mg/sb^v/kg/dia por 20 dias seguidos. Caso não haja cura deve repetir-se o procedimento. Outras drogas também usadas são a Anfotericina B e a Pentamidina. Esta última não comercializada no Brasil e é usada em caso de resistência aos antimoniais. Assim mesmo, é recomendada uma dieta hipercalórica e hiperprotéica no paciente.

Referências

- ALTERTHUM, F. (Org). *Microbiologia*. São Paulo: Editora Atheneu, 2002. 586 p.
- DONALISIO, M. R. *O dengue no espaço habitado*. São Paulo: Editora Hucitec, 1999. 195 p.
- ELDRIDGE, B. F.; EDMAN, J. D. *Medical entomology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 659 p.
- FLINT, S. J.; ENQUIST, L. W.; KRUG, R. M.; RACANIELLO, V. R.; SKALKA, A. M. *Virology. Molecular Biology, Pathogenesis and control*. Washington, D. C., 2000. 804 p.
- FORATTINI, O. *Ecologia, epidemiologia e sociedade*. São Paulo: Edusp, 1992. 529 p.
- FORATTINI, O. *Ulicidologia médica*. v. 1. São Paulo: Edusp, 1996. 548 p.
- FORATTINI, O. *Culicidologia médica*. v. 2. São Paulo: Edusp, 2002. 860 p.
- HALSTEAD, S. B. The pathogenesis of dengue. Molecular epidemiology in infectious diseases. *American Journal of epidemiology*. 1981. n. 114, v. 5, p. 632-48.
- LEÃO, R. N. Q. de (Org). *Doenças infecciosas e parasitárias: enfoque amazônico*. Pará: Editora Cejup, 1997. 885 p.
- MIAGOSTOVICH, M. P.; SANTOS, F. B. DOS; DE SIMONE, T. S.; COSTA, E. V.; FILIPPIS, A. M. B.; SCHATZMAYR, H. G.; NOGUEIRA, R. M. R. Genetic characterization of dengue vírus type 3 isolates in the State of Rio de Janeiro, 2001. *Braz. J. Med. Bio. Res.* 2002. 35(8): 869-72.
- NOGUEIRA, R. M. R.; MIAGOSTOVICH, M. P.; FILIPPIS, A. M. B.; PEREIRA, M. A. S.; SCHATZMAYR, H. G. Dengue vírus type 3 in Rio de Janeiro, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 2001. n. 96, v. 7, p. 925-26.

- Purves, W.; Sadava, D.; Orians G H, Heller H G. 2002. **Vida A Ciência da Biologia**. Porto Alegre. Artmed Editora. 1126 pp.
- Ricklefs R E. 1993. **A Economia da Natureza**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan S.A. 470 pp.
- Rico-Hesse R. Molecular evolution and distribution of dengue viruses type 1 and 2 in nature. **Virology**. 1990. 174: 479-93.
- Roberts L, Schmidt G D. 1996. **Foundations of Parasitology**. United States of America. Wm. C. Brown Publishers. 659 pp.
- Rocco IM, Kavakama BB, Santos CLS. First isolation of dengue 3 in Brazil from na imported case. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**. 2001. 43(1): 55-7.
- Vasconcelos PFC. Febre Amarela **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. 2003. 36(2): 275-93.
- Veronesi R. 1991. **Doenças Infecciosas e Parasitárias**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan S.A. 1082 pp.
- Wang E, Ni H, Xu R, Barret ADT, Watowich SJ, Gubler DJ, Weaver SC. Evolutionary relationships of endemic/epidemic and sylvatic dengue viruses. **Journal of Virology**. 2000. 74(7): 3227-34.

Capítulo 8

Artrópodes de importância em saúde pública

**Prof. Dr. Paulo Roberto Urbinatti e
Prof. Dr. Delsio Natal**

O filo Artrópoda é considerado o de maior diversidade no reino animal, pois apresenta cerca de 1.500.000 espécies descritas, ou seja, reúne mais do que três vezes o número de todas as espécies de animais combinadas. A palavra Arthropoda significa pés articulados (*podos* = pés e *arthro* = articulação).

A diversidade adaptativa dos artrópodos permitiu-lhes explorar praticamente todos os habitats; são talvez de todos os organismos que se disseminaram pelo habitat terrestre, os de maior êxito (RUPPERT; BARNES, 1996). O sucesso da adaptabilidade desses organismos em diversos ambientes, provavelmente está ligado a fatores como biológicos (morfológico, fisiológico, genético e comportamental, dentre outros) e ecológicos (temperatura, precipitação, altitude, entre outros). Além desses fatores, provavelmente as alterações ambientais decorrentes da ação antrópica apresentaram grande influência sobre a vida desses animais.

Quanto à morfologia dos Artrópodos, são de simetria bilateral, com o exoesqueleto ou esqueleto externo formado por três camadas: membrana basal, epiderme e cutícula. Os apêndices locomotores e alimentares são articulados e dispostos em pares. O corpo apresenta-se dividido em duas ou três partes, isto é, depende da classe: entre os Arachnida – cefalotórax e abdômem, entre os Insecta, divide-se em três partes – cabeça, tórax e abdômem.

Dentre todos os artrópodes conhecidos, a Classe Insecta é a que apresenta o maior número de espécies que podem provocar lesões ou transmitir agentes patogênicos ao homem. Essa classe é constituída de várias Ordens, das quais serão apresentadas algumas como: Blattariae, Anoplura, Hemiptera, Diptera e Siphonaptera. Em relação à Classe Arachnida serão focalizadas as Ordens Acari, Scorpiones e Araneida.

Classe insecta

Admite-se a existência de inter-relação entre a urbanização e a domiciliação de insetos que se adaptaram ao ambiente urbano, tornando-se pragas ou vetores de agentes etiológicos constituindo problemas de Saúde Pública, principalmente em regiões com precárias condições de saneamento.

Muitas espécies de insetos que eram silvestres, devido às alterações do ambiente provocadas pelo homem, desenvolveram mecanismos de adaptação em áreas urbanas e passaram a conviver no peri ou intradomicílio, mudança esta conhecida como sinantropia.

É importante ressaltar que diante da grande diversidade dos insetos poucas espécies são interpretadas como nocivas ao homem ou aos animais. Muitas delas exercem um papel importante na cadeia alimentar, na decomposição da matéria orgânica, na agricultura (polinização), na produção de mel, cera, seda etc. Por outro lado, algumas espécies são prejudiciais e são assim consideradas pragas, vetoras de patógenos ou simplesmente provocam incômodo ou transtorno ao homem.

Em relação aos Artrópodes, serão abordados alguns aspectos referentes à morfologia, biologia, ecologia e importância em Saúde Pública de algumas espécies de insetos tais como: mosquitos ou perni-longos, moscas, baratas, “barbeiros”, pulgas e piolhos.

A Classe Insecta é também conhecida por Hexapoda cujo corpo divide-se em cabeça, tórax e abdome; apresentam três pares de patas e as asas podem estar presentes ou não.

Os insetos sofrem modificações durante o ciclo evolutivo podendo apresentar vários padrões como: Hemimetabolia ou metamorfose incompleta, quando passam pelas formas de ovo, ninfa e adulto (ex: Hemiptera – “barbeiros”); Holometabolia ou metamorfose completa, quando passam pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto (ex: Diptera – moscas, mosquitos; Siphonaptera – pulgas) (BORROR; DELONG, 1988).

A Classe Insecta é constituída de 28 Ordens das quais serão abordadas as que apresentam espécies de importância em Saúde Pública: Blattariae (baratas), Diptera (moscas, mosquitos etc.), Hemiptera (barbeiros, percevejos), Siphonaptera (pulgas) e Phthiraptera (piolhos) (BUZZI, 2002).

Ordem Blattariae (baratas)

Acredita-se que as baratas surgiram há mais de 300 milhões de anos e que atualmente são conhecidas mais de 4.000 espécies, das quais 1.200 ocorrem na região neotropical, distribuídas em 460 gêneros, portanto esses insetos são portanto considerados antigos e bem sucedidos.

As baratas medem de 3 a 100 mm de comprimento, apresentam o corpo oval, achatado dorsoventralmente, e geralmente de cor escura. Apresentam peças bucais mastigadoras, com mandíbulas fortes e denteadas, o que permite o consumo de vários tipos de materiais que o homem produz, armazena, consome, descarta ou excreta. Esses insetos são onívoros, isto é, se alimentam de vários tipos de produtos, de preferência açucarados. O ciclo biológico das baratas apresenta metamorfose incompleta, isto é, passam por três estágios de desenvolvimento: ovo, ninfa e adulto.

Em geral as baratas têm hábitos noturnos, saem à noite, período em que se alimentam e durante o dia ficam ocultas sob pedras, entre folhas secas, troncos caídos ou locais sombrios e úmidos. As espécies domiciliadas podem ser encontradas em grandes colônias no interior de canos de esgoto, fossas e caixas de gordura. Algumas podem viver e reproduzir no interior de vários tipos de veículos de transportes, tais como ônibus, trens, navios etc.

As informações sobre aspectos da morfologia, biologia, ecologia e importância em Saúde Pública, foram compiladas do Boletim Técnico APRAG (PAGANELLI, 1997; RUEGER; OLSON, 1969).

Principais espécies de baratas domiciliadas no Brasil

Família Blattellidae

– *Blattella Germanica*

Os adultos dessa espécie medem aproximadamente de 10 a 15 mm de comprimento, são de cor castanho-amarelados, possuem duas faixas longitudinais escuras no tórax. Uma fêmea pode produzir de quatro a oito ootecas durante a sua vida e cada ooteca contém de 30 a 48 ovos. Essas baratas chegam a viver mais de 200 dias. São de hábitos noturnos, infestam áreas fechadas, pouco úmidas e quentes; encontradas em apartamentos, supermercados, açougues, padarias, fábricas de alimentos, restaurantes, embarcações e ônibus. Habitam áreas como banheiros, cozinhas e em volta de motores elétricos. Alimentam-se de restos e comem ampla variedade de materiais. Podem realizar vôos curtos.

Essa espécie é conhecida popularmente como: barata alemãzinha, francesinha, paulistinha ou germânica.

Família Blattidae

– *Periplaneta americana*

Entre as baratas urbanas é a maior em tamanho, com até 50 mm de comprimento. Apresentam coloração castanho-avermelhada nas asas e manchas claras no tórax. Uma fêmea pode depositar de 10 a 90 ootecas, com uma média de 30 ovos. Habitam ambientes úmidos e quentes e encontram-se associadas ao homem em locais como supermercados, padarias, restaurantes, indústrias de alimentos e outros locais onde se armazenam alimentos, depósito de garrafas usadas de cerveja, biotérios, porões, cozinha de navios etc. Essa espécie, ainda pode ser encontrada em fossas, latrinas, caixas de gordura, esgotos etc. Sua dieta é bastante variada e pode ingerir indistintamente vários tipos de matéria orgânica. Podem alçar vôos curtos e rápidos.

Popularmente são conhecidas como: barata voadora, barata de esgoto e barata cascuda.

Família Blattidae

– *Periplaneta australasiae*

Assemelham-se a *Periplaneta americana*, mas pouco menores medindo de 27 a 33 mm de comprimento; de cor amarela nas margens do tórax e apresentam uma faixa amarela clara nas asas anteriores, podendo alçar vôos. Cada fêmea deposita de 20 a 30 ootecas, com 24 ovos. Esta espécie é freqüentemente encontrada em estufas de plantas onde se alimentam de vegetais e de outras substâncias. Tornam-se pragas dentro dos domicílios, roendo roupas ou se alimentando de papel de livros etc. Podem ocupar habitats semelhantes a *P. americana* em residências e outras edificações.

Conhecidas popularmente como: “barata australiana”.

Familia Blattidae

– *Blatta orientalis*

As formas adultas não voam e medem de 18 a 27 mm de comprimento; corpo robusto de cor marrom escuro e preto brilhante. Uma fêmea produz em média oito ootecas, com 15 ovos. Esta espécie vive em áreas úmidas como porões, esgoto, ralos, lixos e se alimentam de restos de matéria orgânica. São conhecidas popularmente como “barata oriental”.

Importância em saúde pública

Quanto ao papel das baratas, como vetoras de agentes patogênicos ao homem, sabe-se que podem disseminar patógenos que estão alojados em seu corpo, interna e externamente. Costumam regurgitar partes dos alimentos digeridos e defecar em intervalos regulares por onde circulam, além de liberarem uma secreção nauseante de suas bocas e de glândulas que se abrem em seu corpo, exalando um “odor de barata” característico e persistente, sobre alimentos, utensílios e outros objetos.

Sob o ponto de vista de Saúde Pública, destacam-se alguns problemas relacionados à saúde do homem:

- a) como vetoras de patógenos
 - Bactérias, isoladas a partir de *Periplaneta americana*, *Blattella germânica* e *Blatta orientalis*
 - *Salmonella typhi* – agente da febre tifóide
 - *Escherichia coli* e *Salmonella* sp – agentes da diarreia, gastroenterite e intoxicação alimentar
 - *Bacillus subtilis* – agente biológico da conjuntivite
 - Vírus, isolados em *P. americana* e *B. germânica*.

- da poliomielite
- da hepatite infecciosa

- Fungos, encontrados na exocutícula e no intestino de baratas.

- Protozoários – agentes desencadeantes de disenterias:
 - *Entamoeba histolytica*
 - *Giardia intestinalis*
 - *Balantidium coli*
 - *Toxoplasma gondii*

- Helmintos, ovos isolados em *B. germanica*, *B. orientalis* e *P. americana*.
 - *Ascaris lumbricoides*
 - *Ancylostoma duodenale*
 - *Necator americanus*

b) estresse psicológico

A infestação de baratas pode provocar estresse psicológico e ansiedade nas pessoas que sofrem de entomofobia.

c) mordeduras

Relato sobre pessoas que foram mordidas por baratas quando estas se alimentavam de restos de comida sobre a face.

d) como produtoras de agentes etiológicos

- secreção de defeca e produtos de excreta: as pessoas ao ingerirem alimentos que estão contaminados por esses produtos, podem ser vítimas de náuseas e distúrbios intestinais.

- alergias: pessoas que são alérgicas às baratas podem apresentar sintomas como: espirros, irritação e vermelhidão da pele e dos olhos.

Controle

O controle de baratas nos centros urbanos é um grande desafio aos órgãos responsáveis por essa atividade. Atualmente, discute-se o conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP), que envolve a combinação de métodos químicos e não químicos para o controle de pragas. Para que o manejo integrado tenha resultados satisfatórios é importante identificar a espécie de barata, utilizar os métodos de controle para cada espécie e alterar as condições que favoreçam a sua infestação. Uma condição importante no controle é a realização da inspeção minuciosa dos locais infestados por baratas.

Depois de realizada todas as etapas anteriores, recomendam-se para o controle integrado de baratas as seguintes medidas:

- Saneamento ambiental: remoção, acondicionamento e tratamento final dos resíduos sólidos; vedação de frestas e rachaduras que possam servir de abrigo; inspeção periódica e cuidadosa de caixas de papelão, gavetas, atrás de armários e outros; limpeza periódica de fornos, despensas, eletrodomésticos, coifas, onde quer que possa acumular gordura e restos de alimentos;
- inseticidas residuais: o uso de inseticidas deve ser limitado e de acordo com as circunstâncias observadas em cada inspeção, podem ser usados os organofosforados, carbamatos, piretróides;
- formulações inseticidas: concentrados emulsionáveis, pós molháveis, pós, iscas, aerossóis nas frestas;
- reguladores de crescimento;
- agentes desalojantes;
- fumigação;
- ferormônios;
- repelentes;
- armadilhas;

Ordem Hemiptera (barbeiros)

Esta ordem reúne cerca de 23 mil espécies, conhecidos popularmente como barata-d'água, chupança, barbeiro, percevejos de cama, fede-fede, maria-fedida etc.

Os hemípteros apresentam hábitos alimentares bem variados, os fitófagos alimentam-se de seiva de vegetais, os predadores alimentam-se de insetos, os hematófagos alimentam-se de sangue de vertebrados, inclusive o homem. Nessa ordem encontram-se algumas famílias de importância em Saúde Pública, cujas espécies são hematófagas tais como a Cimicidae a qual pertence o percevejo de cama, parasitos de aves e mamíferos, a família Reduviidae cuja subfamília Triatominae é o taxon ao qual pertence o barbeiro, vetor do *Trypanosoma cruzi* parasito da doença de Chagas.

Família Reduviidae

Subfamília Triatominae

A subfamília Triatominae é composta por seis tribos, sendo distribuídos em 19 gêneros e 137 espécies restritas nas Américas (GALVÃO et al., 2003). Os triatomíneos são conhecidos popularmente como barbeiros, chupões, chupança, procotós e outras denominações.

Os barbeiros são insetos cujo tamanho pode variar de 14 a 38 mm de comprimento, são hematófagos, pouco agressivos, as ninfas apresentam pequena mobilidade, enquanto os adultos deslocam-se pelo vôo em longas distâncias, ou seja, mudam de ambientes atraídos pelo alimento (sangue). Esses insetos necessitam de sangue para o seu desenvolvimento, portanto desde as ninfas

até os adultos (machos e fêmeas) realizam a hematofagia em animais tais como aves, mamíferos e répteis. Algumas espécies podem ocorrer no peri e intradomicílio podendo assim transmitir o parasito ao homem, enquanto que outras espécies habitam o ambientes silvestres associadas a abrigos de animais. O ciclo biológico dos triatomíneos é do tipo paurometábolos, isto é, apresentam as fases de ovo, ninfa 1, ninfa 2, ninfa 3, ninfa 4, ninfa 5 e adultos.

Do ponto de vista epidemiológico, apenas três gêneros se destacam:

- *Panstrongylus*: possui cabeça robusta e curta em relação ao tórax; antenas implantadas próximas aos olhos;
- *Triatoma*: apresenta cabeça alongada e antenas implantadas num ponto médio entre os olhos e o clipeo;
- *Rhodnius*: apresenta cabeça alongada e estreita; antenas implantadas próximo ao clipeo.

Importância em saúde pública

No que tange aos aspetos epidemiológicos, os triatomíneos apresentam-se como potenciais vetores do *Trypanosoma cruzi* ao homem. As espécies de importância em Saúde Pública são as seguintes:

- *Triatoma infestans*

Esta espécie apresenta tamanho médio, de comprimento entre 21 a 29 mm, o corpo em geral é marrom-escuro com marcações amarelo-pálido no cório, conexivo e nas patas (trocânter e base dos fêmures).

Do ponto de vista epidemiológico é a espécie mais importante na transmissão do *T. cruzi* no Brasil. No Brasil é exclusivamente domiciliada e seu ecótopo habitual é representado

pelas frestas das cafuas de barro ou de pau-a-pique. No seu local de origem, nos Andes, vive em ambientes silvestres onde são encontrados em ninho de roedores, gambás e aves. Ocorre em vários países da América do Sul tais como: Argentina, Paraguai, Uruguai, Brasil, Chile e Peru. No Brasil, é considerada eliminada dos ecótopos domiciliares, tendo o país recebido a “Certificação Internacional de Eliminação da Transmissão da Doença de Chagas pelo *Triatoma infestans*”, conferida pela Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS, em 09 de junho de 2006 (MS, 2001).

– *Panstrongylus megistus*

Espécie de tamanho grande, medindo entre 26 a 38 mm, tendo o corpo cor negra com pequenas manchas vermelhas e as patas totalmente negras. É uma espécie importante na transmissão do parasito da Doença de Chagas nas regiões mais úmidas do Nordeste, tendo sido encontrado em domicílios e anexos. Ocorre em vários Estados: Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul.

– *Rhodnius neglectus*

Espécie de porte médio, seu tamanho é de aproximadamente de 17 a 21 mm, seu corpo apresenta cor marron-claro, com manchas amareladas no corpo. Esta espécie é silvestre e habita ninhos de animais em palmeiras, galinheiros, pombais e habitações humanas. Tem sido encontrada em Minas Gerais, Goiás, Bahia, Mato Grosso e São Paulo.

Além dessas espécies citadas anteriormente, no Brasil ocorrem outras de importância epidemiológica na transmissão do *T. cruzii*, são elas: *Triatoma brasiliensis*, *T. pseudomaculata*, *T. vitticeps* e *T. rubrofasciata*.

Controle

Os triatomíneos são originalmente de habitats naturais, representados pelos seus ecótopos silvestres. Em decorrência das alterações ambientais provocadas pelo homem estes ecótopos foram transformados acarretando sério impacto sobre a ecologia. Dessa forma, algumas espécies de triatomíneos que eram silvestres desapareceram e outras se adaptaram a novos abrigos, representados por habitações humanas, onde obtiveram sucesso na sobrevivência. Essa doença encontra-se controlada em amplas regiões do país devido à estratégia de monitoramento e ações de combate ao vetor por meio do uso de inseticidas específicos. Aliado a esses aspectos houve melhorias habitacionais em áreas endêmicas além de maciço exodo rural, aspectos esses que contribuíram para o controle da doença.

O controle dos triatomíneos pode ser realizado através de vários métodos:

- Melhoria habitacional;
- Educação sanitária;
- Hormônios juvenilizantes;
- Estimuladores de crescimento;
- Inibidores de crescimento;
- Controle biológico: fungos, micro-hemípteros e outros artrópodes e vertebrados;
- Químico: inseticidas.

Os aspectos referentes a morfologia, biologia, ecologia e importância em Saúde Pública de triatomíneos foram baseados na literatura especializada (LENT; WYGODZINSKY, 1979; PESSOA, 1982; NEVES, 2000; REY, 2001).

Ordem Siphonaptera (pulgas)

A ordem Siphonaptera (do grego *syphon*, tubo; *aptera*, sem asas) constituem insetos conhecidos como pulgas e bichos-de-pé. As pulgas são insetos pequenos medindo de 1 a 6 mm de comprimento e com coloração castanha; de corpo comprimido lateralmente; o último par de pernas é adaptado para saltar; aparelho bucal tipo picador- sugador. As fases evolutivas desses insetos são: ovo, larva I, larva II, pupa e adulto, portanto apresentam metamorfose completa, ou seja, são holometábolos. As pulgas adultas são hematófagas, comportam-se como ectoparasitas de mamíferos e aves, sendo que a maioria das espécies vive sobre a pele e pêlos de seus hospedeiros (ratos, cães, gatos e porcos), e podem ser consideradas como pragas quando encontradas no domicílio humano. Esta ordem apresenta cerca de 3000 espécies descritas no mundo, incluídas em 238 gêneros distribuídos em 15 famílias, sendo que no Brasil ocorrem apenas 59 espécies e oito famílias.

As informações referentes à morfologia, biologia, ecologia e importância em Saúde Pública, foram extraídas da literatura básica como: Pessoa, 1982; Neves, 2000; Linardi & Guimarães 2000; Guimarães et al., 2001; Marcondes, 2001; Rey, 2001.

Importância em saúde pública

As pulgas por ocuparem diferentes nichos ecológicos durante seu desenvolvimento, seja nos estádios larvários e adultos, desempenham importante papel na cadeia epidemiológica atuando como parasitos, como vetores biológicos e como hospedeiros intermediários.

– Como parasitos

a) ação espoliadora: machos e fêmeas exercem a hematofagia no hospedeiro;

b) ação irritativa: a partir da picada pode ocorrer dermatite e reações alérgicas. Ex: no homem a reação é conhecida como prurido de Hebra;

c) ação inflamatória: no local do parasitismo por *Tunga penetrans* (bicho-de-pé) no hospedeiro pode ocorrer infecções secundárias por agentes oportunistas como bactérias do tétano (*Clostridium tetani*), gangrenas gasosas e de fungos (*Paracoccidioides brasiliensis*).

– Como vetores

a) vírus – *Mixoma mollitor*, mixomatose em coelhos;

b) riquetsias – *Rickettsia mooseri*, tifo murino;

c) bactérias – *Yersinia pestis*, peste bubônica; *Fransisella tularensis*, tularemia; *Salmonella enteritidis* e *S. typhimurium*, salmoneloses.

– Como hospedeiros intermediários

a) Protozoa – *Trypanosoma lewisi* (roedores sinantrópicos);

b) Cestoda – *Dipylidium caninum* (no cão ou acidentalmente no homem); *Hymenolepis nana* e *H. diminuta* (no homem ou em roedores);

c) Nematoda – *Diptelonema reconditum* (verme filarídeo do cão).

Principais espécies de pulgas

No Brasil, foram descritas oito famílias e 59 espécies de Siphonaptera, sendo que apenas três famílias apresentam espécies de importância médica: Pulicidae, Rhopalopsyllidae e Tungidae.

Família Pulicidae

Esta família é constituída por três gêneros: *Pulex*, *Xenopsylla* e *Ctenocephalides* reunindo cinco espécies.

– *Pulex irritans*: a “pulga do homem” é cosmopolita, vive no domicílio humano e cinemas; tem atração pelo sangue do homem, mas pode se alimentar de outros hospedeiros. Em pacientes mais sensíveis sua picada pode provocar insônia, reação dérmica (pulicose). Sua participação na transmissão de doenças e principalmente da peste bubônica é praticamente nula.

– *Xenopsylla cheopis*: é a pulga mais encontrada nos ratos domésticos; é cosmopolita e a principal espécie transmissora do agente da peste bubônica entre os ratos e entre o rato e o homem.

– *Ctenocephalides canis* e *Ctenocephalides felis*. Ambas são encontradas parasitando igualmente cães e gatos. No Brasil, em algumas regiões, *C. felis* é a pulga mais freqüente encontrada nos cães e também pode colonizar no interior de habitações. Registrou-se em Belo Horizonte, altas prevalências de infecção de *C. felis* por *Dipylidium caninum* e por *Dipetalonema reconditum* (REY, 2001).

– *Tunga penetrans*: Conhecida como “bicho-de-pé” ou “bicho-do-porco”; é a menor espécie de pulga conhecida (1mm) e pode infestar o porco, o homem, o cão, o gato, o rato e o boi. Os machos e as fêmeas vivem em lugares de solo arenoso, em chiqueiros de porcos e no peridomicílio. Apenas as fêmeas grávidas é que penetram na pele do homem, principalmente na sola plantar, calcanhar, cantos dos dedos, dos pés e mãos. As lesões provocadas por estes insetos podem servir como porta de entrada para outros agentes como bactérias e fungos.

Controle

O combate às pulgas pode ser efetuado por métodos mecânicos e químicos.

– Métodos mecânicos

- catação manual do ectoparasito sobre a pelagem de cães e gatos
- lavagem, escovação ou penteação da pelagem dos animais
- lavagem freqüente da cama do animal
- limpeza freqüente do canil e outros abrigos
- varrição e lavagem do piso intradomiciliar
- Métodos químicos: existem vários inseticidas que são utilizados para o combate às pulgas: organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretróides sintéticos e produtos naturais tais como: piretrina e rotenona.

Além desses métodos é importante ressaltar que as melhorias habitacionais, educação sanitária, manejo ambiental, bem como remoção do solo, de modo a interferir nas condições de temperatura e umidade, fatores que favorecem o desenvolvimento das larvas de pulgas.

Ordem anoplura (piolhos)

Os insetos dessa ordem são conhecidos como piolhos, se caracterizam por serem pequenos, seu tamanho pode variar entre 1 a 3,5 mm de comprimento, sem asas, corpo achatado dorsoventralmente, as pernas são robustas e no tarso nota-se uma forte garra que se assemelha a uma pinça, onde o inseto se fixa no pêlo. Apresentam metamorfose gradual (paurometábolos), ovo, ninfa e adultos. O aparelho bucal é picador-sugador, são insetos parasitos de mamíferos e tanto os machos como as fêmeas são hematófagos.

Essa ordem é constituída de aproximadamente 480 espécies distribuídas em 15 famílias, das quais duas apresentam espécies que parasitam o homem. A família Pediculidae é representada pelo gênero *Pediculus* e a família Pthiridae, pelo gênero *Pthirus*.

Quanto aos aspectos da biologia, morfologia, ecologia e importância em Saúde Pública dos piolhos, foram utilizadas informações contidas na literatura como: Pessoa, 1982; Neves, 2000; Guimarães et al., 2001; Marcondes, 2001; Rey, 2001.

Importância em saúde pública

Os piolhos, desde a antigüidade foram considerados os maiores inimigos do homem, devido suas infestações que causavam epidemias de tifo exantemático e outras rickettsioses, principalmente durante as guerras onde havia muita promiscuidade e a falta de higiene entre as populações humanas. As picadas desse inseto podem provocar uma dermatite. A infecção secundária das lesões cutâneas pode levar à produção de impetigo, de furunculose ou de eczemas.

Denomina-se pediculose do couro cabeludo e do corpo, a infestação causada por piolhos e o termo pitiríase, pitirose, fitiríase, é a infestação provocada por piolho-do-púbis, “chatos”.

As lêndeas são os ovos dos piolhos, que são notadas nos cabelos.

As espécies que parasitam o homem são:

– *Pediculus capitis*, piolho da cabeça e seus ovos (lêndeas) ficam cimentados na base dos cabelos.

– *Pediculus humanus*, piolho do corpo conhecido como “muquirana”, são encontrados nas partes cobertas do corpo e seus ovos aderem-se às fibras das roupas.

– *Pthirus pubis* ou piolho-do-púbis é a menor espécie e habitam a região pubiana e perineal.

A picada do piolho pode provocar uma dermatite. As lesões cutâneas podem ocasionar infecções secundárias como impetigo, furunculose ou de eczemas. Além da dermatite os piolhos podem transmitir agentes do tifo exantemático ou epidêmico cuja infecção

é pela *Rickettsia prowazekii*, a febre das trincheiras pela *Rickettsia quintana* e a febre recorrente, é provocada pela *Borrelia recurrentis*. Essas duas últimas doenças caracterizam-se clinicamente por acessos febris.

A transmissão dos piolhos ocorre por contato de uma pessoa a outra durante um aperto de mão, abraço ou beijo facial. Essa transmissão é facilitada em lugares apertados, os transportes coletivos, creches, asilos entre outros. Os “chatos” são transmitidos por contato sexual.

A pediculose e o risco de doenças transmitidas por piolhos podem ser evitadas através de medidas preventivas tais como:

- evitar contato físico com pessoas infestadas ou com suas roupas e objetos de uso pessoal (chapéus, pentes, escovas, vestimentas, cama etc.);
- em locais fechados, escolas creches, acampamentos, etc, onde ocorre surto de pediculose, inspeção periódicas dos cabelos e tratamentos dos positivos;
- nos programas de educação incluir a prevenção da pediculose.

Ordem Diptera (moscas e mosquitos)

A Ordem Diptera é constituída de três Subordens:

- Nematocera – dípteros primitivos, com a aparência de mosquitos, apresentam antenas com seis ou mais artículos. Esta subordem é formada por quatro famílias de importância em Saúde Pública: Culicidae, Psychodidae, Simuliidae e Ceratopogonidae.
- Brachycera – dípteros cujas antenas têm cinco artículos ou menos, geralmente três. A família Tabanidae (mutucas) é importante para a Saúde Pública e para a Veterinária.
- Cyclorhapha – dípteros que possuem antenas com três artículos. São conhecidos como moscas e as principais famílias de

importância em Saúde Pública são: Muscidae (mosca doméstica), Calliphoridae (varejeiras), Sarcophagidae (varejeiras de carnes em decomposição) e Oestridae (berne).

A Ordem Diptera é composta de aproximadamente 150.000 espécies descritas em todo mundo. O significado da palavra díptera (di = duas e ptera = asas). O corpo divide-se em três partes: cabeça, tórax e abdome; são insetos holometábolos, passam pelos estágios de ovo, larva, pupa e adulto; algumas espécies são hematófagas, outras são picadoras e lambedoras; ocorrem em diferentes habitats, aquáticos, terrestres e aéreos. Nesta Ordem encontra-se o maior número de espécies que pode picar o homem e os animais, ocasião em que podem veicular patógenos ou provocar incômodo. Há espécies que são úteis, como aquelas que fazem a polinização e outras controladoras de pragas.

Nematocera

Família Culicidae

Mosquitos

Os mosquitos são insetos pertencentes à ordem Diptera, família Culicidae. O interesse por esse grupo de artrópode prende-se ao fato de comportar espécies provocarem incômodo ou transmitirem patógenos.

Há no mundo mais de 4.000 espécies catalogadas, distribuídas predominantemente no cinturão tropical. Ocupam os mais variados habitats, das florestas às cidades. Na atualidade as espécies urbanas têm-se revelado como verdadeiros desafios à Saúde Pública.

Quanto à morfologia, os mosquitos possuem o corpo segmentado e organizado em três regiões facilmente reconhecíveis:

cabeça, tórax e abdome. Nas pupas, entretanto, a cabeça se funde ao tórax compondo o cefalotórax (FORATTINI, 1996).

Na fase adulta são alados com um par de asas inseridas no segmento mediano do tórax, atendendo à condição de díptera. Possuem também um par de estruturas, interpretadas como asas atrofiadas, os balancins, cuja função é auxiliar o equilíbrio no vôo. Mais ventralmente ao tórax e de cada segmento, estão aderidas as pernas, em número de três pares.

Em relação à biologia, os mosquitos são holometábolos ou seja, desenvolvem-se em quatro fases: ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos são postos diretamente na água como em *Culex* e *Anopheles* ou locais úmidos sujeitos à inundação, como em *Aedes*. Uma fêmea em uma única oviposição pode liberar cerca de 200 ovos, fato que evidencia o potencial de proliferação desses insetos (FORATTINI, 2002)

Os ovos podem ser liberados na forma aglutinada em “jangadas” como em *Culex*, ou isoladamente como em *Aedes*. Nas espécies que ovipoem diretamente na água, os ovos são sensíveis à dissecação, enquanto naqueles que liberam seus ovos fora da água, esses apresentam estratégias de permanecerem viáveis mesmo que submetidos a ambientes secos.

A fase larval transcorre em quatro estádios. As larvas de primeiro estádio são diminutas e pouco notadas a olho nú. As de quarto estádio são prontamente visíveis. Os imaturos de culicídeos desenvolvem-se geralmente em coleções aquáticas estagnadas, reconhecidas como criadouros. Esses podem ser grandes como um lago a pequenos como um copo com água. Podem classificar-se como naturais e artificiais; permanentes ou temporários dentre outros. A identificação, caracterização e mapeamento dos criadouros é de relevante importância na articulação de estratégia de controle de mosquitos (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994).

As larvas são aquáticas, ambiente de onde retiram o alimento. Quanto a esse aspecto, a maioria é filtradora, selecionando as partículas por tamanho. Alimenta-se assim de pequenos fragmentos orgânicos e de microorganismos em suspensão no meio. Há porém larvas que freqüentam o fundo, raspando ou ingerindo à matéria nutritiva aderida ao substrato. Há também larvas de mosquitos predadoras de outros culicídeos como as do gênero *Toxorhynchites*. As larvas, embora aquáticas respiram o ar atmosférico através dos espiráculos do sifão, estrutura morfológica situada na parte terminal do abdome e associada ao sistema traqueal. Há nos gêneros *Coquellittidia* e *Mansonia* adaptação da extremidade do órgão cuja ponta torna-se afilada e esclerotizada, adquirindo a forma de um “espinho” perfurante. As espécies desses gêneros inserem essa estrutura no aerênquima de macrófitas de onde “parasitam” o oxigênio.

As pupas correspondem à última fase aquática, período de intenso metabolismo, que dura em média dois dias, período em que uma larva é transformada em adulto. Nessa fase o organismo não se alimenta, porém respira intensamente, possuindo assim um par de “trompas respiratórias” situado na região dorsal posterior do cefalotórax. Permanecem quase que o tempo todo na superfície do líquido, porém, mostram rápido comportamento de defesa afundando no criadouro quando perturbadas.

Os adultos machos são menores que as fêmeas, de sobrevida mais curta e raio de vôo reduzido. Não são hematófagos, alimentam-se de substâncias energéticas excretadas por vegetais, tendo a função principal de fertilização. Permanecem geralmente nas imediações dos criadouros, em abrigos úmidos e protegidos do vento. A cópula se verifica em muitas espécies quando às fêmeas penetram nos “enxames” de machos.

As fêmeas caracterizam-se principalmente pela necessidade de alimento sangüíneo, além de nutrirem-se também de exsudados de plantas. Para obterem o sangue picam vertebrados inclusive o homem, condição que lhes confere importante papel epidemiológico na veiculação de patógenos. O repasto sangüíneo é fundamental para o desenvolvimento dos óvulos no interior dos ovários. Cerca de dois dias após a alimentação a fêmea “grávida” estará apta a ovipor, possibilitando uma nova geração.

Durante a sobrevivência da fêmea, estimada geralmente entre 40 a 60 dias, vários ciclos de alimentação – oviposição podem transcorrer. Assim, o contato repetitivo com diferentes hospedeiros vertebrados, aumenta a perspectiva de infecção do mosquito, o qual pode assumir o papel de vetor. O comportamento das fêmeas de mosquitos deve ser estudado, pois possibilita a compreensão do processo de transmissão de patógenos. Seus hábitos, como: local de repouso, distribuição espacial, ritmo nictimeral, variação sazonal, raio de vôo, dispersão, entre outros, são de extrema importância para a epidemiologia e para a racionalização do controle.

Espécie de importância em saúde pública no Brasil

Anofelinos – destaca-se o *Anopheles darlingi*, considerado o principal vetor dos protozoários do gênero *Plasmodium*. Trata-se da espécie que mantém o endemismo da malária na Região Amazônica. Além dessa, assumem importância no Brasil, geralmente como vetores secundários, as espécies: *An. albivittatus* Ls., *An. oswaldoi*, *An. nuneztovari*, entre outros.

Destaca-se, nas áreas litorâneas, a possibilidade de *An. aquasalis* desempenhar a função de vetor primário dos parasitos da malária.

An. cruzii e *An. bellator*, espécies associadas as bromélias da Mata Atlântica são vetores de plasmódios humanos e de macacos em áreas, geralmente associadas à Serra do Mar.

Culicíneos – do gênero *Culex*, no Brasil destaca-se a espécie *Culex quinquefasciatus* por transmitir a *Wuchereria bancrofti*, agente da filariose em cidades do norte e nordeste. Essa espécie, sinantrópica e de elevada antropofilia está geralmente associada a coleções aquáticas estagnadas e poluídas por efluentes de esgoto domésticos ou industriais. A elevada densidade desses mosquitos reflete portanto o descaso das políticas públicas voltadas aos investimentos da qualidade ambiental na esfera do saneamento.

Aedinos – como importante cita-se o gênero *Haemagogus*, principalmente a espécie *Hg. leucocelaenus* considerado o principal veiculador do vírus da Febre Amarela, que atualmente continua a manter sua forma silvestre. Ressalta-se que toda a Região Amazônica é considerada área enzoótica dessa virose enquanto a região pré-amazônica do Brasil central, com algumas incursões mais a Leste compõe uma grande faixa epizoótica. Nesse território há riscos da emergência de surtos humanos de febre amarela.

Nas áreas urbanas, ressalta-se a importância da espécie introduzida, o *Aedes aegypti*. Além de seu potencial na veiculação do vírus da Febre Amarela no ambiente urbano, essa espécie, a partir dos anos 80 do último século, passou a veicular os vírus da dengue no Brasil. É sem dúvida o mosquito mais combatido no país e aquele no qual se disponibiliza maiores recursos. Entretanto, a dengue tornou-se endêmica, fato que demonstra o fracasso no combate a esse mosquito.

Outros *culicídeos* – espécies silvestres e exóticas como dos gêneros *Culex*, *Mansonia*, *Ochlerotatus*, *Aedes*, entre outros podem eventualmente tornar-se fator de incômodo ou veicular patógenos ao

homem e aos animais. Destaca-se o *Aedes albopictus*, introduzido no Brasil, vetor competente para vários arbovírus.

Controle

Para o combate dos culicídeos é necessário profundo conhecimento bioecológico da espécie alvo. É com base nas informações provenientes da pesquisa científica que as ações específicas devem ser operacionalizadas. Na atualidade, o controle químico, só deve ser recorrido em última instância, como no combate a uma epidemia. Há entretanto meios para se evitar que essa situação se concretize. A visão de manejo integrado deve ser valorizada e implementada na prática. Essa consta de ações articuladas, nas esferas de ordenamento ambiental, de emprego de métodos biológicos e de tecnologias químicas amigáveis ao ambiente. Todas essas ações devem estar integradas com o componente educativo, promovendo-se estímulos para a participação da população.

O controle dos mosquitos, não pode ser visto como ação pontual, porém deve estar coberto por um programa, bem articulado e supervisionado. Deve contar com recursos financeiros permanentes de modo a garantir sua sustentabilidade. Os mosquitos proliferam rápidos e possuem elevada capacidade de recompor suas populações. Somente o uso de indicadores de vigilância e as ações efetivas e integradas garantem o controle seguro e evitam a propagação das epidemias. Para os mosquitos continua válida a propalada idéia de que é muito mais inteligente investir na prevenção do que remediar no “apagar o incêndio” quando a epidemia já se tornou fato concreto.

Brachycera

Família Tabanidae (mutucas)

A morfologia dessas moscas é bem característica, pois a cabeça é mais larga que o tórax, os olhos são dicópticos nas fêmeas e holópticos nos machos, o aparelho bucal é do tipo picador e asas podem apresentar manchas. São dípteros geralmente robustos, com 6 a 30 mm de comprimento. As fêmeas colocam seus ovos aglomerados sobre pedras, folhas ou paus existentes acima de conteúdo de água parada ou lama. As larvas permanecem mergulhadas na lama, alimentando-se de pequenos animais aquáticos e vegetais. O desenvolvimento larval, dependendo de cada espécie, sofre de sete a oito mudas, no período de um a três anos. Em geral, vivem próximos dos criadouros, abrigando-se em vegetações, matas e capoeiras, onde exercem a hematofagia. Esta família possui mais de quatro mil espécies, sendo que no Brasil ocorrem aproximadamente mil espécies. Os principais gêneros são *Fidena*, *Chrysops* e *Tabanus*. Os dados referentes à biologia, morfologia, ecologia e importância em Saúde Pública, foram baseados nos seguintes trabalhos: Mariconi et al. (1999), Neves (2000) e Rey (2001).

Importância em saúde pública

Costumam alimentar-se em animais (bovinos, eqüinos, cães e outros) e no homem. A picada desses insetos é muito dolorosa e podem transmitir vírus da anemia infecciosa dos eqüinos; transmissão mecânica do *Trypanosoma equinum* (protozoário, agente do mal das cadeiras, em cavalos); pode veicular ovos de *Dermatobia*

hominis (berne). Na África, o gênero *Chrysops* é o hospedeiro intermediário da *Loa loa*, filária que parasita o homem na fase adulta.

Controle

O controle de tabanídeos ainda é um desafio, não havendo medidas eficientes. Em alguns países tentou-se a limpeza de córregos, aterros e drenagem de pântanos e aplicação de inseticidas. Em lugares quentes onde esses insetos perturbam as pessoas, pode-se aplicar repelentes no corpo.

Família Muscidae

***Stomoxys Calcitrans* (mosca-dos-estábulo)**

Esta mosca apresenta certa semelhança de cor e tamanho à mosca doméstica, a diferença está na probóscida preta brilhante, projetada horizontalmente na frente da cabeça e os palpos que são muito curtos. Os machos e as fêmeas são hematófagos, picam cavalos, bois, porcos, carneiros, cães e raramente o homem. As formas imaturas desenvolvem-se em excrementos de bois, cavalos e ovelhas, desde que misturados com palha ou feno; restos de ração e alfafa úmida que se encontram embaixo de cochos e nos currais. Cada fêmea produz até 632 ovos, que são depositados em forma de cachos, cujo período de incubação varia de 2 a 5 dias, à temperatura de 26 °C.

Importância em saúde pública

Esta espécie é uma das mais importantes pragas dos animais domésticos, provocando irritação e perda de peso. Nos bovinos,

pode reduzir a produção de leite. Apresenta importância na transmissão mecânica de alguns agentes infecciosos nos animais domésticos e no homem, como anemia infecciosa dos eqüinos, carbúnculo hemático e várias formas de tripanossomoses. Esses insetos podem picar o homem, nas pernas e cotovelos, causando forte dor. Em áreas costeiras do país constituem-se pragas, picando os banhistas.

Família Muscidae

***Musca domestica* (mosca doméstica)**

É uma espécie altamente sinantrópica, devido à sua associação com o homem. Freqüente interior dos domicílios, quer em ambiente silvestre, rural ou urbano. Está distribuída no mundo todo, principalmente em locais com precárias condições de saneamento básico.

As moscas adultas medem de 6 a 8 mm de comprimento e apresentam uma cor geral cinza-escuro com quatro listras longitudinais negras no mesonoto. Aparelho bucal robusto do tipo lambedor. Apresenta metamorfose completa (holometábolo), passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos são brancos, brilhantes, de forma alongada e são depositados em locais escuros, na presença de lixo, estercos ou matéria orgânica em fermentação, numa profundidade de 8 a 10 mm. Geralmente os ovos demoram de 8 a 24 horas para a eclosão das larvas, a uma temperatura média de 25 °C. Uma fêmea pode depositar durante sua vida até 900 ovos. As larvas se alimentam dos detritos contidos na matéria orgânica e sofrem várias mudas em poucos dias. O tempo de vida de uma fêmea adulta é de 2 a 12 semanas, podendo voar um a três quilômetros por dia.

Importância em saúde pública

As moscas sinantrópicas podem transmitir os patógenos pela veiculação mecânica nas patas, cerdas do corpo e peças bucais. Entre os patógenos estão:

- bactérias – diarreia infantil, conjuntivites humanas e animais, tuberculoses humanas e de animais, febre tifóide, cólera humana, carbúnculo etc.;
- vírus – poliomielite, oftalmia purulenta, varíola, escarlatina, pestes dos porcos etc.;
- helmintos – ascaridíase, nematóides que podem causar lesões gástricas e cutâneas em eqüinos etc.

Quando ocorre a proliferação excessiva de moscas devido o manejo inadequado de esterco principalmente de aviários e de lixo, estas podem causar incômodo e risco para o produtor.

Controle

Os inseticidas químicos no controle desses insetos, ainda são usados em quantidade em todo o mundo. Os programas de controle biológico preconizam o uso de parasitóides, além do grande número de inimigos naturais. As moscas podem ser combatidas pelo tratamento adequado do lixo, das fezes e de outros detritos, que servem de criadouros para as larvas.

Família Calliphoridae

Cochliomyia hominivorax (mosca-das-bicheiras)

Espécie conhecida como mosca das bicheiras ou varejeiras. As formas adultas medem de 8 a 10 mm de comprimento, sendo o

corpo de coloração metálica de tonalidade verde azulada. A cabeça apresenta uma coloração amarelo brilhante e os olhos amarelados; aparelho bucal é do tipo sugador e palpos curtos. O mesonoto tem três faixas longitudinais negras, onde a do meio é mais curta.

A sua distribuição geográfica se estende do sul dos EUA até a Argentina. A alimentação dos adultos poder ser: excrementos, carnes, exsudados de feridas, substâncias vegetais etc. Cada fêmea põe em média de 200 a 300 ovos e são depositados e agrupados em massa nas feridas e cavidades do corpo de animais de sangue quente. Os adultos são atraídos por odores fortes, excreções ou ferimentos. Podem alçar vôos de aproximadamente até 10 km por dia.

As larvas eclodem em menos de 24 horas e se alimentam de tecido vivo e quando alcançam a maturidade, dentro de cinco dias, abandonam as feridas, caem no solo e se transformam em pupas, e demoram oito dias para emergir como adultos.

Importância em saúde pública

As larvas destas moscas se desenvolvem em tecidos vivos, devorando rapidamente qualquer tipo de tecido e podendo penetrar no corpo. As lesões provocadas pelas larvas dessa espécie são muito graves, podendo mutilar a área atingida. Devido a sua biologia, desenvolvem as miíases primárias ou secundárias. O fato das larvas de moscas se desenvolverem em tecidos humanos ou animais, denominam-se miíases.

As miíases cavitárias, originam-se quando as larvas penetram e se desenvolvem em cavidades do corpo como nariz, olhos, ouvidos, boca, genital, anal etc.

Na literatura, já foram registrados vários casos de miíases em humano, com lesões em algumas partes do corpo, principalmente na cabeça, olho, nariz, boca etc. Na pecuária é comum esse agravo ser

constatado em bovinos, equinos e outros animais, causando enormes prejuízos econômicos.

Controle

Como as larvas se desenvolvem rápido em tecidos é necessária a sua remoção. No homem a lesão deve ser lavada com solução fisiológica; podem-se colocar algumas gotas de éter ou fumo de rolo dissolvido em água fervida para imobilizar as larvas e em seguida estas são retiradas com pinça. Em alguns casos há necessidade de cirurgia plástica para reconstituir a área destruída.

Família Muscidae

***Musca domestica* (mosca doméstica)**

É uma espécie altamente sinantrópica, devido à sua associação com o ambiente humano. Quanto a distribuição geográfica, ocorrem em todo o mundo. As moscas adultas medem de 6 a 8 mm de comprimento e apresentam uma cor geral cinza-escuro com quatro listras negras longitudinais negras nomesonoto. Apresentam metamorfose completa, passando por quatro estágios de desenvolvimento, ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos são brancos brilhantes, de forma alongada; são depositados em locais escuros, na presença de esterco ou matéria orgânica em fermentação, numa profundidade de 8 a 10 mm. Geralmente os ovos demoram de 8 a 24 horas para a eclosão das larvas, a uma temperatura média de 25 °C. Uma fêmea pode depositar em média 120 ovos e em toda sua vida varia de 400 a 900 ovos.

As larvas se alimentam dos detritos contidos na matéria orgânica e sofrem várias mudas em poucos dias. O tempo de vida de

uma fêmea adulta é de 2 a 12 semanas, podendo voar um a três quilômetros por dia.

Importância em saúde pública

Considerada sinantrópica, essa mosca não parasita o homem e os animais domésticos, mas carrega no seu corpo como nas peças bucais, nas patas, abdome, cerdas do corpo, vários agentes causadores de doenças, tais como:

- vírus: da gastroenterite, poliomielite etc.;
- bactérias: cólera, febre tifóide etc.;
- protozoários: ameba, giárdia, coccídios etc.;
- helmintos: áscaris, tricuris, toxocara etc.

Além de veicular esses patógenos, outro aspecto repugnante é sua presença frequente sobre alimentos servidos durante as refeições.

Controle

O controle de mosca doméstica, tem sido um grande desafio pelo homem. Os inseticidas químicos no controle desses insetos, ainda são usados em grandes quantidades em todo o mundo. Os programas de controle biológico preconizam o uso de parasitóides, além do grande número de inimigos naturais. As moscas podem ser combatidas pelo tratamento adequado do lixo, das fezes e de outros detritos, que servem de criadouros para as larvas.

Nos animais o controle dessa mosca é feito com o uso de repelentes, como óleo de mamona e outros produtos; higienização ou a cobertura com gaze de lesões para evitar a atração das moscas; esterilização de machos em laboratórios e soltos na natureza onde copulam com as fêmeas e produzem ovos inférteis.

Existem outras espécies de moscas de interesse em Saúde Pública e na Veterinária como a *Dermatobia hominis*, conhecida popularmente como mosca do berne ou das bicheiras. São encontradas em animais, principalmente o boi, causando prejuízo econômico e no homem, ocorre ocasionalmente, provocando lesões na pele.

Chrysomya

Esse gênero possui duas espécies de importância em Saúde Pública como: *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya putoria* (= *C. chloropyga*) conhecidas como varejeiras e freqüentes nos ambientes urbanos. Oriundas do Velho Mundo, provavelmente introduzidas no continente americano, durante as relações comerciais entre o Brasil e Velho Mundo, por meio de refugiados das ex-colônias portuguesas da África. Na década de 70, foi introduzida acidentalmente no Brasil, e registrada pela primeira vez nas áreas metropolitanas de Curitiba, Santos e São Paulo (GUIMARÃES et al., 1978). O corpo desses insetos apresenta-se robusto, de comprimento aproximado em torno de 8 mm, de cor metálica, podendo variar desde o verde brilhante, com tons amarelados até o azulado. No mesonoto distingue-se duas faixas transversais escuras e três faixas no dorso do abdome.

As fêmeas depositam em média 250 ovos em massa no substrato. Os criadouros estão associados a ambiente rico em matéria orgânica em decomposição tais como: fezes, lixo, carnes em putrefação e até em alimentos frescos. Os ovos eclodem em média 10 dias após a ovoposição, a uma temperatura ideal a cerca de 20 a 28 °C. As larvas são ativas e vorazes, necessitando para o seu desenvolvimento temperaturas altas e umidade relativa do ar em torno de 75%. As formas adultas atingem longevidade

de até 90 dias, em condições ideais de temperatura e umidade. As moscas adultas são atraídas por alimentos como frutas e carnes.

Importância em saúde pública

Apresenta comportamento eusinantrópico, estando sempre associada ao homem, tendo em vista que suas larvas se alimentam de carcaças, vísceras e excremento em atividades de produção e processamento animal. Sua importância em Saúde Pública está associada a vários fatores tais como: capacidade de dispersão, rápido aumento populacional e diversidade no hábito alimentar (fezes humanas, vísceras de frango, peixe, frutas e lixo em geral). Pode veicular vários patógenos:

- enterobactérias: salmoneloses e shigeloses
- enteroparasitas: giardíases
- enterovírus (após pousarem) sobre: dejetos e resíduos contaminados com fezes, lixo, carnes em putrefação.

Controle

O controle das varejeiras é feito principalmente evitando-se a exposição de animais mortos diretamente no ambiente. Esse material, quando em putrefação, tanto atrai essas moscas, como também serve de sítio de proliferação, pois as larvas são necrófagas. Nas feiras livres, principalmente no setor de venda de peixes, as varejeiras são vistas com frequência. A proteção física desse produto por meio de barreiras físicas é fundamental para a manutenção da higiene e da segurança alimentar. Demais estratégias de controle já citadas para as outras moscas serão válidas para esse grupo.

Gênero/Espécie	Agente	Doença	Autores
<i>Lutzomyia</i> sp. (flebotomíneo)	Leishmania sp.	Leishmaniose	Pessoa, 1982; Neves, 2000; Rey, 2001; Marcondes, 2001
<i>Simulium</i> sp. (borrachudo)	Onchocerca volvulus	Oncocercose	Pessoa, 1982; Neves, 2000; Marcondes, 2001; Guimarães et al., 2001; Rey, 2001; Gil-Azevedo et al., 2005
<i>Culicoides</i> sp. (mosquito-pólvora)	Mansonella sp.	Filariose	Pessoa, 1982; Neves, 2000; Guimarães et al., 2001; Rey, 2001
<i>Amblyoma cajennense</i> (carapato)	Rickettsia rickettsi	Febre maculosa	Pessoa, 1982; Neves, 2000; Guimarães et al., 2001; Rey, 2001
<i>Sarcoptes scabiei</i>	Sarna	Escabiose	Pessoa, 1982; Neves, 2000; Guimarães et al., 2001; Rey, 2001

Quadro 1. Outros artrópodes de importância em saúde pública no Brasil.

Gênero/Espécie	Autores
Tityus serrulatus (escorpião amarelo) Tityus babilensis (escorpião escuro)	Pires, IM et al., 2003; Governo do Estado de São paulo, Secretaria de Estado da Saúde, 1993
Phoneutria sp. (aranha armadeira) Lycosa sp. (aranha tarântula) Loxosceles sp. (aranha marrom)	Brescovit, 2002, sites: www.butantan.gov.br; www.cve.saude.gov.br
Abelhas	Pires, IM et al., 2003
Formigas	Bueno, 1998

Quadro 2. Artrópodes causadores de acidentes no Brasil.

Outros Artrópodes

Além dos Artropódes mencionados anteriormente outras espécies pertencente a este Filo apresentam importância em Saúde Pública, seja na transmissão de agentes ou pelo incômodo provocado pelas picadas. Os quadros 1 e 2 a seguir mostram os gêneros, espécies, agentes, doenças e os autores para consulta mais detalhada.

Referências

- BORROR D.J & DELONG D.M - *Introdução ao estudo dos insetos*. São Paulo: Ed. EDUSP, 1988.
- BRESCOVIT AD. Aranhas da cidade de São Paulo: espécies de importância médica, sinantrópicas e controle. *Biológico*, 64: 31-32, 2002.
- BUENO OC. Formigas urbanas. Comportamento das espécies que invadem as cidades brasileiras. *Vetores & Pragas* 2: 13-16, 1998.
- BUZZI, ZUNDIR JOSÉ - *Entomologia Didática*. Curitiba, Editora Univ. Fed. Paraná: 4r. ed. 2002.
- CONSOLI, R.A.G.B., OLIVEIRA, R.L. *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.
- GALVÃO C, CARCAVALLO RU, ROCHA D da S & JURBERG J. A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. *Zootaxa*, 202: 1-36, 2003. [disponível in www.mapress.com/zootax/]
- GUIMÃRÃES, J.H; PAPAVERO N. *Myiases in man and animals in the neotropical region*. São Paulo: Editora Plêiade/FAPESP, 1999.
- FORATTINI, O. P. *Culicidologia médica*. São Paulo: Editora Edusp, 1996. v. 1.
- _____. *Culicidologia médica*. São Paulo: Editora Edusp, 2002. v. 2.
- LENT, H., WYGODZINSKY, P. Revision Of the triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their Significance as Vectors of Chagas Disease. New York: *American Museum of Natural History*, vol. 163, 1979.

MARCONDES, C.B. *Entomologia Médica e Veterinária*. São Paulo: Editora Atheneu, 2001.

MARICONI, F.A.M, GUIMARÃES, J.H., BERTI FILHO, E. *A mosca doméstica e algumas outras moscas nocivas*. Piracicaba: Editora FEALQ, 1999.

NEVES D.P. *Parasitologia Humana*. 10^a ed. São Paulo: Editora Ateneu, 2000.

PESSOA, S.B. *Parasitologia Médica*. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan, 1982

REY L. *Parasitologia*. 3^a ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2001.

RUPPERT, E. E. & BARNES, R. D. *Zoologia dos Invertebrados*. 6^a ed. São Paulo, Editora Roca, 1996.

Sites consultados:

<http://dtr2001.saude.gov.br/svs/epi/situacaodoencas/situacao.htm#chagas>

www.butantan.gov.br

www.cve.saude.gov.br

Capítulo 9

Ambiente urbano, bem-estar e saúde

**Prof. Dr. Leandro Luiz Giatti e
Msc. Carolina Moura de Souza**

Neste capítulo objetiva-se apresentar um pouco da multiplicidade de fatores ambientais ligados a saúde, sobretudo, no âmbito do bem-estar, também considerando as situações pertinentes aos ambientes urbanos e as mudanças de estilo de vida associadas à concentração de populações humanas em grandes centros.

Para balizar o início da argumentação vale citar a definição da Organização Mundial da Saúde – OMS sobre saúde, como: “O estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doença” (ROUQUAYROL, 1999, p. 552).

Quanto a essa definição Forattini (2000, p. 155) salienta o caráter subjetivo, pois em termos de bem-estar é necessário considerar que os seres humanos diferem entre si, o que é bom para determinada pessoa pode não ser para outra. Nesse sentido, verifica-se a dificuldade de estabelecer definições, entretanto, esse autor compara a saúde com a liberdade, sendo que ambas só “são ‘percebidas’ quando se as perde”. E ainda, cita que com intenção de compensar o caráter subjetivo da definição de saúde surgiu a noção de “qualidade de vida”, sendo esta definida por um grupo de estudos designado pela OMS como a “percepção do indivíduo de sua posição na vida no contexto de cultura e sistema de valores no qual vive e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações”.

Assim, verifica-se que apesar da “qualidade de vida” estar relacionada a uma percepção individual, sua interpretação também



se estende para a dimensão coletiva, podendo então ser apresentada por meio indicadores capazes de estimar o atendimento às necessidades da população, como número de leitos hospitalares disponíveis, extensão das redes de águas e esgotos, grau de escolaridade, qualidade do ar, oportunidades de lazer, vida familiar e profissional, e outros.

Não obstante, Minayo (2002, p. 174) indica que a qualidade de vida também em sua subjetividade vai apresentar diferentes abrangências de acordo com o grau de democracia nas sociedades, pois o reconhecimento do bem-estar se funda em um processo de construção de novas subjetividades. Quanto mais aprimorada é a democracia de uma nação, mais ampla é a noção do grau de qualidade de vida, havendo, portanto, uma ampliação dessa fronteira de abrangência de acordo com o desenvolvimento social das populações.

Silva e Fernandes (1996) assinalam que as percepções da problemática ambiental por parte da população variam basicamente em acordo com o contexto econômico e sociocultural em que cada morador se insere. Assim, como exemplo, citam que questões pertinentes à poluição atmosférica são apontadas com maior frequência entre as classes mais abastadas. Da mesma maneira, a carência de atividades sociais para a população diminui a consciência quanto aos problemas ambientais.

Traçando um paralelo entre qualidade de vida e qualidade do meio ambiente urbano, indica-se importância dos valores da sociedade para a determinação de tais critérios. Assim, Vargas (1999 apud RIBEIRO; VARGAS, 2001, p. 15) assinala quanto ao conceito da qualidade de vida mediante o desenvolvimento social humano:

Quando as necessidades básicas são supridas, outras começam a aparecer. Na verdade, o ser humano tem necessidades e desejos. Os



desejos tornam-se necessidades a partir do momento em que se vislumbra a possibilidade de satisfazê-los. Os desejos também dependem do repertório individual. Só se deseja o que se conhece ou sabe-se que existe. À medida que se adquire o conforto, começa-se a buscar o prazer. Este, por sua vez, tem um caráter mais pessoal, como necessidade de segurança, de privacidade, de reconhecimento e de afeto. Sobre todos esses valores deve-se acrescentar a subjetividade, que diz respeito à maneira de cada um ver a vida, resultado do seu repertório socioeconômico e cultural. E, talvez, até genético.

Vê-se portanto, o grau de complexidade que questões estritamente subjetivas como bem-estar e qualidade de vida podem representar no âmbito de uma população urbana.

Reconduzindo a discussão, deve-se indicar que o meio ambiente saudável representa, com grande relevância, uma das dimensões do bem-estar e da qualidade de vida do ser humano. Rocha (1993, p. 68) salienta que a Ecologia, definida enquanto ciência em 1866 por Ernst Haeckel, preconiza como objetivo mais antigo a consciência da relação entre a vida, o meio ambiente e o bem-estar e a saúde. Assim, este autor afirma que:

o estado completo de bem-estar dos cidadãos só será alcançado quando o meio ambiente apresentar ou mantiver certas características que propiciem o equilíbrio ecológico. Essas condições são notadamente encontradas devido à existência de fenômenos conhecidos como ‘relógios biológicos’ que regulam as trocas, intercâmbios, velocidades de reações e possibilidades de associações biológicas, químicas e físicas da natureza.

De acordo com os pré-requisitos de qualidade de vida da Carta de Ottawa, estabelecidos na I Conferência Internacional de Promoção da Saúde, realizada em Ottawa no Canadá, verifica-se que dentre os diversos critérios determinados, figura o “ecossistema preservado e manejado de forma sustentável” (OPAS, 1996 apud WESTPHAL, 2000). De fato, a expressão ecossistema preservado suscita múltiplas interpretações e críticas, além de grande dificuldade de definir com precisão seu significado. É prudente considerar, portanto, o anseio pela conservação dos ecossistemas, de modo que estes não sofram grandes impactos causadores de desequilíbrios que possam afetar direta ou indiretamente a saúde humana. Considera-se que em situações mais primitivas o ambiente humano não era tão modificado e provavelmente aproximava-se mais de uma situação equilibrada, tendo em vista suas condições naturais, o que, certamente, também não garantia à espécie humana uma saúde plena, estando esta sujeita às limitações dos ecossistemas tais como a escassez de alimentos.

Para Forattini (2000, p. 143) o ser humano, mais do que qualquer outro ser vivo, foi capaz de construir o ambiente no qual pudesse viver, também estabelecendo práticas para a vida em conjunto e desenvolvendo técnicas para extrair e utilizar recursos que a natureza lhe oferece.

Jacobi (2000, p. 14) ressalta sobre os problemas ambientais oriundos do impacto da urbanização predatória sobre o ecossistema, afirmando que o ser humano, de forma quase insensível e sem deixar de ser um elemento constituinte da natureza, promove grandes mudanças que interferem no equilíbrio do meio natural.

Em analogia entre o ambiente natural e urbano, verifica-se que em ambos há predominância de ciclos de produção e consumo, nos quais pode ou não haver equilíbrio. No meio natural a fotossíntese, por meio da fixação de energia luminosa, constitui o principal



elemento à produção, por outro lado o consumo ocorre na respiração e na biodegradação. Nos ambientes urbanos a produção se dá por importação de alimentos de zonas rurais, fabricação de manufaturados e geração artificial de energia. O consumo, por sua vez, gera quantidades de resíduos em decorrência de não ocorrer total aproveitamento de recursos. O desequilíbrio entre produção e consumo nos ambientes urbanos se desenvolve associado a questões econômicas, políticas, culturais e socioambientais, podendo trazer inúmeras consequências ambientais e de saúde.

Da mesma maneira, Sobral (1996) indica que nas cidades o ser humano mudou drasticamente a interação dos elementos dos ecossistemas naturais, rompendo o equilíbrio anteriormente estabelecido. Portanto, com a urbanização foram criados novos ambientes compreendendo interações entre grupos humanos, seus trabalhos e a natureza, sendo que a complexidade destas interações aumenta em proporção ao tamanho das cidades. Apenas a partir da década de 1970 surge o reconhecimento do meio urbano interpretado como um ecossistema, preconizando assim uma nova abordagem entre saúde e ambiente.

Moreira (1943, p. 65) apresenta uma interpretação pertinente ao fenômeno de urbanização comparado a cidade a um organismo:

Nada é mais interessante do que estudar a fundação duma cidade. São organismos vivos que nascem e crescem da terra, disputando o espaço e a vida, vencendo o campo e domando a natureza. As primeiras cidades no mundo foram fundadas pelos membros da mesma família e eram como que o desdobramento da primitiva morada familiar. Eram as tribos, aldeias e errantes, constituídas de uma grande família, sob o comando de um chefe ou patriarca que, um dia,

num lugar escolhido, lançavam os fundamentos da cidade.

Tendo em vista a modernização do ambiente urbano, comparando a cronologia entre a evolução biológica da espécie humana e as mudanças promovidas em seu próprio habitat, é verificável que sua constituição ocorreu de maneira extremamente rápida, expondo as populações humanas à vários riscos à saúde.

Sob as condições de vida em que grande parte da população mundial está sujeita em grandes metrópoles é possível relatar distintos tipos de fatores de risco à saúde,

Nas metrópoles, onde vive grande parte da população mundial, sob inadequadas condições, pode-se destacar alguns destes fatores de risco à saúde, tais como a poluição atmosférica e aquática inerentes a processos de modernização. Ademais, o estilo de vida adotado em cidades, os novos hábitos e estressores constituem fatores que incidem com relevância na saúde humana, e a combinação de fatores ambientais, genéticos e da dieta têm sido associados à doenças crônicas como o câncer, hipertensão, doenças do coração e diabete melito independente de insulina.

Não obstante, a vida urbana expõe os indivíduos a fatores como ruído, burocracias, pressões ocupacional, ansiedades, poluição visual, e outros que caracterizam um quadro de “estresse generalizado”, desencadeando uma espécie de “reação de alarme” ou de “lute ou fuja” útil ao ser humano ao longo de sua estória evolutiva, sobretudo para lidar com situações potencialmente estressoras, riscos eminentes ou necessidade de obtenção de alimento. Porém, quando essa resposta torna-se muito prolongada ou freqüente, acaba promovendo reações indesejáveis como aumento da taxa de pulsação e da pressão sanguínea, combinação que extenua o sistema cardiovascular; aumento da freqüência e severidade de úlceras gastrointestinais; e diminuição

da atividade do sistema imunológico, tornando o organismo mais suscetível a doenças infecciosas. Indicadores como o estresse generalizado, o aumento da incidência de doenças crônicas e de adiposidade, fenômenos intrínsecos ao processo de modernização, permitem verificar que as adaptações genéticas humanas não ocorreram na mesma velocidade que a modificação do ambiente (KORMONDY; BROWN, 2002).

Observa-se assim que a incrível capacidade humana de modificar o ambiente ao seu favor inseriu esse ser em um novo tipo de habitat, o urbano, que cada vez mais se intensifica como tendência para concentração de população humana.

No Brasil, o grau de urbanização saltou de 75,5% em 1991, para 78,4% em 1996. Informações censitárias mais atuais indicaram em 2000 que 81,23% dos brasileiros eram moradores de cidades, sendo portanto um país cada vez mais urbano (TASCHNER, 2000, p. 271; IBGE, 2001).

Gouveia (1999) ressalta que, o processo de urbanização mundial da atualidade não possui precedentes na história da humanidade, indicando que o futuro é urbano, e é neste contexto, frente às implicações ao bem-estar populacional e a qualidade de vida, que a saúde ambiental assume grande importância.

A partir daí temos que reconhecer a necessidade de adequar equilíbrio ecológico a um ambiente criado pelo próprio ser humano. Ou seja, a busca desse tal equilíbrio deverá ser feita à luz da ciência e do conhecimento humano, quanto aos critérios de bem-estar e qualidade de vida, especificando modificações e regras compatíveis à compreensão das populações envolvidas e conscientes de tal problemática, sendo de responsabilidade do ser humano o desafio de 'remodificar' o meio.

Ambiente urbano

Com raízes na Revolução Industrial, a partir do século 19, o adensamento urbano se deu em função da necessidade de se concentrar contingentes de trabalhadores, assim, as grandes cidades industrializadas foram se tornando o símbolo do progresso máximo da civilização, fato que inicialmente desconsiderava as problemáticas ambientais desencadeadas no processo. Ocorre que a simbologia de progresso da cidade grande contrasta elevados padrões de qualidade de vida e ofertas de trabalho com sérios problemas de habitação, transporte, segurança, saneamento, lazer, educação, poluição, limpeza urbana e pobreza (SERVA, 1991).

Contudo, Gouveia (1999) afirma que até a década de 1980 a maioria das instituições internacionais, que objetivavam a saúde e as condições de vida das populações, priorizavam as áreas rurais dos países em desenvolvimento como principal foco de ações. Até então os centros urbanos eram reconhecidos como de condições relativamente adequadas de qualidade de vida para seus habitantes. Porém, atualmente é no meio urbano que o foco das atenções de saúde têm se voltado em justificativa do crescimento desordenado das cidades e intensificação de seus problemas ambientais.

Tendo em vista o grau de artificialidade do meio urbano, indica que em decorrência da intensa e profunda manipulação do ambiente, as modificações recaem sobre a paisagem, a comunidade, o estado psicológico e fisiológico dos habitantes além de também influenciar a qualidade de vida com o surgimento de novos fatores culturais, econômicos e políticos resultantes de tais mudanças no meio.

Ainda segundo esse autor, é possível enumerar as características do ambiente urbano em:

(1) afastamento e ausência de contato com o meio natural; (2) concentração e elevada densidade populacional, em espaço limitado; (3) predo-minância de atividade industrial e prestação de serviço (FORATTINI, 1991).

De acordo com a enumeração destas características do ambiente urbano é possível iniciar algumas especulações quanto as suas influências no bem-estar humano.

Inicialmente, quanto ao afastamento e ausência de contato com o meio natural, deve-se lembrar da origem evolutiva do ser humano como integrante do ambiente. Obviamente que este ser continua a integrar o ambiente, porém, na atualidade a maior parte da população humana vive em cidades, que foram construídas para satisfazer os anseios humanos quanto às necessidades de abrigo e demais facilidades.

Desse modo, se a cidade reflete o desejo humano quanto a habitat, por que razão em finais de semana e em feriados prolongados enormes contingentes populacionais fogem dos grandes centros urbanos para visitar locais de veraneio? Certamente, uma das razões que acarretam essas migrações relâmpago é a busca por melhores condições ambientais e maior contato com a natureza.

Por outro lado, é importante ressaltar que a ocupação sazonal de áreas de veraneio gera enorme demanda de recursos ambientais para atender aos desejos de populações provenientes de grandes centros urbanos. Lopes Júnior (2000, p. 224) afirma que casas de veraneio são uma marca de ocupação no litoral brasileiro, onde verdadeiras ‘cidades fantasmas’ a beira-mar, ganham vida apenas em finais de semana e nos últimos meses do ano. Tal situação gera um consumo ostentatório de espaço com repercussões ambientais desastrosas em mangues, dunas, lagoas e restingas.

No sentido de demonstrar a importância do contato com a natureza para o ser humano, pode-se citar um caso referente a



desapropriações de sítios na região de Bragança Paulista, no interior do Estado de São Paulo, fato ocorrido em época de ditadura militar, justificado pela implementação de obras visando o fornecimento de água para a capital paulista através do Sistema Cantareira.

Hoefel e Viana (1996) indicam que frente a essa situação o impacto da perda do referencial de vida da população, direcionada em sua maioria para meio urbano, manifestou-se muitas vezes de forma intensa, inclusive por relatos de casos de suicídio, morte por tristeza e desânimo com a vida. A população de mais idade foi em geral a mais afetada por falta de motivação para reiniciar novas atividades em áreas urbanas.

Não obstante, diversos especialistas em psiquiatria vem demonstrando associação entre fatores de riscos ambientais e esquizofrenia, afirmando que a urbanização, a fragmentação social e movimentos migratórios estimulam o avanço deste distúrbio psíquico. Ressalta-se então, uma relação crescente entre problemas mentais e níveis de urbanização, os quais são definidos por meio da densidade de domicílios por quilômetro quadrado.

Um estudo publicado no *British Journal of Psychiatry*, relata que “os moradores de Copenhague, capital da Dinamarca, sofrem risco duas vezes maior de esquizofrenia do que moradores do campo no mesmo país” (PEDERSEN; MORTENSEN, 2001).

Também no tocante à elevada densidade populacional em espaço limitado, em termos de saúde, apresenta-se aqui uma fragilidade em caráter epidemiológico, pois a excessiva concentração populacional propicia elevação de riscos de transmissão de doenças infecciosas, sobretudo quando há doenças endêmicas dentre os habitantes e possibilidade de sucederem os respectivos mecanismos de transmissão.

Por outro lado, vemos que a pior situação em termos de concentração populacional em espaço limitado trata-se da formação de favelas. Taschner (2000, p. 273) assinala que em cidades de países



em desenvolvimento, áreas dotadas de boas condições urbanísticas, comparáveis às de países desenvolvidos, intercalam-se com áreas reservadas à maioria da população trabalhadora carente dos mais elementares serviços e equipamentos, como saneamento básico, por exemplo.

As desigualdades sociais, extremamente significativas no Brasil, configuram situações em que minorias abastadas adotam padrões de consumo similares aos de países desenvolvidos, acarretando ônus ambiental. Porém, os cidadãos desfavorecidos com baixos níveis de escolaridade, atendidos insatisfatoriamente por água tratada, esgotos e habitação, apresentam tendência de adotar comportamento ainda mais destrutivo sobre o meio ambiente (WESTPHAL, 2000).

É pertinente ressaltar que a maior parte dos efeitos negativos da urbanização recai sobre as populações mais carentes, gerando situação de extrema desigualdade ambiental e de saúde, quando esses habitantes estabelecidos sob condições de mercados de terras fixam-se em áreas de risco ambiental, como em proximidades de lixões, áreas sujeitas a inundações e desmoronamentos, ou em locais de maior incidência de doenças. Assim, consoma-se que, da mesma forma que a distribuição de renda, “riscos são desigualmente distribuídos” (TORRES, 2000).

Nesse processo, ocorre ainda o crescimento periférico das cidades e a ocupação de áreas inadequadas como o crescimento de bairros em áreas de mananciais trazendo sérios riscos para o equilíbrio ecológico e abastecimento público de água. Também é válido mencionar quanto a ocupação de áreas de várzea e margens de rios, que compromete a drenagem urbana, favorecendo a ocorrência de enchentes, a degradação dos recursos hídricos e permitindo o estabelecimento de população em áreas de risco ambiental.

Uma pesquisa realizada no município de São Paulo/SP indica que dentre os domicílios situados em favelas nessa cidade

50% localizam-se a margem de córregos, estando 35% sujeitos a enchentes, enquanto que outros 30% situam-se em terrenos de declividade acentuada (JACOBI, 2000, p. 23).

É de se verificar nas condições de vida dessas populações desfavorecidas, que os determinantes básicos de qualidade de vida não estão devidamente presentes, como serviços de coleta e tratamento de esgotos e coleta de lixo.

Os próximos elementos a serem tratados compreendem questões ambientais urbanas de relevância quanto ao bem-estar humano e qualidade de vida. Salienta-se que tais abordagens são apresentadas em caráter de referência, não havendo discussão destes temas em profundidade, dado a complexidade de conteúdos e o nível de abrangência desta obra.

Ruído

Fisicamente o som é a energia transmitida por vibrações no ar ou em outros materiais, causando uma modificação de pressão e propagando-se em forma de ondas ou oscilações mecânicas. Por sua vez, o ruído é caracterizado por uma mistura de sons, cujas frequências são superpostas e não harmônicas (ASTETE et al., 1985; RUSSO; SANTOS, 1993).

Subjetivamente o som é uma percepção sensitiva, originada a partir de um evento mental que é evocado por processos fisiológicos na parte auditiva do cérebro (BERGLUND; LINDVALL, 1995).

Embora o ruído seja definido como um som indesejável e desagradável, capaz de causar danos, é subjetivo, ou seja, um ruído que é caracterizado como incômodo por alguns indivíduos, pode ser agradável para outros. Um bom exemplo disso é a música, já que a preferência desta é extremamente individual. Uma mesma música pode ser considerada insuportável ou relaxante, dependendo do

ouvinte. Há ainda quem necessite e deseje o ruído, independentemente de sua intensidade (STANSFELD, 1992).

De maneira geral, as origens do ruído são: a) ruído de circulação (urbana, ferroviária, aérea), b) ruído de origem industrial, c) ruído provocado pelas próprias instalações dos edifícios e d) ruído da conversação e o dos aparelhos eletrodomésticos (CREMONESI, 1984).

O ruído ambiental urbano característico dos grandes centros é uma combinação de diversas fontes sonoras combinadas como: barulhos de maquinários, barulho de pátios industriais, sistemas de ventilação, meios de transporte, sistemas viários (rodovias, ferrovias, tráfego aéreo), construções e serviços, locais de trabalho, ruídos domésticos e aqueles oriundos das atividades de lazer (BERGLUND; LINDVALL, 1995; SOH, 1999; PIMENTEL-SOUZA; ALVARES, 2000). Atualmente, em grandes cidades, as principais fontes de ruído são provenientes do tráfego de veículos, fenômeno agravado pelo crescimento da indústria automobilística que favorece a popularização de automóveis, congestionamentos e má conservação de vias e meios de transporte (MOURA-DE-SOUSA, 2002).

O ruído ambiental urbano, também reconhecido como poluição sonora ambiental constitui a mais difundida forma de poluição no mundo moderno, sendo a principal causa de perdas auditivas em pessoas adultas, configurando objeto de estudos e crescentes preocupações em saúde pública, fisiologia, acústica e engenharia (SANTOS, 1994, p. 3).

Os efeitos à saúde humana decorrentes da exposição continuada ao ruído dependem essencialmente: da intensidade, assim, quanto mais elevado o ruído, mais nocivo ele é; da frequência, em que os infra e ultrasons são os mais prejudiciais; e do tempo de exposição a determinado ruído, pois quanto maior ele for, maior a chance de desenvolver algum efeito nocivo à saúde. É possível dividir ainda, os efeitos relacionados à saúde humana, em duas categorias distintas: os efeitos auditivos e os efeitos extra-auditivos.

Em relação aos efeitos auditivos decorrentes da exposição ao ruído devemos inicialmente tratar da perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados (PAINPSE). Santos & Morata (1994, p. 43) indicam que a audição normal requer condições normais dos ouvidos externo, médio e interno. A ação deletéria do ruído incide em lesões no ouvido interno, exceto em situações de trauma acústico (perda auditiva súbita decorrente de ruído muito intenso como tiros ou explosões) capaz de afetar todas as estruturas do ouvido, por meio de alterações químicas, metabólicas e mecânicas, as quais podem acarretar a lesão em células sensoriais do órgão auditivo, tendo como consequência a deficiência auditiva. Essa deficiência auditiva pode ser permanente, no caso da perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados (PAINPSE) ou temporária, ou seja, depois de 12 horas de cessada a exposição, os limiares auditivos retornam ao normal. É o caso por exemplo da exposição a níveis elevados de ruído em shows de música, que após o final do show o indivíduo apresenta queda nos limiares auditivos que podem caracterizar uma perda auditiva e, no dia seguinte, após 12 horas de repouso, a audição volta ao normal.

Por fim, dentre os efeitos auditivos, estão o zumbido e o recrutamento. O zumbido é referido normalmente como um barulho dentro do ouvido, um assovio, um mosquito e na maioria dos casos de pessoas expostas a ruído o zumbido está presente, havendo ou não uma perda auditiva. No recrutamento, embora os indivíduos apresentem perda auditiva do tipo neurosensorial referem ao mesmo tempo intolerância a sons intensos, geralmente superiores a 80 dB(NA) (AZEVEDO; OKAMOTO; BERNARDI, 1989; SANCHEZ; PEDALINI; BENTO, 2001).

Em relação aos efeitos extra-auditivos decorrentes da exposição ao ruído, Escalante (1990) assinala perturbações e alterações

relativamente significativas sobre capacidades e bem-estar das pessoas, que ao tornarem-se crônicas podem incidir muito negativamente à saúde. Dentre os efeitos extra-auditivos do ruído mais estudados apresentam-se: perturbação na comunicação falada, interferência na capacidade de trabalho e atenção (riscos de acidentes), fadiga, alterações no sono e descanso, alterações sensoriais, perceptivas e modificação de estados emocionais.

Gerges (1992, p. 47) indica também diversas alterações no corpo humano, oriundas da exposição a ruídos, sobretudo diante de exposições prolongadas, acarretando sobrecarga do coração, secreções anormais de hormônios e tensões musculares. Assim, observa-se dilatação da pupila, aumento de produção de hormônios da tireóide, aumento do ritmo de batimento cardíaco, aumento da produção de adrenalina e corticotrofina, contração do estômago e abdômen, reação muscular, contração de vasos sanguíneos e aumento da pressão sanguínea.

No entanto, os efeitos do ruído na saúde dos indivíduos passam muitas vezes despercebidos, pois as alterações auditivas são lentas, geralmente iniciam-se nas frequências superiores a 2000 Hz e inferiores a 8000 Hz, não interferindo na percepção da conversação diária. Quando o indivíduo vai à procura de um especialista, a perda auditiva, provavelmente, já está instalada. O indivíduo já estará apresentando intolerância a sons intensos, queixa de zumbidos e de diminuição da inteligibilidade da fala, com prejuízo da comunicação oral. Nesse momento, as alterações extra-auditivas provavelmente já apareceram sem que o indivíduo as relacionasse com a exposição aos níveis de ruído elevados, considerando ainda que a maioria dos indivíduos não leva em conta os níveis de ruído urbano aos quais está exposto, acreditando ser esta uma exposição necessária e obrigatória, fazendo parte do cotidiano de uma cidade grande (FERREIRA JÚNIOR, 1998).

No tocante ao controle da aceitabilidade do ruído na cidade de São Paulo, Barbosa (2001) cita a Lei Nº 11.804 de 19 de junho de 1995, a qual dispõe que visando “o conforto da comunidade, a melhoria da qualidade de vida e meio ambiente e controle da poluição sonora”, considera como “prejudiciais à saúde e ao sossego público” emissões de ruído em níveis superiores aos estabelecidos pela Norma Brasileira Registrada – NBR 10.151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, que estabelece níveis de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos em dB(A), conforme a Tabela 1. Consta que nesta norma técnica determina-se como período diurno das 6:00 às 20:00 horas e noturno das 20:00 às 6:00 horas. E ainda, a título de controle do ruído, esta norma brasileira define nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} , em dB(A), como: “o nível que, na hipótese de poder ser mantido constante durante o período de medição, acumularia a mesma quantidade de energia acústica que os diversos níveis variáveis acumulam no mesmo período”.

Moura-de-Sousa (2002) levantou os níveis de ruído da cidade de São Paulo, no período de 2000 e 2001. Foram realizadas medidas dos níveis de ruído em 75 pontos localizados em vias urbanas que representavam todos os tipos de vias urbanas existentes na cidade.

Noturno	Noturno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Áreas estritamente residencial urbana ou hospitais ou escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Tabela 1. Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).
Fonte: NBR 10.151/1999.

Todos os pontos avaliados apresentaram níveis de ruído acima dos limites permitidos pela legislação municipal, como são apresentados nas tabelas 2 e 3.

	Área residencial urbana, hospitais ou escolas	Áreas mistas, predominantemente residencial	Áreas mistas, com vocação comercial e administrativa
Limites permitidos	50 dB(A)	55 dB(A)	60 dB(A)
n (pontos avaliados)	27	8	35
nível de ruído [Leq(A)] (min. – máx.)	55,2 – 68,7	63,3 – 73,9	69,6 – 81,4

Tabela 2. Variação do ruído urbano de acordo com o tipo de área (NBR 10151) e os limites de ruído permitidos para o período diurno (manhã e tarde), em dB(A). São Paulo, 2000-2001. Fonte: Moura-de-Sousa, 2002.

	Área residencial urbana, hospitais ou escolas	Áreas mistas, predominantemente residencial	Áreas mistas, com vocação comercial e administrativa
Limites permitidos	45 dB(A)	50 dB(A)	55 dB(A)
n (pontos avaliados)	4	2	3
nível de ruído [Leq(A)] (min. – máx.)	47,7 – 66,4	62,1 – 69,4	72,8 – 76,9

Tabela 3. Variação do ruído urbano de acordo com o tipo de área (NBR 10151) e os limites de ruído permitidos para o período noturno, em dB(A). São Paulo, 2000-2001. Fonte: Moura-de-Sousa, 2002.

Em 2001, Barbosa realizou um estudo que pretendeu avaliar as condições de saúde auditiva de trabalhadores que atuavam expostos a ruído urbano em atividades ligadas à coordenação do trânsito na cidade de São Paulo, mais conhecidos como “marronzinhos e amarelinhos”. Os resultados mostraram uma prevalência de 28,5% de casos sugestivos de PAIR entre os trabalhadores estudados. Foi identificada associação entre os casos sugestivos de PAIR e o nível de ruído na região de trabalho atual, independente da idade, do sexo e da exposição a ruído na atividade anterior.

Um outro estudo realizado por Silva em 2002, avaliou um estudo que avaliou a exposição de motoristas de uma empresa de transporte coletivo urbano a ruído, mostrando que 52% da frota de ônibus da empresa avaliada tinha média de idade de 7,9 anos. Em relação ao nível de ruído, foi obtida média de 83,1 dB(A) para os veículos que possuíam motor dianteiro e média de 76,2 dB(A) para os que possuíam motor traseiro. Os resultados ainda mostraram que os motoristas dos veículos com motor dianteiro têm 22,4% de probabilidade de superarem o nível de exposição de 85 dB(A), que representa o limite de tolerância para 8h de exposição em diversos critérios de risco, e, os motoristas de veículos com motor traseiro não apresentaram possibilidade de exposição superior ao nível de 85 dB(A). Em relação à avaliação audiológica, foi encontrada uma taxa de prevalência de PAIR global de 35% sendo que entre o grupo com 5 anos ou mais de trabalho na empresa a taxa foi de 46% e no outro grupo, com 3 anos ou menos de trabalho, a taxa foi de 24%.

O estudo identificou ainda que, além das principais fontes de ruído dos veículos movidos a diesel (motor, exaustão, ventilador, entrada de ar, transmissão, pneus e outros) a liberação indevida de ar comprimido durante a abertura e fechamento das portas, a conversação entre passageiros e o ruído externo gerado pelo tráfego da rua constituíam-se em importantes fontes de ruído para os trabalhadores, de acordo com a percepção dos motoristas (SILVA, 2002).

Finalmente dados preliminares de um estudo realizado com funcionários e docentes da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, descreveu o nível de conhecimento relacionado ao ruído urbano bem como o incômodo relacionado ao mesmo na cidade de São Paulo. Os resultados indicaram que quando as pessoas listavam livremente os problemas ambientais da cidade, o ruído não aparecia entre os itens. No entanto, quando eram questionadas diretamente em relação ao ruído, a maioria das pessoas reconhecia esse tipo de poluição como um problema

ambiental capaz de gerar danos à saúde (MOURA-DE-SOURA; CARDOSO, 2003).

Arborização urbana

A arborização urbana constitui tema de grande relevância para a qualidade de vida. Inicialmente pode-se fazer menção a sensação agradável de caminhar por ruas arborizadas e a influencia positiva desta condição ao bem-estar é indiscutível. Ressalta-se também o valor das áreas verdes para estética urbana, lazer, recreação e sociabilidade das populações, sob o último aspecto pode-se salientar que o sombreamento arbóreo possibilita o encontro de indivíduos e a sociabilização das pessoas.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, recomenda-se que as cidades proporcionem 9 m² de espaço verde por habitante (SORENSEN et al., 1998). Consta que a medida em metros quadrados refere-se a cálculo estimativo de tamanho de copas de árvores. Diversos outros aspectos ambientais qualificam positivamente a existência de cobertura vegetal em cidades.

Entretanto, é necessário salientar que no âmbito da relação entre áreas verdes e disponibilidade de oxigênio no ar ocorre uma interpretação inadequada de acordo com o senso comum. Fellenberg (1980, p. 64) descreve que uma árvore de porte, com cerca de 200.000 folhas de 30 cm² de superfície, é capaz de produzir 9.400 litros de oxigênio em um dia ensolarado, quantidade suficiente para as necessidades de apenas 2 ou 3 pessoas em mesmo período.

Em adição deve-se observar, que durante o período noturno a atividade fisiológica vegetal é a respiração, na qual ocorre consumo de oxigênio. Assim, é justamente a biomassa total do planeta, compreendendo extensas florestas, algas nos oceanos e somando-se a isso o petróleo armazenado naturalmente no subsolo

que garantem a quantidade de oxigênio disponível na atmosfera, capaz de sustentar a respiração dos seres humanos e de outros animais. Consta que com a combustão ou decomposição desses elementos temos o consumo de oxigênio e a liberação de CO₂ (gás carbônico).

Contudo, há outras relações pertinentes entre vegetação urbana e qualidade do ar. Fellenberg (1980, p. 64) indica que as plantas tornam-se importantes em uma cidade por sua capacidade de evitar a propagação de poeira e também por sua aptidão de assimilar certas emissões tóxicas. Com o intuito de reduzir a poluição atmosférica, é recomendável que a vegetação urbana esteja disposta de maneira espaçada, em plantações de 10 a 30 metros de largura, pois tal disposição permite que os ventos percorram a área arborizada permitindo a retenção de poeiras e assimilação de gases tóxicos. Por outro lado, uma vegetação mais densa não irá permitir a penetração dos ventos que carregam os poluentes atmosféricos.

Sorensen (1998) também salienta que por meio da fotossíntese, com a absorção de CO₂, a vegetação contribui para reduzir o efeito estufa local, tendo em vista a ação desse gás em fenômeno de aquecimento atmosférico. Vê-se também, que com o sombreamento e manutenção da umidade relativa do ar conseqüentes da arborização, têm-se contribuições importantes para o conforto térmico nas cidades, evitando ou ao menos atenuando as ilhas de calor urbano que interferem no bem-estar da população e acarretam elevados gastos de energia com climatização em edifícios.

Outro aspecto de relevância quanto à existência de áreas verdes em ambientes urbanos é a redução de ruídos. Sorensen (1998) afirma que a vegetação, disposta em ângulos adequados em relação às fontes de ruídos, é capaz de minimizar a poluição sonora de cinco maneiras: por absorção (eliminação de ruídos), por desvio (se altera a direção do ruído), por reflexão (o ruído retorna a sua

fonte de origem), por refração (as ondas sonoras se dobram em torno de um objeto) e por ocultação (os sons indesejados são cobertos por outros mais prazerosos).

Tomando por base o papel da vegetação urbana quanto à redução de poluição atmosférica e sonora e ainda a relevância quanto à manutenção do conforto térmico, fica clara a importância desse aspecto ambiental para a qualidade de vida e saúde pública.

Também quanto ao bem-estar, considera-se que os espaços verdes adquirem uma importância fundamental na restauração da saúde psicológica e física do ser humano (LARUSSO, 1993 apud PHILIPPI JR.; BRUNA, 1998).

Nesse sentido, cita admirável pesquisa de Ulrich (1990 apud SORENSEN, 1998), na qual é demonstrado que dentre pacientes convalescentes em hospitais, recuperaram-se muito mais rápido àqueles que estavam em quartos com vista para árvores e cenários de ar livre, comparando-se com demais que não possuíam tal contato visual agradável.

Com relação a contato com vegetação e recuperação de estresse, em uma pesquisa 112 jovens foram submetidos a uma série de tarefas estressantes, posteriormente divididos em grupos de repouso, aqueles que repousaram em sala com vista para paisagem arborizada e em seguida caminharam entre árvores recobriram o ânimo e experimentaram uma redução de pressão arterial em menos tempo que os demais que repousaram em sala sem janela e posteriormente caminharam por área urbanizada (HARTIG et al., 2003).

Além de todos os aspectos positivos já apresentados, também é necessário afirmar quanto à importância da vegetação urbana para a proteção de mananciais, proteção do solo contra erosão, sobretudo, em terrenos íngremes, e ainda, o controle de inundações. Quanto a esse último aspecto, temos que a urbanização desenfreada e sem planejamento ambiental acarreta a ocupação de

áreas de várzea, suscetíveis a enchentes. Com o devido planejamento, áreas inundáveis podem ser destinadas a parques, os quais têm função importante ao lazer dentre outras vantagens, evitando desastres oriundos da ocupação inadequada do espaço durante o processo de urbanização.

Ilhas de calor urbano

Oke (1978 apud RIBEIRO, 1996) afirma que em decorrência das mudanças antrópicas, o ambiente urbano apresenta-se como uma ilha de calor, sendo que há um gradiente de aumento de temperatura em direção ao centro das cidades, ocorrendo diferenciação nesse padrão de acordo com a ocupação do solo por parques, lagos e áreas abertas (mais frescas) e áreas comerciais, industriais ou densamente construídas (mais quentes).

Zorzetto (2003) cita quanto à publicação do Atlas Ambiental do Município de São Paulo, projeto conduzido pelas Secretarias Municipais do Verde e Meio Ambiente e do Planejamento, em que um estudo indicou a existência de 77 climas diferentes no município, considerando fatores como construção predominante e intensidade de trânsito. Este mosaico de climas distintos possibilita que diferenças de temperatura possam chegar a dez graus no mesmo horário entre dois pontos distantes apenas dez quilômetros um do outro.

Sobre o aspecto climático e a saúde, Ribeiro (1996) indica que calor excessivo constitui um dos principais fatores estressantes do ser humano, e apresenta pesquisas que relacionam índices de mortalidade em cidades com ondas de calor elevado. Concluindo sua pesquisa, afirma que há “indicações de influência das condições térmicas na distribuição de óbitos e de internações” na cidade de

São Paulo. No mais, esta autora também afirma que o alterado clima urbano também pode acarretar efeitos secundários, por exemplo, contribuindo para a proliferação de vetores de doenças.

Um estudo conduzido entre pessoas atendidas no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, concluiu que das internações anuais por infarto do miocárdio 2,1% são devidas à poluição atmosférica e 4,9% a altas temperaturas. Das internações anuais por acidente vascular cerebral, 2,8% são devidas a altas temperaturas (RUMEL et al., 1993).

Odores

Diversas podem ser as fontes de odor prejudicial à saúde e ao bem-estar humano. O odor pode ser oriundo de diversos tipos de atividades humanas, como indústrias químicas, processamento de madeira, indústrias de celulose e papel, indústrias de tintas, acondicionamento inadequado de resíduos sólidos e de esgotos domésticos e industriais. Todavia, até mesmo os processos de tratamento de resíduos ou efluentes podem acarretar a geração de odores desagradáveis, a exemplo disso têm-se as estações de tratamento de esgotos, as quais, dentre os diversos processos distintos utilizados, muitos propiciam à formação de odores desagradáveis. No processo de tratamento de esgotos domésticos o principal causador de mau cheiro é o gás sulfídrico (H_2S), em cuja percepção assemelha-se ao cheiro de “ovo podre”.

Giuliano (2002, p. 17) define odor “como sendo uma mistura de moléculas orgânicas ou minerais voláteis com propriedades físico-químicas distintas que afetam sensorialmente a mucosa nasal”.

No tocante à relação entre odores indesejáveis e bem-estar, em primeira instância pode-se indicar o componente psicológico que acompanha as reações da população contra tais inconvenientes (LILIAMTIS, 2002).

Não obstante, é importante ressaltar os efeitos diretos sobre a saúde humana originados por exposições freqüentes. Giuliano (2002), afirma ainda que os odores podem acarretar diminuição de apetite, prejuízo à respiração, náuseas, vômitos, indisposição e perturbações de humor.

Gasi et al. (1983 apud LILIAMTIS, 2002) indicando que tal ocorrência pode causar aumento no batimento cardíaco, dores, alterações no ritmo respiratório, na pressão sanguínea e também no humor.

Havendo contínua exposição a odores intensos, há possibilidade de atrofiar o aparelho olfativo. Especificamente quanto aos sintomas da exposição aguda ao gás sulfídrico, afirma-se quanto à taquicardia, hipotensão, palpitações e arritmias cardíacas, dispnéia, bronquites, edema pulmonar, depressão respiratória e também possivelmente uma paralisia respiratória.

Tendo em vista a elevada toxicidade desse gás, verifica-se que a exposição a concentrações entre 800 a 1000 ppm (partes por milhão) por 30 minutos é capaz de acarretar a morte. Quanto à sensibilidade olfativa, assinala-se que o gás sulfídrico é perceptível em concentrações de 1 ppm. Um sistema ineficiente de tratamento de efluentes orgânicos industriais em São Paulo, acarretou exposição a odores (tendo o gás sulfídrico como um dos componentes, além de gás carbônico e gás metano) que segundo relato acarretou problemas respiratórios, principalmente em crianças, das quais muitas tiveram que passar por inalações e tratamentos respiratórios para tosses e bronquites (GIULIANO, 2002).

Em estudo sobre efeitos à saúde pública e geração de maus odores em rede coletora de esgotos, Liliamtis (2002), a partir de entrevistas com população exposta, conclui que os sintomas mais freqüentes dos entrevistados foram: “dor de cabeça, ardor nasal, alterações do estado de humor e tontura. Além disso, as mulheres se mostraram mais

suscetíveis aos efeitos do odor, provavelmente pelo fato de existir uma maior ligação feminina com a residência e seu entorno”.

Giuliano (2002) também afirma que a exposição freqüente a odores nas proximidades dos domicílios, escolas ou locais de trabalho pode acarretar mudanças nos hábitos das pessoas. Frente a tal situação as pessoas passam a fechar portas e janelas e a se desculpar com visitantes quanto aos odores desagradáveis, tentando demonstrar que o problema não é originado por falta de higiene no recinto. Também são verificáveis a pouca ou nenhuma utilização de espaços externos como jardins, varandas e quintais. Tais situações demonstram a degradação da qualidade de vida frente ao problema dos odores.

Diante do exposto, quanto a multiplicidade de fatores relevantes ao bem-estar e a saúde de populações em ambientes urbanos, cabe uma reflexão quanto aos meios de atendimento a estes distintos quesitos. Qual será a maneira de se implementar ações socioambientais que visem equacionar a complexidade de fatores pertinentes ao bem-estar humano? E sobre quem deve incidir a responsabilidade por tais ações?

Certamente, antes de se pensar na distribuição de responsabilidades, torna-se necessário despertar o interesse de toda a sociedade para tão importantes questões. Sabe-se que, principalmente nas grandes cidades, há inúmeras desigualdades e, enquanto apenas se avança na discussão sobre critérios de qualidade de vida, para alguns grupos há eminente demanda para o atendimento de necessidades básicas, como saneamento, alimentação, vestuário, entre outras.

Todavia, é no despertar de uma consciência coletiva, no sentido da sociedade reconhecer a importância da qualidade de vida, que reside a possibilidade de desenvolvimento, implementação e continuidade de políticas para ambientes urbanos mais saudáveis. Nesse sentido, a educação, em suas diversas possibilidades, fornece um importante caminho para que a sociedade incorpore concepções

de bem-estar como questão de valor, podendo assim, agir favoravelmente para a manutenção de sua qualidade de vida.

Referências

ASTETE MW et al. Riscos físicos. São Paulo: Fundacentro;1985. Ruído e vibrações; p. 1-31.

AZEVEDO, A. P., OKAMOTO, V. A. & BERNARDI, R. C. - Considerações sobre Ruído: Riscos, Patologia e Prevenção - Programa de Saúde dos Trabalhadores, ed. HUCITEC, São Paulo, 1989.

BARBOSA ASM. Ruído urbano e perda auditiva: o caso da exposição ocupacional em atividades ligadas à coordenação do tráfego de veículos no Município de São Paulo. São Paulo; 2001. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da USP].

BERGLUND B, LINDVALL T. Community noise. Stockholm: 1995. Center for Sensory Research. [a revision of WHO, Environmental Health Criteria, 12; 1980].

CREMONESI JF. Ruído urbano. São Paulo; 1984. [Dissertação de Mestrado- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP].

ESCALANTE JN. Ruído industrial y urbano: efectos extraauditivos. Saúde & Trabalho 1990; 4(3) 3-10.

FELLENBERG G. Introdução aos problemas da poluição ambiental. [tradução de Juergen Heinrich Maar – revisão técnica de Cláudio Gilberto Froehlich]. São Paulo: EPU – Editora da Universidade de São Paulo; 1980.

FERREIRA JÚNIOR, M. – PAIR perda auditiva induzida por ruído, bom senso e consenso – Editora VK Ltda, São Paulo, 1998.

FORATTINI OP. Qualidade de vida e meio urbano. A cidade de São Paulo, Brasil. Revista Saúde Pública 1991; 25(2) 75-86.

FORATTINI OP. O ser e o ser humano. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; 2000.

GERGES SNY. Ruído: fundamentos e controle / Samir N.Y. Gerges; revisores: Elizabeth R. C. Marques e Roberto M. Heidrih. Florianópolis: S.N.Y Gerges; 1992.

GIULIANO RCS. Avaliação do impacto da proliferação de odores ofensivos do tratamento de esgotos sobre a saúde e o bem estar públicos: ETE Piracicamirim – Piracicaba – SP. São Paulo; 2002 [Tese de doutorado apresentada ao Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

GOUVEIA N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. Saúde e Sociedade 1999. 8(1) 29-61.

HOEFEL JL, VIANA RM. Impactos de barragens e transformação regional - considerações sobre a implantação dos reservatórios do Sistema Cantareira na região bragantina. Gestão e Desenvolvimento. 1996; 1: 87-102.[Publicação da Universidade São Francisco - Bragança Paulista - SP].

JACOBI P. Cidade e meio ambiente – percepções e práticas em São Paulo. São Paulo: Annablume; 2000.

Kormondy EJ, Brown DE. Ecologia Humana. Tradução de Max Blum. São Paulo: Atheneu Editora; 2002.

LILIAMTIS TB. A geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto: um problema de saúde pública. São Paulo; 2002 [Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

LOPES JÚNIOR E. População e meio ambiente nas paisagens da urbanização turística do Nordeste: o caso de Natal. In: Torres H & Costa H. População e meio ambiente. São Paulo: Editora SENAC; 2000.

MINAYO MCS. Enfoque ecossistêmico de saúde e qualidade de vida. In: Minayo MCS & Miranda AC (organizadores). Saúde e Ambiente Sustentável: estreitando nós. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ; 2002.

MOURA-DE-SOUSA C. Ruído Urbano: níveis de pressão sonora na Cidade de São Paulo. São Paulo, 2002. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da USP].

MOURA-DE-SOUSA C. & CARDOSO MRA. "Knowledge and Annoyance Related With Noise Exposure: A Preliminary Study" [Apresentado na 15th Conference of the International Society for Environmental Epidemiology 2003; 2003 set 25; Perth, (Austrália)]

MOREIRA AG. Iguape e outras cidades mortas. São Paulo: Revista do Arquivo do Instituto Histórico e Geográfico de São Paulo; 1943. Caixa 16, Artigo 31.

PHILIPPI JR A & BRUNA GC. Enverdecimento urbano em Brasil: um estúdio de caso. In: Krishnamurthy L & Nascimento JR (editores). Áreas verdes urbanas en latinoamérica y el Caribe. Chapingo Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo; 1998.

PIMENTEL-SOUZA F, ÁLVARES PAS. A poluição sonora urbana no trabalho e na saúde. [on line] Disponível em: <URL: <http://www.icb.ufmg.br/lpf>> [2000 jul 27].

RIBEIRO H. & VARGAS HC. Qualidade ambiental urbana: ensaio de uma definição. In: Ribeiro H. & Vargas HC (organizadoras). Novos instrumentos de gestão ambiental urbana. São Paulo: Edusp; 2001.

RIBEIRO H. Ilha de calor na cidade de São Paulo: sua dinâmica e efeitos na saúde pública. São Paulo; 1996 [Tese apresentada à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, como exigência parcial à obtenção do título de livre-docente, na área de Gerenciamento Ambiental].

ROCHA AA. Saúde e Meio Ambiente. In: Ecologia: A qualidade da vida. São Paulo: SESC; 1993.

RUMEL D, Riedel LF, Latorre MRDO, Juncan BB. Infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral associados à alta temperatura e monóxido de carbono em área metropolitana do sudeste do Brasil. Revista de Saúde Pública 27(1). 15-22.

RUSSO ICP, SANTOS TMM. A prática da audiologia clínica. 4ª ed. São Paulo: Cortez Editora; 1993.

SANCHEZ TG, PEDALINI MEB, BENTO RF. Hiperacusia: artigo de revisão. Arquivos da Fundação Otorrinolaringologia. 1999; 3 (4). [on line] Disponível em: <URL: <http://www.hcnet.usp.br/otorrino/arq34/hiper.htm>> [2001 mar 08].

SANTOS UP & MORATA TC. Efeitos do ruído na audição. In: SANTOS UP (organizador). Ruído – riscos e prevenção. São Paulo: Editora Hucitec; 1994.

SANTOS UP. Exposição a ruído: avaliação de riscos, danos à saúde e prevenção. In: SANTOS UP (organizador). Ruído – riscos e prevenção. São Paulo: Editora Hucitec; 1994.

SERVA M. Gestão urbana e qualidade de vida. Revista Administração Pública 1991. 25(4): 219-23.

SILVA PRG & FERNANDES ASA. Meio ambiente urbano e qualidade de vida em Salvador. Revista Administração Pública 1996. 30(6). 78-88.

SILVA LF. Estudo sobre a exposição combinada entre ruído e vibração de corpo inteiro e os efeitos na audição de trabalhadores. 2002 São Paulo, 2002. [Tese de Doutorado - Faculdade de Saúde Pública da USP].

SOBRAL HR. O meio ambiente e a cidade de São Paulo. São Paulo: Makron Books; 1996.

SOH, K. B. K. – Noise is a Public Health and Social Problem in Singapore – Singapore Med. J. 40 (9): 561 – 562, 1999.

SORENSEN M, BARZETTI V, KEIPI K, WILLIANS J. Manejo de las áreas verdes urbanas – Documento de buenas prácticas. Washington, D.C.; 1998.

STANSFELD, S. A. – Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies – Psychological Medicine, Monograph Supplement 22, 1992.

TASCHNER SP. Degradação ambiental em favelas de São Paulo. In: Torres H & Costa H. População e meio ambiente. São Paulo: Editora SENAC; 2000.

Torres H. Demografia de riscos ambientais. In: Torres H & Costa H. População e meio ambiente. São Paulo: Editora SENAC; 2000.

WESTPHAL MF. O movimento Cidades/Municípios Saudáveis: um compromisso com a qualidade de vida. Ciência e Saúde Coletiva 2000; 5(1) 39-51.

ZORZETTO R. A cidade de 77 climas. Pesquisa FAPESP 2003; 92. 53-7.



Capítulo 10

O papel da educação para a promoção da saúde

**Profa. Dra. Renata Ferraz de Toledo e
Profa. Dra. Maria Cecília Focesi Pelicioni**

Tal como a religião, a ciência, a arte e tudo o mais, a educação é, também, uma dimensão ao mesmo tempo comum e especial de tessitura de processos e de produtos, de poderes e de sentidos, de regras e de alternativas de transgressão de regras, de formação de pessoas como sujeitos de ação e de identidade e de crises de identificados, de invenção de reiteraões de palavras, valores, idéias e de imaginários com que nós ensinamos e aprendemos a sermos quem somos e a sabermos viver com a maior e mais autêntica liberdade pessoal possível os gestos de reciprocidade a que a vida social nos obriga (BRANDÃO, 2002, p. 25).

A relação do ser humano com os recursos naturais e conseqüências para a saúde

Os seres humanos possuem diferentes concepções a respeito da natureza, formadas de acordo com as suas experiências cotidianas pessoais, diferenciadas cultural e socialmente. Essas concepções também podem mudar com o decorrer do tempo e do momento histórico, mudando também os valores a ela atribuídos.

Sabe-se que a vida no campo era imensamente valorizada no passado, conforme amplamente demonstrado pela literatura inglesa dos séculos 17 e 18, na qual as pessoas que ali viviam eram mais admiradas e levavam uma vida mais saudável (PELICIONI, 1998). No



século 19, da mesma forma, a idéia de campo cultivado representava prosperidade e crescimento. Já a partir do século 20, em virtude do grande crescimento das cidades e do desenvolvimento urbano, essa admiração e valorização passou para a natureza “intocada” (SCHREIBER, 1997).

Essas diferentes concepções acabam refletindo na maneira como o ser humano relaciona-se com o meio ambiente a sua volta. Todos os seres vivos dependem dos recursos naturais e de um ambiente saudável para sobreviver, e o ser humano não é uma exceção.

Para Seara Filho (1987, p. 40),

na escala dos seres que compõem o chamado reino animal, o homem não é o único predador. É, contudo, o único capaz de com suas ações, romper o equilíbrio dinâmico produzido espontaneamente pela interdependência das forças da natureza.

Apesar dos inúmeros males causados à natureza pelo ser humano, não é necessário excluí-lo do contato ou mesmo do convívio dela para sua conservação. Isso de nada adiantaria para compreender e enfrentar os inúmeros problemas relacionados ao meio ambiente e à saúde.

A exploração excessiva dos recursos naturais com a substituição gradativa da vegetação original por áreas de cultivo ou pastagens, ocorrida em várias regiões do mundo, tem tornado o solo mais pobre e incapaz de suprir as necessidades de seus habitantes, e neste contexto, algumas civilizações antigas acabaram por se desintegrar justamente por terem devastado o ambiente natural no qual se apoiavam, já que muitas vezes, não se conhecia a capacidade limite do ambiente (LEÃO, 2000; CARVALHO, 1989).

Nas sociedades modernas, o ser humano tem continuado a se apropriar da natureza, e ao mesmo tempo tem se afastado culturalmente dela, vendo-a como fonte inesgotável de recursos naturais. Diegues (1992, p. 24), lembra que

até meados da década de 60 os custos ambientais em termos de uso intensivo de recursos naturais e da degradação ambiental, eram considerados normais e necessários ao processo de desenvolvimento.

Porém, este acelerado desenvolvimento urbano e industrial trouxe inúmeras conseqüências ao meio ambiente e à saúde humana, e alguns desastres ambientais, já conhecidos internacionalmente, podem exemplificar essa situação.

Em 1956, detectou-se na Baía de Minamata, no Japão, elevadas concentrações de mercúrio, que haviam sido lançados pela indústria de fertilizantes Chisso Corporation por 4 décadas, contaminando peixes e frutos do mar, o que resultou no adoecimento de cerca de 3 mil pessoas e centenas mortes entre os habitantes locais.

Em Bhopal, na Índia, outro grave acidente ambiental ficou mundialmente conhecido, onde 40 toneladas de gases venenosos da fábrica de pesticidas Union Carbide, intoxicaram 500 mil pessoas (metade da população local) e 8 mil morreram quase que imediatamente, em 1984.

Segundo dados divulgados pelo jornalista Washington Novaes, baseados no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, nas últimas décadas, a temperatura da Terra subiu 0,8 °C, e estima-se que até o final deste século, esse aumento poderá estar entre 1,4 °C e 5,8 °C, principalmente em função da emissão de gases por ações antrópicas. Isso poderá elevar o nível dos mares entre 9 e 88 centímetros, e provocar a inundação de áreas costeiras onde vivem 40% da população mundial e o desaparecimento de mais de 30 países ilhas (IPCC, 2005).

Nos últimos 10 anos, os “desastres naturais” causaram prejuízos financeiros de cerca de US\$691 bilhões, deixando 2,5 bilhões de vítimas e 673 mil mortos. No Brasil, neste mesmo período, houveram 12,7 milhões de vítimas, sendo 11,5 milhões vítimas de secas, 510 mil de inundações e 153 mil de deslizamentos (IPCC, 2005).

O aumento da concentração das populações nas cidades também trouxe sérios problemas afetando gravemente a saúde humana, devido à falta de saneamento básico e de água tratada. Estima-se que, atualmente, em torno de 2,4 bilhões de pessoas no mundo não tem saneamento básico e há 1,1 bilhão de pessoas sem acesso a água potável. Cerca de 3 milhões de pessoas morrem por ano de doenças relacionadas à contaminação da água (PNUD, 2001).

No Brasil, 80% dos municípios não dispõem de qualquer tipo de tratamento de esgotos domésticos e 60% das internações hospitalares no país devem-se às doenças de veiculação hídrica (ROCHA, 1993).

A poluição pela água, do ar e do solo, as ameaças nucleares, os desastres ambientais, naturais ou provocados, entre outros, têm afetado não somente a saúde física, mas também, a saúde psíquica do ser humano e conseqüentemente alterado muito a qualidade de vida, para pior. Doenças crônicas e degenerativas, doenças cardíacas, a depressão e o estresse têm sido cada vez mais freqüentes na sociedade atual.

Dessa forma, a saúde humana e a qualidade de vida encontram-se constantemente ameaçadas pela deterioração ambiental. Na busca por melhor qualidade de vida, as áreas sociais, da saúde e do meio ambiente devem ser igualmente consideradas, sendo variáveis que se interrelacionam.

Sabe-se que os problemas ambientais e sociais que o Brasil enfrenta hoje, são em grande parte, resultado dos modelos de desen-

volvimento adotados ao longo da história, os quais vêm favorecendo a exploração predatória de recursos naturais e a poluição, gerando impactos nas condições de saúde e na qualidade de vida. Provocaram também uma grande desigualdade de consumo, ocasionando uma situação de pobreza que tem atingido a maioria da população mundial (BRASIL, 1995).

Apenas 20% da população mundial é responsável pelo consumo de 80% dos recursos naturais disponíveis. Cerca de 30% da população brasileira, mais de 50 milhões de pessoas, vivem abaixo da linha da pobreza (PNUD, 1998; IBGE, 2002).

Nesse sentido, Reigota (1994, p. 9) afirma que:

o problema ambiental não está na quantidade de pessoas que existe no planeta e que necessita consumir cada vez mais os recursos naturais para se alimentar, vestir e morar; o problema está no excessivo consumo desses recursos por uma pequena parcela da humanidade e no desperdício e produção de artigos inúteis e nefastos à qualidade de vida.

Breve histórico sobre as relações entre saúde e ambiente no âmbito de conferências internacionais

Em meados da década de 1970, a partir de Relatório feito a pedido do Ministério da Saúde e Bem Estar do Canadá, foi divulgado um novo conceito de campo da saúde considerando que, todas as causas de doenças e mortes decorriam de quatro fatores determinantes e interligados: as características biofísicas do indivíduo, o estilo de vida ou fatores comportamentais, a inadequação dos serviços de saúde, além da poluição e dos agravos ambientais, vistos desde então, como causas fundamentais de morbi-mortalidade em todo planeta e que vinham sendo desconsideradas pelo modelo biomédico vigente na época (LALONDE, 1996).

Pode-se dizer que a partir de então, tem-se considerado importante, dentre outras coisas, modificar favoravelmente o ambiente para a promoção da saúde dos indivíduos.

Até bem pouco tempo atrás, os indicadores de saúde eram somente negativos, isto é, muitas vezes tomava-se como base do nível de saúde de determinada localidade, apenas a taxa de mortalidade infantil. Com o surgimento dessas novas idéias, os indicativos a serem considerados passaram a ser também positivos, levando-se em conta outros determinantes para a qualidade de vida, e a saúde passou a ser reconhecida como uma resultante do estilo e das condições de vida.

Segundo Coimbra (2002), entende-se por qualidade de vida a somatória de fatores decorrentes da interação entre sociedade e ambiente, atingindo a vida no que concerne às suas necessidades biológicas, psíquicas e sociais inerentes e/ou adquiridas. Não basta portanto sobreviver, é preciso viver com qualidade.

São considerados determinantes da qualidade de vida inúmeros fatores, tais como, orgânicos ou biológicos (saúde e doença), psicológicos (identidade, auto-estima, criatividade, habilidade), sociais (vida familiar, vida sexual, relacionamentos), comportamentais (vida profissional, hábitos, repouso, lazer), materiais (habitação, bens, renda) e estruturais (concepção sócio-política, posição social).

O conceito de qualidade de vida, portanto, transcende o conceito de padrão ou nível de vida, de satisfação das necessidades humanas do TER para a valorização da existência humana do SER e deve ser avaliada pela capacidade que tem determinada sociedade de proporcionar oportunidades de realização pessoal a seus indivíduos no sentido psíquico, social e espiritual ao mesmo tempo em que lhes garante um nível de vida minimamente aceitável (PELICIONI, 1998, p. 24).

Para Forattini (1991),

o estado de satisfação ou insatisfação é pessoal e relacionado à busca por melhores condições de vida, podendo portanto, ser avaliado, em função do ajustamento à determinadas situações ou ao desejo de mudança.

Em 1978, realizou-se em Alma-Ata, ex-URSS, a Conferência Internacional sobre Cuidados Primários de Saúde, cuja Declaração coloca a saúde como componente central do desenvolvimento humano. A preocupação com um meio ambiente saudável para a promoção da saúde, já aparece, mesmo que discretamente, incluindo a importância do acesso à água de boa qualidade e ao saneamento básico.

Refletindo as idéias aí apresentadas, realizou-se em Otawa, Canadá, em 1986, a Primeira Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde. Nesta Conferência foi definido como promoção da saúde

o processo de capacitação da comunidade para atuar na melhoria da sua qualidade de vida e saúde, incluindo uma maior participação no controle desse processo (BRASIL, 2001, p. 19).

A Carta de Otawa identificou 5 campos de ação urgentes e prioritários para a promoção da saúde, e dentre estes está a criação de ambientes favoráveis, destacando-se que a proteção do meio ambiente e a utilização adequada dos recursos naturais devem fazer parte de qualquer estratégia de promoção da saúde (BRASIL, 2001).

O termo “ambientes favoráveis” incluía os aspectos físicos e sociais, atingindo, portanto, não só a natureza, mas todos os espaços nos quais as pessoas vivem: a comunidade, as casas, o trabalho, as escolas e os ambientes de lazer (BRASIL, 2001).



Os participantes desta Conferência assumiram alguns compromissos de agir contra a degradação dos recursos naturais e as condições ambientais de vida não saudáveis, focalizando sua atenção para os novos temas de saúde pública relacionados ao meio ambiente, destacando aí a poluição.

No Brasil, com a promulgação da Constituição Brasileira, em 5 de outubro de 1988, no que se refere à questão ambiental, ficou determinado que

todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988, cap. VI, art. 225).

No que se refere à saúde, o Art. 196 estabelece que

a saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução dos riscos de doenças e de outros agravos, e o acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação (BRASIL, 1988, cap. II, seção II, art. 196).

Para conseguir atingir esses objetivos, constitui no Art. 198, o Sistema Único de Saúde, organizado em uma rede regionalizada e hierarquizada, de acordo com as seguintes diretrizes: I – descentralização, com direção única em cada esfera do governo; II – atendimento integral, com prioridade para as atividades preventivas, sem prejuízo dos serviços assistenciais; III – participação da comunidade (BRASIL, 1988).

Neste mesmo ano, 1988, realizou-se a Segunda Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde, em Adelaide, Austrália, cujo tema central foi a Criação de Políticas Públicas Saudáveis, visando a criação de ambientes favoráveis para que as pessoas possam viver vidas saudáveis. Esta Conferência, destacou ainda a importância da biodiversidade para melhorar as condições de vida do ser humano, e que os movimentos ambientalistas e a saúde pública deveriam unir-se para a obtenção de um desenvolvimento sócio-econômico sustentável (BRASIL, 2001).

Pode-se dizer que a Conferência de Promoção da Saúde, realizada em Sundsvall, Suécia, em 1991, foi a que maior ênfase deu à interligação da saúde e do meio ambiente. O tema central foi Ambientes Favoráveis à Saúde, e novamente chamou a atenção para a situação de milhares de pessoas que viviam na pobreza e privação, em um ambiente degradado ameaçador para a saúde.

Segundo dados da UNESCO (1999), mais de um bilhão de pessoas, isto é, mais ou menos um terço da população total dos países em desenvolvimento, vive em condições de pobreza desesperadora. Não se pode esperar que pessoas que não conseguem cuidar de si próprias venham a proteger eficazmente o meio ambiente. Essa pobreza, não é, exclusivamente resultado da escassez de produtos naturais, mas é principalmente causada pelo domínio, pela exploração a que estão submetidos pelos países hegemônicos, pela exclusão e falta de acesso a necessidades humanas básicas.

Esta Conferência procurou mostrar que as soluções para esses problemas estruturais vão muito além de um sistema eficiente de serviços de saúde, mas que dependem também de ações sociais, capacitação de recursos humanos e de um forte compromisso político com criação e implementação de políticas sustentáveis de saúde e ambiente.



Estabeleceu-se algumas propostas para ação, as quais têm dimensões físicas, sociais, espirituais, econômicas e políticas, e estão ligadas e em interação dinâmica. Segundo a Declaração de Sundsvall resultante desta Conferência, as propostas de ação devem refletir dois princípios fundamentais:

1 A equidade deve ser a prioridade básica na criação de ambientes favoráveis à saúde, reunindo energia e poder criativo com a inclusão de todos os seres humanos num único esforço.

2 As ações para criar ambientes favoráveis à saúde devem considerar a interdependência entre todos os seres vivos e considerar as necessidades das futuras gerações quanto ao uso dos recursos naturais. Os povos indígenas, que têm uma peculiar relação com o ambiente físico, devem servir de exemplo, e serem envolvidos nas atividades de desenvolvimento sustentável e nas negociações que dizem respeito ao seu direito à terra e à sua herança cultural (BRASIL, 2001).

Destaca-se ainda, que

não será possível sustentar a qualidade de vida para os seres humanos e demais espécies vivas sem uma mudança drástica nas atitudes e comportamentos, em todos os níveis, com relação ao gerenciamento e à preservação do ambiente (BRASIL, 2001, p. 37).

A Conferência Internacional de Promoção da Saúde realizada em Santafé de Bogotá, Colômbia, em 1992, apresentou conclusões que vieram responder em grande parte aos problemas e anseios específicos das nações latino-americanas, por apresentar uma situação epidemiológica regional caracterizada pela persistência ou

ressurgimento de endemias como, malária, cólera, tuberculose e desnutrição, algumas das quais resultantes da deterioração ambiental.

Os participantes desta Conferência, da mesma forma assumiram o compromisso de incentivar políticas públicas para garantir a equidade e favorecer a criação de ambientes e opções saudáveis (BRASIL, 2001).

Em 1997, quase 20 anos após a formulação da Declaração de Alma-Ata, e 10 anos depois da realização da Primeira Conferência sobre Promoção da Saúde, realizou-se em Jacarta, Indonésia, a Quarta Conferência Internacional de Promoção da Saúde, possibilitando uma reflexão sobre o que se aprendeu e o que tem sido feito até então.

Os determinantes da saúde, estabelecidos na Carta de Ottawa, foram reexaminados nesta Conferência, e ao invés de diminuírem, eles aumentaram, e como pré-requisito aparece novamente a citação “um ecossistema estável”, quando na realidade pretendia-se referir a uma situação de equilíbrio do ecossistema, e o uso sustentável dos recursos. Além disso, a promoção da saúde por meio de políticas e práticas que protejam o meio ambiente, também estava presente na Declaração de Jacarta (BRASIL, 2001).

Mais recentemente, em junho de 2000, realizou-se a Quinta Conferência Internacional de Promoção da Saúde, no México, a última do século 20, cujo tema foi *Promoção da Saúde – a luta por maior equidade*. Dentre as discussões presentes nesta Conferência, destacou-se a necessidade de ampliar a capacidade das comunidades para promover a saúde e criar um meio ambiente saudável, através de estratégias participativas para alcançar a equidade pretendida (PELICIONI, 2000).

Em agosto de 2005, realizou-se a Sexta Conferência Internacional de Promoção da Saúde, em Bangkok, na Tailândia, onde enfatizou-se a importância de formar recursos humanos para implementar as idéias propostas pela Promoção da Saúde, a fim de

disseminar a “nova cultura da saúde” e garantir a efetividade das ações.

Nesse sentido, a Carta de Bangkok propõe uma nova orientação para a Promoção da Saúde, preconizando políticas coerentes, inversões e alianças entre os governos, as organizações internacionais, a sociedade civil e o setor privado, a fim de assumir quatro compromissos fundamentais, a saber: que a promoção da saúde constitua uma peça chave na Agenda de Desenvolvimento Mundial; que seja de responsabilidade básica de todos os governos; que seja parte das boas práticas institucionais; e que seja um foco de iniciativas da comunidade e da sociedade civil (WHO, 2005).

Este documento, destaca ainda as transformações que têm ocorrido na saúde mundial e os problemas a serem superados, entre eles, a crescente carga de enfermidades transmissíveis e crônicas que têm afetado seres humanos, em particular as cardiopatias, os acidentes cérebro-vasculares, o câncer e a diabetes. É necessário ainda, abordar e controlar os efeitos que têm a globalização na saúde, como consequência do aumento das desigualdades, a rápida urbanização e a deterioração do meio (WHO, 2005).

Algumas estratégias para a promoção da saúde

A proposta de Cidades Saudáveis foi apresentada em 1984, no Seminário sobre Toronto Saudável 2000, como parte de uma Conferência sobre Políticas Públicas Saudáveis, e reapresentada na já citada I Conferência Internacional de Promoção da Saúde, em Otawa, Canadá, em 1986, e em Lisboa, no mesmo ano, no I Simpósio sobre Cidades Saudáveis.

Em 1988, a Organização Mundial da Saúde – OMS reuniu um pequeno grupo de especialistas em Promoção da Saúde para



planejar o Projeto de Cidade Saudável como estratégia de Promoção da Saúde dessa organização na Europa. Seu enfoque inicial era baseado numa concepção global e na implementação local dando origem a essa idéia que hoje está tão difundida na área ambiental.

Para Pelicioni (2000), a proposta de Cidades Saudáveis enfatiza fortemente a idéia de um planejamento sistemático, continuado e intersetorial. Constitui-se em uma das mais importantes iniciativas da OMS para o desenvolvimento e melhoria de condições de saúde e qualidade de vida urbana.

De acordo com Mendes (1996), a produção social da saúde deve acontecer em diferentes entornos, não ficando restrita aos limites da cidade. Assim, é possível falar de um estado saudável, de um país saudável e até mesmo de uma ordem internacional saudável. Em uma cidade saudável todos os atores sociais, governos, ONGs, famílias e indivíduos orientam suas ações para transformá-la em espaço de produção social da saúde, construindo uma rede de solidariedade a fim de melhorar a sua qualidade de vida.

Assim, o autor conceitua Cidade Saudável como aquela em que há esforços constantes para melhorar as condições de vida, trabalho e cultura da população, onde as pessoas estabelecem uma relação harmoniosa com o meio ambiente natural e construído e expandem os recursos comunitários a fim de melhorar a convivência, desenvolver a solidariedade, co-gestão e democracia (MENDES, 1996).

Algumas características definem bem uma cidade saudável: a busca da melhoria de qualidade de vida da população, por meio de parceria com o governo municipal; o desenvolvimento de políticas saudáveis (para os transportes, educação, emprego, habitação e serviços de saúde, entre outros) e o compromisso das diferentes políticas setoriais introduzirem a qualidade de vida na agenda local; um trabalho intersetorial para garantir a eficiência e a eficácia das políticas

públicas no enfrentamento dos problemas complexos da cidade; o compromisso com a equidade para os grupos humanos que vivem em situação de exclusão social; a construção cotidiana da cidadania por meio da participação individual e coletiva; a criatividade e espírito inovador para romper a inércia da cidade convencional, de seus governantes e governados (MENDES, 1996).

No Brasil, atualmente, muitas cidades/municípios têm utilizado com sucesso esta estratégia procurando implementar as idéias preconizadas pela Promoção da Saúde.

Uma outra estratégia que também têm tido sucesso em algumas regiões é o Programa de Saúde da Família – PSF, considerado pelo Ministério da Saúde como eixo estruturante na atenção básica de saúde. Sendo de fato, muito mais uma estratégia do que um programa, busca reorientar o modelo assistencial brasileiro, elegendo a família como foco de suas ações no seu espaço físico e social, proporciona à equipe de saúde uma compreensão ampliada do processo saúde-doença. Possibilita a integração e promove a organização das atividades em um território definido com o propósito de propiciar o enfrentamento e resolução dos problemas identificados, reorganizando a prática da atenção à saúde em novas bases substituindo o modelo tradicional.

Lançado no início de 1994, diante da necessidade de agilizar a reforma do sistema de saúde, o PSF

valorizava os princípios de territorialização, de vinculação com a população, de garantia de integralidade na atenção, de trabalho em equipe com enfoque multidisciplinar, de ênfase na promoção da saúde com fortalecimento das ações intersetoriais e de estímulo à participação da comunidade, entre outros (SOUZA, 2000, p.7).



O PSF é uma estratégia que está contribuindo para a operacionalização e consolidação das diretrizes e princípios do SUS e, mesmo que não tenha conseguido atingí-los em sua plenitude, é preciso reconhecer que houveram avanços significativos nestes últimos anos, especialmente no que diz respeito ao processo de descentralização, acesso e municipalização dos serviços de saúde. Prioriza as ações de prevenção, promoção e recuperação da saúde das pessoas de forma integral e contínua.

O Programa de Saúde da Família foi decorrente do lançamento do Programa de Agentes Comunitários de Saúde – PACS pelo próprio Ministério da Saúde em 1991, com o objetivo de contribuir para o enfrentamento dos indicadores de morbi-mortalidade infantil e materna do nordeste brasileiro que pretendia que o agente comunitário se tornasse um elo entre a comunidade e o serviço de saúde.

Segundo Sousa (2000, p. 25),

propõe uma nova dinâmica para a estruturação dos serviços de saúde, bem como para a sua relação com a comunidade e entre os diversos níveis de complexidade assistencial. Assume o compromisso de prestar assistência universal, integral, equânime, contínua e, acima de tudo, resolutiva à população, na unidade de saúde e no domicílio, sempre de acordo com as suas reais necessidades, identificando os fatores de risco aos quais ela está exposta e neles intervindo de forma apropriada. Propõe-se ainda, a humanizar as práticas de saúde, buscando a satisfação do usuário através do estreito relacionamento dos profissionais com a comunidade e estimulando-a ao reconhecimento da saúde como um direito de cidadania e portanto, expressão de qualidade de vida.

Para Santos et al. (2000, p. 52),

é no cotidiano, no concreto do espaço da família, que os profissionais do sistema, em interação com estas, buscam a construção da saúde, priorizando proteção, a promoção do autocuidado, a troca solidária, buscando, dessa maneira sair do modelo biomédico, dependente, centrado na doença. Vê-se assim, que a filosofia que perpassa é mais do que uma simples extensão de serviços, pois enseja uma prática que oportunize crítica, mudanças, construção de saber.

Colocando em prática as propostas: o papel da educação

As Conferências mencionadas e os documentos resultantes destas, mostram que a promoção da saúde e a manutenção do ambiente equilibrado, são indissociáveis. Porém, para que os compromissos assumidos sejam viabilizados, é necessário que políticas públicas e de governo sejam criadas e colocadas em prática, com o constante controle social da população. Nesse sentido, é urgente e obrigatório o desenvolvimento de um processo continuado de educação em saúde e ambiental que possibilite aos cidadãos melhor qualidade de vida.

Nota-se que a frequência dos eventos e encontros relacionados ao meio ambiente e à saúde aumentaram à medida que os problemas também se agravaram, e principalmente quando estes começaram afetar a saúde e a qualidade de vida. Pôde-se perceber também, que desde a Primeira Conferência sobre Promoção da Saúde, o papel da educação é salientado e considerado importante para que as idéias propostas sejam colocadas em prática.

Os avanços na área da saúde têm estado relacionado muito mais às alterações sócio-econômicas, ambientais e educacionais do que às conquistas científicas e tecnológicas das áreas médicas e farmacêuticas.

Nem sempre as dificuldades se devem à falta de informação e conhecimento dos problemas, mas à falta de planejamento, vontade política e principalmente à ausência de educação em saúde e meio ambiente. Apesar das controvérsias que muitas vezes surgem na tentativa de buscar soluções e explicar as causas do atual estado de degradação socioambiental e do surgimento de inúmeras doenças, todos parecem concordar com a importância do processo educativo para provocar mudanças e melhorar a qualidade de vida da população como um todo.

Como afirma Benjamin (2002), a solução para a crise socioambiental, bem como de problemas relacionados à saúde, não está no retorno à vida nas cavernas, mas no lento e difícil processo ético e legal de informação e educação que leve as pessoas a uma convivência saudável com o planeta.

Capra (1982, p. 390) lembra que,

à medida que os nossos recursos físicos se tornam mais escassos, também se evidencia que devemos investir mais nas pessoas – o único recurso que possuímos em abundância [...].

Investir nos recursos humanos, implica então, em oferecer subsídios para que a população capacitada possa atuar de forma participativa no controle dos inúmeros aspectos relacionados à sua vida, dentre eles, aqueles relacionados à sua saúde, podendo assumir responsabilidades sobre ela.

Segundo Pereira Lima (1998, p. 110) “a ação educativa desenvolvida socialmente é um processo dialógico, valorativo e ético e

reflete uma visão do homem e do mundo em seu sentido amplo, tem como objetivo a formação do sujeito social capaz de construir seu projeto próprio de enfrentamento dos problemas, assim como fazer a leitura crítica da realidade”. Para a autora, a capacitação da população para participação na vida social, e portanto, para o desenvolvimento de ações inovadoras de transformação da realidade, resultam do processo educativo.

No processo educativo será trabalhada a autonomia, a auto-estima, a liberdade, o fortalecimento e a ampliação de poder do indivíduo como sujeito social, isto é o que a promoção da saúde chama de *empowerment*.

O termo *empowerment* tem como origem a psicologia social, tendo sido usado pelo movimento feminista, pela teologia da libertação e no ativismo social, podendo ser considerado como um processo de fortalecimento e de desenvolvimento pessoal, interpessoal ou de ampliação do poder político. Na área da promoção da saúde pressupõe que os indivíduos possam ampliar o controle sobre suas vidas por meio da participação em grupos visando a transformação da realidade social e política, ou mesmo pela participação comunitária.

De acordo com Chiesa e Veríssimo (2001, p. 35), há uma profunda distinção entre esta forma de pensar e a

abordagem tradicional centrada na mudança de comportamento individual. Nesta concepção, a prevenção dos agravos à saúde não é tratada isoladamente, mas sim como uma meta a ser atingida com o desenvolvimento sustentado, a melhoria da qualidade de vida e a justiça social. Esta concepção tem por base o entendimento de que os perfis epidemio-lógicos se diferenciam em função das condições de vida da população, assumindo também importância

a falta de controle que os indivíduos têm sobre suas vidas. A Promoção da Saúde configura-se como o instrumento para a capacitação do indivíduo para aumentar o controle sobre os determinantes da saúde. Nesta perspectiva, as ações educativas assumem um novo caráter, mais aderente aos princípios e diretrizes do SUS, destacando-se o Direito à Saúde como eixo norteador e a capacidade de escolha do cliente torna-se uma condição indispensável.

Para a Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS, a promoção da saúde procura trabalhar, por meio de ações comunitárias concretas e efetivas no desenvolvimento de prioridades, na tomada de decisão, na definição de estratégias e na sua implementação, visando a melhoria das condições de saúde. O centro deste processo é o incremento do poder das comunidades – a posse e o controle de seus próprios esforços e destino. Uma comunidade que trabalha para atingir objetivos comuns adquire força e consciência de sua capacidade e poder coletivos para enfrentar e resolver problemas que atingem a todos (OPAS, 2005).

O desenvolvimento das comunidades é feito sobre os recursos humanos e materiais nelas existentes para intensificar a auto-ajuda e o apoio social e para desenvolver sistemas flexíveis de reforço da participação popular na direção dos assuntos de saúde. Isto requer um total e contínuo acesso à informação, às oportunidades de aprendizado para os assuntos de saúde, assim como apoio financeiro adequado (OPAS, 2005).

A participação da comunidade é portanto, condição fundamental para o desenvolvimento de um processo de educação em saúde e ambiental voltado para a promoção da saúde, a qual deve partir, da identificação das reais necessidades e vontades dos atores envolvidos, por meio de um constante diálogo entre os sujeitos desse processo.



Tendo um papel fundamental na busca por melhores condições de saúde e de qualidade de vida, a educação pode levar os indivíduos a uma reflexão crítica sobre o seu ambiente, dando-lhes condições de transformar e intervir nessa realidade. Portanto, trata-se aqui de uma educação transformadora, capaz de promover não apenas mudanças de comportamento imediatistas, mas também e principalmente de valores.

Para tal, essa educação não deve oferecer apenas as habilidades científicas e técnicas necessárias, mas também motivação e apoio social para adquirir e aplicar essas habilidades. É também essencial para que as pessoas possam usar valores éticos a serviço de opções conscientes (UNESCO, 1999). Deve ser pensada portanto, sob uma visão integrada, considerando as relações do ser humano com seu entorno, em seus diversos aspectos: ambientais, sociais, políticos, econômicos e culturais.

Se o processo educativo estiver meramente voltado para ações corretivas, sem levar os indivíduos a um maior entendimento das reais causas que envolvem problemas relacionados à sua saúde e qualidade de vida, estes não serão capazes de incorporar novos valores para transformar a realidade. Nesse sentido, Freire (1987) lembra que, o reconhecimento de uma realidade deve levar a inserção crítica do indivíduo, para que este reconhecimento verdadeiro e incorporado, possa transformar-se em ação.

Ainda segundo este autor, a educação é um ato de intervenção no mundo, “tanto à que aspira mudanças radicais na sociedade, no campo da economia, das relações humanas, da propriedade, do direito ao trabalho, à terra, à educação, à saúde, quanto à que, pelo contrário, reacionariamente pretende imobilizar a História e manter a ordem injusta” (FREIRE, 1996, p. 123). Portanto, somente por meio do desen-volvimento de uma visão

crítica da realidade local e global, é que o ser humano poderá refletir sobre seu papel na sociedade, buscando torná-la sempre melhor.

Como afirma Leff (2001, p. 256),

deve-se educar para formar um pensamento crítico, criativo e prospectivo, capaz de analisar as complexas relações entre processos naturais e sociais, para atuar no ambiente com uma perspectiva global, mas diferenciada pelas diversas condições naturais e culturais que o definem.

Assim, a gravidade da problemática socioambiental enfrentada na atualidade, confirma cada vez mais a importância da educação na melhoria da qualidade de vida e na promoção da saúde da população. Entretanto, as mudanças não ocorrerão apenas por meio da sensibilização das pessoas, ou com medidas punitivas, é preciso formar cidadãos críticos e capacitados para buscar soluções práticas e para participar na criação e na implementação de políticas ambientais e de saúde que possam alterar significativamente a realidade e construir uma sociedade mais justa. Participar da tomada de decisões sobre assuntos relacionados à sua saúde é exercer a cidadania.

Referências

Benjamin AH. Introdução a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. In: Philippi Jr A, Alves AC, Romero MA e Bruna GC. Meio Ambiente, direito e cidadania. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Faculdade de Direito, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. NISAM: Signus Editora, 2002, p.235-265.

Brandão CR. A educação como cultura. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2002.

Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil – 1988. Brasília (DF): Senado Federal; 1988.

Capra F. O Ponto de Mutação. São Paulo: Cultrix; 1982.

Carvalho LM. A temática Ambiental e a escola de 1º grau. São Paulo: USP; 1989. [Tese de doutorado em didática da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo].

Chiesa AM e Veríssimo MDLÓR. A educação em saúde na prática do PSF. Brasil. Manual de Enfermagem. Instituto para o Desenvolvimento da Saúde. Universidade de São Paulo. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

Coimbra JAA. O outro lado do meio ambiente. São Paulo, CETESB, 1985.

Diegues ACS. Desenvolvimento sustentável ou sociedade sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, 1992, 6(1-2): 22-29.

Freire P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

[IBGE] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (on line) Sinopse preliminar do censo 2000. Disponível em < URL:<http://www.ibge.gov.br>. (2002).

[IPCC] Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (on line). Disponível em < URL:<http://www.ipcc.ch> (2005).

Lalonde M. O conceito de “campo de saúde” – uma perspectiva canadense. In: Organização Panamericana de Saúde. Promoção da

Saúde: uma antologia. Publicação científica; 557. Washington, D.C., 1996.

Leão RM. A floresta e o homem. São Paulo: EDUSP:IPEF, 2000.

Leff E. Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

Mendes EV. Uma agenda para a saúde. 2ª ed. São Paulo: Hucitec, 1996.

[MS] Ministério da Saúde. Plano nacional de saúde e ambiente no desenvolvimento sustentável – diretrizes para implantação. Brasília, 1995.

[MS] Ministério da Saúde. Promoção da Saúde. Brasília, 2001.

[OPAS] Organização Pan-Americana de Saúde. Escritório Regional para as Américas da Organização Mundial de Saúde. Participação Comunitária e Empoderamento. (on line) Disponível em < URL:<http://www.opas.org.br/coletiva/temas> (2005).

Pelicioni AF. Educação Ambiental na Escola: um levantamento de percepções e práticas de estudantes de 1º grau a respeito de meio ambiente e problemas ambientais. São Paulo, 1998. [Dissertação de Mestrado da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

Pelicioni MCF. Educação Ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. Saúde e Sociedade 1998; 7(2): 19-31.

Pelicioni MCF. Educação em saúde e educação ambiental – estratégias de construção da Escola Promotora da Saúde. São Paulo, 2000. [Tese de Livre-Docência da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

Pereira Lima VLG. Promoción de la salud e educación para la salud: interfases, intersecciones, especificidades. XVI Conferencia Mundial de Promoción de la Salud y Educación para la salud. Resúmenes de trabajos. 21-26 de junio de 1998. San Juan, Porto Rico, p.110-111.

[PNUD] Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Informe sobre Desenvolvimento Humano. Nova York, 1998.

[PNUD] Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Informe sobre Desenvolvimento Humano. Nova York, 2001.

Reigota M. O que é Educação Ambiental? São Paulo: Brasiliense: 1994. (Coleção Primeiros Passos)

Rocha AA. Saúde e Meio Ambiente. In: Salum CAL (editor). Ecologia – a qualidade de vida. Ed. SESC. São Paulo, 1993.

Santos BRL, Moraes EP, Piccinini GC, Sagebin HV, Eidt OR e Witt RR. Formando o enfermeiro para o cuidado à saúde da família: um olhar sobre o ensino de graduação. Rev. Bras. Enfermagem. Associação Brasileira de Enfermagem. Brasília, v. 53, n. especial, p. 49-59, dez. 2000.

Schreiber Y. Domingo no parque - um estudo da relação homem-natureza na metrópole paulistana. São Paulo, 1997. [Dissertação de mestrado da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo].

Seara Filho G. Apontamentos de introdução à educação ambiental. Ambiente. São Paulo, 1987, 1(1): 40-44.

Sousa MF. A enfermagem reconstruindo sua prática: mais que uma conquista do PSF. Rev. Bras. Enfermagem. Associação Brasileira de Enfermagem. Brasília, v. 53, n. especial, p. 25-30, dez. 2000.



Souza HM. Entrevista com a diretora do Departamento de Atenção Básica-SPS/MS. Rev. Bras. Enfermagem. Associação Brasileira de Enfermagem. Brasília, v. 53, n. especial, p.7-16, dez. 2000.

Unesco. Educação para um futuro sustentável: uma visão transdisciplinar para ações compartilhadas. UNESCO, Brasília: Ed. IBAMA, 1999.

[WHO] World Health Organization. New Bangkok charter for health promotion adopted to address rapidly changing global health issues. (on line) Disponível em < URL:<http://www.who.int/entity/medicentre/news/releases/2005/pr34/es/> (2005).