

Gestão e Avaliação da Poluição, Impacto e Risco na Saúde Ambiental



GESTÃO E AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO, IMPACTO E RISCO NA SAÚDE AMBIENTAL

CONCEITOS DE SAÚDE AMBIENTAL

As correlações entre meio ambiente e outros fatores começaram a ser estabelecidas somente no final do século passado. A política relativa a meio ambiente se limitava, por assim dizer, à saúde pública. Até há pouco tempo, seu campo de atuação era quase totalmente voltado para a prevenção e o controle de doenças infecciosas.

A tecnologia do século XX mudou radicalmente tal situação. Atualmente, vasta gama de especialistas dos mais variados campos da ciência se ocupa da proteção da saúde humana. O enfoque tradicional da saúde pública, hoje, se combina com os modernos conceitos da interdependência da saúde com os fatores ambientais (saúde ambiental) (WHO, 1990).

Esse novo enfoque reconhece que, em princípio, quase todos os aspectos do meio ambiente afetam potencialmente a saúde. Isto é verdadeiro não só para agentes específicos, como microorganismos ou outras entidades biológicas, forças ou agentes físicos e químicos, mas também para elementos dos meios urbano e rural: casas, locais de trabalho, áreas de lazer, infra-estruturas, indústrias; e os principais componentes do mundo natural, como a atmosfera, o solo, a água e as muitas partes da biosfera.

Essa complexidade e multidisciplinaridade causada pelo rápido desenvolvimento tecnológico, traduzido notadamente pelo aumento na utilização dos recursos naturais e na síntese industrial de novas substâncias, requer que a questão da saúde seja tratada de forma integrada com os fatores ambientais e as questões econômicas. A melhora da qualidade da saúde ambiental estará necessariamente ligada ao desenvolvimento de processos ecologicamente sustentáveis.

Hancock (1993) formulou um modelo de gestão de saúde ambiental, em que trata das relações entre saúde (incluindo fatores sociais), meio ambiente e economia. Em tal modelo,

para que a economia fosse ambientalmente sustentável, seria necessário que a atividade econômica não utilizasse recursos renováveis – como plantas, animais e solo –, além dos seus limites de renovação ou de recomposição (sustentabilidade); não deveria poluir o ar e os ecossistemas terrestres e aquáticos de tal forma que não pudessem se recompor; nem poderia perturbar ou desequilibrar a atmosfera ou outros ciclos e sistemas naturais até onde a viabilidade dos ecossistemas estivessem comprometidos.

Nesse modelo, a economia precisaria ser não somente ambientalmente sustentável, como também socialmente sustentável, conceito que inclui o princípio da equidade e no qual a saúde humana depende não só da geração e distribuição equitativa da riqueza, mas de um meio ambiente viável. A viabilidade é, então, um conceito antropogênico, ligado não apenas à sustentabilidade da vida em geral, mas à criação de condições que possam suportar a vida e, em particular, que propiciem uma boa qualidade de vida.

POLUIÇÃO E MEIO AMBIENTE

CONCEITOS

Não está ainda definido com exatidão o conceito de poluição, nem há divulgação correta do mesmo na esfera da população. Para uns, poluição é modificação prejudicial em um ambiente onde se encontra instalada uma forma de vida qualquer; para outros, essa forma de vida tem de ser o homem, e outros mais a entendem como alteração ecológica nociva, direta ou indiretamente, à higidez humana (Branco & Rocha, 1987; Margulis, 1990).

No sentido em que a empregamos, 'poluição' é um neologismo. Em 1958, os dicionários de língua francesa *Larousse* empregava o termo para designar profanação de um templo, e o *Robert*, em 1970, o utilizava no sentido de tornar alguém ou algo doente ou perigoso.

Do ponto de vista ecológico, poluição é definida como qualquer alteração da composição e das características do meio que cause perturbações nos ecossistemas, ou ainda, como uma interferência danosa nos processos de transmissão de energia.

Consiste em distúrbios ambientais consubstanciados em fatos ou fenômenos desfavoráveis, diretos ou indiretos. Os primeiros compreendem ataques à saúde e aos bens, como a promoção de deslocamentos populacionais ou o desequilíbrio social, ou ainda, implicações na qualidade de vida, como a poluição sonora e estética, entre outras inconvenientes.

Os distúrbios ambientais indiretos incluem intromissões nos sistemas biológicos naturais, como a diminuição da fotossíntese pela poluição atmosférica.

DESPOLUIÇÃO, CUSTO DA POLUIÇÃO E DESPOLUIR ATÉ ONDE?

O termo 'despoluição' apareceu somente no final dos anos 70 e pode ser empregado no sentido de retirar do meio exterior aquilo que pode ser nocivo. Por exemplo, retirar da água o que pode ser prejudicial ao meio exterior ou para um uso específico. Esta definição

envolve três coisas. Primeiro, que saibamos o que é preciso retirar, ou seja, o que é nocivo. Isto implica conhecimento do sentido de medir, da medição da despoluição e também do sentido das consequências a longo prazo.

Para responder o que medir, apresentaremos o seguinte exemplo: a análise de uma água bruta normal pode revelar presença de centenas ou até de milhares de substâncias. Nessas condições seria impossível analisá-las e medi-las. E depois, até onde medir? Isto é, deveríamos medir até que ordem: mg/L, micrograma/L ou nanograma/L? Agora, vejamos as seguintes situações: se desejamos que os peixes vivam nos rios, precisamos saber que tipo de peixe queremos – por exemplo, carpa ou truta. Se desejamos água de boa qualidade em um porto, precisamos saber se esta qualidade será a necessária para que o porto seja utilizado também como local de recreação – por exemplo, canoagem – ou para criar mexilhões para consumo humano. Assim, podemos perceber que existe uma vasta gama de utilização da água que pode mudar muito as coisas. No primeiro e segundo exemplos, se a utilização da água escolhida fosse para criar trutas e mexilhões, a qualidade destas águas deveria ser melhor que para as outras opções. Isto envolveria, por exemplo, um grau de despoluição maior e, conseqüentemente, a elevação dos custos.

GERAÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO

A geração e o controle da poluição abrangem uma complexidade de relações entre os vários fatores envolvidos nas diversas atividades humanas. Despoluir inclui custo financeiro importante e como os efeitos da poluição presentes e futuros não são precisamente conhecidos, fica difícil estimar cifras.

A identificação e a definição dos componentes de um programa de controle da poluição é muito importante para auxiliar no planejamento e na gestão ambiental, e diversos autores já tentaram isso. Nesses trabalhos, a atividade produtiva e os grupos de pressões são atores valiosos. Na Figura 1, observa-se o modelo de controle da poluição proposto por Gilad (1979) e apresentado na série *Public Health in Europe*, 8.

O modelo parte do princípio de que toda atividade humana, seja produção ou consumo, produz resíduos, alguns dos quais podem ser reutilizados ou reciclados nos processos de produção (Figura 1, setas 1-3). Os resíduos que não podem ser reutilizados ou reciclados tornam-se lixo depositado no meio ambiente, seja na sua forma original ou após passar por algum tipo de tratamento (Figura 1, setas 7-9). O meio ambiente tem uma certa capacidade natural de assimilar determinados tipos de dejetos sem causar efeitos negativos a si próprio (Figura 1, seta 10). Os dejetos não assimilados resultam em poluição (Figura 1, seta 11). Os efeitos conhecidos ou desconhecidos da poluição despertam uma reação do público (Figura 1, setas 12-13). Quando esta reação do público se torna importante, aparece no sistema a formulação de legislação específica ou, se no caso já existe uma, cresce a pressão para torná-la mais rigorosa (Figura 1, seta 14a). Tal legislação pode se tornar mais ou menos rigorosa em razão da influência dos vários atores intervenientes no processo de geração da poluição (Figura 1, seta 15) e, assim, influenciar todo o processo. Algumas legislações podem facilitar ou encorajar o aumento da reciclagem dos resíduos antes de estes se tornarem lixo; isto pode ser obtido por taxação diferenciada, subsídios, instrumentos de mercado e outros meios.

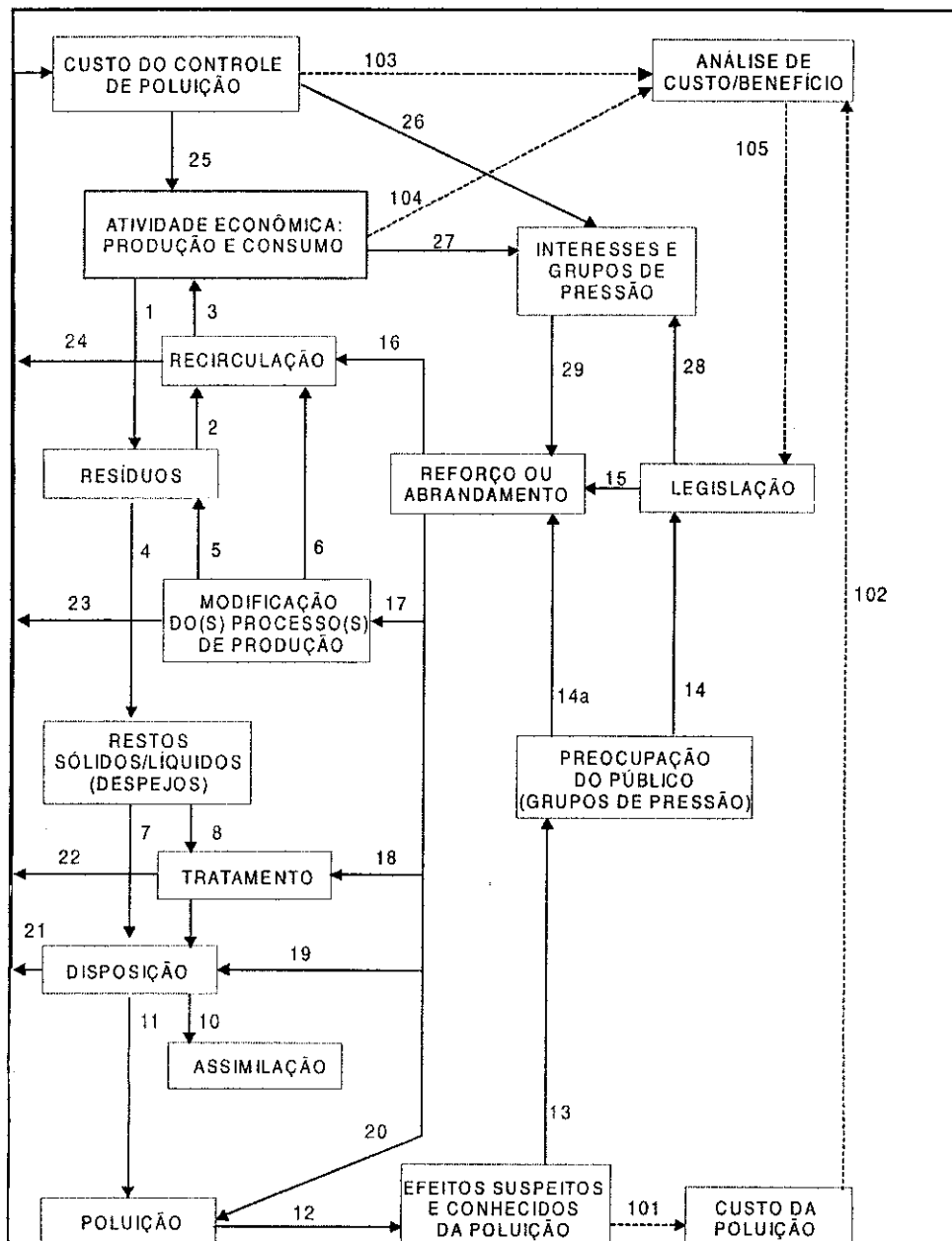
Pode-se, também, modificar o processo de produção ou o produto para se reduzir a quantidade de lixo produzido, ou ainda, pode-se mudar a sua composição, tornando mais fácil sua reciclagem dentro do processo de produção (Figura 1, setas 16-17). Outros tipos de legislações podem ainda determinar a aplicação de tratamentos mais eficazes ou prover subsídios, indultos etc. (Figura 1, seta 18).

Devemos ter em mente que o tratamento, por si próprio, não reduz a quantidade de resíduos, mas simplesmente reduz seu volume e, por meio de mudanças biológicas e físico/químicas, torna mais fácil a sua dispersão ou assimilação. Alguns tipos de legislações podem exigir o uso de métodos de dispersão e disposição com alto coeficiente de segurança, explicitando métodos de análises e parâmetros ambientais a serem rigidamente controlados (Figura 1, seta 19). Outros tipos de legislações também tentam regulamentar os níveis de poluentes permitidos, deixando poluidores e agências ambientais com liberdade de escolher os métodos e a tecnologia necessária para se atingir os objetivos de poluição fixados (Figura 1, seta 20).

Quase todos os processos de redução da poluição têm elevado custo financeiro. A somatória dos custos acumulados em todas as medidas envolvidas na diminuição da poluição representa o valor total do controle da poluição (Figura 1, setas 21-22). Estes custos, quando repassados direta ou indiretamente para os preços dos produtos, interferem nas atividades produtivas e de consumo (Figura 1, seta 25). Isto, por sua vez, pode resultar no interesse do público ou na formação de grupos de pressão com o propósito de minimizar as despesas relacionadas à poluição, diminuindo assim a pressão sobre a atividade econômica (Figura 1, seta 26). Tais grupos pressionam tanto os legisladores quanto os órgãos de controle por mudanças na legislação com o fim de abrandá-la, torná-la mais restritiva ou rigorosa. No final, o sistema mantém o seu equilíbrio por meio do conflito entre os grupos de pressões e os grupos de interesses especiais; o processo político é essencial, nestes casos, para resolver tal questão.

Os efeitos presentes e futuros da poluição ambiental não são de todo conhecidos. Por isso o custo da poluição é muito difícil de ser estimado com grande exatidão. Assim, a análise pura e simples de custo/benefício não fornece subsídios completamente válidos para uma tomada racional de decisão (Figura 1, setas 101-105).

FIGURA 1 – Modelo para controle da poluição



FONTE: GILAD (1979).

CONCEITOS DE MEIO AMBIENTE

Existem vários conceitos para o neologismo 'meio ambiente', porém o que nos parece mais apropriado com o objeto deste capítulo é o postulado pelo Conselho Internacional da Língua Francesa:

Meio ambiente é um conjunto, a um dado momento, de agentes físicos, químicos, biológicos e de fatores sociais suscetíveis de provocar um efeito direto ou indireto, imediato ou a termo, sobre os seres vivos e as atividades humanas.

Para melhor qualificar a ação do homem sobre seu meio é preciso definir os dois seguintes termos:

Alteragene: toda substância ou todo fator que provoque uma alteração do meio ambiente.

Perturbação: toda alteragene que comporte um risco notável para a saúde e a qualidade de vida do homem ou que pode lhe atingir indiretamente, através de repercussões sobre o seu patrimônio cultural e econômico.

Meio ambiente pode ainda ser definido como um meio físico suscetível de alteração pela atividade humana. Neste caso, ele é restrito à porção do espaço do sistema Terra-Atmosfera, onde se realiza o conjunto de condições físicas que asseguram o desenvolvimento da vida e, mais particularmente, da vida humana. Este espaço é caracterizado pela presença de dois fluidos – o ar e a água – cujas propriedades permitem a distribuição, ao nível do solo, da energia fornecida ao planeta pelo sol e, por conseguinte, da repartição dos climas, que, por sua vez, regula a circulação atmosférica e o ciclo da água. Compreende então, mais precisamente, a fina película atmosférica que envolve a Terra, as águas de superfícies continentais e marinhas, assim como as camadas superficiais do globo que servem de reservatório para as águas subterrâneas. O estado do sistema em um dado instante e a sua evolução com o tempo resultam das transferências de massa, de energia e da quantidade de movimento que existe entre a água, o ar e a Terra sob o efeito da energia solar.

MEIO AMBIENTE E SAÚDE AMBIENTAL

O meio ambiente está doente. Tal conclusão consta do relatório intitulado *Que Meio Ambiente para o Amanhã?*, publicado na Holanda (Ministerie van Volkshuisvesting, 1992), que trata das evoluções constatadas e previstas em escala nacional e internacional para o meio ambiente, durante o período de 1985 a 2010. Neste relatório, o meio ambiente é considerado um sistema de reservatório e de reciclagem natural de todo tipo de matéria. O sistema é dividido em cinco níveis nos quais se produzem os efeitos da poluição, a saber:

- local: as aglomerações (meio ambiente no interior das aglomerações, perturbações sonoras e descontaminação dos solos);

- regional: as paisagens (uso de fertilizantes, disposição de resíduos);
- fluvial: bacias dos rios e sistemas costeiros marinhos (uso de fertilizantes e desflorestamento);
- continental: correntes marinhas e atmosféricas (acidificação, *smog*);
- mundial: camadas superiores da atmosfera (deterioração da camada de ozônio, mudanças climáticas).

Muito embora cada nível conheça problemas de poluição específicos, estes estão ligados entre si. Por exemplo, os problemas locais podem criar outros em níveis superiores e vice-versa. Porém, quanto mais as perturbações estão ligadas a um nível superior, mais lentamente seus efeitos se farão sentir. É por esta razão que somente uma abordagem em diferentes níveis poderá propiciar uma solução eficaz.

Uma rápida visão da situação do meio ambiente atual nos permite constatar os seguintes principais problemas:

- as chuvas ácidas continuam a se formar e grandes áreas de florestas estão hoje comprometidas;
- o teor de amoníaco proveniente principalmente da agropecuária não tem cessado de aumentar;
- a taxa de ozônio na troposfera, responsável entre outras pela formação do *smog*, está em elevação; a diminuição da camada de ozônio na estratosfera (10 a 15 km de altitude) não tem parado de crescer, provocado especialmente pela acumulação em alta altitude de substâncias dificilmente degradáveis como os clorofluorcarbonos (CFC).
- a rápida acumulação do dióxido de carbono proveniente, entre outros, da utilização de combustíveis fósseis, ameaça o planeta com o efeito estufa. As águas interiores contêm hoje, em alguns sítios, 10 a 15 vezes mais nitrato e fosfatos que os teores naturais, o que tem provocado proliferações incomuns de algas, alterando o equilíbrio natural;
- a acumulação de metais e pesticidas, principalmente nos sedimentos dos corpos hídricos, têm trazido sérias conseqüências para os peixes, mamíferos e ecossistemas inferiores. As águas subterrâneas, o solo e grande parte das águas superficiais estão contaminadas pela presença de nitrogênio, fosfato e potássio proveniente em grande parte da agricultura.
- substâncias dificilmente biodegradáveis como os metais, pesticidas e outros compostos orgânicos constituem igualmente uma ameaça para a qualidade do solo e

dos lençóis freáticos. No caso do solo, este é cada vez mais poluído por pesticidas, fertilizantes e depósitos atmosféricos, além dos lançamentos legais e ilegais de efluentes e resíduos sólidos diversos;

- a poluição sonora proveniente da circulação rodoviária, ferroviária e aérea tampouco tem cessado de aumentar.

Também pressiona o meio ambiente, além da poluição, a ameaça de extinção de recursos naturais vitais, dentro de alguns anos, aliada a um crescimento demográfico crescente e a melhora da qualidade de vida em certas regiões do planeta. É o caso, por exemplo, das florestas tropicais e dos combustíveis fósseis. A continuar esse ritmo de consumo atual, os recursos naturais acumulados no curso de vários séculos serão exauridos em pouco tempo: 30 anos para o petróleo e cerca de 200 anos para o carvão, segundo alguns especialistas. Este processo será acompanhado pelo agravamento da poluição atmosférica, sonora, do solo e das águas, da desapareição maciça de espécies animais e vegetais, cujas consequências a longo prazo são em grande parte desconhecidas e de difícil previsão.

Como exemplo, no Quadro 1 observa-se um resumo dos principais poluentes, suas origens, abundância e efeitos na saúde, presentes em alguns grandes centros urbanos do planeta. Nele aparece em destaque a importante contribuição do tráfego automotivo para a formação do coquetel de poluentes hoje existente nas grandes metrópoles e da poluição sonora como um considerável fator desse coquetel.

Um outro exemplo da poluição urbana causada por metais, em sua maioria oriunda do tráfego automotivo, é apresentada Gráfico 1. As concentrações dos metais foram obtidas através da análise, por absorção atômica, de material particulado atmosférico colhido em um túnel de Paris. Além das elevadas concentrações de metais como chumbo, zinco, cádmio, cobre e manganês, uma análise mineralógica por meio da difração aos Raios X também mostrou a presença de grande quantidade de matéria orgânica e de compostos de ferro como a magnetita, a goetita, a hematita e de outros como mica, a kaolinita, a clorita e a calcita. Dessas partículas, 72% possuíam diâmetros inferiores a 5 micra, o que as classifica como partículas inaláveis, isto é, capazes de penetrar profundamente no sistema respiratório.

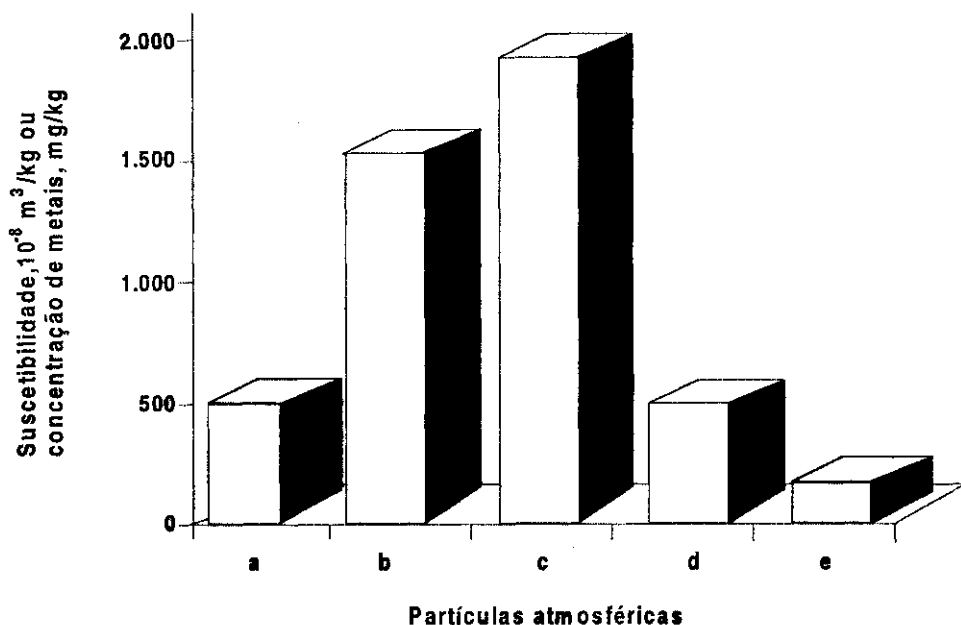
QUADRO 1 – Coquetel de Poluentes Urbanos

Poluentes	Origem	Efeitos	Abundância
Pb, Cd, Cu, Zn, Hg, Mn.	Veículos, metalúrgicas e galvanoplastia.	Atacam o sistema nervoso, causam perda de mobilidade e memória, destroem os glóbulos vermelhos, cumulativos.	Sim Diminuindo
Partículas pretas e brancas	Indústrias de cimento, minas, combustão de carvão e óleos.	Degradam as vias respiratórias, aumentam a incidência de doenças respiratórias crônicas e o risco de câncer.	Sim Diminuindo
Adeídos (formaldeído e acetaldeído)	Indústrias e produtos químicos, queima de combustíveis fósseis e de etanol.	Suspeito de causar câncer, presentes nas névoas ácidas.	Pouco Aumentando
Benzeno, Metano, Hidrocarbonetos SO₂	Produtos químicos, gás natural, petróleo, gasolina. Combustão de carvão, petróleo, metalúrgicas, veículos.	Câncer das vias respiratórias e digestivas, mutação. Asma e chuvas ácidas.	Pouco Aumentando Sim Diminuindo
NOx	Veículos, combustão de petróleo.	Problemas respiratórios, chuvas ácidas, formação de O ₃ em baixa altitude.	Sim Diminuindo
CO	Veículos, aciarias, combustão de petróleo e carvão.	Vertigens, dor de cabeça, ataca o sistema nervoso central.	Sim Aumentando
CO₂	Processos de combustão e biodegradação.	Efeitos indiretos na saúde humana, implicados no efeito estufa.	Sim Aumentando
Ozônio (baixa altitude)	Reação do O ₂ com os NOx e hidrocarbonetos sob a ação do sol.	Asma, irritação dos olhos e garganta.	Sim Aumentando
Asbesto	Material isolante, lonas de freios, telhas etc.	Cicatrizes no pulmão, cancerígeno.	Sim Diminuindo
Poluição sonora	Diversas: veículos, lazer, indústrias etc.	Perda gradativa da audição, incômodo, irritabilidade, fadiga, insônia, aumento da adrenalina no sangue, estresse, acidentes de trabalho, diminuição da capacidade de concentração.	Sim Aumentando

GRÁFICO 1 – Suscetibilidade* e concentração média de metais de material particulado atmosférico

(a) suscetibilidade; (b) chumbo; (c) zinco; (d) cádmio e cobre; (e) manganês.

Número de amostras: 10; metais: mg/kg, (massa da matéria seca)



Fonte: BRILHANTE & RESENDE (1995).

* Suscetibilidade magnética – tipo de análise magnética cujo resultado está associado à concentração total de metais presentes na amostra.

Outro grupo de poluentes também bastante comum no meio ambiente são os resíduos e produtos químicos.

Estima-se que a cada ano mais de mil novos produtos químicos são introduzidos na cadeia de produção industrial do planeta. Muitas dessas substâncias são tóxicas ou apresentam algum grau de risco. Para muitas delas, não dispomos ainda de suficientes conhecimentos sobre toxicidade, meios de prevenção ou de exposição.

No quadro seguinte apresenta-se pequena relação dessas substâncias facilmente encontradas no Brasil, juntamente com alguns dos efeitos causados à saúde.

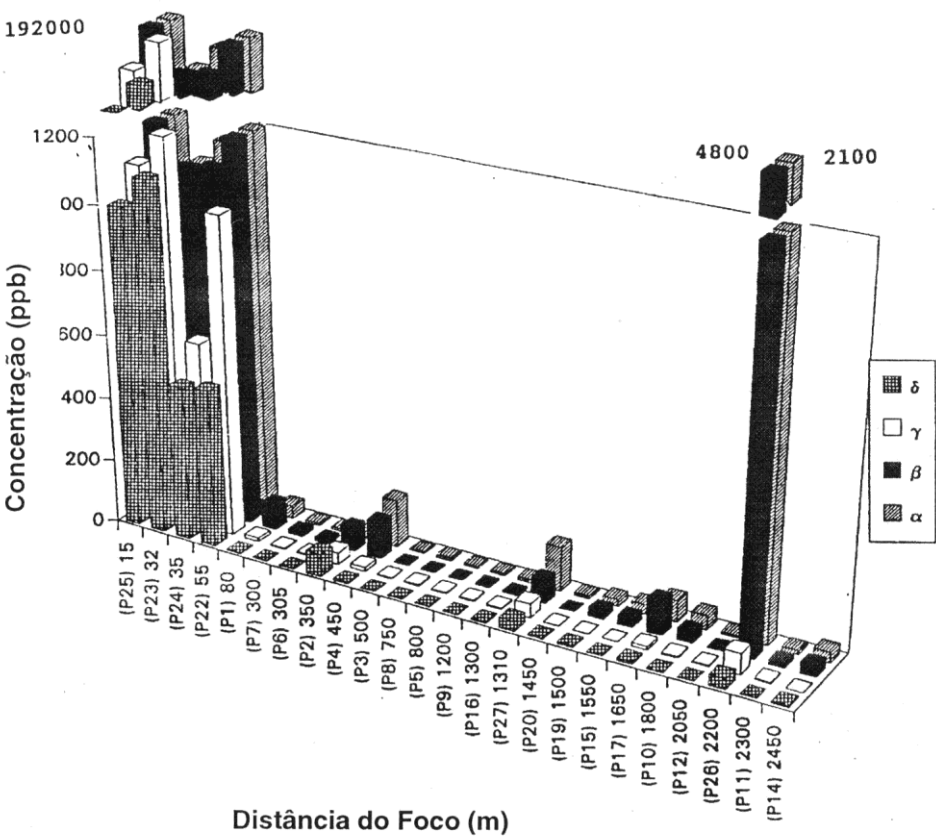
QUADRO 2 – Produtos químicos disponíveis no mercado e seus danos à saúde

Acrilato de metila	Solvente usado em indústria de tintas e vernizes. Tóxico quando em contato com a pele, causa toxidez aguda quando ingerido. É inflamável e emite fumaças tóxicas.
Bifenila policlorada (PCBs)	Conhecido também como óleo ascarel. Usado em transformadores, é classificado como cancerígeno. Pode causar irritação da pele, infecções hepáticas, neurológicas ou bronquites crônicas.
Hexaclorociclohexano (HCH)	Também chamado de pó de broca. Causa tonturas, dor de cabeça, irritação nos olhos, na pele e náuseas. Pode provocar cirrose e hepatite crônica. Usado como agrotóxico, foi utilizado no Brasil para o combate à malária.
Pentaclorofenato de sódio	Conhecido como pó da China. Conservante de madeira e violento herbicida e cupinicida. Quando inalado, provoca dor de cabeça, suor e febre. Em contato com a pele, causa queimaduras. Pode ser fatal.
Negro de fumo	É um resíduo típico de borracheiras. Pode provocar irritação nos olhos e nas vias respiratórias. Em exposição prolongada, causa antracose.
DDT	Pesticida clorado, usado no Brasil para o combate a pragas, hoje está proibido no País. Acumula-se nos tecidos gordurosos, resulta em danos aos nervos e causa a diminuição das células brancas do sangue.
TCDD	Dioxina, poderoso desfolhante. Extremamente tóxico na forma concentrada. Causa danos aos rins, fígado e ao sistema nervoso, teratogênico e possivelmente cancerígeno.

Milhares de sítios contaminados por diversos resíduos químicos são conhecidos hoje no mundo. No Brasil, diversos casos têm sido relatados. Entre os mais conhecidos está o da 'Cidade do Meninos', sítio localizado no município de Duque de Caxias, Estado do Rio de Janeiro, onde uma fábrica de HCH, pesticida organoclorado (Quadro 2), operou por alguns anos, sendo desativada em 1955, deixando parte de sua produção abandonada *in natura*, a céu aberto, nas suas proximidades. Com o passar do tempo, este pesticida foi espalhado pela chuva e a ação do vento, e até pela população, para ser comercializado como inseticida. Ao longo desse mesmo período, a população do sítio aumentou. Em 1994, aproximadamente mil pessoas ali viviam, incluídas as cerca de 300 crianças moradoras em um abrigo para menores carentes. Hortaliças diversas, fruteiras, vários tipos de animais, entre gado de corte, leiteiro e também centenas de pessoas ainda hoje estão presentes na área. Segundo Brilhante & Oliveira (1996), o solo superficial de uma área de 100 m de raio, medido a partir das ruínas da fábrica, chamada de foco, possuía concentrações dos isômeros de HCH da ordem de milhares de ppb, tendo alguns pontos amostrados atingido 192.000 ppb (Gráfico 2).

Pontos amostrados na estrada que atravessa o sítio e que, segundo moradores, teria sido aterrado com resíduos de HCH, também mostraram resultados da ordem de milhares de ppb (Gráfico 2). Concentrações elevadas de isômeros de HCH foram encontradas em 31 amostras de pessoas, sendo 17 femininas (12-59 anos) e 14 masculinos (5-69 anos) vivendo na área-foco em torno da fábrica. Altas concentrações de HCH também foram medidas nos pastos utilizados como alimento para o gado. Casos de intoxicações têm sido relatados e o perigo de contaminação indireta via cadeia alimentar constitui-se problema para a saúde humana e ambiental.

GRÁFICO 2 – Concentrações dos isômeros de HCH no solo *versus* distância do foco. ‘Cidade dos Meninos’, Duque de Caxias, Rio de Janeiro



FONTE: OLIVEIRA & BRILHANTE (1995).

MEIO AMBIENTE E CÂNCER

Muitos fatores são considerados capazes de aumentar o risco de câncer, como estilo de vida (fumo, álcool, dieta, comportamento reprodutivo) e fatores genéticos e hormonais. Os agentes ambientais também estão implicados e são, algumas vezes, relevantes em áreas e grupos populacionais especiais. Circunstâncias especiais como as encontradas em exposições ocupacionais, práticas locais ou outras condições podem aumentar o risco do aparecimento de certos tipos de câncer, como os de pele e os do trato respiratório e urinário.

Quando consideramos as possíveis implicações da exposição de agentes ambientais e o aparecimento de câncer, uma distinção importante precisa ser feita entre dois grupos importantes de agentes: os carcinógenos genotóxicos – aos quais não existe limite mínimo de exposição – e os não genotóxicos, onde evidências têm sugerido que abaixo de um determinado limite, o risco do surgimento de câncer não existe.

Três importantes grupos de agentes ambientais, com suas possíveis implicações no aparecimento de casos de câncer, são descritos a seguir:

• *RADIAÇÃO IONIZANTE*

Os efeitos na saúde da radiação ionizante têm sido um tópico de estudo há várias décadas. Incluem-se neste grupo as rochas contendo radônio e urânio, exposições ocupacionais, acidentes e testes nucleares.

Estas radiações são consideradas carcinógenos genotóxicos e, portanto, não existe limite de exposição mínima para a indução do aparecimento de casos de câncer.

Estudos realizados na Suécia indicam que 16% de todos os casos de câncer de pulmão na população sueca podem ser atribuídos à exposição ao radônio (Pershagens, 1993).

A exposição ocupacional é outra potencial fonte de risco. Entre as pessoas expostas estão os trabalhadores de minas, de indústrias nucleares, de equipamentos hospitalares e pesquisadores.

Acidentes nucleares estão também associados ao aparecimento de determinados tipos de câncer. A partir do acidente de Chernobyl, estudos de acompanhamento de saúde conduzidos em várias populações expostas aos radionuclídeos provenientes do reator sinistrado apontaram uma alta incidência de câncer da tireóide, em Belaurus, aparentemente devido à exposição a altas doses de radioiodine (Kazakov, 1992).

• *RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES*

A principal fonte de radiações não-ionizantes são os raios ultravioleta provenientes do sol (UVR) e de fontes artificiais, e os campos magnéticos, ambos de origem natural e artificial.

A incidência de formas comuns de câncer de pele está aumentando de 2% a 3% ao ano. O melanoma maligno, uma forma rara de câncer de pele, com uma taxa de fatalidade de 30% a 50%, tem crescido bastante nas últimas décadas. Isto está associado à diminuição da camada de ozônio, que deixa passar os componentes mais perigosos do UVR solar (WHO, 1994).

Até o presente momento não se pode afirmar com absoluta certeza que a exposição ambiental aos campos magnéticos com baixas frequências (ELF) causam efeitos biológicos adversos.

• QUÍMICOS

Ainda não se conhece com exatidão todo o potencial dos compostos químicos carcinogênicos. Assumido que não há limite mínimo de exposição para o aparecimento de câncer, a simples presença destes compostos no meio ambiente representa um risco potencial.

A atmosfera é um dos principais transportadores destes produtos químicos. A exposição a produtos provenientes da queima incompleta de combustíveis fósseis contendo carcinógenos humanos como os hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH) é relativamente comum. Em um estudo de caso-controle realizado em Cracóvia, Polônia, cerca de 4% dos casos de câncer de pulmão nos homens e 10% nas mulheres foram atribuídos ao fato de essas pessoas morarem em uma área com forte concentração de material particulado atmosférico (média anual de 150 microgramas por metro cúbico de ar) (Jedrychowski, 1990).

A inalação passiva de tabaco foi recentemente implicada como fator contribuinte para o aparecimento de câncer de pulmão entre os não-fumantes que moram ou trabalham com pessoas que fumam em excesso. O resultado de uma análise efetuada em 25 estudos epidemiológicos indicou um aumento do risco de 20% a 30% para os não-fumantes casados com fumantes (WHO, 1994).

A preocupação com o possível risco de contaminantes químicos na água potável está diretamente ligada a certos pesticidas halogenados orgânicos (como os tri e tetracloroetilenos) e compostos inorgânicos (como os de arsênico e nitrato).

Nos alimentos, os compostos químicos que podem apresentar risco de câncer englobam um certo número de pesticidas, compostos orgânicos (como as bifenilas policloradas, as dibenzo p-dioxinas policloradas e os dibenzofuranos policlorados); compostos inorgânicos (como os nitratos e alguns metais) e toxinas naturais (como as micotoxinas do grupo aflatoxin).

IMPACTO

CONCEITOS DE IMPACTO

Impacto é qualquer alteração favorável ou desfavorável, produzida por um produto, processo, ação ou atividade (Bolea & Estevan, 1984). Se esta alteração incide sobre o meio ambiente, chama-se impacto ambiental; se é sobre a saúde, chama-se impacto na saúde; se sobre a paisagem, chama-se impacto visual e assim por diante.

Para o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1986), impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Define-se, ainda, impacto de um projeto sobre o meio ambiente como a diferença entre a situação do meio ambiente futuro modificado, tal como resultaria depois de uma dada interferência, e a situação do meio ambiente futuro, tal como teria evoluído normalmente sem tal atuação.

TIPOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Os impactos ambientais podem ser de vários tipos. Podem ser diretos ou indiretos; produzir-se a curto ou a longo prazo; ser de curta ou longa duração; ser cumulativos; reversíveis ou não; ser inevitáveis; locais, regionais, continentais, globais; naturais e antropogênicos.

Um impacto ambiental direto ou primário é a alteração que sofre um atributo ou elemento ambiental devido à ação direta da natureza ou do homem sobre esse atributo.

Um impacto ambiental indireto ou secundário é a consequência de um impacto direto. Os impactos diretos são mais fáceis de se estimar, os indiretos, mais difíceis.

IMPACTO GLOBAL: EFEITO ESTUFA E DESTRUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

• *EFEITO ESTUFA*

As atividades humanas têm produzido, ao longo das últimas décadas, uma elevação da concentração de certos gases que dificultam a dissipação da radiação refletida pela Terra. Esses gases, como o gás carbônico (CO_2) e o metano (CH_4), os clorofluorcarbonos (CFCs), o óxido nitroso e o ozônio atmosférico podem perturbar o equilíbrio energético entre a Terra e a atmosfera, e por consequência o nosso sistema climático.

A indústria não é a única responsável por isso. Parece-nos que hoje mais da metade das fontes atuais de metano imputáveis às atividades humanas provêm das atividades agrícolas, como o cultivo de arroz (Lambert, 1992).

O clima da Terra varia naturalmente ao longo do tempo: ano após ano, no espaço de alguns milhares de anos ou sobre algumas centenas de milhares de anos. A humanidade, através de suas atividades industriais e agrícolas, tornou-se, gradativamente, um importante fator climático.

O desmatamento transforma radicalmente o conjunto da circulação atmosférica tropical, modificando assim o balanço hídrico e o regime das chuvas. Entretanto, o aumento da emissão dos gases com efeito estufa provocará, inelutavelmente, o aquecimento do planeta.

Qual será sua ordem de grandeza, sua distribuição geográfica, seu impacto e risco sobre os balanços hídricos regionais? Acerca disso, muitas incertezas e questões existem e precisam de respostas. Sabemos que no último século a temperatura da superfície do planeta aumentou em meio grau (Sadourny, 1992). Será isso um sinal do aquecimento anunciado? No momento não temos condições de responder, pois nenhuma prova existe, somente alguns indícios.

Como resultado dessas incertezas, de uma certa dose de hipocrisia e da falta de bom senso, 159 países e centenas de lobistas reunidos em Kyioto, no Japão, em dezembro de 1997, só conseguiram aprovar uma redução mínima dos gases responsáveis pelo efeito estufa: os EUA se comprometeram a reduzir suas emissões em 7% até o ano 2012, a Europa em 8%, enquanto os demais países em desenvolvimento – cerca de 136 –, não se comprometeram com nenhuma redução (*The Economist*, 1997).

• *DESTRUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO*

Há dois milhões de anos, o oxigênio (O_2) apareceu na atmosfera terrestre. Entre 20 e 30 km de altitude, em plena estratosfera, as radiações solares agem diretamente sobre ele, transformando-o em ozônio (O_3). Estas novas moléculas envolvem o planeta e o protegem contra os ataques do sol, absorvendo os raios ultravioleta.

Hoje sabemos que os clorofluorcarbonos, particularmente o CFC11 ($CFCl_3$) e o CFC12 (CF_2Cl_2) são os maiores responsáveis pela destruição da camada de ozônio.

Sintetizados pela primeira vez em 1930, os CFCs foram considerados produtos estáveis por muito tempo, aparentemente inertes e inofensivos. Providos de múltiplas propriedades, têm diversas utilizações como líquido refrigerante e propulsor de aerossóis.

A partir dos anos 70, pesquisadores mostraram que, em altitude, sob o efeito das radiações solares, os CFCs tornaram-se grandes destruidores de ozônio. Trabalhos científicos mostraram que cada molécula de CFC, antes de ser inativada, pode destruir mais de mil moléculas de ozônio (*Science & Vie*, 1991).

Na estratosfera, o ozônio é formado inicialmente quando uma molécula de oxigênio (O_2) absorve radiações de ondas curtas, quebrando esta mesma molécula em dois átomos de oxigênio; cada átomo de oxigênio, por sua vez, se combina com outra molécula de oxigênio, formando assim o ozônio. Normalmente, as reações fotoquímicas são catalisadas pelos

Nox, que removem o ozônio na mesma taxa em que os mesmos são formados. O ciclo catalítico do cloro, hoje aumentando rapidamente na atmosfera, perturba esse equilíbrio natural, provocando a diminuição da concentração de ozônio.

Atualmente a maior perda de ozônio tem se verificado sobre a camada que cobre a Antártida, notadamente durante a primavera austral. Perdas têm sido medidas também sobre a camada do Ártico e dos grandes centros urbanos, inclusive a do Rio de Janeiro.

Essa diminuição de ozônio aumenta a incidência dos raios ultravioleta, responsáveis por diversos tipos de câncer de pele, lesões oculares e enfraquecimento do sistema imunológico dos seres humanos. Ameaçam como um todo a saúde ambiental do planeta. Destruindo os vegetais verdes, precursores da vida sobre a Terra, esses raios terminarão por eliminar todas as espécies evoluídas.

Recentemente, a Organização Mundial da Saúde indicou estar havendo um aumento da incidência de câncer comum de pele na ordem de 2% a 3% ao ano. Na Inglaterra, a incidência do melanoma, um raro tipo de câncer, com fatalidade de 30% a 50%, aumentou em 50% entre 1980 e 1986 (WHO, 1994).

IMPACTO CONTINENTAL: CHUVAS ÁCIDAS

A água da chuva nunca teve a pureza que o senso comum lhe atribui, mas o fato é que ela vem se tornando cada vez mais impura. A impureza natural consiste, sobretudo, na presença de sais marinhos. Mas os gases e fuligens que resultam das atividades antropogênicas interferem no processo de formação das nuvens, acidificando as chuvas. A queima de florestas também contribui para o fenômeno.

A precipitação das chuvas ácidas ou químicas em algumas regiões do planeta é uma das consequências da poluição atmosférica, principalmente devido à interferência humana nos ciclos da biosfera. Uma chuva é considerada ácida quando o seu pH é inferior a 5,6. Uma vez precipitada no meio ambiente, atacam as florestas, matam os lagos, corroem monumentos e alteram a saúde do homem e dos ecossistemas.

Os principais gases envolvidos nos processos são os óxidos de enxofre (SO_x) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), ambos provenientes principalmente da queima de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo e do carvão.

Estes óxidos, quando na presença da radiação solar e de catalisadores, formam, na atmosfera, os ácidos sulfúrico e nítrico, respectivamente. Ácido clorídrico e outros ácidos orgânicos são também formados. Entre os catalisadores, os metais e os hidrocarbonetos são essenciais ao processo.

IMPACTO LOCAL: NÉVOA ÁCIDA (SMOG)

Queimar vegetação, prática comum nos trópicos, emite partículas e vários gases, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), hidrocarbonetos, óxido nítrico (NO) e dióxido de

nitrogênio (NO_2). Esta e outras atividades humanas, tais como a queima de combustíveis fósseis, são em grande parte responsáveis pelo dramático aumento das concentrações desses gases na atmosfera, acarretando grandes perturbações, como o *smog* fotoquímico nos grandes centros urbanos.

O termo *smog* se refere a uma indesejável mistura de gases formados na baixa troposfera pela ação da luz solar sobre os poluentes de origem humana, especialmente os óxidos de nitrogênio (NO_x) e hidrocarbonetos provenientes dos canos de escape dos veículos, produzindo gases reativos que podem ser nocivos aos organismos vivos.

O ozônio é o principal composto produzido no *smog* fotoquímico e o principal responsável pela irritação dos olhos, problemas respiratórios, danos nas plantas e culturas vegetais e pela diminuição da vida útil dos pneus dos carros.

A intensidade do *smog* é geralmente medida pela concentração de ozônio presente ao nível do solo. No caso do *smog* fotoquímico, este está começando a aparecer também nos trópicos e subtropicais, particularmente pela queima periódica de florestas e savanas (Graedel & Crutzen, 1989). Tais práticas emitem grandes quantidades de precursores do *smog*.

DIFERENÇAS ENTRE IMPACTO E RISCO AMBIENTAL

O efeito de um impacto pode ser positivo ou negativo. Já o efeito de um risco é sempre negativo, adverso.

Os estudos de risco incluem sempre o conceito de probabilidade; os de impacto, não necessariamente.

RISCO

CONCEITOS DE RISCO

São vários os conceitos, mas um ponto comum entre eles é a inclusão da noção de probabilidade. Para Conway (1982), risco é definido como a medida da probabilidade e da severidade de efeitos adversos; Inhaber (1982) o define como a probabilidade de ocorrer acidentes e doenças, resultando em ferimentos ou mortes.

O SIGNIFICADO DO RISCO

O grau do risco é função do efeito adverso que pode resultar de uma ação particular. Entre os diferentes tipos de risco existentes, podemos citar o econômico, o de vida e saúde e o risco ambiental.

Risco não é sinônimo de perigo. Descer uma escada, por exemplo, representa um risco real de acidente. De fato, essa é uma das causas mais comuns de acidentes ocorridos em residências. Mas seria um tanto exagerado chamar esse ato de perigoso.

Em nosso dia-a-dia estamos sempre expostos a riscos de acidentes. Se dirigirmos um carro, este pode abalroar ou ser abalroado. Se escolhermos andar em uma calçada, podemos ser atropelados, e se permanecermos em casa e acendermos o fogão a gás, há possibilidade de um incêndio.

A medicina tem tentado, com algum sucesso, reduzir o risco – sem contanto tê-lo eliminado – de contrairmos doenças sérias. As pessoas ainda morrem de pneumonia, de Aids e por envenenamento, por exemplo.

RISCO *VERSUS* BENEFÍCIO

Como é impossível eliminar o risco, o melhor a fazer é tentar estabelecer uma comparação entre o risco e os benefícios. Um número muito maior de pessoas morreria de frio se o governo banisse o uso de aquecedores a gás, por causa do risco de incêndios ou explosões. Nesse caso, o benefício ultrapassa o risco largamente e a decisão, desse modo, torna-se mais fácil.

Em relação ao uso da energia nuclear, torna-se mais difícil decidir. Entre os benefícios oriundos desse processo, comparado à geração de eletricidade pela queima de combustíveis fósseis, podemos citar: menor produção de poluentes precursores das chuvas ácidas e a ausência de mortes de trabalhadores nas minas de exploração de carvão. Contudo, o processo nuclear não é isento de riscos. Emissão de poluição ou emissões catastróficas de radiações, no caso de grandes acidentes e mortes de trabalhadores nas minas de urânio, podem acontecer.

COMO EXPRESSAR O RISCO MATEMATICAMENTE

O uso de métodos de análises matemáticas do risco fornece subsídios objetivos e racionais para auxiliar na tomada de decisão.

Uma maneira de expressar o risco matematicamente é por intermédio do uso da probabilidade. Esta está sempre entre os números zero e 1. Um evento impossível de acontecer tem probabilidade igual a zero, ao passo que um evento certo de acontecer tem probabilidade igual a 1. Todos os outros casos se situam entre esses dois números.

Probabilidade é a proporção dos casos nos quais um evento ocorre. Por exemplo, a probabilidade de você jogar um dado ao azar e obter um seis é de uma em seis. Podemos escrever essa probabilidade como $1/6$ ou $0,167$.

De acordo com Stewart (1990), a probabilidade de acontecer uma catástrofe numa usina nuclear – um acidente como o de Chernobyl, por exemplo – é de um em cada 10 mil

anos, o que parece uma estatística bastante segura. Porém, se prestarmos mais atenção, o resultado é bem diferente. O que esse número significa é que para cada reator nuclear, a probabilidade de que ocorra uma catástrofe em qualquer ano considerado é de um em 10 mil, ou ainda, de 0,0001 por ano. No caso da Inglaterra, por exemplo, existem cerca de 40 usinas nucleares funcionando. Portanto, a probabilidade de uma catástrofe ocorrer em pelo menos uma dessas usinas, em um ano considerado, é a soma das 40 probabilidades, ou seja, 0,004. A probabilidade de acontecer pelo menos uma catástrofe com essas usinas em um período de 25 anos é 0.1, ou seja, $25 \times 0,004$. Isto é, as chances são de uma em 10. Esse resultado não parece tão confiável quanto o de um em 10 mil anos. Entretanto, esta é somente uma entre as várias maneiras diferentes de se dizer a mesma coisa.

COMO CALCULAR O RISCO

Diariamente, aviões comerciais realizam um grande número de vôos: todo ano alguns caem. Podemos estimar a probabilidade de uma queda dividindo o número destas pelo número total de vôos. Quanto mais freqüente um evento ocorre, mais exato pode ser a estimativa da sua probabilidade. No caso de um evento raro, a estimativa é bem mais difícil. Por exemplo, qual seria a probabilidade de um grande terremoto acontecer no Rio de Janeiro?

Ninguém jamais mediu ou presenciou tal coisa; nessas condições, podemos estimar em zero a probabilidade de sua ocorrência. Mas isso pode ser apenas uma subestimativa. Ainda que os terremotos sejam mais raros no Rio de Janeiro do que por exemplo no Japão ou na Califórnia, não se pode descartar a hipótese de que eles possam acontecer. Portanto, a probabilidade de um grande terremoto ocorrer no Rio de Janeiro é muito baixa. Dizer de quanto ela é, então, é extremamente difícil.

Fontes inesperadas de risco, como por exemplo os CFCs, apresentam um nível ainda maior de problemas para se conseguir chegar a um cálculo exato. Antes de os produtores colocarem no mercado os CFCs como aerossóis, investigaram os possíveis efeitos desses agentes químicos no meio ambiente, incluindo o possível dano à camada de ozônio. Por serem usualmente estáveis e, portanto, não poder reagir com o ozônio atmosférico, os pesquisadores os escolheram. Infelizmente, ninguém previu que os cristais de gelo presentes na camada superior da atmosfera poderiam torná-los reativos. Se uma análise de risco omite um importante dano, seja porque não houve suficiente imaginação para considerá-lo ou por insuficiência de dados, seu resultado será inexato. Também de grande importância é a maneira como os pesquisadores coletam os dados e como estes são analisados.

No caso dos desastres, por exemplo, raramente têm uma causa única. Risco envolve cadeias de causas e efeitos, nos quais séries de eventos individuais se combinam para produzir um desastre. Para se calcular o risco combinado, é importante estimar as probabilidades dos eventos individuais. Uma técnica amplamente utilizada nestes casos é a construção de uma árvore de falhas. Trata-se de um diagrama que mostra as possíveis cadeias de eventos que levam ao aparecimento de um dano.

Um simples exemplo é o pára-quedas, no qual, em cada *kit* de aparelhagem, existe um pára-quedas principal e um reserva. O salto será fatal se pelo menos um deles não se abrir. Nesse caso, a árvore de falhas é uma cadeia de duas ligações. Se a probabilidade de falha de um pára-quedas é de uma em mil para cada um deles, então a probabilidade total é de uma em um milhão.

CLASSIFICAÇÃO DO RISCO

- Risco ambiental – é o risco que ocorre no meio ambiente, seja ambiente interno – no caso de uma indústria, por exemplo – ou externo. O risco ambiental pode ser classificado de acordo com o tipo de atividade (explosão, descarga contínua); exposição (instantânea, crônica); probabilidade de ocorrência; severidade, reversibilidade, visibilidade, duração e a ubiquidade de seus efeitos (Sors, 1982). No contexto da gestão governamental, o risco ambiental pode ser também classificado como: saúde pública, recursos naturais, desastres naturais, e introdução de novos produtos.

Para a Organização das Nações Unidas para a Proteção Ambiental (United Nations Environmental Protection – UNEP), o risco pode ser classificado como:

- Risco direto – probabilidade de que um determinado evento ocorra, multiplicada pelos danos causados por seus efeitos.
- Risco de acidentes de grande porte (catástrofe) – caso especial de risco direto em que a probabilidade de ocorrência do evento é baixa, mas suas consequências são muito prejudiciais.
- Risco percebido pelo público – a percepção social do risco depende em grande parte de quem é responsável pela decisão sobre aceitá-lo ou não. A facilidade de compreensão e de aceitação do risco que se corre depende das informações fornecidas, dos dispositivos de segurança existentes, do retrospectivo da atividade e dos meios de informação.

Nas atividades industriais, podemos encontrar, ainda, dois tipos de riscos:

- Risco com características crônicas – aquele que apresenta uma ação contínua por longo período. Por exemplo, os efeitos sobre os recursos hídricos, a vegetação, o solo e a saúde.
- Risco agudo – decorrente de emissões de energia ou matéria em grandes concentrações, em um curto espaço de tempo.

- Riscos tecnológicos ambientais (RTAs) – todos os problemas relativos aos contaminantes ambientais estão, de uma maneira ou de outra, associados ao crescente processo de industrialização verificado desde o final do século passado, em que ao lado do incremento da pesquisa, do desenvolvimento e da difusão de novas tecnologias, os processos de produção e seus produtos têm contribuído para pôr em perigo ou causar prejuízos à saúde do homem e dos ecossistemas. Esses contaminantes ambientais são, na atualidade, denominados de riscos tecnológicos ambientais e classificam-se em dois grupos:
- Riscos tecnológicos – os decorrentes das atividades desenvolvidas pelo homem.
- Riscos naturais – os decorrentes de distúrbios da natureza.

É fundamental ressaltar que os riscos de caráter tecnológico podem ser controlados tanto na probabilidade de ocorrência quanto nas consequências. Já os riscos de caráter natural, em geral, somente podem ser controlados no que se refere a suas consequências (Awazu, 1990).

ACEITAÇÃO DO RISCO

Alguém, em determinado momento, deve decidir se um risco é aceitável ou não. Mas o que é um risco aceitável? Uma resposta ruim para esta indagação seria: um risco é aceitável se conseguirmos um benefício, enquanto outros sofrerão os efeitos. Estocar resíduos perigosos é ótimo, desde que seja mantido longe de mim. Um medicamento é ‘seguro’ se posso obter lucros por meio de sua venda e outras pessoas correm risco pelo seu uso.

Uma resposta melhor para este problema seria a de assumir que os benefícios deveriam suplantam os riscos para a maioria das pessoas que estivessem envolvidas. Muitos pensam que a conveniência de dirigir um carro supera o risco de se envolver em um sério acidente. Os que praticam esportes perigosos como corrida de carros, consideram que o prazer suplanta o risco – ou talvez subestimem o risco que correm.

A maneira como as pessoas reagem ao risco nem sempre reflete sua probabilidade. Por exemplo, a probabilidade de morrermos vitimados por um ataque terrorista em um avião é pequena, se comparada com a probabilidade de morrermos em um acidente de ônibus que faz o trajeto até o aeroporto. A maioria dos viajantes, contudo, está mais preocupada com o possível ataque terrorista (Stewart, 1990).

A matemática tampouco responde a essa questão. Pode, sim, nos dar uma boa idéia dos perigos envolvidos em alguma atividade e, ainda, nos fornecer importantes subsídios para debate. O simples fato de que a matemática produz pequenas probabilidades de risco não significa que este seja imediatamente ‘aceitável’.

Por exemplo, a fibra de asbesto pode causar uma doença fatal do pulmão. A probabilidade de contrairmos tal doença é bem pequena, no entanto, isto não significa que devamos

continuar usando asbesto em vários produtos do nosso cotidiano, como telhas, freios etc. Em todo caso, o muito pequeno nem sempre é tão pequeno quanto parece. Em uma população de 40 milhões, uma doença com uma probabilidade anual de morte de um em um milhão matará 40 pessoas por ano. Novamente devemos usar nosso senso comum de julgamento: os números, por si só, não podem tomar decisões por nós.

Outro problema com alguns métodos de Avaliação de Risco são as inexatidões dos dados, que podem provocar erros bastante expressivos. A análise sensitiva é um método existente para calcular esses erros.

Finalmente, a maneira como os seres humanos reagem ao risco é influenciada também pelos fatores psicológicos. Trabalhadores de profissões perigosas quase sempre falham em tomar precauções. Estão tão acostumados ao perigo que passam a ignorá-lo. Mesmo se tomarmos precauções, estas nem sempre são benéficas como pensamos. Uma teoria conhecida como hipótese da compensação do risco afirma que as precauções com a segurança podem levar ao aumento da exposição ao risco (Stewart, 1990).

GESTÃO E AVALIAÇÃO DA SAÚDE AMBIENTAL

HISTÓRICO E CONCEITOS

Os problemas ambientais modernos são marcados pela diversidade, magnitude e complexidade, envolvendo aspectos políticos, sociais, de saúde e econômicos de grande relevância. Recebendo ampla cobertura dos meios de comunicação, esses problemas projetaram-se no centro das preocupações públicas, tornando-se símbolo de uma nova cultura e inscrevendo-se na agenda política mundial.

O gerenciamento de tais problemas era até recentemente voltado para o meio ambiente local ou regional, restringindo-se quase sempre ao espaço das fronteiras nacionais. O aparecimento de impactos de abrangências continentais e globais, como as chuvas ácidas e o efeito estufa, aliado a um rápido processo de globalização da economia e da informação, mostraram a necessidade de se expandir o gerenciamento ambiental em nível planetário. Um exemplo dessa nova estratégia são as convenções mundiais como a do clima, a da biodiversidade e o protocolo de Montreal sobre a camada de ozônio.

O conceito moderno de gerenciamento ambiental não se limita somente às questões relativas à organização, mas incorpora também instrumentos de mercados e conhecimentos de diversas ciências como economia, engenharia, ecologia, meio ambiente, saúde, sociologia, segurança etc. Essa nova concepção de gestão multidisciplinar, na qual se reconhece que a saúde do homem e dos ecossistemas está na dependência dos fatores econômicos, sociais e ambientais, é chamada aqui de gerenciamento da saúde ambiental. Dentro dessa visão, fala-se, por exemplo, em saúde ambiental interna, relacionada à saúde do meio ambiente das indústrias/empresas, de ecossistemas industriais, isto é, da produção industrial baseada no funcionamento dos ecossistemas, ou ainda, da gestão de acidentes (desastres) e das políticas de desenvolvimento.

A preocupação com o meio ambiente do planeta é recente. Só começou a tomar forma internacional a partir de 1972, quando aconteceu, em Estocolmo, Suécia, a 1ª Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente.

Anos depois foi formada uma comissão internacional encarregada de estudar e propor políticas para conciliar o meio ambiente com o desenvolvimento econômico. Tal comissão publicou, em 1987, um documento conhecido como Relatório Brundtland, que estabeleceu, pela primeira vez, uma correlação entre meio ambiente e crescimento econômico, também chamado de crescimento sustentável. Essa nova abordagem da questão ambiental foi referendada durante a 2ª Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente, realizada na cidade do Rio de Janeiro, em 1992. Neste evento as questões de saúde, segurança e desenvolvimento social e econômico foram definitivamente incorporadas ao conceito clássico da gestão ambiental, hoje chamada de gestão da saúde ambiental. Um dos pontos centrais do gerenciamento da saúde ambiental, em nível macro ou micro, é o estabelecimento de uma política de saúde ambiental.

POLÍTICA DE SAÚDE AMBIENTAL

O princípio do crescimento sustentável está hoje presente em todas as políticas ambientais, desde os níveis locais até o nível global. Pensar globalmente e agir localmente é um objetivo a ser perseguido.

A implantação de um programa de gestão da saúde ambiental, seja no nível micro ou macro, exige a definição prévia de uma política de saúde ambiental. Considerando-se devidamente os problemas e características políticas, sociais, econômicas e administrativas de cada país, pode-se dizer que é desejável que a política de saúde ambiental de qualquer nação parta de uma estruturação legal e institucional originada no poder federal ou central, com um caráter normativo. A definição de objetivos e metas a serem atingidos em termos nacionais, assim como a fixação das prioridades e condições necessárias para a participação de fundos financeiros nacionais ou internacionais nesses programas, deve estar claramente anunciados. Além disso, as legislações nacionais devem ser adaptadas constantemente aos princípios das convenções internacionais.

O conceito moderno de política ambiental (saúde ambiental) afirma que esta deve anunciar claramente os objetivos a serem perseguidos, o horizonte de tempo necessário para executá-los e os instrumentos para sua efetivação.

A maioria dos países desenvolvidos, notadamente os da Europa, como Holanda e Alemanha, possuem políticas ambientais claramente definidas, nas quais o princípio do desenvolvimento sustentável está consubstanciado através dos seguintes postulados:

- gestão integrada das cadeias de produção, centrada em um ciclo o mais hermético possível do material, criando um circuito fechado desde a matéria-prima até o resíduo, diminuindo as emissões, os despejos e a perda de matéria-prima;

- utilização racional da energia, centrada sobre uma diminuição do consumo de combustíveis fósseis e um rápido aumento do uso de energias alternativas duráveis como o sol, o vento e a água;
- melhora da qualidade das matérias primas e dos produtos, para aumentar o tempo do ciclo de vida e assim reduzir os problemas causados pelos rejeitos no meio ambiente.

HOLANDA: UM EXEMPLO DE POLÍTICA DE SAÚDE AMBIENTAL

A Holanda tem, hoje, uma das políticas ambientais mais avançadas do planeta. É a que mais se aproxima do conceito de saúde ambiental proposto neste livro. Sua política ambiental é aprovada pelo parlamento e os horizontes de tempo para obtenção dos resultados esperados são claramente definidos. Apresentamos, a seguir, um resumo dessa política.

Seu objetivo é resolver os problemas de saúde ambiental, em princípio no prazo de uma geração, inspirando-se no conceito do crescimento durável. É fato aceito que este objetivo não será atingido para todos os tipos de poluições existentes, pois enquanto uma parte das consequências dos danos se fará sentir dentro de algumas dezenas de anos, outra necessitará de muito mais tempo. Cientes destes problemas, os responsáveis optaram por um prazo intermediário, entre 20 e 25 anos, para controlar a situação ambiental e evitar sua continuada deterioração.

Três características norteiam essa política:

- uma dupla abordagem em nível dos efeitos e em nível das fontes de poluição, com uma clara preferência por esta última;
- uma que visa a responsabilizar os grupos-alvo pela proteção do meio ambiente. As empresas e os cidadãos devem assumir suas responsabilidades modificando comportamentos. Esta abordagem é justificada pelo princípio segundo o qual as leis e as medidas de proteção ambiental só podem ser eficientes se a sua necessidade ou seu valor é percebido;
- a terceira característica visa à integração externa, a saber, a integração da dimensão ambiental com as outras políticas do poder público como agricultura, transporte, saúde, indústria, energia, educação, construção etc.

De acordo com o Plano Nacional do Meio Ambiente (National Milieu Policy – NMP), aprovado por aquele parlamento em 1985, espera-se alcançar os seguintes resultados até o ano 2010: redução das substâncias acidificantes de 60% a 80%; a produção total de resíduos deve diminuir em 10%, e 55% dos resíduos produzidos devem ser reciclados. Os fabricantes serão os responsáveis pelos resíduos de sua produção, o que implica que os mesmos deverão recuperar os produtos após sua utilização, para

então reciclá-los. A utilização de pesticidas deverá ser reduzida à metade até o ano 2000. Para resolver o problema de excesso de produção de rejeitos de animais, seria preciso que, em 1994, se tivesse tido a possibilidade de dar tratamento adequado a seis milhões de toneladas, caso contrário, necessitar-se-ia reduzir-se o número total de animais no país. O crescimento da circulação automotiva deverá ser diminuído à metade, o que envolverá uma diferente utilização dos veículos, aumentando-se o uso do transporte em comum. Para lutar contra as mudanças climáticas, os rejeitos de dióxido de carbono deverão ser estabilizados nos níveis medidos em 1994. A utilização dos CFCs foi praticamente encerrada em 1995 (Ministerie van Volkshuisvesting, 1992).

GESTÃO DA SAÚDE AMBIENTAL INTERNA (INDÚSTRIA)

Pensar globalmente e agir localmente é hoje uma filosofia que está se expandindo rapidamente. Neste sentido, o gerenciamento ambiental interno, ou seja, da indústria, tem se desenvolvido intensamente. Dentro desta perspectiva, surgiu então o conceito da proteção do meio ambiente industrial, abrangida pelo princípio da qualidade total, que requer, ao lado dos objetivos quantitativos de produção, a consideração de metas para diversas outras variáveis, como eficiência, custos, segurança e qualidade dos produtos.

Proteger o meio ambiente passou a ser objetivo comum e permanente de todos os setores da empresa, contemplado no quadro de objetivos múltiplos prioritários e traduzido em cuidados ambientais, de saúde e de segurança ao longo de todas as operações industriais, com reflexos nas matérias primas selecionadas, produtos, processos, instalações e práticas de trabalho.

Nos últimos anos foram tomadas várias iniciativas destinadas a estabelecer um padrão de gerenciamento ambiental aplicável por diferentes segmentos econômicos. Assim, a partir da norma Britânica BS7750, foi e ainda está se desenvolvendo a série ISO 14000, da International Standardization Organization, sediada em Genebra, que pretende estabelecer padrões para sistemas de gerenciamento ambiental (ISO 14001); auditoria ambiental (ISO 14010, 14011 e 14012); rotulagem ambiental (ISO 14020, 14021 e 14024); avaliação do ciclo de vida (ISO 14040) e aspectos ambientais em normas de produtos (ISO 14060). No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) é o responsável pela aplicação, credenciamento e certificação da série ISOs. Atualmente, só a ISO 14001 está sendo operacionalizada em nosso país.

É interessante ressaltar que a preocupação com o meio ambiente interno das indústrias decorreu do aumento da percepção dos riscos e impactos ambientais por parte dos consumidores, que passaram a preferir produtos gerados a partir de tecnologias menos agressoras ao meio ambiente.

SITUAÇÕES DE RISCO (ACIDENTES) E POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO

Sejam de origem natural ou antropogênica, os acidentes representam grande ameaça ao desenvolvimento sustentável. Recursos preciosos são perdidos em consequência do fato de que um desastre faz desaparecer os resultados dos investimentos.

Freqüentemente as atividades dedicadas ao desenvolvimento são bloqueadas por causa de um desastre que assola determinada região, exigindo a reestruturação de investimentos planejados a longo prazo.

Uma deficiente política de desenvolvimento costuma causar danos ao meio ambiente, que, por sua vez, pode provocar desastres de origem natural ou antropogênica, ou precipitar o surgimento deles.

Exemplos disso são as cidades superpovoadas que crescem às custas da destruição do meio ambiente, com bairros construídos nos leitos dos rios, o desflorestamento agravando as consequências das inundações e as avalanches de terra e lodo, ou os despejos não controlados que contaminam as águas.

Junto a isso, outros eventos recentes trouxeram à tona o assunto da prevenção, segurança e preparação das populações, em todos os países do mundo, para situações de risco. Tais situações são geradas tanto pelo homem como pela natureza. Como exemplo de eventos importantes de origem natural ocorrido há pouco tempo, podemos citar: o terremoto que abalou a Cidade do México em 1985, os deslizamentos de terra no Equador em 1987, a liberação de vapores tóxicos de um lago na República dos Camarões e a erupção do vulcão Pinatubo, nas Filipinas. Segundo o jornal *El País*, de Madri, em 1992 os desastres naturais foram responsáveis por mais de 150 mil mortos e desaparecidos – a imensa maioria na Ásia –, e cerca de 23 milhões de pessoas ficaram desabrigadas.

Dentre os eventos de origem antropogênica, os acidentes industriais incluem-se entre os que mais danos causaram à saúde ambiental e também os que mais perdas inaceitáveis de vidas e propriedades provocaram. Como exemplo, podemos destacar:

- a liberação de dioxina em Seveso, em 1976;
- a explosão de propano na Cidade do México, em 1984;
- a liberação de metil-isocianato em Bhopal, em 1984;
- o incêndio e a descarga de águas contaminadas no rio Reno, em 1986.

É universalmente reconhecido que todo acidente, qualquer que seja sua causa, ocasiona impactos ao meio ambiente.

A ciência não alcançou ainda o estágio de poder explicar, prever ou efetivamente prevenir todas as causas de acidentes naturais. Todavia, existe a necessidade de uma preparação para o efetivo atendimento a essas situações de emergência quando e onde ocorrerem. No entanto, especialistas em segurança industrial defendem a idéia de que todos os acidentes tecnológicos podem ser prevenidos, mas são suficientemente realistas para reconhecer que deve haver uma preparação de planos preventivos de atendimento para tais circunstâncias.

Enquanto a maioria dos acidentes industriais pode ser controlada dentro dos limites da fábrica, há casos onde o impacto se estende para além de suas fronteiras, afetando os

arredores da indústria e tendo conseqüências, a curto ou longo prazo, sobre a vida, propriedades, estrutura social e meio ambiente.

A extensão das perdas causadas por tais acidentes depende em grande parte das atitudes tomadas pelos primeiros interventores na situação de emergência dentro do complexo industrial e da comunidade ao seu redor. Com certeza, o atendimento adequado desses casos exige atitudes coordenadas de indivíduos e instituições da comunidade local. Isso só poderá ser conseguido se esses moradores estiverem conscientizados dos possíveis riscos e da necessidade de preparo mútuo para enfrentar as conseqüências.

Aumentar o conhecimento da comunidade sobre possíveis riscos na área e desenvolver, com base nessa informação, planos de atendimento em situações de emergência, são as propostas fundamentais contidas no *Manual de Alerta e Preparação de Comunidades para Emergências Locais* (APELL, 1990), preparado pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (United Nation Environmental Protection – UNEP), sobre o processo de atendimento a acidentes tecnológicos.

Com relação à localização dos empreendimentos industriais, foi desenvolvido, após o acidente de Seveso, a diretiva que leva o mesmo nome, a qual classifica os empreendimentos quanto a seu grau de risco e quanto aos efeitos quando de emissões acidentais.

No Brasil, esta diretiva foi adaptada às condições nacionais pela Companhia de Engenharia e Tecnologia de São Paulo (CETESB) e chama-se CATBRÁS (Awazu, 1990). É conhecida como a diretiva dos critérios de identificação e classificação do potencial de risco de acidentes ambientais das atividades industriais. Permite ao administrador público conhecer o grau de risco de uma indústria, em três níveis: alto, médio e baixo, facilitando assim a prioridade de ações de controle e o gerenciamento dos riscos.

INSTRUMENTOS DE POLÍTICA DE SAÚDE AMBIENTAL

Uma política de saúde ambiental requer instrumentos claros e eficazes. Vários são os instrumentos existentes:

- uma clara legislação ambiental e de saúde;
- caracterização e valoração ambiental;
- instrumentos de mercado;
- processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA);
- processo de Avaliação de Risco Ambiental (ARA);
- uso e ocupação do solo;
- manejo de recursos ambientais;

- planos de recuperação de áreas degradadas;
- educação ambiental.

A estrutura de política de saúde ambiental é ainda complementada pelas provisões para execução legal e multas para a proteção do meio ambiente. É também guiada pelo princípio da ação precatória, princípio do poluidor pagador e princípio da cooperação.

Um importante mecanismo de ação precatória de uma política ambiental diz respeito às ordens legais e às proibições formuladas por meio de leis administrativas. Há, contudo, um limite na efetividade dessas leis administrativas. Por exemplo, diretrizes e proibições não propiciam aos poluidores incentivo algum para manter a degradação ambiental, em níveis mínimos, usando conhecimentos científicos e progresso técnico. É essencial aumentar-se o uso de instrumentos que reforcem no poluidor o seu senso de responsabilidade, promovam seu próprio interesse na proteção ambiental e incorpore instrumentos de mercado, como por exemplo, os *trade permits* (negociação de quotas de poluição).

Dos instrumentos de política de saúde ambiental citados, somente os processos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e os processos de Avaliação de Risco Ambiental (ARA) serão discutidos aqui.

AVALIAÇÃO DE IMPACTO

HISTÓRICO

Ao final da década de 60, nos países industrializados e também em alguns em desenvolvimento, o crescimento da conscientização do público, paralelamente a uma rápida degradação do meio ambiente e da saúde, levou a população a começar a se organizar, a reivindicar uma melhor qualidade ambiental e a exigir que os fatores ambientais fossem expressamente considerados pelos governos na aprovação de programas de investimento e em projetos de grande envergadura. Os métodos tradicionais de avaliação de projetos, baseados somente em critérios econômicos, mostraram-se inadequados para a tomada de decisão.

Na busca de meios que promovessem a incorporação dos fatores ambientais para essa tomada de decisão e também para a formulação de políticas especiais, surgiu uma série de mecanismos para a execução dessas políticas. Assim, procederam-se reformas administrativas e institucionais, criando-se incentivos econômicos para o controle da poluição; implantaram-se sistemas de gestão ambiental, abrindo-se os canais para que os cidadãos pudessem participar nas decisões.

Dos instrumentos gerados, os processos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), consubstanciado por meio do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), e de Avaliação de Risco Ambiental (ARA) foram desenvolvidos e rapidamente adaptados a diferentes esquemas institucionais.

OBJETO E COMPLEXIDADE DOS ESTUDOS DE IMPACTO

A degradação ambiental causada por uma ação ou atividade humana, como por exemplo os poluentes, introduz no meio ambiente substâncias ou energia passíveis de causar danos à saúde humana, aos recursos biológicos e sistemas ecológicos, ao patrimônio estético cultural e ao uso futuro dos recursos naturais.

Após sua emissão por uma fonte qualquer, os poluentes percorrem diversos caminhos, em sua difusão no ambiente, até chegarem ao solo, ar e/ou água. Seu nível de concentração em cada ponto do percurso dependerá de diversos fatores, como a taxa de emissão, as características de sua dispersão (em razão das propriedades do poluente e do meio) e a taxa de remoção do meio por agentes físicos, químicos e biológicos ao longo de todo o percurso. A interação entre um poluente e o meio receptor resulta em um efeito cuja natureza, escala e importância, bem como a sua variação ao longo de tempo, serão o objeto central dos estudos de avaliação de impacto e risco.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL (AIA) E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

O processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é definido como um conjunto de procedimentos realizados para identificar, prever e interpretar, assim como prevenir as consequências ou efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos podem causar à saúde, ao bem-estar humano e ao entorno.

Tais projetos podem ser nas áreas de: agricultura, recursos naturais (irrigação, reforestamento, desmatamento etc.), na indústria (refinarias de petróleo, cervejarias, químicas etc.) e em infra-estrutura (estradas, barragens, portos, casas etc.). Podem gerar efeitos ambientais adversos – como resultado da sua localização inapropriada – de projetos e construções inadequadas, pessoal desqualificado e baixo nível de manutenção e operação, além de mal uso dos recursos naturais. Impactos negativos podem modificar a qualidade do solo e da água (perda da biodiversidade, erosão etc.), a qualidade do ar (*smog*, diminuição da camada de ozônio, efeito estufa etc.), a paisagem, a saúde e o bem-estar humano.

O AIA consiste de vários componentes como: anúncio do projeto; primeira triagem; avaliação ambiental preliminar; Termo de Referência (Term of Reference – TOR); organização do projeto; EIA e RIMA (Relatório de Impacto Ambiental); monitoramento; avaliação e auditoria.

Como parte integrante do AIA, o EIA tem como principal objetivo o de propiciar subsídios para uma tomada de decisão. Propõe-se a identificar e descrever os impactos positivos e negativos oriundos dos projetos, além de sugerir medidas de proteção ambiental ou outros planos de gestão ambiental que incluam medidas de mitigação ou compensação para se reduzir os impactos negativos previstos e, ainda, indicar outras providências que permitam minorar os efeitos dos impactos. Uma sucinta descrição de cada componente do AIA é apresentada a seguir:

- Anúncio do projeto – notificação (anúncio) oficial, para todas as partes interessadas, da decisão de se realizar um projeto de desenvolvimento. Por exemplo, um sistema de transporte de carga para uma região, fontes alternativas de produção de energia elétrica etc...
- Primeira triagem – pode servir para identificar alternativas e seus impactos. Por exemplo a escolha entre o transporte de carga ferroviário e fluvial em detrimento do rodoviário. É também usado para se determinar quais projetos e/ou componentes destes, fora dos previamente propostos na fase de identificação, precisam de considerações ambientais extras.
- Avaliação ambiental preliminar – segunda fase da triagem para aqueles projetos ou componentes de projetos que apresentem desde o início uma clara indicação do potencial de impactos que requererão uma análise ambiental mais apurada. Esse estágio envolve identificação, descrição, predição e avaliação dos impactos ambientais potenciais.
- Escopo do projeto – inclui a preparação de todas as informações básicas sobre o projeto; notificação e envolvimento das partes interessadas (exceto o proponente/executor e a agência reguladora) e a coleta de opiniões sobre as diversas alternativas e seus impactos potenciais; preparação do Termo de Referência (Term of Reference – TOR) para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA).
- Organização – envolve a escolha do coordenador e do grupo responsável pelo estudo; identificação do tomador de decisão que deverá planejar, financiar e controlar o projeto; levantamento de toda a legislação e regulamentos que possam afetar as decisões sobre o projeto e determinar como e quando as comunicações sobre este serão efetuadas.

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)

Identifica e prediz os prováveis impactos do projeto, propõe medidas mitigadoras para impactos inaceitáveis e, conjuntamente com esta, sugere as alternativas para posterior tomada de decisão. Deve envolver também a participação do público, por meio das audiências públicas. Após analisado e revisado pelo órgão decisório, o projeto é aprovado sem ressalvas, ou aprovado mediante condições ou, ainda, rejeitado.

Um resumo do EIA escrito e apresentado em uma linguagem e forma simples, mostrando os principais pontos e conclusões, denomina-se RIMA e deve ser entregue junto com este.

Em um EIA, diversas técnicas podem ser utilizadas para avaliação dos impactos, como consultas a especialistas, *check-list*, matriz de Leopold, método Battelle, superposição de

mapas e modelos. Geralmente, um EIA é dividido nas seguintes etapas: descrição do sítio (sem o projeto); escolha e justificativas das variantes (alternativas); identificação dos impactos; avaliação dos impactos e proposição de medidas mitigadoras.

- Monitoramento – visa ao acompanhamento dos efeitos ambientais previsto no EIA para: analisar os impactos e comprovar a efetividade das medidas mitigadoras sugeridas; servir de alerta para o controle de impactos não previstos ou de intensidade maior que o esperado do projeto.
- Avaliação e auditoria – são normalmente executadas durante o período de operação do projeto, geralmente no meio ou no fim de sua vida útil. As lições aprendidas neste período de avaliação são importantes para se evitar erros em projetos futuros. No caso do aparecimento de um problema ambiental proeminente, uma auditoria ambiental pode ser solicitada; esta constitui-se de um estudo específico dentro do processo de avaliação.

INSERÇÃO DA COMPONENTE SAÚDE NOS EIAs DE PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO

O retrospecto do desenvolvimento dos estudos de impactos mostra que, nos anos 70, a maioria dos EIAs era realizada usando basicamente julgamentos baseados em análises de custo-benefício. No final da referida década e começo dos anos 80 a componente social passou a ser plenamente incorporada nesses estudos. Recentemente, a partir do final dos anos 80 e começo dos anos 90, diversos autores passaram a defender a inclusão dos estudos de saúde como parte integrante do EIA, conhecido em inglês como EHIA (Environmental Health Impact Assessment).

O objetivo do EIA é prever e avaliar os impactos provocados pelo desenvolvimento baseado nos parâmetros ambientais que tenham uma forte interferência na saúde dos ecossistemas e principalmente na saúde humana. No caso de projetos de desenvolvimento, por exemplo, os impactos negativos para a saúde do homem podem ser determinados por intermédio dos estudos de Avaliação de Impacto na Saúde (Health Impact Assessment – HIA). Tais estudos incorporam a identificação do perigo à saúde, definido como o potencial que tem o projeto de causar danos às pessoas. Nesses projetos, o conceito de risco à saúde é introduzido; é definido como a probabilidade de um efeito do projeto causar danos à saúde humana.

O HIA pode se tornar, em alguns casos, parte central de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Seu escopo é similar ao de um EIA, contudo, a ênfase é centrada na consideração dos perigos à saúde e nos fatores como a vulnerabilidade da comunidade, condições ambientais e condições do sistema de saúde existente. Um perigo para a saúde representa potencial para causar doença. Um risco para a saúde indica a probabilidade de que ela aconteça. Por exemplo, em Manila, nas Filipinas, a malária é um perigo para a

saúde, mas não um risco, porque não existe no local a espécie de mosquito capaz de transmitir a doença (Asian Development Bank, 1992). De acordo com o Banco Africano de Desenvolvimento, os perigos à saúde associados aos projetos de desenvolvimento são geralmente divididos em quatro principais categorias:

	Exemplos
• Doenças transmissíveis	Malária, diarreia, infecções respiratórias
• Doenças não-transmissíveis	Envenenamento, poluição, poeira
• Desnutrição	Redução na alimentação de subsistência
• Ferimentos	Acidentes de trânsito e ocupacional

O processo de avaliação de impacto na saúde ambiental, além de considerar a análise dos problemas de saúde em sua totalidade, deve classificar os perigos de acordo com a capacidade de aumentar ou diminuir a magnitude dos impactos resultantes das intervenções causadas pelos projetos de desenvolvimento.

GESTÃO, ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE RISCO NA SAÚDE AMBIENTAL

CONCEITOS DE GESTÃO E AVALIAÇÃO DE RISCO

Para Hallenbeck (1986), Gestão do Risco trata-se de um processo que inclui seleção e implementação da ação regulatória mais apropriada, tomando por base os resultados do processo de Avaliação de Risco, do controle tecnológico disponível, da análise de custo-benefício, do risco aceitável, do número aceitável de casos, da análise política e dos fatores sociais e políticos.

Importante instrumento de política ambiental, o processo de Avaliação de Risco (AR) começou a ser usado mais frequentemente a partir dos anos 80 e é empregado em uma gama muito variada de problemas. Seu campo de aplicação abrange desde os efeitos da poluição ambiental nos seres humanos e nos ecossistemas até as decisões financeiras. Os diferentes enfoques utilizados para se efetuar uma Avaliação de Risco vão desde o estudo de uma propriedade química, física ou biológica de um determinado material, ou atividade, até o cálculo numérico de índices e a apresentação de informações sobre probabilidades de ocorrência e consequências de eventos catastróficos.

A Avaliação de Risco é definida por Berger (1982) como a identificação do perigo, a localização de suas causas, a estimativa da extensão dos seus danos e a comparação destes com os benefícios. Para Canter (1989), a AR é um processo que inclui conjuntamente a análise do risco e a análise de segurança, em que a primeira é uma avaliação quantitativa das consequências das decisões, e a segunda, a avaliação do nível do risco aceitável para a sociedade.

Conway (1982) define Avaliação de Risco Ambiental (ARA) como o processo de avaliação conjunta de dados científicos, sociais, econômicos e de fatores políticos que precisam ser considerados para a tomada de decisão sobre por exemplo a proibição, o controle ou a gestão de produtos ou atividades no meio ambiente; a decisão final envolve a medição científica do risco e o julgamento social, no qual os benefícios dos produtos ou atividades são comparados ao risco.

HISTÓRICO E DESENVOLVIMENTO DOS PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO E GESTÃO DO RISCO

A Avaliação de Risco é uma caracterização sistêmica e científica do potencial adverso dos efeitos das exposições humanas a agentes ou a atividades perigosas. Nos Estados Unidos esse processo iniciou-se nos anos 70, como uma atividade estruturada pelas agências federais. Anos antes, a Conferência Governamental Americana de Higienistas Industriais instituiu vários limites mínimos de exposição para trabalhadores, e a Agência de Alimentos e Drogas (Food and Drug Agency – FDA) estabeleceu os primeiros valores de doses aceitáveis para ingestão de resíduos de pesticidas e aditivos usados em dietas alimentares. Em meados de 1970, a Agência Americana de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA), juntamente com a FDA, publicou os primeiros guias para se estimar os riscos associados com baixos níveis de exposição a químicos potencialmente carcinogênicos. Nesses guias foi proposto que ações regulamentadoras deveriam ser iniciadas quando existisse o risco do aparecimento de um caso extra de câncer, considerando o período de vida de uma pessoa, em uma população de 100 mil pessoas, para o EPA, ou de um milhão, para o FDA. Os riscos estimados abaixo desses limites são considerados negligenciáveis, uma vez que acrescentam individualmente muito pouco à taxa de 240 mil mortes por câncer para cada milhão de pessoas que morrem todos os anos nos EUA.

De 1977 a 1989, diversas organizações, entre as quais o EPA, a FDA, a Administração de Segurança e Saúde Ocupacional e outros, participaram ativamente de atividades visando consolidar os conhecimentos científicos e as responsabilidades legais e administrativas dos órgãos, trabalhando com a questão da Avaliação de Risco. Nesse mesmo período, o Comitê de Política de Ciência e Tecnologia da Casa Branca publicou um esquema para identificação de riscos potenciais, caracterização e Gestão do Risco.

Nesse esquema, a redução das emissões e das exposições foi amplamente enfatizada (Calkins et al., 1980), indicando claramente também que as informações necessárias ao primeiro estágio do estudo de Avaliação de Risco poderiam ser obtidas por meio de estudos epidemiológicos com trabalhadores e outras pessoas sujeitas a exposições potencialmente perigosas, a testes experimentais realizados com animais ou células em laboratórios, e da comparação das estruturas químicas. No segundo estágio, que envolve a medição da potência do agente químico (relação de dose-resposta), há a necessidade de se conhecer e entender detalhadamente as rotas de exposições e as causas relacionadas às variações ocorridas nas respostas das pessoas expostas. O risco deve ser caracterizado qualitativamente (natureza dos efeitos, força da evidência, e reversibilidade ou previsibilidade dos efeitos) e quantitativamente (probabilidade dos efeitos de várias espécies e severidades).

Até recentemente, porém, os procedimentos dos estudos de risco resultavam em uma abordagem fragmentada do risco, baseada em ações conflituosas que ignoravam a interdependência dos componentes ambientais, que enfatizavam as diferenças em vez das similaridades entre câncer e outros efeitos na saúde, e investigava os riscos associados com químicos individuais ao invés de misturas de químicos. Apesar de muitos anos de gerenciamento do risco ambiental e de acidentes, não existe até então um procedimento geral aceito e uniformemente aplicado.

Enquanto muitas decisões eficazes foram tomadas baseadas em estudos de gerenciamento de riscos, muitas outras deixaram insatisfeitos ou frustrados os proponentes e os interessados. Muitos destes têm reclamado que os estudos de risco precisam ser organizados de maneira que envolvam o estudos dos efeitos múltiplos das exposições e que o meio ambiente seja considerado como um sistema, não como uma fragmentada coleção de riscos individuais.

A integração efetiva da Gestão do Risco ao gerenciamento ambiental requer uma estrutura que engaje um grande leque de interessados e que estude a interdependência e os efeitos cumulativos dos vários problemas. Com esse intuito foi constituída em 1990, pelo Congresso norte-americano, uma Comissão de Gerenciamento e Avaliação de Risco encarregada de consolidar os diversos procedimentos existentes de Avaliação de Risco e de propor um nova estrutura de Gestão do Risco. O relatório foi recentemente publicado (*Commission on Risk Assessment and Risk Management*, 1996). Nele, a comissão propõe que o gerenciamento do risco tenha a capacidade de abordar conjuntamente os vários compartimentos, os contaminantes, as fontes de exposições e uma série de valores e percepções humanas. Deve ser suficientemente claro e compreensível, de modo que possa ser adotado e usado pelos gestores de risco em diferentes situações e que possa fornecer subsídios para tomada de decisões aceitáveis. Deve também ser flexível, para que o seu uso possa ser adaptado à importância da decisão a ser tomada.

Entre os principais objetivos dessa comissão encontra-se o de também ter formulado um procedimento de gerenciamento integrado de risco que fosse além do clássico controle ambiental baseado nas técnicas do *end-of-pipe*, e que incluísse os mecanismos que fossem capazes de proporcionar um desenvolvimento sustentável. Tal procedimento, obviamente, requer o seguinte: conhecimento e entendimento das interações existentes na saúde ambiental, na qualidade de vida humana, e também a compreensão dos processos pelos quais nossa sociedade cria mudanças a longo prazo, sejam estas benéficas ou adversas.

Um resumo dos procedimentos de gerenciamento integrado do risco, proposto pela comissão, é apresentado e comentado a seguir. Ele é dividido em seis partes, interligadas à colaboração do(s) proponente(s) (*stakeholder(s)*) ou interessados(s):

- **PRIMEIRA PARTE: PROBLEMA/CONTEXTO**

Qual a definição do problema, de seu contexto? Quem se responsabiliza por sua gestão? Quem são os interessados; ou: quem são os proponentes do estudo? Nesse primeiro momento, o problema existente ou potencial pode ser identificado utilizando-se, por exemplo, vários procedimentos: monitoramento ambiental; inventário das emissões; controle de

doenças e observações epidemiológicas; doenças inexplicáveis; maus odores; necessidade do estabelecimento de padrões nacionais para o controle de contaminantes no ar, água, solo ou alimentos; ou outro problema de interesse público.

O problema deveria ser examinado não somente num contexto compartimento-polvente, mas em um multicompartimental que envolva as relações sociais e de saúde. Relações potenciais entre os diferentes problemas devem ser identificados e considerados. Por exemplo, a degradação de um ecossistema aquático pode ser causada não somente por fontes pontuais de despejos de efluentes mas também por fontes difusas, como os poluentes provenientes do *run-off* urbano ou agrícola. Ele pode também ser afetado pelos distúrbios provocados por atividades de retirada de madeiras, construção de represas, desvio de rios, modificações dos lençóis subterrâneos, pesca em excesso, introdução de espécies exóticas etc. A deposição de poluentes oriundos da atmosfera como nitrogênio, chumbo, cádmio, cromo, mercúrio e radionuclídeos provavelmente também contribuem para o problema.

É necessário que os proponentes sejam intensamente envolvidos com a identificação e caracterização do problema e do seu contexto. Os gestores de risco podem ser pessoas ou instituições nos níveis federais, estaduais ou municipais, dependendo da composição do problema. Os objetivos do programa de Gestão do Risco deveriam ser definidos quando uma apreciação coletiva na caracterização do problema tiver sido alcançada.

Os contextos apropriados para um problema são como se fossem situacionais, porque, em alguns casos, um deles pode ser toda a saúde pública. Em outros, pode ser os demais riscos. Pode ainda, em outros casos mais, ser a relação de interdependência de diferentes problemas (como a degradação do ecossistema aquático descrito anteriormente).

• SEGUNDA PARTE: RISCOS

O segundo passo envolve a identificação do(s) risco(s) que o problema identificado pode causar para a saúde pública. Ele(s) pode(m) ser determinado(s) considerando-se a natureza, o comportamento e a severidade dos efeitos adversos para a saúde humana, o meio ambiente ou a qualidade de vida (como o bem-estar econômico ou os valores estéticos). Deveria(m) ser avaliados primariamente por cientistas e gestores de risco, com a ajuda dos interessados (proponentes), de modo que aqueles pertencentes à comunidade deveriam ser contatados nesta fase para ajudar a identificar os grupos sujeitos a maiores taxas de exposições. As evidências e os dados científicos do problema poderiam ser articulados e incorporados, juntamente com as percepções do caso, para a caracterização do risco para o humano e o meio ambiente. Considerações de ordem cultural e valores sociais, qualidade de vida e equidade ambiental deveriam também ser levadas em conta.

Os riscos para a saúde humana e para os ecossistemas deveriam ser tratados, ambos, qualitativamente e quantitativamente. A natureza dos efeitos adversos, suas severidades, suas reversibilidades ou previsões, e a possibilidade de efeitos múltiplos precisam ser

compreendidas antes que uma estimativa complexa da magnitude dos riscos e de suas incertezas sejam apresentadas. Os riscos cumulativos associados com o problema deveriam ser identificados sempre que possível. Os efeitos indiretos na saúde humana provocados a partir dos impactos no meio ambiente deveriam também ser considerados.

• *TERCEIRA PARTE: OPÇÕES*

Acerca do problema, o que pode e deve ser feito? Quais as consequências potenciais e os benefícios esperados pela intervenção? Existem outras maneiras para se reduzirem os efeitos similares na saúde dessa mesma população e/ou os efeitos ecológicos? Quais os custos estimados para cada opção? As diferentes maneiras de se abordar tais questões deveriam ser identificadas pelos interessados (proponentes), legisladores e cientistas. O uso de uma série de alternativas regulamentadoras e não-regulamentadoras deveria ser considerada, como licenças, restringir ações, prevenir a poluição, reciclagem, incentivos de mercado, reduções voluntárias e educação. A possibilidade do uso de instrumentos institucionais, financeiros e outros tipos de arranjos para a implementação de cada procedimento deveria também ser identificado. A redução do risco esperado e a relação entre o custo e o benefício de cada solução precisaria ser determinado e comparado. Dimensões culturais, éticas, políticas e legais deveriam ser levadas em consideração. Os impactos potenciais de cada procedimento necessitariam ser caracterizados, incluindo os efeitos adversos nos trabalhadores, na comunidade ou no meio ambiente.

• *QUARTA PARTE: DECISÃO*

Qual a melhor solução para o problema? Como uma decisão ou um leque delas pode ser alcançada(o)? Quem as deve tomar? Serão elas compatíveis com a legislação existente? O procedimento a ser identificado para mitigar o problema deveria ser o mais eficiente, aceitável, e com a melhor relação custo-efeito, incluindo a participação das partes proponentes e das partes afetadas. Um mecanismo para a solução de conflitos, ou para o alcance do entendimento na ausência de consenso, poderia ser útil. É importante reconhecer que o procedimento proposto não resultará sempre em consenso entre os envolvidos no processo. De fato, participação, negociação e tentativa de compromisso pode resultar, algumas vezes, em endurecimento de posições antagônicas, em interrupção nas negociações, em frustrações com o processo, e em inabilidade para se alcançar um acordo. Tais dificuldades para se alcançar uma decisão não devem ser vistas como uma falha do processo, mas simplesmente como um reconhecimento de que em certas circunstâncias, apesar dos melhores esforços de todas as partes envolvidas, o consenso não será alcançado. Em algum ponto, a autoridade reguladora precisará tomar sua decisão, incluindo a de discordar, se a oposição for muito forte ou bastante credível. Divergir pode requerer uma decisão posterior de se repetir, ou não, o processo desde o começo, ou prosseguir e atacar outros problemas mais prementes.

• QUINTA PARTE: AÇÕES

De que maneira uma decisão pode ser rapidamente implementada e com que flexibilidade? A ação que tiver sido escolhida para atacar o problema deve ser explicada e implementada. Várias ações podem ser necessárias em diferentes circunstâncias. Devem ser tomadas por agências públicas, de comércio, indústrias e por cidadãos privados, sozinhos ou não. Objeções ou reavaliações, mesmo neste estágio, podem influir no processo de interação.

• SEXTA PARTE: AVALIAÇÃO

Qual a extensão da eficácia das ações? Frequentemente são executadas, mas existe um pequeno acompanhamento para se assegurar de que realmente são implementadas, para se analisar eficácia e custo ou para comparar os resultados obtidos com os previstos no processo de tomada de decisão. O(s) efeito(s) da ação escolhida pode(m) ser caracterizado(s) por meio do monitoramento e da vigilância, por intermédio da discussão com os contratantes e mediante a análise das relações entre as intervenções e os problemas na saúde ou, ainda, por indicadores ambientais. Neste último caso, os critérios devem ser explicitados desde o início do projeto. Tal processo de avaliação permite que o problema original possa ser redefinido, as ações reconsideradas e os vários estágios repetidos, se apropriados.

Se a avaliação dos impactos das ações propostas para resolver um problema concluir que elas não são satisfatórias, uma outra interação do processo pode ser necessária. Devemos considerar, contudo, que poucos efeitos e seus riscos podem ser facilmente medidos e confirmados. Até certo ponto, as técnicas de monitoramento e de vigilância podem ser capazes de estudar as relações entre as ações e seus efeitos, mas quase sempre essas relações são detectadas somente quando a margem entre as exposições atuais e as associadas com os efeitos nocivos à saúde ou aos ecossistemas é reduzido, ou quando o efeito nocivo à saúde é particularmente raro. A maioria dos riscos relacionados à saúde pública é muito pequena quando comparada aos riscos medidos a partir dos efeitos de acidentes ocupacionais ou de colisões de veículos. Por exemplo, suponhamos que uma ação seja capaz de diminuir o risco incremental de uma pessoa desenvolver um câncer (durante seu período de vida), a partir de uma exposição particular de 1 em 10 mil para de 1 em 1 milhão. Nenhum estudo de saúde ou atividade de vigilância poderia ser projetado para medir a eficácia de uma ação com tão pequena mudança, pois o câncer poderia ser a causa de morte de 24% da população em cada evento. Conclusões sobre quão efetiva foi uma ação nessas condições teriam de se apoiar no monitoramento ambiental, nas mudanças registradas por marcadores biológicos de exposições ou em outra medição indireta do impacto na incidência da doença.

Um ponto bastante enfatizado na proposta da comissão de risco foi a necessidade de se incluir em cada estágio do estudo de risco as partes interessadas e os proponentes. Tal participação pode facilitar a troca de informações e idéias necessárias a todas as partes, quando da comunicação das medidas necessárias a se tomar, para a redução dos riscos.

O procedimento aqui mostrado não pretende que todas as suas etapas tenham que necessariamente ser aplicadas em um projeto de Gestão do Risco para uma tomada de decisão. Contudo, é um guia útil que deve ser aplicado de acordo com a magnitude e complexidade de cada problema. Cada nível de tomada de decisão irá requerer diferentes etapas de análises dos problemas.

A realização de um estudo completo de Avaliação de Risco é tarefa considerável, requer dados, conhecimentos técnicos e uma revisão bibliográfica intensiva. A decisão de se prosseguir com tal estudo é uma decisão de Gestão do Risco que leva em consideração a importância do problema, com relação às questões científicas e aos impactos oriundos dos atos regulamentadores.

O campo de aplicação dos estudos de avaliação e dos programas de Gestão do Risco aborda hoje as mais variadas dificuldades e, como tal, está sujeito a intensas discussões. Entre os temas mais debatidos podemos citar: a avaliação da toxicidade e sua importância para os humanos, a suscetibilidade e as variações das exposições entre as populações, a descrição das incertezas, a avaliação dos efeitos oriundos das misturas de químicos, a realização de estudos de Avaliação de Risco Ecológico e a avaliação dos riscos associados, como as radiações e os microorganismos.

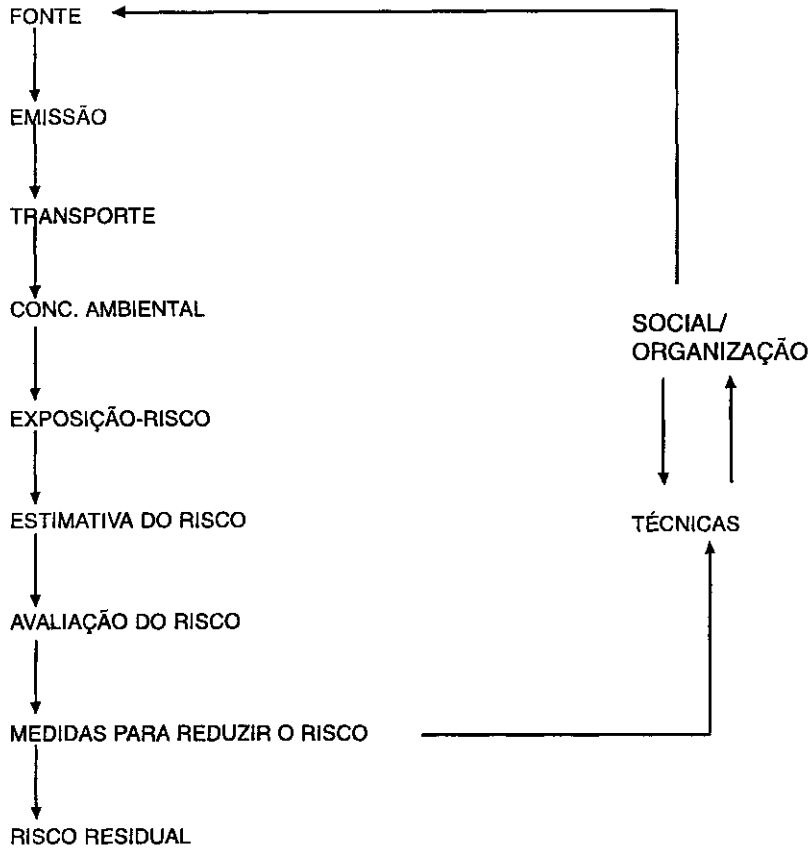
O MODELO GERAL DO RISCO

Na Figura 2, apresenta-se o que chamamos plenamente Modelo Geral do Risco. Trata-se de importante ferramenta para os estudos de Gestão do Risco. Com este modelo podemos facilmente estruturar a análise de muitos tipos de risco. Ele começa com o termo Fonte, que é de onde se origina uma Emissão de algo indesejável (massa e/ou energia). Normalmente se consideram as Fontes como tendo duas origens. Para o risco de segurança (*safety risk*), nos quais a exposição se dá sob alta intensidade e em um tempo curto, as Fontes são normalmente os desastres. Estes, normalmente, são eventos súbitos e abruptos nos quais uma grande quantidade de material e/ou energia é rapidamente expelido.

Acidentes envolvendo emissões súbitas e massivas são quase sempre referidos pelo termo 'perda de confinamento' (*loss of containment*), que, quando envolvida com materiais inflamáveis, pode causar eventos catastróficos. Incêndios e explosões de grande porte podem acontecer, provocando radiações térmicas intensas e/ou sob pressões destrutivas. Quando materiais tóxicos estão implicados, imensas nuvens carregadas deles podem ser formadas e, levadas pelos ventos, podem atingir áreas muito populosas.

Em contraste com as Fontes resultantes de Acidentes, outras podem ser relacionadas com as atividades normais. Tais atividades incluem não somente a de manufatura industrial, mas também a do tráfego rodoviário, da agricultura, da produção de eletricidade etc. Comparadas aos Acidentes, as taxas de emissões associadas com Atividades são baixas. Um importante fator é que tais Fontes têm uma tendência a produzir Emissões mais ou menos continuadas. Por essa razão, normalmente as ocorrências provenientes dessas atividades tendem a produzir menores intensidades (concentrações) do que as provenientes de acidentes, embora a ocorrência destes últimos seja mais rara.

FIGURA 2 – O Modelo Geral do Risco



FONTE: BIBO & LEMKOWITZ (1994).

As Fontes provenientes das atividades tendem a estar mais estreitamente associadas com os riscos relacionados à saúde e ao meio ambiente do que com os riscos relacionados a acidentes (segurança). Outros tipos de Fontes possíveis são: pontuais (chaminés), Fontes de linhas (auto-estradas) ou Fontes de área (complexos petroquímicos, cidades). As Fontes contínuas são geralmente encontradas associadas aos problemas de poluição do ar. Emissões contínuas de materiais tóxicos ou energia (ruídos) são comuns em ambientes ocupacionais.

Não importando causa ou origem, as Fontes produzem Emissões de substâncias e/ou formas de energia que provocam efeitos adversos. As Emissões ocorrem em um ou mais compartimentos ambientais – ar, água ou solo –, que, por sua vez, estão em contato entre si, interagindo.

Uma vez que as Emissões de poluentes para o ar tenham ocorrido, procede-se a Transmissão (Transporte). Os modelos de Transporte tentam estimar a intensidade e a duração da exposição, resultante da emissão para o ar, água ou solo, em razão de um certo número de parâmetros da emissão. Estes incluem: taxa e tamanho da exposição; forma da fonte (pontual, linha, área); posição da fonte (para o ar: altura acima do solo); para a emissão de matéria: se gás/vapor ou aerossol (líquido ou sólido), tamanho e densidade das partículas; distância entre a fonte emissora e os alvos; para o ar: condições de clima (velocidade e direção dos ventos, estabilidade atmosférica); condições da topologia (plana, montanhosa etc.); para o solo: composição química e reações entre a atmosfera e os poluentes; e outros.

O Transporte, aqui, significa movimento e quase sempre ocorre simultaneamente aos processos de Mistura e Diluição, algumas vezes com reações químicas. Por meio disso, as concentrações dos poluentes decrescem com o aumento da distância das fontes emissoras e o nível das concentrações ambientais (*emission*) se reduz. Como regra, nível de concentração ambiental significa concentrações existentes nos lugares onde os alvos de estudo se encontram: seres humanos, plantas, animais, entre outros. Para o estudo do risco causado pela poluição do ar, os níveis das concentrações ambientais considerados são os medidos ao nível do solo. Denomina-se exposição o contato de pessoas, plantas ou animais com os agentes indesejáveis. Além de poder ser expressa como intensidade e duração, pode, ainda, resultar em risco.

A magnitude da ocorrência do risco não depende somente do grau da exposição, mas obviamente também do tamanho da população-alvo exposta. Tal fator pode, por exemplo, se referir ao número de pessoas expostas (estimado em termos de áreas de exposição e densidade de população), ao número de espécies raras expostas etc.

Uma vez que todas as etapas mostradas na Figura 2 tenham sido calculadas ou realisticamente estimadas, deve-se proceder a Estimativa do Risco. A palavra ‘estimativa’, e não ‘cálculo’, é conscientemente usada, muito embora um grande número de procedimentos matemáticos sejam utilizados. A ênfase também se justifica pelo grande número de incertezas e lacunas existentes no processo. Valores exatos e precisos para vários fatores usados nesses cálculos são usualmente difíceis, se não impossíveis de serem obtidos.

Além da Estimativa do Risco, há a necessidade de se proceder uma Avaliação do Risco. O processo de avaliação geralmente se refere a determinar se o risco é ou não aceitável. Obviamente, tal processo envolve julgamentos éticos. Estes, normalmente são baseados em considerações normativas (valores, credências etc.) e, portanto, envolvem fatores e conhecimentos que vão além da ciência física e da engenharia. Eventualmente, decisões de política ou normas são propostas com base nos resultados desses estudos, no qual as questões econômicas são também muito importantes.

Se um risco residual é julgado como aceitável, não haverá necessidade de se requerer outras medidas, se não é, medidas extras são necessárias. Essas medidas, de maneira geral, podem ser divididas em duas categorias: de ordem social e de ordem técnica. Exemplos da primeira incluem mudanças nas leis, nos padrões, acordo entre o governo e as indústrias (*convenants*) etc. Tais medidas são quase sempre resultantes das mudanças de atitudes e de percepções.

ANÁLISE DE RISCO

Uma análise de risco constitui-se um importante instrumento para se identificar riscos em uma unidade produtora ou em uma determinada atividade. É menos completa do que um estudo de Avaliação de Risco e é usada normalmente para a identificação de riscos nas diferentes unidades de produção, permitindo a elaboração de mapas de risco do meio ambiente interno e externo. Enquanto o risco é calculado utilizando-se modelos para toxicidade, emissões líquidas ou gasosas, dispersão, incêndios e explosões, os efeitos são calculados em razão da distância do ponto de ocorrência.

O estudo de Avaliação de Risco é recomendado para as grandes instalações em geral e para as indústrias químicas e de energia que lidam com materiais tóxicos e reativos, classificados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como produtos de toxicidade aguda e muito tóxicos, e que também apresentam alta probabilidade de risco de incêndios e explosões.

Na realização de uma análise de risco é importante se aplicar um procedimento estruturado. No início do estudo devem-se utilizar técnicas apropriadas e simples com a finalidade de identificar os riscos mais sérios para, em seguida, aplicar técnicas mais sofisticadas para avaliar a redução dos riscos. O procedimento básico para uma análise de risco inclui:

- identificação das falhas potenciais;
- cálculo da quantidade de material emitido quando ocorre uma falha;
- cálculo do impacto de cada emissão nos equipamentos da indústria, nas pessoas, no meio ambiente e na propriedade.

Esse procedimento pode ser aplicado para toda uma indústria ou para parte dela.

Quanto aos principais passos para uma análise de risco, de acordo com o World Bank (1990), são os seguintes:

- dividir o sítio em unidades funcionais;
- dividir as unidades funcionais em componentes;
- fazer um inventário das matérias perigosas para cada componente;

- classificar os componentes de acordo com o inventário;
- encontrar casos de falhas representativas para os componentes;
- agrupar os casos de emissões semelhantes;
- calcular a taxa das emissões;
- agrupar as emissões por taxas;
- calcular as conseqüências; apresentar os resultados;
- plotar o mapa dos efeitos *versus* distâncias;
- estimar as freqüências dos eventos;
- interpretar os resultados;
- escolher e analisar as ações de remediações.

Quanto à aplicação de uma análise de risco, podemos dizer:

Ela somente pode ser aplicada em algumas partes de uma indústria, como, por exemplo, naquelas que potencialmente possam causar danos severos ao ambiente interno ou externo do sítio onde esteja localizada. Nesse caso, uma lista de medidas destinadas a reduzir os efeitos *versus* distâncias deve ser executada. O responsável pela análise pode ainda repetir esses mesmos cálculos estimando agora os benefícios oriundos das medidas propostas.

Quanto à redução dos riscos, pode-se afirmar que:

Tanto ela como suas conseqüências envolvem, muitas vezes, profundas mudanças no projeto da unidade produtiva. Assim, uma análise de risco seria mais efetiva se realizada durante a fase de projeto da unidade, quando mudanças no próprio projeto, no *lay-out* e modificações no sítio podem ainda facilmente ser feitas. De qualquer maneira, mesmo uma análise de risco efetuada em uma unidade já em operação ainda mostrará oportunidades para se reduzir as conseqüências do risco.

Entre as diversas possibilidades de redução das conseqüências do risco, podemos citar: a redução do número de inventários, a modificação do processo e das condições de estocagem do material perigoso, a eliminação do material perigoso e a melhora do acondicionamento secundário.

AVALIAÇÃO DE RISCO: TÉCNICAS E MÉTODOS UTILIZADOS NAS SUAS DIVERSAS FASES

Normalmente, o processo clássico de Avaliação de Risco é dividido em quatro partes:

- identificação do perigo (risco);
- avaliação da dose-resposta;
- avaliação da exposição;
- caracterização do risco.

Sobre este assunto, o leitor encontrará maiores detalhes nos capítulos 2 e 4 deste livro.

A seguir mostraremos as principais técnicas e métodos utilizados nas diferentes fases de um estudo de Avaliação de Risco Humano ou Ambiental.

FASE 1: IDENTIFICAÇÃO DO RISCO

A informação básica para a identificação do risco inclui dados epidemiológicos, dados de bioensaios com animais, dados de efeitos obtidos *in vitro* e comparações de estruturas moleculares. Estudos epidemiológicos bem conduzidos que mostram uma associação positiva entre um agente e uma doença são as evidências mais convincentes de risco para a saúde humana. Essa evidência, contudo, não é fácil de se obter. O risco quase sempre é baixo, o número de pessoas expostas é reduzido, o período de latência entre a exposição e a doença é longo, as exposições são misturadas a outras exposições e podem ser múltiplas.

Os dados mais comuns obtidos para a identificação do risco provêm de bioensaios com animais. A inferência de que esses resultados são aplicáveis ao homem é fundamental para a pesquisa toxicológica. Tal premissa convive com a maioria dos experimentos biológicos e médicos e logicamente é estendida para as observações experimentais de efeitos carcinogênicos.

Vários trabalhos experimentais mostram evidências de que a maioria dos produtos químicos carcinogênicos são mutagênicos e que muitos destes são carcinogênicos. Como resultado, uma resposta positiva em um ensaio de mutagenicidade (bactéria, células mamárias cultivadas) é uma evidência suportadora de que o agente testado é provavelmente um cancerígeno. Tais dados, na ausência de bioensaios positivos com animais, são raramente utilizados. Porém, como se constituem em testes rápidos e baratos, são usados como *screening* para a avaliação de potenciais efeitos da carcinogenicidade de químicos, fornecendo informações adicionais para os estudos de bioensaios com animais e para os estudos epidemiológicos.

A comparação entre as propriedades químicas ou físicas de um carcinogênico conhecido, com a de um agente estudado, também fornece indicações sobre o potencial carcinogênico desses agentes.

Um outro método a que se recorre bastante, na coleta de dados para a identificação do risco, é o uso do estudo de caso de *clusters*. Consiste simplesmente em se anotar o número de casos de uma doença rara, ou uma concentração anormal de doenças comuns, e tentar se encontrar a possível causa. Para se inferir esta e para examinar as possibilidades relevantes, conta-se com a intuição.

A caracterização das fontes de riscos é um importante passo na fase de identificação do risco. Diversas técnicas podem ser utilizadas: árvores de eventos ou árvores de falhas que permitem identificar os impactos de interesses potenciais; modelos matemáticos que podem ser utilizados para caracterizar o transporte e as transformações de poluentes particulares; o desenvolvimento e uso de técnicas de *ranking* (classificação), úteis para propiciar comparações relativas sobre o potencial do risco.

FASE 2: DOSE-RESPOSTA

Em poucos casos os dados epidemiológicos permitem que uma relação dose-resposta possa ser desenvolvida diretamente a partir das observações das exposições e dos efeitos na saúde humana. Por não haver muitos dados disponíveis sobre a carcinogenicidade humana – como por exemplo, dos produtos químicos –, para obtê-los, normalmente os estudos de dose-resposta se utilizam dos testes em animais como ratos e camundongos. Vale ressaltar que os referidos testes são tipicamente característicos da fase de identificação do risco, não da determinação de relações de dose-resposta. Na prática corrente atual esse tipo de ensaio é feito da seguinte forma: um determinado grupo de animais recebe do agente testado a mais alta dose a ser tolerada; um segundo grupo é exposto à metade desta dose, e um outro grupo, chamado de controle, não é exposto (Canter, 1989).

O teste de produtos químicos empregando elevadas doses tem sido contestado por vários cientistas, que argumentam, entre outras coisas, que o metabolismo dos químicos difere quando expostos a altas e baixas doses. Doses elevadas podem provocar reações anormais no mecanismo de desintoxicação e estimular resultados que não ocorreriam se expostos a doses baixas.

Os reguladores estão interessados em doses nas quais os seres humanos facilmente poderiam vir a estar expostos e que normalmente são bem menores do que as administradas nos testes com animais. Por esse motivo, a partir do estudo de avaliação de dose-resposta, quase sempre é necessário se extrapolar uma curva de exposição esperada sobre uma gama de doses aplicadas usando-se um ou dois dados pontuais atualizados (National Research Council, 1986). E para extrapolar esses dados de laboratório para doses menores pode-se fazer uso de vários modelos matemáticos. Estes, são usados para predizer os riscos que os seres humanos estariam sujeitos quando expostos a pequenas doses.

Quando se extrapolam dados de animais para humanos, as doses usadas nos bioensaios precisam ser ajustadas para permitir que se considerem as diferenças de tamanho e das taxas de metabolismo. Tal tipo de teste tem levantado uma série de discussões e aponta a existência de um grande número de incertezas.

Um estudo de avaliação de dose-resposta não deve se limitar apenas aos efeitos ligados à saúde humana, mas ser estudado conjuntamente com os efeitos ambientais (ecológicos). Ao passo que certos estudos de Avaliação de Risco focalizam alguns aspectos ambientais, como danos à agricultura ou distúrbios em ecossistemas, a maioria se concentra nos efeitos à saúde humana tais como câncer, modificações genéticas e mudanças neurológicas.

FASE 3: EXPOSIÇÃO

A avaliação da exposição envolve a determinação da concentração de agentes aos quais os seres humanos ou os ecossistemas estão expostos. Isto envolve o estudo dos processos de transporte e de transformação que esses agentes sofrem no meio ambiente. São vários os modelos para tal tipo de estudo.

Um importante aspecto da avaliação da exposição é a determinação do grupo, entre a população total, que está sendo exposto a um ou a alguns agentes. Certos grupos podem ser especialmente suscetíveis a efeitos adversos de saúde, como mulheres grávidas, crianças, pessoas idosas e pessoas com determinados tipos de problemas de saúde.

A importância da exposição a uma mistura de poluentes é também um fator que deve-se levar em consideração. Normalmente os dados sobre esse tipo de sinergismo são escassos. Por isso existe uma tendência a não considerá-los nos estudos. Nesta fase há também um grande número de incertezas que devem ser levadas em conta.

FASE 4: CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO RISCO

A caracterização do risco se refere à estimativa da magnitude do problema de saúde. O exercício de julgamento na escolha dos grupos de populações com variadas sensibilidades e diferentes exposições pode afetar essa estimativa.

A avaliação final do risco é talvez a parte mais importante e delicada do processo de avaliação. Envolve também, algumas vezes, a necessidade de se comunicar os resultados obtidos a um público diverso. Procedimentos sistemáticos de tomada de decisão devem ser utilizados nessa parte do processo.

A Avaliação de Risco pode ser percebida como um processo de medição da significação do risco no contexto em que o mesmo acontece. Tal objetivo envolve não somente o julgamento social do risco estimado, mas a comparação deste com o risco percebido e/ou os ganhos sociais estimados.

Nesse tipo de análise, três métodos podem ser utilizados para se julgar a aceitabilidade de um determinado risco: análise contextual, análise de preferência do público e análise de equidade (Sors, 1982). A seguir, discriminaremos cada um deles:

- **Análise contextual**

Envolve a comparação do risco em questão com um ou mais aspectos: outro risco — níveis naturais, riscos alternativos e outros não diretamente relacionados; comparação com os benefícios de um produto ou de uma atividade (análise de custo-benefício); comparação com os custos de redução do risco (redução custo/ efetividade).

- **Análise de preferência do público**

Envolve a comparação do risco percebido de acordo com os seguintes critérios: comparação com produtos existentes e aceitos, ou com atividades possuindo um benefício similar (preferências reveladas), e o que as pessoas dizem acerca da aceitabilidade do risco (preferências expressas). Alguns destes pontos são abordados no capítulo 3.

- **Análise de equidade**

Procura analisar as inequidades existentes na distribuição do risco, custos e benefícios relacionados com diferentes grupos sociais, diferentes regiões e gerações.

BASES CONCEITUAIS PARA ENTENDER E AVALIAR SAÚDE AMBIENTAL

Em nossas atividades diárias, cada qual convive com poluentes, seja respirando, bebendo água, consumindo alimentos ou entrando em contato com solos e poeiras. Esse contato, denominado 'exposição', requer a ocorrência simultânea de dois eventos: a presença de um poluente em um compartimento ambiental (água, ar, solo, alimento) e o contato entre a pessoa e um ou mais desses compartimentos. Exposição ambiental é definida então como o contato entre a fronteira externa do corpo humano (pele, nariz e garganta) e um poluente ou uma mistura deles. É quantificada por meio do cálculo da concentração do poluente e do tempo de contato.

São quatro as características que descrevem a exposição:

- Rota – ocorre por intermédio da inalação ou da absorção dérmica?;
- Magnitude – qual a concentração do poluente (ppm, ppb etc.)?;
- Duração – qual a duração (minutos, horas, dias, por toda a vida)?;
- Frequência – com que frequência ela ocorre (diariamente, semanalmente, sazonalmente etc.)?

A exposição é um elemento-chave na cadeia de eventos que leva ao aparecimento de efeitos na saúde (Sexton et al., 1992). Mostrada na Figura 3, tal cadeia serve como base conceitual para o entendimento e avaliação da saúde ambiental.

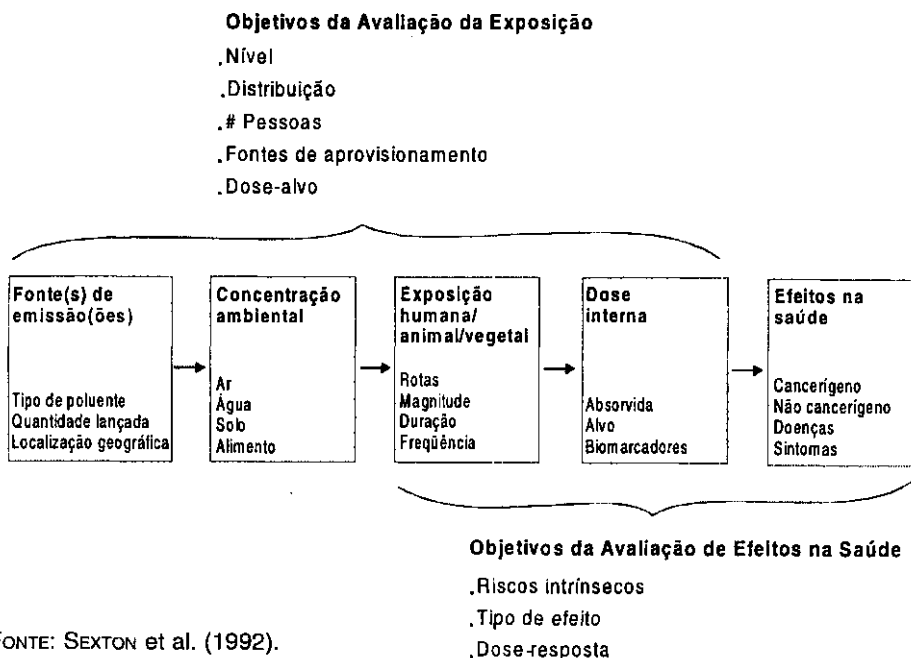
Ações tomadas pela sociedade para proteger seus membros de consequências prejudiciais da poluição são estabelecidas ou postuladas considerando-se as relações das fontes de poluição com a exposição humana e os efeitos adversos na saúde.

A estimaco do risco ¢ saúde, associado como poluentes ambientais, ¢ composto por duas atividades primárias: avaliação da exposição e avaliação dos efeitos. Durante a primeira, fase inicial da cadeia de eventos mostrada na Figura 3, avaliam-se: a(s) fonte(s) de emissão(es), as concentrações nos diversos compartimentos ambientais, os níveis de exposição e a dose. O objetivo maior nessa fase ¢ estimar o(s) nível(eis) e o número de pessoas expostas. Adicionalmente, determinam-se as contribuições relativas de todas as fontes importantes e as rotas de exposição associadas ¢ dose-alvo.

A avaliação dos efeitos na saúde, última fase da cadeia de eventos da Figura 3, inclui a avaliação da exposição, da dose e dos efeitos adversos. São dois os objetivos: determinação dos perigos intrínsecos ¢ saúde associados com poluentes, incluindo os efeitos cancerígenos e não-cancerígenos; e a quantificação da relação entre a dose-alvo ou exposição e efeitos ¢ saúde (por exemplo, dose-resposta) em populações humanas.

A sobreposição entre avaliação da exposição (Fase 1) e a avaliação dos efeitos (Fase 2), também mostrada na Figura 3, reflete a importância da informação sobre exposição e sobre a dose para ambas as atividades. A determinação da exposição, componente crítico dos estudos de epidemiologia, ¢ necessária para se examinar associações entre exposições ambientais e as conseqüências potenciais ¢ saúde. Medições de dose interna são cruciais para se relacionar exposição com dose (farmacocinética – o que o corpo faz com o poluente) e dose com efeitos (farmacodinâmica – o que o poluente faz com o corpo).

FIGURA 3 – Conceitos básicos para entendimento e avaliação da saúde ambiental

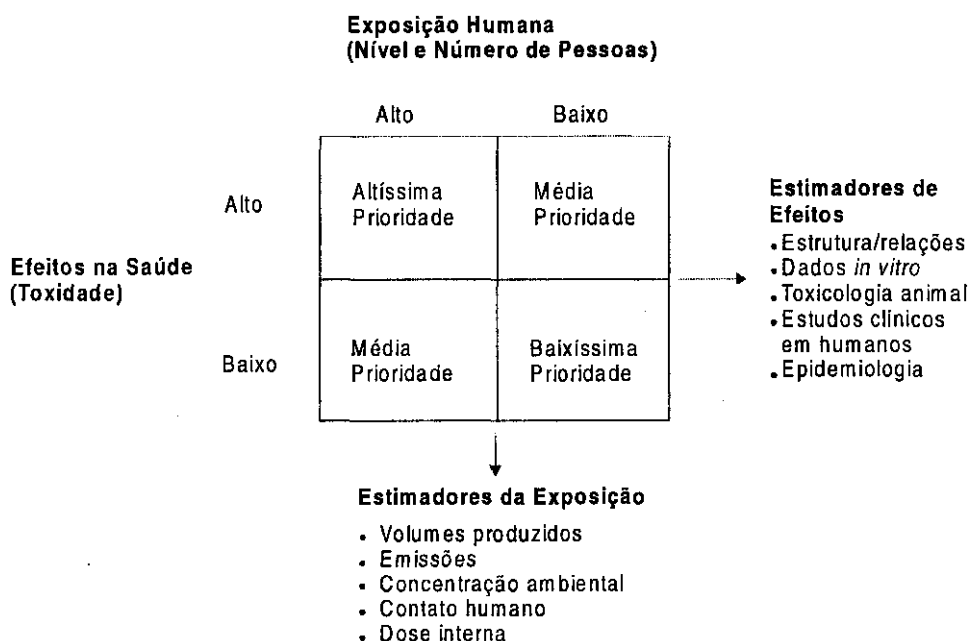


ESTRUTURA CONCEITUAL PARA SE DETERMINAR PRIORIDADES NA SAÚDE AMBIENTAL

As avaliações da exposição e dos efeitos à saúde humana são consideradas as duas fases mais importantes no estudo de risco à saúde causado por poluentes ambientais.

Na matriz da Figura 4, representa-se o paradigma conceitual que norteia a priorização dos problemas de saúde ambiental, no qual o mais alto nível deles inclui elevadas exposições (como os experimentados por um número significativo de pessoas) e poluentes muito tóxicos (como o perigo existente à baixa exposição/dose). O nível mais baixo de prioridade é dado à situação que combina baixo nível de exposição e pequeno número de pessoas com uma baixa toxicidade.

FIGURA 4 – Estrutura conceitual para se determinar prioridades na saúde ambiental



FONTE: SEXTON et al. (1992).

AVALIAÇÃO DE RISCO *VERSUS* AVALIAÇÃO DE SAÚDE

Existem diferenças intencionais entre Avaliação de Risco e Avaliação de Saúde. A seguir, apresentamos um resumo dos propósitos distintos formulados para a Avaliação de Risco adotada pela Agência de Proteção Ambiental Americana (Environmental Protection Agency – EPA) e pela Agência Americana para Substâncias Tóxicas e Registros de Enfermidades (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry), no que se refere a substâncias perigosas (ATSDR, 1992).

AVALIAÇÃO DE RISCO, SEGUNDO O EPA

Uma Avaliação de Risco se define como um processo quantitativo e qualitativo conduzido para caracterizar a natureza e a magnitude dos riscos à saúde pública pela exposição a substâncias perigosas ou a contaminantes emitidos em sítios específicos. As Avaliações de Risco incluem os seguintes componentes: identificação do perigo, avaliação da dose-resposta, avaliação da exposição e caracterização do risco. Modelos biológicos e estatísticos são usados nas Avaliações de Risco químico e são quantitativamente orientados para o cálculo das estimativas numéricas do risco para a saúde, utilizando dados de investigações epidemiológicas em humanos (quando disponíveis) e estudos toxicológicos em animais.

O produto da Avaliação de Risco quantitativa é uma estimativa numérica das consequências, para a saúde pública, da exposição a um agente. Ao elaborar uma Avaliação de Risco para um sítio, o avaliador deve também incluir todos os efeitos na saúde, caracterizando o risco para as populações sensíveis quando se disponha de informação. As avaliações de risco do EPA são usadas nas decisões de manejo do risco para estabelecer níveis de descontaminação (limpeza); para regulamentar os níveis autorizados para descarga; para manuseio e transporte de rejeitos perigosos; para determinar os níveis permissíveis de contaminação.

AVALIAÇÃO DE SAÚDE, SEGUNDO A ATSDR

As Avaliações de Saúde da ATSDR estão baseadas na informação da caracterização ambiental, nas preocupações da comunidade com a saúde e nos resultados dos efeitos nesta. Devido à natureza desses bancos de dados, as Avaliações de Saúde usam informações tanto qualitativas quanto quantitativas, enfocando-se as perspectivas toxicológicas e de saúde pública associadas com a exposição no sítio.

A Avaliação de Saúde assinala especificamente as preocupações de saúde da comunidade (como as populações sensíveis, os possíveis efeitos patológicos) e avalia os dados de efeitos pertinentes na saúde e específicos para a comunidade. A informação obtida dessas fontes, combinada com dados ambientais, é usada para determinar as implicações na saúde pública no sítio, aconselhando o início de atividades de acompanhamento de saúde, quando indicado.

Em resumo, enquanto uma Avaliação de Risco do EPA é um processo utilizado para apoiar a seleção de uma medida de remediação em um sítio, a Avaliação de Saúde da ATSDR é um mecanismo que alimenta a comunidade com informações sobre as implicações de saúde pública em um sítio específico, identificando aquelas populações para as quais se requer estudos ou ações de saúde mais amplas. A Avaliação de Saúde também faz recomendações sobre as ações que sejam necessárias para proteger a saúde pública, o que pode incluir também a emissão de advertências em saúde.

AVALIAÇÃO DE IMPACTO *VERSUS* AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL

Um grande universo de pessoas discute se o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é parte de uma Avaliação de Risco Ambiental (ARA) ou se esta deveria ser um componente de um EIA. Para Andrew (1986), tanto um como o outro estão, em princípio, intimamente conectados. Embora não sejam processos idênticos, se utilizam dos mesmos conceitos e tradições e deveriam ser aplicados para mais ou menos os mesmos modelos de decisões. Isto requer a integração destes dois tipos de estudo.

As diferenças e similaridades entre EIA e ARA são observadas no Quadro 3. Nele, pode-se constatar que existem mais diferenças que similaridades entre os dois processos.

QUADRO 3 – Comparações entre EIA e ARA

	EIA	ARA
Principais objetivos	<ul style="list-style-type: none"> – Não envolve regulamentação sobre saúde, segurança e meio ambiente; – Envolve atividades: auto-estradas, uso de solo, produção de energia, recursos hídricos, vazamento de óleo, indústrias contaminantes etc. 	Envolve
Envolvimento do público	Extensivo	Limitado
Influência nas decisões	<ul style="list-style-type: none"> – Importante – Propor medidas mitigadoras 	Importante Igual
Propósito do estudo	<ul style="list-style-type: none"> – Considerações sobre impactos; Legitimar decisões de governo; Subsídios para tomada de decisão 	Riscos Igual
Abrangência legal	Decisão/processo administrativo	Valor regulamentar

FONTE: ANDREWS (1986).

Do ponto de vista intelectual, o Estudo de Impacto Ambiental e a Avaliação de Risco deveriam ser melhorados por meio da união de ambos, em um processo analítico unificado. O EIA poderia se beneficiar da maior sofisticação existente nos estudos de Avaliação de Risco, no tocante ao tratamento das análises de predições e de probabilidades e deveria, em qualquer caso, incorporar mais considerações explícitas dos efeitos na saúde. A ARA, por sua vez, deveria alargar seu campo de aplicação, incluindo mais riscos do que apenas mortalidade proveniente de câncer e de acidentes catastróficos.

Em projetos como a definição de sítios para localização de processos de produção de energia ou indústrias químicas, de aterros industriais para resíduos perigosos, aplicações de biotecnologias ou aplicações de pesticidas para agricultura ou manejo florestal e outros afins, a integração EIA/ARA pode oferecer resultados muito mais completos que a execução de estudos separados.

