

GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RISCO AMBIENTAL I

Artigo publicado na Revista Banas Ambiental – Ano II – nº 12 – Junho de 2001

Engº João Baptista Galvão Filho - engenheiro químico (FEI- Faculdade de Engenharia Industrial), Ocupacional e sanitaria (Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo), mestre em ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de Cincinnati- EUA, ex-coordenador da CETESB para os planos ambientais ABCDM, Grande São Paulo, Cubatão; diretor da ECP-Sistemas Ambientais Ltda.

Engº Daniel Newman – engenheiro sanitaria (Escola de Engenharia Mauá), diretor da Nascente Consultoria Ambiental e Segurança de Processo Ltda.

1. Introdução

O estudo de risco ambiental apareceu como disciplina formal nos Estados Unidos de 1940 a 1950, paralelamente ao lançamento da indústria nuclear e também para a segurança de instalações (“safety hazard analyses”) de refinação de petróleo, indústria química e aeroespacial. No Brasil, especificamente em Cubatão com o Plano de Controle da Poluição de Cubatão em 1983 desencadeou-se uma série de exigências para garantir a boa operação e manutenção de processos e tubulações e terminais de petróleo e de produtos químicos das 111 unidades industriais locais, dando-se início ao uso institucional desse tipo de estudo de risco.

No caso de risco sobre a saúde, por outro lado, é mais recente a sua aplicação e somente foi acelerada com a publicação do EPA “Carcinogenic Risk Assessment Guidelines” (1976) e dos trabalhos de remediação do solo na década de 80. No Brasil, em São Paulo, a Agência Estadual do Meio Ambiente (CETESB) realizou de forma esparsa estudos de relação causa-efeito (tóxico-epidemiológico) para algumas empresas com grandes impactos sobre a saúde da população vizinha, como no caso do chumbo, mas sem um aplicação como plano, programas e projetos como, por exemplo, no caso americano para os 189 poluentes perigosos do ar (“Hazardous Air Pollutants List/US EPA-The Clean Air Act Amendments of 1990, title III, Section 112 (b)”).

Para o risco ecológico podemos afirmar que o mesmo encontra-se na sua infância ao nível internacional e praticamente inexistente aqui no Brasil. Entretanto, o significativo aumento do seu interesse ao nível de toda a população do planeta, face os riscos eminentes que estão sendo mostrados, faz com que possamos tomar mais atenção e assumirmos mais comprometermos em função das valiosas reservas de recursos naturais ainda aqui existentes.

Face a extensão dos assuntos nas três áreas de interesse do risco ambiental: segurança, saúde humana e ecológico. Vamos neste artigo somente incluir o item da segurança (“safety hazard analyses”) e os dois outros (saúde humana e ecologia no gerenciamento do risco ambiental II) na próxima edição.



2. Conceito e Definições

Apesar de ser difícil a sua conceituação, o risco é inerente a nossa vida diária e em todas as decisões que tomamos. No tempo do homem da caverna, ele já tinha que levá-lo em conta cada vez que saía para caçar animais para o seu alimento. Também nos planos estratégicos de guerra são levados em conta até a humilhação das perdas das viúvas para os vencedores, há milhares de anos atrás.

O estudo ou análise de riscos significa coisas diferentes para pessoas diferentes, por exemplo, o risco financeiro de se aplicar na bolsa de valores, o risco das empresas de seguro, as fatalidades de um acidente de uma planta de energia nuclear, o risco de câncer associado com as emissões poluidoras da indústria ou até de se fumar por 5 anos um determinado tipo de cigarro. Todos estes exemplos se mostram, apesar de muito diferentes um dos outros, como noções mensuráveis do fenômeno chamado risco.

De forma unificada podemos definir o estudo de risco como um processo de estimativa da probabilidade de ocorrência de um evento e a magnitude provável de seus efeitos adversos (econômicos sobre a saúde e segurança humana, ou ainda ecológico) durante um período de tempo especificado. Dentro das várias facetas do risco podemos ainda exemplificar os danos econômicos de uma contaminação do subsolo nos centros industrializados do país, danos econômicos à área turística dos 8.500 km de extensão do nosso litoral por vazamento de óleo ou limpeza de tanques de navios, vazamentos ou estouros de tanques ou reatores de indústria química, aplicação inadequada de pesticidas com conseqüente contaminação de alimentos com danos sobre a saúde dos consumidores e seus gastos decorrentes.

TIPOS E INDICADORES DE RISCO	
- Segurança do Trabalho	- agudo
- Saúde humana	- subcrônico
- Ambiental/Ecológico	- crônico
- Financeiro	- risco de câncer (adverso)
- Imagem empresarial	- efeitos sistêmicos
- Ocupacional/trabalhador	(sem câncer)
- Ambiental/Comunidade	
- Consumidor	

Tabela 1 – Tipos e Indicadores de Risco.



3. Tipos de Análises de Risco

Os três tipos de estudo de risco são:

3.1 Análise de Risco na Segurança (Processos e Instalações)

Tipicamente de baixa probabilidade, acidentes de alta consequência; agudo, efeitos imediatos. Relação causa-efeito óbvia. O foco deve ser dado na segurança do trabalhador e na prevenção de perdas, principalmente dentro dos limites do ambiente de trabalho.

3.2 Estudo de Risco sobre a Saúde

Tipicamente de alta probabilidade, baixa consequência, contínuos, exposições crônicas; latência longa, efeitos retardados. As relações de causa e efeito não são facilmente estabelecidas. O foco é dado para a saúde de seres humanos, principalmente fora dos ambientes de trabalho.

3.3 Estudo de Risco Ecológico

Uma complexidade de interações entre populações, comunidades e ecossistemas (incluindo cadeia alimentar) ao nível micro e macro; grande incerteza na relação causa-efeito. O foco é dado em impactos de habitats e ecossistemas que podem se manifestar bem distantes das fontes geradoras do impacto.

É importante aqui definirmos perigo (“hazard”) pois é muito usado na área ambiental mas podendo significar coisas diferentes, dependendo do contexto. Todos os estudos começam com a identificação dos perigos ou definição do problema.

O perigo é um agente químico, biológico ou físico (incluindo a radiação eletromagnética) ou um conjunto de condições que se apresentam com uma fonte de risco mas não o risco propriamente dito. Por exemplo, análise de perigo na segurança do trabalho da indústria petroquímica e nuclear geralmente se refere a todos os passos a partir da identificação do perigo até a avaliação do risco. Por outro lado, o estudo do risco sobre a saúde humana, a análise do perigo é considerado com primeiro passo envolvendo a avaliação dos dados e a seleção dos produtos químicos que causam o dano.

O estudo e a análise de risco (“risk assesement and risk analysis”) são usadas geralmente como sinônimos, mas a análise de risco é algumas vezes usada mais geralmente para incluir os aspectos do gerenciamento de risco.

Depois dos perigos serem definidos, o próximo passo é identificar a população de receptores potenciais e os locais de exposição. A exposição ocorre quando alguém toma contato com o perigo, ou seja, ocorrência em tempo e espaço do



perigo e o receptor. Concluimos assim, que o perigo só constitui um risco se houver o contato entre eles e, conseqüentemente, na fase de caracterização do risco, a natureza e a magnitude das conseqüências da exposição são formalizadas.

Na análise de perigo da segurança do trabalho, os efeitos finais são bem definidos: fatalidades, danos e perdas econômicas. O impacto é imediato e transparente; a causa-efeito está clara no seu relacionamento.

Podemos citar os bem conhecidos exemplos de acidentes catastróficos como de Seveso, Bhopal, Chernobyl, Vila Socó (Petrobrás Cubatão), grandes vazamentos de petróleo no Brasil, Plataforma da Petrobrás P-36, etc.

Em contraste, grandes incertezas ainda invadem a análise de riscos sobre a saúde humana devido as causas multifatoriais, ruído de fundo e períodos de longa latência, onde as relações de causa-efeito são no mínimo tênues. Por exemplo, nós estamos expostos a milhares de produtos químicos todos os dias, a maioria dos quais não são passíveis de causar doenças em baixas concentrações. Algumas doenças, especialmente câncer, tem um período de latência de 10 a 20 anos.

Os riscos ecológicos são talvez em ordem de magnitude mais complexos e mais incertos e seus efeitos podem não ser evidentes exceto, de forma retrospectiva. Apesar dessas diferenças, os riscos estão interrelacionados.

O acidente de Chernobyl, por exemplo, resultou em poucas mortes imediatas mas a radiação continuou a impactar a saúde de milhares de pessoas com o tempo.

Uma vez que os seres humanos fazem parte do ecossistema (seres humanos, fauna e flora fazem uso dos recursos naturais ar, água e solo continuamente) a saúde humana pode ser afetada indiretamente por, por exemplo, o consumo de peixe contaminado, especialmente nos casos de alta bioacumulação de pesticidas ou outros compostos solúveis em gordura dos tecidos de peixe comestíveis encontrados em águas contaminadas.



Análise de Riscos de Segurança	Estudo de Risco à Saúde Humana	Estudo de Risco Ecológico
<p>O processo passo a passo:</p> <p><u>1. Identificação do Perigo</u> a) Materiais, equipamentos, procedimentos. Por exemplo localização e tamanho dos inventários, materiais combustíveis, reativos e tóxico agudo. b) Início de eventos, por exemplo, equipamentos com mal funcionamento, erro humano, falhas de “containers”.</p> <p><u>2. Estimativa de Probabilidade e Freqüência</u> Por exemplo, probabilidade de iniciar eventos e acidentes (causas internas e externas)</p> <p><u>3. Análise de Conseqüência</u> Natureza e magnitude dos efeitos adversos, por exemplo, fogos, explosões, liberação repentina de materiais tóxicos.</p> <p><u>4. Avaliação e Determinação de Risco</u> Integração de probabilidades e conseqüências para estimativas quantitativas de riscos de segurança.</p> <p><u>Finalizações Típicas:</u></p> <p>Fatalidades, danos e perdas econômicas.</p> <p><u>Aplicações Típicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Segurança de processos químicos e petroquímicos. - Transporte de materiais perigosos - Segurança de processos ocupacionais - Gerenciamento de segurança e meio ambiente. 	<p><u>1. Análise dos Dados e Identificação do Perigo</u> Quantidade e concentrações de agentes químicos, físicos e biológicos no meio ambiente do local ou área em estudo.</p> <p><u>2. Estudos de Dose-Resposta ou Toxicidade</u> Relacionamento entre exposição e dose e efeitos adversos sobre a saúde.</p> <p><u>3. Estudo de Exposição</u> Caminhos e rotas, receptores potenciais incluindo subgrupos sensíveis, taxas de exposição e tempo.</p> <p><u>4. Caracterização de Risco</u> Integração da toxicidade e dados de exposição para expressão qualitativa e quantitativa de riscos sobre a saúde; análise de incertezas.</p> <p><u>Finalizações Típicas:</u></p> <p>Saúde humana, por exemplo, risco de câncer individual e populacional, perigos de doenças não cancerígenas.</p> <p><u>Aplicações Típicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Contaminação de subsolo. - Licenciamento ambiental - Aditivos de alimentos e remédios - Contaminação alimentícia por peixes e frutos do mar. 	<p><u>1. Formulação do Problema</u> Flora e fauna existente, especialmente espécies ameaçadas de extinção; levantamentos terrestres e aquáticos; contaminantes e geradores de “stress” na área em estudo.</p> <p><u>2. Estudos de Exposição</u> Caminhos, “habitats” ou populações receptoras, especialmente em perigo ou ameaçadas de extinção; concentrações de exposição.</p> <p><u>3. Estudos de toxicidade e efeitos ecológicos</u> Testes aquáticos, terrestres e microbiais, por exemplo, estudos de campo de LC₅₀ (concentração letal para 50% da população exposta).</p> <p><u>4. Caracterização do Risco e Ameaça</u> Integração dos levantamentos de campo, toxicidade e dados de exposição para caracterização de riscos ecológicos significativos, relação causal e incertezas.</p> <p><u>Finalizações Típicas:</u></p> <p>Impacto de habitats e ecossistemas, por exemplo, abundância de populações, diversidade de espécies.</p> <p><u>Aplicações Típicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudos ambientais - Sítios contaminados - Seleção de locais para industriais - Estudos em mangues - Licenciamento/registros de pesticidas - Controle da fabricação de substâncias tóxicas,

Tabela 2 – Quadro Geral e Comparação dos Três Tipos de Análises de Risco



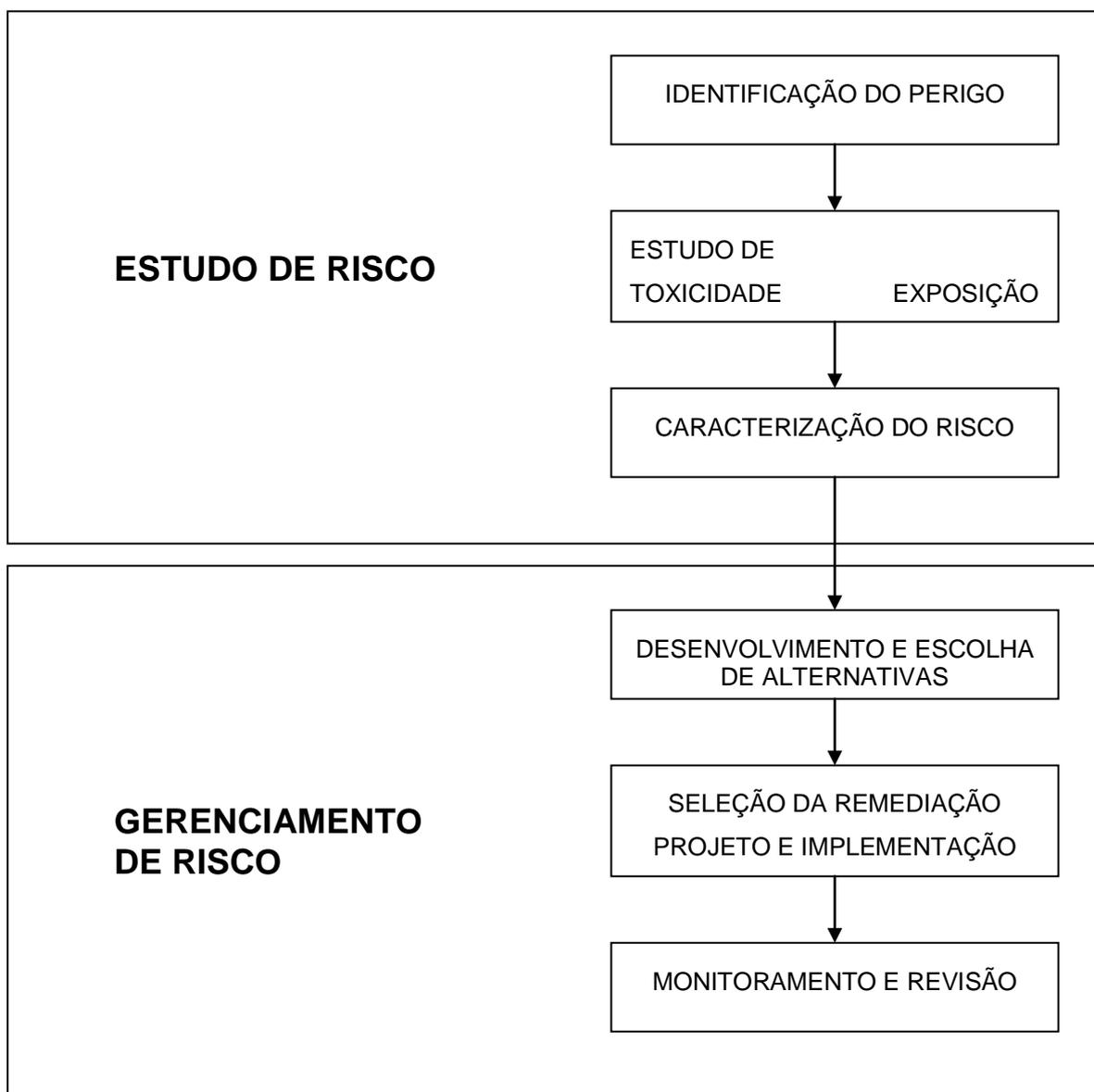


Figura 1 – Modelo Americano de Estudo de Gerenciamento de Risco.

4. Usos dos Estudos de Risco

O Brasil não tem ainda feito uso dos estudos de risco para saúde humana e para sistemas ecológicos, mas somente para lançamentos emergenciais (“emergency releases”) tendo em vista principalmente algumas situações críticas vividas no Plano de Controle de Poluição Ambiental do Município de Cubatão – SP, envolvendo oleodutos, tanques de cloro e amônia, etc. e por exigência da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

Nos Estados Unidos, as agências federais que rotineiramente usam análise de risco incluem o FDA (“Federal Drug Administration”), EPA (“Environmental Protection Agency”), OSHA (“Occupational Safety and Health Administration”), a Comissão de Segurança dos Produtos ao Consumidor (CPSC – Consumer Products Safety Commission) e os departamentos federais de agricultura, energia, defesa, transporte e energia nuclear. Uma forma mais operativa do controle do risco é feita através da Lei de Controle de Substâncias Tóxicas (TSCA – Toxic Substances Control Act) que exige que as empresas notifiquem o EPA sempre que houver o conhecimento da existência de qualquer risco significativo ainda não sabido pela agência ambiental, principalmente nos desenvolvimentos de novos produtos. Tais aplicações tem sido expandidas a partir das décadas de 70 e 80.

5. Usos e Vantagens

No Brasil, como já é aplicado nos Estados Unidos, poderíamos ter na análise de risco mais completa, incluindo risco à saúde humana e ecológico, os seguintes usos:

- › Estimar os benefícios (efeitos terapêuticos) versus riscos (efeitos colaterais ou tóxicos) dos novos remédios;
- › Julgar os benefícios (produção agrícola maior, menos perdas) versus riscos (contaminação do meio ambiente e dos produtos agrícolas) pelo uso dos pesticidas;
- › Avaliar a escolha de locais para indústrias, segurança de processos e perigos de transporte, melhorando o projeto e a construção das instalações.
- › Conduzir análises de decisão sobre a necessidade de descontaminação do subsolo bem como sua extensão.
- › Gerar cenários (what-if), por exemplo, para comparar o impacto potencial de alternativas de controle ambiental, estabelecendo prioridades para ações emergenciais e corretivas.
- › Avaliar tecnologias existentes e novas para o controle, prevenção e/ou mitigação de perigos e riscos ambientais.
- › Desenvolver base científica para o fechamento de unidades poluidoras ou a sua abertura sob certas condições.
- › Prover informações técnicas e consistentes sobre questões ambientais, de saúde pública ou ecológicas para as comunidades envolvidas, suprimindo suas expectativas e promovendo a sua adequada participação.



- › Gerar bases científicas para a redução de qualquer risco corporativo e o gerenciamento de planos, programas e projetos de custo-benefício.
- › Identificar perigos emergentes na ecosfera (exemplo, ozônio, estufa, etc) e promover ação mundial a respeito.

Como podemos ver as vantagens do uso da análise de risco para segurança de processos, saúde humana e fins ecológicos são inúmeras e oferecem uma base consistente para priorizar problemas, alocar recursos e reduzir riscos. A possibilidade de vantagens obtidas nos projetos são da ordem de 5% a 20% do custo total desses projetos.

Limitações no Brasil

Como já mencionado só temos usado no Brasil a análise de risco para lançamentos emergenciais (vazamento, explosão, acidentes de tanques, dutos, reatores, etc) e talvez a limitação mais crucial está na pequena quantidade de profissionais que tenham um treinamento mais amplo e que possam sair do “livro de receitas” e dar foco em assuntos críticos tanto para Saúde Pública quanto para o Corporativo do Setor Privado.

6. O Estudo de Risco e o seu Gerenciamento

Através da figura 1 podemos verificar como se desenrola o estudo e o gerenciamento do risco. Em geral o estudo de risco se constitui nas seguintes fases:

- 1) Identificação das fontes de perigo
- 2) Estimativa da dose resposta
- 3) Estimativa da exposição
- 4) Caracterização do risco

Costuma-se também manter o estudo de risco separado do gerenciamento de risco uma vez que este último acaba envolvendo considerações sobre dados de risco, assim como informações políticas, sociais, técnicas e econômico-financeiras, todas elas importantes para o desenvolvimento de opções alternativas para o equacionamento dos riscos envolvidos. Deve-se também tomar cuidado para que a fase de estudos/caracterização do risco esteja terminada para que após isso se inicie a fase de gerenciamento do problema, sob pena de se ter implicações econômicas e políticas alterando sua direção e conclusões. O problema pode piorar se a fase de estudo/caracterização se demorar demais (5 a 10 anos) até o início das primeiras ações concretas na fase de gerenciamento. Durante este período podemos ter mudança de consultorias, de exigências de governo e novas estruturas políticas das agências ambientais etc.

7. Medida, Índices e Indicadores de Risco

As medidas ou indicadores de risco para fontes de perigo na segurança (processos, ambientes de trabalho, comunidades) são as fatalidades, danos



sobre a saúde, invalidez e perdas econômicas. Na área de risco para saúde humana os riscos são expressos em termos de câncer e doenças não cancerígenas tais como efeitos na reprodução humana, trato respiratório, circulatório e neurológico.

Os riscos também podem ser expressos tanto como individual como populacional. O risco individual é a probabilidade de dano ou doença no caso de indivíduos altamente expostos em uma população (Um risco de câncer individual de 10^{-6} ou $1E-6$ significa, por exemplo, um incremento de chance em um milhão de desenvolver câncer da exposição a uma fonte de perigo no mesmo nível de uma vida inteira de 70 anos). O risco populacional é um estimativa da incidência no total da população que é potencialmente exposta.

8. Aceitabilidade do Risco

Se formos seguir o princípio do risco zero, nenhum risco seria tolerado não interessando quão pequeno fosse ele ou quais seriam os benefícios para a sociedade. Na prática, entretanto, nós não vivemos em um mundo livre de riscos. Haverá sempre um risco de fundo para fontes naturais e um pequeno risco será preferível se um risco maior puder ser evitado. Exemplo deste tipo de risco pode ser a toxicidade de um aditivo de alimento usado para prevenir a sua deterioração versus o risco do alimento ser envenenado pela toxicidade do aditivo. Outro exemplo que podemos citar seria o risco de usarmos raio X para diagnóstico precoce de câncer versus o risco de dano ao tecido exposto ao raio X ou até câncer.

9. Conclusões

Considerando a diversidade, complexidade e escopo dos problemas ambientais de hoje em dia, e mais ainda a dificuldade dos Governos Federal e Estadual (Agências Estaduais de Meio Ambiente) em analisar, conceber e implantar planos, programas e projetos que valorizem os poucos recursos ainda disponíveis para as áreas ambientais (incluindo aqui o saneamento ambiental: água, esgoto, resíduos, habitação, etc) a ferramenta da gestão e gerenciamento de risco se mostra como uma saída extraordinária para a manutenção da belíssima biodiversidade de recursos naturais brasileiros, invejados internacionalmente e mal reconhecidos por nós.

Essencialmente, as políticas nacionais e estaduais relacionadas com o meio ambiente precisam se tornar mais integradas e mais focadas em oportunidades para a melhoria ambiental do que tem sido no passado. Cada problema ambiental apresenta alguma possibilidade de dano à saúde humana, à ecologia, ao sistema econômico ou à qualidade da vida humana, o gerenciamento do risco ambiental tem comprovadamente reduzido eficazmente estes riscos ambientais e valorizados os recursos públicos nele invertidos.

Objetivamente, o conceito, as terminologias e metodologias analíticas têm ajudado, ao nível do Primeiro Mundo, a equacionar discussões disparatadas com linguagens práticas e simples, quer ao nível das comunidades, Ministério



Público, Governanças Corporativas, Agências Ambientais e profissionais da área ambiental, promovendo visão única, comprometimentos, intencionalidades e alinhamento para obtenção de realizações nunca antes vistas (“Breakthrough results”), ou seja, propiciar a nossa nação políticas e diretrizes ambientais de forma consistente e sistemática.

Assim, se recursos finitos são gastos em problemas de baixa prioridade ao invés de riscos de altas prioridades, daí então a nossa sociedade continuará enfrentando desnecessariamente altos riscos.



De forma exemplificada podemos citar algumas dúvidas que nos perseguem e que deveriam ser esclarecidas a nossa sociedade com a ajuda da ferramenta de análise de risco ambiental:

1. O uso de pesticida (inseticidas, fungicidas, raticidas, etc) em nossos ambientes de trabalho, residências, lavouras, etc já foram estudados pela análise de risco de forma eficaz ? Quais foram os resultados obtidos ? (Exemplo: caso Shell em andamento e outros.)
2. Os nossos óleos combustíveis industriais e automotivos (exemplo: óleo combustível 3^A e diesel) estão constituídos de que porcentagem de Hidrocarbonetos poliaromáticos (Pah) ? Qual o impacto disso sobre nossas vidas ?
3. Os aditivos colocados em nossos lubrificantes têm sido analisados quanto ao seu potencial de danos, face aos seus elementos constitutivos ?
4. Os metais chumbo, cádmio, etc. adicionados aos plásticos como estabilizantes, etc. podem causar danos às nossas vidas ? Como ?
5. As matérias primas refugadas como H₂SO₄ (subproduto de outros processos) e usados para a produção de sulfato de alumínio, assim como o cloro usado no tratamento de águas de estações públicas e privadas, podem causar danos sobre nossas vidas ? Como ?
6. A permissão do uso de PCB's (Bifenilas policloradas) de 50 ppm em rerefino de óleos lubrificantes de motores, conforme resolução 9 do CONAMA de 31/08/93 (artigo 13) bem como a disposição de suas lamas ácidas, causam danos às nossas vidas ou não ? Houve algum estudo de análise de risco disso ?
7. Os contaminantes do ar como ozônio causam danos às grandes populações urbanas expostas a ele ? As concentrações são conhecidas ? Os danos sobre a saúde humana são adversos ou não ?

Ou seja, poderíamos fazer uma lista de pelo menos 100 questões atualmente em desconhecimento ou ação prática por todos nós, não significando ser só o governo responsável, mas principalmente o setor privado e o indivíduo propriamente dito que não se dedica ao conhecimento e cuidado com as suas gerações futuras.

O "Science Advisory Board" do US EPA fez 10 recomendações sobre este assunto há 10 anos atrás:

1. Dar foco nos esforços de proteção ambiental nas oportunidades de maior redução de risco ambiental.
2. Promover tanta importância na redução de riscos ecológicos como naqueles de redução de riscos sobre a saúde humana.
3. Melhorar os dados e metodologias analíticas que suportem o estudo, comparação e redução de diferentes riscos ambientais.
4. Utilizar nos processos de planejamento estratégico do governo e do Setor Privado, prioridades baseadas em estudos de risco ambiental.
5. Utilizar nos processos orçamentários do governo e do Setor Privado, prioridades baseadas em estudos de risco ambiental.



6. Fazer maior uso das ferramentas disponíveis de risco ambiental em toda a nação.
7. Uso e emprego adequado da Prevenção da Poluição (P2) como uma forte opção para a redução do risco ambiental.
8. Aumentar os esforços para integrar as considerações de risco ambiental de forma mais abrangente nos aspectos de políticas públicas de forma tão prioritária como os aspectos econômicos.
9. Trabalhar para melhorar a compreensão pública dos riscos ambientais e treinar uma força de trabalho profissional que ajude a reduzi-los.
10. Desenvolver métodos analíticos melhorados para valorar os recursos naturais e contabilizar efeitos ambientais de longo prazo nas análises econômicas.



ANÁLISE DE RISCO DE SEGURANÇA APLICADA NO BRASIL

1 INTRODUÇÃO

O crescimento industrial nas últimas décadas, além de demonstrar um grande avanço tecnológico, passou a representar um grande avanço para a sociedade moderna, devido não só a geração de novos empregos, como também pela necessidade do ser humano utilizar os bens produzidos pela indústria, alguns considerados essenciais para o modo de vida praticado em nossos tempos.

Por outro lado a competitividade e a necessidade do aperfeiçoamento dos processos industriais tornaram as plantas cada vez maiores e mais complexas, com a introdução de novos produtos químicos no mercado mundial, levando a sérios problemas ambientais.

Além da poluição crônica, os acidentes industriais passaram a preocupar as entidades governamentais e não governamentais, a comunidade como um todo e a própria indústria, tornando patente a necessidade de se incrementar os investimentos na prevenção e controle da poluição e acidentes ambientais.

2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Ao longo do tempo os estudos relacionados à prevenção de acidentes vem sendo aperfeiçoados, com a introdução de novas técnicas, culminando, na década de 80, principalmente, após a ocorrência de acidentes de proporções catastróficas (Seveso, Cidade do México, Bhopal, Vila Socó-Cubatão), com a incorporação dos Estudos de Análise de Riscos pela indústria química e petroquímica. Estes estudos passaram ser desenvolvidos semelhantemente ao que já se praticava na área militar e aeronáutica, em termos de engenharia de confiabilidade e programas de segurança.

O foco das análises de riscos são os perigos agudos, condições químicas e físicas que apresentam potencial para causar mortes ao homem, além das perdas econômicas.

As questões básicas relacionadas diretamente aos estudos de análise de riscos podem ser apresentadas da seguinte forma:

- ↻ *O que pode dar errado e por quê?*
- ↻ *Quanto provável seria?*
- ↻ *Quanto negativo poderia ser?*
- ↻ *O que pode ser feito sobre isto?*



Estas quatro questões embasam toda a análise de riscos, incluindo a identificação dos perigos, estimativa da possibilidade de ocorrência de eventos causadores de acidentes, potenciais conseqüências de cada acidente e as medidas/sistemas a serem adotados visando a redução ou eliminação dos riscos.

Para um melhor entendimento, apresenta-se abaixo algumas definições básicas sobre o assunto.

- ↵ *Perigo: situação (incêndio, explosão ou vazamento de substâncias tóxicas) que ameaça a existência de uma pessoa ou a integridade física de instalações e edificações. Alternativamente, pode também ser definida como sendo as condições de uma variável com potencial para causar danos ou lesões.*
- ↵ *Risco: possibilidade de ocorrência de um perigo.*
- ↵ *Análise de Riscos: identificação e avaliação de elementos e/ou situações que possam causar eventos potencialmente perigosos.*
- ↵ *Avaliação de Riscos: utilização de metodologias de caráter experimental e/ou matemático para a determinação dos valores dos riscos provocados por uma instalação ou atividade industrial à população exposta.*

3 Etapas do Estudo de Análise de Riscos

Genericamente são determinadas quatro etapas básicas no desenvolvimento dos estudos de análise de riscos:

- ↵ Identificação dos perigos;
- ↵ Estimativa de freqüências e probabilidades;
- ↵ Análise de Conseqüências e Vulnerabilidade;
- ↵ Avaliação e Gerenciamento dos riscos.

3.1 Identificação dos Perigos

Nesta etapa são explorados os riscos inerentes e relacionados à operação da planta industrial, bem como as práticas e procedimentos existentes. Existem diversas metodologias e técnicas utilizadas podendo ser caracterizadas como qualitativas ou quantitativas. No Quadro 1, a seguir, encontram-se indicadas as aplicações típicas e as metodologias mais consagradas mundialmente.



Dentre os eventos mais comumente encontrados como iniciadores de acidentes em processos, destacam-se:

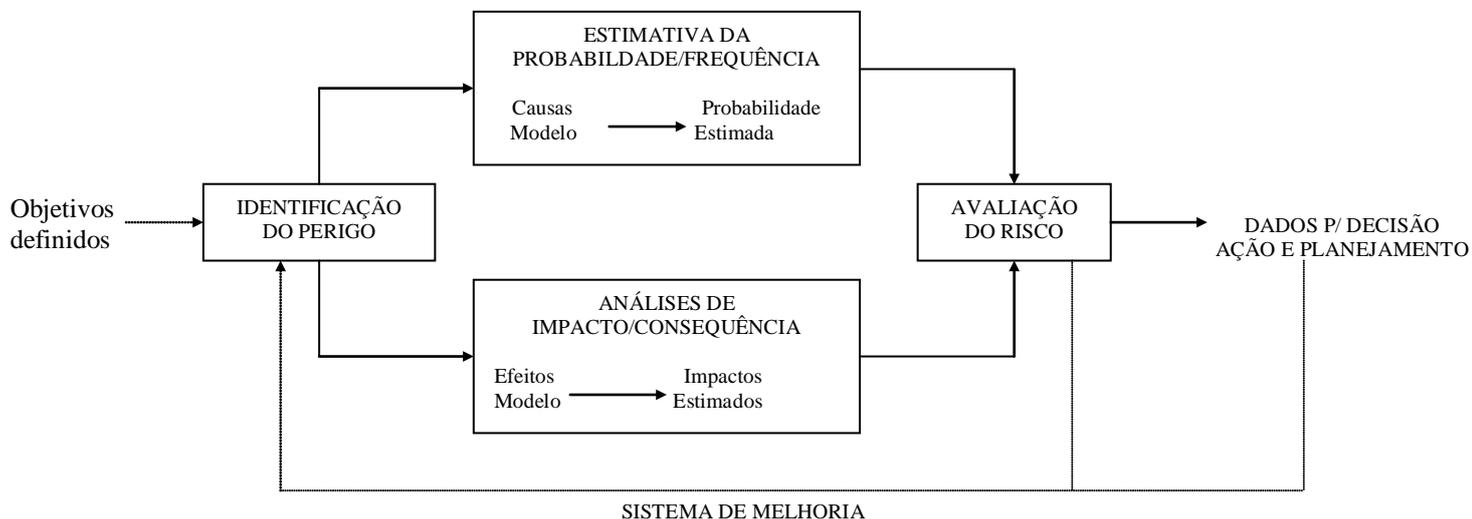
- ↳ perda de inventário de materiais inflamáveis, reativos ou tóxicos durante armazenamento, manuseio ou processamento;
- ↳ desvios de processo, principalmente aqueles relacionados aos reagentes e energia da reação;
- ↳ vazamentos perigosos ou condições inseguras provocados por falhas mecânicas ou erros humanos.

Quadro 1 - Metodologias e suas Aplicações Típicas

	Revisão de Segurança	Checklist / What-If	APP	HAZOP	FMEA	FTA / ETA
Projeto conceitual						
Operação de Planta Piloto						
Projeto detalhado						
Construção / start-up						
Operações rotineiras						
Ampliação ou Modificação						
Investigação de Incidentes						
Descomissionamento						

OBS.: APP =Análise Preliminar de Perigos
 HAZOP=Estudo de Perigo e Operabilidade
 FMEA =Análise por Modos de Falhas e Efeitos
 FTA =Análise por Árvore de Falhas
 ETA =Análise por Árvore de Eventos





<u>Identificação do Perigo</u>	<u>Estimativa da Probabilidade</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Auditoria de segurança • Revisão de “What-if” • Checklist • Brainstorming • FMEA • HazOp • Pior caso 	<ul style="list-style-type: none"> • Dados históricos (internos e externos) • Árvore de falhas/árvore de eventos • FMEA • Confiabilidade humana • Julgamento de especialista
<u>Análise de Consequências</u>	<u>Avaliação de Risco</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Condições da fonte e modelo de liberação • Modelos de dispersão atmosférica • Modelos de energia térmica e explosão • Zona de efeito vulnerável • Mitigação • Receptores potenciais 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco individual • Riscos sociais • Curva F-N • Perfil do risco • Contorno do risco

Figura 1 - Estudos de Análise de Riscos / Fluxograma Esquemático

3.2 Estimativa de Freqüências e Probabilidades

Esta fase envolve a estimativa das probabilidades de ocorrência dos eventos e situações identificadas na etapa anterior. Existem organizações nacionais e internacionais que disponibilizam para consulta, bancos de dados de falhas de componentes dos processos industriais. Entretanto, tais informações podem ser complementadas, às vezes, por extrapolação de dados reais provenientes da própria indústria e experiência da equipe responsável.

3.3 Análise de Conseqüências e Vulnerabilidade

Tomando-se por base as hipóteses acidentais definidas na fase de identificação, cada uma delas deverá ser estudada em termo das possíveis conseqüências que podem ser ocasionadas por esses eventos, mensurando-se, também, os impactos e danos causados.

Desta forma, a análise de conseqüências pode ser dividida em cinco atividades, a saber:

- ↻ caracterização da quantidade, forma e taxa de emissão do material e energia para o meio ambiente;
- ↻ estimativa, através de medições e/ou modelagem, do transporte de materiais e propagação de energia, na direção dos receptores de interesse;
- ↻ estudar os efeitos quanto a saúde e segurança relacionados com os níveis de exposição projetados, especialmente no que se refere às concentrações atmosféricas;
- ↻ identificação dos impactos ambientais;
- ↻ estimativa de perdas (danos materiais) e outros impactos econômicos.

3.4 Avaliação e Gerenciamento dos riscos

Para se chegar à estimativa dos riscos, os resultados da análise de probabilidades e conseqüências são integrados, considerando-se que o risco é classicamente definido como o produto entre a probabilidade de ocorrência e as conseqüências geradas por um evento indesejável. Normalmente os riscos são apresentados sob a forma de risco individual e risco social.

Os riscos identificados ou calculados passam por uma avaliação, a fim de se permitir a definição das medidas e procedimentos a serem implementados, visando sua redução e/ou gerenciamento.

A forma de apresentação dos resultados deve ser realizada por uma linguagem simples, de fácil entendimento, sendo mostradas a seguir, as três formas mais utilizadas.



- ↺ curvas de iso-risco em torno da planta (fonte de risco) apresentando os vários níveis de fatalidades e/ou ferimentos;
- ↺ gráfico de risco, mostrando as freqüências esperadas em função da distância ou freqüência em função das conseqüências;
- ↺ curva F-N, também trata-se de um gráfico, onde encontra-se a freqüência "F" acumulada dos eventos causando "N" ou mais fatalidades ou outros efeitos.

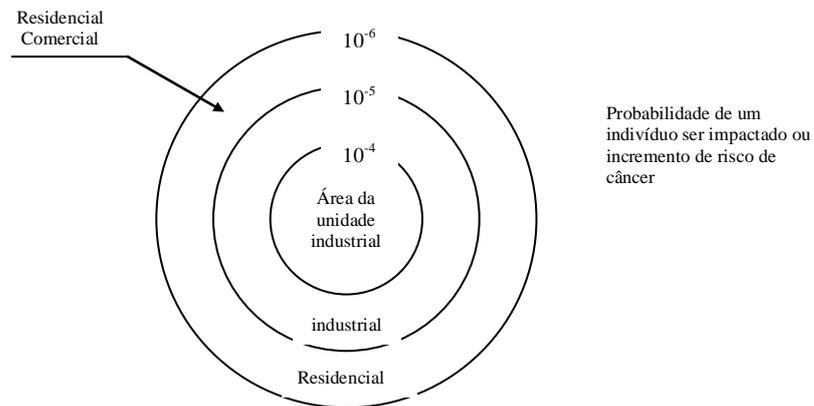


Figura 2 - Exemplo de Contorno de Risco Individual

Figura 3 – Risco Social F-N – exemplo de curva.

RANKING EPA

RANKING PÚBLICO

Ecológico/
Meio Ambiente

Saúde Pública

Saúde Pública e
Preocupações
Ambientais

- Destruição e alteração do habitat
- Extinção de espécies e perda de diversidade biológica
- Exaustão do ozônio Estratosférico
- Mudanças climáticas Globais
- Pesticidas
- Tóxicos, nutrientes e DBO águas superficiais
- Deposição ácida
- Tóxicos em suspensão
- Derramamento de óleo
- Poluição de águas subterrâneas
- Radionuclídeos
- Chuva ácida
- Poluição térmica

Alto

Baixo

- Poluição do ar ambiente de fontes estacionárias e móveis.
- exposição do trabalhador a substâncias químicas na indústria e agricultura
- Poluição em ambientes internos, incluindo radom e produtos de combustão e orgânicos voláteis nos produtos consumidos.
- Poluentes na água potável, como chumbo, clorofórmio e micróbios
- Resíduos de pesticidas nos alimentos.
- Substâncias tóxicas nos produtos de consumo

EPA

Alto

A
L
O
C
A
Ç
Ã
O

D
E

R
E
C
U
R
S
O
S

Baixo

Alto

- Poluição do ar em amb. internos
- Radiações de Microondas e raioX (não nuclear)
- Produtos de consumo
- Pesticidas
- Água Potável
- Exaustão da camada de ozônio
- Derramamentos acidentais
- Exposição do trabalhador a substâncias químicas
- Poluição do ar
- Acidentes em plantas químicas
- Poluição das águas por resíduos industriais
- Locais de resíduos perigosos em uso ou abandonados

