

ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL PARA HIDRÓLOGOS

David Edward Fields¹ e Celso de Oliveira Loureiro²

Resumo - A disciplina relativamente nova de avaliação de risco ambiental está sendo amplamente aplicada como uma ferramenta de gestão ambiental nos países mais industrializados da América do Norte, Europa e Ásia. Os benefícios de se considerar propriamente o risco ambiental na interpretação e comunicação dos resultados dos estudos e das simulações hidrológicas incluem um melhoramento na gestão da saúde pública e a proteção do meio ambiente em geral. Este artigo discute a importância da avaliação do risco ambiental nas sociedades modernas. Conceitos chave relativos à avaliação do risco ambiental são introduzidos e definidos.

Palavras-chave - análise de risco, risco ambiental, risco humano

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é responder à seguinte pergunta: “Seriam os resultados obtidos tradicionalmente de uma análise hidrológica suficientes para apresentarem claramente todas as suas implicações?” Esta questão, e as suas diversas implicações, assumem um significado próprio quando avaliadas dentro de uma perspectiva apropriada. Esta perspectiva é sugerida pelas duas situações descritas a seguir.

¹ Ph.D., Professor Visitante do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.
e-mail: fields@desa.ufmg.br

² Ph.D., Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.
e-mail: celso@desa.ufmg.br

Endereço: DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Escola de Engenharia da UFMG
Av. do Contorno, 842 Centro, 7º Andar
CEP 30.110-060 Belo Horizonte - MG
Tel. (031) 238-1884 - Fax. (031) 238-1879

- É possível que um novo manancial, presumivelmente de água potável, esteja sendo considerado para o aproveitamento mas uma análise química de composição tenha demonstrado que a água esteja contaminada com baixas concentrações de poluentes de fontes naturais ou antropogênicas. O desafio está em interpretar e apresentar esta informação em uma maneira clara e informativa. Frequentemente, a mais esclarecedora interpretação sobre a presença destes poluentes é realizada sob a perspectiva do risco à saúde humana.
- Uma segunda situação é que contaminantes podem estar aparecendo em concentrações crescentes em um poço operando em regime de produção. É provável que uma análise química possa descrever os poluentes e que uma análise hidrológica possa sugerir a futura tendência na variação das concentrações. A perspectiva do risco humano novamente se torna importante. Caso a descontaminação seja possível com tratamento extra ou através de mecanismos de descontaminação que produzem rejeitos, então a situação se torna mais complexa. Nestas condições, o custo e o risco ambiental também devem ser considerados.

Em cada uma destas situações, a questão “Seriam os resultados obtidos tradicionalmente de uma análise hidrológica suficientes para apresentarem claramente todas as suas implicações?” tem a mesma resposta. Os resultados devem ser acompanhados pela apresentação dos valores do respectivo risco que expressa os efeitos na saúde do homem e de seu meio ambiente.

Onde a clareza de comunicação é importante, a resposta é sempre que a análise hidrológica é por si mesma insuficiente. Usualmente, existe a necessidade de situar os resultados hidrológicos no seu próprio contexto. Nos dois exemplos anteriores, este contexto pode ser relacionado à adequação das concentrações de poluentes aos padrões legais ou aos níveis calculados do risco humano e ambiental. No caso em que os padrões legais já estejam sendo usados diretamente, então deve-se reconhecer que eles são normalmente estabelecidos com base nos níveis de risco.

Por estas razões, é importante que o hidrólogo que pretenda apresentar os resultados de sua análise em um contexto onde eles serão usados no processo de

decisão de gestão, possa ter uma compreensão dos princípios da avaliação do risco ambiental.

A importância da disciplina de Avaliação do Risco Ambiental aplicada aos recursos hídricos subterrâneos é claramente estabelecida na Agenda 21 (Capítulo 18), um dos relatórios escritos na ECO-92, no Rio de Janeiro. A Agenda 21 (Keating, 1993) estabeleceu que o maior desafio seria:

“iniciar a realização de programas voltados para a efetiva prevenção e controle da poluição da água, desenvolvidos com base em uma combinação adequada de estratégias para promover a redução da poluição na sua origem, a avaliação dos impactos ambientais, o atendimento aos padrões ambientais no caso das descargas de fontes pontuais e das fontes não pontuais de alto risco, de acordo com as condições locais de desenvolvimento sócio-econômico.”

A Agenda 21 continua enfatizando a importância de se adotar uma base de risco no processo decisório ambiental, afirmando que os pesquisadores deveriam usar a “avaliação do risco e os critérios da gestão do risco nos processos de tomadas-de-decisão nesta área, assegurando o cumprimento das decisões tomadas”.

O Relatório sobre o Estado Global do Meio Ambiente, de 1997, publicado pelo Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (GSE, 1997), listou as seguintes tendências ambientais globais como problemas emergentes e fundamentais que precisam ser devidamente tratados:

- o uso dos recursos renováveis representados pela terra, florestas, água doce, áreas costeiras, zonas pesqueiras e ar urbano está além das suas respectivas capacidades naturais de regeneração e, conseqüentemente, é insustentável;
- o crescente uso e disseminação de produtos químicos para alimentar o desenvolvimento econômico está causando problemas significativos de riscos à saúde, de contaminação do meio ambiente e de disposição final de rejeitos; e,

- o risco à saúde humana está aumentando como resultado da degradação contínua dos recursos naturais e da poluição química.

Para que o hidrólogo atuante em sua área possa efetivamente considerar estas tendências na avaliação de sistemas hidrológicos, torna-se necessário a implementação de novas metodologias voltadas para a avaliação integrada e abrangente do risco. A aplicação destas metodologias permitirá decidir sobre qual dos problemas fundamentais são os mais significativos sob a perspectiva da saúde humana, da saúde ambiental e do custo de desenvolvimento do sistema em questão. O relatório GSE ainda sugere que novas metodologias de avaliação e modelagem, acopladas com banco de dados detalhando as respostas dos seres humano e da ecologia aos agressores ambientais, são também necessárias.

AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL

A Avaliação do Risco Ambiental é um processo que começa com a identificação das fontes potenciais de contaminação ambiental ou de quaisquer outros agressores ambientais os quais podem ser originários: de instalações e atividades industriais; de instalações sanitárias nas municipalidades; das condições de acidentes no transporte, manuseio e armazenamento de substâncias tóxicas perigosas; das condições acidentais nas instalações e nas atividades dos postos de distribuição de combustíveis; das operações e instalações nucleares; ou de outra qualquer atividade que afete o meio ambiente. A identificação destes agressores ambientais, predominantemente contaminantes tóxicos químicos ou biológicos, e a descrição de suas concentrações no meio ambiente, para várias condições de liberação, constitui o primeiro passo na identificação e quantificação dos possíveis efeitos biológicos adversos na espécie humana ou em sistemas ecológicos determinados (conseqüências), resultantes da exposição, junto com a probabilidade de que tais efeitos possam realmente ocorrer. Frequentemente o cálculo do risco é baseado ou na concentração ambiental ou nas quantidades de material ingeridas ou inaladas por unidade de tempo, normalizadas ao peso do corpo do indivíduo. Os objetivos da avaliação do risco ambiental incluem a identificação dos efeitos adversos, a determinação da provável magnitude destes efeitos e o cálculo ou estimativa das probabilidades de que estes efeitos venham a ocorrer. Pontos de referência onde os efeitos podem ser medidos ou estimados são denominados “pontos-finais”. Algumas vezes, o “ponto-final” é a saúde humana. Em outras ocasiões, é

a espécie mais afetada ou a malha ecológica. Assim sendo, o ponto-final mais relevante, onde os riscos podem ser calculados ou medidos, varia grandemente entre diferentes locais e diferentes ecossistemas. Neste último caso, o ponto-final deveria ser escolhido pela sua importância ecológica e econômica e, talvez, social e política. Também é importante que os riscos nestes pontos-finais possam de fato ser quantificáveis, direta ou indiretamente.

A estimativa das incertezas na avaliação do risco deve ser incluída na apresentação final do valor calculado para o risco. Sem que haja uma apresentação explícita da incerteza embutida nos dados iniciais medidos e nos resultados obtidos na avaliação do risco, as conclusões tiradas no processo podem se tornar inválidas. Algumas vezes (especialmente para considerações de baixo risco), comparativamente grandes erros podem ser tolerados; entretanto, quando os riscos calculados estão próximos dos níveis críticos de decisão, maiores cuidados deveriam ser tomados para minimizar estas incertezas (Fields, 1986). O desafio de estimar a confiabilidade das predições de modelos está recebendo continuada atenção por parte da comunidade científica (IAEA, 1989; Hoffman, 1990; ORNL, 1994).

CONCEITOS BÁSICOS

RISCO À SAÚDE HUMANA

Os riscos ambientais são freqüentemente avaliados em duas etapas separadas: a primeira é a avaliação do risco à saúde humana, usualmente associada com a morte ou morbidade; a segunda avaliação, denominada a avaliação do risco ecológico, considera outras espécies além do homem, assim como as mudanças mais relacionadas com o meio ambiente externo. O objeto de interesse pode ser indivíduos, grupos de organismos ou a complexa malha de organismos, denominada sistema ecológico. Além dos impactos primários ou diretos sobre a saúde humana, relacionados à morte ou morbidade, o risco à saúde humana incorpora também os impactos secundários, incluindo considerações tais como a criação ou perda de oportunidades de emprego e a geração ou remediação de áreas recreacionais contaminadas. A consideração sobre estes impactos secundários no processo de avaliação do risco à saúde é desafiante (de Souza, 1997).

O **Risco à Saúde Humana** é definido como a consequência provável (número de mortes) combinada com a probabilidade de que esta consequência venha a ocorrer. Muito freqüentemente, o risco à saúde humana é representado como o **risco absoluto à saúde humana**. Mais freqüentemente ainda, o risco absoluto é definido sucintamente

como o **risco individual à saúde humana**, representando a probabilidade de que uma pessoa morra.

De acordo com (Suter, 1995) os valores do risco à saúde humana têm sido agrupados em três níveis distintos, denominados: 1) *de minimis* (valores baixos); 2) intermediários; e, 3) *de manifestis* (valores altos). Os riscos intermediários de excesso de câncer ao longo do período normal de vida variam entre 10^{-4} a 10^{-6} , onde o termo “excesso” implica que estes riscos são relacionados às ocorrências de casos acima do nível de fundo de incidência de câncer. Níveis significativos, ou *de manifestis*, são definidos como 10^{-4} ou maiores. Os riscos considerados *de manifestis* são normalmente interpretados como sendo suficientemente alto, de tal maneira que ações imediatas deveriam ser tomadas para reduzi-los. De acordo com esta prática, apenas a categoria posterior de risco mencionada acima é considerada suficientemente importante para justificar ações imediatas. Estas determinações a respeito dos níveis são baseadas, em parte, em interpretações sobre as leis ambientais dos Estados Unidos da América, incluindo os requisitos para restauração e remediação de locais contaminados. Apesar destas definições apresentarem uma utilidade considerável, os valores aqui mencionados devem ser considerados como dependentes culturalmente e, conseqüentemente, deveriam ser revistos e eventualmente adaptados antes de serem adotados em outras comunidades sócio-políticas.

Os autores deste artigo acreditam que uma metodologia própria deva ser estabelecida, aplicável às condições sócio-culturais, religiosas, econômicas e tecnológicas do país, com a especificação de uma base decisória adequada às condições locais, para que se possa assim definir quais seriam os níveis de riscos aceitáveis e inaceitáveis pela sociedade. Desta maneira, a perspectiva de avaliar comparativamente os riscos com os respectivos custos e benefícios parece ser justificável. Estes riscos, custos e benefícios devem ser avaliados considerando o nível de precisão em que são conhecidos. Neste sentido, o conceito conservativo de avaliação de risco, no qual o risco é estimado para o pior caso, entre todas as outras possíveis situações, vem sendo adotado já há algum tempo. Na realidade, este enfoque se justifica apenas para uma primeira e básica avaliação do risco, como será discutido a seguir. Reconhece-se que as mais defensáveis decisões resultam de aplicações dos melhores (e não necessariamente dos mais conservativos) dados, dos modelos mais realistas e das análises mais cuidadosas e precisas (Fields, 1988). Se uma avaliação aproximada ou conservativa do risco pode mostrar que os riscos estimados são baixos, então esta avaliação pode ser

considerada efetiva sob o aspecto de custo. No entanto, se os resultados desta estimativa mostram que os riscos podem ser significativos (acima do nível *de minimis*), então uma análise mais cuidadosa torna-se necessária.

RISCO ECOLÓGICO

O **Risco Ecológico** é definido com base em uma determinada consequência ecológica bem especificada, combinada com a probabilidade de que esta consequência venha a ocorrer. Esta definição está obviamente aberta a interpretações, tornando-se, desta maneira, bastante subjetiva. É de responsabilidade do analista envolvido com a avaliação do risco, a tarefa de identificar e quantificar o risco, considerando os mais importantes e significativos componentes afetados na malha ecológica em questão. O risco ecológico é mais difícil de quantificar do que o risco humano, devido ao fato de que o sistema ecológico em consideração pode ser considerado sob diferentes perspectivas. O risco ecológico deve ser avaliado com a preocupação e a noção de que a habilidade de sustentar nosso ecossistema é absolutamente crucial para a nossa sobrevivência. Estes ecossistemas fornecem a água, produzem alimentos, mantêm as condições hidrometeorológicas de habitabilidade do planeta, satisfazem as nossas necessidades materiais e garantem o nosso sustento espiritual e recreativo.

FUSÃO DOS COMPONENTES DO RISCO À SAÚDE HUMANA E DO RISCO ECOLÓGICO

As considerações sobre o risco ambiental são normalmente feitas mantendo os componentes do risco humano e ecológico separados (Duke 1995, Brown 1997). Na verdade, o risco ecológico tem normalmente vários componentes que podem ser radicalmente diferentes. Frequentemente uma dada ação incorrerá em mudanças tanto benéficas quanto deletérias ao meio ambiente. Geralmente, seriam identificadas mudanças no nível do risco humano, acopladas com as mudanças em uma variedade de níveis do risco ecológico. Exemplos de problemas complexos desta natureza são as emissões de gases atmosféricos que promovem mudanças climáticas globais e a liberação de produtos químicos para a atmosfera e hidrosfera que reproduzem as funções do hormônio estrogênio em muitas espécies animais (Kavlock 1996; Zacharewski, 1997). Torna-se tecnicamente e cientificamente desafiador conceber um sistema universalmente aceitável para avaliar estes tipos radicalmente diferentes de risco ecológico e muito mais difícil ainda encontrar uma base comum para a avaliação dos riscos humanos e

ecológicos. Por esta razão, não existem aparentemente nenhum exemplo de onde ambos os riscos, ecológicos e humanos, tenham sido expressos como um único número. O Comitê de Consultoria Científica da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos vem chamando a atenção sobre o desafio de como combinar os diversos componentes do risco ecológico e promete publicar, ainda neste primeiro semestre de 1998, um relatório preliminar sobre os procedimentos integrados do processo de tomada de decisão ambiental. No entanto, mesmo este relatório não deverá incluir a tentativa de integrar a avaliação dos riscos humanos e ecológicos (EST 1998).

Assim, como poderia este desafio ser acomodado? Recentemente, algumas agências (ORNL 1994) iniciaram uma linha de atividades voltadas para o desenvolvimento de ferramentas de gestão do risco que possam incorporar a correspondência entre riscos humanos e o custo monetário efetivo. A integração destes conceitos diversos poderia ser estabelecida a partir da representação das conseqüências em uma base econômica comum.

MODELOS E PROCEDIMENTOS – ESTRUTURAS FORMAIS PARA A AVALIAÇÃO DO RISCO

Devido à utilidade dos conceitos de risco nos processos de tomada de decisão, os interesses internacionais vêm sendo direcionados para o desenvolvimento de metodologias e parâmetros para a quantificação do risco em uma maneira consistente e defensável. Como resultado deste interesse, foi criada uma estrutura unificada para a avaliação e comparação de riscos a qual está encontrando uma crescente utilidade em um mundo onde as conseqüências das ações e decisões locais podem ser examinadas em uma escala global. Esta estrutura está baseada no conceito de que o risco ambiental tem dois componentes que podem ser estimados ou medidos e que, com base nestes valores de risco, as tomadas de decisões sobre a questão da gestão ambiental podem ser muito bem fundamentadas. Qualquer uma das várias estruturas formais já existentes poderiam ser empregadas para auxiliar nas tomadas de decisão relativas à gestão do risco ambiental. Uma discussão sobre algumas destas estruturas será feita a seguir.

A avaliação do risco começou como uma avaliação qualitativa sobre a resposta dos seres humanos e do sistema ecológico aos componentes ambientais estressantes. Porém, rapidamente o procedimento se tornou mais e mais quantitativo. A Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos (EPA) se manteve na liderança durante este

período evolutivo de desenvolvimento de metodologias. O enfoque adotado pela EPA (USEPA, 1992 e Norton, 1993) continha os quatro seguintes aspectos determinantes:

- formulação do problema, incluindo a identificação de ações alternativas;
- caracterização das exposições resultantes para cada ação possível;
- caracterização dos efeitos para cada tipo e nível de exposição;
- caracterização do risco associado a cada efeito identificado; e,
- aplicar as estratégias de gestão do risco.

A estratégia de ação escolhida pela Comissão de Ciências da Vida, do Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) dos Estados Unidos foi similar, mas uma tentativa foi feita para minimizar a complexidade do processo começando, não de uma perspectiva global, mas através de uma redução do escopo do desafio baseando suas decisões em uma avaliação preexistente dos possíveis riscos (NRC, 1983 e Barnthouse, 1993). O objetivo era conectar da melhor forma possível as metodologias científicas com os processos regulatórios e de tomada de decisões. Houve também a inclusão de uma diretriz mais formal de gestão do risco, incorporando as seguintes etapas:

- o primeiro passo formal, que consiste em considerar, para a situação em questão, os critérios internos do NRC e determinar as possíveis alternativas de ação ;
- identificar os perigos associados a cada alternativa de ação;
- avaliar as exposições para cada tipo de perigo identificado;
- avaliar as correlações entre as exposições e as respectivas respostas;
- caracterizar os respectivos riscos; e,
- aplicar as estratégias de gestão do risco.

A avaliação do risco, quando feita dentro de um contexto burocrático e de pouca visão, pode se tornar em um processo significativamente dispendioso. Em reconhecimento à complexidade e ao custo potencial da gestão ambiental, outras maneiras de tratamento do problema foram desenvolvidas. Por exemplo, a Fundação de Pesquisas Ambientais da Água – “Water Environmental Research Foundation” (Cardwell, 1993) propôs uma estratégia de ação de múltiplas conexões, de acordo com o seguinte:

- passo número 1 – avaliação de escrutínio. O problema é definido, as fontes e as respectivas exposições são caracterizadas, os receptores e objetivos de medidas são identificados. Os riscos e os erros associados são estimados mas um esforço é feito para manter os custos baixos. Dados genéricos, ao invés de específicos para o local de interesse podem ser usados;
- passo número 2 – requer uma decisão. Se os riscos estimados e os erros associados sugerem que a situação seja aceitável, então nenhuma ação extra é realizada. Se as estimativas de risco sugerem que possa existir problemas significativos, então estimativas mais precisas são feitas com dados específicos existentes sobre o local;
- passo número 3 – requer uma segunda decisão. Se o uso de dados específicos sugerem que não existam riscos significativos, então novos dados devem ser obtidos para refinar a compreensão do problema; e,
- a avaliação do risco prossegue do passo final que esteja realizado completamente.

MODELOS, DADOS E INCERTEZAS

Tanto os riscos humanos quanto os riscos ecológicos são freqüentemente identificados como sendo dependentes da concentração de poluentes tóxicos no meio ambiente. O modo mais preciso de se conhecer estas concentrações é medi-las mas, algumas vezes, isto não é prático, ou mesmo possível, e os modelos matemáticos devem ser empregados para calcular os níveis de poluição. Estes modelos incluem: 1) a descrição matemática da fonte e de suas características, junto com as equações que descrevem o transporte destes poluentes através do meio ambiente; 2) a transferência dos poluentes através da cadeia alimentar humana e a outros compartimentos ambientais; e, 3) a eventual ingestão ou inalação, ou talvez a deposição dos poluentes em plantas e animais. As predições dos modelos deveriam incluir uma estimativa final das suas respectivas incertezas, obtidas das incertezas iniciais básicas, introduzidas na formulação do modelo conceitual e na obtenção dos dados de entrada.

Um dos maiores desafios na avaliação do risco é garantir que as decisões sejam baseadas no conhecimento acurado do meio ambiente. A medida em que se tenha informações mais precisas sobre o meio, e uma compreensão mais clara dos mecanismos e respostas dos sistemas envolvidos, pode-se ter uma maior confiança sobre as decisões a serem tomadas com relação à gestão do risco.

CONCLUSÃO

A questão “Seriam os resultados obtidos tradicionalmente de uma análise hidrológica suficientes para apresentarem claramente todas as suas implicações?” merece uma resposta negativa. Uma avaliação do risco ambiental pode proporcionar informações valiosas sobre as implicações de uma situação particular e pode assistir grandemente na apresentação apropriada destas implicações com o propósito de subsidiar o processo de tomada de decisões.

REFERÊNCIAS

- Barnthouse, L. W. 1993. “Ecological Risk Assessment and the National Research Council” in E.S. Bender and F. A. Jones, eds., **Applications of Ecological Risk Assessment to Hazardous Waste site Remediation**, Water Environment Federation, Alexandria, Virginia.
- Brown, G. L., R. M. Wilson, G. A. Clyde, and D. F. Chollak. 1997. “Developing Remediation Criteria on the Basis of Health and Ecological Risks at a Former Sour Gas Plant Site” in **Proceedings of the 19th Canadian Waste Management Conference**. St. John’s, Newfoundland, Canada. Sept. 15-18.
- Cardwell, R. D., B. Parkhurst, W. Warren-Hicks, and J. Volosin. 1993. “Aquatic Ecological Risk Assessment and Clean-up Goals for Metals Arising from Mining Operations” in E. S. Bender and F. A. Jones, eds., **Applications of Ecological Risk Assessment to Hazardous Waste Site Remediation**, Water Environment Federation, Alexandria, Virginia.
- de Souza, Rosana C. and N. N. B. Salvador. 1997. “Proposta para avaliação dos impactos sociais nos processos de implantação e operação dos serviços de tratamento de esgotos sanitários” in **Engenharia Sanitária e Ambiental** 2 3. 91-95.
- Duke, C. S., A. M. Nazarali and L. N. Dean. 1995. “Integrated Ecological and Human Health Risk Assessments for the U.S. Department of Energy’s Hanford Site” in

Global Environmental Protection: Science, Politics, and Common Sense, Proceedings of the Second Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) World Congress and 16th Annual Meeting. Vancouver, British Columbia, Canada, November 5-9.

EST. 1998. "SAB Project Pushes Integrated Approach to Risk-Based Decisions" in **Environmental Science and Technology** 32 5. p 127.

Fields, D. E., C. J. Emerson, R. O. Chester, C. A. Little and G. Hiromoto, 1986. **PRESTO-II -- A Low-Level Radioactive Waste Environmental Transport and Risk Assessment Code.** Oak Ridge National Laboratory Report ORNL-5970.

Fields, D. E. and C. W. Miller, 1988. "A Methodology for Deriving Model Input Parameters from a Set of Environmental Data". **Ecological Modeling** 40, 155ff.

GSE 1997. See **The Future of the Global Environment; A Model-based Analysis Supporting UNEP's First Global Environment Outlook.** UNEP/DEIA/TR97-1.

Hoffman, F. O. 1990. "Conclusions of BIOMOV5 Phase I" in **BIOMOV5 – on the Validity of Environmental Transfer Models.** National Institute of Radiation Protection. Stockholm.

IAEA 1989. **Evaluating the Reliability of Predictions made using Environmental Transfer Models.** International Atomic Energy Agency Report IAEA-SS-100. Vienna.

Keating, M. 1993. **Agenda for Change; A plain language version of Agenda 21 and the other Rio Agreements.** Centre for Our Common Future.

Kavlock, R.J. and G.T. Ankley, 1996. "A Perspective on the Risk Assessment Process for Endocrine-Disruptive Effects on Wildlife and Human Health". **Risk Analysis** 16 (6).

NRC (National Research Council). 1983. **Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process.** National Academy Press, Washington, District of Columbia.

Norton, S.B., D. J. Rodier, J. H. Gentile, and W. van der Schalle. 1993. "EPA's Framework for Ecological Risk Assessment" in E. S. Bender and F. A. Jones, eds., **Applications of Ecological risk Assessment to Hazardous Waste Site Remediation,** Water Environment Federation, Alexandria, Virginia.

ORNL, 1994. **External Costs and Benefits of Fuel Cycles: A Study by the U.S. Department of Energy and the Commission of European Communities.** USDOE Contract DEAC05-84OR21400.

- Suter II, G. W., B. W. Cornaby, C. T. Hadden, R. N. Hull, M. Stack and F. A. Zafran. 1995. "An Approach for Balancing Health and Ecological Risks at hazardous Waste Sites" in **Risk Analysis** **15**, 221.
- Zacharewski, T., 1997. "*In-Vitro* Bioassays for Assessing Estrogenic Substances" in **Environmental Science and Technology** **31** 3 (613-623).