

PROCEDIMENTOS DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Seiju Hassuda¹

RESUMO

A contaminação do solo e da água subterrânea tem apresentado destaque entre os temas associados a problemas ambientais mundialmente existentes. Esta contaminação ocorreu principalmente como decorrência da revolução industrial ocorrida após a segunda guerra mundial. Segundo CETESB (2001), esta contaminação tem causado basicamente quatro tipos de problemas: existência de riscos à segurança das pessoas e das propriedades, riscos à saúde pública e dos ecossistemas, restrições ao desenvolvimento urbano e redução do valor imobiliário.

Em função dos problemas apresentados acima, vários países da Europa e da América do Norte desenvolveram estudos, pesquisas, sistemas de controle e gerenciamento destas áreas contaminadas para caracterizar, avaliar e remediar quando necessário. No Brasil não existe, em nível federal, um sistema de identificação, classificação e priorização de áreas contaminadas. Somente no Estado de São Paulo foi publicado no ano de 2001, o manual de gerenciamento de áreas contaminadas, elaborado pela equipe da CETESB com a cooperação técnica do governo da Alemanha, através da GTZ (Deutsche Gesellschaft für Zusammenarbeit) dentro do projeto Recuperação do Solo e das Águas Subterrâneas em Áreas de Disposição de Resíduos Industriais. Neste manual é apresentado o Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, onde as áreas são identificadas e classificadas em Áreas Potencialmente Contaminadas, Áreas Suspeitas de Contaminação e Áreas Contaminadas. Este processo é realizado através de um sistema de priorização baseado em dados técnico-científicos.

Para investigar as áreas contaminadas é necessário compreender a magnitude da contaminação existente na área investigada e delinear os meios para controlar e remediar a contaminação. Para tanto, além de entender o meio físico, tais como geologia e hidrogeologia, é necessário também compreender o comportamento do contaminante. Por exemplo, as propriedades físico-químicas do contaminante, tais como sua solubilidade na água ou sua sorção no solo com matriz orgânica ou sua densidade podem ditar a velocidade e a formação de fase livre do contaminante no aquífero. Os trabalhos de campo realizados na caracterização de áreas contaminadas podem ser diferenciadas em duas fases

A Fase 1 consiste basicamente na investigação inicial da área de interesse, sem a condução de trabalhos de campo. Esta etapa consiste na máxima utilização de dados existentes para desenvolver o modelo conceitual preliminar da área e do processo. A Fase 2 consiste essencialmente nos trabalhos de campo onde ocorrerá a caracterização da área de interesse, e deve ocorrer basicamente em três etapas. A primeira etapa é a execução do estágio de "screening" de campo para otimizar o estágio subsequente de investigação direta de obtenção de dados. A segunda etapa consiste na investigação

1) *Seiju Hassuda, Dr.; Sócio-Diretor da Tecnobidro Projetos Ambientais S/C Ltda. Rua Padre Francisco Libermann, 301. Vila São Francisco, SP. CEP 05353-160. PABX. (011) 3765-2425 FAX. (011) 3765-2099. Email. hassuda@tecnobidro.com.br*

direta da zona não-saturada e saturada executando-se por exemplo perfurações no solo e instalação de poços de monitoramento, além de outras técnicas de investigação. Por final, a terceira etapa que se resume no estágio confirmatório que pretende refinar o modelo conceitual através da análise e interpretação de dados e trabalhos de campo complementares.

A remediação consiste em várias etapas, iniciando-se pela seleção passando pelo design e terminando na implementação do projeto de remediação. Dessa forma é necessário escolher a tecnologia adequada considerando o processo de estudo de exequibilidade, teste de bancada e de piloto, medição dos parâmetros químicos e físicos durante e após a operação do sistema, e por final o encerramento da remediação.

PALAVRAS CHAVES

Áreas contaminadas, águas subterrâneas, solo, caracterização, remediação.

INTRODUÇÃO

A contaminação do solo e das águas subterrâneas tem se apresentado como uma questão ambiental de grande relevância nos países industrializados da Europa e da América do Norte. Nestes países, os estudos e as pesquisas científicas referentes a caracterização e remediação dessas áreas contaminadas tem evoluído muito nos últimos 40 anos.

Na década de 70, nos Estados Unidos da América a agência ambiental federal (USEPA) diagnosticou a existência de mais de 36.000 áreas consideradas contaminadas contendo resíduos perigosos, conforme Cleary (1997). Na Europa, a Alemanha é o país mais desenvolvido no estudo de áreas contaminadas e neste país foi estimada a presença de cerca de 200.000 áreas potenciais com resíduos perigosos.

Entre todos os países existentes na face da Terra, os Estados Unidos tem se demonstrado como o mais avançado nas ações de identificar, caracterizar e remediar as áreas contaminadas com resíduos perigosos. Segundo Cleary (1997), na Europa os trabalhos nesta área encontram-se em estágio menos avançado mas grandes esforços estão sendo realizados. Nos países como Holanda, Alemanha e Dinamarca já foram realizados levantamentos de identificação de áreas contaminadas, enquanto que na Finlândia, Itália, França, Noruega e Suécia o levantamento possui apenas listas preliminares de áreas suspeitas.

No Brasil, os primeiros estudos nesta área iniciaram-se na década de 80 com enfoque acadêmico, resultando em publicações científicas e dissertações de mestrado. Neste período iniciou-se o intercâmbio de profissionais acadêmicos entre o Brasil e a América do Norte, quando teve início o processo de transferência de conhecimento e tecnologia, o qual continua ocorrendo até os dias de hoje. Neste período, paralelamente, os profissionais da agência de controle ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) passaram a ser capacitados através de cursos e treinamentos.

No final da década de 80 e início de 90, o interesse pelo assunto já estava além dos limites do Estado de São Paulo atingindo, principalmente, os estados do Sul e Sudeste. No início da década de 90, a CETESB, preocupada com o problema ambiental no âmbito do Estado, procurou se organizar com o intuito de estruturar a instituição para efetiva atuação e encaminhamento de soluções para esse grave problema ambiental.

Os órgãos de controle ambiental, com a sua atuação efetiva, têm conduzido no país a formação de um mercado de trabalho promissor. Inclusive as empresas de consultoria desta área estão se organizando com a formação da Associação Brasileira de Empresas de Consultoria e Prestação de Serviços em Estudos de Contaminação e Remediação de Solos e Águas Subterrâneas (AESAS), cujo maior objetivo é a atuação coordenada e organizada das empresas que atuam nessa área.

PROBLEMAS GERADOS PELA PRESENÇA DE ÁREAS CONTAMINADAS

Segundo Beaulieu (1998), o mundo industrializado começou a se conscientizar dos problemas causados pelas áreas contaminadas no final da década de 70 e início da década de 80, após a ocorrência de eventos históricos como “Love Canal”, nos Estados Unidos; “Lekkerkerk”, na Holanda; e “Ville la Salle”, no Canadá.

O uso, armazenamento e manuseio de compostos químicos orgânicos como os combustíveis derivados de petróleo e solventes halogenados, e substâncias inorgânicas como os metais pesados, tem conduzido a casos de contaminação superficial e subsuperficial. Estas áreas contaminadas são normalmente frutos de ocorrência de vazamentos de tanques e tubulações enterrados, vazamentos por acidentes, vazamentos em sistemas de tratamentos de efluentes industriais, disposição inadequada de efluentes e resíduos sólidos, etc.

As áreas contaminadas merecem maior atenção ao considerar que nestas áreas onde existem atividades industriais, comerciais e agrícolas, existe normalmente um uso considerável de água subterrânea, seja para abastecimento público como para privado.

As áreas contaminadas podem causar outros tipos de problemas, além da contaminação do solo e águas subterrâneas. Segundo CETESB (2001) podem ocorrer quatro tipos de problemas: existência de riscos à segurança das pessoas e das propriedades, riscos à saúde pública e dos ecossistemas, restrições ao desenvolvimento urbano e redução do valor imobiliário.

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Diferentes metodologias de identificação de áreas contaminadas foram desenvolvidas na América do Norte e na Europa. O desafio dessas metodologias é identificar a existência de áreas contaminadas, caracterizá-las caso a caso, e posteriormente estabelecer prioridades, com base nos riscos existentes, concentrando os esforços técnicos e os investimentos de acordo com os interesses sócio-políticos.

Nos Estados Unidos, a agência de controle ambiental (United States Environmental Protection Agency – U.S. EPA), criou, em 1992, o sistema de identificação e classificação de áreas contaminadas denominado *The Hazard Ranking System (HRS)*, que permitiu a elaboração da lista nacional de áreas contaminadas prioritárias (National Priorities List – NPL). O HRS é uma ferramenta que permite classificar e priorizar as áreas com maior potencial de liberar substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente. Atualmente, 1234 áreas contaminadas fazem parte do NPL.

No Canadá, na década de 80, em função do aumento do grau de consciência e de preocupação em relação ao risco à saúde e ao meio ambiente causado pelas áreas contaminadas, o Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME) iniciou o Programa Nacional de Remediação de Áreas Contaminadas (National Contaminated Sites Remediation Program – NCSRP) para a avaliação e remediação das áreas contaminadas de alto risco existentes naquele país. Dentro desse programa foi elaborado pela comunidade técnico-científica, o Sistema Nacional de Classificação de Áreas Contaminadas (National Classification System for Contaminated Sites). A metodologia do sistema canadense encontra-se descrita na publicação CCME (1992). No aspecto metodológico, o sistema canadense prima pela facilidade de armazenamento e recuperação de informações, e por permitir uma atualização constante. A metodologia baseia-se no fato de que, qualquer efeito adverso sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana provém de uma cadeia de eventos, iniciando-se na fonte e terminando no receptor. Desta forma, o sistema considera a característica do contaminante (o risco relativo do contaminante estar presente na área), os caminhos de exposição (a rota provável que o contaminante pode seguir em direção ao receptor: água subterrânea, água superficial, contato direto, ar, etc.) e os receptores (seres vivos ou recursos que podem estar expostos ou afetados pela contaminação).

Na Europa, a Alemanha é um dos países mais desenvolvidos em relação ao sistema de identificação de áreas contaminadas. A lei de proteção do solo (Bundes-Bodenschutzgesetz) de 1998

trata, em nível federal, de Áreas Contaminadas. O objetivo principal desta lei é “proteger o solo contra alterações negativas na sua qualidade e tomar medidas preventivas”. A lei dispõe sobre a atuação do Estado em caso de alterações nocivas do solo, definindo-as como modificações das condições físicas, químicas e biológicas do solo, causando prejuízos ao homem e à sociedade. Esta lei define o “risco” como dano persistente da função natural do solo e estabelece a definição de áreas suspeitas de contaminação e áreas contaminadas (CETESB, 2001).

No Brasil não existe, em nível federal, um sistema de identificação, classificação e priorização de áreas contaminadas. Somente no Estado de São Paulo foi publicado no ano de 2001 o manual de gerenciamento de áreas contaminadas, elaborado pela equipe técnica da CETESB com a cooperação técnica do governo da Alemanha através da GTZ (Deutsche Gesellschaft für Zusammenarbeit) dentro do projeto Recuperação do Solo e das Águas Subterrâneas em Áreas de Disposição de Resíduos Industriais.

Neste manual é apresentado o Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, onde estas áreas são identificadas e classificadas, segundo um sistema de priorização, em Áreas Potencialmente Contaminadas, Áreas Suspeitas de Contaminação e Áreas Contaminadas, com base nas informações e dados técnico-científicos existentes.

Dessa forma, o Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas é baseado em dois processos: de identificação e de recuperação das áreas contaminadas (CETESB, 2001), como mostra a Figura 1.

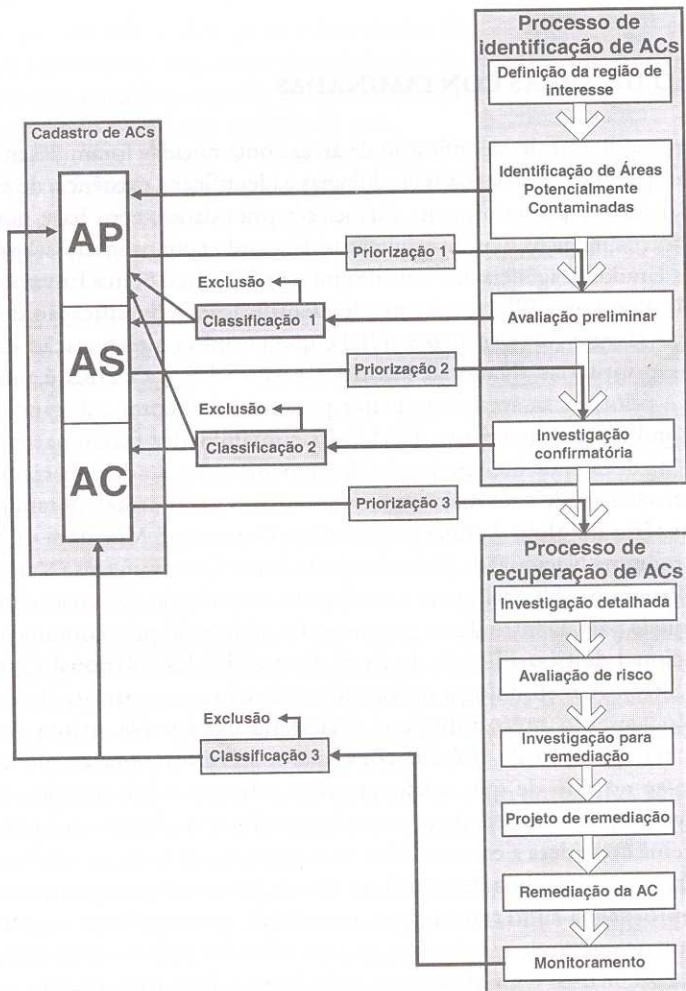


Figura 1 - Sistema de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2001)

O processo de identificação de áreas contaminadas objetiva localizar as áreas contaminadas, sendo constituído por quatro etapas:

- Definição de região de interesse;
- Identificação de áreas potencialmente contaminadas;
- Avaliação preliminar; e
- Investigação confirmatória.

O processo de recuperação de áreas contaminadas objetiva adotar medidas corretivas que permitam a reutilização da área, compatível com as metas estabelecidas e a serem atingidas após a intervenção (princípio da "aptidão para o uso"). Esse processo de recuperação de áreas contaminadas é constituído pelas seguintes etapas;

- Investigação detalhada;
- Avaliação de risco;
- Investigação para remediação;
- Projeto de remediação;
- Remediação; e
- Monitoramento.

TÉCNICAS DE INVESTIGAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Para investigar as áreas contaminadas é necessário compreender a magnitude da contaminação existente na área investigada e delinear os meios para controlar e remediar a contaminação.

Tabelas 1 - Etapas da caracterização de áreas contaminadas

FASE 1 <i>INVESTIGAÇÃO INICIAL</i>	FASE 2 <i>INVESTIGAÇÃO DETALHADA</i>
Utilização de dados Existentes Relatórios internos; Dados Regionais; Fotos Aéreas; Arquivos de Agências de Controle; Etc.	"Screening" de campo
Desenvolvimento de modelo conceitual	Trabalho de campo detalhado Solo; Água subterrânea; Água superficial; Etc.
Desenvolvimento de plano de trabalho	Confirmação e refinamento do Modelo Conceitual Análise de dados; Modelagem numérica; Trabalho de Campo complementar; etc

(Modificado de Nielsen, 1991)

Para tanto, além de entender o meio físico, tais como geologia e hidrogeologia, é necessário também compreender o comportamento do contaminante. Por exemplo, propriedades como solu-

bilidade e densidade indicam a possibilidade de formação de fase livre do contaminante, com tendência a flutuar sobre o aquífero ou afundar para a base do aquífero. Para as áreas contaminadas normalmente são realizados trabalhos de campo em duas fases (Nielsen, 1991), conforme segue na tabela acima.

A Fase 1 consiste basicamente da investigação inicial da área de interesse sem a condução de trabalhos de campo. Esta etapa consiste na utilização ao máximo de dados existentes para desenvolver o modelo conceitual preliminar da área e do processo. Este modelo conceitual é desenvolvido com o intuito de compreender melhor a área e os processos, antes de iniciar qualquer trabalho de campo que envolva alto custo financeiro. Dessa forma, a utilização de dados e a literatura existente permitirão elaborar um sólido programa de investigação do solo e da água subterrânea.

A busca de dados existentes pode ser realizada de várias formas, tais como: compilação de informações em bibliotecas, pesquisa de dados e arquivos digitais, pesquisa nos arquivos da empresa contratante como manifestos de matérias primas e resíduos, entrevistas com empregados da empresa sobre o histórico da área, interpretação de fotos aéreas, informações e mapas regionais, etc.

O trabalho de manusear e interpretar as informações existentes permitirá compreender, preliminarmente, os materiais e processos que existem em subsuperfície. Normalmente, quando se trabalha em uma nova área a compreensão dos materiais e processos de subsuperfície são difíceis e até obscuros. Em muitos casos, a não execução do trabalho da Fase 1, e o início direto das investigações de campo podem inviabilizar o projeto tecnicamente e financeiramente.

Os trabalhos de campo envolvendo a perfuração deverão ser iniciados somente quando o modelo conceitual preliminar estiver pronto com base nas informações existentes, trabalhos de reconhecimento de campo e informações de sensoriamento remoto interpretados.

A Fase 2 consiste essencialmente nos trabalhos de campo onde ocorrerá a caracterização da área de interesse, e deve ocorrer basicamente em três etapas. A primeira etapa é a execução do estágio de "screening" de campo para otimizar o estágio subsequente de investigação direta de obtenção de dados. A segunda etapa consiste na investigação direta da zona não-saturada e saturada executando-se, por exemplo, perfurações no solo e instalação de poços de monitoramento, além de outras técnicas de investigação. Por final, a terceira etapa que se resume no estágio confirmatório que pretende refinar o modelo conceitual através da análise e interpretação de dados e trabalhos de campo complementares.

O resultado final da Fase 2 deverá refletir claramente uma caracterização da área de interesse, representando a magnitude e a extensão da contaminação, de tal forma que se possa decidir se a remediação é necessária.

AVALIAÇÃO DE RISCO

A avaliação de risco é uma ferramenta utilizada para estimar o perigo à saúde e ao meio ambiente que um determinado resíduo perigoso pode causar em determinadas situações. Ela é utilizada também para tomar decisões e elaborar ações e metas de remediação e avaliação de áreas contaminadas (La Grega et al. 1994).

Segundo a U.S.EPA (1989), o processo de avaliação de risco possui, em linhas gerais, quatro etapas definidas: coleta e avaliação de dados, avaliação da exposição, avaliação da toxicidade, e caracterização do risco (Figura 2).

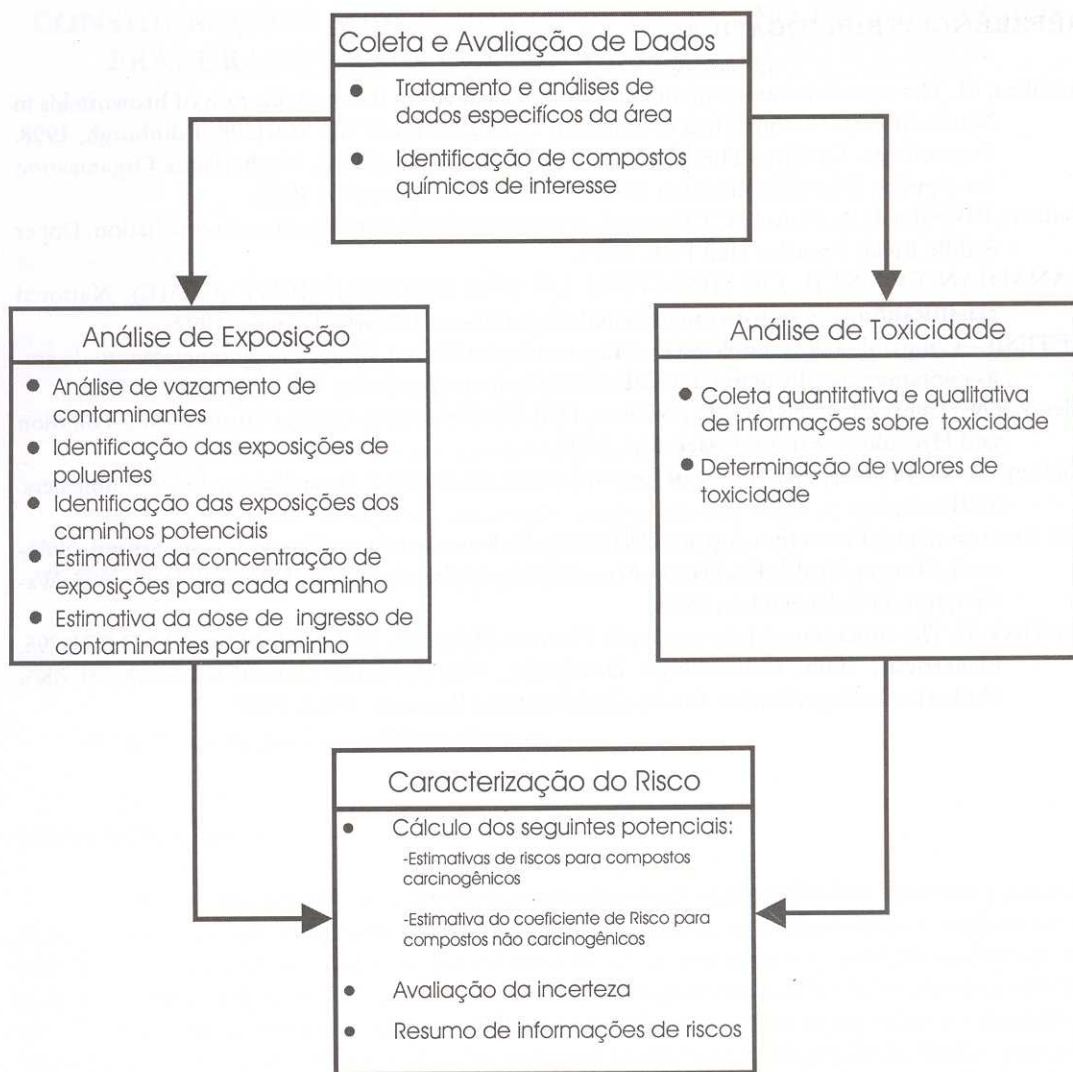


Figura 2- Processo de avaliação de risco (U.S. EPA, 1989)

TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

A última etapa compreende a etapa da remediação que ocorre após a caracterização da área de interesse. Ela será implementada somente quando for necessária e exigida pela agência de controle ambiental. A remediação será necessária quando limites de concentrações de contaminantes no solo ou na água subterrânea excederem os valores limites ou referenciais de concentrações exigidos pela agência de controle ambiental, ou ainda, quando a avaliação de risco indicar o risco à saúde das pessoas que estão sobre a área ou no entorno do empreendimento.

A remediação consiste em várias etapas, iniciando-se pela seleção passando pelo design e terminando na implementação do projeto de remediação. Dessa forma é necessário escolher a tecnologia adequada considerando o processo de estudo de exequibilidade, teste de bancada e de piloto, medição dos parâmetros químicos e físicos durante e após a operação do sistema, e por final o encerramento da remediação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beaulieu, M. The use of risk assessment and risk management in the revitalization of brownfields in North America: a controlled opening. In CONTAMINATED SOIL'98, Edinburgh, 1998. Proceedings. London, The Research Center Karlsruhe (FZK), Netherlands Organization for Applied Scientific Research TNO and Scottish Enterprise, 1998.
- Bedient, P.B.; Rifai, H.S.; Newell, C.J. Ground water contamination transport and remediation, Upper Saddle River, Prentice Hall PTR. 1999.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). National classification system for contaminated sites. Ottawa, Ontario, Canada. 1992.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas, Projeto CETESB-GTZ Cooperação técnica Brasil-Alemanha, 2001.
- Cleary, R.W.; Cherry, J.A.; Nyer, E.K.; Nielsen, D.M. The Princeton Course: Groundwater Pollution and Hydrology. São Francisco, CA. 1997.
- Nielsen, D. M. Practical handbook of ground-water monitoring. Boca Raton, Lewis Publishers, 1991.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA). Risk assessment guidance for Superfund, Volume I, Human Health Evaluation Manual (Part A), Interim Final. EPA/540/1-89/003. Washington, D.C. December, 1989.
- Van Dyck, E. The contaminated sites policy in Flanders (Belgium). In: CONTAMINATED SOIL'95, Maastricht, 1995. Proceedings. Dordrecht, The Research Center Karlsruhe (FZK), Netherlands Organization for Applied Scientific Research TNO, 1995.