



SETAC – Brazil

## Subsídios e Desafios para a Definição de Critérios de Qualidade de Água Referente às Substâncias Químicas para Água de Irrigação

S. VALENTE-CAMPOS,<sup>1\*</sup> G. A. UMBUZEIRO<sup>2</sup> & E. S. NASCIMENTO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup>Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Brasil

(Received September 19, 2007; Accepted April 9, 2008)

### RESUMO

Em decorrência principalmente da contaminação dos recursos hídricos, valores máximos permitidos para as substâncias químicas vêm sendo estabelecidos para cada um dos usos individualizados da água, a fim de garantir a qualidade desse recurso para cada finalidade (consumo humano, irrigação, dessedentação de animais e recreação, entre outras). O Brasil possui até o momento critérios de qualidade de água somente para substâncias químicas para consumo humano (potabilidade). A irrigação representa um dos usos de água mais importantes no território brasileiro. Com o objetivo de fornecer subsídios para futuro estabelecimento de valores máximos permitidos nacionais para irrigação, este trabalho descreve a metodologia de cálculo desses valores e as principais dificuldades e desafios encontrados para o seu estabelecimento. Verificou-se que os critérios de qualidade de água para irrigação são fundamentados em dados de fitotoxicidade, independem da origem da água e variam entre si em razão das diferentes taxas de irrigação utilizadas nos cálculos e diferentes espécies de plantas consideradas. A escolha das espécies vegetais a serem protegidas e das substâncias químicas que devem ser legisladas depende da importância destas para cada país, estado ou região, o que confirma a necessidade de estabelecimento de valores máximos específicos para cada país.

*Palavras-chave:* critérios de qualidade de água, irrigação, padrões de qualidade de água.

### ABSTRACT

#### **Supporting information and challenges in the establishment of irrigation water quality criteria for chemicals**

Due to contamination of water sources, maximum allowed concentration levels have been established for each individual use of water, in order to guarantee their quality (drinking water, waters for irrigation, livestock, recreation among others). Brazil has established chemical water quality criteria only for drinking water (potability). Irrigation represents one of the most important uses of water in Brazilian territory. This study presents the methodology used for calculation of water quality criteria and the main difficulties in their establishment. It was verified that irrigation water quality criteria are based on phytotoxicity data, do not depend on water origin, and the differences observed for the various regulations can be explained by differences in irrigation rates and plant species considered. The choice of plant species and chemicals that should be included in the regulations depends on their regional importance, which confirms the need of establishment of proper irrigation water quality criteria for each country.

*Key words:* water quality criteria, irrigation.

\*Corresponding author: Simone Valente Campos, e-mail: sivalente@uol.com.br.

## ACRONÍMIOS

AAR: *acceptable application rate*  
 ASC: *acceptable soil concentration*  
 BG: *assumed background concentration*  
 CCL: *cumulative contaminant loading limit*  
 D: *soil bulk density*  
 Dp: *soil depth*  
 IR: *irrigation rate per year*  
 LOEAR: *lowest-observed-effect application rate*  
 LOEC: *lowest-observed-effect concentration*  
 NOEAR: *no-observed-effect application rate*  
 NOEC: *no-observed-effect concentration*  
 SMATC: *species maximum acceptable toxicant concentration*  
 UF: *uncertainty factor*  
 V: *soil bulk volume*

## INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos, acreditava-se que a água era um recurso natural inesgotável. Atualmente, sabe-se que, embora as fontes de água sejam renováveis através do ciclo hidrológico, a disponibilidade desse recurso se encontra em constante declínio, devido ao aumento do consumo de água pela população mundial, como consequência da industrialização e modernização, e principalmente devido à contaminação dos recursos hídricos, que vem sendo relatada por diversos países (UNESCO, 2003).

Em função da vasta e diversificada contaminação das águas, tornou-se necessário estabelecer critérios de qualidade para as substâncias químicas para os usos preponderantes dos recursos hídricos, com o intuito de garantir a qualidade da água que é utilizada para diferentes finalidades, como, por exemplo, consumo humano (potabilidade), recreação, irrigação, proteção da biota aquática e dessedentação de animais.

Diversos países estabelecem critérios de qualidade apenas para o consumo humano (potabilidade), e alguns apresentam valores máximos permitidos para substâncias químicas para os diferentes usos. Já o Brasil, além de critérios de potabilidade, possui também uma classificação da água segundo a qualidade exigida para conjuntos de uso concomitantes (Brasil, 2005).

Embora seja necessário definir valores máximos individuais para os diferentes usos da água, o Brasil e vários outros países definiram até o momento somente critérios para consumo humano. Uma vez que os diferentes organismos-alvo, como plantas, animais e homem, apresentam diferenças nas respostas aos efeitos adversos causados por substâncias químicas, fica clara a necessidade de adotar valores máximos específicos para os outros usos da água, como, por exemplo, para irrigação.

Na ausência de legislação nacional que apresente critérios de qualidade para as substâncias químicas específicos para a água de irrigação, alguns órgãos gestores no Brasil têm utilizado a Resolução CONAMA nº 357 como critério de qualidade da água para irrigação. Essa resolução foi criada

com o intuito de classificar as águas superficiais do território nacional através de conjuntos de uso, ou seja, uma mesma classe garante a qualidade de água para diversos usos concomitantes (Brasil, 2005). Sendo assim, teoricamente, um corpo de água superficial enquadrado numa determinada classe poderia ser utilizado com segurança para todos os usos previstos em tal classe, caso atendessem aos valores máximos permitidos propostos. Essa regulamentação visa subsidiar a gestão dos recursos hídricos superficiais e não definir valores máximos permitidos para cada um dos usos previstos da água. Para atender às exigências da Resolução CONAMA nº 357, foi necessário considerar o valor mais restritivo dentre os usos previstos para garantir a qualidade da água para qualquer dos usos para aquela classe. Portanto, não autorizar a utilização da água para usos específicos com base nesses padrões não é adequado, pois pode-se inviabilizar seu uso para uma finalidade cujo padrão não é tão restritivo. Como consequência, podemos ter desperdício ou utilização inadequada do recurso hídrico.

Nesse sentido, este trabalho pretende fornecer subsídios para o futuro estabelecimento de padrões de qualidade nacionais de substâncias químicas para a água de irrigação no Brasil, apresentando como esses valores são calculados em diferentes países e quais as principais dificuldades encontradas para o adequado estabelecimento desses valores.

### *O uso da água na irrigação*

Em termos gerais, a irrigação costuma ser vista apenas como um benefício, por promover a expansão e a intensificação da agricultura. Quando são avaliados os potenciais de irrigação para produção agrícola, geralmente só são considerados os fatores financeiros e técnicos, em detrimento dos ambientais e sociais. Como consequência, a prática de irrigação pode provocar aumento da erosão, contaminação do solo e consequente contaminação da vegetação, poluição das águas superficiais e subterrâneas, entre outros efeitos adversos (Urama, 2005).

O escoamento superficial da água proveniente da irrigação carrega sais, fertilizantes, praguicidas e outros poluentes para as águas superficiais, causando efeitos nocivos aos organismos aquáticos, além de prejudicar o homem pela má qualidade da água que será utilizada para diversas finalidades. Por outro lado, o processo de infiltração da água utilizada na prática de irrigação pode causar contaminação do solo, das plantas e das águas subterrâneas e superficiais (Urama, 2005).

Até recentemente, a preocupação com a qualidade da água para a irrigação estava centrada no parâmetro salinidade (Environment Council of Alberta, 1982, apud Environment Canada, 1999). Altos níveis de sais solúveis no solo podem resultar na redução da produtividade agrícola ou na eliminação da plantação e vegetação nativa (Australia & New Zealand, 2000). Por outro lado, a preocupação com o impacto de praguicidas, metais, íons e outras substâncias no meio ambiente vem aumentando, o que tem promovido o desenvolvimento de critérios de qualidade para diversas substâncias para o uso da água na irrigação (Environment Canada, 1999).

Roychowdhury *et al.* (2005) enfatizaram a importância da qualidade da água usada na irrigação ao verificar a presença de altas concentrações de arsênio na água subterrânea que era destinada à irrigação na Índia. Também foram encontradas elevadas concentrações dessa substância no solo e nas plantas. Nas regiões mais severamente afetadas, já havia sido relatada a presença de lesões cutâneas em alguns indivíduos da população, causadas pela exposição ao arsênio.

Alguns países, como a Argentina, Austrália, Canadá e Nova Zelândia, têm demonstrado grande preocupação com esse assunto e por isso desenvolveram protocolos cautelosos para o estabelecimento de valores máximos permitidos para água usada na irrigação, fundamentados em extensa revisão da literatura internacional. Esses protocolos sugerem que, para a determinação dos valores máximos permitidos para irrigação, deve ser realizada pesquisa na literatura científica: identificação das substâncias químicas prioritárias, informações sobre as suas propriedades físico-químicas, a concentração e distribuição ambiental, o potencial de bioacumulação e a toxicidade aguda e crônica para diferentes espécies vegetais nativas ou de relevância para o país (Environment Canada, 1999; Australia & New Zealand, 2000; Argentina, 2005a).

Outros parâmetros, como as condições climáticas da região e as características físico-químicas do solo, devem ser considerados no estabelecimento desses valores. Fertilidade, pH, textura, estrutura, porcentagem de argila, fração de lixiviação, dentre outras características do solo, são fundamentais para estimar a concentração das substâncias químicas que poderão ser aplicadas ao solo através da água de irrigação. Com relação às condições climáticas, por exemplo, em regiões de temperaturas elevadas ou em condições de seca, pode haver aumento na taxa de evapotranspiração das plantas, resultando na elevação da concentração de íons e contaminantes no solo, provenientes das águas de irrigação (Australia & New Zealand, 2000).

#### **Estabelecimento de valores máximos permitidos para o uso da água na irrigação**

Para compreender a complexidade do assunto e a importância de desenvolver valores máximos específicos para cada país, é fundamental verificar quais variáveis estão envolvidas quando são estabelecidos os critérios de qualidade para a água que será destinada à irrigação.

Atualmente, os protocolos destinados à obtenção de valores máximos das substâncias químicas para uso da água na irrigação são fundamentados em valores de fitotoxicidade e independem da origem da água (superficial ou subterrânea). Fatores como a proteção da saúde humana, através do consumo de frutas, verduras, entre outras, e a proteção de organismos relevantes do solo nem sempre são considerados nessas regulamentações. Sendo assim, outras normas devem ser observadas em paralelo, como aquelas estabelecidas para a proteção da saúde humana no que diz respeito ao consumo de alimentos.

As substâncias a serem regulamentadas devem ser escolhidas segundo as características e necessidades de cada país ou região. O uso de determinados praguicidas e outras substâncias químicas pode variar e ser específico para cada país. A utilização de algumas substâncias pode ser proibida em alguns países e permitida em outros. Isto implica que cada país deverá ter sua lista específica de substâncias químicas a serem legisladas, fundamentada em dados de uso passado, presente e possibilidade de uso no futuro. Substâncias tóxicas de ocorrência natural, especialmente quando presentes em altas concentrações nas águas, devem também ser contempladas nessa lista.

De acordo com os protocolos do Canadá e da Argentina, o cálculo dos valores-limite para o uso da água na irrigação é derivado de dados de dose-resposta para espécies de plantas sensíveis à substância em questão e de um fator de incerteza (UF), que em geral é igual a 10 ou 100 (Environment Canada, 1999; Argentina, 2005a).

Fatores de incerteza ou de segurança são utilizados visando compensar possíveis erros na estimativa de concentrações seguras dos contaminantes obtidas através dos dados toxicológicos disponíveis (Environment Canada, 1999). A incerteza na estimativa de critérios para irrigação considera as diferenças de sensibilidade intraespécies (variabilidade numa mesma espécie, por exemplo, variabilidade genética, fase da vida, etc.) e interespecies (variabilidade entre espécies, extrapolação de dados de uma espécie para outra), sensibilidade dos *endpoints* medidos, variabilidade nos tipos de solo e outros fatores (Environment Canada, 1999). Em geral, recomenda-se o uso de um fator de incerteza igual a 10 (Environment Canada, 1999; Argentina, 2005a). Essa escolha é fundamentada num estudo realizado por Fletcher *et al.*, 1990, no qual é relatada uma razão de sensibilidade média de  $10,5 \pm 3,5$  para 151 espécies de plantas em relação a 16 herbicidas (Fletcher *et al.*, 1990, apud Environment Canada, 1999). Quando os cálculos dos critérios de irrigação apresentarem alto grau de incerteza devido à persistência do contaminante, extrapolação de testes agudos para exposições crônicas e considerações específicas ao local, o fator de incerteza pode ser aumentado para 100. Essa decisão é tomada por profissionais qualificados (Environment Canada, 1999).

A concentração máxima permitida de caráter pleno, ou seja, obtida através de um mínimo de dados necessários, é calculada com dados de fitotoxicidade de pelo menos três estudos em três ou mais espécies cereais, forrageiras e pastos que são cultivadas no país (Environment Canada, 1999; Argentina, 2005a). A Argentina estabelece que essas três classes de plantas devam estar entre os 12 primeiros lugares no *ranking* produtivo argentino segundo a incidência na superfície total cultivada do país (Argentina, 2005a). Também são necessárias informações sobre no mínimo três estudos em cinco ou mais espécies restantes cultivadas, sendo pelo menos três pertencentes aos grupos das hortaliças, leguminosas e frutas (Environment Canada, 1999; Argentina, 2005a). O Canadá ressalta que pelo menos dois testes devam ser de toxicidade crônica, considerando

efeitos adversos relevantes como, por exemplo, taxa de crescimento (Environment Canada, 1999). Quando os dados fitotóxicológicos não forem suficientes, podem ser estabelecidas concentrações máximas de caráter provisório, com um mínimo de dados existentes para cada espécie cultivada (Environment Canada, 2003; Argentina, 2005a).

Nos ensaios de fitotoxicidade, a exposição das espécies vegetais às substâncias químicas pode ser realizada a partir de concentrações máximas diluídas diretamente na água que será utilizada para irrigar as plantas ou nas concentrações máximas das substâncias no solo (Environment Canada, 1999; Argentina, 2005a). Os dados toxicológicos a serem utilizados na derivação dos critérios de qualidade da água de irrigação são calculados com base na menor concentração para qual se observa efeito adverso, em água ou solo (LOEC), em  $\mu\text{g L}^{-1}$  ou em mg da substância  $\text{kg}^{-1}$  de solo) e na maior concentração na qual não se observa efeito adverso (NOEC), em  $\mu\text{g L}^{-1}$  ou mg da substância  $\text{kg}^{-1}$  de solo), divididas por um fator de incerteza (UF). No caso de os dados de fitotoxicidade se basearem nas concentrações das substâncias na água, a concentração máxima aceitável da substância na água de irrigação para cada espécie de interesse (SMATC) será calculada diretamente através da seguinte equação (Environment Canada, 1999; Argentina, 2005a):

$$\text{SMATC} = (\text{LOEC} \times \text{NOEC})^{0.5} / \text{UF}$$

No caso de não existirem estudos adequados para a água, o cálculo pode ser feito através de dados da concentração máxima aceitável da substância no solo (ASC em mg da substância  $\text{kg}^{-1}$  de solo), densidade do solo (D,  $\text{kg m}^{-3}$ ), volume do solo (V,  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) e da taxa de irrigação efetiva anual (IR,  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) (Environment Canada, 1999; Argentina, 2005a):

$$\text{ASC} = (\text{LOEC} \times \text{NOEC})^{0.5} / \text{UF}$$

e

$$\text{SMATC} = \text{ASC} \times \text{D} \times \text{V} \times \text{IR}$$

Quando o valor de NOEC for desconhecido, usa-se  $\text{NOEC} = \text{LOEC}/4,5$ . Esta expressão foi derivada de avaliações estatísticas realizadas pela Environment Canada sobre as relações LOEC/NOEC para diversas plantas expostas a um grupo de praguicidas. O valor 4,5 representa o limite superior de um intervalo de confiança de 95% (Argentina, 2005a). Se o valor de LOEC for desconhecido, a concentração máxima aceitável pode ser calculada como  $\text{SMATC} = \text{NOEC}/\text{UF}$ . Neste caso, geralmente o fator de incerteza utilizado é 5 (Argentina, 2005a).

Em relação aos praguicidas, os dados de fitotoxicidade são normalmente referentes às taxas de aplicação. Em vez do uso de dados de LOEC e NOEC utilizam-se a menor taxa de aplicação do ingrediente ativo com efeito observado (LOEAR, em kg de ingrediente ativo  $\text{ha}^{-1}$ ) e a taxa de aplicação de

ingrediente ativo em que não se observa efeito (NOEAR, em kg de ingrediente ativo  $\text{ha}^{-1}$ ), obtendo-se assim a taxa de aplicação aceitável (AAR, kg de ingrediente ativo  $\text{ha}^{-1}$ ). Desta forma, a concentração máxima aceitável do toxicante na água de irrigação para a espécie (SMATC) será:

$$\text{AAR} = (\text{LOEAR} \times \text{NOEAR})^{0.5} / \text{UF}$$

e

$$\text{SMATC} = \text{AAR} \times 10^6 / \text{IR}$$

As considerações já citadas acima, aplicadas quando o NOEC é desconhecido ou quando não se conhece o valor do LOEC, também podem ser aplicadas com relação às NOEAR e LOEAR para a estimativa do AAR.

A concentração máxima aceitável da substância (SMATC), ou seja, o valor máximo permitido na água de irrigação é obtida para cada espécie vegetal sensível, e o resultado a ser utilizado corresponderá à espécie mais sensível, ou seja, ao valor mais restritivo (Environment Canada, 1999; Austrália & New Zealand, 2000; Argentina, 2005a).

Porém, os métodos utilizados para calcular a concentração máxima aceitável na água de irrigação podem necessitar de adaptações, pois em muitos locais pode não ser cultivada a maioria das espécies de plantas sensíveis ou ainda pode haver outras fontes de contaminação, não oriundas da prática de irrigação (Environment Canada, 1999). Segundo o protocolo da Austrália/Nova Zelândia, quando são conhecidos os valores de *background* da substância no solo, pode-se calcular adicionalmente o limite cumulativo do contaminante (CCL em  $\text{kg ha}^{-1}$ ) (Environment Canada, 1999; Australia & New Zealand, 2000). Este valor pode ser encontrado através da concentração máxima aceitável do contaminante no solo (ASC em  $\text{mg kg}^{-1}$ ), do valor de *background* assumido da substância no solo (BG em  $\text{mg kg}^{-1}$ ), da profundidade do solo (Dp em metros) e da densidade do solo (D em  $\text{kg m}^{-3}$ ) (Australia & New Zealand, 2000):

$$\text{CCL} = \frac{(\text{ASC} - \text{BG}) \times \text{Dp} \times \text{D}}{10^2}$$

Observando-se as regulamentações que contemplam critérios de qualidade para as substâncias químicas para a água de irrigação de diferentes países, estados ou organizações, nota-se que esses valores, para uma mesma substância, apresentam algumas vezes grande variação. Um dos fatores que parece contribuir para essa diferença é a taxa de irrigação efetiva anual (IR) que cada país ou entidade considera para o cálculo da concentração máxima aceitável (SMATC). A Argentina, por exemplo, possui três valores distintos para cada substância química, em decorrência das taxas de irrigação consideradas: até  $3500 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ , entre  $3500$  e  $7000 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  e entre  $7000$  e  $12000 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ . A *Food and Agriculture Organization* (FAO) considera como taxa efetiva anual  $10000 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ . Por outro lado, países como o Canadá utilizam no cálculo o pior cenário, considerando uma taxa de irrigação de  $12000 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ .

Além das diferenças entre as taxas de irrigação anuais consideradas em cada país ou região, os dados toxicológicos usados na obtenção da concentração máxima aceitável no solo (ASC) ou da taxa de aplicação aceitável (AAR) adotados por cada país, estado ou organização podem apresentar diferenças para uma mesma espécie vegetal. Ainda, os dados de efeitos fitotóxicos podem ter sido obtidos para diferentes espécies vegetais que foram escolhidas segundo a importância econômica e social e pelo tipo de vegetação nativa de cada país ou estado.

### CONCLUSÕES

Em decorrência da extensão geográfica, dos diferentes cenários de uso e ocupação do solo encontrados no Brasil, bem como do grande número de variáveis específicas envolvidas no cálculo, sugere-se que os valores máximos permitidos das substâncias químicas para a água de irrigação sejam preferencialmente definidos regionalmente.

As informações apresentadas neste trabalho reforçam a necessidade de obtenção de dados de fitotoxicidade das substâncias utilizadas em nosso meio diante das espécies vegetais sensíveis de importância para o Brasil, bem como de levantamentos de contaminação e do uso do solo para subsidiar a escolha de padrões de qualidade de água em regulamentações futuras ou para o aprimoramento daquelas já vigentes.

Como podem existir grandes diferenças entre os valores máximos permitidos em função dos diferentes usos da água, a definição de padrões por usos individualizados parece ser necessária para o gerenciamento racional do recurso hídrico e para o desenvolvimento do país de forma sustentável.

*Agradecimentos* – À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e aos doutores Edmundo Garcia Agudo, Elton Gloeden, Sílvia Berlanga de Moraes Barros e Sueli Ivone Borrelly pelas sugestões e pelo enriquecimento do trabalho.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENTINA, 2005a, *Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para riego*. Disponível em: [http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/calidad\\_del\\_agua\\_met.htm](http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/calidad_del_agua_met.htm). Acesso em: 17 jun. 2005.
- ARGENTINA, 2005b, *Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente*. Disponível em: [http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/calidad/base\\_niveles\\_guia.xls](http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/calidad/base_niveles_guia.xls). Acesso em: 19 jan. 2005.
- AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL, AGRICULTURE AND RESOURCE MANAGEMENT COUNCIL OF AUSTRALIA AND NEW ZEALAND, 2000, *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality 2000*. pp.4.1-1 a 4.2-15; 9.2-1 a 9.2-103. Disponível em: <http://www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/volume1.html>. Acesso em: 15 jan. 2005.
- BRASIL, 2005, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Classifica as águas do Território Nacional. Resolução n. 357, 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, pp. 58-63.
- BRASIL, 2004, Ministério da Saúde. Aprova a norma de qualidade da água para consumo humano. Portaria n. 518, 25 de março de 2004. *Diário Oficial da União*, Brasília, pp.266-270.
- ENVIRONMENT CANADA, 1999, *Protocols for deriving water quality guidelines for the protection of agricultural water uses (irrigation and livestock water)*. Disponível em: [http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqg\\_ag\\_protocol.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqg_ag_protocol.pdf). Acesso em: 16 fev. 2008.
- ENVIRONMENT CANADA, 1999, *Canadian Environmental Quality Guidelines 2003*. Disponível em: <http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/ceqg/water/default.cfm>. Acesso em: 20 jan. 2005.
- FAO, 1994, *Water quality for agriculture*. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E00.HTM>. Acesso em: 17 fev. 2006.
- FIPPS, G., 1999, *Irrigation water quality standards and salinity management strategies*. Disponível em: <http://tcebookstore.org/pubinfo.cfm?pubid=94>. Acesso em: 22 jan. 2005.
- PERU. Decreto Supremo n. 261-69-AP de 13 de diciembre de 1969. *Lei general de aguas*. Disponível em: <http://www.cepes.org.pe/legisla/aguas/reglamentos/ds-261-69-ap.htm>; Título II, capítulo IV. [Decreto Supremo n. 261-69-AP de 13 de diciembre de 1969, modificado em 29 jan 2003]. Acesso em: 21 jan. 2005.
- ROYCHOWDHURY, T., TOKUNAGA, H., UCHINO, T. & ANDO, M., 2005, Effect of arsenic-contaminated irrigation water on agricultural land soil and plants in West Bengal, India. *Chemosphere*, 58(6): 799-810.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION, 2003, *The United Nations world water development report*. Disponível em: [http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/ex\\_summary/index\\_es.shtm](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/ex_summary/index_es.shtm). Acesso em: 6 dez. 2004.
- UNITED STATES. Environmental Protection Agency, 2004. Disponível em: <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/nrwc-2004.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2005.
- UNITED STATES. Washington State Department of Ecology, 2002, *Establishing surface water quality criteria for the protection of irrigation water*. Disponível em: <http://www.ecy.wa.gov/pubs/0010073.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2005.
- URAMA, K. C., 2005, Land-use intensification and environmental degradation: empirical evidence from irrigated and rain-fed farms in south eastern Nigeria. *J. Environ. Manage.*, 75(3): 199-217.

