



Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal
of Applied Science

ISSN: 1980-993X

ambi-agua@agro.unitau.br

Universidade de Taubaté
Brasil

Hespanhol, Ivanildo

Viabilidade de um AVAD não superior a 10-4 por pessoa por ano, para reúso agrícola de água, em
países em desenvolvimento

Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 4, núm. 2, 2009, pp. 124-134

Universidade de Taubaté
Taubaté, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92811747012>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto



ISSN = 1980-993X – doi:10.4136/1980-993X
www.agro.unitau.br/ambi-agua
E-mail: ambi-agua@agro.unitau.br
Tel.: (12) 3625-4116



Viabilidade de um AVAD* não superior a 10^{-4} por pessoa por ano, para reúso agrícola de água, em países em desenvolvimento (doi:10.4136/ambi-agua.92)

Ivanildo Hespanhol¹

¹Professor Titular, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Diretor, Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA/IRCWR
E-mail: ivanhes@usp.br

RESUMO

AVADs são medidas do estado de saúde de uma população ou da carga associada a uma doença específica ou a um determinado fator de risco. Avalia o período de vida perdido devido à morte ou a fatores de desabilidade, provocados por doenças, em comparação com uma vida longa, livre de desabilidade e sem doenças. AVADs são calculados como a soma de anos de vida perdidos devido à morte prematura (AVM) e anos de vida saudável perdidos em estados de doenças, isto é, anos vividos em desabilidade, (AVD) que são padronizados por meio de pesos de severidade, portanto: $AVAD = AVM + AVD$. A Organização Mundial da Saúde – OMS - estabeleceu, para uso de esgotos em irrigação, o mesmo nível de proteção da saúde pública previamente estabelecido para consumo de água potável, isto é, a carga adicional de doenças oriundas pelo consumo de produtos irrigados com esgotos não deverá exceder 10^{-6} AVAD (Anos de Vida Perdidos por pessoa por ano, PPPA). Um nível de risco tão restritivo é quase impossível de ser obtido em uma grande maioria de países em desenvolvimento, que não terão condições de implementar as medidas protetoras preconizadas, principalmente em relação a tratamento de esgotos, mesmo para irrigação irrestrita. Este trabalho analisa quais são as medidas protetoras viáveis de serem estabelecidas em países em desenvolvimento, propondo uma carga tolerável de doenças não superior a 10^{-4} AVAD por pessoa por ano. Para analisar a validade dessa proposta é necessário adotar uma metodologia de risco/benefício, por meio da realização de estudos epidemiológicos e da avaliação de características e condicionantes locais, particularmente as de saúde pública, ambientais, técnicas, econômicas e socioculturais.

Palavras-chave: AVAD; DALY; reúso; esgotos; irrigação; diretrizes; padrões.

Feasibility of a daly of no more than 10^{-4} per person per year for water reuse in agriculture, in developing countries

ABSTRACT

DALYs are a measure of the health of a population or burden of disease due to a specific disease or risk factor. It evaluates the time lost because of disability or death from diseases compared with a long life free of disability in the absence of disease. DALYs are calculated as the sum of years of life lost by premature mortality (YLL) and years of healthy life lost in states of less than fully health, i.e., years lived with a disability (YDL), which are standardized

*AVAD = Anos de Vida Ajustados em Desabilidade, por pessoa por ano (PPPA), proposta do autor para o termo inglês DALY, = Disability Adjusted Life Years, per person per year (PPPY), que corresponde à soma do número de anos perdidos por morte prematura (AVM), equivalente ao termo em inglês YLL= years of life lost e anos de vida vividos em desabilidade (AVD), equivalente ao termo em inglês YLD = years of life lost in state of

by means of severity weights, thus: $DALY=YLL+YLD$. WHO has established for wastewater use in irrigation the same reference level of health protection as established for drinking water quality, i.e., the additional burden of disease from consuming water irrigated food should not exceed 10^{-6} DALY (Disability-Adjusted Life Years) loss per person per year (pppy). Such a restrictive risk is almost impossible to be attained in most developing countries which may not be able to afford the cost of wastewater treatment and of other protective measures, even for restrict irrigation. This paper analyses which protective measures are able to be implemented in developing countries and proposes a tolerable disease burden of no more than 10^{-4} DALY per person per year. In order to evaluate this proposal it is mandatory to adopt a methodology of cost/benefit, through the development of epidemiologic studies and the identification of local characteristics and constraints, particularly the ones related to public health, technical, socio economical and environmental conditions.

Keywords: DALY; reuse; wastewater; irrigation; guidelines; standards.

1. CARGA GLOBAL DE DOENÇAS E AVADS

Murray e Lopes (1996) introduziram o conceito de “Carga Global de Doenças e Injúrias” descrevendo a carga atribuída a 107 doenças e injúrias e 10 fatores de risco ou grupos de risco para diversos grupos etários e regiões geográficas. Numa de suas primeiras fases de desenvolvimento, o trabalho introduziu o conceito de AVAD (Anos de Vida Ajustados em Desabilidade), como uma medida comum para avaliar a consequência de diversas doenças. Esse parâmetro permite avaliar efeitos sobre a saúde quantificando, inclusive, efeitos não fatais. Tradicionalmente, as políticas relativas à saúde pública exprimem a severidade de doenças em termos de taxas de mortalidade, devidas a causas específicas. Entretanto, muitas doenças não implicam mortalidade, mas podem se associar a taxas elevadas de morbidade. O conceito de AVAD engloba ambos os eventos, uma vez que mede a diferença entre o status de saúde vigente em uma determinada população de referência e uma meta pré-selecionada, como por exemplo um estado ideal de saúde. Essa medida integrada combina anos de vida perdidos por morte prematura (AVM) e anos vividos em desabilidade (AVD), que é padronizada por meio de pesos de severidade, que variam de 0 a 1. Os pesos são multiplicados pela duração do efeito, isto é, pelo tempo na qual a doença se manifesta e pelo número de pessoas afetadas. Quando o efeito de uma doença é a morte, a duração do evento é considerada como a diferença entre a esperança de vida local e a idade na qual ocorreu a morte. AVADs se constituem, portanto, em uma medida métrica que permite avaliar doenças de qualquer natureza, sejam microbiológicas, químicas ou radiológicas. Além disso, o foco é dirigido para perigos atuais e não perigos potenciais, o que permite a tomada de medidas de saúde pública objetivas e diretas.

Tem-se, portanto:

$$AVAD = AVM + AVD \quad [1]$$

em que:

$$AVM = \sum_i e_i \sum_j f_{ij} \quad [2]$$

i = índice para diferentes classes de idade;
e_i = esperança de vida na classe de idade i;
j = índice para diferentes categorias de doenças;
f_{ij} = número de casos fatais por classe de idade;

Os anos de vida perdida por morte prematura (AVM) correspondem, portanto, à somatória do número de mortes, f , relativos a diversas classes de idades (i) associados a diversas categorias de doenças (j), multiplicados pela somatória das esperanças de vida, e_i , em cada classe de idade considerada.

Os anos vividos em desabilidade são representados pela equação:

$$AVD = \sum_j N_j \cdot T_j \cdot S_j \quad [3]$$

em que:

j = índice para diferentes categorias de doenças;
 N = número de pacientes;
 T = duração da doença;
 S = severidade da desabilidade.

A desabilidade é acessada em termos físicos, psicológicos e sociais, em função de dados levantados por meio de questionários específicos, caracterizando o período e o número de pacientes afetados por tipos distintos de doenças. Os anos de vida vividos em desabilidade correspondem, portanto, à somatória do produto, para cada categoria de doença (j), do número de pacientes, N pelo tempo de duração da doença, T , e por um peso S , variando de 0 a 1, que caracteriza a severidade de cada doença considerada (Pruss e Havelaar, 2001).

Se forem consideradas apenas uma classe de idade e uma única doença, as Equações (2) e (3), assumem, respectivamente, as seguintes formas:

$$AVM = e \cdot f \quad [4]$$

$$AVD = N \cdot T \cdot S \quad [5]$$

A Tabela 1 relaciona valores globais de mortalidade e de AVADs associados a alguns fatores de risco, levantados por Murray e Lopez (1996), e a Tabela 2, pesos de severidade (S) relativos a sete classes de desabilidade, incluindo exemplos de doenças associados a cada uma dessas classes (Murray e Lopez, 1996).

2. NÍVEIS DE PROTEÇÃO DOS GRUPOS DE RISCOS PARA O USO DE ESGOTOS TRATADOS NA AGRICULTURA

A Organização Mundial da Saúde – OMS- adotou uma carga tolerável de doenças de origem hídrica, causada por ingestão de água potável de 10^{-6} AVAD por pessoa, por ano (WHO, 2004). Esse nível de risco significa que um único caso adicional de doença deverá ocorrer em uma população de 1 milhão, durante um período de vida de 70 anos. Se pudesse ser considerado numa base individual, esse risco seria equivalente à ocorrência de uma doença leve por um período aproximado de 31,5 segundos. Esse nível elevado de proteção foi, também, adotado pela OMS (WHO, 2006), como carga tolerável de doenças para o uso de esgotos tratados na agricultura, assumindo que alimentos irrigados com esgotos tratados, especialmente aqueles ingeridos sem cozimento, devem ser tão seguros como água potável, para aqueles que os consomem. Dentro desse critério, os objetivos a serem atendidos são relacionados na Tabela 3, de acordo com os três cenários usuais de exposição em reúso para irrigação.

Para atender aos níveis de remoção de organismos patogênicos apresentados na Tabela 3 poderão ser adotadas diversas medidas de proteção aos grupos de risco associados a reúso agrícola. As medidas recomendadas, associadas aos respectivos potenciais de remoção de

patogênicos são relacionadas e comentadas na Tabela 4. A medida protetora mais importante é a de tratamento dos esgotos que, se completa e adequadamente aplicada, permitirá uma redução de organismos patogênicos de 6 ordens de magnitude.

A segunda medida mais importante seria a que considera o cozimento dos produtos antes do consumo. Entretanto, esta medida é relativamente limitada, por ser aplicável a apenas uma parte da produção agrícola. Visando atingir uma redução de 6 a 7 unidades log₁₀ de redução, pode ser efetuada uma combinação das medidas protetoras de acordo com as disponibilidades de recursos e restrições locais.

Tabela 1. Valores Globais de mortalidade e de AVADs por 1000 habitantes, associados a fatores de risco, em 1990.

Fator de risco	Mortes (x10 ³) por fator de risco	Mortes, % para cada fator de risco	AVADs (x10 ³)	AVADs, % para cada fator de risco
Má nutrição;	5.881	11,7	219.575	15,9
Abastecimento de água, saneamento, higiene pessoal e domiciliar deficientes;	2.668	5,3	93.392	6,8
Sexo inseguro;	1.095	2,2	48.702	3,5
Tabaco;	3.038	6,0	36.182	2,6
Álcool;	774	1,5	47.687	3,5
Ocupação;	1.129	2,2	37.887	2,7
Hipertensão;	2.918	5,8	19.076	1,4
Inatividade física;	1.991	3,9	13.653	1,0
Drogas ilícitas;	100	0,2	8.467	0,6
Poluição atmosférica	568	1,1	7.254	0,5

Fonte: Murray e Lopez (1996).

Tabela 2. Pesos de severidade (S) relativos a sete classes de desabilidade.

Classe	Peso	Exemplos
1	0,00 – 0,02	Vitiligo na face, pouco peso
2	0,02 – 0,12	Diarréia aquosa, dor de garganta
3	0,12 – 0,24	Infertilidade, artrite, angina
4	0,24 – 0,36	Amputação, surdez
5	0,36 – 0,50	Síndrome de Down
6	0,50 – 0,70	Depressão, cegueira
7	0,70 – 1,00	Psicoses, demências, quadriplegia

Fonte: Murray e Lopez (1996).

Tabela 3. Níveis de proteção dos grupos de risco para o uso de esgotos tratados na agricultura.

Cenário de Exposição	Nível de Proteção AVAD (pppa)	Redução de patogênicos necessária (\log_{10})	Ovos de helmintos (No/L)
Irrigação Irrestrita:	$\leq 10^{-6}$		
Alface		6	≤ 1
Cebola		7	≤ 1
Irrigação Restrita:	$\leq 10^{-6}$		
Altamente Mecanizada		3	≤ 1
Trabalho Intensivo		4	≤ 1
Irrigação Localizada (gota a gota):	$\leq 10^{-6}$		
Culturas altas		2	Sem recomendações
Culturas baixas		4	≤ 1

Fonte:WHO (2006).

A Figura 1 mostra diversas combinações de medidas protetoras para atingir a meta de $\leq 10^{-6}$ pppa em sistemas de reúso agrícola. Quando o sistema é associado a irrigação irrestrita, como na opção C, é necessário efetuar um tratamento mínimo, capaz de remover 2 unidades \log_{10} , o que é viável por meio de sistemas de lagoas de estabilização, em termos de vírus, bactérias e protozoários, assim como de ovos de helmintos. A opção H, para irrigação restrita, é relativa a uma residência ou a uma comunidade pequena, onde o tratamento é efetuado por fossa séptica, proporcionando uma remoção 0.5 \log_{10} seguido de um sistema de irrigação sub-superficial, que possibilita remoção dos restantes 6.5 \log_{10} , requeridos para culturas com raízes. As demais opções, incluídas na Figura 1, requerem níveis mais elevados de tratamento, em combinação com outras medidas protetoras, tais como mortalidade de patogênicos, lavagem dos produtos agrícolas produzidos, técnicas de irrigação e a proteção dos grupos de risco, principalmente operários agrícolas, com o emprego de equipamentos agrícolas mecanizados.

3. VALORES GLOBAIS DE AVAD ASSOCIADOS A REÚSO AGRÍCOLA

O reúso, de forma inadequada, de esgotos domésticos e, em alguns países, de excreta, implica transmissão de diversas doenças infecciosas, incluindo cólera, febre tifóide, hepatite, pólio, esquistossomose, e uma grande variedade de infecções por ovos de helmintos. A maioria dessas infecções ocorre em crianças de países pobres. Além de diarreia, as estimativas da OMS, indicam que, aproximadamente, 16 milhões de pessoas contraem febre tifóide e mais do que um bilhão sofre infecções intestinais provocadas por helmintos. A tabela 5 relaciona as mortes por essas infecções e os valores de AVADs perdidos em correspondência. (WHO, 2000; WHO, 2003a; WHO, 2003b; WHO, 2004).

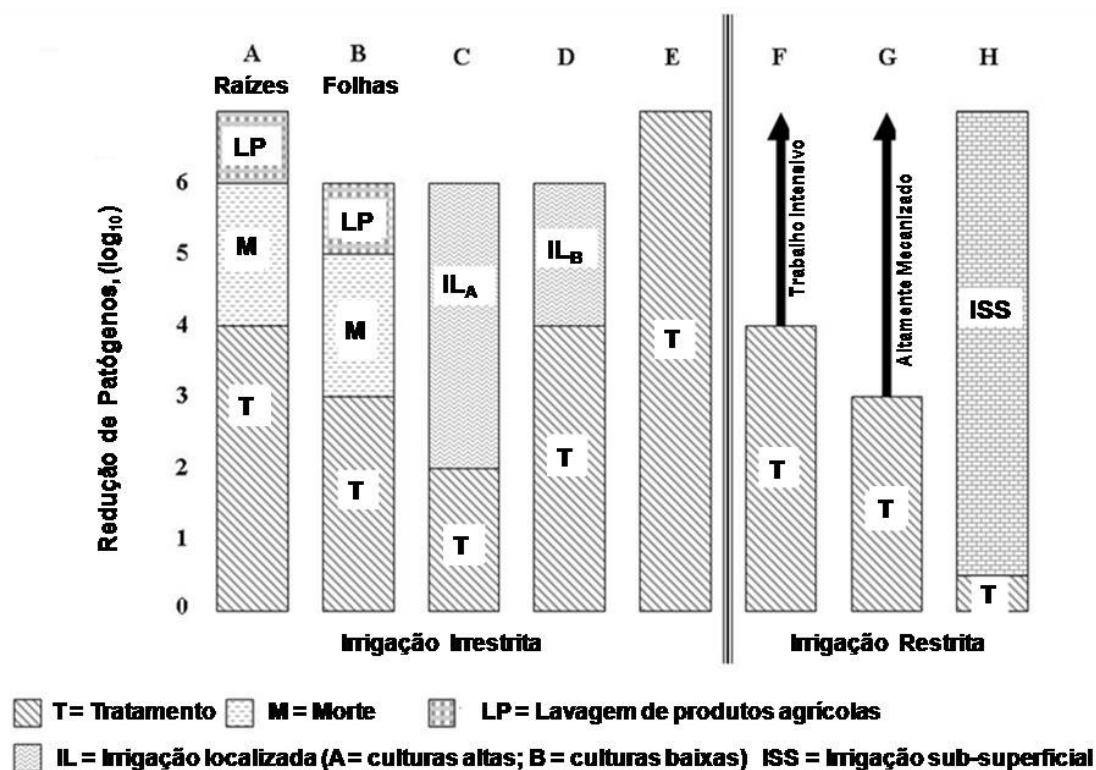


Figura 1. Exemplos de composição de medidas protetoras para a redução de vírus, bactérias e protozoários para atender à meta de $\leq 10^{-6}$ AVAD por pessoa e por ano. Fonte: WHO (2006).

A incidência de diarreia, tanto em países em vias de desenvolvimento como em países industrializados é a doença mais fortemente associada ao uso de esgotos tratados para irrigação. A Tabela 6 resume a incidência atual de doenças diarreicas de acordo com grupos de idade e por regiões, em pppa. A média global (0,7 pppa) é 7×10^5 maior do que o valor diretriz de 10^{-6} AVAD pppa estabelecido pela OMS. Alguns países ou regiões altamente industrializadas apresentam valores de AVADs ainda superiores aos apresentados na Tabela 5. Exemplos significativos são os da Austrália com aproximadamente 0.9 pppa e o do Estado da Califórnia com valores próximos a 0.8 pppa (Mara, 2007).

Considerando esse cenário internacional, é aceitável que imposições de saúde tão restritivas sejam impostas a países em desenvolvimento? Têm eles condições de suportar os custos de capital e de operação e manutenção associados com a implementação das medidas protetoras sugeridas, para permitir apenas uma carga adicional de doenças não superior a 10^{-6} AVAD, pelo consumo de produtos irrigados com esgotos tratados?

Hespanhol, I. Viabilidade de um AVAD(*) não superior a 10⁻⁴ por pessoa por ano, para reúso agrícola de água, em países em desenvolvimento. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 124-134, 2009. ([doi:10.4136/ambi-agua.92](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.92))

Tabela 4. Redução de organismos patogênicos proporcionados por medidas protetoras.

Medidas protetoras	Redução de organismos patogênicos (log₁₀)	Notas
Tratamento dos esgotos	1-6	A redução de patogênicos requerida depende dos sistemas de tratamento adotados e da combinação com as demais medidas protetoras selecionadas.
Irrigação localizada (culturas baixas)	2	Plantas com raízes e plantas tais como alface que crescem próximo ou em contato parcial com o solo.
Irrigação localizada (culturas altas)	4	Culturas tais como tomates, cujas partes comestíveis não estejam em contacto com o solo.
Controle de aerossóis (irrigação com aspersores)	1	Uso de microaspersores, aspersores com controle direcional efetuado por anemômetros, ou aspersores com jatos dirigidos internamente, etc.
Zona de segurança (irrigação com aspersores)	1	Proteção de residentes próximos aos campos irrigados com uma faixa de isolamento entre 50 a 100 m.
Mortalidade de patogênicos	0.5-2 por dia	Mortalidade na superfície das plantas que ocorre entre a última fase de irrigação e o consumo. Redução obtida depende do clima local (temperatura, intensidade solar, umidade) do período do ano e do tipo de cultura, etc.
Lavagem dos produtos com água	1	Lavagem de hortaliças, vegetais e frutas com água potável.
Desinfecção dos produtos	2	Enxaguar hortaliças, vegetais e frutas com uma solução desinfetante fraca e com água potável.
Descascamento dos produtos	2	Frutas e raízes.
Cozimento dos produtos	6-7	Imersão em água fervente ou quase fervente até que os produtos estejam cozidos assegura a destruição de patogênicos.

Fonte: WHO (2006).

Hespanhol, I. Viabilidade de um AVAD(*) não superior a 10^{-4} por pessoa por ano, para reúso agrícola de água, em países em desenvolvimento. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 124-134, 2009. ([doi:10.4136/ambi-agua.92](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.92))

Tabela 5. Mortalidade Global e AVADs perdidos devido a doenças relevantes associadas ao uso de esgotos na agricultura.

Doenças	Mortalidade, mortes por ano	AVADs perdidos	Observações
Diarreia	1.798.000	61.966.000	99,8% das mortes ocorridas em países em desenvolvimento; 90% das mortes são de crianças
Febre Tifoide	600.000	S.D.	Estimativa de 16.000.000 de casos por ano
Infecções por A. lumbricoides	3.000	1.817.000	Estimativa de 1,45 bilhões de infecções, das quais 350 milhões sofrendo problemas de saúde graves
Infecções por N.americanus e A. duodenalis	3.000	59.000	Estimativa de 1,3 bilhões de infecções, das quais 150 milhões sofrendo problemas de saúde graves
Linfáticas	0	59.000	Vetores de mosquito de filariose desenvolvidos em água contaminada. Não provocam morte mas levam a desabilidade severa
Hepatite A	S.D.	S.D.	Estimativa de 1,4 milhões de casos por ano, em todo o mundo. Evidência serológica de infecções anteriores varia de 15% a aproximadamente 100%

Fontes: WHO (2000), WHO (2003a), WHO (2003b), WHO (2004).

Tabela 6. Incidência de doenças diarreicas por grupos de idade e por regiões, (AVAD, pppa).

Região	Todas as idades	0 a 4 anos de idade	5 a 80 anos de idade
Países industrializados	0.2	0.2 – 1.7	0.1 – 0.2
Países em desenvolvimento	0.8 – 1.3	2.4 – 5.2	0.4 – 0.6
Média Global	0.7	3.7	0.4

Fonte: Mathers et al. (2002).

4. PROPOSTA DE UMA CARGA TOLERÁVEL DE DOENÇAS $\leq 10^{-4}$ PPPA PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Diretrizes relativas à proteção de saúde pública não devem ser direta e absolutamente aplicadas em quaisquer países. Diretrizes são desenvolvidas para estabelecer um nível de referência e os riscos correspondentes, proporcionando uma base comum sobre a qual são desenvolvidos padrões e regulamentos nacionais. (Hespanhol e Prost, 1994)

A finalidade de desenvolver regulamentos em um determinado país é a de estabelecer limites relativos a práticas específicas, visando minimizar os efeitos negativos sem, entretanto, afetar os benefícios correspondentes. Esses limites não possuem valores absolutos e nem

podem ser estabelecidos definitivamente. Variam de acordo com restrições técnicas e econômicas locais assim com em relação às tendências de aceitação ou de rejeição de práticas que afetam os valores culturais de uma sociedade. Padrões são instrumentos legais editados por um país, após a adaptação de diretrizes às prioridades nacionais, levando em conta as suas condições econômicas, técnicas, sociais e culturais. Devem ser estabelecidos, regulamentados e aplicados por autoridades competentes, dentro de um critério de risco/benefício.

Ultimamente, muitos países em vias de desenvolvimento, têm negligenciado essas premissas básicas, preferindo a adoção de diretrizes ou de regulamentações estrangeiras sem quaisquer adaptações às características e restrições locais, levando a padrões pouco realísticos, impossíveis de serem acatados por usuários e de serem efetivamente aplicados por órgãos reguladores.

Visando produzir uma regulamentação realística para o uso de esgotos tratados para irrigação de culturas, as seguintes considerações são efetuadas em relação a medidas protetoras relacionadas na Tabela 4, procurando identificar aquelas que possam, efetivamente, ser implementadas e aquelas que proporcionam resultados pouco significativos ou que sejam impraticáveis nas condições prevalentes em países em vias de desenvolvimento.

- Embora seja a medida protetora de maior custo, o tratamento de esgotos poderá ser viabilizado adotando-se um sistema simplificado de lagoas de estabilização, que se constitui na tecnologia adequada, tanto do ponto de vista técnico como do econômico, para esquemas de reúso agrícola, em países em desenvolvimento. Esses sistemas podem ser dimensionados incluindo uma lagoa anaeróbia seguida de uma facultativa. Nesse caso, não é recomendada a inclusão de uma lagoa de maturação que pode elevar os custos devido às grandes áreas necessárias. Esse sistema simplificado proporciona uma remoção de $2 \log_{10}$ e um efluente com menos de 1 ovo de helmintos por litro, desde que a lagoa facultativa seja projetada com pelo menos três compartimentos em série.
- Sistemas de irrigação localizada (gota a gota, subsuperficial, por exsudação, etc) e por aspersores, envolvem custos elevados de instalação e de manutenção. Além disso, é necessário que efluentes de sistemas de tratamento biológico, no caso lagoas de estabilização sejam filtrados, visando evitar entupimento dos orifícios distribuidores. A tecnologia usual em países em vias de desenvolvimento são os sistemas de canais de distribuição paralelos conectados a canais de distribuição centrais, ou sistemas de canais em curvas de nível. Portanto nenhuma redução de patógenos será atribuída a sistemas de irrigação localizada ou de aspersão;
- As zonas tampão, ou seja, as faixas de separação estabelecidas entre áreas irrigadas e residentes circunvizinhos, não protegem da contaminação por organismos patogênicos os principais grupos de risco associados a sistemas de reúso agrícola, ou seja, os consumidores de culturas irrigadas e os operários rurais e suas famílias. Essas barreiras operam indiretamente, protegendo apenas as populações eventualmente vivendo nas proximidades de campos irrigados. Portanto, nenhuma redução de patógenos será atribuída a essa medida protetora;
- Devido a condições climáticas favoráveis, prevalentes na grande maioria dos países em vias de desenvolvimento, a mortalidade de organismos patogênicos é significativamente efetiva, assumindo-se, portanto, uma redução de organismos patogênicos de $2 \log_{10}$ em associação a essa medida protetora;
- Lavar produtos agrícolas com água potável antes do consumo parece não ser uma prática altamente integrada no comportamento cultural de muitos países em vias de desenvolvimento. Portanto, nenhuma remoção de organismos patogênicos será atribuída a essa prática. A implementação de programas de educação ambiental e de

saúde pública seriam de extrema importância para fazer com que essa medida protetora seja mais efetiva em países em vias de desenvolvimento;

- Uma vez que a remoção da casca e cozimento de produtos agrícolas sejam associados a uma pequena parcela das culturas produzidas, nenhuma remoção de organismos patogênicos deve ser atribuída a essas medidas protetoras.

Portanto, a remoção de organismos patogênicos permitida pelas condições realísticas prevalecendo na maioria de países em desenvolvimento é equivalente a 4 unidades \log_{10} , sendo 2 unidades obtidas por meio de sistemas simplificados de lagoas de estabilização e 2 em consequência da mortalidade de organismos patogênicos, que ocorre entre a data da colheita e o consumo de produtos agrícolas. Com base nessas considerações é proposto que a carga tolerável $\leq 10^{-4}$ AVAD por pessoa por ano seja adotada como referência para estabelecer os padrões microbiológicos de reúso para irrigação com efluentes tratados, em países em vias de desenvolvimento

Uma vez estabelecidos os padrões, deverão ser implementados projetos de demonstração, nos quais sejam adotadas as medidas protetoras propostas. A avaliação de riscos associadas a esses projetos deve ser efetuada por meio de estudos epidemiológicos, adotando-se o procedimento experimental no qual são estabelecidos os grupos de risco associados ao projeto de demonstração e o grupo de controle correspondente. As implicações de saúde pública associadas aos projetos é, então, efetuadas pela comparação entre os dois grupos considerados (Blumenthal et al., 2001).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os AVADs se constituem em uma unidade métrica comum, aplicável a quaisquer tipos de doenças, focalizando, diretamente, perigos e riscos reais e não apenas riscos potenciais. Proporcionam, assim, uma ferramenta importante para o estabelecimento de bases protetoras para eventos ou sistemas que possam afetar a saúde pública de grupos de riscos a eles submetidos. Nesse sentido, permitem avaliar os riscos correspondentes e fornecer as bases para o estabelecimento de padrões nacionais para reúso de esgotos tratados para irrigação de culturas. Além disso os AVADs são unidades oficialmente adotadas pela OMS para avaliar riscos associados ao reúso de água, e são, atualmente, reconhecidas e consagradas para aplicação em praticamente todos os seus países membros;

A Organização Mundial da Saúde estabeleceu, para uso de esgotos tratados em irrigação de culturas, o mesmo nível de proteção estabelecido para água potável, isto é, a carga adicional de doenças causada pelo consumo de alimentos produzidos pela irrigação com esgotos tratados não deve exceder 10^{-6} AVAD (Anos de Vida em Desabilidade) por pessoa e por ano (pppa). Esse nível de restrição é praticamente impossível de ser obtido na maioria de países em desenvolvimento, que não terão capacidade de suportar os custos do tratamento de esgotos e outras medidas protetoras, mesmo para irrigação irrestrita;

Diretrizes, principalmente as associadas a aspectos de saúde pública, não devem ser aplicadas diretamente em todos os países. Para que sejam realísticos e aplicáveis, os padrões e códigos de prática devem ser editados por um processo de adaptação de diretrizes às características e prioridades nacionais, e levando em conta as condições, econômicas, técnicas e socioculturais locais.

Uma análise crítica das medidas protetoras, comumente utilizadas para proteção dos grupos de risco, levaram à proposta de se adotar carga adicional tolerável de doenças $\leq 10^{-4}$ AVAD por pessoa e por ano para desenvolver padrões nacionais para reúso agrícola, em países em vias de desenvolvimento. Além de proporcionar proteção adequada aos grupos de risco associados a sistemas de reúso agrícola de água agrícola, esse valor menos restritivo de

Hespanhol, I. Viabilidade de um AVAD(*) não superior a 10-4 por pessoa por ano, para reúso agrícola de água, em países em desenvolvimento. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 124-134, 2009. ([doi:10.4136/ambi-agua.92](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.92))

AVAD traz benefícios econômicos aos países que o adotam, uma vez que permite reduzir substancialmente as medidas protetoras necessárias, relacionadas na Tabela 4, principalmente as relativas a tratamento de esgotos.

Os resultados práticos da adoção desse nível tolerável de doenças devem ser obtidos pela operação de projetos de demonstração, complementados com estudos epidemiológicos que incluam a avaliação dos efeitos sobre a saúde pública de grupos de risco associados aos sistemas de reúso e os respectivos grupos de controle.

6. REFERÊNCIAS

BLUMENTHAL, U. J. et al. Epidemiology: a tool for the assessment of risk. In: FEWTRELL, L.; BARTRAM, J. **Water quality: Guidelines, standards and health-assessment of risk and risk management for water related infectious diseases**. Geneva: IWA Publishing, WHO, Smittskyddsinstitutet, World Health Organization, 2001. p.135-160. (Water series)

HESPANHOL, I.; PROST, A. M. E. WHO guidelines and national standards for reuse and water quality. **Water Research**, v. 28, n.1, p. 119-124, 1994.

MARA, D. D. How to transpose the 2006 WHO guidelines into national standards. In: IWA SPECIALIST CONFERENCE ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE FOR SUSTAINABILITY, 6., Antwerp, 9-12 Oct. 2007. Disponível em: <www.wrrs2007.org>. Acesso em: jul. 2009. p 106-111.

MATHERS, C. D. et. al. **Global burden of disease 2000: version 2: methods and results**. Geneva: Health Organization, 2002. 46 p.

MURRAY, C. J. L.; LOPEZ, A. D. **The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020**. Geneva: Harvard School of Public Health, World Bank, World Health Organization, 1996. 216 p. (The global burden of disease and injuries series, 1).

PRUSS, A.; HAVELAAR, A. The global burden of disease study and applications in water, sanitation and hygiene. In: FEWTRELL, L.; BARTRAM, J. (Eds.). **Water quality: guidelines, standards and health-assessment of risk and risk management for water related infectious diseases**. Geneva: IWA Publishing, WHO, Smittskyddsinstitutet, World Health Organization, 2001. 43-59 p. (Water series)

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for drinking water quality**. 3. ed. Geneva: WHO, 2004. 515 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: wastewater use in agriculture**. Geneva: WHO, United Nations Environmental Program, United Nations Food and Agriculture Organization, 2006. 196 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Hepatitis A Vaccines. **Weekly Epidemiological Record 2000**, Geneva, v. 75, n. 5, p. 38-44, 2000.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **The world health report 2003: shaping the future**. Geneva: WHO, 2003a. 223 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Typhoid Vaccine: fact sheet**. Geneva: WHO, 2003b. 22 p.