



Reúso de água na produção de alimentos

Marcos Brandão Braga
Pesq. Embrapa Hortaliças



Introdução:

- ✓ Israel: Em 1955 a reutilização da água tornou-se uma política nacional. Reutiliza 75% dos efluentes gerados (tecnologia de tratamento e aplicação), 50% da área irrigada. Parte integrante dos recursos hídricos.
- ✓ Bakersfield, na Califórnia-EUA (há 65 anos). Tratamento primário, com lagoas aeradas e reservatórios de armazenamento. Utilizado para irrigar cerca de 2.250 ha, (milho, cevada, alfafa, sorgo e pastagens).
- ✓ Brasil: Já existe atividades de reuso de água para fins agrícolas, porém de maneira informal, sem os devidos cuidados (meio ambiente e saúde).

Introdução:

Brasil é dos países mais ricos em RHs superficiais do planeta, porém:

- Regiões com escassez hídrica
 - Deficiências de infraestrutura hídrica para atendimento ao uso múltiplo
 - Quase totalidade principais aglomerados urbanos necessita investimentos para a ampliação da oferta de água.
- Em 2010, maior retirada foi irrigação, 1.270 m³/s (54% do total), seguido abastecimento humano urbano (522 m³/s – 22%).

*** Em 2010, **volume de esgotos urbanos 417,6 m³/s.**

Relação entre demanda e disponibilidade hídrica nos principais cursos d'água.

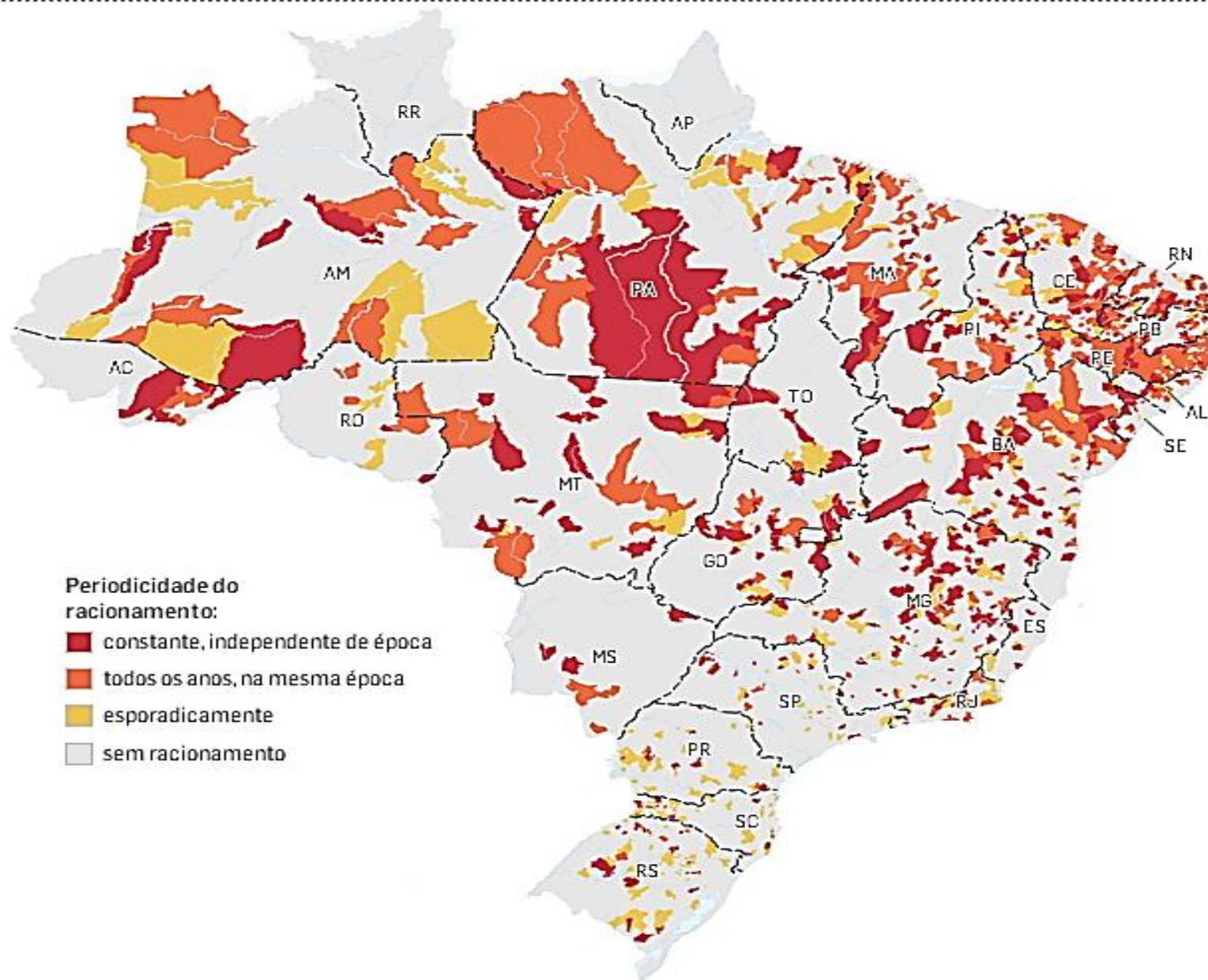


Fonte: ANA (2005)

Relação entre demanda e disponibilidade*.



* A disponibilidade é a vazão regularizada pelo sistema de reservatórios a montante, com 100% de garantia, somada à vazão com permanência de 95%, no trecho não regularizado. Em rios sem regularização, a disponibilidade é a vazão com permanência de 95%.



Saneamento 2011/IBGE

Brasil e Grandes Regiões	Total de Municípios		Tipo de Serviço							
			Rede geral de distribuição de água		Rede coletora de esgoto		Manejo de resíduos sólidos		Manejo de águas pluviais	
	2000	2008	2000	2008	2000	2008	2000	2008	2000	2008
			Número	Número	Número	Número	Número	Número	Número	Número
Brasil	5507	5564	5391	5531	2877	55%	5475	5562	4327	5256
Norte	449	449	422	442	32	13%	445	449	222	403
Nordeste	1787	1793	1722	1772	767	46%	1769	1792	1227	1615
Sudeste	1666	1668	1666	1668	1547	95%	1666	1667	1468	1643
Sul	1159	1188	1142	1185	451	40%	1149	1188	1094	1172
Centro-Oeste	446	466	439	464	80	28%	446	466	316	423

Fonte: Atlas de Saneamento 2011/IBGE

Esgotos e Reúso

Reúso de água é aproveitamento de águas previamente utilizada, uma ou mais vezes, em atividade humana, para suprir necessidade de outros usos, inclusive o original.

O reúso de água, ao reduzir o lançamento de esgotos nos corpos hídricos, não traz apenas benefícios de ordem quantitativa, mas principalmente na qualidade da água da bacia hidrográfica.

Reúso pode ser uma alternativa, mas, em muitas bacias hidrográficas, há necessidade de se garantir a manutenção de vazão dos rios.

Considerações

- Lançamento de esgotos sem tratamento ou com tratamento inadequado é o principal degradador dos corpos hídricos no Brasil;
- Reúso é uma opção interessante para pequenos/médios municípios com dificuldade de operar as ETEs;
- Esgotos são ricos em água e nutrientes → alternativa também de se dispor o esgoto em solos com culturas com valor econômico (**reúso agrícola de água**).
- Reúso agrícola de água pode modificar para melhor os resultados da agricultura no Semiárido, ao mesmo tempo propiciar a melhoria das condições sanitárias e ambientais locais.

Tipos de Reuso de acordo a Organização Mundial da Saúde (WHO 1973)

- **Reuso indireto:** ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizadas novamente a jusante, de forma diluída;
- **Reuso direto:** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos e água potável;
- **Reciclagem interna:** é o reuso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Principais vantagens da reutilização de águas

- Propicia o uso sustentável dos recursos hídricos;
- Minimiza a poluição hídrica nos mananciais;
- Estimula o uso racional de águas de boa qualidade;
- Permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes;
- Possibilita a economia com fertilizantes e matéria orgânica;
- Aumenta a produtividade agrícola e a produção de alimentos;
- Permite maximizar a infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida.

Principais desvantagens:

- Custos elevados,
- Salinização de solos e ou contaminação de áreas agrícolas,
- Presença de patógenos que são vetores de doenças aos humanos e animais.

Obs: É preciso destacar que o solo atua como um redutor do período de sobrevivência dos patógenos no ambiente.

Fonte: adaptado Wastewater Irrigation and Health, 2012 / Reúso de água na agricultura, 2014.

Algumas Experiências Internacionais

Israel

- Esgotos tratados representam aproximadamente 20% do consumo total de água, sendo utilizadas principalmente na agricultura, evitando a utilização de água potável.
- Quase 95% dos esgotos recebem tratamento; destes, 78% são reusados. Meta para próximos 10 anos é 90%.
- **Empresa de Águas de Israel, Mekorot**, tem sob sua responsabilidade 70% das águas do país. Quanto à produção de água de reúso, conta com 15 centros para tratamento e reúso de águas.



Sistema Shafdan



Produção de alimentos no deserto de Neguev,



Algumas Experiências Internacionais

Vale do Mezquital - México

- O Vale do Mezquital é uma região do Estado de Hidalgo, México, a 60 km da capital, tem maior superfície irrigada com águas residuárias do mundo, está em operação há varias décadas.
- Os Distritos de Irrigação (Tula) e (Alfajayucan) usam esgotos brutos (mistura de resíduos domésticos e industriais) da área metropolitana da cidade do México, irrigando **mais de 90 mil hectares.**



Exemplos de Pesquisas no Brasil – reúso de água na agricultura

- Desde 2001, a Sabesp, Lins-SP - Centro experimental multidisciplinar e especializado em pesquisas com irrigação com água de reúso em diferentes culturas: café, milho, cana-de-açúcar, girassol e capim Tifton 85.
- Companhia Riograndense de saneamento / IRGA – irrigação arroz.
- Rede cooperativa de pesquisas do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), envolve várias instituições de pesquisa e pesquisadores do Brasil.
- Nordeste: UFCG/ANA; UFPE

Exemplos de Pesquisas no Brasil – reúso de água na agricultura

Semiárido:

- Companhia de Saneamento de Minas - Estação de Tratamento de Esgoto de Janaúba- MG com a Unimontes.

Aplicação na Cultura bananeira - foi limitada a 150 Kg de sódio/ha.

Conclusão: Possibilitou economia de 16% de água de qualidade, 50% e 40% das doses de nitrogênio e potássio, respectivamente (COPASA, 2013).

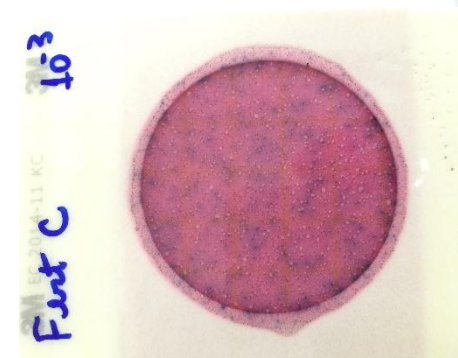
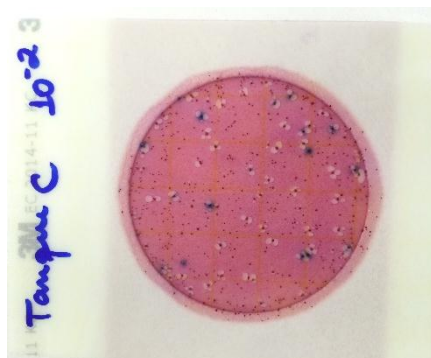
Experimento – Alface Americana (2015)



Experimento – Alface Americana (2015)

Produtos	Microorganismos		
	Colif. total (NMP g ⁻¹)	<i>E. coli</i> (NMP g ⁻¹)	<i>Salmonella</i> (Presença/ausência em 25 g)
Fertilizante Mineral	1,2 x 10 ¹ B	0	Ausência
Biofertilizante Comercial	1,1 x 10 ¹ B	0	Ausência
Hortbio	5,2 x 10 ⁵ A	1,5 x 10 ⁶	Presença
Tanque Fertilizante Mineral	1,4 x 10 ¹ B	0	Ausência
Tanque Biofert. Comercial	1,5 x 10 ¹ B	0	Ausência
Tanque Hortbio	7,8 x 10 ³ B	9,0 x 10 ³	Presença
Água	1,6 x 10 ¹ B	0	Ausência

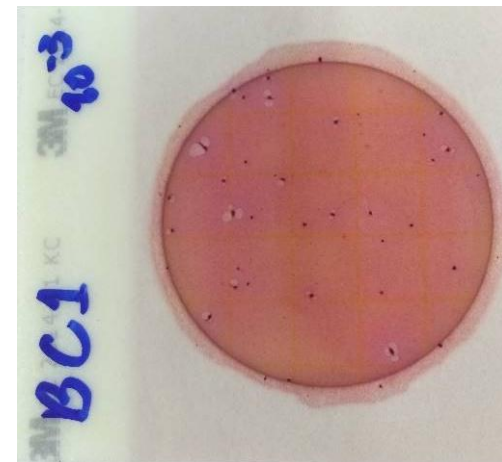
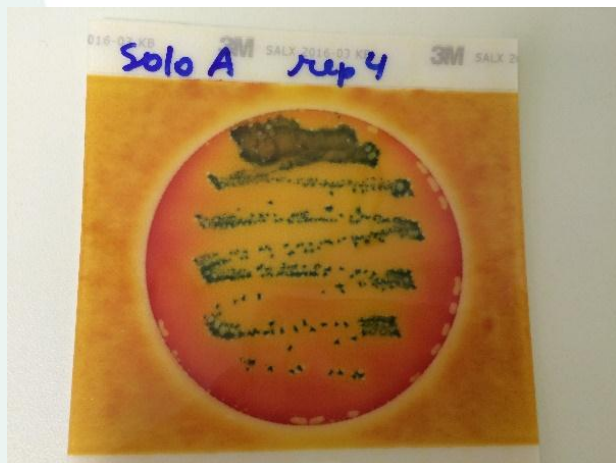
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si. Os dados representam as medias de três repetições pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Pilon et al. (2015)



ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO SOLO

Solos	Microrganismos		
	Colif. total (NMP g ⁻¹)	<i>E. coli</i> (NMP g ⁻¹)	<i>Salmonella</i> (Presença/ausência em 25 g)
Fert. Mineral	9,7 x 10 ³ A	0	Ausência
Biofert. Comercial	4,6 x 10 ⁴ A	0	Ausência
Hortbio	2,0 x 10 ³ A	0	Ausência
Controle (Água)	3,2 x 10 ⁴ A	0	Ausência

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si. Os dados representam as medias de quatro repetições pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Pilon et al. (2015)



Alfaces	COLHEITA		
	Colif. total (NMP g ⁻¹)	<i>E. coli</i> (NMP g ⁻¹)	<i>Salmonella</i> (Presença/ausência em 25 g)
Fert. Mineral	1,5 x 10 ³ B	0	Ausência
Biofert. Comercial	1,2 x 10 ⁵ A	0	Ausência
Hortbio	6,2 x 10⁴ A	0	Ausência
Controle (Água)	7,3 x 10 ³ B	0	Ausência

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si. Os dados representam as médias de quatro repetições pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Pilon et al. (2015)

Conclusão:

- Apesar da contagem alta de coliformes totais, as alfaces de todos os tratamentos se encontraram em conformidade com a legislação (RDC nº 12/2001 – ANVISA).

Tratamento de esgoto doméstico

1. **Tratamento preliminar** (ou pré-tratamento) - uso grades, peneiras, caixa de areia.
2. **Tratamento primário** (sedimentação dos sólidos em suspensão – fundo decantador – formando lodo primário).
3. **Tratamento secundário** – microrganismos alimenta-se da matéria orgânica, convertendo-a em gás carbono e água. (forma lodo).
4. **Tratamento terciário** – remoção de poluentes específicos como os nutrientes fósforo e nitrogênio. (forma lodo).

Tratamento do lodo é dada por digestores - que tem a função de estabilizar a Matéria Orgânica e favorecer a etapa posterior de desidratação ou desaguamento.

Estação Brazlândia – Tratamento primário

Vazão do projeto: 86 L/s

Vazão média atual: 41 L/s

Tipo de tratamento: lagoa de estabilização de tipo australiano
(Lagoa anaeróbica + Lagoa facultativa)

Corpo Receptor: Rio verde / GO

Custo: Água tratada consumo: **R\$ 0,68/m³** (Caesb, 2014)



Estação GAMA – Tratamento terciário

Vazão do projeto: 328 L/s

Vazão média atual: 197 L/s

Tipo de tratamento: Reator de fluxo ascendente, reatores biológicos e clarificador.

Corpo Receptor: Ribeirão Ponte Alta

Custo: R\$ 1,08 reais / m³ esgoto tratado (Fonte: Caesb, 2014)



Dentre as legislações a serem atendidas, destacam-se:

RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes;

RESOLUÇÃO CONAMA 430/11 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes (complementa e altera a 357/2005);

RESOLUÇÃO CONAMA 375/06 - Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário;

RESOLUÇÃO CONAMA 396/08 - Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

Outros: Legislação estadual (DF) - DECRETO 18.328/97 - Do Lançamento de Efluentes Líquidos na rede Coletora de Esgotos. Etc.

Critério qualidade microbiológica – Água superficiais para irrigação (Brasil)

(Resolução Conama 357/2005).

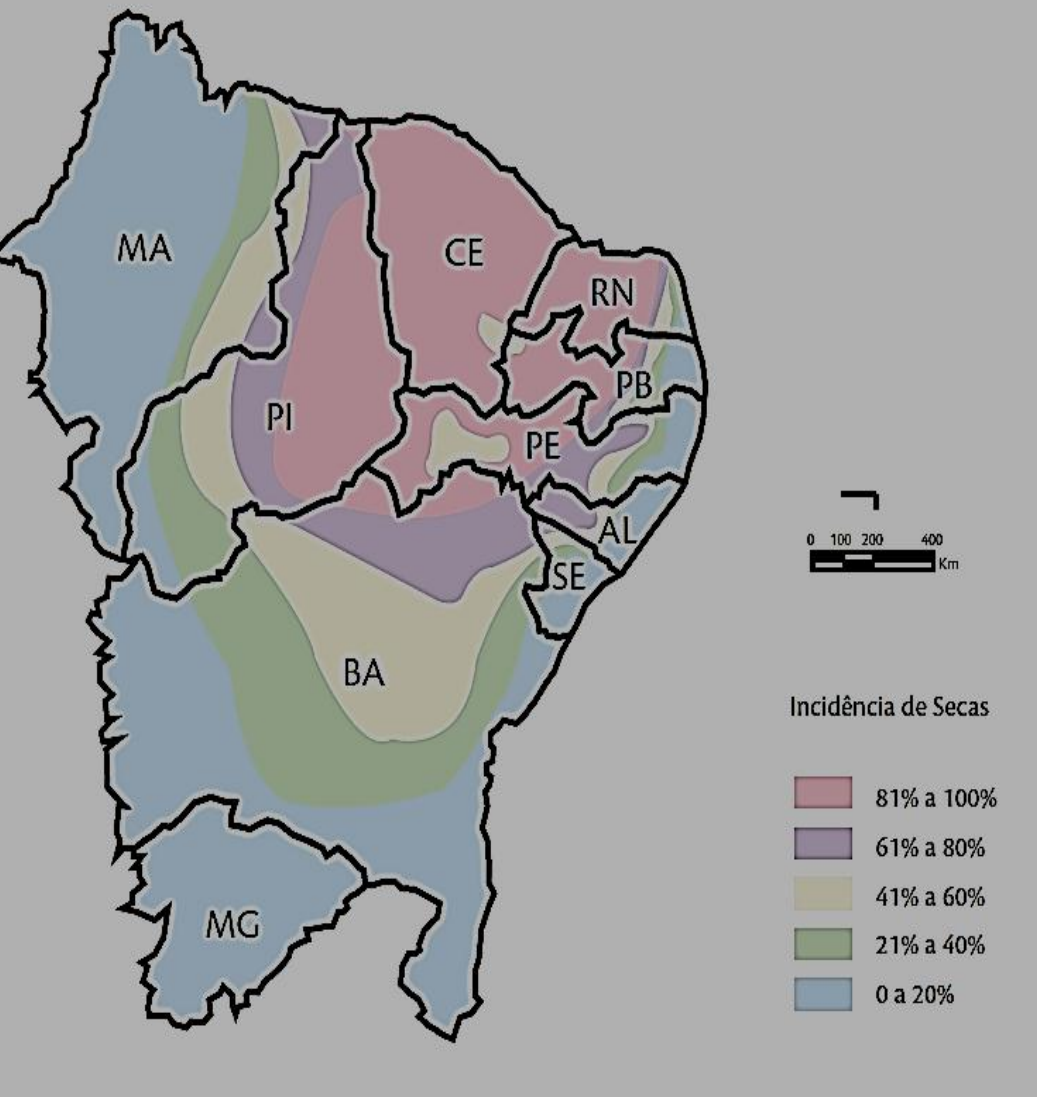
TIPO DE IRRIGAÇÃO	CRITÉRIO DE QUALIDADE ⁽¹⁾
Hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	200 Cter ou E.coli / 100mL
Hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto	1000 Cter ou E.coli / 100 mL
Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	4000 Cter ou E.coli / 100 mL

Cter: coliformes termotolerantes; (1) em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral.

Exemplos de regulamentação da qualidade microbiológica da água para irrigação nos EUA e no Canadá.

Região, País	Tipo de irrigação	Organismos por 100 mL			
		CT	Cter	E. Coli	Enterococos
Alberta, Canadá	Hortaliças	1000 ⁽²⁾ 2400 ⁽³⁾	200 ⁽²⁾		
British Columbia, Canadá	Irrigação em geral		1000 ⁽²⁾	1000 ⁽²⁾	250 ⁽²⁾
	Hortaliças consumidas cruas		200 ⁽²⁾	77 ⁽²⁾	20 ⁽²⁾
Vermont, EUA ⁽¹⁾	Irrigação em geral			235	
Califórnia, EUA ⁽¹⁾	Hortaliças consumidas cruas – irrigação por aspersão			126 ⁽²⁾ 235 ⁽³⁾	
	Hortaliças consumidas cruas – irrigação por gotejamento ou sulcos			126 ⁽²⁾ 576 ⁽³⁾	

CT: Coliformes totais; CTer: Coliformes termotolerantes; (1) baseado em critério de uso recreacional; (2) média geométrica; (3) amostra individual. Fonte: Pachepsky et al. (2011).



Exemplo:

- Cidade do semiárido - 20 mil hab.
- Consumo médio de água 100 L /dia.hab (2.000 m³/dia).
- Volume de água residual de 1.600 m³/dia (80% do volume destina-se a rede de esgoto).
- $ET_p = 8,0$ mm/dia; Sistema de irrigação com $E_i = 80\%$,
- Água residual seria suficiente para irrigar 16 ha (irrigação total).

Nordeste – Áreas de incidência de Secas. Fonte: ANA (2012)

Ribeirão - DF



Foto: Marcos Braga

Considerações finais

- Dificuldade: regulamentação do reúso de água no Brasil ainda incipiente;
- Deve-se adequar a legislação brasileira à realidade, para que contemple o uso de água residual no meio rural, principalmente, para irrigação. (Sugestão: ponto de partida o Trabalho publicado por Bastos et. al (2014) - <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.016>);
- Desenvolver políticas para maior estímulo à adoção do reúso, principalmente, quanto a linhas de financiamento. (Iniciativa do Senado Federal, o PLS 154/2009, transformado no Projeto de Lei nº 7.418, de 2010, que “Autoriza o Poder Executivo a criar o Fundo Nacional de Reutilização de Água (FUNREÁGUA).
- Disseminar informação sobre reúso, desenvolver tecnologias compatíveis com as nossas condições técnicas, culturais e socioeconômicas.

Obrigado

Grupo de estudo do CNPH/Reúso.

Dr. Carlos Eduardo Pacheco

Dra. Lucimeire Pilon

Dra. Mariana R. Fontinelle

Dr. Juscimar da Silva

Dra. Iriani R. Maldoneide

Reúso de água na agricultura

*Marcos Brandão Braga
Carlos Eduardo Pacheco Lima*
Editores Técnicos

Embrapa

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

