

GESTÃO E CONTROLE AMBIENTAL

AVALIAÇÃO SANITÁRIA E FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS NO AGRESTE E BREJO PARAIBANOS¹

Aldre Jorge Morais Barros², Beatriz Susana Ovruski de Ceballos³,
Annemarie König³ & Hans Raj Gheyi⁴

RESUMO

Foi avaliada a qualidade sanitária e físico-química das águas utilizadas na irrigação de hortaliças em cinco hortas localizadas em dois municípios paraibanos. As águas de irrigação apresentaram elevada contaminação fecal (CF: 10^4 UFC 100 mL⁻¹) infectando os vegetais; esta contaminação teve como origem as descargas de esgotos domésticos nos córregos e açudes utilizados na irrigação, resultando no reúso indireto de esgotos na agricultura. As alfaces (*Lactuca sativa* L.) irrigadas com tais águas apresentaram concentrações de coliformes fecais entre $1,0 \times 10^3$ e $1,6 \times 10^6$ e de *E. coli* entre $2,5 \times 10^2$ e $2,5 \times 10^4$ NMP g⁻¹, indicando riscos para a saúde dos consumidores, porém as alfaces provenientes dos mercados públicos apresentaram carga fecal entre $7,5 \times 10^3$ e $3,8 \times 10^4$ NMP g⁻¹, não havendo diferenças significativas com aquelas das hortas. A elevada carga fecal do adubo orgânico de origem animal (valor médio entre $1,3 \times 10^5$ e $2,6 \times 10^6$ NMP g⁻¹) comumente utilizada nas hortas também contribuiu na contaminação das alfaces. Do ponto de vista físico-químico, as águas de irrigação continham apreciáveis concentrações de sais, porém não apresentaram altos risco de salinização ou de sodificação do solo.

Palavras-chave: qualidade da água, *Lactuca sativa* L., contaminação fecal, salinização

SANITARY AND PHYSICO-CHEMICAL EVALUATION OF WATER USED FOR IRRIGATION OF VEGETABLE CROPS IN THE AGRESTE AND BREJO REGIONS OF PARAIBA STATE, BRAZIL

ABSTRACT

The sanitary and physico-chemical quality of water used in the irrigation of vegetable crops was evaluated in 5 farms in 2 municipalities of the State of Paraíba, Brazil. The irrigation water presented high fecal load (FC: 10^4 CFU 100 mL⁻¹) contaminating the vegetables. The contamination occurred due to the fact that domestic sewage is discharged into the water streams, resulting in indirect reuse of wastewater in the agriculture. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) irrigated with such waters showed high levels of fecal contamination (FC: $1,0 \times 10^3$ and $1,6 \times 10^6$ MPN g⁻¹ and *E. coli*: $2,5 \times 10^2$ and $2,5 \times 10^4$ MPN g⁻¹), exposing the consumers of these vegetables to health hazards, however the lettuce in the public markets presented fecal coliformes between $7,5 \times 10^3$ and $3,8 \times 10^4$ MPN g⁻¹ and there were no significant differences with that of vegetable gardens. The high levels of fecal coliformes in the organic manure (mean value between $1,3 \times 10^5$ and $2,6 \times 10^6$ MPN g⁻¹) used in cultivation also contributed towards contamination of lettuce. Although the waters contained considerable concentrations of salts they did not present high risks of salinization or sodification of the soil.

Key words: water quality, *Lactuca sativa* L., fecal contamination, salinization

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor submetida à Universidade Federal da Paraíba, (UFPB)

² Professor Visitante, Departamento de Química do CCT/UEPB. Rua Cabaceiras, 270, Bodocongó, CEP 58107 - 570, Campina Grande, PB, Fone: (083) 333 3700 Ramal 45

³ Prof. Adj., Departamento de Engenharia Civil, CCT/UFPB, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CP 10.016, CEP 58109 - 970, Campina Grande, PB, Fone: (083) 310 1154, Fax: (083) 310 1388, E-mail: akonig@dec.ufpb.br, ceballos@cgnet.com.br

⁴ Professor Titular, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba. CP 10.078 CEP 58109 - 970, Campina Grande, PB, Fone: (083) 310 1056, Fax: (083) 310 1185, E-mail: hans@deag.ufpb.br

INTRODUÇÃO

A qualidade das águas de irrigação é importante na agricultura, porque dela depende a produção agrícola, tanto nos aspectos qualitativos como nos quantitativos (Laraque, 1991). Ela influencia nas propriedades do solo, podendo melhorar sua fertilidade, como também pode contribuir com sua salinização (Molle & Cadier, 1992).

Nas regiões áridas e semi-áridas do mundo a escassez de fontes de água dificulta a agricultura perene, contornada pela utilização de água das mais diversas origens, muitas delas contaminadas com esgotos domésticos que comprometem a qualidade sanitária do produto agrícola e as propriedades do solo (Meybeck et al., 1991) particularmente com relação ao aumento da quantidade de sais.

O Nordeste brasileiro é uma vasta região semi-árida, afetada por longos períodos de estiagem; para mitigar este quadro, a política de açudagem, iniciada no século passado, estimulou a construção de reservatórios para acumular as águas de chuvas, para serem usadas durante a época de seca (Guerra, 1981). Dentre esses usos destaca-se a agricultura, geralmente de subsistência, sendo que a agricultura intensiva fica limitada aos perímetros irrigados, onde se fazem grandes investimentos tanto na construção de grandes açudes como nas técnicas de irrigação, a exemplo dos perímetros irrigados de São Gonçalo, PB e Morada Nova, CE.

A escassez de recursos hídricos no Nordeste tem levado ao emprego indiscriminado de águas de córregos, barreiros, açudes e rios que, na maioria das vezes, estão contaminados com águas residuárias de origem doméstica e de escoamento superficial de áreas agropastoris (Diniz, 1994; Ceballos et al., 1995).

Por outro lado, a poluição dessas águas com material fecal as transforma em veículos de transmissão de doenças infecciosas causadas por microrganismos enteropatogênicos responsáveis por cerca de 50% das doenças entéricas (Bonilha, 1986). A contaminação fecal dos açudes favorece a permanência dos ciclos endêmicos das doenças de veiculação hídrica na região Nordeste (Ceballos et al., 1998) visto que constituem a principal ou a única fonte de água para usos múltiplos.

Nas periferias das cidades de médio e grande porte é comum a existência de grandes áreas denominadas “cinturões verdes”, onde se cultivam frutas e hortaliças que abastecem o mercado consumidor. Muitas vezes, as águas utilizadas na irrigação dessas hortaliças originam-se de córregos e pequenos rios que em algum trecho receberam dejetos humanos, comprometendo sua qualidade; por conseguinte, os alimentos produzidos nestas áreas apresentam-se como via importante de infecção por enteropatogênicos, através da via oral, assumindo papel fundamental na disseminação de doenças. Dentre as hortaliças folhosas consumidas cruas, que crescem próximo ao solo e com maior demanda de mercado, destaca-se a alface.

Estas considerações são particularmente válidas para o Nordeste brasileiro pois, em função das poucas opções de fontes de água disponíveis, as plantações irrigadas se localizam nas margens de córregos, independente da qualidade de suas águas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos: 1) estudar os aspectos físico-químicos e sanitários das águas superficiais usadas na irrigação de hortaliças nos cinturões verdes de uma cidade do Agreste e uma outra do Brejo paraibano; 2) avaliar a qualidade sanitária das alfaces (*Lactuca sativa*, L.) irrigadas com essas águas e compará-la com as alfaces comercializadas nas feiras livres.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas cinco hortas situadas nos cinturões verdes de dois municípios paraibanos: Sapé (7°6'S; 35°14'5"W) e Lagoa Seca (7°10'15"S; 35°51'13"W) e denominadas de H₁, H₂ (Sapé) e H₃, H₄ e H₅ (Lagoa Seca). Para a irrigação utiliza-se, na horta H₁, água do Riacho São Salvador; em H₂, água acumulada em cacimbões escavados no solo, enquanto nas três hortas de Lagoa Seca (H₃, H₄ e H₅) usa-se água proveniente de açudes localizados nas imediações das hortas. Os trabalhos de campo foram realizados no período de fevereiro/1996 a janeiro/1997, com frequência quinzenal de coleta de amostras de água e alface. As águas de irrigação foram coletadas em frascos estéreis de vidro, de boca larga, cor âmbar, com um litro de capacidade, enquanto para as análises físico-químicas as amostras eram armazenadas em garrafas plásticas de 2 L, limpas e bem tampadas. Em cada horta foram selecionadas três parcelas cultivadas e de cada uma delas se retiravam dois pés de alface para compor uma amostra composta de seis pés, que era acondicionada em saco plástico estéril e não tóxico, devidamente etiquetado (procedência, data e hora da coleta). Das mesmas parcelas se procedia à coleta de amostras de solo na profundidades 0 - 30 cm com a ajuda de um trado de 5 cm de diâmetro; os trados eram embrulhados em papel tipo Kraft e esterilizados por calor seco (170 °C); utilizava-se um amostrador para cada horta e para a coleta, ele era introduzido nos primeiros 20 cm de solo, com ajuda de uma marreta, e a terra acumulada no seu interior era transferida para saco plástico estéril e atóxico, obtendo-se uma amostra composta das três parcelas. Todas as amostras eram preservadas em caixa isotérmica a temperatura inferior a 10 °C. Nas feiras livres e nos entrepostos da Empresa de Abastecimento de Produtos Agrícolas S.A. (EMPASA) – Campina Grande, PB, foram feitas quatro coletas de alface por época de amostragem (chuva e estiagem) adquirindo-se, a cada vez, cinco pés, que foram submetidos aos mesmos procedimentos de conservação que as amostras de campo.

Os parâmetros físico-químicos analisados nas águas de irrigação foram pH, dureza, condutividade elétrica, alcalinidade (carbonato e bicarbonato), cátions (cálcio, magnésio, sódio, potássio) e ânions (sulfato, cloretos) seguindo-se as técnicas da APHA (1989) exceto para o sódio e potássio, que foram determinados conforme Ohlweiler (1980) e sulfato, pela metodologia de Vogel (1981). Os indicadores microbiológicos quantificados foram os coliformes fecais e *E. coli*, seguindo-se as recomendações do APHA (1995) e nas amostras de alfices, obedeceu-se o procedimento descrito por Bastos (1992).

As análises das águas, dos solos e das alfices foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, e no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Campina Grande, PB.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade físico-química das águas

A Tabela 1 mostra os valores médios, máximos e mínimos das concentrações de cátions, ânions e dos outros parâmetros

Tabela 1. Valores médios*, mínimos e máximos dos parâmetros avaliados nas águas das cinco hortas no período de chuva (fev - jul/96) e de estiagem (set/96 - jan/97)

Horta	Cátions (mg L ⁻¹)				Ânions (mg L ⁻¹)		pH	Dureza mgCaCO ₃ L ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	CE dS m ⁻¹	Restrição ao Uso**
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻					
ÉPOCA DE CHUVA											
H ₁	32 (16-42)	24 (12-31)	96 (74-110)	6 (3-8)	120 (60-157)	226 (110-293)	7,1 (6,6-7,6)	170 (83-221)	3,0 (1,4-3,9)	1,0 (0,5-1,3)	Ligeira à moderada
H ₂	40 (30-46)	26 (19-30)	46 (34-53)	10 (7,3-11)	130 (97-151)	191 (143-221)	7,2 (6,9-7,5)	210 (157-244)	1,4 (1,0-1,6)	1,1 (0,8-1,2)	Ligeira à moderada
H ₃	60 (58-71)	12 (11-14)	11 (10-13)	5 (5-6)	220 (213-262)	174 (169-207)	7,3 (7,0-7,4)	200 (194-238)	0,3 (0,3-0,4)	0,9 (0,9-1,1)	Ligeira à moderada
H ₄	40 (34-54)	19 (16-26)	10 (9-14)	3,0 (2-4)	115 (97-155)	183 (153-247)	7,0 (6,6-7,5)	180 (151-243)	0,3 (0,3-0,4)	1,0 (0,8-1,3)	Ligeira à moderada
H ₅	86 (73-104)	32 (27-39)	14 (12-17)	10 (9-12)	210 (178-254)	209 (178-253)	7,3 (7,1-7,5)	350 (297-423)	0,3 (0,3-0,4)	1,1 (0,9-1,3)	Ligeira à moderada
ÉPOCA DE ESTIAGEM											
H ₁	32 (25-37)	11 (9-12)	62 (47-71)	1,0 (0,7-1,1)	90 (69-103)	148 (114-169)	7,0 (6,8-7,2)	125 (96-142)	2,0 (1,5-2,3)	0,7 (0,5-0,8)	Ligeira à moderada
H ₂	44 (33-51)	16 (12-18)	18 (14-21)	3 (2-3)	150 (114-172)	44 (34-50)	7,4 (7,1-7,5)	175 (133-201)	0,5 (0,4-0,6)	1,1 (0,8-1,2)	Ligeira à moderada
H ₃	60 (56-63)	18 (17-19)	76 (71-80)	34 (32-36)	235 (221-249)	157 (147-166)	6,9 (6,6-7,2)	225 (211-238)	2 (1,9-2,1)	1,1 (1,0-1,2)	Ligeira à moderada
H ₄	64 (40-80)	18 (11-22)	98 (62-122)	13 (8-16)	170 (107-212)	261 (164-326)	7,3 (6,9-8,2)	235 (148-293)	3 (1,9-3,7)	1,3 (0,8-1,6)	Ligeira à moderada
H ₅	66 (53-75)	41 (33-47)	92 (74-105)	48 (18-55)	350 (280-399)	183 (146-209)	7,4 (6,1-8,5)	335 (268-382)	2 (1,6-2,3)	1,4 (1,1-1,6)	Ligeira à moderada

Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Na - Sódio; K - Potássio; HCO₃⁻ - Bicarbonato; Cl⁻ - Cloreto; RAS - Razão de Adsorção de Sódio; CE - Condutividade Elétrica.

* Média de quatro determinações na época de chuva e estiagem, respectivamente

** Segundo a classificação de Ayers & Westcot (1991)

físico-químicos avaliados nas águas de irrigação das cinco hortas, nos períodos de estiagem e de chuvas. Observa-se que os valores médios de cálcio variaram na época de chuva entre 32 (H₁) e 86 mg L⁻¹ (H₅) e na estação de estiagem entre 32 (H₁) e 66 mg L⁻¹ (H₅). Este valores estão parecidos com os encontrados por Laraque (1991) na região do semi-árido nordestino, com uma faixa entre 10 e 70 mg Ca²⁺ L⁻¹. Ayers & Westcot (1991) citam uma variação entre 0 à 400 mg Ca²⁺ L⁻¹, para regiões semi-áridas. Segundo Esteves (1988) estas concentrações nas águas sofrem uma influência de grande importância quanto as características geológicas regionais. Nota-se que os valores menores deste íon ocorreram sempre na cidade de Sapé (H₁ e H₂), que se situa-se na microregião homogênea Agropastoril do baixo Paraíba, com solos Aluvionais do tipos Barreiras, que apresentam concentrações menores de sais que no interior do Estado (Watanabe et al, 1989), por outro lado, nas hortas H₃, H₄ e H₅ localizadas no município de Lagoa Seca, a qual pertence a microregião do Agreste da Borborema, com a predominância de solos Bruno Litólicos com afloração do cristalino pré-Cambriano (Governo da Estado da Paraíba, 1985), obtiveram nas duas épocas valores superiores aos das hortas de Sapé. O íon magnésio apresentou teores médios entre 12 (H₃) e 32 (H₅) mg L⁻¹ e de 11 (H₁) e 41 (H₅) mg L⁻¹, para as épocas de chuva e estiagem, respectivamente. Valores os quais parecidos com os encontrados por Ayers & Westcot (1991) com variações entre 0 e 60 mg Mg²⁺ L⁻¹, e com os de Laraque (1991) que foram de 5 à 60 mg Mg²⁺ L⁻¹. Ainda, Goldman & Horne (1983), citam para águas continentais ao redor do globo valores entre 0,38 e 60 mg Mg²⁺ L⁻¹. Kleerekoper (1944) observou valores entre 0 e 38 mg Mg²⁺ L⁻¹ em lagos dos Estados Unidos. Logo, as hortas estudadas tem em suas águas teores de magnésio dentre das faixas mais frequentes. Também, destaca-se que não ocorreu nenhuma relação entre as concentrações de magnésio e a época climática, colocando como fator de maior influência a origem geológica magnesiana das quais pertencem as hortas.

Os valores médios de sódio decresceram nas hortas de Sapé (H₁ e H₂) do período chuvoso (96-46 mg Na⁺ L⁻¹) para o de estiagem (62-18 mg Na⁺ L⁻¹). Ao contrário, observou que os teores médios de sódio nas hortas de Lagoa Seca apresentaram aumento da época de chuva (10 - 14 mg Na⁺ L⁻¹) para a época de estiagem (76 à 98 mg Na⁺ L⁻¹). A diminuição desses valores nas hortas H₁ e H₂ pode estar associada à ausência do transporte de sais, desde o solo para a fonte de água, visto que, com a falta de chuvas, não ocorre escoamento superficial; por outro lado, na estiagem a evaporação contribui acentuadamente na concentração dos sais, fato que pode ser observado também com a elevação dos valores de potássio no período de estiagem; entretanto, destaca-se que as concentrações deste íon não excederam os valores considerados normais (até 78 mg K⁺ L⁻¹) para a região segundo Laraque (1991). As flutuações observadas são típicas de corpos aquáticos do semi-árido nordestino, porém não foi detectado comportamento homogêneo dos cátions, que pudesse ser considerado típico de cada época.

Alguns ânions estiveram ausentes (carbonatos e sulfatos) e outros, como os cloretos, apresentaram valores mínimos e máximos, entre 110 e 293 mg Cl⁻ L⁻¹ nas chuvas, e de 34 e 326 mg Cl⁻ L⁻¹ na estiagem com valores de cloretos superiores a 250 mg Cl⁻ L⁻¹ conferem sabor salgado à água (Sawyer et al., 1994) e são frequentes em águas superficiais e subterrâneas do Nordeste brasileiro, devido à geologia do terreno. Os corpos hídricos localizados sobre o cristalino são os de água mais agressiva e salina. Segundo Molle & Cadier (1992), as concentrações tóxicas de cloretos estão em níveis entre 142 e 355 mg Cl⁻ L⁻¹ para algumas tipos de cultura, no entanto, não se observou qualquer tipo de dano por este íon nas alfaces analisadas cultivadas nestas hortas.

Os carbonatos e bicarbonatos expressam a alcalinidade; com base nesta consideração, tem-se que todas as águas apresentaram-se caráter alcalino, pois valores de pH entre 6,9 a 7,4 favoreceram sua formação de bicarbonatos (Tabela 1); os

valores mais elevados ocorreram nas águas de Lagoa Seca, em particular nas hortas H₃ e H₅, nas duas épocas climáticas. Enquanto na horta H₅ as águas de irrigação apresentaram valores extremos na estiagem, com as maiores flutuações (mínimo: 280 mg HCO₃⁻ L⁻¹; máximo: 399 mg HCO₃⁻ L⁻¹ e médio: 350 mg HCO₃⁻ L⁻¹) e foram influenciadas pela alcalinidade intrínseca dos esgotos domésticos (230 mg CaCO₃ L⁻¹; Silva, 1982). Ceballos (1995) observou valores de alcalinidade entre 140 e 240 mg CaCO₃ L⁻¹ em dois açudes paraibanos fortemente impactados por esgotos domésticos, valores estes semelhantes a os da presente pesquisa.

A dureza dessas águas foi bastante elevada, particularmente na época de chuva, variando entre 83 e 423 mg CaCO₃ L⁻¹, e no período de estiagem entre 96 e 382 mg CaCO₃ L⁻¹, devido à presença de bicarbonatos, principalmente, de cálcio e de magnésio. Como nos outros parâmetros, a dureza não apresentou tendência de aumento ou diminuição com a época de coleta. Valores elevados de dureza em açudes paraibanos foram observados por Watanabe et al. (1989) num estudo de oito açudes localizados desde o litoral até o agreste; os autores destacam os valores crescentes deste parâmetro, desde sua ausência até 244 mg CaCO₃ L⁻¹, no sentido costa-interior do Estado. O aumento foi atribuído às diferenças geológicas dos terrenos, com predominância de solos Aluvionais no litoral e Latossolos na Serra da Borborema (Governo do Estado da Paraíba, 1985). Os maiores valores de sais na águas de Lagoa Seca (H₃, H₄ e H₅) devem ser associados com às descargas de esgotos, provenientes de fossas sépticas, de escoamento superficial e de águas de drenagem urbana contaminadas. Em Sapé, a influência dos esgotos foi menor, manifestando-se na tendência de valores menores de sais, dureza etc.

A condutividade elétrica (Tabela 1) foi alta nos dois períodos (valores médios 0,7 - 1,4 dS m⁻¹) segundo limites citados Ayers & Westcot (1991). Os valores levemente superiores em Lagoa Seca se devem às diferenças geológicas entre os municípios de Sapé (próximo ao litoral paraibano) e de Lagoa Seca (130 km do litoral), aos solos Aluvionais do grupo Barreiras na primeira localidade, com baixos teores de sais e solos Brunos Litólicos na segunda, tipicamente salinos. Contribuíram também com os aumentos de condutividade os aportes de esgotos nestas águas. Watanabe et al. (1989) observaram no trabalho já citado, aumento da condutividade elétrica, desde o litoral ao interior do Estado da Paraíba e a associaram à geologia regional e à diminuição da precipitação pluviométrica, que favorecem a concentração de sais. Ceballos et al. (1997) também constataram flutuações de condutividade elétrica em reservatórios paraibanos relacionados às épocas de chuvas e de estiagem e à composição geológica. Nenhuma horta teve águas com restrição severa ao uso na irrigação em relação à sua condutividade elétrica e RAS, que variaram entre 0,3 até 3,0 (mmol L⁻¹)^{0,5}.

Qualidade sanitária das águas de irrigação e das alfices

Os resultados apresentados na Tabela 2, mostram que as concentrações médias de coliformes fecais das águas de irrigação variam entre 1,1 x 10³ a 3,2 x 10⁴ UFC 100 mL⁻¹ na época de chuva e de 3,2 x 10³ até 7,9 x 10⁴ UFC 100 mL⁻¹ na época de estiagem, valores esses bastante parecidos aos encontrados por Diniz (1994) nas águas de açudes temporários utilizados para consumo humano. Ressaltando-se que a mesma tendência foi observada nos estudos de Diniz (1994) e Ceballos et al. (1997). Quanto às recomendações da CONAMA (1986) para águas de irrigação irrestrita (coliformes fecais ≤ 1.000 UFC ou NMP 100 mL⁻¹) apenas 12% das amostras apresentaram

Tabela 2. Valores médios, mínimos, máximos e número de determinações da concentração de coliformes fecais (CF) nas águas de irrigação e de *Escherichia coli* (EC) nas amostras de alface no período de chuva (fev-jul/96) e na estiagem (set/96 - jan/97)

Horta	Chuva			Estiagem			
	Água de Irrigação CF (UFC 100 mL ⁻¹ *)	Alface		Água de Irrigação CF (UFC 100 mL ⁻¹)	Alface		
		CF (NMP g ⁻¹ **)	EC (NMP g ⁻¹)		CF (NMP g ⁻¹)	EC (NMP g ⁻¹)	
H ₁	Médio	5,6 x 10 ³	1,2 x 10 ⁴	4,1 x 10 ³	3,4 x 10 ³	1,2 x 10 ⁵	5,0 x 10 ³
	Mín.	1,0 x 10 ²	1,8 x 10 ²	1,8 x 10 ²	1,3 x 10 ³	1,3 x 10 ⁴	5,5 x 10 ²
	Máx.	2,6 x 10 ⁴	5,4 x 10 ⁴	3,5 x 10 ⁵	7,4 x 10 ³	6,2 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁴
	Nº Det.	7	7	7	5	5	5
H ₂	Médio	1,1 x 10 ³	1,0 x 10 ³	2,5 x 10 ²	3,2 x 10 ³	6,0 x 10 ⁵	5,6 x 10 ³
	Mín.	9,0 x 10 ²	45	45	1,3 x 10 ³	1,0 x 10 ⁵	8,2 x 10 ²
	Máx.	1,3 x 10 ³	3,2 x 10 ³	6,0 x 10 ²	5,0 x 10 ³	2,0 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁴
	Nº Det.	3	4	4	4	5	5
H ₃	Médio	3,2 x 10 ⁴	7,0 x 10 ⁴	8,6 x 10 ²	7,9 x 10 ⁴	1,6 x 10 ⁶	1,5 x 10 ³
	Mín.	3,0 x 10 ³	1,8 x 10 ²	1,8 x 10 ²	1,8 x 10 ⁴	9,0 x 10 ³	9,0 x 10 ²
	Máx.	1,3 x 10 ⁵	3,6 x 10 ⁵	1,1 x 10 ³	1,3 x 10 ⁵	6,2 x 10 ⁶	2,0 x 10 ³
	Nº Det.	4	6	5	3	4	4
H ₄	Médio	1,8 x 10 ³	1,1 x 10 ⁴	8,6 x 10 ³	1,3 x 10 ⁴	1,0 x 10 ⁵	3,1 x 10 ³
	Mín.	< 2	1,1 x 10 ²	1,1 x 10 ²	1,0 x 10 ²	2,0 x 10 ⁴	6,6 x 10 ²
	Máx.	4,3 x 10 ³	5,4 x 10 ⁴	5,4 x 10 ⁴	5,0 x 10 ⁴	2,7 x 10 ⁵	6,6 x 10 ³
	Nº Det.	4	6	6	4	4	4
H ₅	Médio	3,3 x 10 ³	3,2 x 10 ⁴	2,5 x 10 ⁴	5,6 x 10 ⁴	3,0 x 10 ⁵	3,8 x 10 ³
	Mín.	1,0 x 10 ²	1,8 x 10 ²	1,1 x 10 ²	1,1 x 10 ⁴	2,7 x 10 ⁴	2,0 x 10 ³
	Máx.	1,0 x 10 ⁴	1,2 x 10 ⁵	1,2 x 10 ⁵	1,1 x 10 ⁵	3,1 x 10 ⁵	8,9 x 10 ³
	Nº Det.	4	5	5	4	5	4

(*)UFC – Unidades Formadoras de Colônias

(**) NMP - Número Mais Provável

valores inferiores. As águas das hortas H₃ e H₅ na época da estiagem apresentaram as maiores concentrações médias de coliformes fecais, devido à presença de esgotos. Bonilha (1986) estudando águas utilizadas na irrigação de alfaces em São Paulo, encontrou valores máximos de até 2,4 x 10⁶ UFC 100 mL⁻¹, superiores aos observados na presente pesquisa.

Como mostra a Tabela 2, independente da época, as alfaces de todas as hortas apresentaram forte contaminação (coliformes fecais em média entre 1,0 x 10³ e 1,6 x 10⁶ NMP g⁻¹ e *E. coli* média entre 2,5 x 10² e 2,5 x 10⁴ NMP g⁻¹). Esta alta concentração fecal foi favorecida pela retenção e sobrevivência das bactérias nas folhas imbricadas e úmidas desta hortaliça, que cresce rente ao solo. Consultando os padrões estabelecidos pela legislação brasileira para alimentos, que estabelece o padrão de presença máxima de 200 CF g⁻¹ para 25 g de hortaliças frescas e consumidas diretamente (SVS, 1997), observa-se que as alfaces apresentaram valores muito acima do recomendado pela norma governamental. Os valores encontrados se aproximam dos de outros autores: Bonilha (1986): 1,4 x 10² e 1,0 x 10⁵ NMP g⁻¹; Bunel et al. (1993) citam valores de 2,0 x 10³ a 2,0 x 10⁴ NMP g⁻¹ para *Escherichia coli* em alfaces de hortas da França. Bastos (1992) observou, em pesquisa realizada em Portugal, que alfaces irrigadas com esgotos tratados provenientes de lagoa facultativa, apresentavam contaminação com *E. coli* variável, de acordo com a época climática: 1,0 x 10⁴ 100 g⁻¹ no verão e de 1,0 x 10⁵ 100 g⁻¹ no inverno.

Comparando-se os resultados da contaminação das alfaces provenientes das hortas com as das feiras (Tabela 3) observa-se que os valores médios dessas últimas (CF: 7,5 x 10³ e 3,8 x 10⁴ NMP g⁻¹; *E. coli*: 1,3 x 10⁴ e 1,2 x 10⁵ NMP g⁻¹) foram, em alguns casos, até 10 vezes superiores. A literatura pesquisada mostra concentrações iguais ou superiores para alfaces comercializadas em São Paulo, valores entre 4 e 2 x 10⁵ NMP g⁻¹ (Franco & Hoefel, 1993) e, para alfaces comercializadas em Portugal, valores médios de 3,6 x 10³ *E. coli* g⁻¹ (Bastos, 1992). Nesta pesquisa, algumas amostras com valores mais elevados, podem ser decorrentes do transporte e manuseio inadequados, e do uso, no ponto de venda, de águas contaminadas, prática comum na região para evitar a desidratação e queima das folhas das hortaliças.

A análise microbiológica do solo estrumado (Tabela 4) mostrou que os valores médios de coliformes fecais variaram entre 3,0 x 10³ e 7,0 x 10⁴ NMP g⁻¹, com os valores mais elevados na horta H₄, cujas águas de irrigação continham esgotos. Em todas as hortas houve uma associação entre os valores de CF do solo estrumado e do estrume.

Tabela 3. Valores médios, mínimos, máximos e número de determinações, da concentração de coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC) nas amostras de alfaces comercializadas em feiras livres, no período de chuva (fev - jul/96) e na estiagem (set/96 - jan/97)

		CF (NMP g ⁻¹)	<i>E. coli</i> (NMP g ⁻¹)
Chuva	Médio	3,8 x 10 ⁴	1,3 x 10 ⁴
	Min.	2,2 x 10 ⁴	3,4 x 10 ²
	Máx.	3,0 x 10 ⁶	6,8 x 10 ⁴
	Não Det.	11	11
Estiagem	Médio	7,5 x 10 ³	1,2 x 10 ⁵
	Min.	2,0 x 10 ⁴	2,0 x 10 ³
	Máx.	1,3 x 10 ⁴	1,3 x 10 ⁶
	Não Det.	8	8

Tabela 4. Valores médios, mínimos, máximos e número de determinações, das concentração de coliformes fecais (CF) no estrume, solo não estrumado e estrumado das cinco hortas durante o período de estiagem (set/96 - jan/97).

Hortas		Estrume (NMP g ⁻¹)	Solo Não-estrumado (NMP g ⁻¹)	Solo Estrumado (NMP g ⁻¹)
H ₁	Médio	1,3 x 10 ⁶	1,2 x 10 ⁵	2,3 x 10 ⁴
	Min.	1,2 x 10 ⁵	6,0 x 10 ⁴	6,2 x 10 ²
	Máx.	3,2 x 10 ⁶	1,7 x 10 ⁵	9,0 x 10 ⁴
	Nº Det.	3	2	5
H ₂	Médio	2,0 x 10 ⁶	4,1 x 10 ⁵	1,3 x 10 ⁴
	Min.	1,0 x 10 ⁵	3,0 x 10 ⁴	1,5 x 10 ³
	Máx.	4,0 x 10 ⁶	8,0 x 10 ⁵	5,0 x 10 ⁴
	Nº Det.	4	2	5
H ₃	Médio	1,3 x 10 ⁵	3,3 x 10 ⁴	3,0 x 10 ³
	Min.	7,0 x 10 ⁴	1,0 x 10 ⁴	1,5 x 10 ²
	Máx.	2,0 x 10 ⁵	7,0 x 10 ⁴	1,0 x 10 ⁴
	Nº Det.	3	3	4
H ₄	Médio	2,6 x 10 ⁶	4,0 x 10 ⁴	7,0 x 10 ⁴
	Min.	2,0 x 10 ⁶	< 2	73
	Máx.	3,2 x 10 ⁶	4,0 x 10 ⁴	3,3 x 10 ⁵
	Nº Det.	2	2	4
H ₅	Médio	2,5 x 10 ⁶	1,1 x 10 ⁶	4,6 x 10 ⁴
	Min.	8,0 x 10 ⁴	1,0 x 10 ⁴	8,4 x 10 ³
	Máx.	5,0 x 10 ⁶	2,1 x 10 ⁶	4,8 x 10 ⁴
	Nº Det.	2	2	5

Em todas as hortas houve um aumento das concentrações médias de CF nos solos estrumados na seqüência: H₄ > H₅ > H₁ > H₂ > H₃ que foi associado ao aumento da concentração média de CF no estrume.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo permitiram concluir que:

1. As águas de irrigação apresentaram, nas duas épocas estudadas, alta carga fecal, pois 88% das amostras continham coliformes fecais acima dos padrões recomendados pela CONAMA (1986).
2. As alfaces cultivadas nas hortas apresentaram valores de coliformes fecais muito acima do padrão da Secretária de Vigilância Sanitária (1997) bem como aquelas coletadas no entreposto de comercialização e feiras livres, evidenciando deficiências higiênicas ao longo da cadeia de produção e comercialização.
3. Os valores dos cátions e ânions, da condutividade elétrica, dureza e alcalinidade das águas de irrigação, foram elevados e típicos de águas nordestinas; entretanto, não ofereceram altos riscos à salinização do solo.
4. Ficou comprovado o reúso indireto de esgotos na irrigação de alfaces destinadas a consumo na forma crua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA-AWWA-WPCF. **Standard methods for the examination of water and waste-water**. 17. ed. Washington D.C.: American Public Health Association. 1989. 1215p

- APHA-AWWA-WPCF. **Standard methods for the examination of water and waste-water**. 19. ed. Washington D.C.: American Public Health Association. 1995. 1587p
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1991.218p. Estudos de Irrigação e Drenagem N° 29.
- BASTOS, R.K.X. **Bacteriological aspects of drip and furrow irrigation with treated wastewater**. Leeds: University of Leeds. 1992. 179p. Doctoral Thesis
- BONILHA, P.R.M. **Microrganismos indicadores de contaminação fecal e enteropatogênicos em hortaliças e suas águas de irrigação**. São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo. 1986. 81p. Dissertação Mestrado
- BUNEL, F.; CARRÉ, J.; LEGAS, M.; ETIENE, M. The possible use of waste treated by lagooning for the irrigation of field crops. In: IAWQ INTERNATIONAL SPECIALIST CONFERENCE ON WASTE STABILISATION PONDS AND THE REUSE OF POND EFFLUENT, 2. **Proceedings...** Oakland, California, USA. 1993.
- CEBALLOS, B.S.O. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do trópico semi-árido**. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo. 1995. 195p. Tese Doutorado
- CEBALLOS, B.S.O.; KÖNIG, A.; DINIZ, C.R.; WATANABE, T.; MISHINA, S. de V. Variabilidade da qualidade das águas de açudes nordestinos. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 14. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEAS. 1997.
- CEBALLOS, B.S.O.; KÖNIG, A.; LOMANS, B.; ATHAYDE, J.G.; PEARSON, H.W. Evaluation of a tropical single-cell waste stabilization pond system for irrigation. **Water Science and Technology**, Oxford. v. 31, n. 12, p. 267-273, 1995.
- CEBALLOS, B.S.O.; KÖNIG, A.; OLIVEIRA, J.F. Dam reservoir eutrophication. A simplified technique for a diagnosis of environmental degradation. **Water Science and Technology**, Oxford. v. 34, n. 11, p. 3477-3483, 1998.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. In: **Legislação de conservação da natureza**. 4ª ed. FBCN/CESP. São Paulo, SP. 1986. 720p
- DINIZ, C.R. **Aspectos sanitários de corpos lenticos temporários utilizados para consumo humano**. Campina Grande: UFPB. 1994. 143p. Dissertação Mestrado
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. FINEP. 1988. 575p
- FRANCO, B.D.G.; HOEFEL, J.L.M. Coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli* em alfaces comercializadas em São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. São Paulo, v. 3, n. 1, p. 35-47, 1993.
- GOLDMAN, C.R.; HORNE, A J. **Limnology**. New York: McGRAW-Hill, 1983. 464p
- GOVERNO DA ESTADO DA PARAÍBA. **Atlas geográfico do Estado da Paraíba**. João Pessoa, PB: Secretária do Estado da Paraíba/ UFPB. 1985. 100p
- GUERRA, P.B. **A civilização da seca**. Fortaleza: Ministério do Interior, DNOCS. 1981. 324p
- LARAQUE, A. **Comportements hydrochimiques des açudes du nordeste brésilien semi-aride. Evolution et previsions pour un usage en irrigation**. Montpellier: Université de Montpellier. 1991. 353p. Doctorat These.
- KLEEREKOPER, H. **Introdução ao estudo da limnologia**. 2 ed. 1990. Porto Alegre: Ed. Universitária/UFRGS. 1944. 329p.
- MEYBECK, M.; CHAPMAN, D.V. HELMER, R. **Global freshwater quality: A first assessment**. Cambridge: WHO/ UNEP. 1991. 366p
- MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR. 1992. 511p
- OHLWEILER, O.A. **Química analítica quantitativa**. 2. ed. vol. 3. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1980. 374p
- SAWYER, C.N.; McCARTY, P.L; PARKIN, G.F. **Chemistry for environmental engineering**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Book. Company. 1994. 658p
- SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - SVS. Portaria N° 451, de 19 de Setembro de 1997. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Serviço Público Federal.
- SILVA, S.A. **On the treatment of domestic sewage in waste stabilization ponds in Northeast Brazil**. Dundee, UK: University of Dundee 1982. 203p. Doctoral Thesis
- VOGEL, A. **Química analítica quantitativa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Mestre Jou, 1981, 532p.
- WATANABE, T.; GADELHA, C.L.M.; PASSERAT DE SILANS, A.M. Análise estatística da relação entre a presença de plantas aquáticas e de parâmetros físico-químicos da água de açudes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu: ABRH. 1989. 582-94 p.