

Alface irrigada com águas residuárias de atividades agroindustriais

Dirceu Baumgartner^{1*}, Silvio César Sampaio², Tatiana Rodrigues da Silva³, Carla Rosane Paz Arruda Teo³ e Benedito Martins Gomes²

¹Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Toledo, Paraná, Brasil. ²Área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (RHESA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Cascavel, Paraná, Brasil. ³Curso de Nutrição, Universidade Paranaense (Unipar), Toledo, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: dbaum@unioeste.br

RESUMO. Avaliou-se o desempenho da cultura da alface variedade Manteiga de Boston, irrigada com água de poço (T1), água residuária de piscicultura (T2), água residuária de lagoa de estabilização de dejetos suíno (T3) e com água residuária de uma lagoa de produção de algas alimentada com resíduo de biodigestor (T4). Aplicando-se o teste de Tukey, observou-se que as dimensões altura da planta, diâmetro da cabeça, comprimento da maior folha, número médio de folhas por planta, massa total e seca da planta apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, sendo os maiores valores encontrados para T1 e os menores para T3. O comprimento e a massa da raiz, os micronutrientes e os macronutrientes constituintes das folhas não apresentaram diferença significativa. Os índices encontrados para coliformes fecais não indicaram contaminação da alface em quaisquer dos tratamentos. T2 não apresentou diferença significativa quando comparado a T1, podendo este ser substituído por T2.

Palavras-chave: água residuária, alface, irrigação.

ABSTRACT. Butter Head/Boston Lettuce irrigated with diluted wastewater from agroindustries activities. This study aimed to evaluate the performance of the Butter Head/Boston lettuce culture, irrigated with fresh water (T1), wastewater from fish breeding (T2), wastewater from a stabilization pond of pig excrement (T3) and wastewater from a pond of seaweed culture fed with biodigestor residue (T4). The Tukey test was applied and it was observed that the plant dimensions of height, diameter of the head, length of the largest leaf, medium number of leaves per plant, the plant total and dry mass presented significant difference among the treatments, the largest values being found for T1 and the smallest ones for T3. The length and mass of the root, micronutrients and macronutrients constituent of the leaves did not present significant difference. The indexes found for fecal coliforms did not indicate lettuce contamination in none of the treatments. T2 did not present significant difference when compared with T1. Hence, this indicates that T2 can be used instead of T1.

Key words: wastewater, lettuce, irrigation.

Introdução

A água, considerada o solvente universal, caracteriza-se por desagregar e transportar partículas e outros materiais e vem sendo degradada pelo processo da poluição, tornando-se assim um recurso finito no que diz respeito a sua potabilidade.

O crescimento e o desenvolvimento urbano, rural e agroindustrial, quando planejado inadequadamente, resulta em um aumento nos resíduos orgânicos e inorgânicos produzidos. A degradação desses resíduos de forma inadequada é

um dos principais fatores de contribuição para a poluição dos mananciais hídricos.

Sabe-se que a água é utilizada para limpeza de pocilgas e de outras dependências de produção agropecuária, cujo resíduo é posteriormente eliminado. A atividade pesqueira também demanda grande quantidade de água em seus viveiros, a qual tem seus parâmetros iniciais modificados, retornando ao corpo hídrico sem a mesma qualidade (Tomazelli e Casaca, 2001).

Tanto o dejetos suíno como a água residuária de piscicultura, ou o consórcio dos dois, possui uma grande quantidade de nutrientes minerais

dissolvidos, e que são desperdiçados quando as águas residuárias são eliminadas ou lançadas em mananciais hídricos. No sentido de evitar ou de reduzir a contaminação dos corpos de água e o desperdício de nutrientes, várias atividades estão sendo desenvolvidas, dentre elas podemos destacar o cultivo de plantas como milho, soja, hortaliças irrigadas com águas residuárias (Ali, 1987; Monte e Sousa, 1992; Osburn e Burkhead, 1992; Hamoda e Al-Awabi, 1996; Vazquez-Montiel *et al.*, 1996; Juchen, 2000; Fonseca, 2001). Nesse contexto, o objetivo do trabalho é avaliar a utilização de águas residuárias, provenientes de atividades agroindustriais, na irrigação da cultura da alface, variedade Manteiga de Boston.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em uma casa de vegetação, na qual foram dispostos 12 canteiros de dimensões 1,2 m x 2 m. Cada canteiro recebeu 32 mudas de alface da variedade Manteiga de Boston, os quais foram distribuídas em 4 linhas de 8 plantas, com uma distância de 30 cm entre linhas e 25 cm entre as plantas. As mudas de alface foram irrigadas durante o período de desenvolvimento da cultura com águas residuárias e água (proveniente de um poço freático) que foi considerada testemunha.

Os tratamentos foram água de poço (T1), água residuária de um viveiro de cultivo semi-intensivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase alevino 2 alimentada com ração (T2), água residuária de uma lagoa de estabilização de dejetos suíno (T3) e água residuária de uma lagoa de produção de algas, alimentada com resíduo de um biodigestor de dejetos suíno (T4).

O método de irrigação utilizado foi o gotejamento, que objetivou evitar o contato das águas residuárias utilizadas na irrigação com a parte aérea da planta (Goodenough, 1985). Na irrigação de todos os tratamentos, aplicou-se uma lâmina de 7 mm dia⁻¹, sendo 3,5 mm pela manhã e 3,5 mm ao

entardecer, totalizando uma lâmina de 343 mm no ciclo da cultura. Esses valores são semelhantes aos descritos por Alves (1996), para a evaporação média encontrada em casas de vegetação localizadas em regiões de climas semelhantes ao da pesquisa.

Os parâmetros medidos para avaliar a qualidade da água usada no T1 foram: pH, turbidez, cor aparente, alcalinidade, carbonatos e bicarbonatos, dureza total, dióxido de carbono livre, oxigenação, fluoretos, cloretos, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, sílica solúvel e ferro total, cálcio, magnésio, sódio e potássio, sólidos totais e fósforo total, obedecendo aos métodos sugeridos por Clesceri *et al.* (1998).

Na avaliação da qualidade das águas residuárias usadas nos demais tratamentos, mediram-se os seguintes parâmetros: temperatura (método do termômetro eletrométrico), oxigênio dissolvido (oxímetro eletrônico), pH (método potenciométrico), nitrato (espectofotométrico), nitrito (espectofotométrico), amônia, nitrogênio total (kjeldahl), fósforo total (espectofotométrico), sódio (fotométrico), potássio (fotométrico), Demanda Química de Oxigênio (DQO) (refluxo aberto) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (Incubação 20°C, 5 dias) (Tabela 1).

Os parâmetros agrônômicos determinados em todos os tratamentos foram: altura da planta, diâmetro da cabeça, comprimento da maior folha, número médio de folhas, comprimento da raiz, massa da raiz, massa total e massa seca. As alturas das plantas foram determinadas utilizando-se o método direto, que consiste em registrar a distância vertical entre o solo e o ápice da planta, no 8.º, 15.º, 23.º, 30.º, 37.º, 44.º e 51.º dias após o transplantio. A determinação do número de folhas consistiu na contagem de folhas com comprimento superior a 1 cm. Após a colheita, as plantas foram pesadas, separando-se a parte vegetativa e a raiz, medindo-se as maiores folhas e a raiz de cada planta. Realizou-se uma análise microbiológica na parte vegetativa, em

Tabela 1. Análise físico-química e microbiológica das águas utilizadas e totais de nutrientes aplicados nos tratamentos.

Parâmetros	Análise físico-química e microbiológica				Totais de nutrientes aplicados (kg.m ⁻³)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Ph	5,44	6,35	8,13	8	-	-	-	-
Sódio (mg/L)	6,8	NR	170	315	-	-	-	-
Potássio (mg/L)	0,2	NR	565	450	0,069	-	193,80	154,35
Nitratos (mg/L)	1,17	0,08	0,80	0,75	0,40	0,03	0,27	0,26
Nitrogênio amoniacal (mg/L de N)	0,61	0,50	NR	NR	-	-	-	-
Nitrogênio kjeldahl (mg/L)	NR	2,20	1942	147,9	-	0,76	666,11	50,73
Fósforo total (mg/L de P)	0,047	0,263	22,5	30,8	0,02	0,09	7,72	10,56
DQO (mg/L)	NR	53	3208	2062	-	-	-	-
DBO (mg/L)	NR	8,9	987	594	-	-	-	-
Coliformes totais (NPM/100 mL)	>23	1700	50000	90000	-	-	-	-
Coliformes fecais (NPM/100 mL)	<1,1	500	50000	50000	-	-	-	-

Nota: NR- Análise não-realizada.

que se procederam às contagens de coliformes totais e fecais e à avaliação de presença de *Escherichia coli*. O material foi disposto em uma casa de vegetação a 65°C, até atingir peso constante para a realização da análise de matéria seca. Para cada tratamento, determinou-se também a concentração de nutrientes na folha. Estimou-se também a extração de nutrientes do solo realizada pela cultura ao final de seu ciclo, conforme sugerido por Silva (1999).

Resultados e discussão

Os padrões de potabilidade são definidos na Portaria n.º 36, de 19/01/90, do Ministério da Saúde (Sperling, 1996). Os resultados mostram que a água de T1 (Tabela 1) se classifica como boa para o consumo, quando se observam os valores reportados pela Portaria. Os resultados referentes à análise das águas residuárias são mostrados na Tabela 1.

Os resultados de pH encontrados nos tratamentos são semelhantes àqueles encontrados por Ali (1987), Monte e Sousa (1992), Osburn e Burkhead (1992), Hussain *et al.* (1996), Hamoda e Al-Awabi (1996), Vazquez-Montiel *et al.* (1996) e Fonseca (2001). Nota-se que os valores estão dentro dos padrões da resolução do Conama n.º 20, 18/06/86, quando classificam a qualidade de água a ser usada na irrigação.

A concentração de sódio no tratamento T4 é maior que a do tratamento T3, superando também os valores obtidos por Hussain *et al.* (1996) e Monte e Sousa (1992), mas inferior ao valor obtido por Hamoda e Al-Awabi (1996), os quais aplicaram águas residuárias na cultura da alfafa, obtendo bons resultados. Altas concentrações de sódio no solo podem reduzir o desenvolvimento da cultura (Ayers e Westcot, 1991; Bernardo, 1995). O valor correspondente à concentração de sódio existente no tratamento T2 não foi obtido por motivos técnicos (equipamento danificado na data da análise).

As concentrações de potássio para as águas residuárias do tratamento T3 e T4 foram superiores às encontradas na literatura para águas residuárias da suinocultura. Isso ocorre possivelmente devido à dieta adotada para os suínos de engorda, pois as rações são preparadas com grandes quantidades de alguns nutrientes. O valor correspondente à concentração de potássio existente em T2 não foi obtido por motivos técnicos do equipamento usado em sua determinação.

Os dados obtidos mostraram que o tratamento T3 possui maior concentração de nitrogênio em sua composição, seguido do tratamento T4. Ambas as concentrações são maiores que os valores obtidos por Ali (1987), Monte e Sousa (1992), Osburn e

Burkhead (1992), Vazquez-Montiel *et al.* (1996) e Fonseca (2001), que usaram águas residuárias urbanas na forma de irrigação, e por Juchen (2000), que aplicou água residuária de laticínio e de frigorífico para irrigação de alface. A concentração de nitrogênio do tratamento T2 foi menor que as obtidas pelos autores citados, com exceção de Osburn e Burkhead (1992). Segundo Sperling (1996), o nitrogênio na forma de nitrato pode ser associado a doenças, e o excesso de aplicação pode resultar em contaminação do ambiente. As concentrações de nitrato verificadas nos efluentes foram todas inferiores às utilizadas por Ali (1987), Monte e Sousa (1992), Osburn e Burkhead (1992), Hussain *et al.* (1996), Hamoda e Al-Awabi (1996) e Vazquez-Montiel *et al.* (1996), que obtiveram bons resultados aplicando águas residuárias urbanas para irrigação de diversas culturas. Observou-se ainda que os valores de nitrato nos tratamentos foram menores que 10 mg L⁻¹, os quais, segundo Ayers e Westcot (1991) e Sperling (1996), não apresentam, dessa forma, restrição ao uso como fonte de água para irrigação.

As concentrações de fósforo verificadas nos tratamentos T3 e T4 foram superiores àquelas obtidas por Ali (1987), Monte e Sousa (1992), Osburn e Burkhead (1992), Hamoda e Al-Awabi (1996), Vazquez-Montiel *et al.* (1996), Juchen (2000) e Fonseca (2001), com suas respectivas águas residuárias, enquanto o tratamento T2 apresentou valores inferiores. Os valores encontrados nas águas residuárias foram superiores aos estabelecidos pela resolução do Conama n.º 20, 18/06/86 (Sperling, 1996). O autor afirma que, apesar de o excesso de fósforo não apresentar problemas de ordem sanitária, pode causar o crescimento de algas e, conseqüentemente, possíveis entupimentos do sistema e eutrofização da água.

A DQO e a DBO verificadas nos tratamentos T3 e T4 são superiores aos resultados observados por Monte e Sousa (1992), Osburn e Burkhead (1992), Hamoda e Al-Awabi (1996) e Juchen (2000). Nota-se, ainda, que o tratamento T2 apresentou os menores valores desses parâmetros quando comparado aos obtidos pelos mesmos autores, com exceção ao obtido por Osburn e Burkhead (1992), as quais verificaram valores ainda inferiores aos constatados no tratamento T2.

Os resultados das análises de coliformes totais mostraram que a água residuária do tratamento T4 (90000 NPM/ 100 mL) apresentou maior contagem de coliformes, sendo seguida pelo tratamentos T3 (50000 NPM/ 100 mL) e T2 (2700 NPM/100 mL). O valor do tratamento T2 é o único entre os

tratamentos com águas residuárias inferior ao estabelecido pela resolução do Conama n.º 20, 18/06/86, e próprio para utilização como fontes de irrigação de hortaliças e de plantas frutíferas (Sperling, 1996). Os resultados obtidos por Costa-Vargas *et al.* (1991) mostraram que, cessada a irrigação por 5 dias, ocorre descontaminação por coliformes fecais e totais para a cultura da alface. Os índices de descontaminação encontrados por esses autores foram superiores àqueles encontrados nas águas residuárias dos tratamentos T3 e T4.

Os valores referentes à contagem de coliformes totais foram superiores aos sugeridos por Bouwer e Idelovitch (1987), os quais afirmam que águas residuárias agroindustriais podem ser utilizadas como fontes de irrigação, desde que a irrigação seja bem supervisionada e que se realize o tratamento secundário nessas águas. Sugerem ainda que, para alimentos que são consumidos crus, as águas residuárias deveriam sofrer um tratamento especial para serem utilizadas como fonte de irrigação.

A contagem de coliformes fecais mostrou que os tratamentos T3 e T4 (50000 NPM/100 mL) obtiveram valores superiores quando comparados ao tratamento T2 (500 NPM/ 100 mL). Os dois primeiros superaram também os valores encontrados por Monte e Sousa (1992) e Juchen (2000) e os estabelecidos pela resolução do Conama n.º 20, 18/06/86, mas inferiores aos encontrados por Costa-Vargas. O valor obtido no tratamento T2 foi inferior ao estabelecido pela resolução do Conama n.º 20, 18/06/86 (Sperling, 1996).

A partir dos resultados, observou-se que T1 apresentou maior CUC (88,7%), valor este próximo aos encontrados por Alves (1996), Gomes (1998) e Sousa (2000), que observaram CUCs superiores a 90%, mostrando que, embora o tratamento possua sais dissolvidos, a sua quantidade não prejudicou a uniformidade de distribuição.

O sistema de irrigação respectivo aos tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentou os seguintes coeficientes de uniformidades de Christiansen (CUC): 88,7; 71,56; 69,19 e 77,11%.

Os tratamentos T4 e T2 apresentaram CUCs de 77,11% e 71,56%, respectivamente. Portanto valores abaixo dos 85%, recomendados pela FAO (Sousa, 2000). Os resultados mostraram que águas residuárias que possuem quantidades nutrientes como T4 e T2, possuem também quantidades de sólidos em suspensão que comprometem a eficiência do sistema de irrigação. Corroborar-se, dessa forma, com os resultados de Adin e Sacks (1992), os quais observaram que a presença de sólidos e de algas na água de irrigação causou entupimento de gotejadores

ao longo do tempo. O tratamento T3 apresentou o menor CUC (69,19%), mostrando que o dejetos suíno aplicado via água de irrigação diminui a eficiência do sistema. Esse resultado pode ter ocorrido pela alta concentração de fósforo nas águas residuárias, o que, segundo Sperling (1996), poderia causar um excessivo crescimento de algas e um possível entupimento do sistema de irrigação.

Juchen (2000) obteve valores de CUC próximos a 90% aplicando águas residuárias de laticínio e de frigorífico. Isso possivelmente ocorreu porque as águas residuárias utilizadas por ele foram diluídas, ao passo que as utilizadas no experimento foram *innatura*.

Altura da planta

A análise estatística para as médias das alturas das plantas ao nível de 5% aplicando o teste de Tukey (Tabela 2) mostrou que os tratamentos T3 e T4 diferem do tratamento T1 a partir do 44.º dia, apresentando os menores valores médios (ou a menor altura). Ficou evidente que a aplicação do dejetos suíno influenciou o desenvolvimento da cultura, reduzindo seu crescimento.

Tabela 2. Alturas médias da cultura da alface (cm), ao longo do ciclo vegetativo da variedade Manteiga de Boston.

Tratamento	T1	T2	T3	T4
8.º Dia	8,5 a	8,4 a	8,1 a	8,9 a
15.º Dia	9,6 a	8,7 a	8,3 a	9,0 a
23.º Dia	9,2 a	8,7 a	8,3 a	9,3 a
30.º Dia	8,1 a	8,3 a	7,2 a	8,7 a
37.º Dia	8,9 a	8,1 a	5,9 a	7,3 a
44.º Dia	11,9 a	11,3 ab	6,9 bc	6,0 c
51.º Dia	15,2 a	11,6 ab	5,4 c	7,7 bc

Médias na mesma linha que apresentam as mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Nas análises da altura da alface, observou-se que, embora as águas residuárias sejam ricas em nutrientes (Tabela 1), elas não proporcionaram as mesmas taxas de crescimento que o tratamento convencional T1 (Tabela 2).

Os resultados obtidos neste experimento diferem daqueles encontrados por Kalil (1992) e Juchen (2000), os quais afirmaram não terem encontrado diferenças significativas nas alturas da alface quando irrigadas com água residuária e água potável. A diferença aqui encontrada ocorre provavelmente pela elevadíssima carga de nutrientes aplicada nos tratamentos T3 e T4, o que causou um excesso de nutrientes tais como potássio e sódio, os quais podem dificultar a extração de água e de outros nutrientes (Ayers e Westcot, 1991), impedindo o crescimento e ainda causando um nanismo na cultura da alface.

A característica altura da planta é normalmente

observada, devido à facilidade de sua obtenção, não é consistente para análise da produção da alface (Hamada, 1993). O autor explica que o desenvolvimento vertical da planta não é uniforme, mesmo em cultivo convencional, isto é, sem aplicação de água residuária.

A partir de observações visuais realizadas *in loco* no decorrer do experimento, pôde-se verificar que, entre as linhas da cultura da alface nas quais foi aplicado o tratamento T3, não houve desenvolvimento de ervas daninhas. Isso demonstrou que o tratamento T3 teve efeito inibidor de crescimento para as ervas daninhas, fato esse ocorrido possivelmente pelo excesso de alguns nutrientes tais como sódio e potássio, que dificultaram a extração de água e outros nutrientes vitais à cultura.

Dimensões agrônômicas

A análise estatística (Tabela 3) mostrou que, para o diâmetro da cabeça, o tratamento T1 diferiu de T3 e T4, mas não apresentou diferença significativa em relação a T2. Os maiores valores médios foram obtidos na testemunha (T1), e o menor no tratamento com dejetos suíno (T3). Esses resultados evidenciaram os efeitos causados pelos tratamentos T3 e T4 sobre o desenvolvimento da cultura, reduzindo o crescimento da cabeça da alface.

Tabela 3. Dimensões da alface após o período de desenvolvimento da variedade Manteiga de Boston.

Tratamento	T1	T2	T3	T4
Diâmetro da cabeça (cm)	35,5 a	30,4 ab	10,1 c	16,9 bc
Comp. maior folha (cm)	23,3 a	30,4 ab	8,1 c	12,9 bc
Número médio de folhas	26,0 a	26,7 a	9,7 b	15,3 ab
Comp. da raiz (cm)	12,4 a	12,7 a	10,2 a	11,2 a

Médias na mesma linha que apresentam as mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

A exemplo do diâmetro da cabeça, as maiores folhas foram encontradas no tratamento T1 (testemunha) e as menores em T3 (Tabela 3).

Os números médios de folhas por pé de alface foram maiores nos tratamentos T1 e T2, sendo seguidos por T4 e T3. Os dados mostraram que houve efeito dos tratamentos aplicados às parcelas, obtendo-se, dessa forma, menores valores no número médio de folhas por pé de alface, com a aplicação de águas residuárias com maiores concentrações de nutrientes.

Os resultados obtidos referentes ao diâmetro da cabeça, ao comprimento da maior folha e ao número de folhas foram inferiores aos obtidos por Alves (1996), fertirrigando soluções nitrogenadas na alface (cultivar Regina 440); por Gomes (1998), fertirrigando alface (cultivar Brasil 303) com uréia; e

por Juchen (2000), aplicando águas residuárias de laticínio e de frigoríficos em alface americana, via fertirrigação. Observa-se que os menores diâmetros da cabeça, o comprimento da maior folha e o número de folhas encontradas foram para a testemunha T1. Tal fato foi observado, possivelmente, em função de se utilizar outra cultivar, em outro local, em outra época de plantio e em casa de vegetação com diferentes características. Nos demais tratamentos, o reduzido diâmetro da cabeça ocorreu devido à alta concentração de alguns nutrientes como sódio e potássio, que dificultam o desenvolvimento da cultura.

O comprimento da raiz não apresentou diferença significativa entre os tratamentos quando aplicado o teste de Tukey (Tabela 4). O mesmo teste aplicado para massa total, massa fresca e massa seca (Tabela 4) permitiu observar-se que a massa total diferiu entre os tratamentos, sendo que os maiores valores foram encontrados no tratamento T1 e os menores, no T3. Resultados semelhantes também são verificados para massa fresca, sendo que a maior média foi verificada no T1 e a menor, no T3.

Tabela 4. Massas médias da raiz, total, fresca e seca (g) da variedade Manteiga de Boston, após o período de desenvolvimento da cultura.

Tratamento	T1	T2	T3	T4
Massa raiz	7,5 a	7,4 a	4,9 a	7,1 a
Massa total	136,7 a	76,7 ab	11,7 b	59,9 ab
Massa fresca	129,2 a	69,2 ab	6,8 b	52,9 ab
Massa seca	63,2 a	52,4 ab	4,1 c	27,1 bc

Médias na mesma linha que apresentam as mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados de massa fresca confirmam o encontrado por Juchen (2000), que obteve diferença na massa fresca quando da aplicação de diferentes águas residuárias, ou seja, diferentes águas residuárias possuem diferentes características e, por isso, expressam diferentes resultados, embora condições como as de metais pesados e outras não tenham sido determinadas.

Resultados de massa seca mostraram que os tratamentos T1 e T2 apresentaram os melhores índices estatísticos, seguidos pelos tratamentos T4 e T3.

Os resultados obtidos de massa seca, massa fresca e peso total da planta possibilitam-nos verificar que houve uma tendência: quanto maior a concentração de nutrientes (caso T3), menor a formação de matéria seca.

O comportamento da massa seca, da massa fresca e da massa total da planta é semelhante ao obtido com o diâmetro da cabeça, o comprimento da maior folha e o número de folhas, mostrando que os tratamentos T3 e T4 prejudicaram o

desenvolvimento da alface, sendo que o tratamento T2 não apresentou diferença em relação a T1, podendo substituí-lo.

Os resultados obtidos referentes à massa seca e à massa fresca foram inferiores aos obtidos por Alves (1996) e por Gomes (1998), ambos fertirrigando alface, e por Juchen (2000), cultivando alface irrigada com águas residuárias agroindustriais.

Osburn e Burkhead (1992), aplicando águas residuárias secundárias de esgoto urbano na produção de pepinos, não encontraram diferença significativa nas dimensões das plantas. Entretanto os autores salientam outros trabalhos que mostraram influência dessas águas na produção de alface, de cebola, de couve-flor e de brócolis. Além disso, vale lembrar que as águas residuárias utilizadas nos tratamentos T3 e T4 possuíam uma carga de nutrientes superior à utilizada por Osburn e Burkhead (1992).

Outros autores, como Ali (1987) cultivando alface e cebola, Monte e Sousa (1992) cultivando sorgo, e Vazquez-Montiel *et al.*, (1996), também utilizando águas residuárias como fonte de água para irrigação, obtiveram resultados satisfatórios em suas culturas. No entanto deve-se observar que a concentração de nutrientes nas águas residuárias utilizadas foi menor que a utilizada neste experimento.

Pôde-se observar que as aplicações de águas residuárias de suinocultura e da lagoa de algas alimentada com resíduo de suinocultura, quando retiradas diretamente de seu local de produção, não proporcionaram resultados agrônômicos satisfatórios. As características das águas residuárias não podem ser desprezadas, mesmo que se objetive eliminar a maior quantidade de dejetos ou de nutrientes existentes nas águas residuárias utilizadas na irrigação.

As águas residuárias de piscicultura, quando aplicadas na cultura, não provocaram efeitos como os encontrados na aplicação de águas residuárias de suinocultura e biodigestor. Isso possivelmente ocorreu porque a carga de nutrientes aplicadas com o tratamento de água residuária de piscicultura estava mais próxima das necessidades da cultura, quando comparadas às águas residuárias de suinocultura e de biodigestor, que apresentaram elevadas concentrações de alguns nutrientes.

Análises de nutrientes

Os resultados da análise estatística para a concentração de nutrientes foliar, na alface, ao nível de 5% aplicando o teste de Tukey, são mostrados nas Tabelas 5 e 6.

Observou-se que não houve diferença significativa nas médias das concentrações dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e B, na parte aérea da alface, quando submetidos aos tratamentos.

Tabela 5. Concentração (g.kg^{-1}) de macronutrientes foliar da variedade Manteiga de Boston.

Tratamento	T1	T2	T3	T4
N	27,9 a	36,2 a	44,6 a	33,2 a
P	4,9 a	3,5 a	2,1 a	4,3 a
K	74,6 a	60,00 a	44,25 a	61,67 a
Ca	5,3 a	5,8 a	4,6 a	5,2 a
Mg	2,4 a	3,1 a	3,5 a	2,3 a

- Médias na mesma linha que apresentam as mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

- Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).

Tabela 6. Concentração (mg.kg^{-1}) de micronutrientes foliar da variedade Manteiga de Boston.

Tratamento	T1	T2	T3	T4
Cu	72,0 a	14,0 a	22,5 a	29,3 a
Zn	45,0 a	40,6 a	55,0 a	68,0 a
Mn	69,3 b	42,3 b	275,5 a	198,3a
Fe	6303 a	2560 a	7425 a	9380 a
B	32,8 a	22,0 a	24,2 a	34,6 a

- Médias que apresentam letras iguais, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, na mesma linha.

- Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Boro (B).

Os resultados encontrados confirmam os obtidos por Sousa (2000) que, fertirrigando com diferentes doses de potássio, notou que também não interferiram na absorção e no acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta. Dantas (1997), cultivando alface dentro e fora da casa de vegetação, não observou grandes diferenças nas concentrações de nutrientes da alface. Ricci (1993) não obteve diferença na concentração de nutrientes na parte aérea da planta quando comparou adubações orgânica e convencional.

As concentrações de nitrogênio nas alfaves coletadas a partir dos tratamentos possuíam valores dentro da faixa de teores adequados para a cultura, com exceção de T1, que apresentou concentração de nitrogênio igual a $27,92 \text{ g kg}^{-1}$, valor este menor que 30 a $50 \text{ g de N.kg}^{-1}$ de massa seca, sugerido por Boareto *et al.* (1999). Os resultados mostram que, embora o tratamento tenha apresentado melhores resultados agrônômicos, o T1 não se apresentou como o tratamento com maior concentração do elemento.

A faixa de teores de fósforo adequados para a cultura da alface é de 4 a 7 g kg^{-1} (Boareto *et al.*, 1999). Os resultados das análises dos tratamentos T1 e T4 para esse nutriente apresentaram valores dentro da variação sugerida, enquanto que os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores inferiores aos 4 g.kg^{-1} . Isso mostra que a disponibilidade de fósforo nos tratamentos T1 e T4 não é responsável pela sua

absorção.

As concentrações de potássio nas alfaces coletadas dos tratamentos possuíam valores dentro da faixa de teores adequados para a cultura, com exceção do tratamento T3, que apresentou concentração de potássio igual a $44,25 \text{ g kg}^{-1}$, um valor menor que 50 a $80 \text{ g de K.kg}^{-1}$ de massa seca, sugerido por Boareto *et al.* (1999). Embora o tratamento T3 apresente a maior concentração desse elemento, as plantas não conseguiram absorvê-lo do ambiente. Isso confirma as observações realizadas por Souza (2000), o qual afirma que maiores concentrações de potássio no solo não proporcionam maior absorção do elemento. Também confirma os resultados de Ricci (1993), que não encontrou maiores concentrações de potássio na parte aérea da alface na aplicação de compostos orgânicos em relação à convencional.

Os resultados das análises de tecido vegetal mostraram que os elementos cálcio e magnésio estiveram presentes na composição da alface em concentrações menores que as consideradas adequadas para a cultura (15 a 25 e 4 a 6 g kg^{-1} , respectivamente), como sugerido por Boareto *et al.* (1999). Isso possivelmente ocorreu porque as concentrações de cátion (tais como sódio) nas águas residuárias foram elevadas e diminuíram a disponibilidade de cálcio e de magnésio para absorção pela planta.

Segundo Ayers e Westcot (1991), a função do cálcio nas plantas não está completamente estabelecida, e ele aparentemente reduz o efeito tóxico de outros íons quando absorvido pela raiz. O autor salienta, ainda, que a maioria dos pesquisadores está de acordo em considerar que o magnésio atua como o cálcio e que a sua presença diminui a disponibilidade de sódio.

As alfaces coletadas para os tratamentos aplicados apresentaram concentrações de ferro e de cobre superiores à faixa de teores adequados para a cultura, com exceção do tratamento T2, que apresentou concentração de cobre igual a $14,00 \text{ mg kg}^{-1}$, valor dentro da faixa de 7 a 20 mg de Cu/kg de massa seca, sugerido por Boareto *et al.* (1999). Embora antes do experimento não tenham sido realizadas análises de solo e das águas residuárias para esses metais, estima-se que as concentrações desses elementos sejam superiores às recomendadas para a cultura, tendo em vista que, segundo Coutinho *et al.* (1993), o dejetos suíno possui 8800 ppm de ferro em sua composição. Para as demais águas residuárias, não foram encontradas referências na literatura consultada.

O manganês, elemento que participa ativamente da fotossíntese, e da redução do nitrato, aumenta a resistência das plantas em relação a algumas doenças,

apresentando-se em concentrações dentro da faixa de teores adequados para a cultura da alface, que é de 30 a 150 mg kg^{-1} (Boareto *et al.*, 1999) nos tratamentos T1 e T2. No entanto T3 e T4 obtiveram valores acima da faixa recomendada. Esses valores de excesso de concentração de manganês na planta não podem ser considerados como responsáveis pelo baixo desenvolvimento das culturas dos tratamentos T3 e T4, visto que são desconhecidos quaisquer sintomas ocorridos por excesso desse componente.

A concentração de boro adequada para a cultura da alface está entre 30 e 60 mg kg^{-1} (Boareto *et al.*, 1999). Os resultados obtidos mostraram que os tratamentos T1 e T4 apresentaram valores dentro dessa faixa. Entretanto os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores inferiores a 30 mg kg^{-1} . O boro é um dos elementos responsáveis pelo metabolismo dos carboidratos e sua deficiência causa acúmulo de fenóis, formação de manchas necróticas e obstrução dos tubos crivosos, diminuindo o transporte da seiva pelo floema (Katayama, 1993), o que pode ter afetado o desenvolvimento da cultura nos tratamentos T2 e T3. O tratamento T4 pode ter sido afetado por outros elementos, tais como sódio e potássio.

Em todos os tratamentos, as alfaces apresentaram concentrações de zinco dentro dos valores adequados para a cultura, que é de 30 a $150 \text{ mg de Zn.kg}^{-1}$ de massa seca, sugerido por Boareto *et al.* (1999), não apresentando problemas de concentração desse elemento na parte aérea da planta.

Extração de nutrientes

Os resultados do teste de Tukey para extração de nutrientes do solo pela cultura da alface são mostrados nas Tabelas 7 e 8.

Pode-se observar que alguns elementos, embora em concentrações diferentes nas águas residuárias aplicadas, foram extraídos do solo pelas plantas de forma homogênea entre os tratamentos. Embora o tratamento T3 apresentasse a maior concentração de elementos em sua constituição, as plantas não apresentaram maior extração deles, mostrando que aplicar águas residuárias ricas em nutrientes não indica seu maior aproveitamento, pois nem sempre eles são absorvidos.

Os elementos nitrogênio, cobre, manganês e ferro não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, para a extração desses nutrientes pela cultura. Desse modo, percebe-se que esses elementos foram facilmente extraídos de águas residuárias.

Verifica-se, nas Tabelas 7 e 8, que os tratamentos

T1 e T2 não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de significância, demonstrando que, apesar de T1 ter apresentado melhores resultados em alguns parâmetros agrônômicos, ele não extraiu maior quantidade de nutrientes que o tratamento T2.

Tabela 7. Extração (g) de macronutrientes foliar da variedade Manteiga de Boston.

Tratamento	T1	T2	T3	T4
N	1,78 a	1,91 a	0,27 a	1,12 a
P	0,31 a	0,18 ab	0,01 b	0,13 b
K	4,71 a	3,12 ab	0,27 b	1,96 ab
Ca	0,33 a	0,31 a	0,03 b	0,12 b
Mg	0,15 ab	0,16 a	0,02 c	0,06 bc

- Médias na mesma linha que apresentam as mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

- Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).

Tabela 8. Extração (mg) de micronutrientes foliar da variedade Manteiga de Boston.

Tratamento	T1	T2	T3	T4
Cu	4,24 a	0,73 a	0,14 a	0,79 a
Zn	2,83 a	2,1 ab	0,33 b	1,77 ab
Mn	4,33 a	2,19 a	1,64 a	4,43 a
Fe	396,6 a	133,7 a	45,0 a	226,8 a
B	2,07 a	1,15 ab	0,14 b	0,96 ab

- Médias que apresentam letras iguais, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, na mesma linha.

- Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Boro (B).

Os resultados obtidos para os tratamentos T3 e T4 não apresentaram diferença significativa para as médias de extração dos nutrientes (Tabelas 7 e 8). Mesmo assim, observa-se que os valores numéricos das extrações dos elementos, realizadas pelas plantas submetidas ao tratamento T3, foram menores que em T4.

Ressalta-se que, provavelmente, o principal fator que afetou a disponibilidade dos respectivos nutrientes (Tabelas 7 e 8) foi o Ph; pois, segundo Frigo (2004), valores acima de 6,5 reduz consideravelmente a disponibilidade de Fe, Cu, Mn, Zn, P, K, Ca, Mg, N, S e B. Nota-se, na Tabela 1, que os valores de Ph dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram 5,44; 6,35; 8,13 e 8,0.

Análise microbiológica

Os resultados da análise microbiológica das folhas da alface Manteiga de Boston são apresentados na Tabela 9.

O número de coliformes totais foi alto, o que se deve possivelmente a esse grupo existir em abundância no meio ambiente (Costa-Vargas *et al.*, 1991), e não devido à influência dos tratamentos aplicados.

Os valores encontrados no experimento foram inferiores aos valores encontrados por Oron *et al.* (1991a), Costa-Vargas *et al.* (1991), Bastos e Mara (1992) e Monte e Sousa (1992), em seus

experimentos, no quais usaram águas residuárias para irrigação de culturas. Nota-se que a irrigação de águas residuárias pelo método do gotejamento, em que elas não entrem em contato com a parte comestível da planta, pode proporcionar níveis baixos de contaminação.

Tabela 9. Análise microbiológica da variedade Manteiga de Boston.

Tratamentos	Coliformes totais (NMP.g ⁻¹)	Coliformes Fecais (NMP.g ⁻¹)	E. Coli (NMP.g ⁻¹)
T1	>= 2.400,0	0,0	0,0
T1	>= 2.400,0	43,0	0,0
T1	>= 2.400,0	15,0	0,0
T2	>= 2.400,0	0,0	0,0
T2	>= 2.400,0	23,0	0,0
T2	>= 2.400,0	0,0	0,0
T3	>= 2.400,0	0,0	0,0
T3	>= 2.400,0	0,0	0,0
T3	>= 2.400,0	0,0	0,0
T4	>= 2.400,0	0,0	0,0
T4	>= 2.400,0	9,0	0,0
T4	>= 2.400,0	0,0	0,0

Os elevados valores de coliformes fecais encontrados em algumas amostras podem ter ocorrido porque, no momento da colheita, algumas folhas entraram em contato com o solo onde foram aplicadas as águas residuárias.

Os tratamentos com águas residuárias não apresentaram maiores índices de coliformes fecais quando comparados à testemunha. Percebe-se, na análise microbiológica da alface, que não ocorreu contaminação por *Escherichia coli* nos tratamentos avaliados.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos no experimento com alface Manteiga de Boston, pode-se concluir que:

- todas as águas residuárias avaliadas diminuíram a uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação;

- em geral, considerando os parâmetros agrônômicos avaliados, o tratamento com água de poço diferiu dos demais tratamentos (água residuária de piscicultura, de suinocultura e de biodigestor);

- não houve diferença entre os tratamentos, nas concentrações foliares de macro e micronutrientes;

- não se observou contaminação por *Escherichia coli*, sendo que os índices encontrados para coliformes fecais não indicaram contaminação da alface em quaisquer dos tratamentos;

- que a aplicação de águas residuárias, via irrigação localizada, tais como de suinocultura e de biodigestores, com altas concentrações de nutrientes, pode causar algum efeito inibidor ao desenvolvimento da cultura da alface.

Referências

- ADIN, A.; SACKS, M. Dripper-Clogging Factors in Wastewater Irrigation. *J. Irrig. Drain. Eng.*, New York, v. 117, n. 6, p. 813-826, 1992.
- ALI, B.I. In Arid Regions. *J. Irrig. Drain. Eng.*, New York, v. 113 n. 2, p. 173-183, 1987.
- ALVES, D.R.B. *Efeitos de adubações nitrogenadas via água de irrigação e convencional na produtividade da alface (Lactuca sativa L.)*. 1996. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de Botucatu. Botucatu, 1996.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 218p. Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 1991.
- BASTOS, R.K.X.; MARA, D.D. *Irrigacion de hortalizas com águas residuales: Aspectos sanitários*. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 23, La Habana. *Transactions...* La Habana, 1992.
- BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. 6. ed. Viçosa: Biblioteca Central da Federal de Viçosa, 1995.
- BOARETO, A.E. *et al.* Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F.C. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária; Brasília, Embrapa Comunicações e Tecnologias, p. 49-73. 1999.
- BOUWER, H.; IDELOCITCH, E. Quality Requirement for Irrigation With Sewage Water. *J. Irrig. Drain. Eng.*, New York, v. 113, n. 4, p. 219-226, 1987.
- CLESCERI, L.S. *et al.* *Standard Methods: For the examination of water and wastewater*. 20. ed., American Public Health Association, Washington, 1998.
- COSTA-VARGAS, S.M.V. *et al.* Residual faecal contamination on effluent irrigated lettuce. *Water Sci. Technol.*, Kidlington, v. 24, n. 9, p. 89-94, 1991.
- COUTINHO, E.L.M. *et al.* Adubos e corretivos: Aspectos particulares na olericultura. In: FERREIRA, M.C. *Nutrição e adubação de Hortalizas*, Piracicaba, Potafós, p. 86-139. 1993.
- DANTAS, R.T. *Parâmetros agrometeorológicos e análise de crescimento da alface (Lactuca sativa L.) em ambiente natural e protegido*. 1997. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- FONSECA, A.F. *Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado*. 2001. Dissertação-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.
- FRIGO, C.R. *Avaliação do desenvolvimento vegetativo da cultura da soja, do sistema de irrigação e de filtros utilizando água residuária da suinocultura*. 2004. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2004.
- GOMES, T.M. *Fertirrigação com diferentes doses de uréia e seu efeito na cultura da alface (Lactuca sativa L.)*. 1998. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- GOODENOUGH, R. *Implication of Recent Charges in Californian Irrigation Systems*. Land Use Policy, Butterworth & Co (Publishers) Ltd. Baltimore, MD. USA. 1985.
- HAMADA, E. Desenvolvimento e produtividade da alface (*Lactuca sativa L.*) submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. 1993. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1993.
- HAMODA, M.F.; AL-AWADI, S.M. Improvement of Effluent Quality for Reuse in a Dairy Farm. *Elsevier Science*, v. 33, n. 10-11, p. 79-85, 1996.
- HUSSAIN, G. *et al.* Effect of treated effluent irrigation and Nitrogen on yield and Nitrogen use efficiency of wheat. *Agric. Water Manag.*, Amsterdam, v. 30, p. 175-184, 1996.
- JUCHEN, C.R. *Reuso de efluentes tratados das agroindústrias de leite e carne sobre a produção da cultura de alface (Lactuca sativa L.) fertirrigada*. 2000. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2000.
- KALIL, A.J.B. *Comparação entre a adubação nitrogenada via fertirrigação por gotejamento e a aplicação convencional na produtividade da alface*. 1992. Dissertação- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1992.
- KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M.C. (Ed.). *Nutrição e adubação de hortalizas*, Piracicaba: Potafós, 1993, p. 141-148.
- MONTE, H.M.; SOUSA, M.S. Effects on Crops of Irrigation With Facultative Pond Effluent. *Water Sci. Technol.*, Kidlington, v. 26, n. 7-8, p. 1603-1613, 1992.
- ORON, B. G. *et al.* Subsurface Microirrigation with Effluent. *J. Irrig. Drain. Engin.*, New York, v. 117, n. 1 jan/feb, 1991a.
- OSBURN, R.C.; BURKHEAD, C.E. Irrigating Vegetables with Wastewater. *Water Environ. Technol.*, Alexandria, v. 4, p. 38-43. 1992.
- RICCI, M. S. F. *Crescimento e teores de nutrientes em cultivares de alface (Lactuca sativa L.) adubados com vermicompostos*. 1993. Dissertação- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1993.
- SILVA, F.C. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária; Brasília: Embrapa Comunicações e Tecnologias, 1999.
- SOUSA, L.M. *Manejo da fertirrigação potássica na cultura da alface (Lactuca sativa L.) americana*. 200. Dissertação-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- SPERLING, M.V. *Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos*. Princípio do tratamento biológico das águas residuárias. v. 1., 2. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.
- TOMAZELLI JR. O.; CASACA, J.M. Policultivo de peixes em Santa Catarina, 2001. *Revista Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 63. 2001.
- VAZQUEZ-MONTIEL, O. *et al.* Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. *Elsevier Science*, v. 33, n. 10-11, p. 355-362, 1996.

Received on February 22, 2005.

Accepted on October 27, 2005.