

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS
PROVENIENTES DE EFLUENTES URBANOS
DESTINADAS À IRRIGAÇÃO**

MARCELO DOMINGOS CHAMMA LOPES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP
Julho - 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS
PROVENIENTES DE EFLUENTES URBANOS
DESTINADAS À IRRIGAÇÃO**

MARCELO DOMINGOS CHAMMA LOPES
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Orientador: Prof. Dr. Hélio Grassi Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU - SP

Julho - 2002

Primeiramente a **DEUS**, pela existência.

João Sidnei Lopes e Eleni Chamma Lopes, meus pais, pela razão de viver e de ser feliz.

Antônio Cláudio Davide e Lizete Chamma Davide, por créditos, ensinamentos e carinho.

Marcos (irmão) e Cristina, os quais, nos agradeceram com o tão querido sobrinho **Gabriel**.

Márcia, pela compreensão e carinho de tão maravilhosa irmã.

Ana Beatriz Rocha de Castro Lopes, pela indispensável colaboração e amizade.

Laura Rocha de Castro, ao seu grande amor, carinho, compreensão, e dedicação.

DEDICO

Ao **Prof. Dr. Hélio Grassi Filho**,

Pela sempre disponível e indispensável atenção.

Pela amizade e compreensão.

Pela magnífica orientação.

OFEREÇO

Disciplina, Compaixão, Responsabilidade, Amizade, Trabalho, Coragem, Perseverança, Honestidade, Lealdade e Fé: virtudes universalmente reconhecidas como necessárias à verdadeira formação moral de qualquer cidadão. A vida em comunidade reclama cada vez mais o exercício destas virtudes.....

William J. Bennett.

AGRADECIMENTOS

Ao **Departamento de Engenharia Rural** da Universidade Estadual Paulista, FCA - Botucatu, pelo aceite à realização do Curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem e a realização deste trabalho.

À **CAPES**, pelo auxílio financeiro através da bolsa de estudo.

Ao Sr. **Fabio de Gennaro Castro** e Sra. **Marlene Antunes da Rocha Castro**, pelo carinho, atenção e por trazer ao mundo tão valiosa existência, a **Laura**.

À **Isabel Cândia Nunes da Cunha**, pelo impulso inicial e moral, a esta adorável vida da pesquisa.

Aos grandes amigos, sempre dispostos, **Silvio Sabatini Scolastici**, **Gilberto Winkler**, **Ailton de Lima Lucas** e **Carlos César Breda**.

Ao grande amigo sempre presente **Patrick Schmidt** e à **Alessandra**.

Ao amigo **Alexandre Dalri**.

Ao amigo **Ieoshua Kats**.

Ao Doutorando e Engenheiro Agrícola **Guilherme Augusto Biscaro** e ao Prof. Dr. **Raimundo Leite Cruz**, pela oportunidade de ingressar à um tema de trabalho tão gratificante.

À **Karina L. Chamma**, **Luiz Gastão Chamma** e **Maria L. Chamma**, pela prezada atenção.

Ao Funcionário **Dicão**, por tão incomparável dedicação, contribuição e exemplo de vida.

Ao Prof. Dr. **Antônio de Padua Souza**, pela amizade e companheirismo.

Aos amigos de Pós-graduação, **Eder Gomes**, **Egon**, **Antonio Ricardo**, **Fernando** e **Mariana**, **Magali Ribeiro**, **Mariela**, **Carolina**, **Marcus Vinícius** e **Fernanda**, **Célinha** e **Zé**, **Sidnei**, **Karen**, **Ivana**, **Carlos**, **Wagner**, **Hector**, **Denise**, **Cristiane**, **Joãozinho** e aos demais amigos e colegas aqui não mencionados.

Aos amigos **Luiza Helena Duenhas** e **Claudio Márcio de Souza**, pela indispensável colaboração e prova de companheirismo.

Aos amigos do e companheiros da reza, **Breda**, **Paulo**, **Alexandre**, **Raimundo**, **Vicente**, **Fiuza**, **Mosca**, **Miguel**, **Décio**, **Targa** e **Silvio (Zé Loco)**.

Ao **Carlos Henrique**, pelos conselhos e símbolo de profissionalismo.

Ao **Vicente Rodolfo (Taubaté)** por esclarecimentos e importante contribuição.

Ao **César Lopes e Bia, Diogo, Mariana e Felipe**, pois, a compreensão de vocês foi decisiva.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia, **Ailton, Mauri, Pedro, Tónho, Adão, Rita, Lino (falecido)**. À **Maria** (limpeza) pelo carinho e a **Maria de Lourdes Conte** pela atenção.

À **Rosângela Cristina Moreci**, pela amizade, prova de responsabilidade, profissionalismo, competência e respeito.

Ao funcionário do viveiro florestal **Claudinho**, por estar sempre à disposição de todos os que o procuram.

Aos funcionários do extinto Depto. de Solos, **J. Garcia, Jair Vieira, Dorival Mariano da Conceição, Noel Batista, J. De Pieri, Gisele, Eder, Roberto, Rodrigo, Evandro, Fátima, Regina, Andréia, Sônia, Adenir, Ney e Maurício**. E a atenção de **José Carlos Coelho e Adilson Keller Pires**.

A todos os dirigentes e funcionários das Fazendas e do setor de manutenção, por sempre atenderem com muita atenção às solicitações.

Aos Professores, do Dpto de Engenharia Rural, **João Saad, Raimundo, Antônio de Padua, Antônio E. Klar, Zacarias, Marco, Scalopi, Sérgio, Lincoln, Sérgio H. Benez, Gamero, Nelson e Kleber**. Depto. Rec. Naturais - Área de Ciência do Solo, **Hélio, Sérgio, Célia, Lyra, Büll, Iraê, Maria Helena e Dirceu**

Aos funcionários da Biblioteca, a grande amiga **Cida, Nilson, Pedro, Luiz, Joel, Rita, Marli, M. Carmo, M. Inês, Miriam, Neuza, Solange, Vanessa, Isaura, C. Regina, Denise, Ermite e Hellen. Rute e Dirce** (limpeza).

Em especial às secretárias da Pós Graduação, **Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende Freitas e Jaqueline de Moura Gonçalves**

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1 Água.....	8
4.1.1 Água residuária: utilização na agricultura.....	10
4.2 Ribeirão Lavapés.....	15
4.3 Decantação de águas residuárias.....	17
4.4 Irrigação.....	18
4.4.1 Irrigação Localizada e águas residuárias.....	20
4.5 O solo.....	22
4.6 Alface americana.....	23
4.6.1 Alface, e resíduos sólidos.....	28
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5.1 Do Experimento.....	29
5.2 Ribeirão Lavapés.....	30
5.3 Área Experimental.....	31
5.4 Sistema de Irrigação.....	31
5.5 Manejo da Irrigação.....	32
5.6 Descrição dos Tratamentos.....	33

	Página
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
6.1 Nitrogênio (N), ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$).....	39
6.2 Fósforo (P).....	44
6.3 Potássio (K).....	46
6.4 Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).....	48
6.5 Enxofre (S).....	52
6.6 Sódio (Na).....	54
6.7 Cobre (Cu).....	58
6.8 Ferro (Fe) e Manganês (Mn).....	60
6.9 Zinco (Zn).....	64
7 CONSIDERAÇÕES.....	69
8 CONCLUSÕES.....	71
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICE 1.....	82
APÊNDICE 2.....	83
APÊNDICE 3.....	85

LISTA DE QUADROS

QUADRO	PÁGINAS
1 Dados referentes às datas de coletas das amostras em seus respectivos horários, e a duração de rega.....	35
2 Dados referentes á lavagem do filtro de areia.....	36
3 Valores médios de Nitrogênio em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	41
4 Valores médios de Fósforo em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	44
5 Valores médios de Potássio em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	46
6 Valores médios de Cálcio em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	50
7 Valores médios de Magnésio em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	50
8 Valores médios de Enxofre em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	52
9 Valores médios de Sódio em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	56
10 Valores médios de Cobre em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	60
11 Valores médios de Ferro em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	62
12 Valores médios de Manganês em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	64
13 Valores médios de Zinco em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.....	65
14 Valores estimados depositados ao solo em $\text{mg L}^{-1} \text{ planta}^{-1}$, de cada nutriente.....	68
15 Valores estimados depositados ao solo em $\text{Kg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$, de cada nutriente.....	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINAS
1 Valores médios de Nitrogênio ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	43
2 Valores médios de Nitrogênio ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	43
3 Valores médios de Fósforo em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	45
4 Valores médios de Fósforo em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação	45
5 Valores médios de Potássio em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	47
6 Valores médios de Potássio em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	47
7 Valores médios de Cálcio em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	49
8 Valores médios de Cálcio em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	49
9 Valores médios de Magnésio em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	51
10 Valores médios de Magnésio em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	51
11 Valores médios de Enxofre em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	53
12 Valores médios de Enxofre em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	53
13 Valores médios de Sódio em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	57

14 Valores médios de Sódio em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	57
15 Valores médios de Cobre em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	59
16 Valores médios de Cobre em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	59
17 Valores médios de Ferro em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	61
18 Valores médios de Ferro em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	61
19 Valores médios de Manganês em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	63
20 Valores médios de manganês em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	63
21 Valores médios de Zinco em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	66
22 Valores médios de Zinco em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	66
23 Média geral para cada nutriente em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes.....	67
24 Média geral para cada nutriente em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.....	67

1 RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a composição química das águas residuárias provenientes do ribeirão Lavapés, utilizada na irrigação da cultura da alface Americana (*Lactuca sativa L.*). Podendo assim, prever alterações no comportamento dos nutrientes durante o percurso no sistema de irrigação localizada de subsuperfície, bem como seu fornecimento às plantas. O sistema de amostragem foi efetuado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas UNESP - Botucatu, sendo que as amostras foram retiradas em mais de um ponto, respeitando os intervalos de irrigação utilizados para referida cultura. Quatro pontos de amostragem foram estabelecidos para cada etapa realizada na operação de um sistema de irrigação localizada. O primeiro situou-se no mesmo local do ribeirão que é utilizado para a captação de água para o abastecimento do tanque, este referente à captação direta de água residuária destinada à irrigação dos canteiros. Outros dois pontos, um no final de linha dos tubos gotejadores dividido em dois canteiros, conseqüentemente, duas amostras, uma de água proveniente do tanque de decantação, e outra da captação direta do Lavapés. No tanque de decantação a coleta

da água residuária decantada foi realizada próxima à tubulação de saída de água destinada aos canteiros, conferindo assim o quarto ponto. O tempo de amostragem para os quatro pontos foi definido de acordo com a necessidade de irrigação, considerando que nos primeiros quinze dias após o transplante das mudas de alface, foram realizadas irrigações em praticamente todos os dias. Após este período, foram efetuados amostragens em dias alternados, respectivamente e todos dependentes da frequência de irrigação, ou seja, em dias chuvosos não foram efetuadas irrigações e conseqüentemente amostragens. Os resultados obtidos indicaram que a água proveniente do ribeirão Lavapés complementa significativamente a fertilização dos canteiros para a cultura estabelecida e também que uma possível ação de microrganismos pode estar acelerando a mineralização do nitrogênio orgânico dentro do filtro de areia ou da tubulação, disponibilizando-o na forma inorgânica, prontamente disponível para as plantas. Quanto ao tanque de decantação foi identificado uma contaminação devido a uma sobrecarga no ribeirão do elemento sódio no momento do reabastecimento. Para N e Zn, o tanque foi superior em deposição de nutrientes aos canteiros, para P, K e S não houve diferença, porém, para Ca, Mg, Na, Cu, Fe e Mn foi inferior com relação à captação direta de água residuária do ribeirão Lavapés.

WASTEWATERS CHEMICAL COMPOSITION FROM URBAN ORIGIN FOR IRRIGATION USE. Botucatu, 2002. 87p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARCELO DOMINGOS CHAMMA LOPES

Adviser: HÉLIO GRASSI FILHO

2 SUMMARY

The main objective of this study was to evaluate the chemical composition of the wastewaters from Lavapés River, used in the irrigation of the American lettuce (*Lactuca sativa L.*) culture. Thus, it will allow to preview alterations on nutrients behavior, during the course in the subsurface located irrigation system, as well as the nutrients supply to the plants. The sampling system was made in Lageado Experimental Farm, which belongs to the Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP - Botucatu, and the samples were taken from more than one point, respecting the irrigation intervals used to the referred culture. Four sampling points were established for each stage realized during the operation of a located irrigation system. The first point was located at the same place of the river that is used in the collection of water for the tank supplying; this refers to the direct collection of the wastewater destined to the stonemasons irrigation. Other two points, one in the end of the line of the trickled tubes, divided into two stonemasons, consequently two samples, one of the water from the decantation tank, and another one from the direct collection from Lavapés River. In the decantation tank the collection of the wastewater decanted was realized close to the tubulation of exit of water destined to the stonemasons, this was considered the fourth point. The time of

sampling for the four points was defined according to the irrigation need, considering that in the first fifteen days after the lettuce seedling transplant, irrigations were done practically everyday. After this period, samplings were done in alternate days, respectively, and all dependents of the irrigation frequency, that is to say that on rainy days irrigations and consequently samplings weren't realized. The obtained results indicated that the water from Lavapés River complements the fertilization of the stonemasons for the established culture significantly, and also that a possible microorganisms action can be accelerating the organic nitrogen mineralization inside of the sand filter or of the tubulation, providing inorganic form readily available to the plants. About the decantation tank a contamination was identified due to an overload of the element sodium in the river at the moment of the replenishment. For N and Zn, the tank was superior in deposition of nutrients to the stonemasons, for P, K and S there wasn't any difference, but for Ca, Mg, Na, Cu, Fe and Mn it was inferior to the direct collection of wastewater from Lavapés River.

KEYWORDS: Wastewater, Irrigation, Nutrients, Lettuce.

3 INTRODUÇÃO

Diversos são os motivos que propiciam estudos correlacionados ao tema reuso de águas residuárias na agricultura, principalmente fatores como tecnologia de ponta em informática, irrigação, automação e recursos energéticos com suas vantagens e eventuais desvantagens.

Pode-se considerar como desvantagem o alto custo de tecnologia de ponta, adquirir sistemas produtivos de última geração necessitam investimentos significativos, os quais podem estar aquém das condições econômicas e financeiras de muitos produtores. Certamente serão positivas as conseqüências destes modernos sistemas de produção, com economia de recursos, como a água, redução de plantas daninhas por estar a água destinada à irrigação e as adições de nutrientes serem depositados diretamente na área que engloba o sistema radicular da cultura desejada e também, a redução de mão de obra, um bem escasso, favorecendo a agricultura familiar.

Positivas ou negativas essas características, o importante é que nos últimos anos houve um interesse crescente em estudos referentes a tratamentos ou até mesmo

reuso sem um prévio tratamento das águas residuárias, nos mais diversos setores produtivos, industriais ou agrícolas. Contudo, esta tecnologia localizada permite a utilização de águas servidas como suplemento de fertilização para a agricultura reduzindo o custo de produção. Para se tornar vantajosa esta técnica deve ser utilizada com as devidas atenções, pois, tratando-se de saúde pública, não pode ficar desamparada de fiscalizações e acompanhamento técnico qualificado.

A água é e será assunto preocupante para as autoridades governamentais no mundo, em alguns países é motivo de guerras, já em outros, como no Brasil, por imaginar-se que seus recursos hídricos são infinitos, ainda não é considerado de maneira séria seu planejamento de quantidade e qualidade.

Contudo nada mais natural que se busquem alternativas que viabilizem o reuso adequado destas águas e por se tratar de águas enriquecidas em nutrientes minerais orgânicos e inorgânicos, a pesquisa de sua viabilidade para agricultura é mandatória.

Com a população crescendo vertiginosamente, é real que valiosos elementos nutritivos, em grandes volumes, são despejados continuamente, nos cursos de águas próximos às áreas urbanas. Nutrientes provenientes de fontes como lixiviações na ocorrência de chuvas, resíduos vegetais e animais e até mesmo industriais podem ser considerados.

No entanto, esta reutilização não é tão simples, pode-se encontrar barreiras sanitárias no quesito saúde pública, na atenção com o acúmulo de metais pesados a serem depositados e conseqüentemente acumulados lentamente no solo.

Porém outros fatores técnicos deverão também ser motivos de atenção, como, manuseio do sistema por operadores, a aceitação do produto pelo consumidor, a durabilidade e a idoneidade dos equipamentos utilizados e, principalmente, o comportamento

dos nutrientes ao percorrer todo o sistema. Sabem-se que neste caso, diferentemente dos sistemas usuais de fertirrigação, a água enriquecida com resíduos passa pela bateria de filtros necessários à irrigação localizada. A captação de água neste método se dá diretamente da fonte enriquecida de minerais, já em sistemas de fertirrigação utilizando adubos solúveis, estes são aplicados através de injetores de fertilizantes localizados após a bateria de filtros.

Algumas hipóteses que esta pesquisa pode levantar são: a de redução no custo de produção com adição de resíduos orgânicos e, como consequência, aquisição de menor volume de adubos químicos de aplicação convencional e ou de solúveis (fertirrigação); observação do comportamento dos filtros, se há retenção de nutrientes antes e após a lavagem do filtro de areia; a pressão exercida pelo motobomba ou pela gravidade (tanque de decantação) se existe influência nos filtros no comportamento dos elementos minerais retidos e a possibilidade de analisar a importância da utilização do tanque de decantação.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Água

O constante aumento da demanda por água faz com que se preveja para o futuro sérias dificuldades no seu adequado fornecimento sem que ocorra um comprometimento do desenvolvimento sócio econômico da humanidade. Sendo assim, a prevista crise mundial da água mostra-se como sendo o maior obstáculo a ser superado pelo homem no próximo milênio (Breda, 1999).

Observa-se ainda que o Brasil é considerado um país abundante em recursos hídricos, ou seja, a idéia de que é alta a média anual de 36.000 m³ de água por habitante, é uma falsa impressão. Constata-se que 80% do volume total de água disponível estão na Amazônia, onde apenas 5% da população brasileira habita e na região Nordeste do país, que representa 33% da população, se tem apenas 3,3% das disponibilidades hídricas (Macêdo, 2001).

Unindo-se as observações de Breda (1999) e Macedo (2001) ao descaso poluente no uso do pouco volume de água disponível nas regiões populosas do país, pode-se considerar preocupante a disponibilidade dessas águas com qualidade para satisfazer as exigências da população num futuro próximo.

A estrutura da água descrita por Klar (1984), pode ser afetada pelo pH, influenciando a distância entre as moléculas de hidrogênio e, por íons, devido à sua atração pelas moléculas de água. Os íons formam ligações dipolares com as moléculas de água, sendo envolvidos por uma camada de moléculas de água firmemente ligadas. Logo, quando se introduz um íon na água pura, o arranjo entre as moléculas de água se altera, dependendo se for um ânion ou um cátion. Em torno do cátion, todas as moléculas de água têm seus centros eletrônicos efetivos voltados para o cátion, enquanto que, no caso de ânions, os prótons da molécula da água são a eles voltados. Quando o íon tiver um tamanho apropriado para ocupar normalmente o espaço de uma molécula de água, de maneira a ser envolvido por outras, haverá ruptura da estrutura normal da água pura. A ruptura será tanto maior, quanto mais o íon se diferenciar em tamanho da molécula de água. Quando uma substância é dissolvida na água, os íons positivos e os átomos de oxigênio são atraídos mutuamente, ocorrendo o mesmo com os íons negativos e os átomos de hidrogênio. Logo, as moléculas de água atuam como neutralizadoras da carga desses íons, confinando-os. Álcoois, amidos e outros líquidos orgânicos polares em água resultam em sistemas mais fortemente estruturados que se separados, o que pode ser comprovado pela alta viscosidade de tais soluções.

No entanto, é de fato considerar que as águas dos ribeirões são naturalmente enriquecidas por sais, em função das rochas predominantes em torno de sua bacia, das lixiviações ocasionadas pelas enxurradas, da zona climática, da origem do solo em

que a água escoar e da carga de poluentes a ela adicionada devido às atividades humanas. Esta somatória de elementos adicionados natural ou artificialmente na água que, teoricamente em sua composição deveria ser pura, resulta naquela que vulgarmente denominamos água residuária.

4.1.1 Água residuária: utilização na agricultura.

A aplicação de águas residuárias no solo constitui uma das práticas mais antigas de tratamento e ou, disposição final de esgotos sanitários. As "fazendas de esgotos", como ficaram conhecidas as primeiras experiências na Inglaterra, no início do século XIX, logo se disseminaram por toda a Europa e Estados Unidos (Paganini, 1997).

Em 1991, o Ministério da Agricultura do Peru iniciou um Programa de Irrigação, com águas residuárias tratadas, com o objetivo de ampliar a fronteira agrícola da costa em 18.000 ha irrigados, usando $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ do esgoto produzido nas principais cidades da Costa peruana. O CEPIS (Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Meio Ambiente) em 1991 colaborou na assistência técnica para avaliar o grau de substituição dos fertilizantes pelo conteúdo de nutrientes das águas tratadas. Naquela oportunidade foram avaliadas diferentes doses de adubo versus aplicação de águas residuárias tratadas sem adição de adubos, até atingir níveis de nutrientes semelhantes aos aplicados nas culturas de valor comercial, tais como feijão, milho, brócolis e couve. Os resultados com feijão "paramito" mostraram produção com rendimentos similares em todos os tratamentos, incluindo o tratamento sem fertilização. Demonstrou-se, também, que as águas residuárias efetivamente

transportam nutrientes requeridos pelas culturas, o que permite economizar os gastos com fertilizantes que, muitas vezes, representam mais de 50% do custo de produção vegetativo.

Duzentas estações de tratamento na Califórnia produzem diariamente 759.000 m³ de efluentes tratados, usados em vinte diferentes cultivos alimentares: macieira, aspargo, abacate, cevada, feijão, brócolos, couve, couve-flor, aipo, cítricos, uvas, alface, milho, pêssego, pimenta, pistachos, ameixa, cabaceira, beterraba e trigo. Também são irrigados com águas residuárias: alfafa, trevo, algodão, eucalipto, flores, feno, milho, árvores e sementes vegetais, grama e árvores natalinas (León Suematsu & Moscoso, 1999).

O uso de águas residuárias é estacional na Tunísia (primavera e verão). Em algumas circunstâncias, o efluente é misturado com água de poço antes de ser aplicado na irrigação de cítricos, oliveira, forrageiras, algodão, campos de golfe e jardins de hotéis. O uso de águas residuárias para a irrigação de vegetais consumidos crus está proibido. O Departamento Regional para o Desenvolvimento Agrícola supervisiona os sistemas de distribuição de água irrigada e controla o Código de Águas. É ainda relatado que estavam sendo implementados e planejados novos projetos para irrigar 6.700 ha e, deste modo, esperava-se que 95% das águas residuárias fossem usadas para a agricultura. (León Suematsu & Moscoso, 1999).

Sobre uma área irrigada de 70.000 ha no Vale do Mezquital, México, assentaram-se 45.000 famílias de agricultores e se cultiva principalmente milho e alfafa e em menor proporção, aveia, cevada, feijão, trigo, cabaça, pimentão e tomate. A produtividade hortícola é muito alta, porém está restringida por razões sanitárias. Estimava-se que em 1993 a produção de milho e alfafa, de 60.000 ha, tenha alcançado o valor total de US\$ 45.000.000,00 e a produção hortícola, realizada em 5.700 ha, gerado US\$ 26.000.000,00. Até 1995 não

existiam evidências de sérios problemas de salinidade nos solos nem de contaminação dos aquíferos causados pelo uso das águas residuárias para a irrigação. (Comisión Nacional Del Agua, 1995).

No Brasil alguns trabalhos relatam o uso de águas residuárias na agricultura, no município Botucatu - SP, especificamente do ribeirão Lavapés, Conte (1992) divulgou dados de espécies químicas inorgânicas nas formas dissolvidas e totais. Foram coletadas 112 amostras, nas quais se determinaram as concentrações de nitrogênio nas formas de NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- ; de cloro, como Cl; de enxofre como SO_4^{2-} , e dos elementos seguintes (na forma total), P, K, Ca, Mg, Mn, B, Zn, Fe, Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Si, Al, Ba, Na e Hg. Aferiu-se ainda a vazão, condutividade elétrica e pH.

Com algumas semelhanças ao presente trabalho, Souza (1997), utilizou-se das águas do ribeirão Lavapés para a irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa*), cultivar Elisa lisa, sob quatro regimes de aplicação de águas. Concluiu que a possibilidade de aproveitamento de águas residuárias pode trazer ainda maiores benefícios aos usuários, como por exemplo, menor utilização de insumos, principalmente fertilizantes, sem prejuízo à produtividade e qualidade dos produtos obtidos. O autor também analisou algumas plantas de alface para a identificação da presença de microorganismos que pudessem comprometer seu consumo *in natura*. Os resultados foram negativos para a presença de coliformes totais e fecais, enquanto que algumas plantas que adquirira em mercado local para comparação, revelaram contaminação por estes microorganismos.

Embora as primeiras experiências tivessem como objetivo o tratamento de esgotos, logo surgiu o interesse pela irrigação com fins de produção agrícola. Porém, o desenvolvimento da microbiologia sanitária e as crescentes preocupações com saúde pública

fizeram com que esta alternativa se tornasse praticamente desaconselhada em meados do século 20 (Mara e Cairncross, 1989, citados por Bastos, 1999).

Bastos (1999) ainda ressalta que diversos fatores vieram a contribuir para que mais recentemente o interesse pela irrigação com esgotos fosse renovado: a crescente escassez de recursos hídricos, o avanço do conhecimento técnico-científico sobre o potencial e as limitações do reuso agrícola e suas inegáveis vantagens: controle da poluição, economia de água e fertilizantes, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola.

A tecnologia avançou e com isto muitos obstáculos puderam ser transformados em apenas passado. A irrigação localizada por gotejamento é exemplo de método muito eficiente de aplicação de água ao solo, no qual, entre suas vantagens, uma delas o interesse para a sua utilização com águas de esgotos, é de não haver contato dos elementos contaminantes com a parte aérea das plantas. Unindo-se irrigação de gotejamento a subsuperfície, este contato se torna ainda mais dificultado.

Paganini (1997), ressalta que ocorrem transformações microbiológicas com os esgotos dispostos sobre o solo. Tais transformações envolvem a utilização de microrganismos, a fim de transformar alguns dos compostos que contêm os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, como, por exemplo, o nitrogênio, o fósforo, o enxofre e o carbono, o qual confere ao solo uma característica de elemento depurador. Na mesma publicação, o autor define ainda que os esgotos domésticos são compostos por matérias orgânicas e inorgânicas nas formas dissolvida, coloidal e em suspensão. A concentração dos vários componentes dos esgotos domésticos depende de vários fatores como: características específicas das águas de abastecimento, usos aos quais essas águas são submetidas, clima da região, condições sócio-econômicas, hábitos da população, consumo per

capita de água e presença de despejos industriais no sistema público. Dessa forma, as características dos esgotos domésticos variam não somente de localidade para localidade, mas também de acordo com a época do ano e até durante as horas do dia.

A composição média do esgoto aponta para mistura de água (99,9%) e sólidos (0,01%), sendo que do total de sólidos, 70% são orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras etc) e 30% inorgânicos (areia, sais, metais etc), (Fernandes, 2000 e Melo e Marques, 2000).

A qualidade dos resíduos no esgoto pode ser prevista também através da análise dos resíduos sólidos de cada município (lixo urbano), pois observado com muita atenção, praticamente tudo que é dispensado pela população de alguma forma, é depositado no sistema de esgotos, através de limpeza dos produtos, trituração, ingeridos e absorvidos, processados, etc. No caso de Botucatu, Oliveira (1997) realizou a caracterização dos resíduos sólidos do município e através deste trabalho, pode-se prever os hábitos da população.

Fonseca et al. (2001) caracterizaram a disposição de esgoto no solo como sendo uma alternativa de tratamento de resíduos líquidos de baixo custo de implantação e operacional. Os autores comentam ainda que, além de disposição final de efluentes gerados, o aproveitamento planejado de águas residuárias na agricultura é uma alternativa para controle da poluição de corpos d' água, disponibiliza água e fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento de produção agrícola.

4.2 Ribeirão Lavapés

Campos (1997) situa geograficamente a bacia do ribeirão Lavapés, entre as coordenadas: 48^o 20' a 48^o 22' de longitude W e 22^o 42' a 22^o 56' de latitude S, apresentando uma área territorial de aproximadamente 10.670 hectares.

Martins (1989), citado por Simões (1996), analisando os dados meteorológicos obtidos no período de 1962 a 1986 na Estação Agrometeorológica da FCA - UNESP, sugeriu um clima do tipo Cfa para a região. Esse tipo de clima pode ser entendido como temperado chuvoso, constantemente úmido e com a existência de quatro ou mais meses consecutivos com temperaturas médias acima de 10^o C, sendo a temperatura média do mês mais quente, igual ou superior a 22^o C. Constatou também que as chuvas ocorrem com maior frequência no verão, definindo uma estação mais seca nos meses de inverno, com uma precipitação máxima anual de 2.247 mm em 1983 e mínima anual de 934 mm em 1984, para o período estudado.

Campos (1997) constatou que a precipitação média anual está ao redor de 1.447 mm, ocorrendo uma precipitação média no mês mais chuvoso e mais seco, respectivamente de 223,4 mm e 37,8 mm.

Além da localização geográfica e das características climáticas da bacia o material de origem dos solos também influencia na composição da água. Campos (1997), classificou as características das principais unidades de solo que ocorrem na bacia do Lavapés como sendo: Latossolo Vermelho Amarelo-Fase Arenosa (Lva), Litossol-Fase Substrato Basáltico (Li-b) e Regosol "Intergrade" Para Podzólico Vermelho Amarelo "Intergrade" Para Latossolo Vermelho Amarelo - Grupo Indiscriminado (Rpv - Rlv).

Leopoldo (1989), caracterizou a bacia considerando a desembocadura na altura da Fazenda Experimental Lageado-UNESP, encontrando uma densidade de drenagem de $1,36 \text{ Km Km}^{-2}$, declividade média de 11% e declividade total do percurso de 1,05%. Essas características impõem à bacia um escoamento das águas de chuva bastante rígido, com maior escoamento superficial que infiltração.

Consta que o então ribeirão Patrimônio (Lavapés) por volta de 1893 era procurado pelos fornecedores individuais denominados aguadeiros que recolhiam em ancorotes e barris sua água para vender na cidade (Donato, 1985).

Atualmente, a realidade é diferente, o ribeirão Lavapés é utilizado para a descarga de efluentes de quase a totalidade da população Botucatuense.

Conforme descrito por Leopoldo (1989) e citado por Conte (1992), na rede hidrográfica do município, duas bacias assumem papel em destaque para a cidade de Botucatu: a do rio Pardo e a do ribeirão Lavapés. O rio Pardo afluente da margem direita do Paranapanema é a principal fonte de abastecimento da cidade, ou seja, o ribeirão Lavapés recebe diariamente milhares de metros cúbicos desta água (tratada). Sendo assim, além de receber resíduos urbanos e industriais, é também enriquecido com água desviada de outra bacia.

A descarga média da bacia junto à saída na fazenda Lageado é de $0,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, com produção diária calculada em 51.840 m^3 . Desse total, estima-se que cerca de 30.000 m^3 são oriundos do Rio Pardo, pertencente à bacia do rio Paranapanema, bombeados para a cidade de Botucatu, para fins de abastecimento público (Leopoldo, 1989).

4.3 Decantação de águas residuárias

Tanques de decantação ou lagoas de estabilização (ver Apêndice 1), são os nomes mais comuns encontrados na literatura pertinente ao assunto de tratamento de águas residuárias.

Como exemplo, León Suematsu & Moscoso (1999), definem que uma lagoa de estabilização é uma estrutura simples que armazena águas com o objetivo de melhorar suas características sanitárias. As lagoas de estabilização são construídas, geralmente, com pouca profundidade (2 a 4 m) e têm período de detenção relativamente elevado, em geral vários dias. Os autores comentam que a partir do instante em que as águas residuárias são descarregadas em lagoas de estabilização ocorre, de forma espontânea, um processo conhecido como autodepuração ou estabilização natural, mediante fenômenos físicos, químicos, bioquímicos e biológicos. Esses processos ocorrem em quase todas as águas armazenadas com alto teor de matéria orgânica putrescível ou biodegradável.

O decantador deve ser lavado quando a camada de lodo tornar-se muito espessa ou quando, em processos descontínuos, se iniciar a fermentação. A decantação é o preparo para a filtração e quanto melhor for à decantação, melhor será a filtração. Para tanto o decantador deve remover 90%, pelo menos, da turbidez encontrada na água bruta como consta no (Apêndice 2).

4.4 Irrigação

A água é fator fundamental na produção vegetal. Qualquer cultura durante o ciclo de desenvolvimento consome grande volume de água, cerca de 98% deste volume apenas passa pela planta, perdendo posteriormente pelo processo de transpiração. Este fluxo de água é necessário para o desenvolvimento vegetal, e o reservatório dessa água é o solo, que temporariamente a armazena, podendo fornecê-la às plantas à medida de suas necessidades (Gutierrez, 2000).

Em qualquer produção comercial agrícola esperar para que as chuvas reabasteçam este reservatório de água, o solo, é uma atitude de risco. Para se tornar mais eficaz o homem elaborou a tecnologia da irrigação, que nada mais é que o ato de conduzir água ao solo com auxílio de algum objeto ou equipamento. Com o decorrer dos tempos aprimoraram-se as técnicas para melhorar a qualidade da aplicação, a eficiência, a facilidade, a economia de água, a redução de mão de obra, etc. Tendo a tecnologia evoluído, chegou-se a um sistema de aplicação eficiente denominado gotejamento.

O pesquisador Washington L.C. Silva, da Embrapa Hortaliças, explica que, além da técnica de gotejamento de superfície, existe a irrigação por gotejamento subterrâneo (subsuperficial). As vantagens desta tecnologia são uma maior economia de água em até 70% e energia, a possibilidade da aplicação de fertilizantes através da água (fertirrigação), uma completa automação do sistema, a redução das perdas por evaporação da superfície do solo, a facilidade no trato cultural, evitando danos mecânicos às tubulações, e a redução da umidade, minimizando a incidência de doenças e apodrecimentos de frutos e aumentando a produção em até 30% (Franco 1999).

Para Delmanto Júnior (1999), a irrigação subsuperficial pode ser definida como a aplicação de água abaixo da superfície do solo, de modo que esta se mova via capilaridade até a zona radicular das culturas.

A irrigação por gotejamento subsuperficial é definida pela ASAE S526.1 (American Society of Agricultural Engineers) de 1997 como "aplicação de água abaixo da superfície do solo através de emissores com taxa de descarga semelhante à irrigação por gotejamento superficial" (Dalri, 2001 e Gomes, 2001).

A definição do termo irrigação subsuperficial torna-se pertinente quando este método é comparado com a subirrigação. Neste caso há a necessidade que ocorra elevação do lençol freático para a modificação do teor de água no solo, procedimento este possível quando se utilizam sistemas de drenagem na área em questão (Moura 1998).

Em relação aos aspectos negativos do método Goldberg et al. (1976), citados por Moura (1998), sintetizam os principais problemas da irrigação subsuperficial como sendo a possibilidade de obstrução dos emissores, a dificuldade de inspeção, reparação e manutenção dos equipamentos instalados sob a superfície do solo. Atualmente, parte desses problemas está sendo minimizada com o desenvolvimento tecnológico que envolve a fabricação dos emissores e processos de filtragem.

Uma das alternativas desenvolvidas para contornar o problema de obstrução dos emissores foi mencionada por Dalri (2001), o qual constatou que o uso de 0,125 ml de Trifluralina por emissor impediu a intrusão de radículas de cana-de-açúcar nos emissores. O mesmo autor cita em que a irrigação proporcionou em relação à testemunha, um aumento médio, maior que 45% de produção de massa fresca e seca, de colmo e folha, validando assim, a importância deste método de irrigação para as culturas comerciais.

Como vantagens, Delmanto Júnior (1999) constatou menor incidência de plantas daninhas, menor requerimento de tratamentos culturais e conseqüentemente uma maior produtividade da cultura. Observou também uma menor compactação e também menor incidência de doenças de solo (dumping-off).

Em trabalho com a cultura da alface americana cultivar Lucy Brow, utilizando irrigação localizada por gotejamento, superfície e subsuperfície, Gomes (2001) dissertou que os parâmetros diâmetro da cabeça, massa fresca total e massa fresca da cabeça, apresentaram melhores respostas aos valores de baixo potencial de água no solo quando irrigados por gotejamento de subsuperfície, o autor afirma ainda que uma maior eficiência de uso de água, foi encontrada na produção total e comercial da alface para as lâminas com base em 25% e 50% da evaporação do tanque classe A aplicadas através de irrigação subsuperficial.

4.4.1 Irrigação localizada e águas residuárias.

A fertirrigação e a otimização da irrigação com águas salinas encontram-se estreitamente associadas à irrigação localizada e assim, a fertirrigação localizada com águas residuárias reveste-se de enorme potencial ao reunir diversos atrativos de ordem agrônômica, além de reduzir riscos de contaminação das culturas. A princípio, tal prática envolve o problema adicional do entupimento dos equipamentos de irrigação, devido aos elevados teores de sólidos em suspensão e no caso de efluentes de lagoas de estabilização, algas. Além disso, existe o risco de precipitação química, formação de filmes biológicos e

depósitos de partículas inorgânicas, como areia no interior das canalizações e gotejadores. Não obstante, vários estudos, ao mesmo tempo em que apontam as limitações inerentes à irrigação localizada com efluentes, indicam que não são as mesmas insuperáveis. Medidas preventivas e corretivas contra entupimentos usualmente empregadas com sucesso incluem a filtração em areia, filtros de tela com autolavagem cloração e descargas periódicas para a lavagem das linhas laterais (Bastos 1999).

Paganini (1997) enfoca que as vantagens desse sistema são a redução no consumo de água de irrigação, a otimização dos regimes de rega das plantas, o incremento na produtividade, o controle de doenças ligadas à umidade da parte aérea das plantas por contato direto no caso da disposição do esgoto, o controle de plantas daninhas indesejáveis, dentre outros. Uma variação do sistema de gotejamento superficial é o sistema de gotejamento subsuperficial, o qual consegue conferir um incremento de qualidade ainda maior nas vantagens acima mencionadas. O mesmo autor infere que em águas residuárias há microrganismos, sendo os principais organismos encontrados nos rios e esgotos as bactérias, os protozoários, os fungos, as algas e os grupos de plantas e animais, os quais, indicam a promoção de decomposição e estabilização da matéria orgânica, fundamental em tratamento de esgotos através de lagoas de estabilização, no caso do presente trabalho, através do tanque de decantação.

4.5 O solo

O solo ocupa uma posição peculiar ligada às várias esferas que afetam a vida humana. É além disso, o substrato principal da produção de alimentos e uma das principais fontes de nutrientes e sedimentos que vão para os rios, lagos e mares. A disponibilidade de água, nutriente e ar nos solos varia bastante, condicionando uma produtividade diferente das culturas, quando os outros fatores são considerados constantes (Resende et al., 1995).

O solo é um meio físico formado por substâncias minerais, cujas formas predominantes granulares conferem-lhe propriedades características, como a porosidade, permeabilidade, textura e outras que o tornam um hábitat de um grande número de seres vivos microscópicos, vegetais e animais (Paganini, 1997).

A comunidade microbiológica do solo é representada por uma vasta e diversificada população em estado de equilíbrio dinâmico, refletindo o ambiente físico e suas relações. Portanto, a comunidade reflete seu habitat e um microrganismo aumenta até encontrar limitações de natureza biótica e abiótica. Desse modo, a existência de um microrganismo num determinado tempo e lugar, resulta da sua evolução naquele lugar, da existência de fatores físicos e químicos favoráveis ao seu desenvolvimento, da existência de microrganismos associados e de competidores, antagonistas e predadores. As interações entre os microrganismos e a fauna do solo são também de grande importância para a ecologia microbiana e os processos microbiológicos no solo, principalmente para a decomposição da matéria orgânica e a mineralização de nutrientes (Siqueira e Franco 1988).

A ação do solo na redução da matéria orgânica é mais efetiva na camada superficial de 10 a 15 cm. A matéria orgânica particulada que é filtrada pelo solo, bem como a dissolvida que percola pelo mesmo, são parcialmente degradadas por microrganismos. O solo contém uma grande quantidade de microrganismos heterotróficos que conferem ao sistema, como um todo, a habilidade de utilizar e degradar a maior parte dos compostos orgânicos sob as mais diversas condições. O tempo requerido para essa degradação pode ir desde poucos minutos, como é o caso da glicose, até cem anos, como é o caso dos compostos de agregados complexos (Paganini, 1997).

4.6 Alfaca Americana

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça tipicamente folhosa, de grande importância na alimentação e saúde humana, sendo fonte de vitaminas, de minerais e de celulose. É bastante apreciada ao paladar e pelo pequeno conteúdo energético, indispensável em dietas de baixa caloria (Alvarenga, 1999). E por ser considerada uma verdura, a alface se encaixa na teoria a qual o Comitê Médico para uma Medicina Responsável defende que as verduras são indicadas para combater a osteoporose (Barnard, 2000). Provavelmente originária de regiões frias do Mediterrâneo, a alface cultivada (*Lactuca sativa* L.) rapidamente difundiu-se na França, Inglaterra e depois no restante da Europa, mostrando tratar-se de uma cultura popular e de uso extensivo. Com a descoberta do Novo Mundo foi introduzida nas Américas, sendo cultivada no Brasil desde 1647. Ao lado do tomate é a

hortaliça de presença mais freqüente nas mesas, devido ao custo relativamente baixo, bem como à boa oferta de produtos locais (Alvarenga, 1999).

Maluf (1994) classificou a alface em cinco grupos distintos, dentre os quais encontra-se o "Crisphead lettuce", a alface americana, esta apresenta como características principais, cabeças crespas com nervuras salientes e as folhas são imbricadas, semelhantes ao repolho, por exemplo, Great Lakes, Mesa e Salinas.

Alvarenga (1999) considerou que a "Crisphead lettuce" também denominado "Iceberg lettuce" ou "Americana", constitui o grupo mais utilizado nos EUA com público restrito no Brasil. Possui folha bastante quebradiça, tipo crocante, tem nervuras salientes e forma cabeças. É representado, entre outras, pelas seguintes cultivares: Mesa, Great Lakes, Salinas, Calmar, Lucy Brown e Lorca.

No Brasil, as variedades que estão sendo mais plantadas no sul de Minas são "Lorca", "Niner", "Ryder", "Lucy Brown" e "Mesa 659", sendo a mais utilizada a "Lorca". A cultivar "Mesa 659" possui cabeças grandes, escuras, com caule de tamanho médio, resistente a *tipburn* (Jackson et al., 1997 citados por Bueno 1998).

A alface *Lactuca sativa* L. pertence à família Compositae, tribo Cichorieae, caracterizando-se pelo hábito devido ao caule muito curto, não ramificado, dando à planta um aspecto roseta. As folhas, de forma arredondada, lanceolada ou quase espatulada, podem também se encurvar e formar "cabeça", que é característica das variedades tipo repolhuda (Bueno, 1998). No entanto, Yuri (2000) refere que a alface faz parte da família Asteraceae, sendo uma planta herbácea muito delicada, com caule diminutos, não ramificados, ao qual se prendem as folhas. Estas são grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não em forma de "cabeça". Sua coloração varia de verde amarelado até o verde escuro. Apresentam

raízes do tipo pivotante que podem atingir até 60 cm de profundidade, porém apresentam ramificações delicadas, explorando efetivamente de 15 a 30 cm do solo.

Há poucos trabalhos no país que indiquem a composição química da alface e principalmente da Americana, pois, a alface americana apresenta maior volume e peso de matéria seca, comparada a alfaces que não apresentam "cabeça". Assim, a comparação dos cultivares Americana com cultivares sem cabeça possa ser muito subjetiva.

Furlani et al. (1978) em um dos primeiros trabalhos apresentados no Brasil com o objetivo de conhecer a composição mineral de hortaliças, quantificaram concentrações de elementos essenciais em 50 cultivares de hortaliças, sendo no total 35 espécies. Observaram em quatro cultivares os teores médios, assim descritos, para N: 43,4 a 47,5 g Kg⁻¹, P: 4,1 a 7,7 g Kg⁻¹, K: 55,3 a 60,3 g Kg⁻¹, Ca: 10,1 a 15,8 g Kg⁻¹, Mg: 2,1 a 4,6 g Kg⁻¹, S: 3,2 a 3,4 g Kg⁻¹, Na: 351 a 424 mg Kg⁻¹, Cu: 5,9 a 13,9 mg Kg⁻¹, Fe: 205 a 1.089 mg Kg⁻¹, Mn: 95 a 154 mg Kg⁻¹, Zn: 94 a 116 mg Kg⁻¹. O teor de água variou de 95,8 a 97,4%.

Recentemente Garcia et al. (2000), pesquisando a absorção de nutrientes por diferentes cultivares de alface (Americanas, Crespas e Lisas) no cultivo hidropônico, encontrou os resultados apresentados na tabela 1, citando apenas para as cultivares do grupo Americana.

Tabela 1. Valores médios de teor foliar de NO₃⁻ (mg Kg⁻¹ de matéria fresca) e conteúdo de nutrientes em plantas de alface em cultivo hidropônico, no verão.

Cultivar	Macronutrientes (mg planta ⁻¹)							Micronutrientes (µg planta ⁻¹)				
	Foliar											
	NO ₃ ⁻	N ^I	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	
Iara	2179,7	822,9	116,1	654,2	189,9	47,8	41,5	3355,7	129,9	762,2	2916,3	
Lorca	2060,1	806,9	114,4	650,1	189,8	48,3	41,4	3589,0	125,1	744,0	2878,4	
L.Brown	2617,3	829,2	106,4	616,7	183,9	49,9	33,5	3185,1	138,5	728,4	3054,9	
OGR	2616,6	835,2	110,4	639,2	193,1	50,6	33,3	3102,1	127,7	765,9	3042,9	
Tainá	2664,5	796,8	104,8	597,0	188,4	47,4	32,2	3182,4	119,7	742,1	3002,8	

N^I-Total = soma de N-NO₃⁻ com N-NH₄⁺

Gomes (2001) citou que a planta de alface apresenta aproximadamente 95,80% de água, 2,30% de hidratos de carbono, 1,20% de proteínas, 0,20% de gorduras, 0,50% de sais minerais (13,30 mg de potássio, 147 mg de fósforo, 133 mg de cálcio e 3,85 mg de sódio, magnésio de ferro), 245 UI de vitamina A, 0,31 mg de vitamina B1, 0,66 mg de vitamina B2 e 35 mg de vitamina C. O mesmo autor informou que depois de colhidas o peso médio das cabeças de alface entre os produtores do sul de Minas está entre 500 e 600 g.

Em experimentos via fertirrigação por gotejamento em ambiente protegido testando doses de nitrogênio realizados em Lavras (MG), Bueno (1998) encontrou plantas com 801,17 gramas com a cultivar híbrido Lorca, para dose de 80,13 Kg N ha⁻¹.

A média encontrada por Bonnacarrère et al. (2000) em alface americana, cultivar Great Lakes, cultivadas em hidroponia, no outono, foi 296,5 g, no entanto, para a mesma cultivar, cultivada em hidroponia na primavera, Pilau et al. (2000), encontrou em média 509,0 g planta⁻¹. É válido salientar, que a solução nutritiva utilizada foi à mesma para ambos.

Pereira et al. (2000) testando diferentes tipos de cobertura de solo no verão para alface americana cultivar Tainá, observaram em média peso fresco de cabeça de 493,49 g, quando cultivadas em canteiros com cobertura de plástico prata, contra 357,37 g da testemunha, um acréscimo significativo na produtividade. Já Verdial et al. (2000), encontrou no outono, 491,0 g para cultivar Lucy Brown em solo coberto com plástico dupla face, contra, 96,50 g de peso médio de cabeça fresca da testemunha.

Pode-se notar, que através dos dados mencionados com respeito às alfaces do grupo americana e sua produtividade, diferem significativamente comparando os dados da cultura submetida a diferentes condições, como épocas de cultivo, condições

ambientais para canteiros como cobertura de solo e sombreamento, adubação utilizada hidroponia ou convencional. A importância da observação desses dados se dá devido ao entendimento de que a cultura vem aumentando significativamente sua produção comercial. Entretanto o seu cultivo em comparação às alfaces sem cabeça, é dito por produtores, ser mais delicado, com margem de risco de perda da produção muito alto. Outro exemplo diz respeito aos resultados como os de Rocha et al. (2000), onde, afirmam que houve incremento na renda bruta de 25,5% sobre a testemunha a céu aberto, na produção de alface cv. Great Lakes, utilizando-se de sombrite branco para controle de temperatura e luminosidade elevadas, o que leva a acreditar que soluções para sua comercialização existem para diversas regiões do país.

Com respeito ao acúmulo de nitrato em folhas de alface na primavera, Cavarianni et al. (2000), ao correlacionar alfaces de folhas crespas, lisas sem formação de cabeça e cultivares do grupo americana, com ambientes de cultivo, sendo, hidroponia, casa de vegetação e a céu aberto, notaram que não houve superioridade de um determinado grupo (lisa, crespa ou americana) sobre outro, quanto à variação no acúmulo de nitrato, ou seja, a variação no acúmulo de nitrato não respeitou grupo cuja semelhança se faz por característica fisiológica. Para a cv. Tainá, os autores encontraram em média 1942,33; 461,00 e 357,00 mg $\text{NO}_3^- \text{ Kg}^{-1}$ de folha, nos ambientes hidroponia, casa de vegetação e céu aberto, respectivamente.

4.6.1 Alface, e resíduos urbanos.

É mais freqüente encontrar literaturas referentes a trabalhos envolvendo alfaces que não apresentam cabeças, ou seja, verificou-se poucos trabalhos com a alface americana para qualquer tema que envolva resíduos urbanos e irrigação. Todavia, Costa et al. (1994), estudaram efeitos do composto orgânico de lixos urbanos na produção e teor de metais pesados, encontraram aumentos significativos na produção de matéria seca, até as doses de 17,56 e 19,74 t ha⁻¹ nos solos franco argiloso e argiloso, respectivamente. Nas doses mais elevadas, houve um aumento significativo de teores de Zn, Cu, Cd e Pd nas folhas, sendo que apenas Cu atingiu teores considerados fitotóxicos. Portanto, o teor desses elementos nas folhas não atingiu os limites de tolerância em alimentos fixados pela legislação brasileira.

Em trabalho semelhante, Santos et al. (1995) encontraram aumento nas concentrações de Zn, Cu, K e Na, em geral, K e Cu mostraram níveis normais à alface, enquanto Zn e Mn ficaram abaixo. Pb e Na alcançaram valores acima dos normais, tendo o Pb ultrapassado o limite permitido pela legislação brasileira para consumo de hortaliças "in natura".

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Do experimento

A idealização do experimento surgiu da necessidade natural, em que, qualquer situação de experiências inovadoras, em buscar informações complementares para entendimento de determinadas dúvidas que venham ocorrer durante a pesquisa.

Em uma estrutura na qual as pesquisas são mais voltadas para o sistema de irrigação e sua resposta ao líquido utilizado, notou-se a necessidade de estudar a composição química da água durante o seu percurso no sistema ao longo do ciclo da cultura, assim sendo, analisar quanto de cada elemento se coletava antes do conjunto de filtros e quanto estaria à disposição para os canteiros após percorrerem o sistema de filtragem.

Embora o questionamento inicial fosse se o filtro de areia estaria retendo os nutrientes, notou-se ao longo do estudo, que fatores biológicos podiam estar ocorrendo no equipamento quando em desuso. Assim que houvesse a necessidade de novas

pesquisas envolvendo somente o filtro de areia e que seria de interesse pesquisar as paredes internas da tubulação que é utilizada para conduzir a água até o filtro, para verificar se ações de microrganismos estivessem ocorrendo no tempo em que o sistema não estivesse sendo utilizado.

5.2 Ribeirão Lavapés

Conte (1992) ressalta que a bacia hidrográfica do Lavapés apresenta uma área de 41 km², considerando-se a saída na FCA (Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP), cuja ocupação mostrava-se assim distribuída: 47,5% de área urbana; 7,4% por culturas diversas; 7,3% por matas naturais ou reflorestamento; 37,7% por campos e 0,1% por outros tipos de cobertura. As características da bacia, principalmente aquelas referentes à ocupação pela área urbana, densidade de drenagem, declividade e regime de precipitação impõem a esta bacia um regime de escoamento bastante rígido, ou seja, um escoamento superficial direto maior que a infiltração.

O ribeirão Lavapés com sua extensão de 11 km, em todo o seu percurso, recebe água de vários afluentes, em destaque, o Tanquinho, Antártica e o Boa Vista, e deles, muitos dos variados resíduos, industriais, clínicos, laboratoriais, oficinas de manutenção, cortume, urbano e principalmente boa parte da água já utilizada proveniente do bombeamento pela SABESP de águas do rio Pardo. Todos esses componentes contribuem com a diversidade de elementos químicos e orgânicos depositados no ribeirão diariamente.

5.3 Área Experimental

Foi instalada dentro da Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Campus de Botucatu, uma área próxima ao Ribeirão Lavapés o objeto de estudo deste trabalho. A área possui rampa de captação e acesso ao Lavapés, tanque reservatório comercial circular de 40 m³ (decantador) e todo o sistema de irrigação (filtros de areia, de tela, reguladores de pressão, tubulação de sucção, recalque e distribuição).

A Fazenda Experimental Lageado localiza-se em local privilegiado para o estudo em questão, ou seja, na desembocadura da bacia do ribeirão Lavapés (Leopoldo, 1989), após captar praticamente a totalidade dos mais variados dejetos depositados pela população da cidade de Botucatu.

5.4 Sistema de Irrigação

A mangueira gotejadora utilizada no experimento é da marca CHAPIN, que possui integrados na mangueira 10 gotejadores a cada metro linear, sendo que a vazão estabelecida para cada gotejador foi de 0,895 litros hora⁻¹. Estes são constituídos de pré-filtro, galeria linear, galeria tortuosa (labirinto) e da saída de gotas. Para cada mangueira gotejadora foi acoplada uma válvula de final de linha. O pré-filtro está presente em toda extensão da mangueira.

As mangueiras foram dispostas aos pares em cada canteiro, distantes 0,40 m, e com 6,00 m de comprimento, contendo cada canteiro 7,2 m². Toda a linha de distribuição foi composta de tubos de polietileno de 25 mm. A tubulação de sucção, recalque e cabeçal de controle (filtros de tela e de areia) foi composta de tubulação de PVC branco de 2”.

O sistema instalado subsuperficialmente foi implantado a 0,07 m da superfície. Esta profundidade foi adotada empiricamente após alguns testes, nos quais se verificou que desta maneira o pegamento inicial das mudas da alface não seria afetado.

5.5 Manejo da Irrigação

Nos primeiros quinze dias após o transplante, aplicou-se água diariamente, salvo dias de chuva. Após este período, estabeleceu-se uma lâmina inicial de irrigação de 107,16 litros por canteiro, a qual representa 14,88 mm de altura d'água por m². Isto foi determinado através de cortes no perfil e determinação do bulbo úmido para mangueiras enterradas. Segundo Simão (1956), a alface é entre as hortaliças, uma das que retiram maior quantidade de água do solo.

O manejo da irrigação foi feito com o auxílio de dados obtidos da evapotranspiração do tanque classe “A”, termômetros de máxima e de mínima e pluviômetro, instalados em uma estação experimental do Departamento de Recursos Naturais, Ciências Ambientais, localizado a 400 m do local de pesquisa. Também foram instalados tensiômetros e um tanque classe “A” na área experimental, para confirmação de dados.

Os valores de Kc utilizados, para a cultura da alface, foram retirados da dissertação de Bastos, (1994), o qual determinou os coeficientes de cultura da alface em suas diferentes fases de crescimento, para a cidade de Botucatu, mais especificamente para Faculdade de Ciências Agrônômicas. Como estes valores de Kc foram determinados a cada cinco dias após o transplântio, adotou-se a utilização para cada 15 dias, trabalhando-se com valores médios.

5.6 Descrição dos Tratamentos

Foram avaliadas as composições químicas de duas águas utilizadas pela cultura da alface (*Lactuca sativa L*) cultivar Tainá, no período de 21 de setembro a 05 de novembro de 2001. O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento subsuperficial, utilizando água do ribeirão Lavapés e utilizando-se da mesma água após um período de decantação. Ambas passaram por um sistema de filtragem em areia e outro em telas antes de serem dispostas nos canteiros.

O plano de amostragem foi realizado em pontos definidos e estabelecidos em cada etapa realizada na operação do sistema de irrigação localizada. A amostragem foi realizada em quatro pontos de coleta. Em cada ponto de coleta foram realizadas três amostragens sequenciais.

O primeiro ponto se situou ao lado superior do pé de crivo utilizado na captação de água do ribeirão e o segundo no final da linha de irrigação do canteiro pertencente à recepção da água captada diretamente do ribeirão, passando-se apenas pelo sistema de

filtragem. O terceiro ponto de coleta situa-se na saída de água do tanque de decantação que é direcionada à irrigação. Esta água também passou pelo sistema de filtragem para ser efetuada a irrigação propriamente dita. O quarto ponto de coleta foi localizado no final da linha de irrigação do canteiro que recebe a água proveniente do tanque de decantação.

Todas as amostras coletadas durante a execução do experimento foram filtradas através de um filtro adaptado a um funil pequeno e armazenadas em vasilhames plásticos de 100 ml, sendo adicionados 0,5 ml de ácido sulfúrico para as amostras destinadas à avaliação de nitrogênio mineral, e 0,5 ml de ácido nítrico, para as amostras destinadas à avaliação de P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn e Zn segundo American Public Health Association (1975). Todas amostras foram conservadas em refrigeração a 4° C.

As amostras de água procedente do ribeirão foram coletadas com um equipamento montado manualmente, constituído de um cano de 2 metros de comprimento de PVC branco rígido de 1/2" com rosca, sendo, um copo de PVC com capacidade de 250 ml acoplado a uma das extremidades.

As amostras procedentes do tanque de decantação necessitaram de uma adaptação para sua coleta, onde duas seringas de plástico de 50 ml cada foram acopladas a uma régua de madeira com dimensões de 2,5 cm de largura, 1,0 cm de espessura e 150 cm de comprimento. As coletas localizaram-se muito próximo à saída de água destinada aos canteiros dentro e ao fundo do tanque.

Nos finais de linha da mangueira gotejadora foram coletadas as amostras referentes aos canteiros que recebiam, uma a água do ribeirão e a outra a água do tanque. Este sistema de final de linha possui um dispositivo que acionado (pressionado), libera água da tubulação, dispositivo este já existente de fabricação.

Todos os cuidados foram providenciados no quesito segurança do operador de coleta de amostras. Luvas cirúrgicas, botas de borracha cano alto, roupa plástica e máscara cirúrgica, evitando assim com que o operador obtivesse qualquer eventual forma de contato com as possíveis contaminações de moléstias existentes na água.

Quadro 1. Dados referentes às datas de coletas das amostras em seus respectivos horários, e a duração da rega.

Nº	DATA	DIA	INÍCIO (h)	DURAÇÃO (min)	R I (h)	R C (h)	T I (h)	T C (h)
1	22/09	Sábado	18:30	30 + 30	18:50	18:58	19:21	19:27
2	23/09	Domingo	7:00	30 + 30	7:20	7:20	7:20	7:20
3	24/09	Segunda	7:00	30 + 30	7:15	7:20	8:50	8:15
4	24/09	Segunda	19:00	30 + 30	19:25	19:30	19:52	19:53
5	27/09	Quinta	13:00	15 + 15	13:10	13:12	13:25	13:27
6	29/09	Sabado	7:30	60 + 60	8:10	8:25	9:13	9:22
7	30/09	Domingo	13:00	60 + 60	13:50	13:55	14:53	15:01
8	01/10	Segunda	18:00	60 + 60	18:50	18:55	19:48	19:55
9	04/10	Quinta	17:00	60 + 60	17:50	18:00	18:50	19:00
10	08/10	Segunda	13:00	60 + 60	13:50	13:55	14:50	14:55
11	14/10	Domingo	12:30	40 +40	13:10	13:20	13:50	13:55
12	18/10	Quinta	-	-	-	-	-	-
13	22/10	Segunda	19:00	15 + 15	19:10	19:15	19:20	19:25
14	24/10	Quarta	18:00	60 + 60	18:50	18:55	20:30	20:35
15	28/10	Domingo	19:00	60 + 60	19:50	19:55	20:50	20:55
16	01/11	Quinta	11:30	60 + 60	12:20	12:25	13:25	13:28

Acionamento do sistema irrigação representado por início (h). Os horários de cada coleta representados por (h) em seus respectivos locais: RI - água diretamente do ribeirão destinada à irrigação do canteiro; RC - água que chega no final de linha do canteiro proveniente do ribeirão; TI - água do tanque destinada à irrigação do canteiro; TC - água que chega no final de linha do canteiro proveniente do tanque. Representada a duração em minutos (min), o tempo de rega para canteiros irrigados com a água do ribeirão, mais, tempo de rega para canteiros irrigados com a água do tanque.

Não houve a preocupação em estabelecer horários de coleta, obtendo assim a não homogeneidade das amostras, preocupando-se apenas com horários em que um

pequeno produtor utilizaria para acionar o sistema de irrigação. Os dias de coletas e seus respectivos horários estão representados no Quadro 1.

As análises químicas laboratoriais para determinação do N inorgânico, foram efetuadas em destilação alcalina da liga de Devarda utilizando-se de um destilador de N, Alcarde (1982). Para a determinação de P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn e Zn, foi utilizado o processo de digestão Nítrico-Perclórico segundo Malavolta et al. (1997).

O tempo de lavagem do filtro de areia foi estabelecido em 60 minutos para a primeira e, de 30 minutos ou a observação da estabilização da turgidez da água para os dias em que se achou conveniente fazê-la, devido a observação da turgidez da água do ribeirão nos dias em que realizou-se as irrigações. Para a primeira lavagem foi estabelecido um tempo maior pelo motivo de que o filtro ficou dois meses sem uso, período este em que ficaram armazenados aproximadamente 250 litros de água residuária. Os dados referentes às datas que foram efetuadas as lavagens do filtro estão dispostos no Quadro 2.

Quadro 2. Dados referentes à lavagem do filtro de areia.

Data (dia/mês)	24/09	29/09	08/10	14/10	01/11
Tempo (minuto)	60	25	25	20	20

Os dias oito, catorze, vinte e dois e vinte e oito de outubro correspondem aos dias em houve a necessidade de completar o volume de água do tanque de decantação com a água do ribeirão.

Os resultados obtidos foram avaliados através de um delineamento estatístico em esquema fatorial 2 x 2 x 16, com três repetições, sendo os tratamentos: Fontes da água residuária (ribeirão e tanque de decantação), linha de irrigação (inicial e final) e época

de coleta (16 coletas) e as médias foram submetidas ao teste de Tukey (Pimentel Gomes, 1970).

Os valores médios das concentrações de cada nutriente foram então utilizados para estimar a quantidade colocada à disposição da planta em função do volume de água utilizada no processo de irrigação.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos urbanos despejados no ribeirão Lavapés compõem um amplo reservatório de nutrientes orgânicos e minerais, que constituem importante fonte de energia e nutrientes para microrganismos que habitam a água e ao solo, bem como de nutrientes para as plantas. A atividade biológica que ocorre neste sistema água-solo é intensa, organismos decompõem maciçamente os nutrientes nestes ambientes e proliferam conforme a demanda de alimento. E por meio destas atividades controlam benéficamente o fluxo de energia e dos elementos nutrientes essenciais às plantas, assim sendo, conforme a alta atividade de organismos, contribuem também, para uma não homogeneidade dos resultados aqui apresentados.

6.1 Nitrogênio (N), ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$).

Dos nutrientes analisados, o qual se destacou em diferenças no comportamento dos valores amostrais foram os resultados do nitrogênio mineral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$). Para os parâmetros, ribeirão e tanque (inicial), não houveram diferenças significativas entre si, no entanto, comparando-se aos resultados das coletas de ribeirão e tanque (final) Quadro 3, pode-se constatar o acréscimo da quantidade deste elemento quando aplicado nos canteiros. Considerando que este acréscimo ocorreu nos primeiros dias de amostragem (Figuras 1e 2), observou-se que por um equívoco houve a não lavagem do filtro de areia para o início do referido experimento, ou seja, para este ciclo da alface. Por um período de 60 dias no qual não houve cultivo e exposto à condições variadas de temperatura, o filtro armazenou aproximadamente 250 litros de água residuária proveniente da última irrigação efetuada no ciclo anterior.

O ambiente interno no filtro pode ser considerado propício para o desenvolvimento de microrganismos importantes, os quais, degradam mineralizando o nitrogênio orgânico ali armazenado. Tal processo talvez possa ser comparado àquele de filtros biológicos utilizados para a função de mineralização de elementos orgânicos em tanques ou aquários de piscicultura (Apêndice 3), que acarretam em um acréscimo significativo de N mineral.

Os resultados obtidos induzem à preocupação como questionamentos quanto ao uso de nutrientes aplicados via resíduo urbano, principalmente ao que diz respeito à taxa de mineralização de N-orgânico e a possibilidade de caminhamento através do perfil do

solo do nitrato produzido, com conseqüente aumento da quantidade do mesmo em águas subterrâneas. Na fase orgânica, Mattiazzo (2000) cita que a velocidade de degradação diminui com o aumento da quantidade adicionada ao solo, o qual evidencia a possibilidade de acúmulo no solo de materiais orgânicos recalcitrantes. Em outro aspecto Oliveira (1995) advertiu que existe a possibilidade de lixiviação do N-mineral para camadas abaixo de 40 cm de solo, sendo isto mais evidente em solos arenosos.

Com um volume estimado de $72,27 \text{ Kg ha}^{-1}$ depositados ao solo através da água residuária proveniente do tanque de decantação (Quadro 15), pode-se inferir que a advertência de Oliveira possa tornar-se cabível ao caso de considerar-se consecutivas aplicações. Portanto, se analisar as recomendações de Nagai (1998) as aplicações de N podem chegar a 130 Kg ha^{-1} , considerando 10 dias antes da semeadura ou do transplante até 30 dias após esta operação, as dosagens de N encontradas para este ciclo se encontram dentro desta margem de recomendação. É válido ressaltar também que as aplicações do N-mineral proveniente de adubação convencional sem o monitoramento por técnicos qualificados também pode trazer questionamentos com respeito à lixiviação.

Outra observação é a de que foi possível detectar a causa desta estimativa de $108,40 \text{ Kg ha}^{-1}$ de N encontrada, fato este que deve não ocorrer em futuras aplicações, o qual resulta em diminuição destes valores. Considerando uma média próxima aos 10 mg. L^{-1} comum a ser encontrada nas águas do ribeirão Lavapés (Figura 1), pode-se estimar que esta dosagem possa chegar a $23,81 \text{ Kg ha}^{-1}$ de N-mineral, considerando os mesmos cálculos efetuados para determinar o valor original.

Assim sendo é importante salientar que o nitrogênio presente no esgoto fresco está quase todo combinado sob forma de proteína e uréia; as bactérias, no seu trabalho de oxidação biológica, transformam o nitrogênio presente primeiramente em amônia que pode ser oxidada através das bactérias (nitrosomomas) a nitrito e dando continuidade à oxidação as nitrobactérias o transformam em nitrato. A concentração com que o nitrogênio aparece sob essas várias formas indica a idade do esgoto e/ou sua estabilização em relação a demanda de oxigênio. Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal caracterizam poluição por descarga de esgoto recente. Já os nitratos indicam poluição remota, porque os nitratos são o produto final de oxidação de nitrogênio (Malavolta, 1980, Paganini, 1997 e Macêdo, 2001).

Quadro 3. Valores médios de Nitrogênio em (mg. L⁻¹) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas	Ribeirão	Tanque
Inicial	13,25 a A	14,27 a A
Final	37,56 a B	45,52 b B

CV (%) 20,2

DMS 2,25

Valores na horizontal as letras minúsculas iguais, não diferem entre si (ribeirão e tanque). (P > 0,05) Tukey.

Valores na vertical as letras maiúsculas iguais, não diferem entre si (inicial e final). (P > 0,05) Tukey.

Ao observar-se o Quadro 3 pode-se notar que também houve diferença significativa entre os valores médios de ribeirão (final) e tanque (final), esta resposta pode ser considerada devido ao tanque situar-se em nível acima dos canteiros e conseqüentemente, do sistema motobomba. Após a realização do experimento, ao efetuar manutenção e conferir os equipamentos de irrigação, foi constatado um defeito no regulador de pressão, o que pode explicar, a possibilidade de a gravidade surtir efeito aumentando a pressão dentro do filtro de areia, liberando assim, um volume maior de nitrogênio mineralizado, principalmente

considerando que não há diferença estatística significativa nas coletas iniciais ou seja, no ribeirão e no tanque propriamente dito.

Ao longo dos dias de coletas, mais ao final especificamente, observa-se que há um aumento gradativo na deposição deste nutriente mineral aos canteiros, o que coincide com a diminuição do tempo de lavagem do filtro de areia, de 60 para 20 minutos apenas (Quadro 2).

Uma outra hipótese a ser considerada, é que a tubulação de 2" que conduz a água do tanque para os canteiros, fica exposta à superfície e conseqüentemente às condições ambientais de temperatura e luminosidade, a água fica armazenada entre uma irrigação e outra, tornando assim o ambiente propício à proliferação de microrganismos e favorecendo à mineralização do N-orgânico, o que não é possível ocorrer com a tubulação da captação de água proveniente do ribeirão Lavapés, pelo motivo desta estar sempre vazia, pois, localiza-se em nível abaixo do sistema de bombeamento.

O teor médio de N-mineral quando coletado no ribeirão foi aproximadamente similar ao encontrado por Conte (1992) em suas amostras coletadas quinzenalmente, sendo $12,7 \text{ mg. L}^{-1}$ em média e encontrou $35,3 \text{ mg. L}^{-1}$ (máx.) e $1,6 \text{ mg. L}^{-1}$ (min.). É válido ressaltar a diferença de horário e dias da semana de coletas.

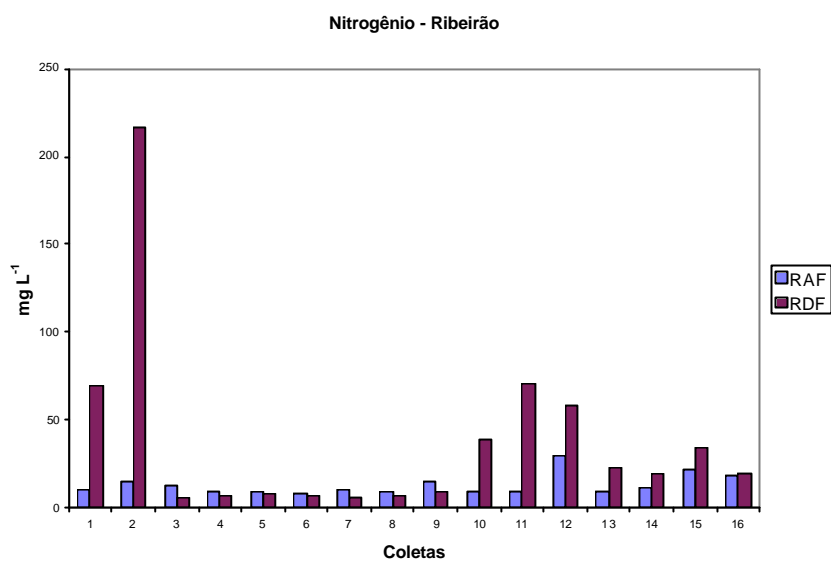


Figura 1. Valores médios de Nitrogênio ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés.

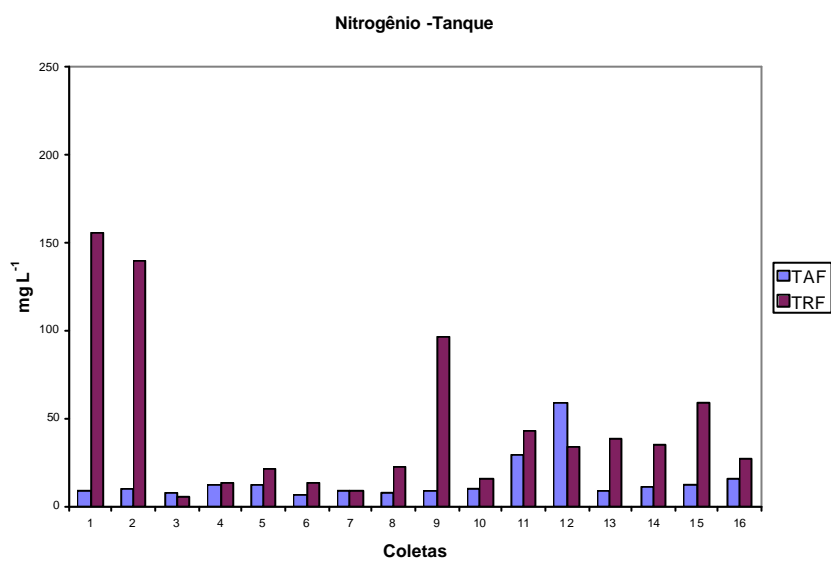


Figura 2. Valores médios de Nitrogênio ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

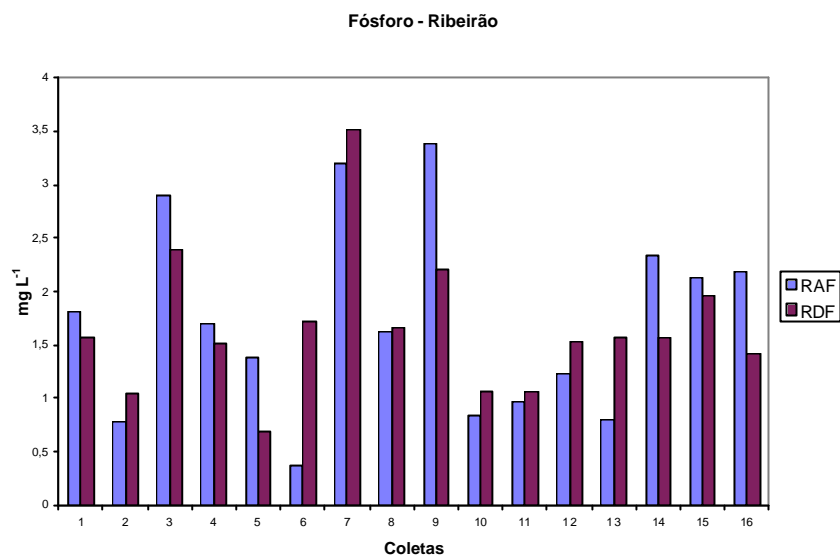


Figura 3. Valores médios de Fósforo em mg. L⁻¹, inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés

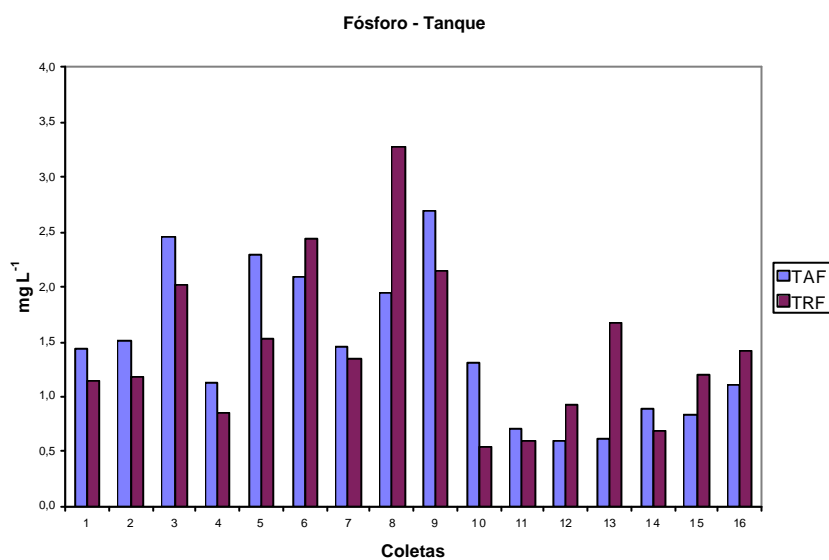


Figura 4 Valores médios de Fósforo em mg L⁻¹, inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

No Quadro 4 encontra-se também os valores médio de 1,58 mg. L⁻¹ para inicial e de 1,55 mg. L⁻¹ para final, significando que mesmo havendo diferença significativa entre as médias de ribeirão e tanque, não foi significativo para a interação das médias de inicial de ribeirão e tanque e das médias de final para ambos, ou seja, foi coletado e depositado nos dois tratamentos em média os mesmos teores.

Em comparação aos resultados obtidos por Conte (1992), foi muito significativo à superioridade da média de fósforo do atual experimento, de 1,55 mg L⁻¹ Quadro 4, contra 0,7 mg L⁻¹ em média.

6.3 Potássio (K)

Semelhante ao fósforo para potássio (K) a interação dentro dos tratamentos não foi significativa, não havendo variação entre ribeirão inicial e ribeirão final respectivamente e entre tanque inicial e tanque final (Quadro 5). Considerando apenas que houve diferença significativa entre a media geral dos tratamentos ribeirão e tanque e, ao longo dos dias de coletas (Quadro 5 e Figuras 5 e 6).

Quadro 5. Valores médios de Potássio em (mg L⁻¹) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas			
Ribeirão	6,20 A	Inicial	6,70 A
Tanque	6,94 B	Final	6,44 A

CV (%) 16,6 DMS 0,31

Valores na vertical as letras maiúsculas iguais, não diferem entre si. (P > 0,05) Tukey.

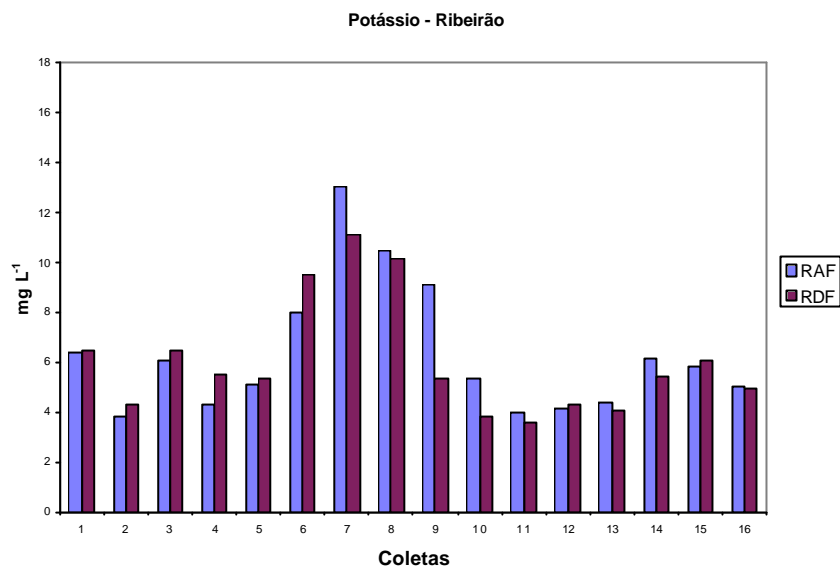


Figura 5. Valores médios de Potássio mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés.

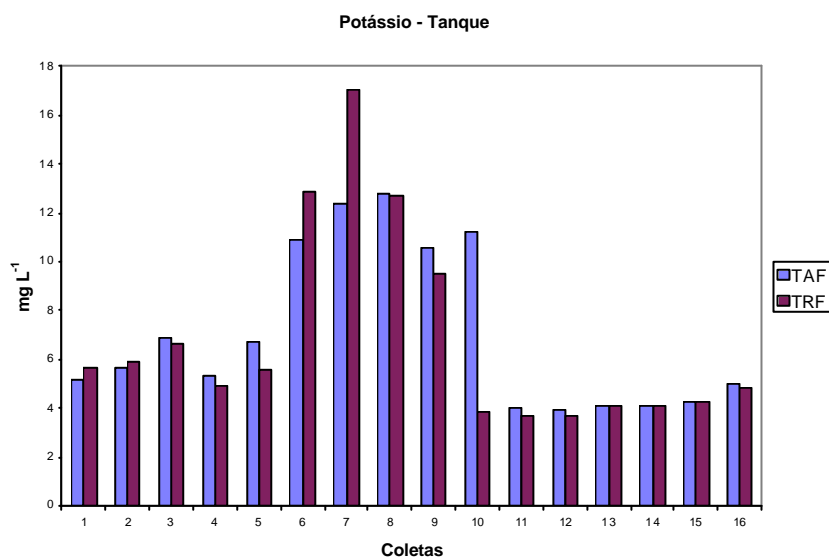


Figura 6. Valores médios de Potássio em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

A coleta de maior concentração deste nutriente foi à amostragem de nº 7 com $12,08 \text{ mg L}^{-1}$, e o de menor foi a de nº 11 com $3,8 \text{ mg L}^{-1}$, teste de Tukey ($P < 0,01$). É importante observar que o horário de coleta, para ambas as datas, foi praticamente o mesmo (Quadro 1). Esta variação alta indica que no dia da coleta nº 7, houve uma descarga, de origem desconhecida do referido elemento, tendo em vista que para amostras no período de 10 a 16 de Setembro de 1990, Conte (1992) encontrou resultado de $8,10 \text{ mg L}^{-1}$ para uma terça-feira e $3,60 \text{ mg L}^{-1}$ para o domingo.

6.4 Cálcio e Magnésio

O Cálcio e o Magnésio são os sais que dão origem na água à chamada dureza. Tal caracterização demonstra a importância de se prever a formação de incrustação destes nutrientes, pois, aceleram corrosões, e principalmente, provocam entupimentos nas tubulações (Macêdo, 2001). Todavia, a ciclagem destes elementos por microrganismos é muito grande, durante o processo de decomposição de restos orgânicos (Siqueira e Franco, 1988).

O cálcio pode estar envolvido em uma série de reações químicas, incluindo troca iônica, precipitação e fixação. A capacidade de um solo para reduzir este elemento é de 60 a 80%, para regiões úmidas (Paganini, 1997).

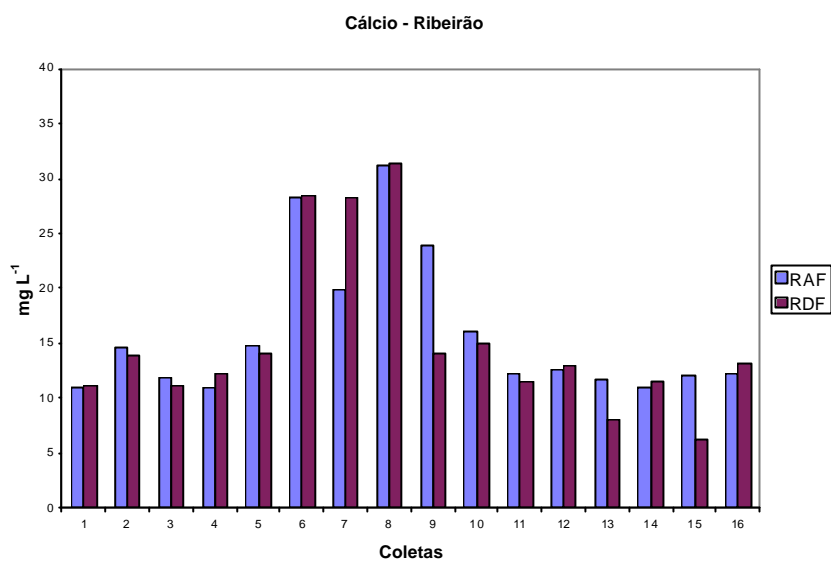


Figura 7. Valores médios de Cálcio em mg L⁻¹, inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés.

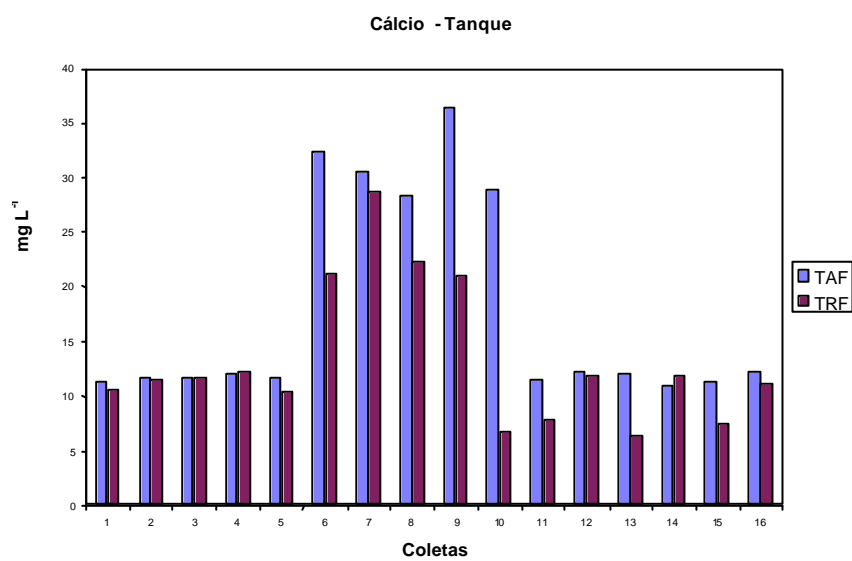


Figura 8. Valores médios de Cálcio em mg L⁻¹, inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas do tanque de decantação.

Os teores médios encontrados para cálcio estão dispostos no Quadro 6. Uma observação de importância pode ser discutida para o parâmetro média geral de teor de cálcio, para ribeirão (inicial e final), e para o tanque (inicial e final), destacando-se o tanque que obteve maior resultado no início, portanto, a menor média para o final de linha. Isto implica que para o Ca há retenção no filtro, ou até mesmo nas tubulações. O comportamento do Ca ao longo das 16 coletas está disposto nas Figuras 7 e 8.

Quadro 6. Valores médios de Cálcio em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas	Ribeirão	Tanque
Inicial	15,91 a B	17,85 b B
Final	15,19 b A	13,34 a A

CV (%) 11,1 DMS 0,70

Valores na horizontal letras minúsculas iguais, não diferem entre si (ribeirão e tanque). ($P > 0,05$) Tukey.

Valores na vertical letras maiúsculas iguais, não diferem entre si (inicial e final). ($P > 0,05$) Tukey.

O mesmo pode ser observado para o parâmetro tanque, quanto ao magnésio. No Quadro 7 estão dispostos os teores médios de Mg, com destaque para o ribeirão, o qual não foi significativa esta observação. O comportamento do Mg ao longo das 16 coletas está disposto nas Figuras 9 e 10.

Quadro 7. Valores médios de Magnésio em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas	Ribeirão	Tanque
Inicial	3,70 b A	3,54 a B
Final	3,68 b A	2,99 a A

CV (%) 10,3 DMS 0,15

Valores na horizontal letras minúsculas iguais, não diferem entre si (ribeirão e tanque). ($P > 0,05$) Tukey.

Valores na vertical letras maiúsculas iguais, não diferem entre si (inicial e final). ($P > 0,05$) Tukey.

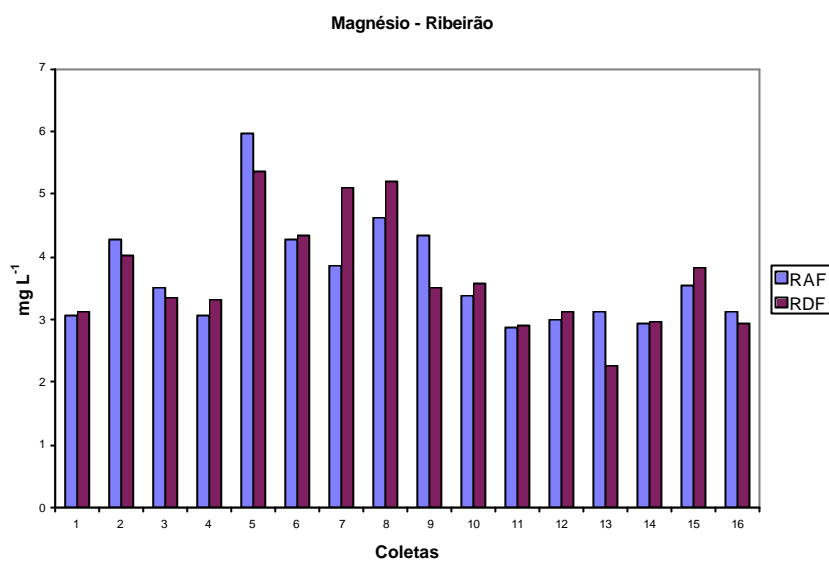


Figura 9. Valores médios de Magnésio em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés

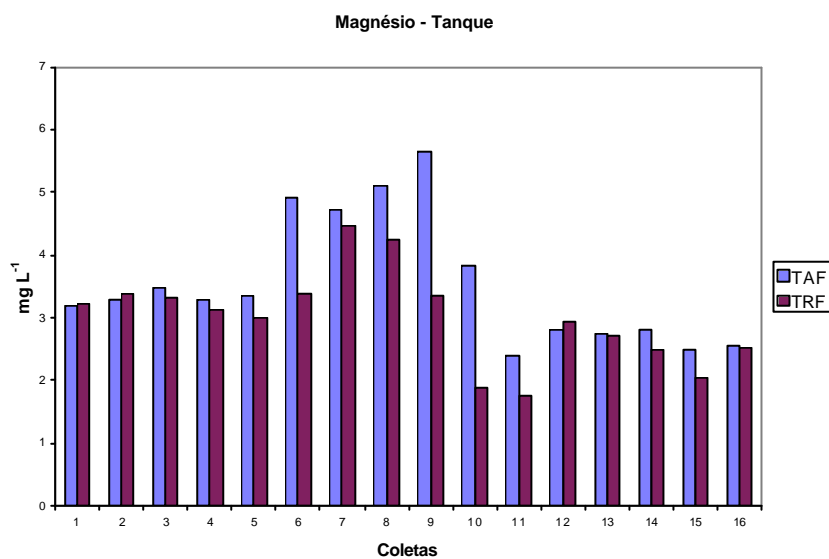


Figura 10. Valores médios de Magnésio em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

A média de Ca no ribeirão foi semelhante quando comparada com amostras diárias obtidas por Conte (1992), quanto ao magnésio, foi inferior.

6.5 Enxofre (S)

Semelhante ao fósforo e ao potássio (K), para o elemento enxofre (S) também houve interação não significativa dentro dos tratamentos, no entanto, houve constância entre ribeirão (inicial) e tanque (inicial) e entre ribeirão (final) e tanque (final) Quadro 8. Diferenciando assim em valores quantitativos entre a media geral dos dois tratamentos, as médias entre final e inicial e ao longo dos dias de coletas (Quadro 8 e Figuras 11 e 12).

São consideradas fontes de enxofre para o solo matéria orgânica e restos vegetais. A oxidação do S inorgânico ocorre através de bactérias do gênero *Thiobacillus*, e a redução do SO_4^{2-} é um processo semelhante à desnitrificação (Siqueira e Franco, 1988).

Quadro 8. Valores médios de Enxofre em ($mg L^{-1}$) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas			
Ribeirão	5,08 B	Inicial	4,31 A
Tanque	3,88 A	Final	4,65 B
CV (%)	11,9	DMS	0,15

Valores na vertical as letras maiúsculas iguais, não diferem entre si. ($P > 0,05$) Tukey.

A concentração de enxofre nos rios e lagos tem aumentado significativamente nos últimos anos, tanto para áreas industriais como urbanas. O metabolismo dos compostos de enxofre faz parte também do odor desagradável dos esgotos (Conte, 1992, e Paganini, 1997). A coleta de número 5 no ribeirão (Figura 11) demonstra que

descargas desta grandeza contribuem significativamente para a afirmativa considerada por estes autores.

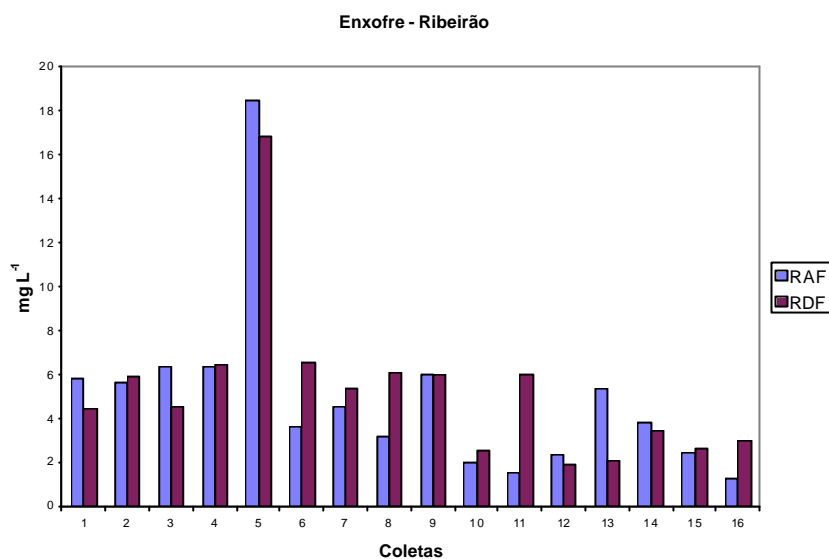


Figura 11. Valores médios de Enxofre em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés

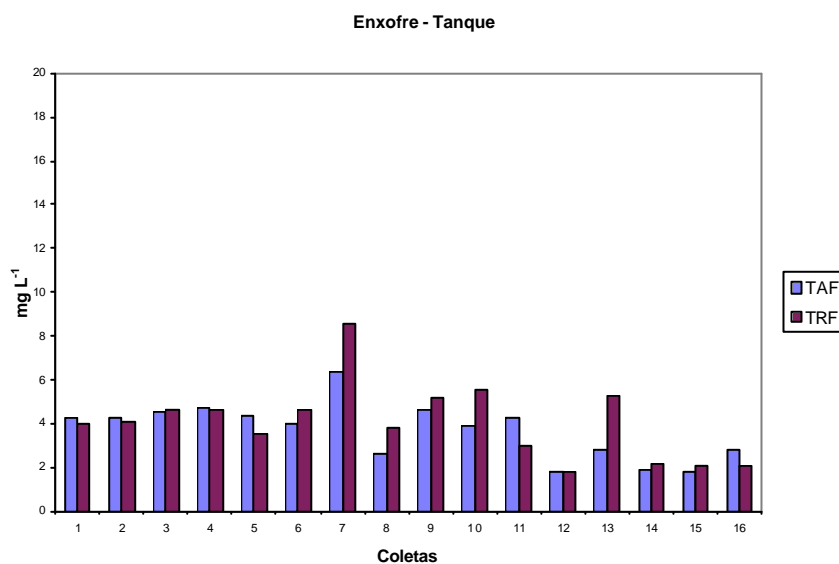


Figura 12. Valores médios de Enxofre em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

Comparando-se a média geral (Quadro 8) para os tratamentos, ribeirão e tanque, houve diferença significativa entre ambos, o de maior média foi para ribeirão (inicial e final) com $5,08 \text{ mg L}^{-1}$, contra $3,88 \text{ mg L}^{-1}$ do tanque (inicial e final), teste de Tukey ($P < 0,01$). O resultado demonstra que possivelmente o S possa estar precipitando no tanque de decantação, ou mais provavelmente que esteja sendo acumulado no filtro de areia. Observando-se a Figura 12, pode-se constatar que há uma aparente deposição maior aos canteiros comparada à coleta no tanque.

Tal este fato pode ser explicado pelo defeito constatado ao final do experimento na válvula reguladora de pressão, a qual, em dias de alteração na pressão houve uma remoção deste elemento retido, lembra-se que o tanque pode incidir pressão gravitacional ao sistema de irrigação devido sua localização.

Para o enxofre os resultados não podem ser equiparados aos obtidos por Conte (1992) aos métodos analíticos para obtenção dos teores de enxofre não serem equivalentes, Conte analisou SO_4^{2-} .

6.6 Sódio (Na)

Um fato muito importante ocorreu com o sódio. Ao observar-se as Figuras 13 e 14, nota-se uma discrepância na quantidade desse elemento coletado para a amostragem de nº 10 no ribeirão, e de nº 11 no tanque. E observando-se com maior atenção, nota-se que nas amostragens que antecedem à estas, obteve-se uma aparente constância entre inicial e final de ribeirão e tanque respectivamente. Ao observar a Figura 14, nota-se a

deposição maior que a coleta de nº 10, e ainda na mesma Figura percebe-se que a média de coleta no tanque, a partir desta data, aumentou e a média de coleta do ribeirão não. Isto ocorreu devido ao fato que no dia da coleta de nº 10 (Quadro 1), houve uma alta descarga deste elemento no ribeirão e neste mesmo dia foi completado o tanque de decantação com esta elevada carga de Na, a qual interferiu na composição do tanque até o final do experimento.

Este resultado demonstra a necessidade de amostragem da água armazenada nos tanques de decantação, portanto, este requisito não se torna viável quando se trata de culturas de ciclo curto devido ao tempo de entrega dos resultados pelos laboratórios, entre outros inconvenientes como distância até o laboratório mais próximo etc. Outra alternativa para minimizar esta sensibilidade que o tanque apresenta, seria a importância de se pesquisar o comportamento dos nutrientes em diferentes horários e dias da semana, pois o horário em questão combina com a possível descarga dos resíduos da lavagem de roupas acumuladas do final de semana ou industriais, elevando assim, o teor de Na da água amostrada.

Contudo, a média geral de Na encontrada por Conte (1992), assemelha-se às médias do experimento em discussão, porém, o mesmo fato de alta carga de Na para uma segunda-feira não foi observado.

Observa-se no Quadro 9 que com esta sobrecarga do elemento elevou significativamente as médias de inicial e final para o ribeirão, diferenciando-as significativamente das respectivas médias para o tanque. Mesmo considerando a contaminação, as medias do tanque foram inferiores, sendo a diferença que foi depositado a mais que o coletado comparando-se ao ribeirão. Demonstra-se assim também, a necessidade

de se conhecer o comportamento diário da água residuária utilizada como fonte de nutrientes, através de novas pesquisas.

No que diz respeito à contaminações com sua deposição sucessiva Paganini (1997) adverte que a significativa predominância dos íons de sódio pode promover a dissolução das partículas de argila, provocando a diminuição da permeabilidade deste solo, vindo a causar também a redução da aeração do mesmo e a inibição do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, com a conseqüente perda da produtividade.

Quadro 9. Valores médios de Sódio em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas	Ribeirão	Tanque
Inicial	33,73 b A	25,31 a A
Final	32,73 b A	27,04 a B

CV (%) 11,6

DMS 1,39

Valores na horizontal letras minúsculas iguais, não diferem entre si (ribeirão e tanque). ($P > 0,05$) Tukey.

Valores na vertical letras maiúsculas iguais, não diferem entre si (inicial e final). ($P > 0,05$) Tukey.

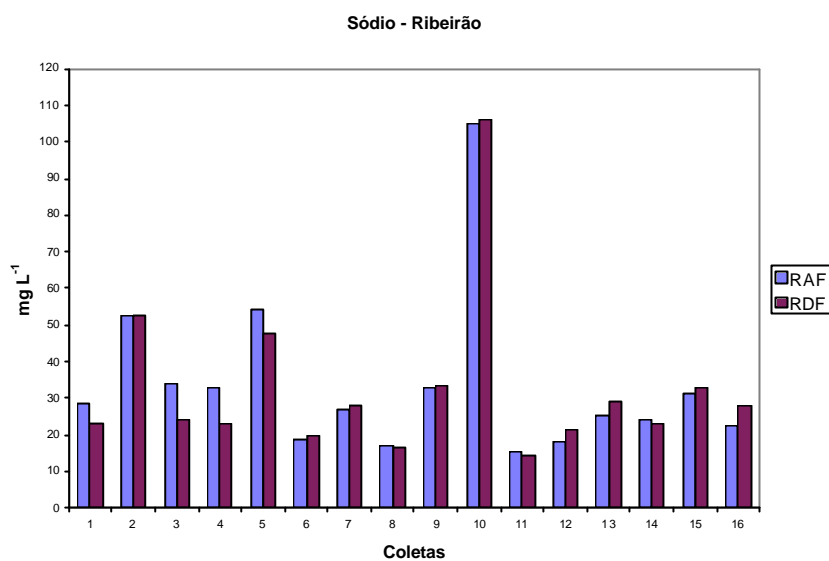


Figura 13. Valores médios de Sódio em mg L⁻¹, inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés

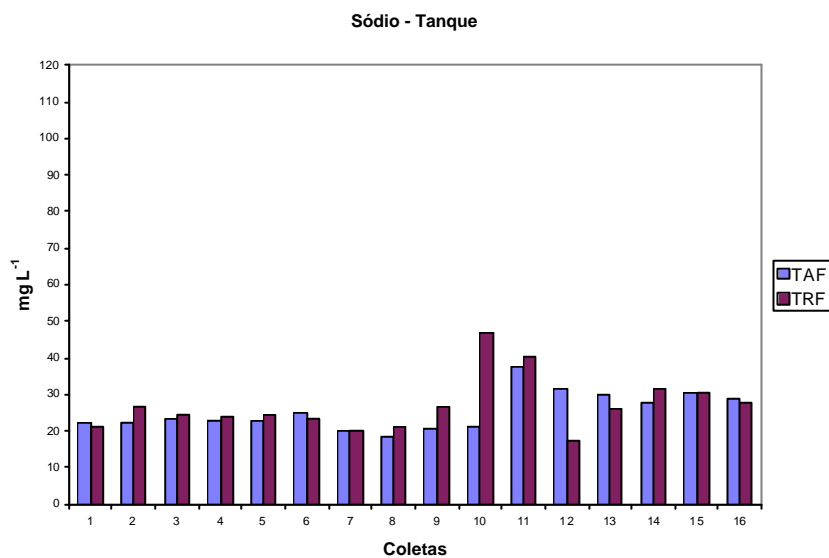


Figura 14. Valores médios de Sódio em mg L⁻¹, inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

6.7 Cobre (Cu)

Com o cobre notou-se fato semelhante ao sódio, no entanto, ao se observar as Figuras 15 e 16 e o Quadro 1, nota-se diferenças nas datas da ocorrência, sendo que, a média de teores de Cu no tanque de decantação se manteve, pois nesta data não houve complementação da água do ribeirão para o tanque, reafirmando assim a sensibilidade do tanque em contaminar uma lavoura ao ser reabastecido com água residuária proveniente de cargas excessivas de elementos químicos.

Os valores médios obtidos do nutriente cobre estão expostos no Quadro 10, onde demonstra-se que houve diferença significativa entre todos os tratamentos, ribeirão com tanque, inicial com final e ribeirão e tanque (inicial e final). Ocorrência esta, devido apenas em um dia a amostragem de nº 9 ser altamente superior a média das outras coletas do ribeirão (Figura 15). A contaminação da amostragem final do tanque (TRF) na coleta de nº 9, ocorreu devido a irrigação dos canteiros com água oriunda do tanque ser realizada logo após a irrigação dos canteiros com a água proveniente ribeirão (RAF) e sendo o filtro de areia o mesmo para ambos tratamentos, houve a contaminação no tanque final apenas (Figura 16). Assim, com uma amostra de carga excessiva do elemento Cu ocorreu a alteração nas médias dos tratamentos. Confirmando também a necessidade de novas pesquisas para se conhecer comportamento diário da água residuária sem tratamento utilizada como fonte de nutrientes para a agricultura.

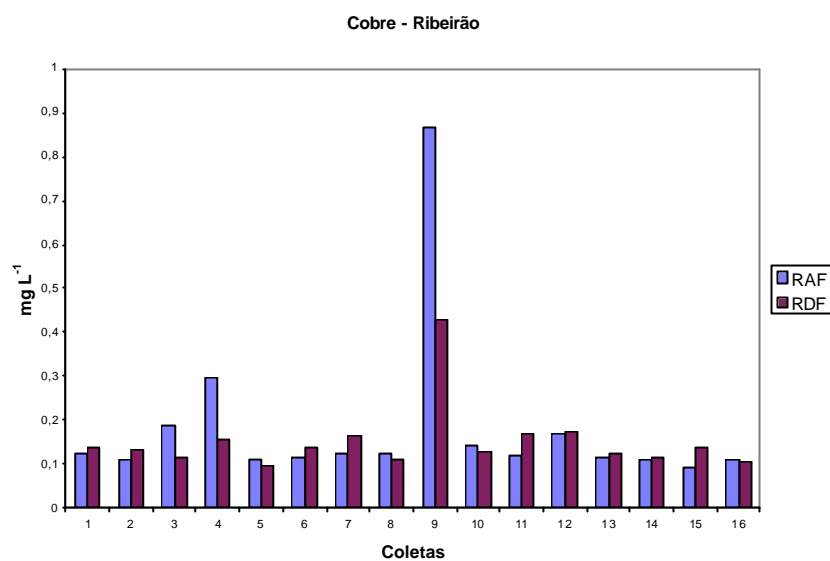


Figura 15. Valores médios de Cobre em mg L⁻¹, inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés

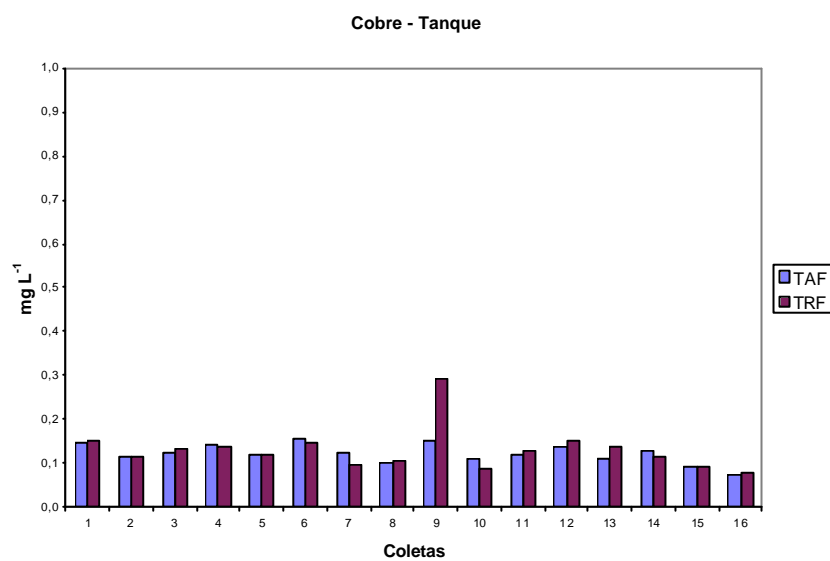


Figura 16. Valores médios de Cobre em mg L⁻¹, inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

Quadro 10. Valores médios de Cobre em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas	Ribeirão	Tanque
Inicial	0,18 b B	0,12 a A
Final	0,15 b A	0,13 a B

CV (%) 12,3 DMS 0,007

Valores na horizontal letras minúsculas iguais, não diferem entre si (ribeirão e tanque). ($P > 0,05$) Tukey.

Valores na vertical letras maiúsculas iguais, não diferem entre si (inicial e final). ($P > 0,05$) Tukey.

A média obtida por Conte (1992) de $0,06 \text{ mg L}^{-1}$, foi inferior à média obtida de $0,18 \text{ mg L}^{-1}$ no ribeirão para o atual experimento.

6.8 Ferro (Fe) e Manganês (Mn)

Ocorreu alteração significativa no comportamento do elemento Fe ao ser disponibilizado ao canteiro referente ao tanque na amostragem de nº 13 (Figura 18) e, na deposição efetuada ao canteiro referente ao ribeirão observado na coleta de nº 15 (Figura 17). Este fato de serem depositados nos canteiros quantidades maiores do que as coletadas coincidiram com as datas de reabastecimento do tanque de decantação (Quadro 1).

O ferro na maioria das vezes está associado ao manganês e confere à água um sabor amargo adstringente bem como coloração amarelada e turva. Os sais ferrosos são bastante solúveis em água. São facilmente oxidados, formando os hidróxidos férricos que tendem a flocular e a decantar (Macêdo, 2001).

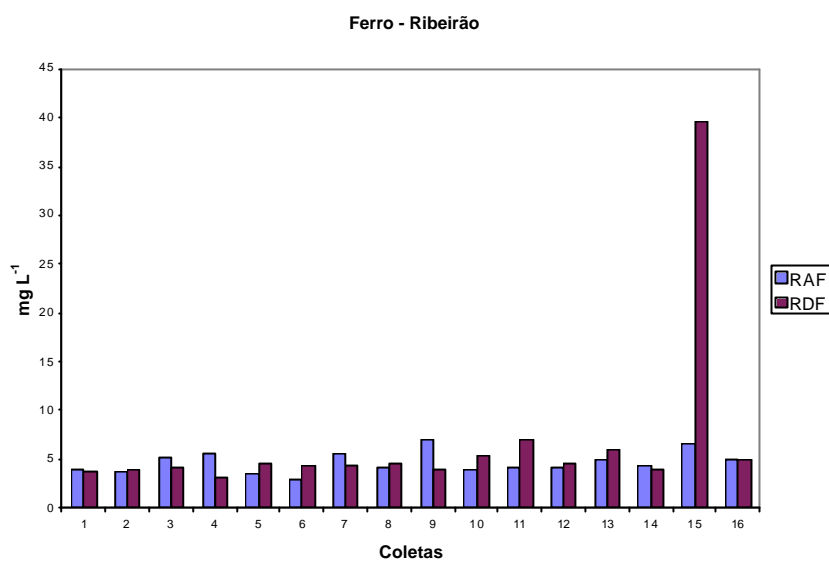


Figura 17. Valores médios de Ferro em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés.

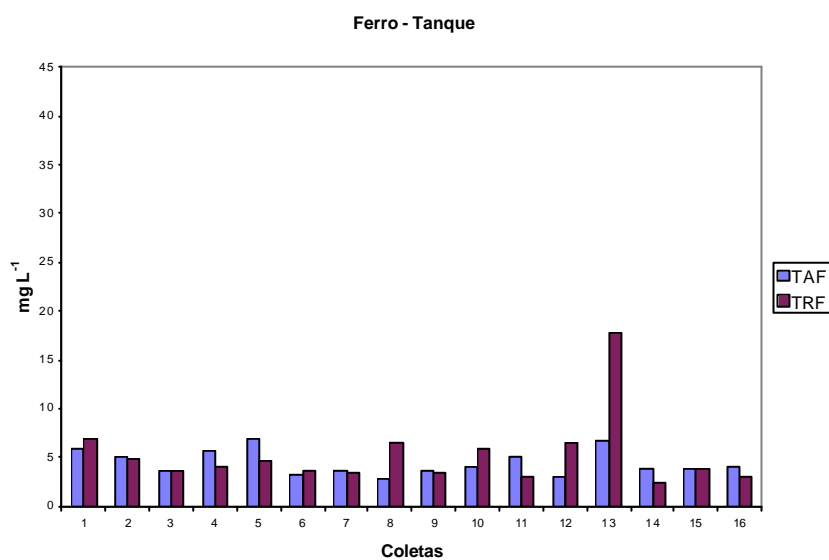


Figura 18. Valores médios de Ferro em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

Contudo, estes resultados reforçam a hipótese do defeito no regulador de pressão, pois, estando cheio, o tanque exerce maior pressão para a condução de água ao sistema. A ocorrência de acúmulo de Fe no filtro de areia seria uma explicação para o excedente depositado no canteiro referente à água do ribeirão, uma alteração muito significativa na pressão da bomba, fato não observado visualmente, ou uma possível ligação com o manganês pela redução do Fe e Mn desenvolverem-se de forma similar. O fato curioso é que não há ligação entre os dias em que o tanque TRF (coleta nº 13) e o ribeirão RDF (coleta nº 15), para que haja uma discussão certa.

Sobretudo, a comparação estatística dos tratamentos no Quadro 11, demonstra que não houve diferença significativa (teste de Tukey $P > 0,05$) no tanque entre inicial e final, e entre tanque e ribeirão (inicial), havendo, no entanto, $P < 0,01$ para o ribeirão entre inicial e final.

Quadro 11. Valores médios de Ferro em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas	Ribeirão	Tanque
Inicial	4,66 a A	4,45 a A
Final	6,76 b B	5,24 a A

CV (%) 20,2 DMS 0,43

Valores na horizontal letras minúsculas iguais, não diferem entre si (ribeirão e tanque). ($P > 0,05$) Tukey.

Valores na vertical letras maiúsculas iguais, não diferem entre si (inicial e final). ($P > 0,05$) Tukey.

Para o manganês, a análise estatística (Quadro 12) demonstra que não houve diferença significativa (teste de Tukey $P > 0,05$) para ribeirão (inicial e final), mas houve entre ribeirão e tanque (inicial) e (final), e para tanque (inicial e final). Uma observação se deve ao fato do Mn ter o mesmo comportamento que o ferro na coleta 15, como demonstram as Figuras 11 e 12, o que diferenciou foi que na coleta 9 (Figura 20) verificou-se

um teor mais elevado do nutriente. Pode-se observar, também, que o tanque apresentou maior índice em média de coleta que de deposição no canteiro.

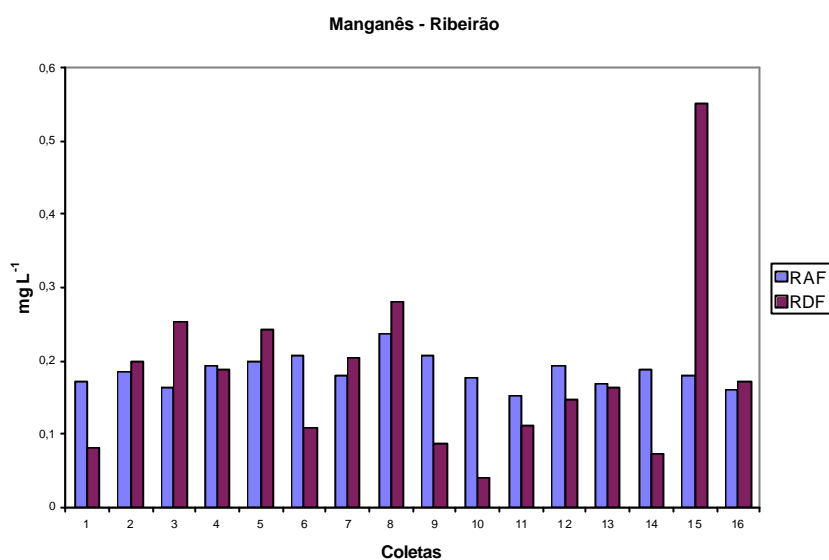


Figura 19. Valores médios de Manganês em mg L⁻¹, inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés.

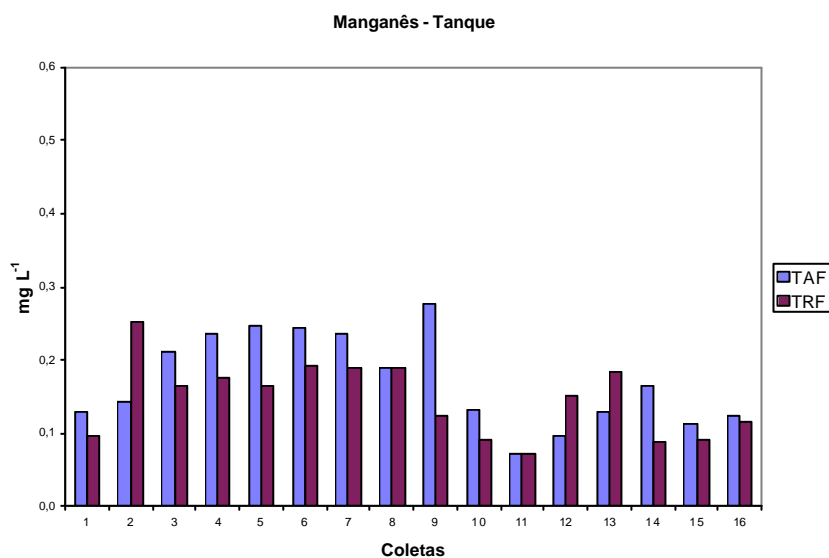


Figura 20. Valores médios de Manganês em mg L⁻¹, inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

Quadro 12. Valores médios de Manganês em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados.

Coletas	Ribeirão	Tanque
Inicial	0,19 b A	0,17 a B
Final	0,18 b A	0,14 a A

CV (%) 16,3 DMS 0,11

Valores na horizontal letras minúsculas iguais, não diferem entre si (ribeirão e tanque). ($P > 0,05$) Tukey.Valores na vertical letras maiúsculas iguais, não diferem entre si (inicial e final). ($P > 0,05$) Tukey.

Valores muito semelhantes encontrados por Conte (1992) para o manganês, porém, para o ferro esta afirmativa não procede, sendo de $4,66 \text{ mg L}^{-1}$ neste experimento Quadro 12, contra $0,84 \text{ mg L}^{-1}$ em 1990.

6.9 Zinco (Zn)

O zinco é um metal essencial ao metabolismo dos homens, animais e plantas, por participar em, pelo menos, 70 conhecidas metaloenzimas. Uma alta proporção deste elemento se encontra em formas trocáveis na argila e na matéria orgânica, pode ser adsorvido nas formas de Zn^{+2} , ZnOH^+ e ZnCl^+ , estima-se que 30 a 60% do zinco adsorvido esteja preso ao Fe_2O_3 hidratado e 20 a 45% à argila propriamente dita (Malavolta, 1980 e Paganini, 1997).

Os sais de zinco apresentam toxicidade muito baixa. Acima de 5 mg L^{-1} pode levar a alteração do sabor da água (Macêdo, 2001).

Como se demonstra através do Quadro 13, para o zinco as amostragens de ribeirão e tanque (inicial) não apresentaram diferença significativa, o que indica que, em média, ambos coletaram a mesma quantidade desse nutriente e para os parâmetros ribeirão e

tanque (inicial e final) e ribeirão e tanque (final) houve diferença significativa, podendo assim se inferir que possivelmente, a diferença de pressão incidiu nestes resultados, pois, o ribeirão coletou mais e depositou menos, e o tanque em média coletou semelhante ao ribeirão e depositou mais. O comportamento do Zn ao longo das 16 coletas está disposto nas Figuras 21 e 22.

Ao longo do tempo, a freqüente aplicação por este nutriente pode causar dúvidas com respeito ao seu acúmulo no solo, Amaral Sorinho et al. (1997) relataram que a redução da solubilidade do Zn em função do tempo tem sido observada em solos tratados com lodo de esgoto e composto de resíduo urbano. Berton (2000) ressalta que este nutriente integra o grupo de metais onde o Cu e o Mn também estão inclusos, neste grupo compreende elementos os quais a planta não consegue fazer uma proteção contra as suas entradas na cadeia alimentar. Enfim tudo significa, que devem haver monitoramentos em solos utilizados para cultivos irrigados com resíduos, para que possam esclarecer dúvidas no que diz respeito a qualquer tipo de acúmulo de metais pesados.

Quadro 13. Valores médios de Zinco em (mg L^{-1}) na água dos tratamentos avaliados

Coletas	Ribeirão	Tanque
Inicial	0,16 a B	0,16 a A
Final	0,14 a A	0,17 b B

CV (%) 11,8

DMS 0,008

Valores na horizontal letras minúsculas iguais, não diferem entre si (ribeirão e tanque). ($P > 0,05$) Tukey.

Valores na vertical letras maiúsculas iguais, não diferem entre si (inicial e final). ($P > 0,05$) Tukey.

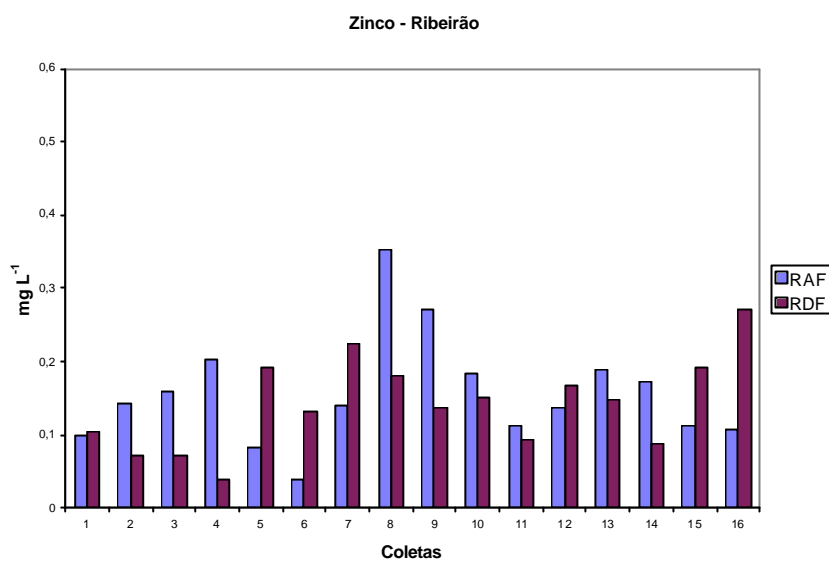


Figura 21. Valores médios de Zinco em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapés

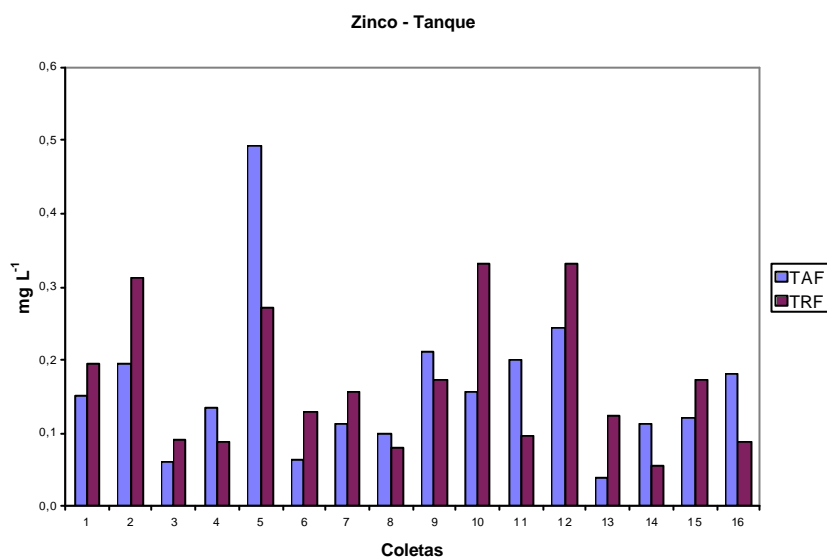


Figura 22. Valores médios de Zinco em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

Valor médio de $0,16 \text{ mg L}^{-1}$ para Zn encontrado no atual experimento Quadro 13, foi maior que, $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ em média de amostragem quinzenal encontrado por Conte (1992).

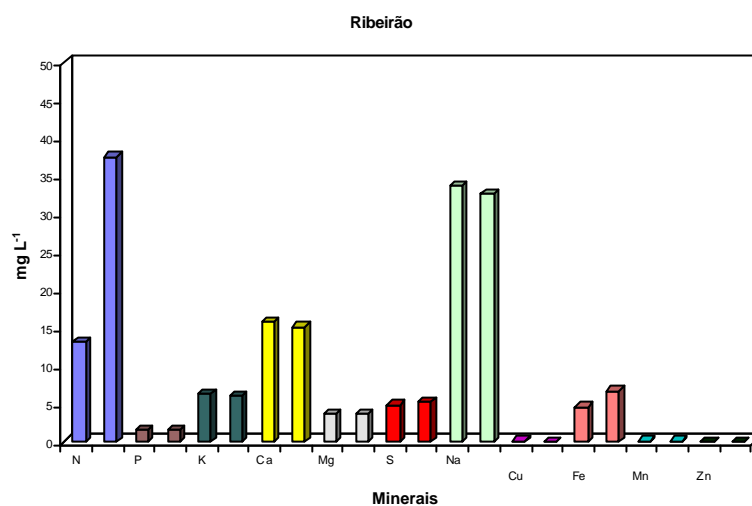


Figura 23. Media geral para cada nutriente em mg L^{-1} , inicial (RAF) e final da linha de gotejadores (RDF), ao longo das 16 coletas de água do ribeirão Lavapes

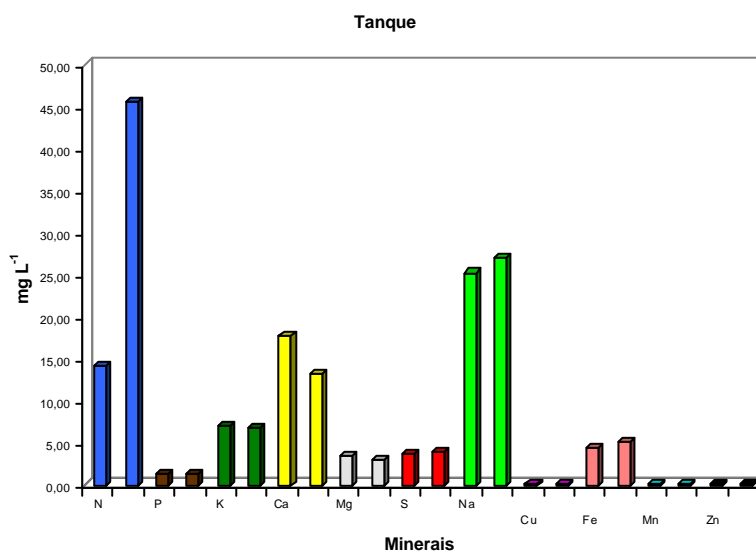


Figura 24. Media geral para cada nutriente em mg L^{-1} , inicial (TAF) e final da linha de gotejadores (TRF), ao longo das 16 coletas de água do tanque de decantação.

Valores médios das concentrações de cada nutriente estimados para quantidades colocadas à disposição da planta para este ciclo, em função do volume de água utilizada no processo de irrigação estão dispostos no Quadro 14.

Quadro 14. Valores estimados depositados ao solo em mg L^{-1} planta⁻¹, de cada nutriente.

	N¹	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Rib.	1.072,44	44,26	183,89	433,73	105,08	132,77	934,55	4,29	193,02	5,14	4,00
Tnq.	1.299,75	44,26	183,89	380,90	85,37	132,77	772,08	3,71	149,62	4,00	4,85

$\text{N}^1\text{-mineral} = (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-)$.

Os resultados descritos no Quadro 14 permitem estimar a quantidade de nutrientes disponíveis para cada planta quando irrigadas com águas residuárias provenientes de efluentes urbanos sem tratamento, apenas passando pelo sistema de filtragem composta por um filtro de areia e dois filtros de tela. Assim, podem ser equiparados com os índices foliares encontrados por Garcia et al. (2000), apresentados na Tabela 1, lembrando que os valores aqui mencionados foram disponibilizados em mg L^{-1} planta⁻¹ e, os índices foliares foram obtidos em mg planta^{-1} .

Os pesos médios obtidos no período de 21 de setembro a 05 de novembro para a alface americana cv. Tainá foram de 547,24g para tratamentos provenientes do tanque e 546,76g do ribeirão, e para que se possa avaliar o quanto foi significativo a contribuição dos nutrientes analisados, no Quadro 15 estão expressos os valores estimados através das médias obtidas para cada nutriente em Kg ha^{-1} para este ciclo produtivo, destaque para os elementos sódio e ferro, onde, altas dosagens podem ser consideradas preocupantes.

Quadro 15. Valores estimados depositados ao solo em Kg ha^{-1} ciclo⁻¹, de cada nutriente.

	N¹	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Rib.	59,53	2,46	10,23	24,11	5,84	7,38	51,96	0,24	10,73	0,29	0,22
Tnq.	72,27	2,46	10,23	21,18	4,75	7,38	42,93	0,21	8,32	0,22	0,27

$\text{N}^1\text{-mineral} = (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-)$.

7 CONSIDERAÇÕES

O reuso de água residuária para a agricultura utilizando-se a irrigação localizada por gotejamento em subsuperfície, pode ser considerado como positiva ao quesito fertilização do solo, favorecendo a economia, ao custo de produção e produtividade. Sobretudo, este processo merece a atenção de pesquisadores das mais variadas áreas da: engenharia, como a agrícola, agrônômica, sanitária, química, ciências biológicas, sociais e medicina, entre outras.

A contribuição deste modelo de pesquisa pode ser considerada significativa para vários aspectos da cadeia produtiva, pois, a ciclagem de nutrientes no ambiente, enriquecimento da vida biológica ao solo, direcionamento aos resíduos sólidos urbanos, melhoria na qualidade das bacias hidrográficas, são alguns dos aspectos positivos a serem considerados.

A alta tecnologia em aparelhos de última geração permite que dúvidas com respeito a contaminações das culturas e do solo possam ser superadas.

Experimento como este em questão, permitiu observar que alternativas que aparentemente possam ser negativas transformam-se em positivas, no caso o filtro de areia para o quesito transformação de N-orgânico à N-mineral, processo este mais lento quando efetuado no solo e, principalmente, a importância da irrigação localizada por gotejamento unida ao reuso de águas residuárias. No entanto, não se pode também deixar de observar que a aplicação contínua do elemento nitrato pode acarretar seu caminhamento por lixiviação à camadas inferiores do solo.

A hipótese de utilização de filtros biológicos adaptados ao sistema de irrigação deve ser considerada.

Para o tanque de decantação, o fato de ser reservatório de água, ocorre a necessidade de ser reabastecido em determinado momento. Isto o deixa vulnerável às condições em que a água residuária se encontra, o risco de uma alta carga de determinado nutriente estar concentrado naquele horário e ocasião escolhidos pelo operador é significativo, como foi o caso confirmado pelo do sódio neste experimento.

Trabalhos mais aprofundados considerando os horários de risco em aplicação desta água ao solo devem ser sugeridos.

Todas tubulações que permanecerem cheias de água com resíduos também estão sujeitas a reações biológicas de microrganismos e esta quantificação, com relação ao tempo de uso do sistema, seria muito importante analisar.

Contudo, este experimento buscou servir como abertura a idéias e enriquecer de observações para os mais variados estudos que envolvam o reuso de água residuária sem tratamento na agricultura.

8 CONCLUSÕES

- A água residuária do ribeirão Lavapés contribuiu significativamente com a fertilização para a cultura da alface americana.
- A necessidade de estudos mais aprofundados para comportamento do sistema de filtragem, bem como para a tubulação, utilizando-se de água residuária foi confirmada neste experimento.
- Para N e Zn, o tanque foi superior ao ribeirão em deposição de nutrientes aos canteiros, para P, K e S não houve diferença significativa, porém, para Ca, Mg, Na, Cu, Fe e Mn foi inferior.
- Cuidados devem ser observados à utilização do tanque de decantação como fonte de nutrientes, pois, ao completar o nível do mesmo, o operador fica sujeito a uma elevada carga de determinado nutriente.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. *Métodos simplificados de análise de fertilizantes minerais*. Ministério da Agricultura, 1982. 49p. (Folheto).

ALVARENGA, M.A.R. *Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (Lactuca sativa L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar*. Lavras, 1999. 117p. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B., VLLOSO, A.C.X., NOVAIS, R.F. Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico. *Rev. Bras. de Ciênc. Solo*, v.21, n.1, p.9-16, 1997.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 18. ed. New York; APHA/AWWA/PCL. 1992. "pag. irreg."

BARNARD, N. Verdura é indicada contra osteoporose. *Circuito Agríc.*, v. 8, n.67, p.18, 2000.

BASTOS, E.A. *Determinação dos coeficientes de cultura de alface (Lactuca Sativa L.)* Botucatu, 1994. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

BASTOS, R.K.X. Fertirrigação com águas residuárias. In: FOLEGATTI, M.V. *Fertilização: citrus, flores, hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.279 - 90.

BERTON, R.S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETIOLL, W., CAMARGO, O.A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 259-68.

BONNECARRÈRE, A.G., SCHMIDT, D., CASAROLI, D., SANTOS, O.S. Desempenho de cultivares de alface em hidroponia, no outono. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 13, supl., p. 289-91, 2000.

BREDA, C.C. *Ensaio de tratamento de efluentes de indústria de chapa dura de fibra de madeira*. Botucatu, 1999. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

BUENO, C.R. *Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido*. Lavras, 1998. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras.

CAMPOS, S. *Diagnóstico físico conservacionista da Bacia do Ribeirão Lavapés - Botucatu*. Botucatu, 1997. 140p. Dissertação (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CAVARIANNI, R.L., CAZETTA, J.O., MAY, A., BARBOSA, J.C., CECÍLHO FILHO, A.B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivadas na primavera, em função do ambiente de cultivo. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 13, supl., p. 324-5, 2000.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIARIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. *Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan*. resumen ejecutivo. Lima, 1991.

COMISSÃO NACIONAL DEL ÁGUA. *Propuesta para la creación del Centro de Estudios sobre Uso de Águas Residuales en el Valle de Mesquital*. México: Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Gerencia Regional de agua del Valle de México, 1995.

- COSTA, C.A., CASALI, V.W.D., CECON, P.R., LOURES, E.G., JORDÃO, C.P.
Crescimento e teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa* L.) adubada com composto orgânico de lixo urbano. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 12, n. 1, p. 77, 1994.
- CONTE, M.L. *Espécies químicas dissolvidas no Ribeirão Lavapés, Botucatu - SP*. Botucatu, 1992. 128p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- DALRI, A.B. *Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Botucatu, 2001. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- DELMANTO JÚNIOR, O. *Irrigação por gotejamento superficial e subterrâneo na produção de pepino (Cucumis sativus L) conduzido em ambiente protegido*. . Botucatu, 1999. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- DONATO, H. *Achegas para a história de Botucatu*. 3ed. Botucatu: Banco Sudameris Brasil, Prefeitura Municipal de Botucatu, 1985. 367p.

FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: BETIOLL, W., CAMARGO, O.A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 45-67.

FONSECA, S.P.P., SOARES, A.A., MATOS, A.T., PEREIRA, O.G. Avaliação do valor nutritivo e contaminação fecal do capim Coastcross cultivado nas faixas de tratamento de esgoto doméstico pelo método do escoamento superficial. *Eng. Agríc.*, v.21, p. 293-301, 2001.

FRANCO, A. Tecnologias que aumentam a produção. *Panorama Rur.*, v.1, n.10, p. 40-5, 1999.

FURLANI, A.M.C., FURLANI, P.R., BATAGLIA, O.C., HIROCE, R., GALLO, J.R. Composição Mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*, v.37, n 5, p. 33-44, 1978.

GARCIA, N.C.P., PEDROSA, M.W., SEDIYAMA, M.A.N., LIMA, P.C. Absorção de nutrientes por diferentes cultivares de alface em cultivo hidropônico no período de verão. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 13, supl., p. 246-7, 2000.

GERVÁSIO, E.S., CARVALHO J.A. SANTANA, M.J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. *Rev. Bras. de Eng. Agríc. Ambiental*, v.4, n.1, p.125-8, 2000.

GOMES, E.P. *Produtividade de alface (Lactuca sativa L.) sob diferentes lâminas de água aplicadas por meio de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial*. Botucatu, 2001. 70p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

GUTIERREZ, A.S.D. A Contribuição de água pelo agricultor. *Frutas e Legumes*, v.I, n.4, p.20-1, 2000.

KLAR, A.E. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.

LEÓN SUEMATSU, G., MOSCOSO, J. Tratamento e uso de águas residuárias. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 110p.

LEOPOLDO, P.R. Aspectos hidrológicos da região de Botucatu. In: ENCONTRO SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1, 1989, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: Núcleo de Extensão de Serviços à Comunidade, 1989. p. 57-70.

MACÊDO, J.A.B. *Águas & águas*. São Paulo: Varela, 2001. 505p.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Editora Agronômica Ceres, São Paulo - SP, 1980. 254p.

- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MALUF, W.R. *Produção de sementes de alface (Lactuca Sativa L.): Produção de sementes de hortaliças*. Lavras. Universidade Federal de Lavras, 1994. 118p. (Apostila).
- MATTIAZZO, M.E., ANDRADE, C.A. Aplicabilidade do biossólido em plantações florestais: IV Lixiviação de N-inorgânico e toxicidade de metais pesados. In: BETIOLL, W., CAMARGO, O.A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 203-8.
- MELO, W.J., MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETIOLL, W., CAMARGO, O.A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 109-41.
- MOURA, M.V.T. *Simulação da distribuição espacial da água em irrigação localizada subsuperficial*. Botucatu, 1998. 94p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- NAGAI, H. Alface *Lactuca sativa* L. In: FAHL, J.I., CAMARGO, M. B. P., PIZZINATTO, M.A., BETTI, J.A., MELO, A.M.T., DEMARIA, I.C., FURLANI, A.M.C. *Boletim 200: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas* 6 ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1998. 173-4.

OLIVEIRA, F.C. *Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto*. Piracicaba, 1995. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, S. *Gerenciamento e caracterização física dos resíduos sólidos urbanos de Botucatu-SP*. Botucatu, 1997. 127p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista.

PAGANINI, W.S. *Disposição de esgotos no solo: (escoamento à superfície)*. São Paulo: Fundo Editorial da Associação dos Engenheiros da SABESP, 1997. 232p.

PEREIRA, C.Z., RODRIGUES, D.S., GOTO, R. Comportamento da alface tipo americana no verão, com diferentes tipos de cobertura de solo. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 13, supl., p. 491-2, 2000.

PILAU, F.G., SCHMIDT, D., NOGUEIRA, H., SANTOS, O.S. Desempenho de cultivares de alface em hidroponia, na primavera. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 13, supl., p. 284-6, 2000.

PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. São Paulo: Nobel, 1970. 430p.

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B., CORRÊA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes. Viçosa: Núcleo de Estudo de Planejamento e Uso da Terra, 1995. 304p.

ROCHA, R.C.C., BEZERRA NETO, F., NEGREIROS, M.Z., LEITÃO, M.M.V.B.R. Tipos e alturas de telas de sombreamento na produção de alface sob temperatura e luminosidade elevadas. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 13, supl., p. 500-1, 2000.

SANTOS, I.C., CASALI, V.W.D., MIRANDA, V.G. Produção, absorção de metais pesados, Potássio e Sódio em cultivares de alface adubados com composto orgânico de lixo urbano. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 13, n. 1., p. 111, 1995.

SIMÃO, S. Irrigação da alface. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Univ. São Paulo, v.13, p. 121-8, 1956.

SIMÕES, L.B. *Avaliação das áreas de preservação permanente da Bacia do Ribeirão Lavapés, Botucatu, SP, através de sistema de informações geográficas (sig-idrisi)*. Botucatu, 1996. 145p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

SIQUEIRA, J.O., FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo (fundamentos e perspectivas). Brasília: MEC Ministério da Educação, ABEAS, Lavras: ESAL, FAEPE, 1988. 236p.

SOUZA, C.F. *Desempenho do regime de vazão continuamente reduzida em irrigação por sulcos*. Botucatu, 1997. 50p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

VERDIAL, M.F., LIMA, M.S., MOGOR, A.F., GOTO, R. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes coberturas de solo. *Rev. Soc. Olericult. Brasil*, v. 13, supl., p. 486-8, 2000.

YURI, J.E. *Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em dois locais do sul de Minas Gerais*. Lavras, 2000. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras.

APÊNDICE 1.

http://www.casan.com.br/saude_ete_lagoa.htm

Lagoas de Estabilização

Processo simples e natural para tratar esgotos domésticos sendo o seu principal objetivo o de remover matéria orgânica.

São indicadas para as condições brasileiras devido ao clima favorável, suficiente disponibilidades de área, à operação simples e à utilização de poucos equipamentos.

As lagoas de estabilização podem ser classificadas em três tipos: lagoas anaeróbias, lagoas facultativas e lagoas de maturação.

Lagoas anaeróbias: São lagoas com profundidades da ordem de 3 a 5 metros, cujo objetivo é minimizar a presença de oxigênio para que a estabilização da matéria orgânica ocorra estritamente em condições anaeróbias.

A eficiência nesse tipo de sistema poderá atingir até 60% na remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) dependendo da temperatura.

Lagoas facultativas: São lagoas com profundidade de 1,5 a 3 metros. Neste tipo de lagoa ocorrem 2 processos distintos: aeróbios e anaeróbios. Na região superficial ocorre o processo fotossintético realizados pelas algas onde há liberação de oxigênio no meio, favorecendo o processo aeróbio e, no fundo quando a matéria orgânica tende a sedimentar ocorrem os processos anaeróbios.

Lagoas de maturação: São lagoas com profundidades de 0,8 a 1,5 m e sua principal função é remover patogênicos devido a boa penetração de radiação solar, elevado pH e elevada concentração de oxigênio dissolvido.

APÊNDICE 2.

www.ocaminhodaagua.hpg.ig.com.br.url

Métodos Gerais de Tratamento de Água

Decantação

Na decantação se verifica a deposição de matéria em suspensão, pela ação da gravidade. Este processo consiste em tornar as águas que carregam materiais em suspensão, mais lenta, provocando a decantação.

Isso ocorre no decantador que é geralmente um tanque retangular com pontos de descarga. Em uma E.T.A. convencional os decantadores são horizontais simples que tem boa profundidade e volume, onde se retém a água por longo tempo, o necessário para a deposição dos flocos. Em algumas cidades podem-se observar decantadores verticais que tem um menor tempo de retenção da água, porem são necessários equipamentos como módulos tubulares que dificultam a saída dos flocos.

O decantador pode ser dividido em quatro zonas:

- **Zona de turbilhonamento:**

É a zona situada na entrada da água, observa-se nesta zona uma certa agitação onde a localização das partículas é variável.

- **Zona de decantação;**

Nesta zona não há agitação e as partículas avançam e descem lentamente.

- **Zona de ascensão:**

Os flocos que não alcançam a zona de repouso seguem o movimento da água e aumentam a velocidade.

- **Zona de repouso:**

É onde se acumula o lodo. Esta zona não sofre influencia da corrente de água do decantador em condições normais de operação.

O decantador deve ser lavado quando a camada de lodo tornar-se muito espessa, ou quando em processos descontínuos se iniciar a fermentação.

A decantação é o preparo para a filtração, quanto melhor for a decantação, melhor será a filtração. Para tanto a cor da água deve ser baixa entre 5 a 10 cm da superfície no máximo e o decantador deve remover 90%, pelo menos, da turbidez encontrada na água bruta.

APÊNDICE 3

<http://planeta.clix.pt/ptdiscus/nitrogeneo.htm>

O NITROGÊNIO

UM CICLO VITAL

A Amônia (NH_4^+), Nitrito (NO_2^-) e Nitrato (NO_3^-), não são mais do que o resultado da decomposição orgânica, e do metabolismo dos animais dentro de um aquário, que contem plantas e peixes. Estes compostos nitrogenados, em condições mais ou menos rápidas, vão acumular-se no aquário, estando quase sempre ligados á forma como alimentamos os peixes ou a quantidade de plantas mortas.

O Nitrogênio, elemento indispensável para os seres vivos, é componente essencial das proteínas, chegando ao aquário em forma de amônia sempre que há decomposição das mesmas.

O processo da digestão dos animais, capaz apenas de decompor as proteínas até á Amônia devolve este composto ao aquário através da excreção, que assim se junta ás folhas mortas e a restos de comida que os peixes não comem. A Amônia é então inevitável.

No meio natural, rios, lagos, oceano e até mesmo em charcos, tudo funciona de forma natural e equilibrada. A Amônia é utilizada pelas plantas e pelas algas, ou mesmo como fonte de energia para a produção de material protéico. Grande parte da Amônia é transformada em Nitrato, por bactérias específicas, que depois é absorvido pelas algas e plantas, que por sua vez ou são alimento para animais ou morrem. Assim sendo o ciclo volta ao inicio.

O equilíbrio de tal ciclo na natureza, só é possível porque a relação (quantitativa) animais água é de tal forma perfeita que as populações são quase sempre as adequadas. Quando tal não se verifica, as doenças ou a fome tratam de reduzir a níveis corretos as populações.

NO AQUÁRIO

Em principio, no aquário as etapas dão-se do mesmo modo, não sendo legíveis os resultados em aquários estabelecidos, mas são facilmente visíveis no inicio de vida do

aquário. No entanto, por menor que seja a população no aquário é sempre elevada em relação ao meio natural, logo se o filtro biológico estiver ativo a subida dos nitratos no meio é lenta, mas constante. As mudanças parciais de água são talvez a forma mais segura de contrariar tal fato.

No aquário, as plantas e as algas são insuficientes para consumir a totalidade da amônia produzida. É então que surgem as bactérias nitrificadoras que transformam a amônia em nitratos. Tais bactérias consomem oxigênio em quantidade considerável o que torna importante o arejamento. Mas este processo desenrola-se em duas fases distintas, embora os seus intervenientes se encontrem misturados no mesmo material de fixação, (esponja, bio-bols, cerâmica etc.).

AMÔNIA _____ » NITRATOS

a) Bactérias do tipo **NITROSOMAS AMÔNIA _____ » NITRITOS**

b) Bactérias do tipo **NITROBACTER NITRITOS _____ » NITRATOS**

Sabendo como são tóxicos os nitritos, quando a sua concentração é superior a 0,2 mg/L, compreende-se facilmente como é crítica esta situação. Mas o resultado da oxidação da amônia, ou seja, os nitratos, são relativamente inofensivos para os peixes, podendo estes suportar até 220 mg/L em ambiente bem arejado.

http://www.emeioambiente.com.br/ef_biologicos.htm

Filtro Biológico

No processo de filtração biológica, o despejo líquido é aspergido sobre pedras e escoado através do leito filtrante. O filtro biológico consiste de um leito filtrante de meio altamente permeável onde microrganismos são afixados, e através do qual o despejo líquido é percolado. O meio filtrante usualmente é constituído por pedras ou plásticos e a profundidade média dos filtros de pedra é de 2 metros e de 9 a 12m quando o meio é de plástico. O filtro biológico normalmente é circular, sendo o despejo líquido distribuído sobre a parte superior do leito por meio de braços rotativos. O efluente sai por uma camada de drenos, juntamente com sólidos biológicos. O material orgânico presente no despejo é degradado por uma população de microrganismos afixada no meio filtrante. A comunidade biológica no filtro consiste essencialmente de protistas - incluindo bactérias aeróbias, anaeróbias e facultativas, fungos, algas e protozoários - além de animais superiores como vermes, insetos, larvas e lesmas.

Segundo as taxas de cargas hidráulicas e orgânicas, os filtros biológicos classificam-se em:

- Filtros de baixa taxa: é um dispositivo relativamente simples de alta confiança, produzindo um efluente de qualidade consistente a partir de afluente de concentrações variáveis.
- Filtro de alta taxa: possui dispositivo de recirculação do afluente e permite a aplicação de altas taxas orgânicas.

A recirculação do efluente permite ao filtro de alta taxa conseguir a mesma eficiência de remoção do filtro de baixa taxa, embora opere com cargas hidráulicas bem maiores.