

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

ÉRIKA CAROLINA DOS SANTOS VIEIRA RIOS

**USO DE ÁGUAS AMARELAS COMO FONTE ALTERNATIVA
DE NUTRIENTE EM CULTIVO HIDROPÔNICO DA ALFACE
(*Lactuca sativa*)**

VITÓRIA
2008

ÉRIKA CAROLINA DOS SANTOS VIEIRA RIOS

**USO DE ÁGUAS AMARELAS COMO FONTE ALTERNATIVA
DE NUTRIENTE EM CULTIVO HIDROPÔNICO DA ALFACE
(*Lactuca sativa*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves.

VITÓRIA

2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Axxxp Rios, Erika Carolina dos Santos Vieira, 1977 -
Modelo para dissertação ou tese / Nome do Autor. – ANO.
PEGAR FICHA CATALOGRÁFICA NA BIBLIOTECA UFES
TELEFONE – 3335-2403 ou 3335-2403
Xx f. : il.

Orientador: Ricardo Franci Gonçalves.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito
Santo, Centro Tecnológico.

1. Palavra chave 1. 2. Palavra chave 2. 3. Palavra chave 3 (de
acordo com a biblioteca). I. Gonçalves, Ricardo Franci. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III.
Título.

CDU: xxx.x

Érika Carolina dos Santos Vieira Rios

**USO DE ÁGUAS AMARELAS COMO FONTE ALTERNATIVA
DE NUTRIENTE EM CULTIVO HIDROPÔNICO DA ALFACE
(Lactuca sativa)**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisição parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em 29 de fevereiro de 2008

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves
Orientador - UFES

Prof. Dr. Aureliano Nogueira da Costa
Co -Orientador - INCAPER

Prof. Dr. Sérvio Túlio Alves Cassini
Examinador Interno - UFES

Prof. Dr^a. Paula Loureiro Paulo
Examinador Externo – UFMS

*Aos meus pais Cláudio e Leila,
aos meus irmãos Cláudia, Junior,
Flávia e André, ao meu marido e
aos meus filhos Arthur e Helena.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar o discernimento para superar os momentos difíceis desta jornada e por também me proporcionar muitas alegrias.

A todos aqueles que colaboram com a sua urina, sem a qual a realização desta pesquisa seria impossível.

Aos meus pais Cláudio e Leila, por todo o amor, apoio, compreensão, ajuda nas horas mais difíceis e ensinamentos diários.

A minha irmã Claudia Livia, pela ajuda imprescindível nas horas difíceis na coleta da urina para a estocagem.

Aos meus irmãos Cláudio Junior, André Luiz e Flávia Guido pelo apoio.

Aos meus filhos Arthur e Helena, por ser a minha fonte de energia diária.

Ao meu marido Marlon, pela paciência, pelo carinho e pela compreensão nas constantes ausências e por acreditar na minha capacidade.

Ao professor Ricardo Franci Gonçalves pela oportunidade, pela orientação e por abrilhantar o meu currículo.

Ao professor Aureliano N. Costa pelas orientações preciosas.

Aos professores Sérgio Túlio A. Cassini e Paula Loureiro Paulo, pela disponibilidade em avaliar este trabalho.

Ao Casal de amigos Sirley e Antonio Carlos pela amizade e torcida diária.

A minha amiga Renata Itavo pela amizade, apoio e crescimento diário no Labsan.

Ao meu braço direito, Lucas Thiago, pela dedicação e fidelidade a pesquisa.

Ao grupo de pesquisa de águas amarelas: Carolina Tonani, Edilene e Alessandro.

A Marjorye pelo exemplo de organização, determinação e amizade.

A Laila Vaz pela amizade, pela ajuda e ensinamento nas análises microbiológicas.

As meninas da ETE: CamilaVidal, Renata Spinassé, Mônica Pertel e Patrícia Basseto pelo apoio diário.

As meninas da ETE: e LABSAN: Juliana, Márcia, Fernanda, Paula, Catarina, Janine e Priscilla, pela torcida diária.

A Cristina por alegrar os dias na ETE.

A Marli pelo seu apoio e amizade;

Aos professores e amigos “da E.E.E.F.M.Des. Carlos Xavier Paes Barreto”, pela torcida diária.

A FAPES pelo apoio financeiro, disponibilizando uma bolsa;

A Incaper pelo apoio nas análises de nutrientes da folha;

Ao PROSAB pelo apoio financeiro.

*“Quando morremos, nada pode ser levado conosco,
com exceção das sementes lançadas por nosso
trabalho e do nosso conhecimento.”*

Dalai-Lama

RESUMO

Buscou-se na presente pesquisa avaliar o uso de Águas Amarelas como fonte alternativa de nutrientes em cultivo hidropônico da Alface (*Lactuca sativa*). Para a utilização das Águas Amarelas como fonte de nutriente agrícola, é necessário estocá-la por um período de 6 meses em temperatura ambiente (30°C), para que ocorra a estabilização físico-química e biológica. Foram realizados dois cultivos hidropônicos: por meio do sistema NFT (técnica do fluxo lamina de nutrientes). O sistema NFT foi realizado em dois períodos: primeiro no verão e o segundo no inverso. Os tratamentos utilizados para os dois sistemas foram: solução nutritiva convencional de Furlani (T1), solução com 5% de Urina Humana e 95% com água (T2), solução com 10% de Urina Humana e 90% com água (T3), solução com 15% de Urina Humana e 85% com água (T4), solução com 20% de Urina Humana e 80% com água (T5). No cultivo de inverso por meio do sistema NFT, os tratamentos T1, T2 e T3 obtiveram maior produção em relação a T4 e T5, que apresentaram reduzido desenvolvimento radicular e foliar; vale ressaltar que o T2 obteve as maiores médias nas análises agronômicas durante o período de inverno. No cultivo de verão os tratamentos T1 e T2 obtiveram maior produção em relação a T3, T4 e T5, que apresentaram menores valores da massa da matéria úmida e reduzido desenvolvimento radicular, que ocorreu devido ao alto valor da temperatura dentro dos reservatórios, com temperaturas médias superiores a 30°. Com relação às análises microbiológicas, os níveis de contaminação encontrados nas alfaces, nos cultivos do sistema NFT, foram inferiores aos estabelecidos pela ANVISA. Em ambos os cultivos, os teores de macronutrientes detectados na parte aérea da alface assemelham-se aos citados na literatura, para estudos semelhantes, enquanto alguns micronutriente encontram-se acima dos teores referenciados, entretanto causando possíveis efeitos fitotóxicos.

ABSTRACT

Lista de Figuras

Figura 3.1 - O Ciclo dos nutrientes de acordo com o Ecosan	09
Figura 3.2 – Gerenciamento das águas residuárias de acordo com o conceito do Ecosan.....	11
Figura 3.3 – A Água Amarela e a quantidade de nutrientes do esgoto sanitário.....	24
Figura 3.4 – Modelo de vaso sanitário compartimentado	26
Figura 3.5 – Técnicas Hidropônicas	32
Figura 4.1 – Casa de Vegetação localizada na ETE - UFES	39
Figura 4.2 – Mictório Masculino (a) e Mictório feminino(b)	40
Figura 4.3 – Modelo do reservatório de 250L utilizado para a estocagem de Águas Amarelas	41
Figura 4.4 – Medição do volume das amostras individuais	42
Figura 4.5 – Esquema da técnica de vasos auto-alimentáveis	43
Figura 4.6 – Experimento utilizando concentrações diferentes de Águas Amarelas	44
Figura 4.7 – Representação da planta baixa e do corte do sistema hidroponico NFT	45
Figura 4.8 – Sistema hidroponico NFT da ETE - UFES	46
Figura 4.9 – Constituição do cultivo hidropônico do tipo NFT	47
Figura 4.10 – Produção de mudas com espuma fenólica	48
Figura 4.11 – Transferência das mudas para as canaletas	49
Figura 4.12 – Amostras das soluções usadas na hidroponia em seus diferentes tratamentos	51
Figura 5.1 – Variação das Temperaturas máximas, médias e mínimas (C°) diárias durante o cultivo de Inverno e Verão	59
Figura 5.2 – Concentração de Coliformes Termotolerantes da parte aérea da alface (<i>Lactuca sativa</i>) nos cultivos de Inverno e Verão	67
Figura 5.3 – Valores médios da altura da parte aérea dos tratamentos no cultivo de Inverno e Verão	68
Figura 5.4 – Valores médios do número de folhas dos tratamentos no cultivo de Inverno e Verão	69

Figura 5.5 – Valores médios da massa da matéria úmida (MMU) e seca (MMS) da parte aérea da alface nos cultivos de Inverno e Verão	70
Figura 5.6 – Concentração de macronutrientes na parte aérea da alface nos diferentes tratamentos	70
Figura 5.7 – Concentração de micronutrientes (Cu e B) na parte aérea da alface nos diferentes tratamentos	73
Figura 5.8 – Concentração de micronutrientes (Mn e Zn) na parte aérea da alface nos diferentes tratamentos	74
Figura 5.9 – Concentração do micronutriente Fe na parte aérea da alface nos diferentes tratamentos	74

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Evolução do consumo de água em ambito mundial (km ³ /ano).....	04
Tabela 3.2 – Classificação da salinidade da água de reúso baseada na condutividade elétrica (CE).....	15
Tabela 3.3 – Classificação das águas para reúso em relação ao potencial de sodificação segundo sua RAS.....	16
Tabela 3.4 – Classificação das culturas com relação à tolerância relativa à concentração de boro presente na água de reúso	17
Tabela 3.5 – Densidade usuais de organismos patogênicos e indicadores de contaminação em esgotos sanitários.....	19
Tabela 3.6 – Diretrizes para interpretar a qualidade da água paa irrigação.....	22
Tabela 3.7– Constituição qualitativa de águas amarelas	24
Tabela 3.8 – Rendimento da cultura do trigo com tres tipos de fertilizantes	30
Tabela 3.9 – Utilização da urina humana em culturas diferentes.....	30
Tabela 3.10 –Norma sueca para a utilização da urina na agricultura em grandes sistemas	31
Tabela 3.11 – Formas iônicas dos nutrientes absorvidas pelas plantas	34
Tabela 3.12 – Faixas de nutrientes para a formulação da solução nutritiva para a alface	36
Tabela 3.13 – Composição ideal para a solução nutritiva da alface.....	36
Tabela 3.14 – Valores dos teores de nutrientes necessários para as plantas de alface	37
Tabela 3.15 – Valores médios dos teores de N;P;K em tecido foliar na cultura da Alface.....	37
Tabela 4.1 – Solução nutritiva para alface (g/500 litros)	49
Tabela 4.2 – Resumo das metodologias de análises da pate aérea das alfaces.....	53
Tabela 4.3 - Esquema da análise de variância.....	54
Tabela 5.1 – Resultados quantitativos deÁguas Amarelas (Urina Humana).....	55
Tabela 5.2 - Quantidade de nutrientes excretados por dia.....	56
Tabela 5.3 – Concentrações de nutrientes excretadas na urina humana	56
Tabela 5.4 – Comparação da carga de nutrientes da Urina Humana excretados por dia e os valores do esgoto.....	56

Tabela 5.5- Disponibilidade de nutrientes por tratamento com relação aos teores de N:P:K.	57
Tabela 5.6 – Caracterização qualitativa das Águas Amarelas	57
Tabela 5.7 – Monitoramento das soluções armazenadas na casa de vegetação no cultivo de Inverno.	58
Tabela 5.8 – Monitoramento das soluções armazenadas na casa de vegetação no cultivo de Verão.	58
Tabela 5.9 – Monitoramento das soluções nitrogenadas no cultivo de Inverno.	62
Tabela 5.10 – Monitoramento das soluções nitrogenadas no cultivo de Verão.	62
Tabela 5.11 – Monitoramento das concentrações de P-Total e Ortofosfato no cultivo de Inverno.....	63
Tabela 5.12 – Monitoramento das concentrações de P-Total e Ortofosfato no cultivo de Verão.	63
Tabela 5.13 – Análise estatística de ST, DOO, Cloreto e Sulfato no cultivo de Inverno.	64
Tabela 5.14 – Análise estatística de ST, DOO, Cloreto e Sulfato no cultivo de Verão.	64
Tabela 5.15 – Monitoramento microbiológico das soluções armazenadas na casa de vegetação no cultivo de Inverno	65
Tabela 5.16 – Monitoramento microbiológico das soluções armazenadas na casa de vegetação no cultivo de Verão.....	66
Tabela 5.17 – Análise de variância da Altura da Parte Aérea (HPA) das alfaces cultivadas com Águas Amarelas no sistema NFT.....	67
Tabela 5.18 – Análise de variância do Número de Folhas (N°F) das alfaces cultivadas com Águas Amarelas no sistema NFT.....	68
Tabela 5.19 – Análise dos teores de nutrientes na parte aérea das alfaces cultivadas com Águas Amarelas no sistema NFT no cultivo de Inverno.	71
Tabela 5.20 – Análise dos teores de nutrientes na parte aérea das alfaces cultivadas com Águas Amarelas no sistema NFT no cultivo de Verão ...	71
Tabela 5.21 – Teores de micronutrientes detectados na parte aérea das alfaces hidropônicas com os cinco tratamentos no cultivo de Inverno.	72
Tabela 5.22 – Teores de micronutrientes detectados na parte aérea das alfaces hidropônicas com os cinco tratamentos no cultivo de Verão.	73

Lista de Quadros

Quadro 3.1 – Objetivo, metas e indicadores para a Sustentabilidade Ambiental do Planeta.....	07
Quadro 3.2 - Recomendações da OMS relativa à qualidade microbiológica, para uso agrícola de esgotos sanitários (1989 – 2005).	19
Quadro 3.3 – Nutrientes e sais disponíveis na urina humana	29
Quadro 4.1 – Tratamentos e soluções usadas para o cultivo hidropônico	48

Lista de Siglas

AA	Águas Amarelas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANDA	Associação Nacional dos Defensivos Agrícolas
ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
CE	Condutividade elétrica
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
CF	Coliformes Fecais
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CT	Coliformes Totais
CV	Coeficiente de variação
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DP	Desvio Padrão
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ECOSAN	Saneamento Ecológico
ES	Espírito Santo
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
EUA	Estados Unidos da América
HA	Altura da planta
LABSAN	Laboratório de Saneamento da UFES
MMS	Massa da matéria seca
MMU	Massa da matéria úmida
NBR	Norma Brasileira
NFT	Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes
NMP	Numero Mais Provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PROSAB	Programa de Saneamento Básico
RAS	Razão de Absorção de Sódio
SN	Solução Nutritiva

UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFMS	Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
UH	Urina Humana
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
[CO(NH ₂) ₂]	Uréia
≤	Menor ou igual
≥	Maior ou igual
°C	Grau Celsius
μm	Micrômetro
As	Arsênio
B	Boro
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
Cr	Cromo
cv	Cavalo vapor
d	Dia
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DP	Desvio Padrão
DQO	Demanda Química de Oxigênio
Fe	Ferro
G	Grama
GL	Gay-Lussac
H	Hora
H ₂ PO ₄ ⁻ ou HPO ₄ ²⁻	Superfosfatos
H ₂ SO ₄	Acido sulfídrico
ha	Hectare
hab	Habitante
Hg	Mercúrio
K	Potássio
Kg	Quilograma
km	Quilometro

K-total	Potássio Total
L	Litro
m	Metro
Max	Máximo
mg	Miligrama
Min	Mínimo
min	Minuto
mL	Mililitro
Mo	Molibdênio
mS/cm	Milisiemens por centímetro
n	Número de amostras
N	Nitrogênio
N	Normalidade
N ₂	Nitrogênio molecular
NaCl	Cloreto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
NFT	Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes
NH ₄ ⁺	Íons amônio
NH ₄ -N	
Ni	Níquel
NMP	Numero Mais Provável
NMP/100 ml	Número mais provável por 100 mililitros
Nº	Número
nº	Número
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
N-total	Nitrogênio Total
O ₂	Gás Oxigênio
P	Fósforo
Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
P-total	Fósforo Total
Se	Selênio
SN	Solução Nutritiva

SO ₄	Sulfato
sp	Espécie
spp	Subespécie
t	Tonelada
TiO ₂	Dióxido de titânio
unid	unidade
V	Volts
Zn	Zinco

RESUMO
ABSTRAT
LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS
LISTA DE QUADROS
LISTA DE SIGLAS
LISTA DE SIMBOLOS

Súmario

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
2.1 Objetivo geral	03
2.2 Objetivos específicos	03
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3.1 A escassez de água	04
3.2 As metas do milênio do Saneamento.....	06
3.3 Saneamento Ecológico (ECOSAN).....	08
3.3.1 Proposta de gerenciamento de cores das águas	10
3.4 Reúso na agricultura	11
3.4.1 Uso da água na irrigação	12
3.4.2 Formas de reúso	13
3.4.3. Qualidade físico-química e microbiológica das águas para reúso agrícola	14
3.4.3.1 Qualidade físico-química para reúso	15
3.4.3.1.1 Condutividade elétrica	15
3.4.3.1.2 Razão de adsorção de sódio (RAS)	16
3.4.3.1.3 Teor de boro	16
3.4.3.2 Qualidade microbiológica	17
3.4.4 Legislação relativa ao reúso de água para fins agrícola	20
3.5 Águas Amarelas	23
3.5.1 Características qualitativa da urina humana.....	23
3.5.2 Características quatitativas da urina humana.....	25
3.5.2.1 Técnica de separação da urina	25

3.5.3 Características microbiológicas da urina	26
3.5.4 Tratamentos utilizados para as Águas Amarelas	26
3.5.4 1.Processo de Estocagem de Águas Amarelas	27
3.5.4 2.Processo de Redução de Volume de Águas Amarelas	27
3.5.4 3.Técnica de Oxidação Ultravioleta de Águas Amarelas.....	28
3.5.5.Uso de Águas Amarelas na agricultura	29
3.6 Qualidades microbiológicas dos alimentos cultivados com uso de Águas Amarelas como fonte de nutrientes.....	31
3.7 Cultivo Hidropônico	32
3.7.1 Técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT).....	33
3.7.2 Elementos essenciais para as plantas	34
3.8 Alface (<i>Lactuca sativa</i>) com planta indicadora	35
3.8.1 Caracterização da Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	35
3.8.2 Exigências nutricionais da Alface (<i>Lactuca sativa</i>).....	32
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1 Contextualização da pesquisa	39
4.1.1 Casa de Vegetação.....	39
4.1.2 Estudos preliminares.....	40
4.2 Caracterização quantitativa da urina humana	40
4.2.1 Sistema de coletas de Águas Amarelas.....	40
4.2.3 Coleta para as análises quantitativas	41
4.2.3 Análise estatística	42
4.3 Análise qualitativa da urina humana estocada	42
4.3 1 Análises Físico-químicas.....	42
4.3 2 Análises Microbiológicas	42
4.4 Cultivo hidropônico da alface com Águas Amarelas.	43
4.4.1 Cultivo da alface (<i>Lactuca sativa</i>) em vasos auto-alimentáveis irrigada com Águas Amarelas.....	43
4.4.1.1 Análises estatística	44
4.4.2 Sistema hidropônico NFT	45
4.4.2.1 Delineamento experimental.....	47
4.4.2.2Produção de mudas de alface (<i>Lactuca sativa</i>) para o sistema NFT	48
4.5 Cultivo da Alface com Águas Amarelas no sistema NFT.	49

4.5.1	Monitoramento das soluções armazenadas nos reservatórios do sistema NFT	50
4.5.1.1	Análise estatística das soluções nos reservatórios do sistema NFT	51
4.5.2	Procedimento de coleta das Alfaces (<i>Lactuca sativa</i>)	52
4.5.3	Avaliações agronômicas	52
4.5.3.1	Análise estatística	52
4.4.4	Análise microbiológica da parte aérea das Alfaces(<i>Lactuca sativa</i>)	52
4.5.5	Análise de nutrientes da parte aérea das alfaces (<i>Lactuca sativa</i>)	53
4.6	Análise estatística	53
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1	Caracterização quantitativa da urina humana	55
5.2	Análise qualitativa da urina humana estocada	57
5.3	Cultivo da Alface (<i>Lactuca sativa</i>) com Águas Amarelas no sistema NFT	58
5.3.1	Monitoramento da temperatura na casa de vegetação durante os períodos de Inverno e Verão	58
5.3.2	Monitoramento diário das soluções armazenadas nos reservatórios do sistema NFT	59
5.3.3	Monitoramento Semanal das soluções armazenadas nos reservatórios do sistema NFT	61
5.3.3.1	Análise dos compostos nitrogenados	61
5.3.3.2	Análise da concentração de fosforo e ortofosfato	62
5.3.3.3	Análise da concentração de ST, DQO, Cloreto e Sulfato	63
5.3.4	Análise microbiológica dos reservatórios do sistema NFT.	65
5.3.5	Análise microbiológica da parte aérea das Alfaces	66
5.3.6	Análise Agronômicas	67
5.3.7	Análise de nutrientes presentes na parte aérea das Alfaces	70
6.	CONCLUSÃO	75
7.	RECOMENDAÇÕES	77
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	78
	ANEXOS	85

ANEXO A	105
---------------	-----

1.INTRODUÇÃO

A água é essencial para o desenvolvimento das atividades químicas e bioquímicas dos seres vivos. É um recurso finito, e representa valores sociais, econômicos e culturais.

Em áreas densamente povoadas, o consumo de água pode atingir 50% do consumo total de água potável. Com a diminuição das reservas de água decorrente da poluição urbana e industrial, associado ao déficit de tratamentos de esgotos, torna-se essencial a disciplina de uso, preservação da qualidade da água, controle de perdas, desperdícios e o desenvolvimento de técnicas racionalizadoras e sistemas apropriados para a separação da carga de nutriente produzida.

As águas residuárias tratadas desempenham um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos. Das principais fontes de consumo e desperdício de água, o esgoto doméstico se destaca pelo desperdício não só de água, mas de nutrientes que poderiam ser destinados para outros fins.

Normalmente o fluxo de nutrientes ocorre em um único sentido, pois os alimentos trazidos de áreas agrícolas para as urbanas são consumidos e liberados no meio ambiente pelas excretas humanas sem o reúso da carga de nutrientes geradas (MANILA, 2003). O que gera a necessidade do uso de fertilizantes químicos para a produção agrícola ser satisfatória. Esses fertilizantes, após lançados ao solo, muitas vezes em excesso, alcançam os corpos d'água, seja como água de irrigação de retorno, ou como água do escoamento superficial, ocasionando a poluição das águas (JORDÃO et al, 2005).

Se todos os nutrientes gerados pelo esgoto doméstico fossem reaproveitados na agricultura, o uso de fertilizantes químicos poderia ser reduzido entre 35% a 45%, sendo que somente a urina humana representa dessa fração 20% a 25% (JONSSON, 1994 apud LIND, 2001).

A urina humana é a fração do esgoto doméstico que contém uma quantidade de nutrientes elevada, aproximadamente 70% de nitrogênio, 50% de fósforo e 60% de

potássio. Os teores de N:P:K presentes apresentam características apropriadas para o uso na agricultura, e na maioria das vezes, até melhores do que as encontradas nos fertilizantes químicos (SIDA, 1995).

Para a utilização da urina humana como fonte de nutrientes é necessário a adaptação de sistemas hidro-sanitários nas residências. Seriam utilizadas tubulações apropriadas e vasos sanitários separadores, com um único dispositivo capaz de separar as Águas Amarelas (urina humana) das águas marrons (fezes).

Segundo Pereira (1998) a irrigação é hoje a atividade que consome a maior parcela de água, estimando-se 80%. O uso das Águas Amarelas desempenha um papel fundamental no planejamento e gestão sustentável dos recursos hídricos e no aproveitamento de nutrientes.

A aplicação de Águas Amarelas como fonte de nutrientes no solo não causa nenhum prejuízo para as plantas e para o meio ambiente, podendo ser utilizada em vários tipos de plantações, de acordo com o manejo de cada cultura (JOHANSSON, 2000).

No Brasil, a prática de reúso direto de águas residuárias para a irrigação é incipiente. Esse fato impõe ao setor de saneamento básico necessidade de desenvolver pesquisas e novas alternativas tecnológicas de tratamento. Na América Latina são vários os exemplos de utilização agrícola de águas residuárias, com destaque para o México, Chile e Peru (LEON & MOSCOSO, 1996).

Dentro desse contexto, o presente trabalho busca avaliar o uso de Águas Amarelas como fonte de nutrientes e sua influência na produtividade de alfaces em cultivo hidropônico.

2.OBJETIVOS

2.1-Objetivo Geral

Determinar e desenvolver técnicas de aproveitamento produtivo de Águas Amarelas (AA), como fonte alternativa de nutrientes em cultivo hidropônico da Alface (*Lactuca sativa*).

2.2-Objetivos Específicos

- Caracterizar quantitativamente a urina humana;
- Caracterizar a composição de nutrientes na urina humana;
- Estudar técnicas de recuperação de Águas Amarelas que aperfeiçoem a disponibilidade de nutrientes para o cultivo hidropônico de alface;
- Avaliar a eficiência de diferentes concentrações de Águas Amarelas no cultivo hidropônico de Alface;
- Avaliar o efeito do uso de Águas Amarelas na qualidade sanitária das alfaces irrigadas com diferentes concentrações de Águas Amarelas estocadas;
- Avaliar a produtividade das Alfaces por meio da determinação da massa fresca e seca: da parte aérea; além das concentrações de macro e micro nutrientes mediante a análises de N, P, K, Mg, Ca, S, Zn, Cu, Mn, Fe, B e Na, na parte aérea das hortaliças cultivadas com diferentes concentrações de Águas Amarelas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1-A escassez de água

A escassez de água é agravada devido à desigualdade social e usos sustentáveis dos recursos naturais. Segundo a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável (CETESB, 2006).

De acordo com os números apresentados pela ONU - Organização das Nações Unidas - fica claro que controlar o uso da água significa deter poder. As diferenças registradas entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento chocam e evidenciam a crise mundial dos recursos hídricos (CETESB, 2006).

A atividade com maior consumo de água é a irrigação, correspondendo a 73%. Esse uso agrícola da água é consuntivo, ou seja, a água não poderá ser utilizada a jusante, pois é evapotranspirada pelas culturas indo se incorporar ao vapor d'água da atmosfera. (CETESB, 2006).

A Tabela 3.1 apresenta a evolução, em âmbito mundial, do uso da água nos últimos 100 anos.

Tabela 3.1 – Evolução do consumo de água em âmbito mundial (Km³/ano)

Tipos de uso	Evolução ao longo do tempo						
	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020**
Doméstico	-	-	-	30	250	500	850
Industrial	30	45	100	350	750	1.350	1.900
Agrícola	500	705	1.000	1.580	2.400	3.600	4.300
Total	530	750	1.100	1.960	3.400	5.450	7.050

Observação: (-) sem dados, (**) previsão. Fonte: Padilha (1999).

Quando os recursos hídricos tornando-se escassos, as possibilidades para a reutilização da água devem ser consideradas. Um dos primeiros procedimentos é o reaproveitamento para fins agrícolas, por ser este o maior consumidor de água em muitos lugares (Nuvolari, 2003).

Segundo Onyango (2002), estima-se que em 2025 a retirada de água, principalmente para usos domésticos, industriais e de pecuária, terá um aumento de pelo menos 50%. Esse aumento limitará severamente a utilização da água para irrigação, o que acarretará em um crescimento da produção de alimentos em apenas 4%.

O déficit hídrico está diretamente relacionado com a insuficiência de alimentos. É o caso de países onde a falta de água é um fator limitante de crescimento, causando uma tendência a dependência externa de produtos agrícola, como grãos, por exemplo, pois são de alta necessidade hídrica. Portanto, o problema de escassez de água é também um problema de carência de alimento.

A população mundial compreende cerca de 6 bilhões de pessoas, com outros seres vivos, repartem essa água. Cada pessoa gasta por dia, em média 40 litros de água: bebendo, tomando banho, escovando os dentes, lavando as mãos, etc. O europeu gasta de 140 a 200 litros de água por dia, enquanto um norte-americano 200 e 250 litros. Em regiões como a África, o consumo médio de água por pessoa é de 15 litros por dia (IDEC, 2006).

Dentre as estratégias utilizadas atualmente para reduzir o consumo de água pela população pode-se citar a medição individualizada de água, a racionalização do uso, a utilização de dispositivos economizadores de água como as bacias sanitárias com volume de descarga reduzido e os registros de fechamento automático de torneiras, chuveiros e mictórios e a utilização de fontes alternativas de água (ANNECCHINI, 2005).

A escassez de água associado aos problemas de qualidade, surge como alternativa a reutilização dessa. Segundo Beekman (1996), o reúso vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos. A utilização das águas residuárias para propósito de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado, em substituição à utilização da água tratada e potável.

Cabe salientar, no processo de escassez de água o preço desse bem finito tende a ficar cada vez mais alto. A água de reúso utilizada para diversos fins, como a irrigação, tende a apresentar preço mais baixo, reduzindo assim o custo da produção.

A implementação de programas de reúso depende de diversos fatores como: disponibilidade técnica, decisão política e fatores econômicos, sociais e culturais.

3.2-As metas do milênio do Saneamento

Em setembro de 2000, a Declaração do Milênio foi aprovada pelas Nações Unidas. O Brasil, em conjunto com 191 países-membros da ONU, assinou o pacto e estabeleceu um compromisso compartilhado com a Sustentabilidade do Planeta (LOPES, 2005).

Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio são um conjunto de oito macro-objetivos, a serem atingidos pelos países até o ano de 2015, por meio de ações concretas dos governos e da sociedade (LOPES, 2005).

Parte da população com baixa renda tem frequentemente o acesso limitado à água potável e depende dos recursos naturais para a sua subsistência e crescimento econômico. Além disso, suportam o peso dos riscos ambientais e da degradação. Portanto, boa gestão ambiental e uso sustentável dos recursos naturais são essenciais para o crescimento econômico nos países em desenvolvimento.

Dentre os oito Objetivos das metas do milênio, o sétimo objetivo visa Garantir a Sustentabilidade Ambiental conforme observado no Quadro 3.1. Segundo Leef (2001), a sustentabilidade ambiental é um projeto social e político. Aponta o ordenamento ecológico e a descentralização territorial da produção, assim como a diversificação dos tipos de desenvolvimento e modo de vida da população do planeta. Podendo ser entendido como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidades das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (BRAGA et al. 2002).

Objetivo	Metas	Indicadores
Garantir Sustentabilidade Ambiental	Integrar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais e inverter a tendência atual de perda de recursos ambientais	• Proporção de áreas terrestres cobertas por floresta. • Fração da área protegida para manter a diversidade biológica sobre a superfície total. • Uso de energia por US\$ 1,00 PPC do PIB. • Emissões per capita de CO₂ em 2002 e outros gases de efeito estufa e consumo de substâncias eliminadoras de ozônio. • Proporção da população que usa combustíveis sólidos.
	Reduzir para metade até 2015 a proporção da população sem acesso permanente;	• Proporção da população com acesso a uma fonte de água tratada, água por rede geral, poço, nascente ou outro tipo. • Proporção da população com acesso a melhores condições de esgotamento sanitário – urbano e rural (esgoto por rede geral, fossa séptica, fossa rudimentar e outros).
	Melhorar consideravelmente, até 2020, a vida de pelo menos 100 milhões de habitantes de bairros degradados.	• Proporção de domicílios com posse segura da moradia

Quadro 3.1 - Objetivo, metas e indicadores para a Sustentabilidade Ambiental do Planeta.

Fonte: adaptado de Lopes (2005)

Ao longo dos anos 90, quase um bilhão de pessoas ganharam acesso à água bem como ao saneamento básico. A água e o saneamento são dois fatores ambientais chaves, pois visam à qualidade da vida humana. Fazem parte de um amplo leque de recursos e serviços naturais e compõem o nosso meio ambiente – clima, florestas, fontes energéticas, o ar e a biodiversidade – cuja proteção dependemos nós e muitas outras criaturas neste planeta. Os indicadores identificados para esta meta são justamente "indicativos" da adoção de atitudes sérias na esfera pública. Sem a adoção de políticas e programas ambientais, nada se conserva adequadamente.

Assim como sem a posse segura de suas terras e habitações poucos se dedicarão à conquista de condições mais limpas e saudáveis para seu próprio entorno.

Exemplo de ações de responsabilidade Social Individual citado por Lopes (2008) com o objetivo de garantir a sustentabilidade ambiental:

- Apoio à iniciativa de práticas ambientais sustentáveis e responsáveis, através da conscientização e disseminação das informações nas escolas, comunidades, empresas, além de suporte a projetos de pesquisa;
- Programas de mobilização coletiva para estímulo a reciclagem e reutilização de materiais;
- Ações de voluntariado na comunidade com vistas à educação e sensibilização da população, e interferência direta nas associações e órgãos representativos, escolas, parques, reservas, etc.
- Desenvolvimento de programas parceiros no tratamento de resíduos, procurando reverter o resultado em benefício de comunidades carentes;
- Promoção de “econegócios” (negócio sustentável), que preservem o meio ambiente, gerando ocupação e renda e melhorando a qualidade de vida das populações.

3.3-Saneamento Ecológico (ECOSAN)

Os sistemas de água e esgoto, utilizados em países industrializados, implicam em altos custos e elevado consumo de água, os quais não sendo apropriados como solução sustentável nos países. Alternativas aos sistemas convencionais tornam-se cada vez mais indispensáveis por razões ecológicas, econômicas e sociais (SASSE, 2005).

O meio ambiente é poluído devido à premissa que os nutrientes eliminados através das excretas humanas não têm valor, e devem ser descartados. Conseqüentemente, os nutrientes são perdidos e uma gama de problemas de saúde é criada. Para minimizar a ocorrência desses problemas, iniciativas ecológicas vêm sendo estudadas baseadas no reúso das águas, objetivando um máximo de recuperação e recirculação de nutrientes (ESREY, 2000).

O Saneamento Ecológico é uma alternativa aos sistemas de tratamento de esgoto convencionais visando à sustentabilidade ambiental e econômica. Considera a excreta humana um recurso a ser reciclado em vez de desperdiçado como descarte para as redes de esgoto. Esse é utilizado como fertilizante para o cultivo de plantas em regiões do planeta (JOHANSSON, 2000).

Os chineses, por exemplo, realizam a compostagem das excretas humanas há mais de 1000 anos. O Japão introduziu esta prática de reciclar a urina humana desde o século XII. Na Suécia, o uso da urina já é praticado pelos agricultores, coletando a urina em tanques subterrâneos cuja aplicação em seus cultivos é realizada por meio de máquinas (JOHANSSON, 2001).

O Ecosan trata-se de uma abordagem baseada no ecossistema. Reconhece a necessidade e o benefício de promover o bem estar e a saúde da população, visa à recuperação e reciclagem de nutrientes. Representa a mudança no modo de pensar das pessoas, e deve ser realizado por uma variedade de tecnologias com custo acessível e soluções eficientes, baseadas no processo de reúso.

O sistema do Ecosan permite a recuperação completa de todos os nutrientes: fezes, urina e águas cinza (Figura 3.1). Esse sistema por meio da irrigação beneficia a agricultura e minimiza os riscos de poluição e saúde, com o objetivo de uso econômico da água e máximo reúso. O saneamento ecológico é freqüentemente usado para se referir ao fechamento do ciclo de nutrientes, incluindo a reutilização dos nutrientes (MANILA, 2003).



Fonte: ESREY et al, 2001.

Figura 3.1 - O Ciclo dos nutrientes de acordo com o Ecosan.

As soluções oferecidas pelo saneamento convencional consideram o meio ambiente capaz de processar infinitamente os nossos resíduos e/ou transferem os problemas para as comunidades ribeirinhas. O saneamento ecológico tem como objetivo minimizar a necessidade de recursos externos e reduzir a liberação de resíduos produzidos para o meio ambiente. (ESREY, 1998).

Para evitar as desvantagens dos sistemas convencionais de esgoto, o paradigma do Ecosan é baseado nos caminhos naturais dos ecossistemas e no ciclo fechado de nutrientes. As excretas humanas (fezes e urina) e as demais águas residuárias domésticas são reconhecidas como recurso (não como resíduos) sendo disponível para o reúso (LANGERGRABER & MUELLEGGGER, 2005).

O aproveitamento da urina humana (águas amarelas) é parte integrante desse ciclo, pois promove a economia de água e reduz a poluição no meio ambiente.

3.3.1 Ecosan e o gerenciamento das águas

A palavra esgoto, em seu sentido amplo, caracteriza o despejo oriundo dos mais diversos usos da água. O esgoto da comunidade é originado por meio de três fontes distintas: a primeira esta relacionada à contribuição doméstica (incluindo residências, instituições públicas e comércio), a segunda adentra a rede por infiltração ou tubulações clandestinas; e a terceira refere-se aos despejos industriais e sanitários (BORGES, 2003).

A proposta contida no Ecosan é a segregação das águas residuárias geradas nas edificações, com o objetivo de eliminar e reutilizar os efluentes do esgoto doméstico (urina, fezes e água cinza) no meio, conforme observado na Figura 3.2.

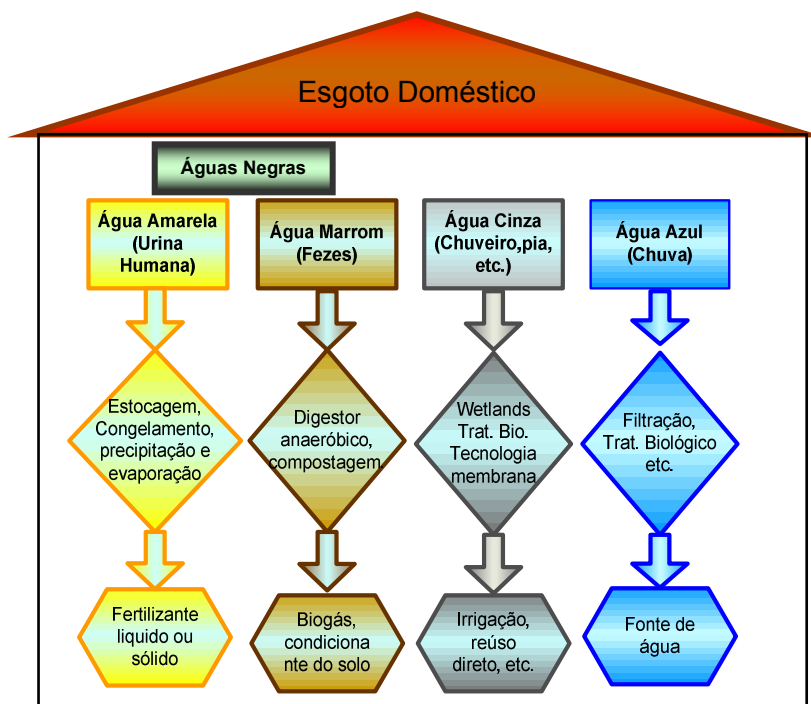


Figura 3.2 – Gerenciamento das águas residuárias de acordo com o conceito do Ecosan.
 Fonte: adaptado de GANROT, 2005

Segundo Bazzarella (2005), a caracterização dos diferentes tipos de águas residuárias é de fundamental importância para o sucesso dos projetos de reúso de água e reciclagem de nutrientes. Quanto mais informação se obtiver sobre o efluente, melhor se poderá caracterizá-lo e, assim, escolher o tratamento mais adequado, atendendo os requisitos de qualidade exigidos para o reúso no qual se deseja (BAZZARELLA, 2005).

3.4-Reúso na agricultura

A utilização de águas residuárias na agricultura é uma prática antiga no sudoeste asiático e na China. Na Europa e Estados Unidos, nos séculos XVI e XIX, eram conhecidas as “fazendas de esgotos”, concebidas, inicialmente, para o tratamento de esgotos por meio da disposição final no solo. As águas dessas fazendas eram constantemente aproveitadas para a produção de culturas (METCALF & EDDY, 1991).

3.4.1-Uso da água na irrigação

Por meio da irrigação pode-se intensificar a produção agrícola, regularizando durante o ano, as disponibilidades e os estoques de cultivares, pois esta prática permite uma produção na contra-estação. A agricultura irrigada reduz a incerteza e compensa os efeitos negativos da má distribuição, espacial e temporal, das águas de precipitação.

A atividade de irrigação é a maior consumidora de água, entre os diversos usos desse recurso natural. Cerca de 250 milhões de hectares são irrigados no mundo, quase cinco vezes mais do que no início do século XX. No Brasil, a demanda de água para irrigação é aproximadamente 70 % do consumo total de água. Em algumas regiões do país, as demandas de água já superam a sua disponibilidade. Essa demanda, associada à escassez de recursos hídricos, leva a ponderar a dependência das atividades agrícolas com relação ao suprimento de água, onde a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem o desenvolvimento de novas fontes de água e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais (SHENDE apud MANCUSO, 2003)

Hoje, a aplicação de águas residuárias no solo é vista como uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, essa tecnologia traz benefícios aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública. De acordo com Mancuso & Santos (2003), estudos em vários países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em sistemas de irrigação com águas residuárias adequadamente administradas.

Conforme o Grupo Técnico de Reuso de Água (2002) pode-se determinar quais as modalidades ou tipos de reúso considerados prioritários. São eles: agrícola, urbano para fins não potáveis, industriais, recreação, recarga de aquíferos e aquíicultura.

Nos setores agrícolas, de acordo com Bernardi (2003), efluentes devidamente tratados podem ser utilizados para aplicação em:

- Culturas de alimentos não processados comercialmente: irrigação superficial de qualquer cultura alimentícia, incluindo aquelas consumidas cruas;

- Culturas de alimentos processados comercialmente: irrigação superficial de pomares e vinhas;
- Culturas não alimentícias: irrigação de pastos, forragens, fibras e grãos;
- Dessedentação de animais.

Segundo Guidolin (2000), é indispensável destacar o conteúdo dos elementos minerais presentes no esgoto sanitário bruto, destacando a presença de macronutrientes, como N, P e K, bem como de micronutrientes, como As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn, sendo que alguns desses são necessários ao desenvolvimento vegetal.

De acordo com Florêncio et.al (2006), o reúso das águas residuárias promove diversas vantagens econômicas, sociais e ambientais, podendo:

- Proporcionar o uso sustentável dos recursos hídricos;
- Minimizar a poluição hídrica nos mananciais;
- Estimular o uso racional de água de boa qualidade;
- Diminuir custos para o tratamento de esgoto e possibilitando a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica, gerando aumento na produtividade agrícola e possibilitando maximizar a infra-estrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida.

3.4.2-Formas de reúso

Segundo Brega Filho & Mancuso (2003), esses autores classificam o reúso da água de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não planejadas.

- Reúso direto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são encaminhados diretamente ao local de reúso.
- Reúso indireto não planejado: ocorre quando a água já utilizada é descarregada no meio ambiente, portanto sendo diluída, e novamente utilizada a jusante de maneira não intencional.
- Reúso indireto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos cursos

d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante de forma intencional e controlada, no intuito de algum uso benéfico.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), o reúso de águas deve ser analisado levando em consideração suas várias dimensões: de saúde pública, ambiental, econômica e financeira, social e cultural. A questão sócio-cultural, incluindo crença religiosa, hábitos locais e situação sócio-econômica, deve ser adequadamente dimensionada, pois podem determinar a aceitação ou rejeição pública.

O principal risco reside na possibilidade de contaminação das plantas irrigadas pelos microrganismos patogênicos eventualmente presentes.

O risco microbiológico é uma perspectiva quantitativa, relacionada à identificação, caracterização de relações entre a exposição a determinados agentes e os futuros danos causados a saúde humana, traduzidos em valores numéricos. O valor numérico possibilita a quantificação ou previsão de eventos em uma população (FIGUEIRA, 2006).

3.4.3-Qualidade físico-química e microbiológica das águas para reúso agrícola

A qualidade da água vem sendo negligenciada na maioria dos projetos, produzindo efeitos indesejáveis na condução de uma cultura comercial (MANTOVANI et al., 2006).

Segundo Ayers & Westcot (1991), o conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, ou seja, está ligado com sua finalidade, podendo usos específicos ter diferentes requisitos de qualidade. Os parâmetros associados ao estado qualitativo das águas são os químicos, físicos e microbiológicos. Esses de acordo com suas finalidades terão uma maior ou menor relevância. Uma análise completa de água pode conter mais de cinquenta elementos dissolvidos ou em suspensão (SETTI et al., 2001).

3.4.3.1-Qualidade físico-química para reúso

A qualidade físico-química da água de reúso para irrigação leva em consideração diversas variáveis. Eles refletem na produtividade, na qualidade das culturas, na manutenção da produtividade do solo e na proteção do meio ambiente. A concentração dos constituintes da água de irrigação de maior relevância deve ser determinada para julgar e avaliar a possibilidade de uso de acordo com sua finalidade (BERNARDO, 2006).

Segundo Reichardt (1990), as variáveis, as consideradas mais importantes em águas de reúso para a agricultura são: salinidade, razão de adsorção de sódio (RAS) e o teor de boro.

3.4.3.1.1-Conductividade elétrica

A salinidade da água e do extrato solúvel é medida pela condutividade elétrica (CE). É uma propriedade iônica, indica a capacidade de condução de corrente elétrica na água, dada sua proporcionalidade direta com a concentração de sais dissolvidos, crescendo com a temperatura (SANTOS, 2000 apud COSTA et al., 2005).

Teores excessivos de sais dissolvidos contidos em águas de reúso para a irrigação podem reduzir a pressão osmótica do meio, diminuindo assim a adsorção de água pela planta, devido ao aumento da toxicidade de íons específicos e da degradação das características físicas do meio. A Tabela 3.2 mostra uma classificação baseada na condutividade elétrica utilizada para águas de irrigação.

Tabela 3.2 – Classificação da salinidade da água de reúso baseada na condutividade elétrica (CE).

Denominação	Classificação	Valores de CE em dS/m a 25°C	Utilização
C1	Salinidade Baixa	0 – 0,25	Pode ser usada na irrigação da maioria das culturas
C2	Salinidade média	0,25 a 0,75	Pode ser usada com grau moderado de lixiviação e em culturas tolerantes
C3	Salinidade alta	0,75 – 2,75	Não pode ser empregada em solos com deficiência em drenagem e usadas técnicas especiais para controle da salinização e usar culturas tolerantes.

C4	Salinidade muito alta	2,75 – 5,00	Não é apropriada para irrigação em condições normais, usar culturas tolerantes e em solos permeáveis com boa drenagem.
----	-----------------------	-------------	--

Fonte: Bernardo, 2006.

3.4.3.1.2-Razão de adsorção de sódio (RAS)

Uma continua aplicação de água com elevada proporção de sódio em relação ao cálcio constitui a pior combinação para a estabilidade dos agregados do solo e estrutura das camadas superficiais. O efeito potencial do sódio para o solo é avaliado através da razão de adsorção de sódio.

Quando o teor de sódio supera o do cálcio numa proporção acima de 3:1, afeta a disponibilidade deste recurso às plantas (AYERS & WESTCOT, 1991).

O calculo do RAS assume papel preponderante, posto que a combinação condutividade elétrica (CE) e razão de adsorção servem para avaliar os perigos que a água oferece com respeito à indução de salinidade e aumento nos teores de sódio na solução (OLIVEIRA, 1998).

A Tabela 3.3 mostra a classificação das águas para reúso em relação ao potencial de sodificação de acordo aos valores da RAS

Tabela 3.3 – Classificação das águas para reúso em relação ao perigo de sodificação segundo sua RAS.

Classe	Concentração de Na	Valor
S1	Baixa	$RAS \leq 32,19 - 4,44 \log CE$
S2	Media	$32,19 - 4,44 \log CE < RAS \leq 51,29 - 6,66 \log CE$
S3	Alta	$51,26 - 6,66 \log CE < RAS \leq 70,36 - 8,87 \log CE$
S4	Muito alta	$RAS > 70,36 - 8,87 \log CE$

Fonte: Bernardo, 2006.

3.4.3.1.3-Teor de Boro

Todo íon absorvido em excesso pode exercer efeitos tóxicos, usualmente pelo acúmulo nas folhas com a transpiração das plantas. Cada cultura apresenta certa tolerância, de acordo com o íon. Dentre os íons mais tóxicos destacam-se os

cloretos, o sódio e o boro, os quais se forem absorvidos com água podem acumular nas folhas, causando danos como queimaduras ou necroses.

O boro é um micronutriente requerido em pequenas quantidades pelas plantas em seu desenvolvimento, tornando-se tóxico quando assimilado em maiores concentrações que aquelas necessárias. O grau de toxicidade com relação ao boro varia de acordo com a espécie cultivada.

Segundo Ayres e Westcot (1991), existem culturas sensíveis e outras tolerantes ao boro presente nas águas. Para algumas culturas o nível de boro na água é de 0,2mg/L, concentrações acima deste valor como, por exemplo, 1,0mg/L pode ser tóxico para determinada cultura. Problemas como estes podem acarretar prejuízos econômicos e inviabilização do uso da água em culturas mais sensíveis.

Na Tabela. 3.4 observam-se a classificação das plantas com relação à tolerância aos níveis de boro presente nas águas de reúso de acordo com a concentração.

Tabela 3.4 – Classificação das culturas com relação à tolerância relativa à concentração de boro presente na água de reúso.

Classificação	Concentração (mg/L)
Muito sensíveis	< 0,5
Sensíveis	0,5 - 1,00
Moderadamente sensíveis	1,0 - 2,0
Moderadamente tolerante	2,0 - 4,0
Tolerantes	4,0 - 6,0
Muito Tolerantes	6,0 - 15,0

Fonte: adaptado de: Ayres e Westcot, 1991.

A alface é considerada Moderadamente tolerante, devido a sua resposta a concentração de boro presente na água ser de 2,0 a 4,0mg/L (AYRES & WESTCOT, 1991).

3.4.3.2-Qualidade microbiológica

Segundo Bastos (1999), os esgotos sanitários podem conter os mais variados agentes patogênicos. Porém, a simples presença de um microrganismo patogênico não implica necessariamente na imediata transmissão de doença, caracterizando apenas o risco potencial. O risco real de um indivíduo ser infectado depende da

combinação de diversos fatores, dentre os quais, a resistência dos microrganismos ao tratamento do esgoto, às condições ambientais, a dose infectante e a patogenicidade dos agentes infecciosos, a susceptibilidade e grau de imunidade do hospedeiro, o grau de exposição humana, além da existência concorrente de outras vias de transmissão de determinada doença (BASTOS, 1999).

De acordo com Mara e Cairncross (1989), para que um organismo presente em águas residuárias provoque doenças, seria necessário que ele: tenha resistência aos processos de tratamento de esgotos e sobreviva no ambiente em número suficiente para atingir doses infectantes, para infectar um indivíduo suscetível após o contato.

A Organização Mundial da Saúde defende a aplicação dos postulados em relação ao consumo humano de água: os riscos microbiológicos de propagação de doenças são em geral de maior impacto que os riscos à saúde impostos pelas substâncias químicas (WHO, 2004).

As doenças diarreicas, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1989), são responsáveis por mais de 3 milhões de mortes a cada ano. Com isso, cuidados e medidas devem ser tomadas para minimizar os riscos, como a contaminação da água por bactérias, vírus, protozoários, micro-poluentes orgânicos e inorgânicos e metais pesados, associados à prática do reuso na irrigação. É preciso estabelecer bases científicas políticas, institucionais e legais para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática nacional de reuso na agricultura.

Os organismos patogênicos encontrados em águas residuárias incluem os grupos: bactérias, protozoários, helmintos e vírus. A presença de ovos de helmintos constitui o risco mais importante para a saúde, em virtude da maior persistência desses microrganismos no solo e nas plantas (BASTOS, 1999).

Os microrganismos e suas respectivas densidades, usualmente encontrados em esgotos sanitários são mostrados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Densidades usuais de organismos patogênicos e indicadores de contaminação em esgotos sanitários.

Microrganismo	Densidades
<i>Escherichia coli</i>	$10^6 - 10^8$ / 100 mL
<i>Salmonella</i> sp	$10^2 - 10^3$ / 100 mL
Cistos de <i>Giardia</i> sp	$10^2 - 10^4$ / L
Oocistos de <i>Cryptosporidium</i> spp	$10^1 - 10^2$ / L
Ovos de helmintos	$10^1 - 10^3$ / L
Vírus	$10^2 - 10^5$ / L

Fonte: Bastos, 2003.

Com relação ao uso de efluente de estações de tratamento de esgoto, a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1989), distingue dois tipos de organismos indicadores de sua qualidade microbiológica e da eficiência de remoção no tratamento: a concentração de coliformes termotolerantes e o número de ovos de helmintos por unidade de volume. As recomendações da OMS estão descritas no Quadro 3.2 para o uso direto na agricultura, levando em consideração que os dados foram baseados em estudo com a utilização de efluente de lagoas de estabilização como forma de tratamento de esgotos e remoção de organismos patogênicos.

Categoria	Condições de reúso	Grupo exposto	Ovos de helmintos/L ^(b) (média aritmética)	Coliformes Termotolerantes /100 ml ^(c) (média geométrica)
A	Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos de esporte e parques públicos.	Trabalhadores, consumidores, público	≤ 1	≤ 1.000
B	Irrigação de culturas que são ingeridas cruas como cereais, para a indústria, pastos, forragem e árvores. ^(d)	Trabalhadores	≤ 1	Sem recomendação
C	Irrigação de culturas de categoria B se o público e os trabalhadores não ficam expostos	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica

Quadro 3.2 – Recomendações da OMS relativa à qualidade microbiológica, para uso agrícola ^(a) de esgotos sanitários (1989 – 2005).

Fonte: OMS (WHO, 1989).

- (a) em casos específicos, de acordo com os fatores ambientais, epidemiológicos, locais e socioculturais, devem ser consideradas modificações das recomendações;
- (b) espécies dos nematóides: *Ascaris*, *Trichuris*, *Necator americanus* e *Ancilostoma duodenale*
- (c) durante o período de irrigação;
- (d) no caso de árvores frutíferas, a irrigação deve ser suspensa duas semanas antes da colheita, sem que sejam apanhadas do chão.

A restrição da cultura a ser irrigada com águas residuárias, o controle da exposição humana, a seleção do método de irrigação e o tratamento das águas residuárias são medidas que visam minimizar os riscos ocasionados com a irrigação com água de reúso.

3.4.4 – Legislação relativa ao reúso de água para fins agrícola

A regulamentação da utilização de águas residuárias para diversos fins é observada em vários países. Nesses países o reúso da água é componente de programas políticos de gestão de recursos hídricos.

A Organização Nacional da Saúde (OMS) têm se dedicado à recomendação de critérios para a utilização de águas residuárias. Em 1973, a OMS publicou suas primeiras diretrizes sanitárias, sobre o uso de águas residuárias, constantemente atualizadas (WHO, 1973; WHO, 1989; WHO, 2006).

O Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia (EUA), em 1918, emitiu a primeira regulamentação oficial sobre a utilização agrícola de águas residuárias que se tem conhecimento (CROOK, 1978). Neste país, o reúso da água em suas diversas modalidades é hoje objeto de regulamentação em todo território nacional, complementada por legislações vigentes em vários estados (USEPA, 2004).

A partir da promulgação da Lei Nº9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), é dado um novo enfoque para a questão hídrica, a gestão do uso da água por bacias hidrográficas e o conceito do usuário pagador, que resulta na racionalização do uso da água, estabelecendo princípios e instrumentos para sua utilização.

Por sua vez, a Resolução CONAMA Nº357/2005 define diretrizes de qualidade da água a serem observadas de acordo com o uso preponderantes dos cursos d'água.

Recentemente o Projeto de Lei Nº5296/2005, que institui as diretrizes para a Política Nacional de Saneamento Básico e os serviços públicos de saneamento básico, já se refere diretamente ao reúso da água. Como exemplo em seu artigo 10, Inciso III (BRASIL, 2005):

“São diretrizes relativas ao esgotamento sanitário: incentivar o reúso da água, a reciclagem dos demais constituintes dos esgotos e a eficiência energética, condicionado ao atendimento dos requisitos de saúde pública e de proteção ambiental pertinente”.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em 2005, promulgou a Resolução Nº54 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto e não potável de água no Brasil. Remetendo para regulamentação complementar, os padrões de qualidade e os códigos de práticas para diversas modalidades de reúso:

- Reúso para fins agrícolas e florestais;
- Reúso para fins urbanos;
- Reúso para fins ambientais;
- Reúso para fins industriais;
- Reúso na aquicultura.

A regulamentação do reúso da água encontra-se em pleno curso no Brasil, devido ao reconhecimento das práticas de reúso no país. Cabe salientar que a Resolução CNRH 54/2005 coloca a atividade de reúso da água como integrante das políticas de gestão de recursos hídricos vigentes no país.

Na Tabela 3.6 são apresentados os principais critérios usualmente empregados para avaliar a qualidade da água para a irrigação.

Tabela 3.6 – Diretrizes para interpretar a qualidade de água para a irrigação.

Parâmetros	Restrição de uso ⁽¹⁾		
	Nenhuma	Ligeir.Moderada	Severa
pH	Faixa normal: 6,5 – 8,4		
Salinidade ⁽²⁾			
CE (dS/m)	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
SDT (mg/L)	< 450	450 – 2.000	> 2.000
Infiltração (avaliada usando CE e RAS simultaneamente)			
RAS	CE (dS/m)		
0 – 3	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3 – 6	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 – 12	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 20	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 - 40	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidade de elementos químicos específicos (afeta culturas sensíveis) ⁽³⁾			
Sódio (Na)			
Irrigação superficial (RAS)	< 3	3 – 9	> 9
Irrigação por aspersão (mg/L)	< 70	> 70	
Cloreto (Cl ⁻) (mg/L)			
Irrigação superficial	< 140	140 - 350	> 350
Irrigação por aspersão	< 100	> 100	
Boro (B) (mg/L)	< 0,7	0,7 – 3	> 3
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) (mg/L)			
Irrigação por aspersão	< 90	90 - 500	> 500
Cloro residual livre (Cl ₂) (mg/L)			
Irrigação por aspersão	< 1	1 - 5	> 5
Problemas de obstrução em sistema de irrigação localizada			
Sólidos em suspensão (mg/L)	< 50	50 - 100	> 100
pH	< 7	7 - 8	> 8
Sólidos dissolvidos (mg/L)	< 500	500 – 2.000	> 2.000
Manganês (mg/L)	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Ferro (mg/L)	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Ácido sulfúrico (mg/L)	< 0,5	0,5 – 2,0	> 2,0
Bactérias heterotróficas (org/L)	< 10.000	10.000 – 20.000	> 20.000
Concentrações máximas recomendáveis de oligoelemento em águas de irrigação (mg/L) ⁽⁴⁾			
	Efeitos de longo prazo	Efeitos de curto prazo	
Alumínio (Al)	5,0	20,0	
Arsênio (Ar)	0,1	2,8	
Berílio (Be)	0,1	0,5	
Cádmio (Cd)	0,01	0,05	
Cobalto (Co)	0,05	5,0	
Cromo (Cr)	0,1	10,0	
Cobre (Cu)	0,2	5,0	
Fluoreto (F)	1,0	15,0	
Ferro (Fe)	5,0	20,0	
Lítio (Li)	2,5	2,5	
Manganês (Mn)	0,2	10,0	
Molibdênio (Mo)	0,01	0,05	
Selênio (Se)	0,02	0,02	
Vanádio (Va)	0,1	1,0	
Zinco (Zn)	2,0	10,0	

Fonte: Apud PROSAB (2006).

- (1) Restrição de uso: (i) nenhuma – ausência de problemas potenciais nas culturas, no solo ou nos sistemas de irrigação; (ii) ligeira e moderada – exige cuidado na seleção das culturas e das alternativas de manejo para se garantir o máximo potencial de endimento; (iii) severa – indica o aparecimento de problemas maiores no solo, nas culturas ou nos sistemas de irrigação e exige

estratégias de manejo efetivas para se preservar rendimentos aceitáveis. Os valores atribuídos para cada categoria de restrição são apenas indicativos.

- (2) CE = 1,5 CE para uma fração de lixiviação em torno de 15% a 20%
- (3) A maioria das culturas arbóreas e plantas lenhosas são sensíveis ao sódio e ao cloreto. Para a maioria das culturas anuais que não são sensíveis, pode-se recorrer a informação de tolerância à salinidade. As diretrizes indicadas na tabela devem ser complementadas por informações mais específicas de tolerância das diversas culturas ao boro, cloretos, sódio e bicarbonatos.
- (4) Concentrações máximas na água de irrigação para prevenir efeitos cumulativos no solo: longo prazo – baseados em uma taxa de aplicação de $10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}$; curto prazo (até 20 anos) – recomendados para solos de textura fina, neutros ou alcalinos, com elevada capacidade de remoção de elementos diversos.

3.5-Águas Amarelas

Águas amarelas é o termo usado para urina, quando coletada em vasos compartimentados ou mictórios, separada das fezes e reutilizada, não como um simples efluente, mas como fonte de nutrientes para a agricultura.

Uma nova abordagem com relação ao uso das excretas humanas vem surgindo, principalmente na Europa e em países como Suécia e Dinamarca. A recomendação é que fezes e urina sejam utilizadas como fonte de nutrientes para condicionamento do solo para a agricultura, respeitando suas características diferentes em termos de patogenicidade, conteúdo de nutrientes e benefícios ao solo e plantas (GONÇALVES, 2006).

3.5.1-Características qualitativas da urina humana

A urina humana é uma solução complexa de água contendo concentrações de sais e nutrientes. O cloreto de sódio (NaCl) e a uréia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] são os principais compostos. Em torno de 80% do nitrogênio total da urina, está na forma de uréia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] e o restante está em forma de nitrogênio inorgânico, orgânico e amônia. Diariamente a excreção de uréia em adultos varia entre 11,8 e 23,8 g e a relação entre nitrogênio total e uréia é de aproximadamente 0,8 (FITTSCHEN E HAHN, 1998).

Além da uréia e do cloreto de sódio a urina é constituída de potássio (K), cálcio (Ca), sulfatos (SO_4), e fósforo (P). O fósforo é disponível como superfosfatos (H_2PO_4^- ou HPO_4^{2-}) e o potássio como um componente iônico (K^+) (LIND et al, 2001).

A Tabela 3.7 apresenta a constituição média qualitativa da urina humana, para efeito de reúso de nutriente (NUVOLARI, 2003).

Tabela 3.7 – Constituição qualitativa de águas amarelas

Tipos de substância	Origem	Observações
Uréia, amoníaco e ácido úrico.	Urina humana (UH)	Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de uréia por dia
Fosfatos	UH	Cada ser humano elimina, em média pela urina, 1,5 gramas/dia.
Carbonatos	UH	—
Urobilina, pigmentos hepáticos, etc.	UH	Vão se constituir na porção de matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos.
Cloreto de sódio	UH	Cada ser humano elimina pela urina de 7 a 15 gramas/dia.

Fonte: Nuvolari (2003).

A Figura 3.3 pode ser observado os teores de N, P e K presente na Água Amarela (urina humana), na água marrom (fezes) e na água cinza. É a fração no esgoto sanitário que cada nutriente possui.

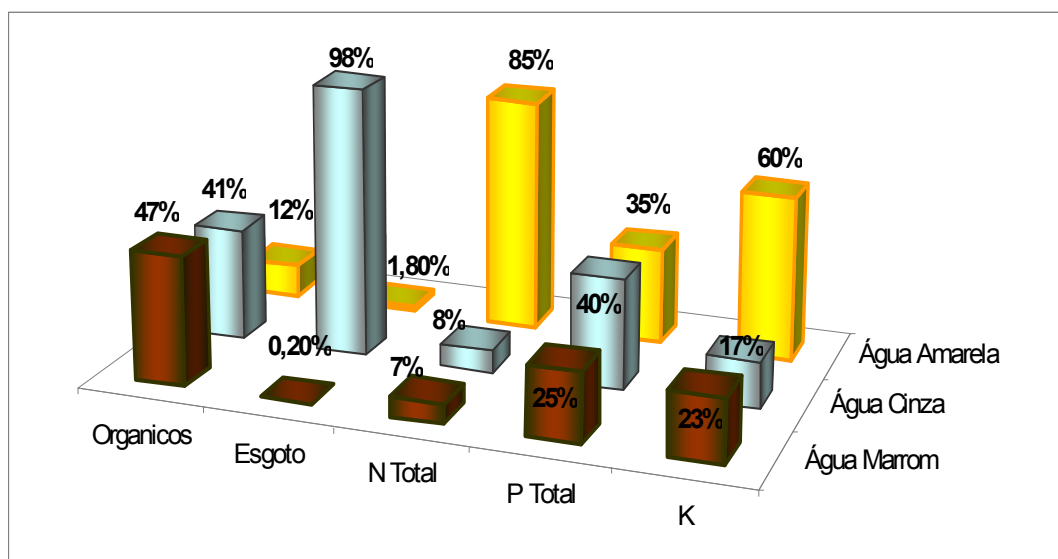


Figura 3-3: A Água Amarela e a quantidade de nutrientes do esgoto sanitário.

Fonte: Adaptado de JOHANSSON, 2000.

Segundo Udert *et al* (2003), com a eliminação da urina no esgoto doméstico os níveis de carbono e nitrogênio ficam praticamente balanceados. Dessa forma as bactérias que degradam a matéria orgânica podem absorver todo conteúdo de nitrogênio e o excesso de fósforo que permanece após o tratamento biológico pode ser facilmente reduzido.

3.5.2-Características quantitativas da urina

O volume de urina que é excretado pelo corpo humano varia tanto de pessoa para pessoa quanto de um dia para o outro. As razões principais dessa flutuação são devido às quantidades de líquido ingerido e as perdas por transpiração. De acordo com estudos feitos por Raunch et al (2003) o volume médio de urina diário por pessoa adulta é de aproximadamente 1,5L. Valores muito próximos também foram obtidos por Bazzarella et al (2005) e Fittscher & Hermann (1998) encontrando como volume médio 1,25L e 1,57L respectivamente.

3.5.2.1-Técnicas de separação da urina

De acordo com Johansson (2000), as técnicas de separação da urina, já são utilizadas há muitos anos em diferentes partes do mundo. Na China, por exemplo, a urina é separada em toaletes simples e coletada para uso como fertilizante na sua propriedade.

A Suécia é um dos pioneiros na produção de sistemas separadores de urina. Essas técnicas começaram a ser desenvolvidas há mais de 30 anos. Na década de 90 foi construído o primeiro sistema separador de urina de porcelana. Em 1995, concluíram as eco-vilas, onde as casas possuem sistema separador, com intuito de facilitar o tratamento, reduzindo a quantidade de água que é desperdiçada com a descarga.

Um dos dispositivos separadores utilizados são os vasos sanitários compartimentados, conforme a Figura 3.4. Diferem dos comuns, por possuir duas bacias: uma bacia na dianteira para urina e outra na parte de trás para fezes. O tamanho e o projeto da bacia e a técnica de nivelamento variam de um modelo para outro (JOHANSSON, 2000).

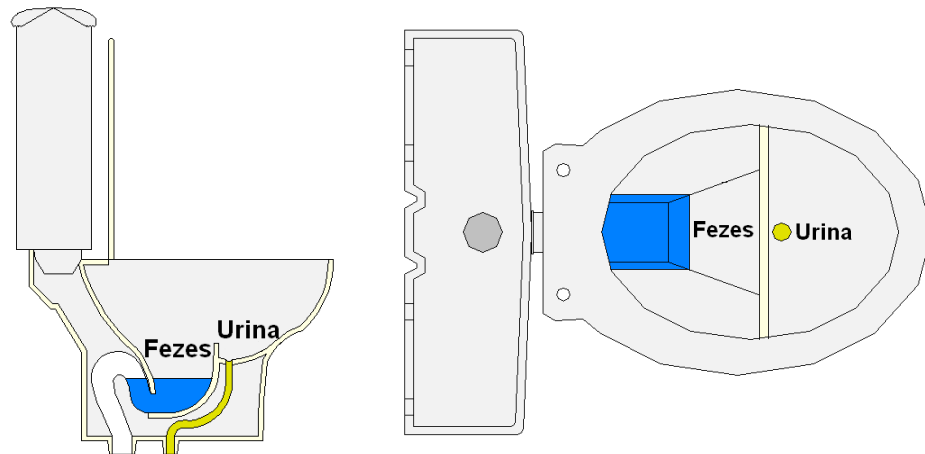


Figura 3-4: Modelo de vaso sanitário compartimentado

3.5.3-Características microbiológicas da urina

Em um indivíduo saudável a urina é estéril na bexiga. Quando transportada fora do corpo, bactérias do próprio corpo são arrastadas e a urina recentemente excretada contém normalmente $<10\ 000$ bactérias/mL (TORTORA *et al.*, 1992 apud SCHÖNNING, 2001).

A urina contém poucos patógenos. Armazenar urina sem diluição por um mês renderá uma urina segura para o uso na agricultura. A urina sem diluição fornece um meio inapropriado para micro-organismos, aumentando a taxa de mortalidade de organismos patogênicos e impedindo a aglomeração de mosquitos (ESREY, 1998).

3.5.4-Tratamentos utilizados para as Águas Amarelas

Para a utilização da urina humana como fertilizante natural, processos de gerenciamento e tratamento devem ser adotados, visando à estabilização das características físico-química e microbiológicas. Os processos são: a estocagem e a redução do volume.

As etapas de gerenciamento da urina humana para a utilização dessa como fonte de nutrientes propostas pelo Ecosan são: coleta, estocagem, transporte, tratamento e aplicação (ZANCHETA, 2005)

3.5.4.1-Processo de Estocagem de Águas Amarelas

A urina coletada é conduzida normalmente para tanques ou reservatório, permanecendo estocada. Durante o processo de condução ocorre a precipitação de cristais de estruvita e hidroxiapatita, devido a alcalinização do pH. Esse é ocasionado pela degradação da uréia em amônio. Esta concentração elevada implica em risco de perda de N durante o processo. Entretanto, estas perdas são eliminadas facilmente quando o tanque ou as tubulações não são aerados. Neste processo, as características quali-quantitativas não sofrem perdas.

O risco de contaminação microbiológica dependerá do dispositivo separador usado e está associado a possíveis contatos com as fezes. A urina humana não é totalmente estéril, mas possui quantidades baixas de microorganismos, podendo ser disposta no solo. Na Suécia a técnica usada tem sido armazenar a urina por seis meses para que não haja nenhum microorganismo. A sobrevivência desses microorganismos é sempre muito curta em altas temperaturas (MITSCHERLICH E MARTH, 1984 apud TANSKI, 2003), em países tropicais o tempo de armazenamento pode ser menor.

3.5.4.2-Processo de Redução do Volume de Águas Amarelas

Outra opção de gerenciamento e tratamento para redução do volume da urina humana são as técnicas de evaporação e congelamento.

a) Evaporação

Segundo Wieland (1994), a evaporação da urina apresenta dois desafios principais: a perda de amônia e o consumo de energia. A perda de amônia pode ser evitada utilizando a acidificação e o consumo de energia pode ser amenizado pela utilização da energia solar.

O processo de evaporação da urina consiste na utilização da energia solar como única fonte de calor para que a urina humana evapore, e assim, ocorra uma redução no volume e conseqüentemente um aumento na concentração dos nutrientes, facilitando assim, o transporte e armazenamento para utilização como fertilizante sólido na agricultura.

Segundo Zancheta (2005), este método possibilita reduzir o volume da urina humana em aproximadamente 95%, o que equivale a dizer que para cada litro de urina evaporada se obterá 50g de um resíduo com concentrações balanceadas de nitrogênio, fósforo e potássio.

b) Congelamento

O congelamento como método de redução de volume começou a ser investigado por Lorain et al (2001), no esgoto. Eles analisaram que os cristais de gelo são formados da água pura, e quando descongelados os poluentes são rejeitados logo na primeira fase líquida, aumentando assim a concentração. Outros autores também utilizaram essa técnica, mas com urina humana essa técnica só foi utilizada por Ganrot, em 2005, que utilizou amostras de urina sintética e humana, armazenadas em garrafas PET no refrigerador (+8°C) e em freezer (-14°C) e analisou após 72 horas, em pequenas amostras coletadas continuamente até o total derretimento.

Os experimentos realizados por Lorain (2001) possibilitaram a compreensão da urina humana como alternativa de nutriente para as plantas. Sabe-se agora que a urina pode ser um substituto para o fertilizante químico sem causar nenhum efeito adverso significativo na colheita ou no meio ambiente.

Como qualquer outro fertilizante, é importante espalhar uniformemente a urina humana em quantidades apropriadas. Geralmente, a técnica usada para espalhar a urina líquida é a mesma para os adubos (JOHANSSON, 2000).

3.5.4.3-Técnica de Oxidação Ultravioleta de Águas Amarelas

Com o objetivo de resolver problemas de abastecimento de água e esgoto na estação espacial, estudos estão sendo realizados com a finalidade de recuperação, revitalização e utilização da urina humana. Segundo Xiaufeng (2008), a urina, além do seu potencial como fonte de nutrientes para a agricultura, é também uma fonte regenerativa de água potável e fornecimento de oxigênio.

O tratamento biológico de purificação da urina é baseado no uso de plantas de rápido crescimento e produção, comestível, alta capacidade de liberação de O₂ e capazes de absorver NH₄-N mineral e íons. A urina humana passa por um processo

de filtração para a remoção dos sólidos e cheiro e finalmente segue para o reator ultravioleta (combinado com uma membrana de TiO_2) para a remoção das soluções remanescentes da urina que sejam prejudiciais para a vida (XIAUNFEMG, 2008).

Combinando o tratamento biológico, processo de filtração e o reator ultravioleta, o produto final é uma solução tratada que atinge os padrões estabelecidos para água potável (XIAUNFEMG, 2008).

3.5.5-Uso de Águas Amarelas na agricultura

A utilização da urina humana como fertilizante em diferentes plantações não causa nenhum prejuízo para as plantas e o meio ambiente possui qualidade higiênica adequada para a utilização na agricultura. Como qualquer outro fertilizante, é importante espalhar uniformemente a urina em quantidades apropriadas. Geralmente, a técnica usada para espalhar a urina é a mesma para o adubo líquido (JOHANSSON, 2000).

Sua estocagem durante um período de seis meses é o suficiente para ser utilizada em vários tipos de plantações, sendo que o período de estocagem pode ser menor, dependendo da safra a ser fertilizada e a forma que essa urina foi armazenada (JOHANSSON, 2000).

A urina humana é uma solução complexa de água contendo concentrações de sais e nutrientes. O cloreto de sódio e a uréia são os principais deles, mas também estão presentes outros constituintes representados no Quadro 3.3.

Constituição mineral	Forma disponível
Cloreto de sódio	NaCl
Uréia	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
Potássio	K^+
Cálcio	Ca^{2+}
Sulfatos	SO_4^-
Superfosfatos	H_2PO_4^- ou HPO_4^{2-}

Quadro 3.3 – Nutrientes e sais disponíveis na urina humana.

Fonte: LIND et al, (2001).

A urina humana contém quantidades suficientes e adequadas de fósforo e nitrogênio, é uma fonte de nutrientes, substituindo sem dano algum a utilização de

fertilizantes químicos. Podendo ser aplicada em dose única ou parcelada, levando em consideração o manejo da cultura (BATH, 2004).

No experimento realizado por Guadarrama (2002) o uso da urina humana como fonte de nutrientes obteve resultados satisfatórios, usando como taxa de aplicação 150Kg de N/ha. Esse rendimento deve-se a disponibilidade elevada de N na urina humana.

Nos anos de 1997-1999, a urina foi testada como fertilizante na cultura da cevada. Os resultados mostraram que o efeito do N da urina correspondeu a 90% do efeito obtido com o uso do fertilizante químico de Nitrato de amônio. (Johansson et al, 2001; Richert Stintzing et al, 2001; Rodhe et al, 2004).

A Tabela 3.8 evidencia os resultados obtidos por King (1973), utilizando três tipos de fertilizantes para a cultura do trigo. Os resultados indicam uma produção de trigo mais eficiente com a utilização da urina.

Tabela 3.8 – Rendimento da cultura do trigo com três tipos de fertilizantes

Fertilizante	Rendimento (Kg grãos/ Kg de N)
Urina Humana	18
Esterco de frango seco	14
Carne seca + osso	10

Fonte: Apud King (1973).

No período de 2002, experimentos realizados por Jönsson et al (2004) demonstraram que, diluindo a urina em água em uma proporção de 3:1 e aplicando três vezes por semana, a produtividade aumentou consideravelmente. O resumo dos resultados obtidos nesta pesquisa está disposto na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Utilização da urina humana em diferentes culturas

Cultura	Período de crescimento	Peso na colheita	Peso na colheita
		(Somente água)	(Água + Urina, 3:1)
		Gramas peso úmido	Gramas peso úmido
Alface	30 dias	230	500
Alface	33 dias	120	345
Espinafre	30 dias	52	350
Tomate	4 meses	1680	6084

Fonte: Apud Jönsson et al 2004

Os experimentos realizados com a urina humana, aumentaram a compreensão do uso dessa como fonte de nutrientes para a agricultura. A utilização da urina humana como substituto de fertilizante químico não causa efeito adverso na colheita e no meio ambiente.

3.6-Qualidades microbiológicas dos alimentos cultivados com uso de Águas Amarelas como fonte de nutrientes

A contaminação da urina humana ocorre no contato com os mictórios e durante a estocagem. Desta maneira, o governo sueco estabeleceu normas quanto à temperatura e o período mínimo de estocagem para determinados tipos de cultivos (Tabela 3.10), visando o uso da urina humana com segurança e minimizando assim o risco de transmissão de doenças infecciosas.

Tabela 3.10 - Norma sueca para a utilização da urina na agricultura em grandes sistemas ^(a)

Temperatura de Estocagem (°C).	Tempo de estocagem (meses)	Possíveis patógenos presentes na urina após estocagem ^(b)	Cultivos recomendados
4	≥ 1	Vírus e protozoários	Alimentos cultivados e forragem que serão processados.
4	≥ 6	Vírus	Alimentos cultivados que serão processados, forragem ^(c) .
20	≥ 1	Vírus	Alimentos cultivados que serão processados, forragem ^(c) .
20	≥ 6	Provavelmente nenhum	Todo tipo de cultivo ^(d) .

Fonte: SCHÖNNING, C. (2004)

a)“Grandes sistemas” – significa que a urina humana é utilizada para cultivos que serão consumidos por outras pessoas que não os próprios geradores da mesma.

b)Bactérias gram-positivas e que formam esporos não incluídas.

c)Exceto pastagens para a produção de alimento para animais.

d)No caso de produtos consumidos crus é recomendada a fertilização com urina de forma descontínua, pelo menos um mês antes da colheita, e com a incorporação da urina no solo.

O reúso de águas amarelas no Brasil para a agricultura, não tem uma legislação específica. Há muito para ser feito, como conseguir apoio governamental, que incentive e normalize esse tipo de reúso.

3.7-Cultivo Hidropônico

Segundo FAO (1992), sempre que águas residuárias forem consideradas como fonte de irrigação, a escolha de um sistema adequado poderá ser decisiva na produtividade, diminuição de contaminação da produção do alimento, exposição dos trabalhadores rurais, salinidade e riscos de toxidade. O manejo utilizado juntamente com o tipo de cultivo, associado ao método escolhido para a aplicação de águas residuárias na agricultura, pode exercer papel fundamental na qualidade microbiológica final dos alimentos.

Dentre as técnicas de cultivo, a hidroponia é muito antiga e muito desenvolvida em países como o Japão, a Holanda e os Estados Unidos. No Brasil, o cultivo hidropônico encontra-se disseminado, sendo que em todos os estados brasileiros esse método de cultivo é utilizado para produção de hortaliças. A hidroponia vem se aperfeiçoando graças aos avanços das pesquisas sobre meios e técnicas de cultivo (TEXEIRA, 1996).

O termo hidroponia nomeia a técnica de cultivo de plantas sem o solo como suporte, onde as plantas crescem fixadas em substratos ou canais de cultivo, nos quais os nutrientes são fornecidos através de uma solução nutritiva balanceada, de acordo com as necessidades da cultura que se deseja cultivar.

Os cultivos hidropônicos podem ser classificados quanto à presença ou não de substrato ou de acordo com o fornecimento da solução nutritiva. Conforme a Figura 3.5.

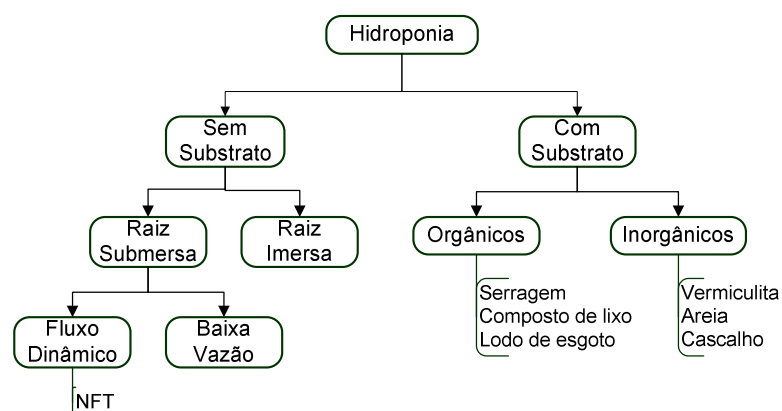


Figura 3.5 - Técnicas Hidropônicas

Fonte: Adaptado de MARTINEZ (2002)

O cultivo hidropônico em casa de vegetação apresenta as seguintes vantagens:

- Maior rendimento por área, podendo-se aproveitar o espaço vertical;
- Melhor qualidade do produto, com ótima aparência, tamanho e qualidade nutricional;
- Menor incidência de pragas e doenças;
- Maior facilidade de execução dos tratos culturais;
- Melhor programação da produção;
- Ciclos mais curtos, devido às boas condições de cultivo fornecidas para o desenvolvimento das plantas;
- Eliminação de perdas de nutrientes por lixiviação,
- Uso racional da água e controle de qualidade;
- Redução no uso de agrotóxicos;
- Possibilidade de automação quase completa;
- Rápido retorno econômico (FAQUIN, 1996);
- Dispensa a rotatividade de cultura (TEIXEIRA, 1996);
- Adaptação de várias espécies de cultivares.

O cultivo hidropônico requer um acompanhamento permanente do funcionamento do sistema, principalmente do fornecimento de energia elétrica e controle da solução nutritiva (FANQUIN, 1996).

3.7.1-Técnica do fluxo lamina de nutrientes (NFT)

O sistema NFT consiste em um conjunto de canais estreitos, rasos e com baixa declividade, por onde a solução nutritiva circula. Nesta técnica, devido ao fluxo laminar, ocorre a formação de uma película de solução nutritiva diretamente sobre as raízes da cultura. A vazão deve ser suficiente para formar uma lâmina d'água que permita um bom contato com as raízes e aeração suficiente.

O sistema NFT é fechado. Um tanque de coleta recebe a solução que flui, por gravidade, ao longo dos canais. Essa solução é bombeada para a cabeceira das bancadas e distribuída por gravidade para os canais de cultivo. A alimentação pode ser realizada de forma contínua ou intermitente, controlada por um temporizador.

Os canais podem ser instalados ou construídos no nível do solo ou em plataformas elevadas de madeira, concreto, plástico ou metal.

3.7.2-Elementos essenciais para as plantas

Para o bom desenvolvimento das plantas, elas necessitam de nutrientes essenciais em quantidades suficientes e proporções equilibradas (MALAVOLTA, 1980). Em torno de 90 a 95% do peso das plantas é constituído de C, H e O. Mas esses elementos orgânicos não constituem problemas, pois provêm do ar e da água, abundantes em nosso sistema. Diante disso, deve-se dar ênfase para os elementos minerais, são os que irão compor a solução nutritiva (ALBERONI, 1998).

De acordo com a exigência nutricional os elementos minerais são divididos em dois grupos:

- Macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S;
- Micronutrientes: Mn, Fe, B, Zn, Cu, Mo, Cl.

A exigência dos micronutrientes é muito pequena em relação aos macronutrientes, no entanto, o potencial fitotóxico dos micronutrientes é muito maior que o dos macronutrientes (ALBERONI, 1998).

Os nutrientes para serem absorvidos pela planta, devem estar na forma iônica, conforme Tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Formas iônicas dos nutrientes absorvidas pelas plantas

Macronutriente	Forma iônica	Micronutriente	Forma iônica
Carbono	$\text{CO}_2, \text{HCO}_3^-$	Boro	H_3BO_3
Hidrogênio	H_2O	Cloro	Cl^-
Oxigênio	O_2	Cobre	Cu^{2+}
Nitrogênio	$\text{N}_2, \text{NO}_3^-, \text{NH}_4^+$	Ferro	Fe^{2+}
Fósforo	$\text{H}_2\text{PO}_4^-, \text{HPO}_4^{2-}$	Manganês	Mn^{2+}
Potássio	K^+	Zinco	Zn^{2+}
Cálcio	Ca^{2+}	Molibdênio	MoO_4^-
Magnésio	Mg^{2+}		
Enxofre	SO_4^{2-}		

Segundo Alberoni (2004), existem diversas formulações de soluções nutritivas, com concentrações de nutrientes variáveis, mas para a escolha da concentração de sais a ser utilizada deve ser analisado:

- Tipo de sistema hidropônico;
- Época do ano;
- Fatores ambientais;
- Espécie vegetal;
- Variedades cultivadas;
- Idade da planta.

3.8-Alface (*Lactuca sativa*) como planta indicadora

3.8.1-Characterização da Alface (*Lactuca sativa*)

A alface (*Lactuca sativa*) é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil. Foi introduzida pelos portugueses, no século XVI, e é conhecida e cultivada há milhares de anos (DAVIS, 1997).

Pertence à família das *Chicoriaceae*, é caracterizada pelo hábito herbáceo devido ao caule muito curto e não ramificado, dando a planta um aspecto de roseta (BUENO, 1998). Sua coloração varia de verde amarelado até verde escuro. O sistema radicular da alface é do tipo pivotante, com ramificações finas e curtas que chegam a alcançar de 15 a 30 cm de profundidade durante a fase vegetativa (MAROVELLI et al., 1989).

3.8.2-Exigências nutricionais da Alface (*Lactuca sativa*)

Os nutrientes são importantes para o bom desenvolvimento das plantas, porém alguns são mais exigidos. Segundo Zambom (1982), a alface absorve em maior quantidade os nutrientes como o potássio, o nitrogênio, o cálcio e o fósforo, não se podendo desprezar a importância dos demais. A alface aumenta o peso lentamente até os 30 dias, quando então, o ganho de peso é acentuado até a colheita. Apesar de absorver quantidades relativamente pequenas de nutrientes, quando comparada

com outras culturas, seu ciclo rápido (50 a 70 dias) a torna mais exigente em nutrientes.

As faixas de concentrações aceitáveis para a formulação da solução nutritiva para o cultivo da alface estão representadas na Tabela 3.12.

Tabela 3.12 – Faixas de nutrientes para a formulação da solução nutritiva para a alface

Concentrações	mg/litro
6 - 15 μM de N-NO_3	100 - 300 N
0,5 - 1 μM de N-NH_4	
0,5 - 3 μM de P	30 – 70 P
2,5 - 8,5 μM de K	200 – 400 K
1 - 8 μM de Ca	200 – 400 Ca
0,75 - 4 μM de Mg	24 – 80 Mg
0,5 - 4 μM de S	30 – 80 S
0,5 - 400 μM de B	0,5 – 1,0 B
0,05 - 1 μM de Cu	0,02 – 0,1 Cu
3 - 100 μM de Fe	2,0 – 10 Fe
0,5 - 40 μM de Mn	0,5 – 1,0 Mn
0,01 - 3 μM de Mo	0,01 – 0,05 Mo
0,5 - 2,3 μM de Zn	0,05 – 0,1 Zn

Fonte: Alberoni (1998)

Na Tabela 3.13 encontra-se a composição ideal para a solução nutritiva empregada no sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutriente) para alface.

Tabela 3.13 – Composição ideal para a solução nutritiva da alface

Macronutriente	mg/L	Micronutriente	mg/L
N	200	Fe	12
P	60	Mn	2
K	300	B	0,3
Ca	170	Cu	0,1
Mg	50	Mo	0,2
S	65	Zn	0,1

Fonte: Alberoni (1998)

Segundo Couto e Branco (1963), o nitrogênio é o nutriente que promove maior incremento na produtividade e no peso médio da alface, já que ela é composta basicamente por folhas. A deficiência do nitrogênio em alface retarda o crescimento da planta, induz ausência ou má formação da cabeça, as folhas mais velhas tornam-

se amarelas e desprendem-se com facilidade. O fósforo também promove um aumento significativo na produção, embora menos que o nitrogênio. Com relação aos micronutrientes para a cultura da alface, o boro ocupa lugar de destaque (MALAVOLTA, 1980).

Conforme demonstrado na Tabela 3.14 observa-se o acúmulo de matéria seca e de nutrientes em plantas de alface (matéria seca = 27900g/1000plantas).

Tabela 3.14 – Valores dos teores de nutrientes necessários para as plantas de alface

Macronutrientes		Micronutrientes	
Composto	g/planta*	Composto	mg/planta
N	1,126	Mn	2,580
P	0,163	B	0,825
K	1,623	Zn	1,246
Ca	0,276	Cu	0,133
Mg	0,069	Fe	5,447

Fonte: adaptado de Furlani (1997)

(*) – Valores baseados em um peso de matéria seca de 29700g/1000plantas

Os teores apontados como adequados na cultura da alface, podem se observados na Tabela 3.15.

Tabela 3.15 - Valores médios dos teores de N:P:K em tecido foliar na cultura da Alface.

	Teores de N:P K g/kg		
	N	P	K
Boreatto et al (1999)	30 a 50	4 a 7	50 a 80
IFA (1999)	28	4,8	42
Haag & Minami (1988)	35	4,6	44

Por ser bastante sensível às condições adversas, a temperatura ótima de crescimento a alface encontra-se entre 15°C e 20°C (REISSER JR., 1991). Essa planta de clima ameno apresenta o problema de pendoamento precoce, limitantes ao cultivo comercial, quando plantada em regiões com temperaturas médias superiores a 20°C, condições típicas do verão brasileiro (AGUIAR, 2001). O uso de telas e sombreamento e de cultivares adequadas às condições de temperatura e luminosidade elevadas pode contribuir para diminuir os efeitos extremos da radiação, promovendo uma planta vigorosa e de boa qualidade (RAMOS, 1995).

A OMS insere a alface no grupo A de vegetais, consumidos “in natura”. Como é ingerida com maior frequência em saladas cruas e em sanduíches, necessita de controle de qualidade na irrigação, especialmente com águas de reúso.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1-Contextualização da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida no Parque Experimental do Núcleo Água, localizado no Campus Universitário de Goiabeiras, em Vitória (ES), sendo parte integrante do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB 5, rede temática nº 5 “Racionalização do uso da água e conservação de energia em sistema de abastecimentos públicos e em edificações, por meio da redução do consumo, e aproveitamento de fontes alternativas e outras formas de uso racional da água”, e foi desenvolvida entre os meses de setembro de 2006 a dezembro de 2007.

4.1.1-Casa de Vegetação

A casa de vegetação utilizada no experimento localiza-se na ETE-UFES, modelo teto em arco, que de acordo com Martinez (1997) é de fácil construção, baixo custo de manutenção, possui melhor aproveitamento dos raios solares e facilidade na fixação do plástico. Suas dimensões são 6,60m de largura, 19,40m de comprimento e 3,30m de altura. Coberta com filme plástico transparente de 150µm de espessura, e cortinas de plástico nas laterais que permitem a ventilação combinada com grande resistência aos ventos e intempéries, conforme mostrado na Figura 4.1.



Figura 4.1 – Casa de Vegetação localizada na ETE - UFES.

4.1.2-Estudos preliminares

Foram realizados experimentos preliminares com o objetivo de identificar os fatores que poderiam ter alguma influência nos resultados. Para isso foram avaliadas as seguintes variáveis:

1. Caracterização quali-quantitativa da urina humana (UH) estocada em reservatório fechado.
2. Concentrações de Águas Amarelas (AA);
3. Influência na produção de mudas utilizando Águas Amarelas (AA)
4. Posição das plantas e efeito das bordas para análise estatística;
5. Dias de coletas, número de plantas a serem estudadas.
6. Caracterização quantitativa de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E.coli* na urina humana (UH);

4.2- Caracterização quantitativa da urina humana

4.2.1-Sistema de coletas de Águas Amarelas

Para a captação de Águas Amarelas foram utilizados mictórios (Figura 4.2) masculino (a) e feminino (b), localizados no banheiro do prédio. As Águas Amarelas captadas pelos mictórios foram direcionadas para reservatórios (Figura 4.3) de estocagem com capacidade de 250L para a utilização no cultivo hidropônico.



Figura 4.2 – Mictório masculino (a) e Mictório feminino (b).



Figura 4.3 – Modelo do reservatório de 250L utilizado para a estocagem de Águas Amarelas.

A estocagem é um processo convencional de armazenamento da urina humana, para torná-la estéril, livre de organismos patogênicos, e estabilizada físico-químico e biologicamente, o que possibilita a precipitação. No entanto, é um processo que necessita de pelo menos seis meses de estocagem em reservatórios escuros e fechados (JOHANSSON, 2000).

4.2.2-Coleta para as análises quantitativas

Foram coletadas amostras individuais de urina humana de aproximadamente 80 pessoas, em um período de vinte quatro horas, divididas em categorias: adultos, idosos e crianças. A cada ida ao banheiro, os colaboradores recebiam frascos plásticos desinfetados de 0,5L a 1,0L para ali depositarem a urina. Após a coleta individual, os frascos foram identificados e encaminhados para análise no Laboratório de Saneamento (LABSAN) da Universidade Federal do Espírito Santo. Três parâmetros foram considerados: densidade, volume e peso líquido de cada frasco.

O volume de cada amostra de urina foi medido com auxílio de uma proveta (Figura 4.4), posteriormente pesada em uma balança analítica com precisão de 0,001 grama obtendo-se o peso líquido de cada amostra. Após esse procedimento por meio de cálculos e/ou utilizando um decímetro a densidade da urina humana foi medida.



Figura 4.4 – Medição do volume das amostras individuais.

4.2.3-Análise estatística

A análise estatística dos resultados quantitativos foi realizada utilizando o software Excel, visando à obtenção da estatística descritiva dos parâmetros analisados (média, desvio padrão, máximos, mínimos e coeficiente de variação).

4.3-Análise qualitativa da urina humana estocada

4.3.1-Análises Físico-químicas

Após o término do período de seis meses de estocagem da urina nos reservatórios, foram realizadas análises qualitativas dos seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, DQO, DBO, P-total, NTK, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, cloreto, sulfato, sódio e uréia.

As técnicas de análises laboratoriais obedeceram aos procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 19ª Edição (APHA, 1995).

4.3.2-Análises Microbiológicas

Foi avaliado a quantificação de bactérias do grupo Coliformes totais, Coliformes termotolerantes e E.coli, segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 19ª Edição (APHA et al, 1995), e encontram-se referenciadas no Anexo A.

4.4-Cultivo hidropônico da alface com Águas Amarelas.

4.4.1-Cultivo da alface (*Lactuca sativa*) em vasos auto-alimentáveis para determinação das concentrações de Águas Amarelas.

A técnica utilizada para o cultivo da alface foi o sistema hidropônico em vasos auto-alimentáveis, que é provavelmente o mais simples sistema de hidroponia (TEIXEIRA, 1996). É um sistema passivo, sem partes móveis, e a solução nutritiva é estática. Foi dividido em duas partes: um vaso com drenagem inferior e um recipiente para o acúmulo das soluções (tipo um prato), funcionando da seguinte forma:

- Inicialmente se revestiu o recipiente intermitente com tinta betuminosa;
- Depois colocou - se uma camada de cascalho (cerca de 3 cm);
- Completando-se o volume com vermiculita;
- A solução nutritiva foi colocada no recipiente, e por meio de um ou mais pavios de lã de vidro foi conduzida para as raízes das plantas e para a cultura por capilaridade. O esquema da técnica utilizada pode ser observada na Figura 4.5.

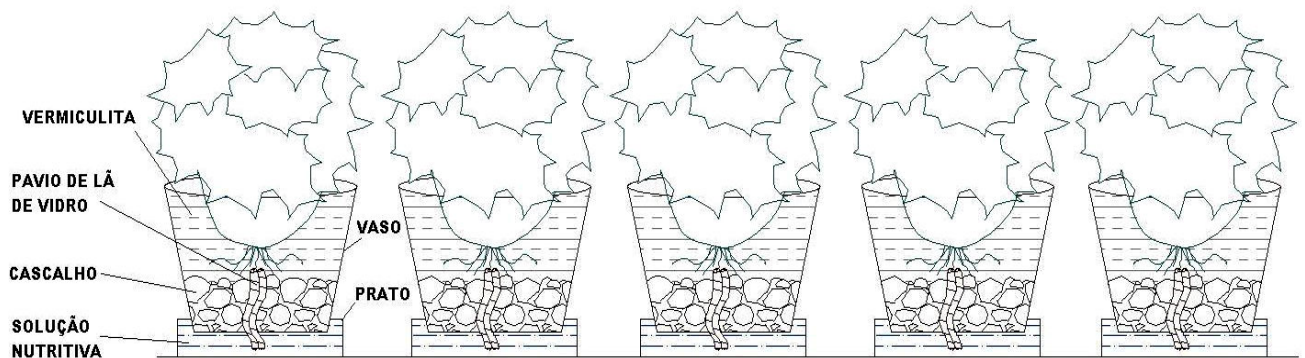


Figura 4.5 - Esquema da técnica de vasos auto-alimentáveis

Para a montagem do experimento com vasos auto-alimentáveis, utilizaram-se garrafas pet conforma a Figura 4.6.



Figura 4.6 - Experimento utilizando concentrações diferentes de Águas Amarelas

O delineamento do cultivo hidropônico em vasos auto-alimentáveis com alface foi composta de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 2 repetições. Os tratamentos estão representados abaixo:

- T 1- Solução Nutritiva Convencional (Furlani, 1999);
- T 2- Solução Nutritiva com 5% de urina humana e 95% de água;
- T 3- Solução Nutritiva com 10% de urina humana e 90% de água;
- T 4- Solução Nutritiva com 15% de urina humana e 85% de água;
- T 5- Solução Nutritiva com 20% de urina humana e 80% de água.

Segundo Teixeira (1996), nesse sistema é usada uma mistura de vários meios de cultura, de modo a incrementar ao máximo a capacidade capilar. Como sistema hidropônico, é muito utilizado para plantas de pequeno e médio porte, especialmente em pequenas hortas domésticas, facilitando sua montagem com dimensões reduzidas.

Nos vasos auto-alimentáveis a irrigação das soluções para os diferentes tipos de tratamento foi realizada em média de 0,2 litro de solução a cada 3 dias, levando em consideração a variação da temperatura na casa de vegetação.

4.4.1.1-Análises estatísticas

Como análise estatística foi usado o teste F (ANOVA), utilizado para comparar as médias das variáveis entre os 5 tratamentos. Os resultados das variáveis que apresentaram diferenças significativas foram submetidos ao teste de Tukey, para assim determinar os subgrupos diferentes.

4.4.2-Sistema hidropônico NFT

A técnica utilizada para o sistema hidropônico da alface foi o cultivo do fluxo laminar de nutrientes (NFT), desenvolvida por Allen Cooper, na Inglaterra. Ela consiste na circulação de um fino filme de solução nutritiva dentro de canais com 1-3% de declividade. Esses canais encontram-se em plataformas elevadas de madeira compostas por uma série de canais paralelos, distanciados em média entre si a 0,5cm. (MARTINEZ & FILHO, 2004). O sistema é fechado e o suprimento de água e de nutrientes foi feito por canaletas cobertas, sendo que a parte radicular das alfaces ficou parcialmente submersa, absorvendo os nutrientes. O sistema pode ser observado na Figura 4.7.

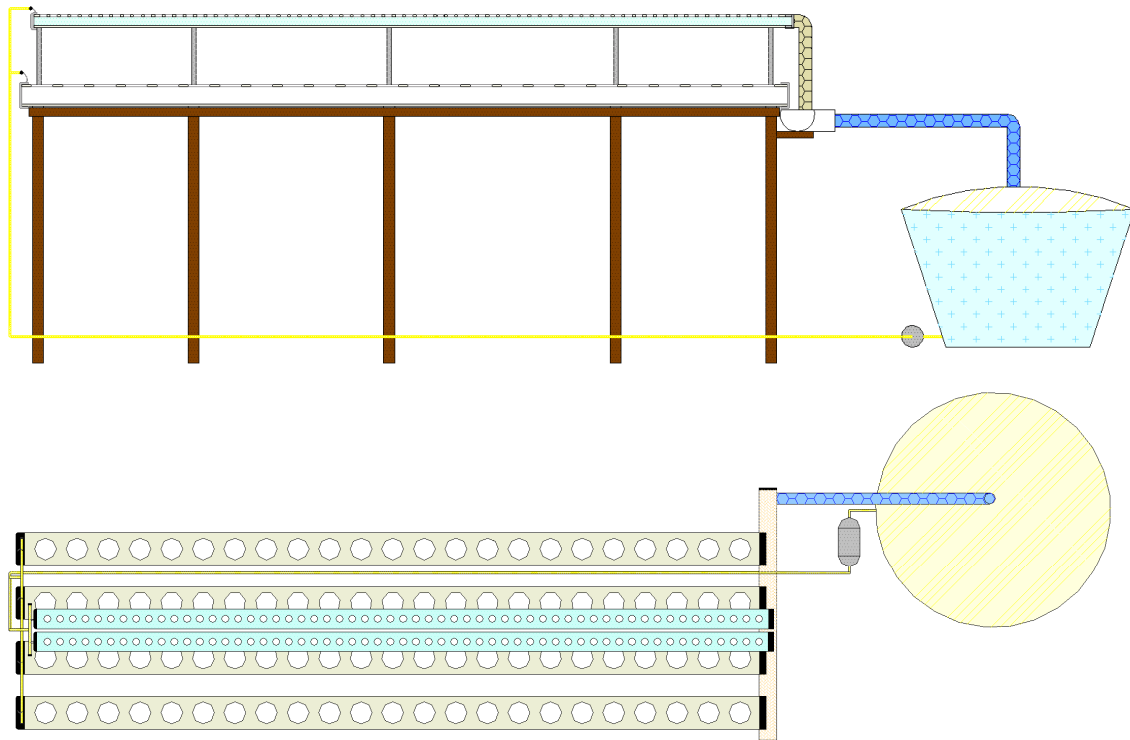


Figura 4.7 - Representação da planta baixa e do corte do sistema hidropônico NFT

O sistema completo conta com cinco bancadas independentes, com quatro canaletas de cultivo com 23 plantas por canaleta, conforme a Figura 4.8.



Figura 4.8 - Sistema hidropônico NFT da ETE - UFES

A alimentação dos canais de cultivo foi efetuada com solução nutritiva convencional e com as diferentes concentrações de Águas Amarelas, mantendo uma vazão de 1,5L de solução por minuto. A recirculação das soluções ocorre em sistema fechado (Figura 4.9), sendo constituído da seguinte forma:

- 1- Cinco reservatórios de fibra para armazenagem das soluções, com capacidade de 500L;
- 2- Moto - Bomba;
- 3- Tubulação de recalque em PVC;
- 4- Canais de cultivo de polietileno;
- 5- Tubulação de PVC para retorno das soluções ao reservatório;
- 6- Temporizador acoplado a um contactor programado para, acionar no período diurno as moto-bombas, a cada 15 minutos, com intervalos de 15 minutos, e no noturno a cada 30 minutos com intervalos de 30 minutos.

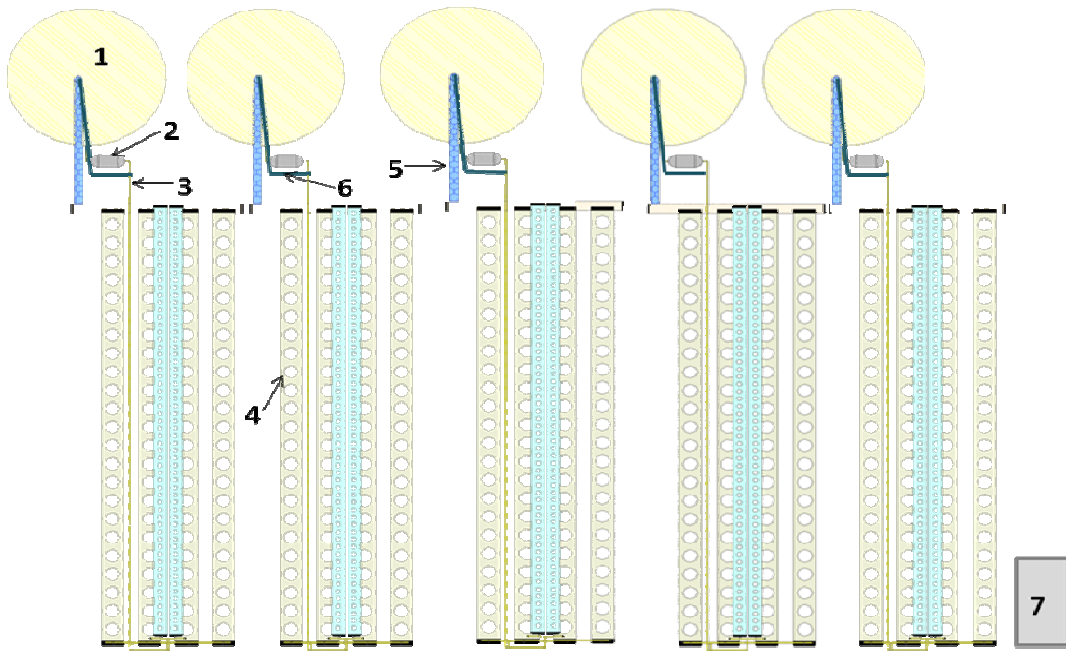


Figura 4.9 – Constituição do cultivo hidropônico do tipo NFT

Legenda: 1- Reservatório da solução nutritiva; 2- Moto - bomba; 3- Tubulação de recalque de solução; 4- Canal de cultivo; 5- Tubulação de retorno da solução; 6- Tubulação de oxigenação da solução; 7- Temporizador / Contactor para acionamento das Moto - bombas.

Para a circulação da solução foram utilizadas bombas modelo CAM-W4C com motor elétrico monofásico, potência de $\frac{1}{2}$ cv e/ou $\frac{1}{3}$ cv de 220V, controladas por um temporizador, fornecendo uma vazão de 1,5 litro por minuto.

O volume do reservatório contendo os tratamentos foi de 500L. No cultivo hidropônico, todos os nutrientes são oferecidos à planta na forma de solução preparada com sais fertilizantes. Vários sais fornecem os mesmos nutrientes para plantas em cultivo hidropônico, porém deve-se optar por aqueles fáceis de dissolver em água, baixo custo e facilmente encontrados no mercado.

4.4.2.1-Delineamento experimental

O delineamento experimental do cultivo hidropônico da alface constou de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições. Esses tratamentos estão representados no Quadro 4.1

Tratamentos	Soluções
Tratamento 1	Solução Nutritiva Convencional (Furlani ,1997);
Tratamento 2	Solução Nutritiva com 5% de Urina Humana e 95% de água
Tratamento 3	Solução Nutritiva com 10% de Urina Humana e 90% de água;
Tratamento 4	Solução Nutritiva com 15% de Urina Humana e 85% de água
Tratamento 5	Solução Nutritiva com 20% de Urina Humana e 80% de água;

Quadro 4.1 – Tratamentos e soluções usadas para o cultivo hidropônico

Os reservatórios utilizados nos tratamentos foram desinfetados com água sanitária a 5% antes de receberem as soluções.

4.4.2.2-Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa*) para o sistema NFT

Para a produção das mudas de alface foi utilizada a espuma fenólica (Figura 4.10), lavada abundantemente em água destilada para a retirada dos resíduos químicos de fabricação. Foi escolhida por dar suporte à muda pequena e altamente higroscópica, o que propicia a manutenção ideal da umidade. A espuma fenólica possui placas com 345 células, sendo cada célula utilizada para a formação de uma muda.



Figura 4.10 - Produção de mudas com espuma fenólica

Freqüentemente, a espuma fenólica tem sido utilizada como substrato devido à facilidade de manejo, baixo custo e as qualidades de retenção de água e desenvolvimento radicular (Rocha et al, 2000).

O plantio foi realizado com sementes peletizadas de alface, semeadas na espuma fenólica e mantidas úmidas com água destilada em local sombreado por quarenta e oito horas. Após esse período as mudas foram expostas à luz natural e a umidade mantida diariamente com a adição de solução nutritiva diluída a 50% da concentração original. Após 15 dias de semeadura, quando as plantas apresentaram

quatro folhas definitivas, as células com mudas foram transferidas para o sistema de cultivo hidropônico, conforme a Figura 4.11.



Figura 4.11 - Transferência das mudas para as canaletas

4.5-Cultivo da Alface com Águas Amarelas no sistema NFT.

Foram realizados dois plantios: o primeiro de 15 de maio a 18 de julho, e o segundo de 1º de novembro a 25 de dezembro de 2007. As temperaturas máxima, mínima e média da casa de vegetação foram monitoradas diariamente por meio de um termômetro dentro da casa de vegetação.

A água utilizada para o preparo da solução convencional e para a diluição das Águas Amarelas foi oriunda da concessionária local (CESAN).

Os nutrientes da Solução Nutritiva Convencional foram pesados conforme a formulação apresentada na Tabela 4.1, e em seguida os sais foram diluídos separadamente, na seguinte ordem: primeiro os macronutrientes e depois os micronutrientes. Depois de realizada a homogeneização, adicionou-se a fonte de ferro.

Tabela 4.1 - Solução nutritiva para alface (g/500 litros)

Macronutrientes⁽¹⁾		Micronutrientes⁽²⁾	
Composto	Solução (g)	Composto (Sal)	Solução(g)
Nitrato de Cálcio	450	Sulfato de manganês	16,95
Nitrato de potássio	67	Acido bórico	14,6
Sulfato de potássio	140	Sulfato de zinco	2,45
Sulfato de Magnésio	247,5	Sulfato de cobre	0,4
Cloreto de potássio	69	Molibdênio de sódio	0,6
Fosfato monoamônico	71		

(1) Esta solução está calculada para 500L de solução nutritiva

(2) Esta solução está calculada para 1L. Pegar 100 ml da solução concentrada de micronutriente para cada 500L de solução nutritiva de macronutriente.

A solução nutritiva convencional utilizada no experimento foi baseada na formulação descrita por Martinez & Silva Filho, 2004.

A urina estocada foi transferida para os reservatórios de 500L e diluída, de acordo com os tratamentos representados no Quadro 4.1. Os tratamentos armazenados nos cinco reservatórios foram transferidos, por meio de um conjunto de moto-bombas, programadas com um timer, para as canaletas da casa de vegetação.

Em seguida efetuaram-se as leituras do pH e da condutividade elétrica de cada solução (tratamento). O pH foi ajustado em torno de $6,0 \pm 0,2$, utilizando-se para sua redução H_2SO_4 1N e para sua elevação NaOH 2N.

4.5.1-Monitoramento das soluções armazenadas nos reservatórios do sistema NFT

Com o objetivo de converter o nitrogênio amoniacal tóxico para as plantas em nitrato (forma de nitrogênio melhor assimilável), as soluções foram aeradas nos cinco reservatórios. Segundo Martinez (2002), o borbulhamento provoca o movimento e a constante homogeneização da solução, evitando formação de zonas de depleção de nutrientes em torno das raízes.

As amostras dos reservatórios para as análises são apresentadas na Figura 4.12. Durante o período de cultivo os reservatórios foram analisados semanalmente levando em consideração os seguintes parâmetros físico-químicos e microbiológicos: cloreto, sulfato, DQO, DBO, fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, NTK, dureza, salinidades, sólidos totais, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E.coli*.

A leitura do pH, da condutividade elétrica e da temperatura das soluções nos reservatórios foram monitoradas diariamente. Quando necessário o pH foi ajustado.



Figura 4.12 – Amostras das soluções usadas na hidroponia em seus diferentes tratamentos

O pH, de acordo com MALAVOLTA (1980), influencia direta e indiretamente o desenvolvimento das plantas. O pH abaixo de 5,5 (concentração de H^+ alta) e acima de 6,5 (concentrações de OH^- alta) afeta diretamente no desenvolvimento radicular é na disponibilidade de nutrientes. Quando o pH da solução está abaixo de 5,5 (pH ácido), ele é elevado com a adição de bases como hidróxido de sódio e potássio. Quando o pH está acima de 6,5 (pH básico) adicionam-se ácidos (como HCl, H_2SO_4 , H_2PO_4 , etc) para diminuir e ajustar o valor desse pH.

Segundo Martinez (2004), o teor de nutrientes pode ser avaliado de forma indireta pela condutividade elétrica (CE). Quanto maior a CE, maior será a concentração de íons. O grau de salinização de um meio de cultivo também pode ser avaliado pela condutividade elétrica. Se elevada, indica acúmulo de sais. Quando há suspeita de presença de elementos potencialmente tóxicos, por exemplo o Na, é importante que, além da medida da CE, seja determinada a concentração desses elementos.

As técnicas de análises laboratoriais físico-químico e microbiológicas obedeceram aos procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 19ª Edição (APHA, 1995).

4.5.1.1-Análise estatística das soluções nos reservatórios do sistema NFT

Visando comparar os resultados das análises diárias e semanais dos reservatórios do sistema NFT, foi utilizado o software Excel, obtendo-se assim a estatística descritiva (média, desvio padrão, máximos, mínimos e coeficiente de variação) dos parâmetros.

4.5.2-Procedimento de coleta das Alfaces (*Lactuca sativa*)

Para a avaliação da massa da matéria seca das alfaces, após o período de desenvolvimento de aproximadamente 50 dias, as amostras foram coletadas e sua parte aérea e raízes medidas por um parquímetro.

4.5.3-Avaliações agronômicas

As plantas foram avaliadas levando-se em consideração as seguintes características: altura, número de folhas, massa da matéria úmida e seca da parte aérea. Para essas análises foram colhidas 30 amostras por tratamento.

A altura foi medida 50 dias após a semeadura, no momento em que foi coletada. O número de folhas presentes em cada pé de alface foi contado no dia da coleta.

A coleta das amostras para análises de massa da matéria úmida e seca da parte aérea e da raiz foi realizada no período da manhã, para evitar variações na determinação da massa da matéria úmida. As plantas foram colhidas, e sua parte aérea e raízes separadas e pesadas imediatamente, para se obter o peso úmido.

A determinação da massa da matéria seca da planta foi realizada por meio de secagem em estufa a 60°C. As plantas foram embaladas em sacos de papel, separando-se parte aérea de raiz, e colocadas em estufa com circulação forçada de ar até atingirem o peso constante. As plantas foram pesadas em balança digital com precisão de 0,001grama.

4.5.3.1-Análise estatística

Para as análises agronômicas foi usado o teste F (ANOVA), utilizado para comparar a média das variáveis entre os 5 tratamentos. Os resultados das variáveis que apresentaram diferenças significativas foram submetidos ao teste de Tukey, para assim determinar os subgrupos diferentes.

4.5.4-Análise microbiológica da parte aérea das Alfaces (*Lactuca sativa*)

Para evitar a contaminação durante as coletas das amostras para as análises microbiológicas, tomaram-se alguns cuidados como uso de luvas e de tesouras

esterilizadas para o corte das raízes e sacos plásticos para armazenamento da parte aérea das alfaces.

A análise microbiológica foi realizada por meio de coleta das amostras em dois dias consecutivos. De cada tratamento foram coletadas 16 amostras totalizando 64 alfaces que tiveram sua parte aérea assepticamente picadas e 01 subamostra de 25g para pesagem, acondicionada em sacos plásticos esterilizados com 225ml de água tamponada e homogeneizada vigorosamente. A partir dessa diluição inicial foram realizadas análises de coliformes totais, e E.coli pela técnica de substrato cromofluorogênico, conforme Standad Methods (APHA, 1995).

4.5.5-Análise de nutrientes da parte aérea das alfaces (*Lactuca sativa*)

As avaliações dos teores de nutrientes nas alfaces foram realizadas por amostragem da parte aérea. Após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, a parte aérea das alfaces foi moída e submetida às seguintes análises de nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre(S), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), boro (B) e sódio (Na). As análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Bataglia (1983) e encontram-se referenciadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Resumo das metodologias de análises da parte aérea das alfaces.

Parâmetro	Método	Referência
Nitrogênio	Determinação por Titulação (Kjeldahl)	Bataglia (1983)
Fósforo	Espectrofotômetro de colorimetria (725 nm)	Bataglia (1983)
Enxofre	Espectrofotômetro de colorimetria (420 nm)	Bataglia (1983)
Potássio	Fotômetro de chama	Bataglia (1983)
Boro	Espectrofotômetro de colorimetria (420 nm)	Bataglia (1983)
Ferro, Cálcio, Magnésio, Cobre, Zinco, Manganês, Sódio.	Espectrofotometria de absorção atômica	Bataglia (1983)

4.6-Análise estatística

Para se realizar as análises agronômicas constantes no presente estudo o valor da parcela experimental foi a média das 4 canaletas(6 plantas por canaleta) dentro de um mesmo bloco.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância seguindo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij} \text{ onde,}$$

Y_{ij} = valor da característica observada na parcela que recebeu o i -ésimo tratamento pertencente ao j -ésimo bloco;

μ = média geral da característica;

T_i = efeito do i -ésimo tratamento ($i=1, 2, \dots, 5$);

B_j = efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, 2, 3, 4$)

e_{ij} = efeito do erro experimental, sendo $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

A hipótese testada pela estatística F foi $H_0: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \dots = \mu_{T5}$, se refere à média dos tratamentos. O esquema de análise de variância é apresentado na Tabela 4.3. Para as características cuja ANOVA indicou diferenças estatísticas significativas entre tratamentos, foi realizado o teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.3– Esquema da análise de variância.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F
Blocos	$(r - 1)$	-	
Tratamentos	$(t - 1)$	QMT	QMT/QMR
Resíduo	$(r - 1)(t - 1)$	QMR	

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1- Caracterização quantitativa da urina humana

Os teores de nutrientes presentes na urina humana e o volume excretado pelo corpo humano apresentam uma variação individual e temporal de pessoa/dia. As razões principais para essa flutuação são às quantidades de líquido ingerido e as perdas por transpiração.

De acordo com a Tabela 5.1 os resultados quantitativos obtidos foram bem próximos aos estudos realizados por Raunch et al (2003) onde o volume médio de urina diário por pessoa adulta é de aproximadamente 1,5L. Valores muito próximos também foram obtidos por ZANCHETA et al (2006), BAZZARELLA et al (2005) e Fittscher & Hermann (1998) encontrando como volume médio 1,30L, 1,25L e 1,57L, respectivamente.

Tabela 5.1 – Resultados quantitativos de Águas Amarelas (Urina Humana)

Amostra	Volume (L)					
	Total	Media/ Pessoa	Desvio Padrão	Max.	Min.	Coef. Variância
Adulto (n=70)	102,5	1,46	0,65	3,31	0,42	29%
Idosos (n=10)	18,7	1,9	1,02	4,45	0,90	55%
Crianças (n=10)	7,6	0,7	0,26	1,2	0,25	10%

A quantidade de nutrientes na urina humana varia de acordo com a faixa etária (Tabela 5.2), sendo encontrados em menor quantidade na urina de crianças e maior quantidade em idosos, se comparada com a urina de adultos. Segundo Zancheta (2005), o volume não varia muito quando comparado com a massa corpórea e sim de acordo com o clima do local e a quantidade de água ingerida por pessoas.

Tabela 5.2 – Quantidade de nutrientes excretados por dia

Faixa Etária	Urina Humana (g/ hab.dia)		
	NTK	P Total	K Total
Adulto	10,7	0,45	2,8
Idosos	15,7	1,0	2,7
Crianças	3,7	0,3	1,1

A Tabela 5.3 apresenta os valores médios da carga diária excretada de urina (UH) dessa pesquisa, e os valores médios citados por outros autores. Observa-se que os valores encontrados foram bem próximos aos citados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Concentração de nutrientes excretados na urina humana.

	Carga de Nutrientes na Urina Humana (mg/L)		
	NTK	P-Total	K-Total
Essa pesquisa	5.372	474	1535
Zancheta (2006)	7.435	407	1.662
Bazzarella (2005)	10.844	350	-
Ubert (2003)	5.810	367	2.170
Jonhansson (2001)	5.000 -10.000	400 - 900	800

Mesmo que a urina humana represente apenas 1% do volume total do esgoto sanitário os resultados quantitativos expostos na Tabela 5.4 mostram que a urina humana tem grande contribuição na carga de nutrientes no esgoto doméstico. Comparando com valores de esgoto doméstico, a carga média de fósforo no esgoto é de 1,2g/hab.dia e o valor encontrado na urina foi equivalentes a 52% da carga de fósforo. A média de nitrogênio no esgoto é de 9,5g/hab.dia, o valor encontrado nesta pesquisa corresponde a mais de 90% da carga presente no esgoto doméstico.

Tabela 5.4 - Comparação da carga de nutrientes da Urina Humana excretados por dia e os valores do esgoto

		NTK	P-Total	DQO	DBO
Urina Humana (g/hab.dia)	Próprio	8,58	0,47	8,85	2,66
	Zancheta (2006)	9,1	0,73	13,3	3,57
Esgoto doméstico bruto (g/hab.dia)	Von sperling(1996)	8,0	1,0	100	50
	Fittschen&Hahn (1998)	11,0	2,5	120	60

A separação da urina humana na fonte para uso é vantajosa às estações de tratamento de esgoto, porque uma completa eliminação da urina do esgoto representa uma diminuição de aproximadamente 90% da carga de nitrogênio e 50% da carga de fósforo. Isso representa uma redução nos custos para remoção de

nutrientes no tratamento e diminuição dos riscos de eutrofização de corpos de água. O uso da urina humana propicia a reciclagem de importantes quantidades de nutrientes (N, P, K e S) para o uso na agricultura diminuindo consideravelmente o consumo de fertilizantes químicos.

De acordo com os valores encontrados de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), na caracterização da urina humana, a quantidade de nutriente (gramas/litro) disponibilizado para as plantas de alface em cada tratamento, pode ser observado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Disponibilidade de nutrientes por tratamento com relação aos teores N: P: K

Tratamentos	Nutrientes gramas/litros		
	N	P	K
T1 - SN	0,17	0,031	0,23
T2- 5%AA	0,37	0,021	0,08
T3-10%AA	0,74	0,041	0,17
T4- 15%AA	1,12	0,061	0,25
T5-20%AA	1,48	0,081	0,33

5.2-Análise qualitativa da urina humana estocada

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas na amostra de urina humana durante a de estocagem são apresentados na Tabela 5.6. Esses valores indicam os teores dos nutrientes presentes, sua qualidade sanitária para o uso agrícola e possíveis efeitos tóxicos para as planta.

A estocagem da urina humana no período de seis meses e o suficiente para a estabilização das características físico-química e microbiológicas. Segundo Bath (2004), levando em consideração o manejo da cultura a aplicação da urina poderá ser realizada em dose única ou parcelada.

Tabela 5.6– Caracterização qualitativa da urina humana estocada

Análises	Resultados
pH	8,73
Condutividade	44,44 mS/cm
DQO	6,3 g/L
DBO	2,2 g/L
P Total	0,3 g/L
NTK	5,3 g/L

Amônio	3,5 g/L
N orgânico	2,3 g/L
Cloreto	9,3 g/L
Sulfato	2,6 g/L
Sódio	95,0 mEq/L
Cultura de fungos	Ausente
Coliformes Totais	Ausente
Coliformes Termotolerantes	Ausente
E.coli	Ausente

5.3-Cultivo da Alface (*Lactuca sativa*) com Águas Amarelas no sistema NFT

A irrigação das alfaces no sistema NFT, utilizando concentrações diferentes de Águas Amarelas foi realizada em duas etapas. A primeira etapa referente ao cultivo realizado no período de inverno e a segunda etapa o cultivo realizado no período do verão.

5.3.1-Monitoramento da temperatura na casa de vegetação durante os períodos de Inverno e Verão.

O cultivo hidropônico de inverno foi realizado no período de 23 de maio a 04 de julho de 2007. Durante esse período a casa de vegetação apresentou temperatura máxima de 43 °C, mínima de 14°C e média em torno de 24,9°C. O cultivo hidropônico de verão foi realizado de 1º de novembro a 18 de dezembro de 2007. Durante esse período a casa de vegetação apresentou temperatura máxima de 51 °C e mínima de 16°C e média em torno de 30,7°C. Conforme apresentadas na Figura 5.1.

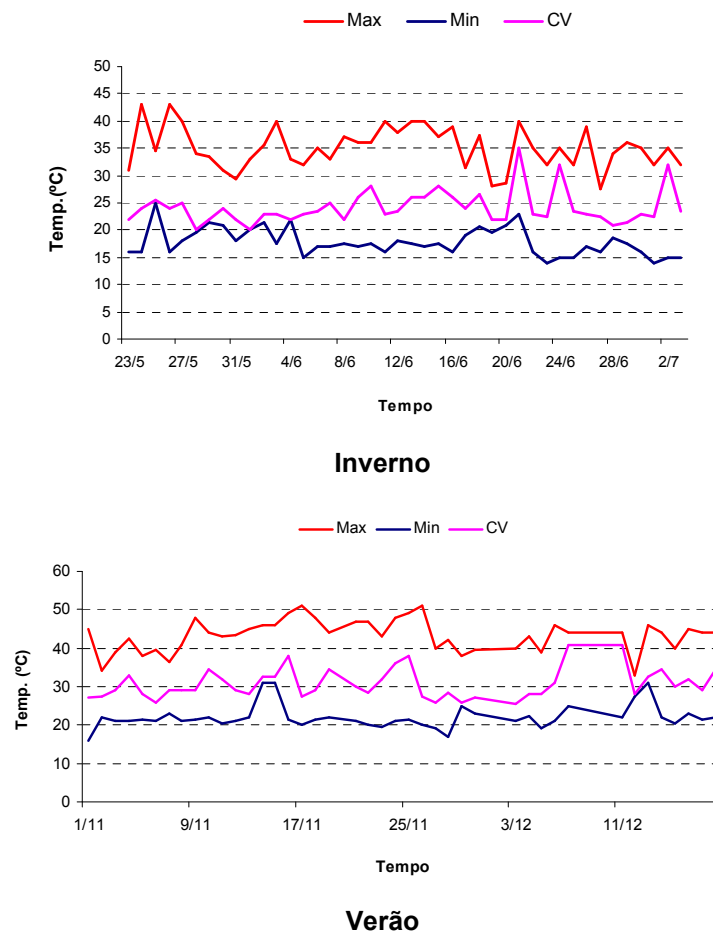


Figura 5.1 – Variação das Temperaturas máximas, médias e mínimas (°C) diárias durante o cultivo de Inverno e o cultivo de Verão.

As temperaturas ótimas de crescimento da alface encontram-se entre 15°C a 20°C (REISSER JR., 1991). Por ser uma planta de clima ameno temperaturas médias superiores a 20°C, podem influenciar no pendoamento precoce dessa espécie, comprometendo seu crescimento vegetativo.

5.3.2-Monitoramento diário das soluções armazenadas nos reservatórios do sistema NFT

Os resultados das análises de pH, condutividade elétrica e temperatura realizadas diariamente nas soluções armazenadas nos reservatórios da casa de vegetação durante o cultivo de inverno e o cultivo de verão estão apresentadas na Tabela 5.7 e 5.8.

Tabela 5.7 - Monitoramento das soluções armazenadas na casa de vegetação no cultivo de Inverno

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
pH	T1	42	5,89	5,21	6,95	0,41	0,07
	T2	42	5,84	3,29	8,52	0,89	0,15
	T3	42	5,76	2,72	8,74	1,47	0,25
	T4	42	6,4	2,73	8,75	1,17	0,18
	T5	42	6,37	3,97	8,79	0,69	0,11
Condutividade elétrica (mS/cm)	T1	42	3,46	3,0	3,9	0,21	0,06
	T2	42	3,88	3,9	5,7	0,45	0,09
	T3	42	8,85	6,2	10,8	1,2	0,14
	T4	42	11,94	7,6	15,0	1,91	0,16
	T5	42	16,27	12,8	18,7	1,44	0,09
Temperatura (°C)	T1	42	26,97	20,9	31,8	2,01	0,07
	T2	42	27,17	21,2	31,3	2,03	0,07
	T3	42	27,08	21,5	33,2	2,12	0,08
	T4	42	27,22	21,8	32,4	2,03	0,07
	T5	42	27,27	21,8	34,3	2,15	0,08

Tabela 5.8 - Monitoramento das soluções armazenadas na casa de vegetação no cultivo de Verão

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
pH	T1	42	5,58	4,37	5,99	0,39	0,07
	T2	42	5,94	3,37	8,59	0,76	0,13
	T3	42	5,54	4,1	8,6	0,98	0,18
	T4	42	5,75	3,81	8,28	0,99	0,17
	T5	42	5,91	5,14	8,38	0,72	0,06
Condutividade elétrica (mS/cm)	T1	42	3,38	2,9	5,3	0,52	0,15
	T2	42	4,81	2,7	9,5	2,52	0,52
	T3	42	7,06	4,4	12,2	2,61	0,37
	T4	42	11,66	6,0	21,1	5,34	0,46
	T5	42	15,27	7,8	20,7	1,44	0,80
Temperatura (°C)	T1	42	30,97	21,4	38,2	3,59	0,12
	T2	42	31,33	22,0	38,2	3,45	0,11
	T3	42	29,86	22,1	36,4	3,24	0,11
	T4	42	31,06	21,7	37,7	3,37	0,11
	T5	42	30,86	21,6	36,7	3,34	0,11

Jones Jr (1982) afirma, o pH é menos crítico nas soluções recirculantes, desde que permaneça entre 5,0 e 7,0. No presente experimento a média do pH das solução nos 5 tratamentos durante o cultivo de inverno foi mantidos entre de 5,76 – 6,4 e no cultivo de verão entre 5,54 e 5,94.

Faquin et al. (1996) consideram o pH apropriado da solução para essa cultura entre 5,5 a 6,5. Afirmam que em valores de pH ácidos, além dos efeitos tóxicos de cátion H^+ sobre as células das raízes, há competição entre o cátion H^+ e os cátions essenciais (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+}). Enquanto que valores de pH alcalino, além da redução da absorção dos anions (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} , Cl^- e MoO_4^{2-}) há a precipitação do Fe^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} .

Fanquin et al. (1996), sugere que os valores da condutividade elétrica (CE) permaneça entre 1,5 e 3,5mS/cm, apenas os tratamentos T1 e T2 apresentados na Tabela 5.7 tiveram seus valores médios de CE na faixa sugerida. Martinez & Filho (2004) citam que a condutividade da solução nutritiva utilizadas para a alface não devem ultrapassar 2,5 mS/cm, uma vez que pode afetar a absorção de água e nutrientes. Valores de CE acima da faixa são considerados prejudiciais para as plantas, chegando a sua total destruição.

As temperaturas médias das soluções presentes nos reservatórios no cultivo de inverno mantiveram-se entre 26,97 a 27,27 °C, enquanto os valores de temperaturas nos reservatórios no cultivo de verão mantiveram-se entre 29,86 a 31,33°C. O valor da temperatura da solução para o cultivo hidropônico não deve ultrapassar de 30°C (MARTINEZ, 2004). As temperaturas das soluções acima desse limite foram responsáveis pelos danos causados as plantas, com uma diminuição na absorção dos nutrientes e conseqüentemente, uma menor produção.

5.3.3-Monitoramento Semanal das soluções armazenadas nos reservatórios do sistema NFT

5.3.3.1-Análise dos compostos nitrogenados

Segundo Jones (1982), a composição ideal para a solução nutritiva empregada no sistema NFT para alface deve ter 200mg/L de Nitrogênio. As concentrações médias de NTK, Nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico, ampliam com o aumento das concentrações de Águas Amarelas em cada tratamento. De acordo com as reações a uréia (nitrogênio orgânico), principal fonte de nitrogênio das Águas Amarelas, sofre um processo de hidrólise catalisada pela enzima urease (uréia amidohidrolase) liberando amônia e bicarbonato

Os resultados das características químicas referentes aos compostos nitrogenados nos cultivos de Inverno e Verão estão resumidos na Tabela 5.9 e 5.10.

Tabela 5.9 - Monitoramento das soluções nitrogenadas no cultivo de Inverno

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
NTK (mg/L)	T1	8	117,01	32,72	418,09	118,18	1,01
	T2	8	401,93	119,97	708,93	210,67	0,50
	T3	8	834,56	447,17	1643,27	368,18	0,44
	T4	8	1183,61	487,17	1934,11	474,83	0,40
	T5	8	1584,7	763,47	2319,48	464,53	0,29
Amônia (mg/L)	T1	8	90,12	26,00	194,08	66,08	0,73
	T2	8	468,29	257,80	559,05	292,65	0,62
	T3	8	710,00	298,35	1413,57	332,72	0,47
	T4	8	911,48	596,70	1396,20	255,79	0,28
	T5	8	1274,20	996,45	1882,80	291,52	0,23
N-org. (mg/L)	T1	7	104,85	24,82	377,54	126,44	1,21
	T2	7	159,38	25,12	316,35	97,41	0,61
	T3	7	296,67	52,03	632,37	186,75	0,63
	T4	7	410,26	92,83	722,54	211,11	0,51
	T5	7	505,96	377,28	660,74	120,50	0,24

Tabela 5.10 - Monitoramento das soluções nitrogenadas no cultivo de Verão

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
NTK (mg/L)	T1	8	43,30	24,77	62,41	14,53	0,34
	T2	8	157,36	21,86	251,4	71,36	0,45
	T3	8	458,96	236,82	600,88	122,30	0,27
	T4	8	684,92	178,53	1052,71	281,56	0,41
	T5	8	690,10	198,07	1228,82	220,43	0,37
Amônia (mg/L)	T1	8	45,68	16,99	60,03	5,18	0,33
	T2	8	256,97	143,40	231,40	133,97	0,52
	T3	8	349,33	236,30	447,10	63,19	0,18
	T4	8	536,68	430,20	672,20	86,60	0,16
	T5	8	589,22	698,07	1104,15	221,00	0,23
N-org. (mg/L)	T1	6	13,43	1,48	36,93	13,28	0,99
	T2	6	208,62	4,93	595,77	202,31	0,97
	T3	6	192,33	0,52	597,18	189,52	0,99
	T4	6	386,47	70,09	913,25	349,60	0,9
	T5	6	281,22	75,88	753,66	231,64	0,81

5.3.3.2-Análise da concentração de Fósforo e Ortofosfato

A concentração de fósforo (Tabela 5.11 e 5.12) nos reservatórios elevou-se com o aumento da concentração de Águas Amarelas. A forma predominante do fósforo nas Águas Amarelas e o Ortofosfato (H_2PO_4^- ou HPO_4^{2-}). No final do cultivo de inverno os valores encontrados nos reservatórios foram de 46mg/L a 80mg/L, valores próximos encontrados na por JOHANSSON (2001) que foi de 240mg/L em Águas Amarelas concentradas (100% de Águas Amarelas). No entanto, no cultivo de verão os valores encontrados nos reservatórios foram de 13mg/L a 50mg/L. A composição ideal para a solução nutritiva ser empregada no sistema NFT para o cultivo da alface deve ter 60mg/L de Fósforo (JONES, 1982).

Tabela 5.11 - Monitoramento das concentrações de P-Total e Ortofosfato no cultivo de Inverno

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
P - Total (mg/L)	T1	9	46,18	26,13	103,08	24,66	0,53
	T2	9	29,69	14,18	54,60	12,60	0,42
	T3	9	46,11	23,03	102,25	23,84	0,52
	T4	9	59,53	26,50	111,94	27,43	0,46
	T5	9	80,01	42,87	167,36	36,83	0,46
Ortofosfato (mg/L)	T1	9	35,63	9,68	67,51	19,02	0,53
	T2	9	25,32	5,42	54,35	13,55	0,54
	T3	9	38,38	5,04	78,50	20,75	0,54
	T4	9	52,65	11,62	105,37	27,96	0,53
	T5	9	66,37	15,11	152,79	36,36	0,55

Tabela 5.12 - Monitoramento das concentrações de P-Total e Ortofosfato no cultivo de Verão

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
P -Total (mg/L)	T1	9	42,39	0,20	64,65	18,88	0,45
	T2	9	12,99	4,16	36,05	12,52	0,96
	T3	9	28,10	10,21	76,25	25,67	0,91
	T4	9	36,51	16,27	96,85	30,05	0,82
	T5	9	49,80	32,40	68,53	11,02	0,22
Ortofosfato (mg/L)	T1	9	37,42	5,13	56,94	13,74	0,37
	T2	9	11,20	3,75	34,09	11,77	1,05
	T3	9	24,62	10,12	70,90	24,09	0,98
	T4	9	34,36	15,75	86,31	26,48	0,77
	T5	9	43,10	32,81	60,75	9,40	0,22

5.3.3.3-Análise da concentração de ST, DQO, Cloreto e Sulfato.

Os valores das concentrações médias de Sólidos Totais (ST), DQO, Cloreto e Sulfato encontrados nos reservatórios da casa de vegetação durante os cultivos de Inverno e Verão estão apresentados na Tabela 5.13 e 5.14.

Nos dois cultivos realizados, os valores de Sólidos Totais encontram-se acima dos limites recomendados por Mancuso (2003), onde valores entre 1- 2 g/L ocasionam efeitos prejudiciais às plantas.

Os teores de cloreto encontrados nos reservatórios nos dois cultivos estão acima nos tratamentos T2, T3, T4 e T5. As concentrações de cloreto ficaram em torno de 90 – 840 mg/L, confirmando que as Águas Amarelas apresentam concentrações elevadas de sais de cloreto. Valores abaixo de 100 mg/L não acarretam nenhum efeito prejudicial, no entanto, teores acima de 100 mg/L podem causar problemas de absorção foliar e, em menor grau, de absorção pela raiz (MANCUSO, 2003).

Os valores médios de DQO nos reservatórios do sistema NFT com Águas Amarelas no cultivo de Inverno variam de 200 a 650mg/L e no cultivo de Verão variam 22 a

400mg/L. Valores semelhantes são encontrados no esgoto doméstico, varia de 200 a 800 mg/L, com valor médio no entorno de 400mg de DQO/L.(JORDÃO, 2005).

Os valores de Sulfato para a composição da solução empregada no sistema NFT presentes nos reservatórios da casa de vegetação nos dois cultivos estão acima de 65mg/L, valor ideal recomendado por Furlani (1995). As concentrações de sulfato variaram de 0,44 a 5,9g/L no cultivo de Inverno e de 0,53 a 2,4g/L no cultivo de Verão. Valores próximos ao encontrado por Jönsson (2005), que encontrou 0,4 a 0,55g/L. O excesso de enxofre na solução pode ocasionar necrose internerval em algumas espécies de plantas.

Tabela 5.13 – Análise estatística de ST, DQO, Cloreto e Sulfato no cultivo de Inverno.

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
Sólidos Totais (g/L)	T1	9	1,85	1,55	2,07	0,19	0,10
	T2	9	2,21	1,21	3,06	0,60	0,27
	T3	9	3,73	2,40	5,45	0,96	0,26
	T4	9	4,96	2,50	6,54	1,39	0,28
	T5	9	6,48	3,63	7,99	1,28	0,20
DQO(mg/L)	T1	8	208,08	12,15	959,89	317,71	1,53
	T2	8	249,24	44,96	510,32	192,72	0,77
	T3	8	654,00	145,81	1944,08	653,68	1,00
	T4	8	383,96	127,58	729,03	214,35	0,56
	T5	8	394,84	147,02	753,33	260,38	0,66
Sulfato (mg/L)	T1	8	446,30	73,97	1331,51	394,53	0,85
	T2	8	2174,25	227,20	3614,12	1103,01	0,51
	T3	8	4028,32	190,21	7777,75	2576,10	0,64
	T4	8	4677,75	322,31	2257,22	2972,35	0,64
	T5	8	5969,70	470,30	10.187,16	3900,95	0,65
Cloreto (mg/L)	T1	6	98,15	71,76	154,04	29,20	0,30
	T2	6	226,46	149,21	285,23	46,39	0,20
	T3	6	428,20	360,32	528,2	61,03	0,14
	T4	6	650,22	442,65	845,13	135,74	0,21
	T5	6	840,92	711,23	952,65	101,04	0,12

Tabela 5.14 – Análise estatística de ST, DQO, Cloreto e Sulfato no cultivo de Verão.

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
Sólidos Totais (g/L)	T1	8	2,19	1,74	3,19	0,45	0,21
	T2	8	1,22	0,65	2,30	0,51	0,42
	T3	8	2,11	1,08	2,91	0,63	0,30
	T4	8	2,71	1,44	4,10	1,08	0,40
	T5	8	5,45	2,36	7,44	1,82	0,33
DQO(mg/L)	T1	8	22,76	10,26	37,21	8,7	0,38
	T2	8	103,49	79,91	156,53	27,62	0,27
	T3	8	265,55	246,34	313,05	21,58	0,08
	T4	8	377,54	314,75	433,65	52,6	0,14
	T5	8	316,61	147,02	753,33	204,55	0,65
Sulfato (mg/L)	T1	8	532,35	360,31	850,58	152,34	0,28
	T2	8	681,49	59,07	1104,57	295,17	0,43
	T3	8	1244,13	147,67	1760,27	584,48	0,47
	T4	8	2069,60	183,11	3502,73	1196,82	0,58

	T5	8	2490,58	484,35	5073,94	2020,74	0,20
Cloreto (mg/L)	T1	8	90,16	68,25	140,12	21,92	0,24
	T2	8	217,50	153,90	420,37	91,46	0,42
	T3	8	478,91	425,20	661,96	72,89	0,15
	T4	8	802,57	694,54	984,82	115,15	0,14
	T5	8	824,83	91,80	1266,89	437,96	1,82

5.3.4-Análise microbiológica dos reservatórios do sistema NFT.

No Brasil, a Resolução CONAMA N°357 de 17 de março de 2005 estabelece os padrões de qualidade da água empregada na irrigação, classificando as águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes. De acordo com essa Resolução, a água utilizada na irrigação de hortaliças (consumidas cruas) deve enquadrar-se na classe 2. Os limites máximos estabelecidos pelo CONAMA são de 5×10^3 coliformes totais (CT) e 1×10^3 de coliformes termotolerantes em 100ml de amostra para a classe 2.

Nas Tabelas 5.15 (cultivo de Inverno) e 5.16 (cultivo de Verão) observam-se que as concentrações de coliformes totais e coliformes termotolerantes encontram-se acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA em todos os tratamentos.

O fato da presença de coliformes termotolerantes, em densidades elevadas, guarda uma relação direta com a presença de *E.coli*, seu emprego como indicador de contaminação de águas ainda é aceitável (OMS, 1995). Segundo Hosftra & Veld (1988) a *E.coli* é reconhecidamente o indicador mais preciso de qualidade microbiológica com relação à contaminação de hortaliças. De acordo com os resultados das médias da presença de *E.coli* nesta pesquisa, os tratamentos T1 e T2 no cultivo de Inverno e T1, T2, T4 e T5 no cultivo de Verão são plenamente aceitáveis pelos critérios da legislação brasileira.

Tabela 5.15 - Monitoramento microbiológico das soluções armazenadas na casa de vegetação no cultivo de Inverno

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
CT (NMP/100 ml)	T1	5	7,80E+04	9,00E-01	3,10E+05	1,19E+05	1,53E+00
	T2	5	1,02E+07	9,00E-01	5,94E+07	2,40E+07	2,35E+00
	T3	5	1,15E+09	2,65E+00	6,89E+09	2,80E+09	2,45E+00
	T4	5	1,57E+07	2,30E+04	9,32E+07	3,70E+07	2,42E+00
	T5	5	3,19E+04	9,00E-01	1,50E+05	5,80E+04	1,84E+00
Coliformes Termotolerante (NMP/100 ml)	T1	5	3,04E+03	1,90E+00	1,10E+04	4,59E+03	1,51E+00
	T2	5	2,98E+04	5,00E+03	9,00E+04	3,43E+04	1,51E+00
	T3	5	3,23E+04	2,40E+03	9,00E+04	3,56E+04	1,11E+00
	T4	5	6,63E+04	1,30E+03	3,00E+05	1,30E+05	1,98E+00
	T5	5	1,44E+03	1,90E+00	3,00E+03	1,22E+03	8,48E-01

E.coli (NMP/100ml)	T1	5	9,00E-01	9,00E-01	9,00E-01	0	0
	T2	5	9,00E-01	9,00E-01	9,00E-01	0	0
	T3	5	3,20E+02	9,00E-01	1,80E+03	7,25E+02	2,27E+00
	T4	5	1,60E+02	9,00E-01	1,00E+03	4,07E+02	2,44E+00
	T5	5	5,75E+00	9,00E-01	3,00E+01	1,18E+01	2,07E+00

Tabela 5.16 - Monitoramento microbiológico das soluções armazenadas na casa de vegetação no cultivo de Verão

Parâmetro	Tratamento	n	Méd.	Min.	Máx.	DP	CV
CT (NMP/100 ml)	T1	8	6,42E+05	2,4E+06	2,40E+06	1,04E+06	1,62E+00
	T2	8	2,22E+03	9,00E-01	1,10E+04	3,90E+03	1,80E+00
	T3	8	5,83E+03	9,00E-01	1,90E+04	8,50E+03	1,46E+00
	T4	8	6,39E+02	9,00E-01	2,40E+03	1,00E+03	1,63E+00
	T5	8	3,81E+03	1,60E+02	1,10E+04	4,60E+03	1,22E+00
Coliformes Termotolerante (NMP/100 ml)	T1	8	2,58E+05	2,30E+01	1,0E+06	5,90E+05	2,31E+00
	T2	8	3,61E+03	1,90E+00	2,20E+04	8,10E+03	2,27E+00
	T3	8	4,32E+03	1,90E+00	3,00E+04	1,13E+04	2,26E+00
	T4	8	1,26E+02	1,90E+00	3,40E+02	1,32E+02	1,05E+00
	T5	8	1,13E+03	1,90E+00	4,00E+03	1,60E+03	1,45E-01
E.coli (NMP/100ml)	T1	8	9,00E-01	9,00E-01	9,00E-01	1,20E-16	1,33E-16
	T2	8	9,00E-01	9,00E-01	9,00E-01	1,20E-16	1,33E-16
	T3	8	3,50E+00	9,00E-01	1,00E+01	4,44E+00	1,27E+00
	T4	8	9,00E-01	9,00E-01	9,00E-01	1,20E-16	1,33E-16
	T5	8	9,00E-01	9,00E-01	9,00E-01	1,20E-16	1,33E-16

5.3.5-Análise microbiológica da parte aérea das Alfaces (*Lactuca sativa*)

A Portaria N°451 de 19 de setembro de 1997 estipula o limite para coliformes termotolerantes de 2×10^2 NMP g⁻¹, para hortaliças ingeridas in natura (BRASIL, 1997). Porém, para compatibilizar a legislação nacional com os regulamentos harmonizados no Mercosul, essa portaria foi revogada pela Resolução RDC N°12 de 02 de janeiro de 2001, onde os padrões microbiológicos para hortaliças frescas, *in natura*, preparadas, sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para o consumo direto, passam a ter como limite máximo de 10^2 NMP g⁻¹ de coliformes termotolerantes (ANVISA, 2001).

Os resultados das análises microbiológicas da parte aérea das alfaces e as concentrações de Coliformes termotolerantes dos cultivos de Inverno e Verão poderão ser visualizados na Figura 5.2. Todas as amostras analisadas nesta pesquisa estão dentro dos padrões estabelecidos pela Secretaria de Vigilância Sanitária, juntamente com as concentrações de *E.coli* que foram abaixo de $9,00 \times 10^{-1}$ NMP/100ml.

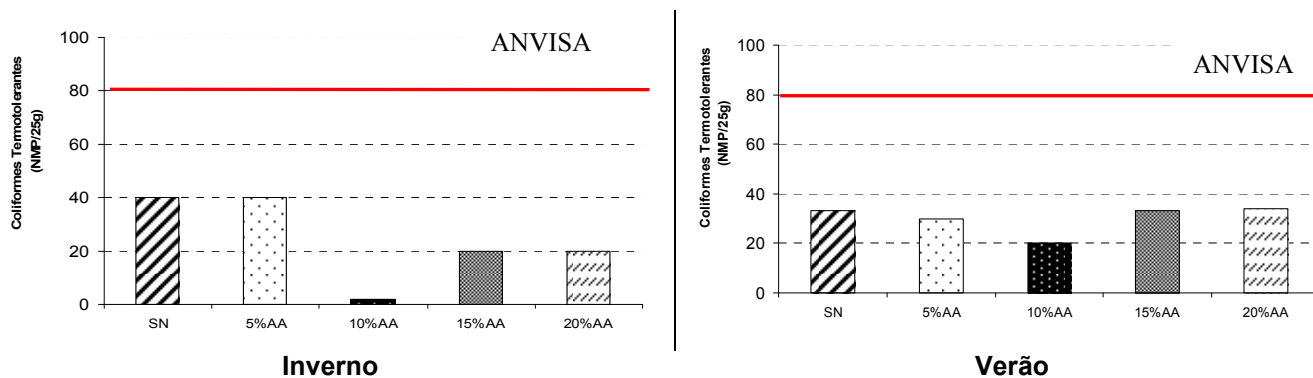


Figura 5.2 - Concentração de Coliformes Termotolerantes da parte aérea da alface (*Lactuca sativa*) nos cultivos de Inverno e Verão.

5.3.6-Avaliações Agronômicas

O experimento realizado permitiu a análise da alface cultivada em sistema NFT com Águas Amarelas sob diferentes aspectos, como: desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, número de folhas (NF), massa da matéria úmida (MMU) e massa da matéria seca (MMS) da parte aérea.

A Tabela 5.17 apresenta os resultados da análise de variância da altura da parte aérea da alface (HPA) nos cultivos de Inverno e Verão e podem ser visualizados na Figura 5.3.

Tabela 5.17 – Análise de variância da Altura da Parte Aérea (HPA) das alfaces cultivadas com Águas Amarelas no sistema NFT

Inverno				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	173,76	43,44	34,47
Bloco	3	6,52	2,17	1,72
Resíduo	12	15,12	1,26	
Total	19	195,4		
Verão				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	82,49	20,62	26,41
Bloco	3	6,82	2,27	2,91
Resíduo	12	9,37	0,78	
Total	19	98,69		

A altura da parte aérea das plantas de alface no cultivo de inverno nos tratamentos T2 e T3 quando comparadas com o tratamento utilizando a solução convencional (T1) não diferem significativamente entre si, entretanto apresentou diferença com

tratamento T4 e T5. Já no cultivo de verão a parte aérea das plantas de alface nos tratamentos T2 e T4 quando comparadas com o tratamento utilizando a solução convencional (T1) não diferem significativamente entre si, entretanto apresentou diferença com tratamento T3 e T5.

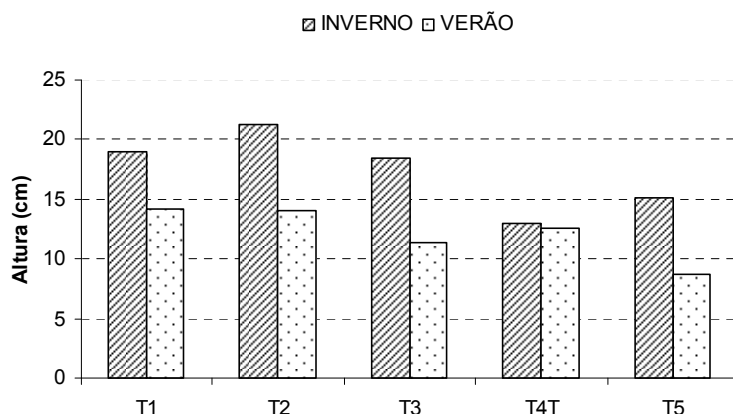


Figura 5.3 – Valores médios da altura da parte aérea dos tratamentos no cultivo de Inverno e Verão

A Tabela 5.18 apresenta os resultados da análise de variância do número de folhas (N°F) nos cultivos de Inverno e Verão.

Tabela 5.18 – Análise de variância do Número de Folhas (N°F) da parte aérea das alfaces cultivadas com Águas Amarelas no sistema NFT

Inverno				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	91,59	22,89	5,92
Bloco	3	9,39	3,13	0,81
Resíduo	12	46,41	3,87	
Total	19	147,4		

Verão				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	30,52	7,63	5,68
Bloco	3	0,07	0,02	0,018
Resíduo	12	16,12	1,34	
Total	19	46,72		

Os resultados apresentados na Tabela 5.18 podem ser visualizados na Figura 5.4 e indicam que no cultivo de inverno o número de folhas dos tratamentos T1, T2 e T3 não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade, já para os tratamentos T4 e T5 o número de folhas foi menor quando comparado à solução convencional (T1).

No cultivo de verão o número de folhas dos tratamentos T1 e T2 não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade, já para os tratamentos T3, T4 e T5 o número de folhas foi menor quando comparado à solução convencional (T1).

Vale ressaltar que o N° de Folhas do T2 no cultivo de inverno e verão destacou-se por apresentar as maiores médias dentre os tratamentos, sugerindo que na avaliação das soluções usadas como fonte de nutrientes, o tratamento T2 seria o mais indicado para se obter uma maior produtividade da cultura da alface.

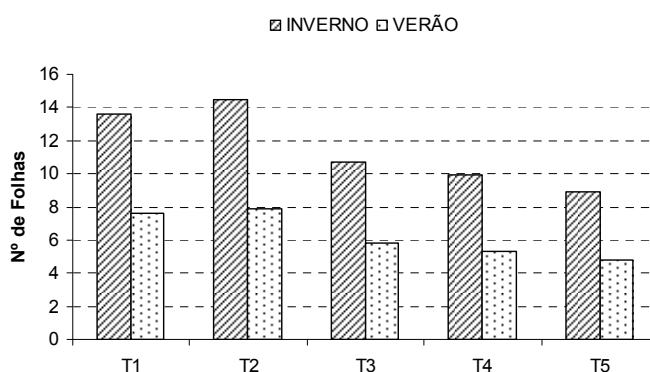


Figura 5.4 – Valores médios do numero de folhas dos tratamentos no cultivo de Inverno e Verão

Os valores de Massa da Matéria Úmida (MMU) e Massa da Matéria Seca (MMS) da alface podem ser visualizados na Figura 5.5. Os resultados indicam que no cultivo de inverno a MMU e MMS da parte aérea da alface nos tratamentos T1, T2 e T3 foram os que apresentaram os melhores resultados de produtividade, não diferindo significativamente entre si, mas diferindo dos tratamentos T4 e T5. No entanto para o cultivo de verão, os resultados da Figura 5.5 indicam que para a MMU E MMS da parte aérea, os tratamentos T1 e T2 foram os que apresentaram os melhores resultados de produtividade, não diferindo significativamente entre si, mas diferindo dos tratamentos T3, T4 e T5. A MMU das plantas de alface nos tratamentos T3, T4 e T5 quando comparadas com o tratamento utilizando a solução convencional (T1) apresentaram diferenças com os tratamentos T1 e T2. As alfaces cultivadas com T5 destacaram-se, com relação à MMU, por apresentar menores médias.

Nos dois cultivos (Inverno e Verão) as maiores médias de MMU foi do tratamento T2, esse seria o tratamento mais indicado para a utilização como fonte de nutrientes para a agricultura. Ao contrário do tratamento T5, que obteve o pior desempenho no

acúmulo da MMU da parte aérea, suas médias quando comparadas aos outros tratamentos foram as menores. As concentrações de Águas Amarelas presentes nos reservatórios apresentaram um possível efeito fitotóxico na produção da MMU.

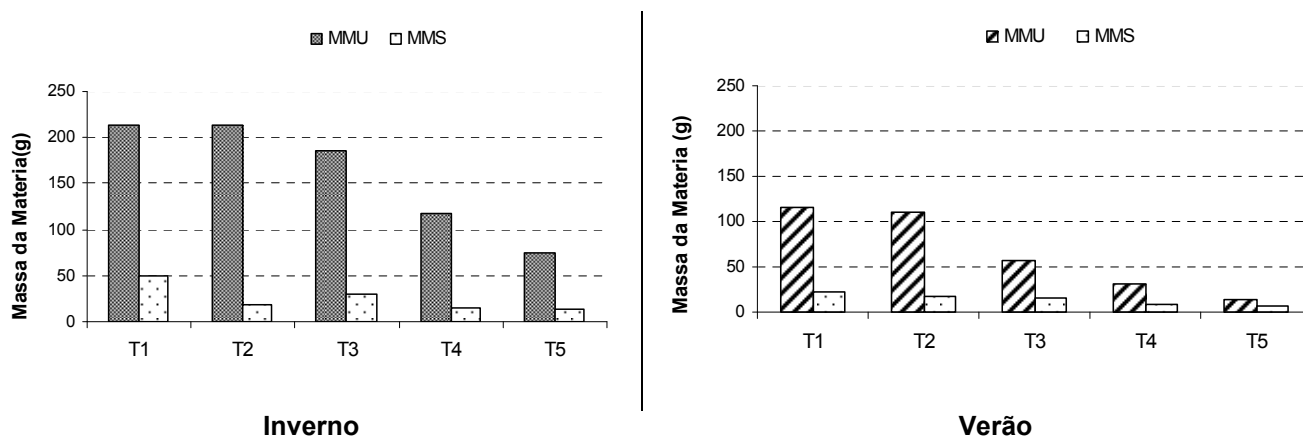


Figura 5.5 - Valores médios da massa da matéria úmida (MMU) e seca (MMS) da parte aérea da alface nos cultivos de Inverno e Verão

5.3.7-Análise dos nutrientes presentes na parte aérea das Alfaces (*Lactuca sativa*)

Os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) presentes na parte aérea da alface cultivada em Águas Amarelas no sistema NFT podem ser observadas na Figura 5.6.

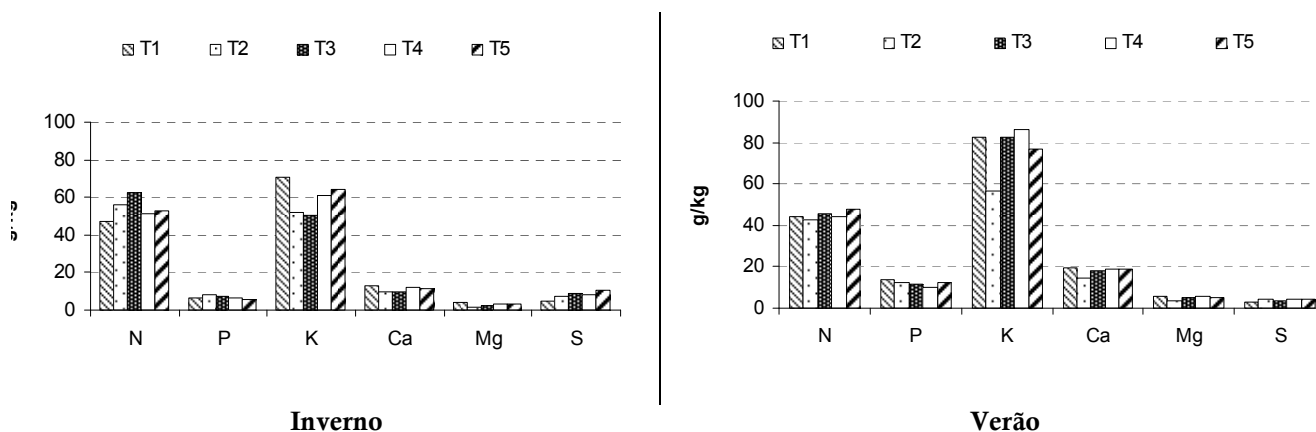


Figura 5.6 - Concentração de macronutrientes na parte aérea da alface nos diferentes tratamentos.

Os teores de macronutrientes dos cultivos de inverno e verão estão descritos na Tabela 5.19. e 5.20.

Tabela 5.19 – Análise dos teores de nutrientes na parte aérea das alfaces cultivadas com Águas Amarelas no sistema NFT no cultivo de Inverno.

	Macronutrientes g/kg					
	N	P	K	Ca	Mg	S
T1	47	6,5	71	13,1	3,8	4,9
T2	56	7,8	52,1	10,1	1,3	7,4
T3	63	7,5	50,1	9,7	2,8	8,9
T4	51	6,2	61,3	12,2	3,2	8,4
T5	53	6,0	64,5	11,3	3,3	10,3

Tabela 5.20 – Análise dos teores de nutrientes na parte aérea das alfaces cultivadas com Águas Amarelas no sistema NFT no cultivo de Verão.

	Macronutrientes g/kg					
	N	P	K	Ca	Mg	S
T1	44	14	82,9	19,5	5,8	2,9
T2	43	12,2	56,8	14,2	3,6	4,3
T3	46	11,7	82,8	18,2	5,3	3,6
T4	44	9,9	85,9	19,2	5,9	4,3
T5	48	12,1	77	18,5	5,4	4

Comparando-se os valores de macronutrientes no cultivo de inverno relacionados na Tabela 5.19 com os teores referenciados por Barta (1992), 21 a 56g/kg de N total no tecido vegetal para alfaces cultivadas com soluções hidropônicas convencionais, observam-se que os tratamentos T1, T2, T4 e T5 encontram-se dentro dos níveis ótimos. No entanto o tratamento T3 está acima do nível recomendado de nitrogênio.

O excesso de N faz com que os órgãos aéreos das plantas cresçam excessivamente, tornando-se alongados e desproporcionais ao padrão da cultura, deixando a planta mais sensível e facilitando o aparecimento de doenças. Para os teores de N-total, referenciados na Tabela 5.20 encontrados na parte aérea das alfaces no cultivo de verão, encontram-se na faixa de 43 a 48g/kg, na faixa de , considerada saudável para a alface.

Os teor de P (7,53g/kg de P) encontrado por Hidalgo et al.(2005) foi semelhante ao desta pesquisa nos cultivos de inverno e verão para todos os tratamentos.

A quantidade de K acumulada na parte aérea das alfaces cultivadas do inverno e verão com todos os tratamentos encontram-se dentro dos níveis ótimos, que segundo Roord van Eysing & Smilde (1981), situa-se entre 39 a 98 g/kg. O K é

reconhecidamente um nutriente que se caracteriza por ser absorvido em quantidade superior ao ótimo para a produção de massa da matéria seca.

Os teor médio de Mg encontrado por Hidalgo et.al.(2005) para alfaces hidropônicas é 3,5 a 5,0g/kg de Mg. Os teores de Mg encontrados nos tratamentos T2 e T3 no cultivo de inverno encontram-se abaixo do recomendado. No entanto, os teores de Mg encontrados nas alfaces no cultivo de verão em todos os tratamentos encontram-se dentro do nível ótimo.

Garcia et al.(1988), também encontrou na parte aérea de alface hidropônica, níveis de Mg próximos aos detectados neste experimento, em torno 3,5 a 5,0g/kg de massa da matéria seca. Sua deficiência ocasiona clorose internerval.

Com relação aos níveis de Ca, no cultivo de inverno o tratamento T3 obteve o menor valor e no cultivo de verão os teores de Ca encontrados nesta pesquisa estão na faixa de 14,2 a 19,5g/kg de Ca, dentro dos níveis ótimos referenciados por Hidalgo et.al.(2005) que é de 16,78g/kg de Ca. A deficiência de Ca caracteriza-se pela redução do crescimento de tecidos, tornando as partes novas deformadas e cloróticas.

Os teores de S no cultivo de inverno encontram-se acima dos níveis ótimos. Já os teores encontrados nesta pesquisa durante o cultivo de verão permaneceram dentro do nível ótimo de 3,09g/kg de S referenciado por Hidalgo et.al.(2005).

Os teores de micronutrientes (Cu, B, Mn, Zn e Fe) presentes na parte aérea da alface cultivada em Águas Amarelas no sistema NFT nos cultivos de Inverno e Verão podem ser observadas na Tabela 5.21 e 5.22

Tabela 5.21 – Teores de micronutrientes detectados na parte aérea das alfaces hidropônicas com os cinco tratamentos no cultivo de Inverno.

Micronutrientes (mg Kg ⁻¹)	T1	T2	T3	T4	T5
Cu	6,0	8,0	8,0	7,0	7,0
B	15,0	36,0	31,0	41,0	46,0
Mn	456,0	538,0	474,0	488,0	491,0
Zn	475,0	850,0	550,0	550,0	600,0
Fe	803,0	1155,0	1313,0	1154,0	1162,0

Tabela 5.22 – Teores de micronutrientes detectados na parte aérea das alfaces hidropônicas com os cinco tratamentos no cultivo de Verão.

Micronutrientes (mg Kg ⁻¹)	T1	T2	T3	T4	T5
Cu	7,0	5,0	6,0	6,0	6,0
B	72,0	51,0	23,0	21,0	20,0
Mn	63,0	100,0	83,0	85,0	76,0
Zn	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Fe	418,0	467,0	547,0	458,0	357,0

Relacionando o teor de Cu detectado na parte aérea das alfaces (Figura 5.7) nos cultivos de inverno e verão, o teor de Cu nos tratamentos encontra-se nos limites referenciados por Trani & Raji(1997) que define o nível de Cu entre 7- 20 mg/kg. O Cu é um ativador enzimático, influência na respiração, fotossíntese e fixação de nitrogênio

Os teores de B acumulados na parte aérea das alfaces no cultivo de inverno para os tratamentos T1, T2 e T3, situando-se dentro dos teores esperados e relatados, entre 24 – 37 mg/kg (NAKAGAWA, 1992) e os teores de B presentes nos tratamentos T4 e T5 estão acima do nível ótimo. No cultivo de verão os teores de B acumulados na parte aérea das alfaces para os tratamentos T3, T4 e T5 situando-se dentro dos teores esperados e relatados e os teores de B presentes nos tratamentos T1 e T2 estão acima do nível ótimo. Valores estes que podem ser observados na Figura 5.7.

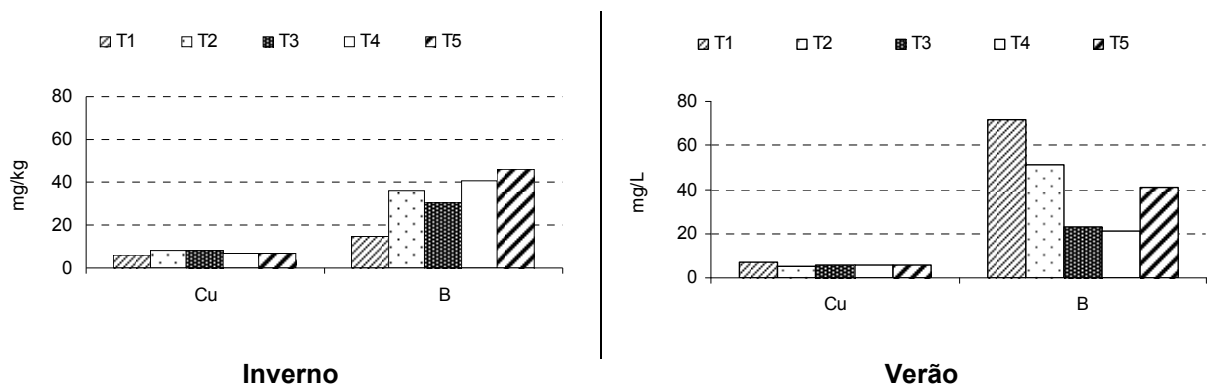


Figura 5.7 - Concentração de micronutrientes (Cu e B) na parte aérea da alface nos diferentes tratamentos.

O B é um micronutriente que ocupa um lugar de destaque, teores elevados podem causar queimaduras e necrose nas folhas.

No cultivo de inverno os níveis de Mn e Zn referenciados na Figura 5.8 encontram-se acima dos limites recomendados por Trani et al, (1997). No cultivo de verão os níveis de Mn e Zn referenciados na Figura 5.8 encontram-se dentro dos limites

recomendados por Trani et al, (1997). Os teores recomendados para esses dois micronutrientes são: 30 – 50mg/L de Mn; e 30 – 100 mg/kg de Zn. O excesso de Mn pode ocasionar manchas necróticas ao longo do tecido condutor da planta. Já o teor elevado de Zn pode ocasionar a indução da carência de P e ou Zn.

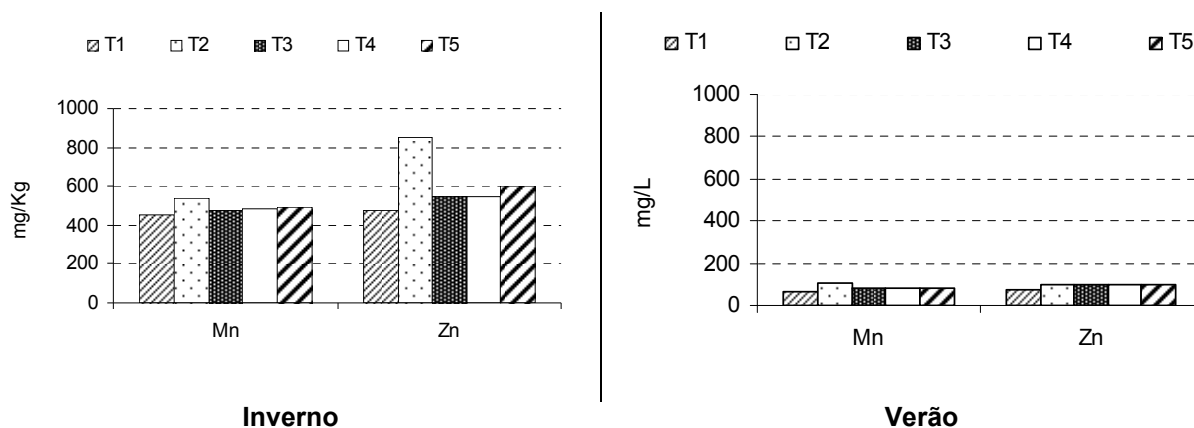


Figura 5.8 - Concentração de micronutrientes (Mn e Zn) na parte aérea da alfaca nos diferentes tratamentos nos cultivos de Inverno e Verão.

Os níveis de Fe nos cultivos de inverno e verão representados na Figura 5.9 encontram-se acima de 50 – 150mg/kg, valores esses recomendados por Trani et al, (1997). O Fe tem papel importante na síntese da clorofila e dos citocromos, além de influenciar a respiração, a fotossíntese e a fixação de nitrogênio.

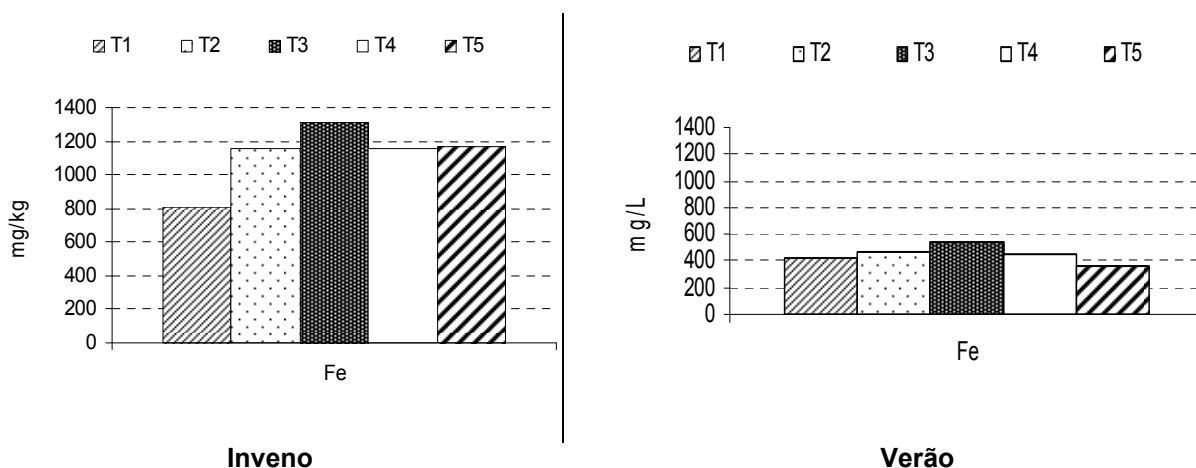


Figura 5.9- Concentração do micronutriente Fe na parte aérea da alfaca nos diferentes tratamentos nos cultivos de Inverno e Verão.

6 - CONCLUSÃO

Caracterização da urina humana

- A quantidade de N:P:K na urina humana varia de acordo com a faixa etária, sendo encontrados em menor quantidade na urina de crianças (3,7 g/hab.dia NTK, 0,3 g/hab.dia P e 1,1 g/hab.dia de K) e maior quantidade em idosos (15,7 g/hab.dia NTK, 1,0 g/hab.dia P e 2,7 g/hab.dia de K), se comparada com a urina de adultos (10,7 g/hab.dia NTK, 0,45 g/hab.dia P e 2,8 g/hab.dia de K).
- A separação da urina humana para reuso é vantajosa às estações de tratamento de esgoto, porque uma completa eliminação da urina do esgoto representa uma diminuição de aproximadamente 90% da carga de nitrogênio e 50% da carga de fósforo. Isso representa uma redução nos custos para remoção de nutrientes no tratamento e diminuição dos riscos de eutrofização de corpos de água.
- O uso da urina humana propicia a reciclagem de importantes quantidades de nutrientes (N, P, K e S) para o uso na agricultura diminuindo consideravelmente o consumo de fertilizantes químicos.
- A estocagem da urina humana no período de seis meses é o suficiente para a estabilização das características físico-química e microbiológicas.

Cultivos de Inverno e Verão no Sistema NFT

- As concentrações médias de NTK, Nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico ampliam com o aumento das concentrações de Águas Amarelas em cada tratamento, no sistema NFT.
- A concentração de fósforo nos reservatórios elevou-se com o aumento da concentração de Águas Amarelas. No final do cultivo hidropônico os valores encontrados nos reservatórios foram de 46mg/L a 80mg/L (cultivo de Inverno) e de 13mg/L a 50mg/L (cultivo de Verão).
- Os resultados das análises microbiológicas de coliformes termotolerantes na parte aérea das alfaces estão dentro dos padrões estabelecidos pela Secretaria de Vigilância Sanitária em todas as amostras analisadas, juntamente com as concentrações de *E.coli* que foram baixo de $9,00 \times 10^{-1}$ NMP/100ml.

- Os resultados obtidos da utilização das diferentes concentrações de Águas Amarelas mostram que a solução nutritiva para alface (FURLANI), é eficiente na produção hidropônica em sistema NFT. Entretanto o cultivo de Inverno realizado com os tratamentos 2 (5% AA) e 3 (10%AA), mostraram-se com possibilidade de uso, proporcionando produção de plantas bastante expressiva. Nas condições de ensaio após a aplicação do teste Tukey as médias obtidas nos tratamentos T1, T2 e T3 não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade, mas diferindo dos tratamentos T4 e T5.
- Nos resultados do cultivo de Verão apenas o tratamento T2(5% AA), mostrou-se com possibilidade de uso, proporcionando produção de plantas bastante expressiva. Nas condições de ensaio após a aplicação do teste Tukey as médias obtidas nos tratamentos T1 e T2 não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade, mas diferem-se dos tratamentos T3, T4 e T5.
- Durante o cultivo de Inverno o teor de N total no tecido vegetal das alfaces cultivadas em Águas Amarelas, no sistema NFT, nos tratamentos T1(SN), T2(5%AA), T4(15%AA) e T5(20%AA) encontram-se dentro dos níveis ótimos, no entanto o tratamento T3(10%AA) está acima do nível recomendado de nitrogênio. No cultivo de Verão os teores de N-total encontrados nesta pesquisa na parte aérea das alfaces variam na faixa de 43 a 48g/kg, a faixa de N-Total no tecido das alfaces cultivadas com solução nutritiva convencional é de 21 a 56 g/kg. sendo as alfaces consideradas saudáveis nesta faixa.
- Os níveis de P e K detectados na parte aérea das alfaces cultivadas no sistema hidropônico NFT irrigadas com Águas Amarelas encontram-se dentro dos níveis ótimo para a produção de alface para os dois cultivos.
- Os teores de B acumulados na parte aérea das alfaces no sistema NFT no cultivo de Inverno, para os tratamentos T1(SN), T2(5%AA) e T3(10%AA), situando-se dentro dos teores esperados e relatados, entre 24 – 37 mg/kg. Os teores de B presentes nos tratamentos T4(15%AA) e T5(20%AA) estão acima do nível ótimo.
- Os teores de B acumulados na parte aérea das alfaces no cultivo de Verão, para todos os tratamentos T3(10%AA), T4(15%AA) e T5(20%AA) situando-se dentro dos teores esperados e relatados, entre 24 – 37 mg/kg. Os teores de B presentes nos tratamentos T1(SN) e T2(5%AA) estão acima do nível ótimo.

7 - RECOMENDAÇÕES

- ❖ Realizar estudo com concentrações de 2,5% e 7,5% de urina humana como fonte alternativa de nutriente na agricultura.
- ❖ Realizar estudo de viabilidade econômica na produção agrícola com o uso de águas amarelas.
- ❖ Realizar a caracterização de Águas Amarelas, analisando a presença de dispositivos endócrinos.
- ❖ Estudar a variação da qualidade de Águas Amarelas após passar por um tratamento biológico, e por processo de desinfecção, verificando a possibilidade do uso na agricultura.
- ❖ Realizar o dimensionamento de reservatório de armazenamento de Águas Amarelas utilizando modelos de cálculo.
- ❖ Dimensionar e implantar um sistema de aproveitamento de Águas Amarelas em uma residência, e estudar o comportamento do mesmo no que diz respeito ao percentual de demanda.
- ❖ Aprimorar o sistema de armazenagem, bem como desenvolver um sistema de transporte da urina.
- ❖ Estudar técnicas de redução de volumes e concentrações de nutrientes.
- ❖ Estudar a viabilidade econômica da implantação do sistema de reúso de águas amarelas em novos empreendimentos

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERONI, R.B. **Hidroponia – Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo**. São Paulo: Nobel. 1º Ed. 1998.102p.

ALMEIDA, M. C.; BUTLER, D.; FRIEDLER, E. At-source domestic wastewater quality. **Urban Water**. v. 1, n 1, p. 49-55, 1999.

AGUIAR, R.G. **Copotamento de família F_{2:3} de alface (*Lactuca sativa* L), originadas de cruzamento entre cultivares contrastantes quanto a características vegetativas e pendoamento precoce**. Dissertação (M.S) de mestrado – Universidade federal de Lavras, 2001. 43p.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidades Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

AYERS, R. M;ALABASTER, G.P.;MARA, D.D. **A desing equation for human intestinal nematode egg removal**. Water Research, 1992. V. 26, n.6, p. 863-865.

AYERS, R. S; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB, 1991, 218 p (Estudos FAO irrigação e drenagem, n.29).

AYERS, R. S; WESTCOT, D. W. **Water Quality for Agriculture**. FAO, Roma, 1985. Documento n.29, Revisado 1.218p).

BASTOS, R.K.X.;BELIVACQUA, P.D.;HELLER, L.;VIEIA, M.B.M.;BRITO, L.A. **Abordagem epidemiológica-sanitária do tratamento e da qualidade parasitológica da água: entre o desejável e o possível**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2001, João Pessoa. *Anais...*Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

BARTA,D.J. **Troubleshooting problems with leafy crops**. In: ANNUAL CONFERENCE ON HYDROPONICS, 13.,1992, Orlando. Proceedings. Orlando,.Florida: Hdroponic Society of American, 1992.p.18-26.

BASTOS, R.K.X. **Fertirrigação com águas residuárias**. In: FOLEGATTI, M.V.(Coord.) **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999, 279p.

BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. ABES, RiMa,2003.267 p.

BATAGLIA, O.C.**Metodos de analise química de plantas**, por Ondino Cleante Bataglia, Ângela Maria Cangiani Furlani, João Paulo Feijão Teixeira, Pedro Roberto Furlani e José Romano Gallo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983.48p.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BAZZARELLA, B. B.; DIAS, G. B.; BASTOS, F. P.; LEE, P. W.; GONÇALVES, R. F. **Caracterização quali-quantitativa da urina humana com vistas ao aproveitamento agrícola**. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande – MS: ABES, 2005. v.1. p. 186-187.

BEEKMAN, G. B. **Qualidade e conservação da água**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, Brasília, 1996.

BERNADI, C. C. **Reuso de Água para Irrigação**. Monografia (Especialização) MBA. ISAE-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília – DF, 2003. 52 p.

BERNARDO, S. MANTOVANI, E. C. SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 7. ed. Viçosa UFV/ Imprensa Universitária., 2005.

BICHLER, K. H.; EIPPER, E.; NABER, K.; BRAUN, V.; ZIMMERMANN, R.; LAHME, S. Urinary infection stones. **International Journal of Antimicrobial Agents**. v. 19, p. 488-498, 2002.

BOAETTO, A.E.; CHITOLINA, J. C.; RIAJ, B.; SILVA, F. C.; TEDESCO, M. J.; CARMO, C. .A. F. S. **Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química**. In: Silva, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rios de Janeiro: Embrapa; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **Compêndio de legislação de alimentos**. São Paulo: ABIA, 1997 .v. 1A.

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

COSTA, C. P. M.; et al. Caracterização qualitativa da água de irrigação na cultura da videira no município de Brejo Santo, Ceará. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.2, 2005.

COUTO, F. A. A.; BRANCO, A. A. **Efeito de fontes de ozônio na fertirrigação da alface**. Revista de Olericultura, 1963. v. 3, p 5-11.

CROOK, J. **Quality criteria for reclaimed water**. Water Science and Technology. 24 (9), 1991. p. 109-121.

DECHEN, A.R.; BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. **Conceitos fundamentais da interpretação da análise de plantas**. Fertilizantes: insumo básico para a agricultura e combate à fome. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. *Anais...*Petrolina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. P. 87-113.

DAVIS, R. M. (Ed); Subbarão, K. V.; Raid, R. N.; Kurtz, E. A. **Compendium of lettuce diseases**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1997. 79 p.

DOYLE, J. D.; PARSONS, S. A. Struvite formation, control and recovery. **Water Research**. v. 36, p. 3925–3940, 2002

ESREY, S. A.; ANDERSSON, I. Saneamento ecológico: fechando o ciclo. Tradução: Joaquim Moura. **Agricultura urbana**, n.3, mar. 2001. Disponível em: <<http://agriculturaurbana.org.br/RAU/AU3/AU3saneamentoecologico.html>>. Acesso em: 01 mar. 2005.

ESREY, S. et al. **Ecological sanitation**. Sida, Stockholm, 1998. Disponível em: <<http://www.ecosanres.org/PDF%20files/Ecological%20Sanitation.pdf>> Acesso em: 11 maio 2005.

FAO - **Wastewater treatment and use in agriculture**. Irrigation and Drainage Paper n.47 Roma, Italia: FAO, 1992. 125p.

FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.

FERREIRA, A . G. **Interferência: competição e alelopatia**. Cap:16, p.251- 262.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Germinação do básico ao aplicado. Porto Alegre. 2004.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitário**. PROSAB 4. Tema 2. Rios de Janeiro: ABES, 2006.461p.

FITTSCHEN, I.; HAHN, H. H. Characterization of the municipal wastewaterpaert human urine and preliminary comparison with liquid cattle excretion. **Water science technology**, Alemanha, v. 38, n. 6, p. 9-16, 1998.

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C.P.; FAQUIN, V. **Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas**. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200-01, 1999.

GANROT, Z. **Urine processing for efficient nutrient recovery and reuse in agriculture**. Göteborg: Göteborg University, 2005. 170 p. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy.

GARCIA, L.L.C.; HAAG, H.P.; DIEHL NETO, W. Nutrição mineral de hortaliças: deficiência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurelia. In: HAAG, H.P.; MINAMI, K. (Ed). **Nutrição mineral em hortaliças**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1988. p.77 – 99.

Goto, R.; Guimarães, V. F.; Echer, M.M. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: Folegatti, M. V. et. al. **Fertirrigação – flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.241-268.

HAAG, H.P.; MINAMI, K. **Concentração de nutrientes de alface (*Lactuca sativa*) cv. Grand Rapids**, de semeadura direta e para corte. Anais da ESALQ, Piracicaba, v.45, p.605-612, 1988.

HIDALGO, P.C.; TAKAHASHI, F.Y.; RUBENS, F. **Desempenho de cinco cultivares de alface em hidroponia**. Horticultura Brasileira. Brasília. v.23, jul.2005, n.2.p.178-181.

HÖGLUND, C. **Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine**. Royal Institute of Technology (KTH). Department of Biotechnology, Applied Microbiology. Stockholm, 2001.

INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (Paris). **World fertilizer use manual**. Paris, 1992. 632 p.

JORDÃO, E.P e PESSOA, C.A. **Tratamento de Esgoto Doméstico**. 4^a ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005. 932p.

JOHANSSON, M. et al. **Urine Separation – closing the nutrient cycle**. Verna Ecology. Stockholm, 2001.

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; RICHERT-STINTZING, A.; RODHE, L. **Urine separation: closing the nutrient cycle**. Stockholm Vatten, Stockholmshem. Estocolmo, 2000.

JÖNSSON, K. et al. Composition of urine, faeces, greywater and biowaste. **The Mistra Programme Urban Water**. Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden, 2005.

KING, F. H. **Farmers of forty centuries permanent agriculture in China, Korea and Japan**. (1973). Rodale Press, Emmaus, PA, USA. (Originally published en 1909). See also Winblad, U and Kilama, W. (1985) Sanitation without water. Macmillan, London, UK.

LEEF, 2001

LIND, B.; BAN, Z.; BYDÉN, S. Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. **Ecological Engineering**, Suécia, v. 16, n. 4, p. 561-566, 2001

LOPES, C. et al. **Coleção de estudos temáticos sobre os objetivos de desenvolvimento do milênio**. Da Rede de Laboratórios Acadêmicos para Acompanhamento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. PNUD Brasil, 2005. <http://www.pnud.org.br/estudos/odm_livreto.pdf> Acessado dia 02/01/2008

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. Ed. Agroceres, SP. 1980. p.284

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H.F. dos **Reúso da água**. Barueri, SP: Manole, 2003. 576 p.

MANILA, C. F. **Ecological Sanitation – An Introduction to the Philippines**. Philippines, 2003.

MANTOVANI, E. C; BERNARDO, S. PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318 p.

MARA, D.D., CAINCROSS, S. **Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture**. Geneva: WHO, 1989. 187p.

MARTINEZ, H. E. P.; FILHO, J. B. da S. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2004. 72 p.

MARTINEZ, H. E. P.; **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. (Cadernos didáticos), Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa -MG, 2002. 16 p.

MARTINEZ, H. E. P.; FILHO, J. B. da S. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 16 p.

MAVROPOULAS, E. **A hidoxiapatita como removedora de chumbo**. 1999. 126f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

METCALF, B. e EDDY, I. N. C. **Wastewater Engineering: treatment, disposal and Reuse**. 3. ed. New York : McGraw-Hill, 1991.

NUVOLORI, A. **Esgoto Sanitário – Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola**. 1ªed. 2003. 520 p.

OLIVEIRA, M de; MAIA, C. E. **Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do estado do Rio Grande do Norte**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.2, p.17-21, 1998.

ONYANGO, E. **Oferta de água em 2025**. In Lista Fonte d'água. Centro de Referência do Everglades (USA) Movimento da Cidadania pelas Águas. Water

Media Network, 16 nov. 2002. Disponível em: <<http://archives.ces.fau.edu/fontedagua.html>>. Acesso em: 25 Set. 2006.

PHOSPHATES. c2005. Disponível em: <<http://www.sin-italy.org/imago/sediment/3.9.3.htm>>. Acesso em 12 set 2005.

RAMOS, J. E. L. **Sombreamento e tipos de ecipientes na formação de mudas e produção em alface**. Dissertação de Mestrado. Mossoró, ESAM, 1995. 53 p.

RAUCH, W.; BROCKMANN, D.; PETERS, I.; LARSEN, T.A.; GUJER, W. Combining urine separation with waste design: an analysis using a stochastic model for urine production. **Water Research**. V 37. 2002

(REBOUÇAS et al, 2008).

REBOUÇAS, A. da C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**, v.13, n. Especial, p. 341-345, 2003.

REICHART, K. **A água em sistemas agrícola**. São Paulo: Manole, 1990. 188 p.

REISSER Jr, C. **Evapotranspiração da alface (*Lactuca sativa*) em estufa plástica e ambiente natural**. Dissertação de Mestrado. Santa Maria: UFSM, 1991. 78 p.

SANITATION. **Global wate supply and sanitation assessment 2000 report**. Geneva, World Health Organization (WHO) and United Nations Children's Fund (UNICEF), Apr 24, 2001, 79 p. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/Globassessment/GlasspdfTOChrm>. Acesso em 16 de novembro de 2005.

SANITATION. **Global water supply and sanitation assessment 2000 report**.

SASSE, A. **Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater**. Task 8, Fertilizer usage. Berlim ,2005

SCHÖNNING, C. **Hygienic aspects on the reuse of source-separated human urine**. In: NJF Seminar, n. 327, Copenhagen, 2001. Disponível em: <<http://www.agisci.kvl.dk/njf327/papers/reviewedSchonning.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2005.

SETTI, A. A;et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANAEE; ANA, 2001. 328 p.

STRATFUL, I.; LESTER, J. N.; SCRIMSHAW, M. D. Conditions influencing the precipitation of Magnesium ammonium phosphate. **Water Research**. v. 35, n. 1, p. 4191-4199, 2001

TANSKI, H. H.; WIJK-SIJBESMA, C. Van. Human excreta for plant production. **Bioresource Technology**, 2003.

TEIXERA, N. T. **Hidroponia**: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba-RS: Agropecuária, 86 p. 1996.

UDERT, K. M.; LARSEN, T. A.; GUJER, W. Estimating the precipitation potential in urine collecting systems. **Water Research**. v. 37, p. 2667-2667, 2003.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. V. 1. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. DESA. UFMG, 2005. 70 p.

WIELAND, P.O., 1994. **Designing for human presence in space—an introduction to environmental control and life support systems**. NASA RP-1324, Appendix E/F,227-251.Disponível em: < <http://trs.nis.nasa.gov/archive/00000204/01/rp1324.pdf>>

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

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents**: methods of wastewater treatment and health safeguards. Of a WHO meetig of experts. Technical report series N° 517. Genebra, 1973.

WOLGAST, M. Rena watten. **Om tankar I kretslopp**. Creamon HB Uppsala, 1993. 186 p.

ANEXOS

ANEXO A

Metodologia das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológica

Parâmetro	Métodos	Referência
pH	Método eletrométrico	STANDARD METHODS 4500-H+ B, 1995
Condutividade Elétrica	Método laboratório	STANDARD METHODS 2510 B, 1995
Temperatura	Método Nefelométrico	STANDARD METHODS 2550 B, 1995
Cloreto	Método Argentométrico	STANDARD METHODS 4500-H+ B, 1995
DBO ₅	Oxitop	
DQO	Oxidação por dicromato de Potássio em meio ácido	STANDARD METHODS 5220 D, 1995
NTK e N-NH ₃	Método Semi-Micro Kjeldahl	STANDARD METHODS 4500 C, 1995
Sulfato	Método turbidimétrico	STANDARD METHODS 4500 –SO ₄ , 1995
Coliformes termotolerantes	Método dos tubos múltiplos	STANDARD METHODS 9221 D, 1995
P _{total}	Método do ácido ascórbico pela Oxidação em meio ácido	STANDARD METHODS 4500 P, 1995
Ortofosfato	Método do ácido ascórbico pela Oxidação em meio ácido	STANDARD METHODS 4500 P, 1995
Potássio	Método de fotometria de chama	STANDARD METHODS 3500-K D, 1995
Sódio	Método de fotometria de emissão em chama	STANDARD METHODS 3500-Na D, 1995