



Universidade Federal da Paraíba/ Universidade Estadual da Paraíba
Programa Regional Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Suzana Marinho Souto Lima

“TRATAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA HORTICULTURA FAMILIAR”



SUZANA MARINHO SOUTO LIMA

**“TRATAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS
NA HORTICULTURA FAMILIAR”**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba / Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área Saneamento Ambiental

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Tavares de Sousa

CO-ORIENTADORA: Prof(a). Dr^a Beatriz Susana Ovruski de Ceballos

Campina Grande – PB

Julho - 2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

L732 t Lima, Suzana Marinho Souto
Tratamento e utilização de esgotos domésticos na horticultura familiar / Suzana Marinho Souto Lima.- Campina Grande: UFPB / UEPB, 2004.
131p.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba, Programa Regional de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

1. Água - Reutilização 2. Agricultura 3. Efluentes 4. Alface
I. Título.

21 ed. CDD 333. 912 3

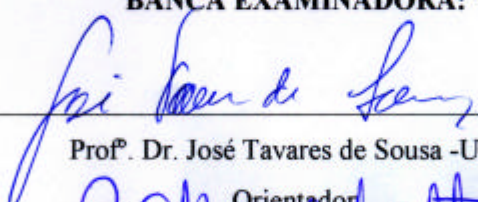
SUZANA MARINHO SOUTO LIMA

**“TRATAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA
HORTICULTURA FAMILIAR”**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba / Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área Saneamento Ambiental.

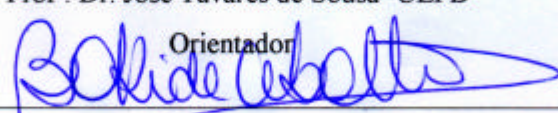
Aprovada em 23 de julho de 2004.

BANCA EXAMINADORA:



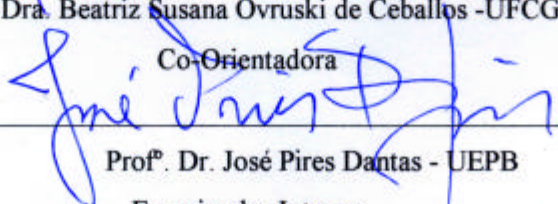
Prof.^o Dr. José Tavares de Sousa -UEPB

Orientador



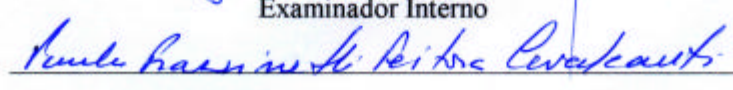
Prof.^a Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos -UFCG

Co-Orientadora



Prof.^o Dr. José Pires Dantas - UEPB

Examinador Interno



Prof.^a Dra. Paula Frassinetti Feitosa Cavalcanti- UFPB

Examinadora Externa

Dedicatória

A Deus, pois sem ele, eu nada seria;

Aos meus pais, José e Sônia;

*Aos Fernandos de minha vida (esposo e
filho);*

*Ao professor Tavares, um pai –
orientador.*

A gradecimentos

A Deus, meu principal orientador, que sempre me enviou seus anjos, para auxiliar-me no transpor dos obstáculos pertinente a esta etapa tão importante de minha vida.

Aos meus pais, pelo esforço para oferecer-me a vida estudantil, aos irmãos, sogros, cunhados pela compreensão da ausência, apoio, incentivo e confiança depositados.

Ao meu esposo Fernando, pelo incentivo e compreensão nos momentos mais difíceis.

Ao professor José Tavares de Sousa, pela orientação com amor ao trabalho científico, amizade, incentivo e confiança depositados.

A professora Beatriz pela orientação, dedicação e conselhos dispensados.

Aos colegas de curso Adriana, Andrezza, Claudenice, Vivianne e Eduardo pela amizade, companheirismo e união, especialmente Eduardo que sempre esteve pronto a auxiliar-me e Claudenice que ajudou-me imensamente na formatação.

Aos professores: Idalina (naca), Auri, Socorro Marques, Sánchez, Ethan, Juarez, José Fideles, Cícero Agostinho, Valderi e José Pires, em especial aos professores Fideles, Valderi e Pires pela ajuda dispensada.

Ao professor Ivan Coelho, por disponibilizar-me sua biblioteca particular.

A professora Hélvia, pela amizade, dedicação e disponibilizar-nos o laboratório de Microbiologia do CCT, para a realização das análises microbiológicas.

A Lamarque (LMRS - Campina Grande PB) e João de Deus (IBAMA), pelo mapeamento georeferenciado da localidade do experimento.

A Luciano pela imensa ajuda e dedicação nos trabalhos laboratoriais.

A Eduardo, Israel, João Batista e Vanessa, pela amizade e realização das análises físico-químicas.

A Israel, pela assistência computacional de uma forma geral.

Ao Sr. Renato Beranger, pela concessão de sua propriedade no município de Lagoa Seca, para instalação do experimento e pela assistência de um modo geral.

Aos funcionários do PRODEMA, especialmente Fátima (secretária), Maria José e Celene (bibliotecárias), Erivaldo (xerox), Ana Maria (serviços gerais) pelos serviços e amizade dispensados.

Ao Laboratório do PROSAB, especialmente aos professores Adrianus, Paula Frassinetti e a bolsista Nélia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico –CNPq (CTHidro) pelo suporte financeiro.

A todos aqueles, que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Epígrafe

*Não apresses a chuva,
ela tem seu tempo de cair e saciar a sede da terra;
Não apresses o pôr do sol,
ele tem seu tempo de anunciar o anoitecer até seu último raio de luz;
Não apresses tua alegria,
ela tem seu tempo para aprender com a tua tristeza;
Não apresses teu silêncio,
ele tem seu tempo de paz após o barulho cessar;
Não apresses teu amor,
ele tem seu tempo de semear mesmo nos solos mais áridos do teu
coração;
Não apresses tua raiva,
ela tem seu tempo para diluir-se nas águas mansas da tua
consciência;
Não apresses o outro,
pois ele tem seu tempo para florescer aos olhos do Criador;
Não apresses a ti mesmo,
pois precisas de tempo para sentir tua própria evolução!*

Resumo

O crescimento populacional e o avanço tecnológico dos últimos anos vêm contribuindo para o aumento da demanda dos recursos hídricos. Em região semi-árida como a do Nordeste do Brasil, onde as chuvas são distribuídas irregularmente, o reúso de águas poderá ser uma alternativa para a convivência com a escassez desse recurso. Estudos demonstram que esgotos domésticos tratados através de lagoas de estabilização podem ser empregados como fonte alternativa de água para a agricultura, especialmente em pequenas áreas agricultáveis, pertencentes a agricultores ribeirinhos. Neste contexto, estão inseridos os agricultores familiares do Município de Lagoa Seca –PB, que têm a horticultura como uma das principais fontes de renda do município. Assim, a presente pesquisa objetivou tratar águas residuárias domésticas, utilizando sistemas anaeróbios, seguidos de lagoa de polimento, visando à obtenção de efluentes com características microbiológicas e parasitológicas que atendessem aos padrões recomendados pela WHO (1989). Também foram comparados os efeitos da fertirrigação com a produtividade dos tratamentos adubados (adubos mineral e orgânico). Os resultados demonstraram que a alface irrigada com efluente da lagoa de polimento (TDH 16 dias) apresentou contaminação inferior àquela estabelecida pela Resolução 12, da ANVISA. Em contrapartida, a alface produzida com efluente decantado, embora tenha apresentado a maior produtividade, revelou índices de qualidade sanitária não aceitáveis, em face da alta concentração de patógenos, mas não deve, por isso ser utilizada para irrigação. O valor fertilizante dos nutrientes, em esgotos sanitários, de um modo geral, é considerado benéfico, haja vista que os efluentes tratados dispõem de macro e micronutrientes necessários para um bom desempenho da cultura, além de poderem substituir a fertilidade natural do solo e/ou a aplicação de adubos, quando estes são insuficientes para manter as necessidades nutricionais das plantas por muito tempo.

Palavras-Chaves: Água, Agricultura, Efluentes, Alface

A bstract

The population growth and the uncontrolled technological advance, have contributed to the increase of the demand by water resources. Water reuse constitutes any alternative to the supply especially in the semiarid region in the Northeast of Brazil, where the rains are irregularly distributed. Studies show that domestic sewage treated in stabilization ponds, can be applied as an alternative source of water for agriculture, specially, in small agriculture areas. The present research is aimed at treating the residual domestic water, using anaerobic systems, followed by polishing ponds, with the objective to produce an effluent with microbiological and parasitological characteristics, that are compatible with the standards recommended by WHO (1989). Also compared was the effect of the fertile-irrigation on the productivity of the fertilised treatment (mineral and organic fertilizers). The results show that irrigated lettuce with effluent of the polishing ponds (TDH 16 days) showed a smaller contamination than to the one established by the Resolution 12, of ANVISA. However, the lettuce produced with decanted effluent kept the hygienic quality at non-acceptable levels. The greatest observed productivity, was obtained with irrigated lettuce by decanted effluent, but it must not be used for irrigation, because it shows a high concentration of pathogens. The value of fertilizing of nutrients in the sanitary sewer, in general, it is considered beneficial, because their treated effluents have macro and micronutrients necessary to a good performance of agriculture, besides they can substitute the natural fertility of the soil and/or the fertilizer application, when they are not sufficient to keep the plants nutritional necessities for a long time.

Keywords - Water, Fertilizers, Agriculture, Effluents, Lettuce

Lista de A breviaturas e Siglas

ANDA – Associação Brasileira para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas

APHA – American Public Health Association

AWWA – American Water Works Association

CCT- Centro de Ciências e Tecnologia

cm - centímetros

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTHidro-

CEPIS – Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente

DEAg – Departamento de Engenharia Agrícola da UFPB

dS/m – deciSiemens por metro

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMEPA – Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária

EESC/USP – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo

ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

FCAV – Faculdade de Ciências Agrárias Veterinárias da UNESP, campus Jaboticabal

FUNEP – Fundação de Estudos e Pesquisa em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

LMRS – Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto

OMS – Organização Mundial de Saúde

OPS – Organização Pan-Americana da Saúde

Org/g – Organismos por grama

POTAFOS – Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

rpm - rotação por minuto

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciências do Solo

SOB – Sociedade de Olericultura do Brasil

UASB – Up flow Anaerobic Sludge Blajet

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UNESP – Universidade Estadual Paulista

WPCF – Water Pollution Control Federation

Lista de Figuras

Figura 1: Localização do município de lagoa seca e da área de estudo.....	44
Figura 2: Esquema da unidade experimental de tratamento de esgotos de lagoa seca, montada na propriedade onde se realizou o experimento.....	45
Figura 3: Tanque de Equalização.....	46
Figura 4: Decantador.....	46
Figura 5: Reator UASB.....	47
Figura 6: Lagoas de polimento em série.....	48
Figura 7: Esquema da área de estudo em detalhe.....	49
Figura 8: Dimensionamento da parcela experimental.....	50
Figura 9: Parcelas experimentais e distribuição dos tratamentos.....	51
Figura 10: Precipitação mensal (mm) do período de janeiro a dezembro de 2002, registrados na Estação Experimental da EMEPA de Lagoa Seca – PB.....	66
Figura 11: Variação da temperatura do ar (°C), no período de janeiro a dezembro de 2002, registradas na Estação Experimental de Lagoa Seca.....	67
Figura 12: Valores médios mensais de DQO, no primeiro e segundo experimentos para os efluentes do decantador e das Lagoas de polimento	75
Figura 13: Valores médios mensais de pH, no primeiro e segundo experimentos para os efluentes do decantador e das lagoas de polimento	76
Figura 14: Valores médios mensais de fósforo total, no primeiro e segundo experimentos para os efluentes do decantador e das lagoas de polimento.....	78
Figura 15: Valores médios mensais de orto-fosfato, no primeiro e segundo experimentos para os efluentes do decantador e das lagoas de polimento	79
Figura 16: Valores médios mensais de nitrogênio total, no primeiro e segundo experimentos para os efluentes do decantador e das lagoas de polimento.....	80
Figura 17: Valores médios mensais de nitrogênio amoniacal , no primeiro e segundo experimentos para os efluentes do decantador e da lagoa de polimento.....	81
Figura 18: Comportamento da área foliar da alface, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento.....	83
Figura 19: Comportamento da área foliar da alface, para os cinco tratamentos, no segundo	

experimento.	84
Figura 20: Comportamento da fitomassa da alface, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento.....	85
Figura 21: Comportamento da fitomassa da alface, para os cinco tratamentos, no segundo experimento.....	86
Figura 22: Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio adicionados durante o ciclo da alface pelos cinco tratamentos no primeiro experimento	89
Figura 23: Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio adicionados durante o ciclo da alface pelos cinco tratamentos no segundo experimento.....	90
Figura 24: Produtividade em massa seca (t/ha), da alface nos cinco tratamentos no primeiro experimento.....	91
Figura 25: Produtividade em massa seca (t/ha), da alface nos cinco tratamentos no segundo experimento.....	92
Figura 26: Concentração de coliformes termotolerantes nas águas de irrigação, na alface colhida e solo após a colheita.....	96
Figura 27: Comparativa de <i>Escherichia coli</i> na alface, solo das parcelas antes do plantio e após a colheita	99

Lista de Tabelas

Tabela 1: Dose infectiva mínima de organismos.....	25
Tabela 2: Helminthos patogênicos para o homem, transmitidos pelas fezes de indivíduos infectados.....	29
Tabela 3: Fatores que influenciam a sobrevivência de bactérias entéricas no solo.....	31
Tabela 4 - Períodos de sobrevivência de alguns agentes patogênicos a 20-30°C, no solo e nas culturas.....	32
Tabela 5: Tipos de tratamentos e padrões da água para reúso no estado da Califórnia.....	33
Tabela 6: Critérios microbiológicos e parasitológicos recomendados pela OMS para utilização de esgotos na agricultura.....	34
Tabela 7: Períodos de realização dos experimentos.....	43
Tabela 8: Características físicas e operacionais do sistema experimental.....	46
Tabela 9: Tratamentos, águas de irrigação utilizadas e adubação do solo das parcelas experimentais onde foi cultivada a alface.....	51
Tabela 10: Características físico-hídricas e químicas do solo, antes da instalação do experimento Lagoa Seca - PB.....	53
Tabela 11: Concentrações de nutrientes no solo recomendadas por Malavolta (1965).....	54
Tabela 12: Teor de nutrientes existentes (mg/dm^3), e quantidade adicionada ao solo do tratamento 2 expresso em Kg/ha.....	55
Tabela 13: Parâmetros físicos e químicos, e os métodos analíticos empregados nas amostras de água de irrigação.....	57
Tabela 14: Exames microbiológicos e parasitológicos e os métodos analíticos utilizados para caracterizar as águas de irrigação, o solo e a cultura no segundo experimento.....	58
Tabela 15: Características físicas e químicas do solo após o primeiro experimento, em Lagoa Seca PB.....	68
Tabela 16: Características físicas e químicas do solo, após o segundo experimento, em Lagoa Seca PB.....	68
Tabela 17: Valores médios dos parâmetros físicos e químicos da água de poço utilizada nos tratamentos 1, 2, e 3, durante o primeiro e segundo experimentos.....	71
Tabela 18: Características dos componentes do vermicomposto utilizado no solo do	

tratamento 3.....	73
Tabela 19: Equações de regressão das curvas de área foliar da alface durante seu ciclo, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento.....	83
Tabela 20: Equações de regressão das curvas de área foliar da alface durante seu ciclo, para os cinco tratamentos, no segundo experimento.....	84
Tabela 21: Equações de regressão das curvas de fitomassa da alface durante seu ciclo, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento.....	85
Tabela 22: Equações de regressão das curvas de fitomassa da alface durante seu ciclo, para os cinco tratamentos, no segundo experimento.....	86
Tabela 23- Avaliação da produtividade no primeiro e segundo experimentos e aplicação do Teste de Tuckey.....	87
Tabela 24: Valores médios e medianos de ovos de helmintos (ovos/L), quantificados pelo método de Bailenger (WHO, 1989) modificado, em amostras de águas utilizadas na irrigação da alface, no período de outubro a dezembro de 2002.....	102

Sumário

Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Epígrafe	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas	ix
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xii
1 Introdução	17
2 Objetivos	20
3 Referencial Teórico	22
3.1 Geração de esgotos e seus aspectos sanitários	23
3.1.1 Atividades antropogênicas e seus riscos	23
3.2 Utilização de esgotos domésticos na agricultura	26
3.3 Organismos patogênicos e meio ambiente	28
3.3.1 Helmintos	28
3.3.2 Patógenos presentes no solo	30
3.3.3 Sobrevivência de patógenos nas culturas	31
3.4 Critérios e normas de qualidade para reúso de água na agricultura	32
3.5 Impactos gerados pelo uso de esgotos domésticos	35
3.6 Tratamentos de esgotos domésticos	35
3.6.1 Sistemas anaeróbios e reator tipo UASB	36
3.6.2 Lagoas de estabilização	37
3.6.2.1 Lagoas de polimento	37
3.7 O surgimento da agricultura familiar no Brasil	38
3.7.1 Características da agricultura familiar Paraibana	39
3.7.2 A agricultura familiar em Lagoa Seca	40
3.8 A viabilidade econômica de utilização de esgotos domésticos na horticultura	40
3.8.1 Características e utilização da alface	41
3.8.2 Composição química	41

3.8.3 Exigências climáticas.....	41
3.8.4 O crescimento e exigências da cultura.....	41
4 Material e Métodos	42
4.1 Localização do experimento e períodos de execução	43
4.2 Descrição da unidade experimental de tratamento de esgotos	45
4.3 Instalação das parcelas experimentais	50
4.3.1 Delineamento experimental.....	50
4.3.2 Preparo e adubação do solo	52
4.3.2.1 Adubação mineral	54
4.3.2.2 Adubação orgânica	55
4.3.3 Plantio e transplântio da alface	55
4.3.4 Manejo da irrigação	56
4.4 Análise da cultura	56
4.5 Procedimentos laboratoriais.....	57
4.5.1 Parâmetros físicos e químicos	57
4.5.2 Exames microbiológicos e parasitológicos.....	57
4.5.2.1 Coliformes termotolerantes	58
4.5.2.1.1 Exame bacteriológico nas águas de irrigação	58
4.5.2.1.2 Coleta e preparação das amostras da alface para o exame bacteriológico	59
4.5.2.1.3 Coleta e preparação do solo para o exame bacteriológico	60
4.5.3 Exames parasitológicos	60
4.6 Análise estatística	61
5 Apresentação e Discussão dos Resultados	62
5.1 Variáveis Climatológicas.....	65
5.1.1 Precipitação.....	65
5.1.2 Temperatura	66
5.2 Características físicas e químicas do solo utilizado nos experimentos.....	68
5.3 Características da água de poço utilizada nos tratamentos 1, 2 e 3	70
5.4 Características do vermicomposto utilizado no tratamento 3	72
5.5 Características físicas e químicas dos efluentes utilizados na irrigação da alface	73
5.5.1 Demanda química de oxigênio	74
5.5.2 Potencial hidrogeniônico	75
5.5.3 Fósforo total	77
5.5.4 Orto-fosfato.....	78

5.5.5 Nitrogênio total.....	79
5.5.6 Nitrogênio amoniacal.....	80
5.6 Avaliação agronômica	82
5.6.1 Análise de crescimento	82
5.6.1.1 Área foliar.....	82
5.6.1.1.1 No primeiro experimento.....	82
5.6.1.1.2 No segundo experimento	83
5.6.1.2 Fitomassa	84
5.6.1.2.1 No primeiro experimento.....	84
5.6.1.2.2 No segundo experimento	86
5.6.2 Quantidade de NPK aplicados no solo	87
5.6.2.1 No primeiro experimento.....	87
5.6.2.2 No segundo experimento	89
5.6.3 Produtividade da alface (<i>Lactuca sativa</i>)	90
5.6.3.1 No primeiro experimento.....	90
5.6.3.2 No segundo experimento	91
5.7 Exames microbiológicos.....	93
5.7.1 Coliformes termotolerantes	93
5.7.1.1 Nas águas de irrigação	93
5.7.1.2 Na alface	94
5.7.1.3 No solo após colheita	95
5.7.2 Concentrações de <i>E. coli</i>	96
5.7.2.1 Na alface	97
5.7.2.2 No solo antes do plantio	98
5.7.2.3 No solo após colheita	98
5.8 Dados Parasitológicos.....	100
5.8.1 Ovos de helmintos	100
5.8.1.1 Nos efluentes e na água de poço	100
5.8.1.2 Na alface	102
5.8.1.3 No solo após colheita	103
6 Conclusão.....	105
7 Recomendações	108
8 Referências Bibliográficas	110
9 Anexo	123

1. Introdução

O homem vive em coletividade e, cada vez mais, precisa aprender a lidar com os problemas decorrentes do crescimento das suas próprias atividades determinadas pela necessidade de sobrevivência em grupo. Entretanto o que vem acontecendo é o contrário: os resíduos domésticos e industriais são lançados de forma indiscriminada no meio ambiente, poluindo e contaminando solos, águas superficiais e subterrâneas.

Na região semi-árida do Nordeste brasileiro, onde a escassa disponibilidade de água constitui importante obstáculo ao seu desenvolvimento, é inevitável que exista uma crescente tendência para a utilização de esgotos domésticos tratados na agricultura familiar, categoria social marcante nessa região.

Essa prática aumenta a oferta de águas superficiais e subterrâneas direcionadas para fins menos exigentes, bem como favorece a economia de água de potencial potável, para usos mais nobres, além de prevenir a poluição e doenças de veiculação hídrica, provocadas pela falta de saneamento básico e pelo não tratamento adequado dos esgotos domésticos.

A agricultura familiar está presente no Brasil desde o período colonial, quando subsistia no interior das grandes propriedades monocultoras de exportação. Sempre esteve relegada a segundo plano, isto porque a grande produção, que representa o modelo socialmente reconhecível, e que usufrui dos incentivos e privilégios.

A agricultura familiar paraibana, devido à irregularidade das chuvas, que acontecem geralmente num período de três meses por ano, e à falta de políticas de armazenamento e gerenciamento dos recursos hídricos, restringe-se a produção vegetal apenas durante as chuvas. Neste contexto, estão inseridos alguns agricultores familiares do município de Lagoa Seca - PB, que para suprir essa escassez de água utilizam esgotos domésticos sem nenhum tratamento na horticultura, principalmente na cultura da alface.

A alface foi a hortaliça escolhida em razão de apresentar um ciclo vegetativo curto (de 60 a 70 dias) oferecendo resultados rápidos, ser cultivada na região por agricultores familiares e ser alvo de prática de irrigação com esgotos domésticos sem nenhum tratamento prévio, gerando a rejeição dos consumidores ao produto e, conseqüentemente, a perda do mercado consumidor de hortaliças daquele município.

Neste sentido foi realizada uma investigação experimental na qual, buscou-se tratar esgotos domésticos provenientes do município de Lagoa Seca, para ser utilizado no cultivo da alface. Tal tratamento foi realizado por um decantador, com tempo de detenção hidráulica de 3 dias, de onde eram retirados diariamente 42 litros de esgoto decantado para a irrigação do

tratamento 5 e bombeados 230L para um reator UASB de 80L, seguido de 2 lagoas de polimento em série.

Assim sendo, foi realizada fertirrigação com os efluentes do decantador (T5) e das lagoas de polimento (T4), comparando-se a produtividade e a qualidade sanitária da alface proveniente desses tratamentos, com aquela irrigada com água de poço e solo com adubação mineral (T2), bem como a irrigada com água de poço e solo com adubação orgânica (T3)

Diante dos resultados experimentais foi observado que: (1) Os maiores valores de fitomassa, obtidos durante os dois experimentos, foram atribuídas às alfaces irrigadas com efluente decantado. Essa constatação evidencia a influência das altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes presentes nesse efluente. Mas, do ponto de vista microbiológico e parasitológico, esse efluente não deverá ser utilizado na irrigação de hortaliças folhosas consumidas cruas. (2) O efluente da lagoa de polimento, apesar de apresentar pH elevado, variando entre 8,7 e 9,0, mostrou-se adequado para a cultura da alface, pois, a produtividade do tratamento 4, superou os tratamentos 1, 2 e 3, que foram irrigados com água de poço, e os solos sem adubação, com adubo mineral e com vermicomposto, respectivamente. (3) A análise de crescimento e a produtividade entre os tratamentos: irrigação com efluente de lagoa de polimento, solo com adubação mineral e solo com vermicomposto, não apresentaram estatisticamente diferenças significativas. Portanto, tratar esgotos sanitários objetivando utilizá-los na agricultura é uma alternativa viável porque, além de suprir a demanda de água, também podem servir para a fertirrigação.

2. *Objetivos*

2.1 - GERAL:

Avaliar a viabilidade da aplicação de esgotos domésticos tratados na cultura da alface quanto a produtividade e a qualidade sanitária.

2.2 - ESPECÍFICOS:

- Monitorar um sistema de reator UASB, alimentado esgoto decantado, seguido de duas lagoas de polimento em série, visando obter efluente com características químicas, físicas e sanitárias apropriadas para a irrigação de hortaliças, quanto à remoção de matéria orgânica, nutrientes e patógenos.
- Quantificar bactérias indicadoras de contaminação fecal e helmintos patogênicos, nos efluentes tratados.
- Cultivar alface sob cinco tratamentos diferentes analisando o nível de contaminação microbiológica e parasitológica das águas de irrigação;
- Avaliar, entre os cinco tratamentos testados, qual é o mais adequado, do ponto de vista da produtividade.

3. Referencial Teórico

3.1 – Geração de esgotos e seus aspectos sanitários

3.1.1 Atividades antropogênicas e seus riscos

O crescimento populacional e o avanço tecnológico levam o homem a buscar maior espaço para suas atividades e a enfrentar problemas delas decorrentes. Conseqüentemente, a crescente demanda social tornou mais escassos os recursos naturais. Nesse processo, a água, elemento indispensável à sobrevivência, apesar de ser um recurso renovável, constitui um aspecto extremamente preocupante, em função do seu uso indiscriminado, que compromete a qualidade e a quantidade para o consumo humano.

Como instrumento importante na solução dos problemas decorrentes das atividades humanas, o saneamento ambiental não envolve apenas a infra-estrutura física (obras e equipamentos) dos serviços básicos, mas deve ser entendido como:

Conjunto de ações sócio-econômicas que têm por objetivo alcançar níveis de Salubridade Ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (F.N.S., 1999).

Embora a evolução dos serviços de saneamento básico no Brasil tenha passado por melhorias na cobertura com água potável, os serviços de esgotamentos sanitários continuam deficientes. De acordo com dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, do IBGE, (2000), na Região Nordeste do Brasil, 42,9% dos municípios têm esgotamento sanitário, sendo que, apenas 13,3%, coletam e tratam seus esgotos.

Na ausência ou ineficiência do saneamento, os resíduos advindos das atividades humanas desenvolvidas poluem a água. Nesses resíduos encontram-se, entre outros constituintes, organismos patogênicos, que são responsáveis pelas doenças de veiculação hídrica.

Organismos patogênicos presentes em efluentes utilizados para irrigação provocam doenças, quando ao resistirem aos processos de tratamento de esgotos, e sobrevivem no meio ambiente em quantidade suficiente para contaminar indivíduos susceptíveis, que tenham contato com a água, solo ou cultura contaminados.

Segundo Feachem et al., (1983), alguns fatores básicos influenciam a transmissão de doenças relacionadas com as excretas. São eles: a carga excretada, a latência, a persistência, a multiplicação do microrganismo no meio ambiente, a dose infectiva e a susceptibilidade do novo hospedeiro.

A carga excretada refere-se à concentração de patógenos excretados por uma pessoa infectada. Dependendo do microrganismo envolvido e do indivíduo, essa carga pode variar. As pessoas contaminadas por nematóides excretam poucos ovos (em torno de 10^4 por grama de fezes), enquanto as acometidas por cólera aguda podem excretar até 10^{13} víbrios por grama de fezes. Quanto maior a carga excretada, maior é a chance do organismo patogênico infectar um novo hospedeiro (FEACHEM, et. al., 1983).

A latência é definida como o intervalo de tempo em que o patógeno é excretado e o período que o mesmo leva para tornar-se infectivo. Alguns microrganismos como os vírus, as bactérias e os protozoários, não apresentam período de latência. Apenas os ovos ou as larvas de *Enterobius vermicularis*, *Himenolepis nana* e *Strongyloides stercorales* são imediatamente infectantes. Todos os outros helmintos requerem distintos períodos de latência para se tornarem infectivos (SHUVAL et. al., 1986). Os ovos férteis de *Ascaris lumbricoides*, por exemplo, tornam-se embrionados em 15 dias, no solo, em presença de temperatura adequada (25 a 30°C), umidade mínima de 70% e oxigênio (NEVES, et. al., 2003).

A persistência refere-se ao tempo de sobrevivência de um patógeno, durante o qual preserva sua patogenicidade, podendo atingir um novo hospedeiro. Esse tempo está relacionado à resistência do patógeno às condições desfavoráveis do ambiente: altas temperaturas, efeito bactericida da luz solar, ações dos predadores e competição por nutrientes (FEACHEM, et. al., 1983).

A multiplicação se constitui na capacidade do microrganismo se multiplicar em certos ambientes, até atingir a dose infectiva (FEACHEM, et. al., 1983). Por exemplo, as bactérias podem se multiplicar facilmente em alimentos, caso encontre substrato favorável. Os trematódeos se reproduzem em moluscos que são seus hospedeiros intermediários. Vírus e protozoários não se multiplicam fora dos seus hospedeiros (SHUVAL, et. al., 1986).

Feachem et. al., 1983, definem dose infectiva como a concentração dos microrganismos necessária para iniciar uma infecção num novo hospedeiro. Na Tabela 1, estão apresentadas as doses infectivas de alguns microrganismos. Esta pode ser muito baixa e mesmo assim transmitir a doença com apenas um único organismo. Os helmintos constituem

exemplos de dose infectiva baixa ($1-10^1$ ovos). Outras doses podem ser altas, como é o caso da *Escherichia coli* (10^6-10^8 organismos).

Shuval et. al., (1987), através de um modelo matemático, fizeram uma avaliação de risco, na população de Israel, que ao consumir 100g de alface por dia, que tivessem sido irrigadas com efluentes tratados, obedecendo ao limite máximo de 1000 UFC/100ml (WHO, 1989) e constataram que o risco anual de contrair uma doença por vírus é aproximadamente de 10^{-6} a 10^{-7} e de contrair a infecção por rotavírus mantém-se na ordem de 10^{-5} a 10^{-6} . Nesse contexto, considerando esse modelo de Shuval e colaboradores, a alface produzida nessa pesquisa, com efluente tratado segundo a OMS, não oferece grandes riscos de contrair as doenças.

Tabela 1: Dose infectiva mínima de organismos

Organismos	Dose infectiva mínima
<i>Salmonella ssp.</i>	$10^4 - 10^7$
<i>Shigella spp.</i>	$10^1 - 10^2$
<i>Escherichia coli</i>	$10^6 - 10^8$
<i>Vibrio cholerae</i>	10^3
<i>Campylobacter jejuni</i>	$10^2 - 10^6$
<i>Giardia lamblia</i>	$10^1 - 10^2$ cistos
<i>Cryptosporidium</i>	10^1 cistos
<i>Entamoeba coli</i>	10^1 cistos
<i>Ascaris</i>	$1 - 10^1$ ovos
<i>Hepatitis A vírus</i>	$1 - 10$ UFP*

Fonte: Bitton, 1999.

* Unidade Formadora de Placa

O novo hospedeiro é aquele que adquirirá a enfermidade por ingestão de água ou alimentos contaminados por fezes (FEACHEM, et. al., 1983). Vários fatores próprios do novo hospedeiro facilitam ou dificultam a aquisição da infecção: estado imunológico, nível de nutrição-desnutrição, idade. São mais susceptíveis as crianças, os idosos, os imunodeprimidos e os desnutridos, que podem tornar-se doentes por ingestão de patógenos em concentrações menores que a dose infectiva (CEBALLOS, 1990).

Os fatores básicos que influenciam a transmissão de doenças apresentados anteriormente permitiram Shuval et. al., (1986) a elaboração de uma classificação para os organismos patogênicos, segundo sua probabilidade de impor riscos atribuíveis à irrigação com esgotos (BASTOS, 2003):

⇒ Alto risco – helmintos, nematóides intestinais humanos (*A. Lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *N. Americanus* e *A. Duodenale*);

- ⇒ Médio risco- bactérias (*V. Cholerae*, *S. Tipy*, *Shigellae spp.*) e protozoários (*E. Hystolitica*, *Giárdia sp.* e *Crysptosporidium spp.*);
- ⇒ Baixo risco- Vírus (enterovírus e vírus da hepatite).

3.2 Utilização de esgotos domésticos na agricultura

O reúso planejado de águas de esgotos na agricultura é praticado em países desenvolvidos como os Estados Unidos, Alemanha, Israel, China e Austrália, e vem crescendo consideravelmente em regiões áridas e semi-áridas de países em desenvolvimento como México, Peru e Índia. Na América Latina, Peru e Chile apresentam exemplos significativos de reúso. Em muitos desses países, o reúso é regulamentado por legislação específica. No Chile, todo o esgoto de Santiago é utilizado para a irrigação de áreas vizinhas à cidade. Em épocas de estiagem, normalmente se pratica o reúso direto para irrigação de hortaliças (TSUTIYA,2001).

Atualmente, a agricultura depende do suprimento de água em um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem que critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implementados em curto prazo. A reversão do cenário crítico em termos de suprimento de água não poderá ser administrada apenas pelo estabelecimento de prioridades ou de mecanismos de controle de oferta, tais como outorga e cobrança. O tratamento e reúso de águas de baixa qualidade constitui o mais atual instrumento para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos nacionais (HESPANHOL, 2003).

A população brasileira tem pouco conhecimento acumulado sobre a utilização de esgotos domésticos tratados na agricultura, e a própria pesquisa sobre tratamento de esgotos domésticos no país recebeu pouco enfoque, o que não significa, que não ocorra de forma “clandestina”(SANTOS, 1997).

No Nordeste do Brasil, a escassez de água faz com que os horticultores utilizem aquelas de mais fácil acesso, sem nenhum critério de qualidade, mas apenas pela facilidade que encontram para sua utilização, ocorrendo agravamento do quadro nas regiões periféricas das cidades. Grande parte dos municípios brasileiros não trata seus esgotos, e os lançam nos corpos aquáticos próximos contaminando-os. Agricultores estabelecidos nas periferias das cidades acabam por utilizar essas águas contaminadas na irrigação, fechando-se o ciclo com

os produtos agrícolas produzidos nestas hortas. Estes são vendidos nas feiras livres, veiculando assim a transmissão de doenças entéricas (BARROS, 1997).

Na Paraíba, em especial no município de Lagoa Seca, há indícios da utilização de esgotos domésticos sem nenhum tratamento, na horticultura, sendo esta atividade uma das principais fontes de renda do município. Conforme a pesquisa realizada por Nóbrega (2002) com alface comercializada na Feira Central de Campina Grande, foi constatado que, das 23 bancas pesquisadas, 15 (65,2%) eram abastecidas com alface provenientes deste município, e que as mesmas apresentaram elevados percentuais de contaminação por enteroparasitas, revelando práticas inadequadas de cultivo do ponto de vista higiênico-sanitário.

Lima, et. al., (2002), analisando amostras de alface provenientes dos supermercados, feira livre de Campina Grande, e hortas de alguns produtores do Município de Lagoa Seca PB, encontraram ausência de ovos de helmintos nas amostras coletadas nos supermercados, porém na alface da feira livre e dos produtores, foi detectada a presença de ovos de helmintos.

Oliveira e Germano (1992), analisando hortaliças, inclusive alface, colhidas junto à CEAGESP (Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo), detectou uma grande variedade de helmintos, e que estes eram de ocorrência freqüente na população residente na Região Metropolitana de São Paulo.

Guilherme, et. al., (1999), investigando as condições sanitárias de hortaliças consumidas cruas, representadas pela alface, agrião, entre outras, vendidas na Feira do Produtor, em Maringá – PR, detectou que das 144 amostras analisadas, 24 amostras (16,6%) apresentaram contaminação por enteroparasitas.

Takayanagui, et. al., (2001), pesquisando verduras e hortaliças, em especial a alface, comercializadas em 172 pontos de venda, no Município de Ribeirão Preto – SP, evidenciaram a presença de diversos enteroparasitas em 33% das amostras analisadas.

Monge, et. al., (1995), estudando amostras de hortaliças, dentre elas alface, vendidas em feiras livres da Costa Rica, evidenciou elevado número de enteroparasitas.

A constatação da ocorrência de enteroparasitas em hortaliças que são consumidas cruas, como ressalta vários autores, pode estar relacionada com a utilização de esgotos não tratados no seu cultivo. Dessa forma, se faz necessário à implantação da prática do tratamento de esgotos para a irrigação irrestrita, bem como, o fortalecimento do Sistema de Vigilância

Sanitária, para a fiscalização de alimentos oferecidos à população, e adoção de preceitos básicos de higiene por parte dos produtores e manipuladores de alimentos.

3.3 Organismos patogênicos e meio ambiente

Segundo Bitton (1994), desde 1914, o Serviço de Saúde Pública utiliza as bactérias do grupo coliforme como indicadores de contaminação fecal da água de beber. Na atualidade, ainda se adotam esses indicadores, apesar de serem bastante questionáveis. Mesmo assim, os padrões bacteriológicos internacionais de classificação de água segundo seus usos inclusive as residuárias tratadas que serão descartadas no meio ambiente baseiam-se na concentração de coliformes fecais, que são denominados atualmente de termotolerantes. Estes abrange o subgrupo dos coliformes totais, que apresentam essa denominação por apresentarem proteínas mais resistentes ao calor na membrana celular e no citoplasma, o que lhes permite melhor adaptação às temperaturas mais elevadas, fermentando a lactose com produção de ácido e gás a 44, 5° C em 24 h (APHA, 1995; CEBALLOS 2000).

Os coliformes termotolerantes incluem espécies de vidas livres dos gêneros *Klebsiella spp*, *Citrobacter spp*, *Enterobacter spp* e *Escherichia coli*, podendo apresentar algumas espécies patogênicas. Como apenas a *Escherichia coli* é de origem exclusivamente fecal, sua detecção indica que houve, com certeza, poluição por esgotos ou fezes de animais homeotérmicos. Uma característica bioquímica que diferencia a *E. coli* de outros coliformes é a sua capacidade de produzir a enzima β – glucoronidase, que cliva o β -D-glucoronido-4-metil umbeliferona (MUG), liberando o 4-metil-umbeliferona, que apresenta fluorescência azul intensa quando exposta à luz de Ultra Violeta, com o comprimento de onda de 365 nm. É a única bactéria do grupo dos coliformes que satisfaz todas as condições que devem apresentar um indicador de contaminação fecal (CEBALLOS, 2000).

3.3.1 Helmintos

Os parasitos helmínticos são comumente encontrados no trato intestinal humano. Constituem três filos: Platyhelminthes (vermes achatados dorsoventralmente), Aschelminthes (vermes de forma cilíndrica) e Acanthocephala (forma cilíndrica ou ligeiramente comprimido lateralmente). Apenas dois filos são de interesse, os Platyhelminthes e os Aschelminthes da classe Nematoda. Os Platelmintos dividem-se em três classes. Os Turbelários Cestódeos e os Trematódeos, sendo a primeira classe quase exclusivamente de vida livre e as duas últimas

exclusivamente parasitas (NEVES, 2003). Na Tabela 2, estão os principais representantes das classes de interesse para a saúde humana.

Tabela 2: Helmintos patogênicos para o homem, transmitidos pelas fezes de indivíduos infectados.

Helminto	Transmissão	Enfermidade
Nematodo		
<i>Ascaris lumbricóides</i>	Homem-solo-homem	Ascaridíase
<i>Trichuris trichiura</i>	Homem-solo-homem	Tricuríase
<i>Enterobius vermicularis</i>	Homem-homem	Enterobíose
<i>Strongyloides stercoralis</i>	Homem-homem	Estrongiloidíase
<i>Necator americanus</i>	Homem-solo-homem	Ancilostomíase
<i>Ancylostoma duodenale</i>	Homem-solo-homem	Ancilostomíase
Cestodo		
<i>Taenia solium</i>	Homem-porco-homem	Teníase
<i>Taenia saginata</i>	Homem-vaca-homem	Teníase
<i>Hymenolepis nana</i>	Homem ou roedor-homem	Himenolepidíase
Trematodo		
<i>Schistosoma haematobium</i>	Homem-caracol aquático-homem	Esquistosomose
<i>Schistosoma mansoni</i>	Homem e animal-caracol aquático-homem	Esquistosomose
<i>Schistosoma japonicum</i>	Homem-caracol aquático	Esquistosomose
<i>Fasciola hepática</i>	Ovelha-caracol aquático-homem	Fasciolose
<i>Clonorchis sinensis</i>	Homem ou animal-caracol aquático-peixe-homem	Clonorquíase

Fonte: Ceballos, 2000.

Estima-se que em todo o mundo cerca de 1 bilhão de indivíduos alberguem *Ascaris lumbricóides*, sendo menor contingente infestado por *Trichuris trichiura* e ancilostomídeos (FERREIRA, et. al., 2000).

A disseminação das helmintoses intestinais no Brasil foi avaliada através de levantamento feito em 1960, por Pellon e Teixeira. Relataram que dos 70 milhões de brasileiros, 50 milhões estavam parasitados por *Ascaris lumbricóides*, evidenciando-se que a ascaridíase é a helmintose mais comum no país (PESSOA MARTINS, 1988). Em 1971, o Departamento Nacional de Endemias Rurais estimou para a população brasileira, de 90 milhões de habitantes, que havia a ocorrência de ascaridíase em 54 milhões (NEVES, 2003).

O *Ascaris lumbricóides* é o maior nematóide intestinal. Este está amplamente presente em regiões tropicais e temperadas, mais intensamente encontrado em lugares de clima quente e úmido e onde as condições higiênicas são precárias. No Brasil sua incidência é muito freqüente entre habitantes das zonas rurais e das áreas não urbanizadas que não possuem esgotamento sanitário (PESSOA, MARTINS, 1988; LEVENTHAL, 2000; REY, 1991).

Devido ao seu espesso invólucro, os ovos de *A. lumbricóides* são bastante resistentes aos agentes químicos e às baixas temperaturas, porém muito sensíveis aquelas acima de 40° C, e à luz solar direta. Em condições favoráveis, podem permanecer viáveis no solo por muitos meses e mesmo anos. (MORAES, 2000; REY, 1991).

3.3.2 Patógenos presentes no solo.

Os microrganismos patogênicos, após excretados juntamente com as fezes, podem sobreviver no ambiente, apesar de não se reproduzirem fora do hospedeiro, com exceção de algumas bactérias em condições extremamente favoráveis (BASTOS, 2003).

Há uma grande dificuldade de se obter informações precisas sobre a composição quantitativa e qualitativa das comunidades microbianas do solo, pois os mesmos apresentam microhabitats distintos (CARDOSO, 1992), mas as bactérias se constituem em maior abundância e diversidade entre as espécies. Outros microrganismos como fungos, algas, protozoários, vírus e nematódeos também fazem parte da comunidade microbiana, sendo as condições químicas e físicas do solo (Tabela 3) que determinam a sobrevivência das bactérias no solo (PELCZAR, 1996 ; TSAI, et. al., 1992).

Geralmente, os coliformes fecais ou termotolerantes sobrevivem no solo por apenas 10 semanas, sendo que 90% da redução desses microrganismos ocorre entre duas e três semanas. Porém, sob condições de umidade e baixa temperatura, podem sobreviver por vários meses (PAGANINI, 2003).

Tabela 3: Fatores que influenciam a sobrevivência de bactérias entéricas no solo.

Fator	Efeitos na sobrevivência das bactérias
Antagonismos da microflora do solo	Sobrevivência por mais tempo em solo estéril
Grau de umidade	Sobrevivência por mais tempo em solos úmidos e durante períodos de grande precipitação pluvial
Capacidade de retenção da umidade	Período de sobrevivência maior em solos arenosos do que em solos com maior capacidade de retenção de umidade
Matéria orgânica	Maior período de sobrevivência das bactérias e possibilidades de reprodução na presença de quantidade suficientes de matéria orgânica
pH	Menor tempo de sobrevivência em solos ácidos (pH 3 a 5) do que em solos alcalinos
Luz solar	Menor período de sobrevivência na superfície do solo
Temperatura	Sobrevivência por mais tempo em temperaturas baixas e durante o inverno.

Fonte: Shuval et al., 1986.

Estudos de campo e laboratório têm mostrado que os ovos de helmintos patógenos, presentes em solos cultivados e nas águas de irrigação das culturas, podem sobreviver por meses, período suficiente para tornarem-se viáveis e infectarem os consumidores (FEACHEM, 1983).

3.3.3 Sobrevivência de patógenos nas culturas

Na Tabela 4, observa-se que os microrganismos patogênicos sobrevivem por períodos mais curtos nas superfícies das culturas que no solo, fator relacionado à maior exposição destes aos raios solares. Segundo Shuval et. al., (1986), o tempo de sobrevivência dos patógenos nas culturas pode ser prolongado, particularmente quando os microrganismos estão em áreas mais úmidas do vegetal e protegidas dos raios solares.

Para Feachem et al, (1983), a desinfecção completa das hortaliças pode ser realizada pela imersão das folhas em água aquecida a 60°C durante 10 minutos, período suficiente para a inativação de cistos de protozoários e ovos de helmintos.

Tabela 4 - Períodos de sobrevivência de alguns agentes patogênicos a 20-30°C, no solo e nas culturas.

Agente patogênico	Período de sobrevivência	
	No solo	Nas culturas
VIRUS		
Enterovírus*	< 100, comumente < 20 dias	< 60, comumente < 15 dias
BACTÉRIAS		
CF	< 70, comumente < 20 dias	< 30, comumente < 15 dias
<i>Salmonella spp</i>	< 70, comumente < 20 dias	< 30, comumente < 15 dias
<i>Vibrio cholerae</i>	< 20, comumente < 10 dias	< 5, comumente < 2 dias
PROTOZOÁRIOS		
Cistos de <i>Entamoeba histolytica</i>	< 20, comumente < 10 dias	< 10, comumente < 2 dias
HELMINTOS		
Ovos de <i>Ascaris lumbricoides</i>	Muitos meses	< 60, comumente < 30 dias
Larvas de <i>Ancilostoma</i>	< 90, comumente < 30 dias	< 30, comumente < 10 dias
Ovos de <i>Taenia saginata</i>	Muitos meses	< 60, comumente < 30 dias
Ovos de <i>Trichuris trichiura</i>	Muitos meses	< 60, comumente < 30 dias

Fonte: Adaptado de Shuval et al., 1986.

(*) Inclui poliovírus, echovírus e coxsackievírus

3.4 Critérios e normas de qualidade para reúso de água na agricultura

A disposição de esgotos no solo é prática bastante antiga. As cronologias da evolução do saneamento citam esse emprego na Alemanha e na Inglaterra já nos séculos XVI e XVII, encontrando-se referência a sua utilização em épocas bem mais remotas, como é o caso da irrigação com esgoto executada em Atenas, antes da Era Cristã. Até fins do século passado e início deste, essa foi a forma mais praticada e bem-sucedida de tratamento e disposição de esgotos resultantes da atividade humana (PAGANINI, 1996).

Os primeiros programas e planejamento para reúso de águas residuárias domésticas se iniciaram no começo do século XX, através do Departamento de Saúde Pública que regulamentou, pela primeira vez, o aproveitamento e o reúso de água (ASANO & LEVINE, 1996).

Esses padrões foram modificados em 1968, quando se exigia um padrão de 2,2 coliformes por 100ml para irrigação irrestrita (BASTOS et. al., 2003), conforme estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Tipos de tratamentos e padrões da água para reúso no estado da Califórnia

Tipos de reúso	Coliformes (NMP/100ml)	Tratamento requerido
Produção de pastagens, fibras e sementes	Não requerido	Secundário
Pastagens para gado Irrigação de campos Irrigação superficial de produtos alimentícios a serem industrializados	23	Secundário e Desinfecção
Irrigação superficial de vegetais a serem ingeridos crus	2,2	Secundário e Desinfecção
Irrigação de vegetais por aspersão	2,2	Secundário, Coagulação, Clarificação e Desinfecção

Fonte: Adaptado Crook & Surampalli, 1996.

Em 1982, o Banco Mundial e a OMS, baseados em novas evidências epidemiológicas e tecnológicas, iniciaram um estudo que resultou em “Diretrizes de Saúde para o Uso de Águas Residúarias para a Agricultura e Aquicultura”. Em 1989, em Genebra, Suíça, foram publicadas as diretrizes sanitárias, que ditam os critérios básicos para a proteção dos grupos de risco, bem como a definição de padrões microbiológicos (até 1000 coliformes fecais/100ml) e parasitológicos (< 1 ovo de helminto/litro de efluente) para águas residúarias utilizadas na irrigação de vegetais consumidos crus (WHO, 1989).

Tabela 6: Critérios microbiológicos e parasitológicos recomendados pela OMS para utilização de esgotos na agricultura.

Categoria	Condições de reúso	Grupos expostos	Nematodos intestinais ⁽¹⁾ (Nº de ovos/litro) ⁽²⁾	Coliformes fecais (Nº/100ml) ⁽³⁾	Sistema de tratamento recomendado para atingir a qualidade microbiológica
A	Irrigação de culturas a ser ingeridas cruas, campos esportivos, parques públicos. ⁽⁴⁾	Operários, consumidores, públicos.	= 1	= 1.000	Lagoas de estabilização em série ou tratamento equivalente em termos de remoção de patógenos
B	Irrigação de cereais, culturas industriais, forragem, pastos e árvores. ⁽⁵⁾	Operários	= 1	Não aplicável	Retenção em lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais
C	Irrigação localizada de culturas B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e de público.	Nenhum	Não aplicável	Não aplicável	Pré-tratamento requerido pela técnica de irrigação aplicada, no mínimo sedimentação primária.

Fonte: Adaptado da WHO, 1989.

1. *Ascaris*, *Trichuris*, *Necator americanus* e *Ancilostoma duodenale*

2. Média aritmética durante o período de irrigação

3. Média geométrica durante o período de irrigação

4. Para parques e jardins onde o acesso público é permitido: 200 CF/100ml

No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve terminar duas semanas antes da colheita e nenhum fruto deve ser apanhado do chão. Irrigação por aspersão não deve ser empregada.

Observa-se, na Tabela 6, que os critérios da OMS para a irrigação irrestrita são rigorosos quanto à remoção de helmintos, mais permissíveis em relação à qualidade bacteriológica e omissos em relação aos vírus e protozoários, sob o argumento de estarem fundamentados em evidências epidemiológicas. Entretanto, os critérios da OMS encontram-se centrados na utilização de lagoas de estabilização, supondo que, ao remover os ovos de helmintos, os demais organismos sedimentáveis (protozoários e outros helmintos) sejam também removidos; o padrão = 1000 CF/100ml é indicativo da inativação de bactérias patogênicas e vírus. As evidências epidemiológicas disponíveis, nas quais estão baseados os critérios da OMS, são consideradas por alguns autores insuficientes o bastante para rejeitar o padrão sugerido (BASTOS, et. al., 2003).

O Brasil não dispõe de normas nem diretrizes para a reutilização de águas residuárias domésticas, no entanto se baseia em diretrizes da OMS.

3.5 Impactos gerados pelo uso de esgotos domésticos

Em 1970, uma epidemia de cólera aconteceu em Jerusalém, quando foi constatado que a principal forma de transmissão da doença foi a ingestão de legumes irrigados com água residuária doméstica, inclusive alface e pepino, que eram vendidos de porta em porta (FATTAL et. al., 1984 apud SHUVAL, et. al., 1986).

A aplicação de esgotos não tratados na agricultura apresenta os seguintes impactos negativos: diminuição do valor dos terrenos circunvizinhos devido aos odores desagradáveis; disseminação de doenças causadas por operação inadequada; contaminação dos agricultores, por falta de medidas de proteção; efeitos adversos à saúde dos consumidores dos produtos; contaminação de águas subterrâneas, decorrente de material não removido pelo sistema de tratamento, quando não existe uma implementação adequada; presença de elementos tóxicos advindos das descargas de efluentes industriais, que podem se acumular nos cultivos e serem transmitidos ao longo da cadeia alimentar; deterioração do solo pelo aumento da salinidade (LÉON & CAVALLINI, 1996).

Os riscos em potencial que estão associados à utilização de esgotos domésticos devem ser reduzidos a níveis aceitáveis. Existem tecnologias de processos de tratamento de esgotos com diversas combinações que produzem efluentes com qualidade para o reúso (METCALF & EDDY, 1991).

3.6 Tratamento de esgotos domésticos

Os sistemas de tratamento de esgotos são projetados para reproduzir as condições naturais de remoção ou oxidação de poluentes. “Os processos biológicos são baseados nas inter-relações (mutualismo, comensalismo, predatismo, etc) existentes entre os diferentes microrganismos e o meio” (CEBALLOS, 1990).

Para o tratamento dos esgotos, é necessária a escolha do processo mais adequado. Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas, sendo priorizadas aquelas que apresentam menor custo financeiro para implantação, operação e manutenção e que se adequam à realidade social local, apresentando sustentabilidade como um todo.

Os principais processos biológicos utilizados na atualidade são: sistemas aeróbios, particularmente os sistemas de lodos ativados e suas variantes, sistemas anaeróbios, sobretudo reator do tipo UASB e sistemas de lagoas de estabilização (SOUSA & LEITE, 2003).

3.6.1 Sistemas anaeróbios e reator tipo UASB

Como os sistemas anaeróbios recebem esgotos brutos, são utilizados como unidades de pré-tratamento, onde a elevada carga de matéria orgânica favorece a predominância de um ambiente anaeróbio. Nesses sistemas, a remoção da matéria orgânica é realizada pela digestão anaeróbia, processo que envolve bactérias anaeróbias que, apesar de apresentarem taxa metabólica de reprodução mais lenta que aquelas aeróbias, em condições bem favoráveis, removem de 40 a 70% da matéria orgânica, com tempo de detenção hidráulica relativamente curto (CAVALCANTI, et. al., 2001; VON SPERLING, et. al., 2003; VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Nesses sistemas, os sólidos contidos no esgoto bruto sedimentam e forma uma camada de material orgânico de alto peso molecular (proteínas, carboidratos, lipídios), que são convertidos em substâncias solúveis e assimiláveis pelas bactérias fermentativas no processo denominado hidrólise ou liquefação. Após a absorção e metabolização das substâncias provenientes da hidrólise, na etapa da acidogênese, as bactérias fermentativas excretam substâncias orgânicas simples, que são responsáveis pelo abaixamento do pH do meio: os carboidratos, como a celulose e o amido, são convertidos em ácidos orgânicos, aldeídos e álcoois; lipídios (gorduras e óleos) em glicerol e ácidos graxos que, posteriormente são transformados em álcoois, aldeídos e ácidos; as proteínas são degradadas em aminoácidos que, por sua vez, são convertidos em ácidos orgânicos. A maioria das bactérias que realizam a acidogênese é anaeróbia, mas há algumas espécies facultativas, que são extremamente importantes, porque removem o oxigênio, eventualmente presente, que poderia se tornar uma substância tóxica. A alta concentração de ácidos produz um retardamento na atividade metabólica das bactérias acidogênicas, surgindo assim, as acetogênicas, que são capazes de metabolizar os ácidos orgânicos, transformando-os em compostos que formam os substratos para a produção de metano: acetato, hidrogênio e dióxido de carbono. A metanogênese consiste na conversão desses substratos em metano pelas bactérias acetotróficas, através da redução do ácido acético ou pelas bactérias hidrogenotróficas a partir da redução de dióxido de carbono. O ácido acético é de fundamental importância para a metanogênese, pois setenta por cento do metano formado se origina de ácido acético (BRANCO, 1986; SOUSA, 1986; VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994; FLORENTINO, 1996).

Apesar da digestão anaeróbia apresentar diversas vantagens, tais como: baixa produção de sólidos, baixo consumo de energia, baixa demanda de área e de custo de

implantação, além de produção de metano, um gás combustível e apresentar tolerância a elevadas cargas orgânicas (CHERNICHARO, 1997), a eficiência na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, os processos anaeróbios, no entanto apresentam baixa eficiência na remoção de nutrientes e patógenos, evidenciando-se, desse modo, a necessidade de um sistema complementar de pós-tratamento, a fim de se enquadrar o efluente produzido aos padrões de qualidade, segundo os usos e a legislação local.

3.6.2 Lagoas de estabilização

São unidades projetadas e construídas com a finalidade de tratar esgotos. O processo é biológico e consiste na atividade metabólica de microorganismos, sobretudo bactérias e algas (CAVALCANTE et. al, 2001).

A necessidade de preservação dos recursos hídricos impulsionou o desenvolvimento de diversos processos de tratamento, para minimizar os efeitos adversos ocasionados pela descarga de esgotos domésticos “in natura” no ambiente. Dentre os métodos existentes para o tratamento dos esgotos, as lagoas de estabilização têm alcançado ampla aceitação em diversas partes do mundo, particularmente em regiões de clima tropical, devido ao seu baixo custo, simplicidade, elevada eficiência e estabilidade operacional (MARA & PEARSON, 1987).

3.6.2.1 Lagoas de polimento

São lagoas não mecanizadas que recebem efluentes de reatores anaeróbios eficientes do tipo UASB (reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente). O pós-tratamento, nessas lagoas, objetiva a remoção adicional de matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos (coliformes termotolerantes e ovos de helmintos), principalmente com a finalidade de reúso na irrigação, visando à proteção da saúde coletiva (VON SPERLING, 2003).

As lagoas de polimento são dimensionadas, usualmente, com baixas profundidades, para favorecer os critérios que promovem o decaimento de organismos patogênicos; radiação solar, temperatura, pH, entre outros. O decaimento desses microrganismos ocorre lentamente, sendo este o fator que determina o tempo de detenção hidráulica, que varia de 10 a 12 dias. Durante este tempo haverá remoção de ovos de helmintos e cistos de protozoários que, Segundo Mara & Pearson (1987) ocorre pelo processo de sedimentação, com tempo de detenção hidráulica de 11 dias ou mais.

As baixas profundidades das lagoas levam a uma alta taxa fotossintetizante, resulta em alta demanda de CO_2 ou acidez e conseqüentemente o aumento de pH. Valores de pH acima de 9,0 pode ser estabelecido nas lagoas e também cumprem o papel de remoção de nutrientes: nitrogênio, através do processo de volatilização da amônia (ocorre em pH em torno de 9,0). Nessas lagoas rasas e em série, a eficiência de remoção da amônia pode ser superior a 90%, cumprindo o padrão de lançamento do CONAMA, de 5 mg/l de amônia. Já o fósforo tem remoção mais significativa através do processo de precipitação de fosfatos em pH mais elevado, acima de 8,0 (VON SPERLING, 1996). A remoção de nutrientes é importante para o lançamento do efluente em corpos d'água, a fim de evitar a eutrofização destes, mas para a irrigação não constitui uma vantagem, pois as culturas necessitam de nutrientes.

3.7 O surgimento da agricultura familiar no Brasil

Com o cultivo da cana-de-açúcar pelos portugueses, instalou-se, no Brasil, a atividade agrícola, monocultura voltada para a exportação. Para essa prática, o território brasileiro foi dividido em faixas de terras, denominadas capitânicas. Para a mão-de-obra requerida pela produção recorreu-se ao tráfico de escravos, já que a escravidão dos índios não dera bons resultados. Como a finalidade da produção era a exportação, os proprietários cediam frações de terras para que os escravos produzissem os seus próprios alimentos (PRADO JÚNIOR, 1970; apud SILVA, 2001).

Após a abolição, em 1888, e a substituição das sesmarias pela lei das terras, na metade do século XIX, as oligarquias passaram a garantir a propriedade e o domínio privado das terras. Dos não proprietários (o escravo liberto, o imigrante europeu e o próprio trabalhador livre) o acesso a terra (privada ou devoluta do estado) passou a requerer dinheiro. Impossibilitados de comprar terras, tanto o trabalhador livre como o imigrante e o escravo tornaram-se a força de trabalho rural livre, disponível para as grandes produções de café (no oeste paulista). Essa sujeição à fazenda e ao latifúndio, é consolidada pela ideologia da mobilidade, através do trabalho criado pelos interesses dominantes, ocultando a exploração capitalista. Nessas grandes propriedades, devido a seu caráter extensivo, constituem também espaços produtivos para a pequena produção, onde o residente garante a subsistência de sua família, e dá ao latifúndio, conforme o regime, meia, terça ou quarta parte da produção (MOREIRA, 1999; LAMARCHE, 1993). Marginalmente, situados ao lado das grandes propriedades, estão os pequenos proprietários, produzindo, basicamente para a subsistência de

suas famílias e, muitas vezes, também dependentes da grande produção, uma vez que para complementar os rendimentos necessários à sobrevivência da sua família, trabalham na grande lavoura (PRADO JÚNIOR, 1970 *apud* SILVA, 2001).

3.7.1 Características da agricultura familiar Paraibana

Atualmente, a agricultura familiar paraibana ainda sobrevive em parcelas de terras arrendadas. Alguns daqueles pequenos agricultores conseguiram a posse individual ou sob associação familiar de pelo menos, uma parte das terras que exploram. Essas terras para eles, têm um valor simbólico, sentimental, relacionado aos primeiros tempos de instalação da família, geralmente os mais difíceis, além do significado de patrimônio e de meio de produção (LAMARCHE, 1993).

Assim, a agricultura familiar é, ao mesmo tempo, uma memória (atribuída aos pensamentos de seus pais, avôs, etc.), uma pretensão (de melhorar e aprimorar sua produção,) e um desafio (para adaptar-se às exigências de mercado ou instabilidades climáticas). Do valor atribuído a cada um desses elementos dependerá sua continuidade e seu futuro, perante um mercado tão exigente (LAMARCHE, 1993).

A produção vegetal (milho, feijão, algumas verduras, hortaliças, etc.) das famílias paraibanas é restrita ao período das chuvas, sendo destinada ao autoconsumo e ao comércio, apenas quando o excedente não pode ser conservado.

A opção pela agricultura familiar, no entanto, se justifica pela sua capacidade de geração de emprego (da família e outros) e renda com baixo custo de investimento. Entretanto, parte dos agricultores não consegue obter uma renda mínima, unicamente por meio dos produtos provenientes de suas terras, o que os faz depender de outras fontes para aumentar seus rendimentos, tendo de recorrer a aposentadorias, venda de mão-de-obra em outros estabelecimentos ou atuar em atividades não agrícolas (GUANZIROLI, *et al.*, 2001).

Apesar das “transformações” ocorridas nestas últimas décadas, a agricultura familiar ainda é bastante afetada por características que ainda conservam: a precariedade dos meios de trabalho, a pobreza dos agricultores e o acentuado êxodo rural. Para a “eliminação” da pobreza no campo e redução da pressão migratória sobre as cidades, faz-se necessário um projeto de desenvolvimento rural para a produção familiar (GUANZIROLI, *et. al.*, 2001). Este projeto só terá resultados satisfatórios, se englobar também o social, que está fortemente envolvido com o econômico.

3.7.2 A agricultura familiar em Lagoa Seca

Com a introdução de novas tecnologias, o perfil técnico e econômico da agricultura brasileira sofreu modificações. A modernização da agricultura sempre esteve voltada para interesses de produtores agroindustriais e alheia aos pequenos produtores em cujo contexto incluem-se os agricultores familiares do município de Lagoa Seca-PB. Estes se distribuem em 3 grupos: Agricultores de Roçado, Fruticultores e Verdureiros, assim denominados por eles os horticultores que cultivam coentro, tomate, pimentão, repolho, cebolinha e alface.

Distinguem-se dois tipos de agricultores familiares: aqueles que só plantam no período de chuva e muito pouco o fazem na estiagem, já que não têm condições de construir reservatórios de água, para posterior utilização na época de estiagem, e aqueles que plantam o ano todo, por possuírem uma melhor condição econômica para investimentos em construção de reservatórios de água, além de acesso a outras tecnologias (ASSESSORIA E SERVIÇOS A PROJETOS EM AGRICULTURA ALTERNATIVA, 2000).

3.8 A viabilidade econômica da utilização de esgotos domésticos na horticultura

A horticultura é uma prática muito utilizada pela maioria dos agricultores familiares de Lagoa Seca, por isso tem grande importância sócio-econômica na região. Por ser a cultura mais abrangente, decidiu-se buscar alternativas para melhorar seu manejo e produção, constituindo a utilização dos esgotos domésticos tratados como uma alternativa condizente com a realidade hídrica de Lagoa Seca.

A utilização desses esgotos é uma vantagem sanitária. Estes já são utilizados de forma não planejada na produção da alface, causando riscos aos consumidores. Com o devido tratamento, obtém-se uma carga diminuta de patógenos, implicando em uma maior segurança para a saúde de população.

Além das vantagens sanitárias, a utilização de esgotos tratados assegura água para a produção os anos inteiros, resolvendo também o problema dos agricultores que só plantam no inverno. Dessa forma, o tratamento dos esgotos domésticos é responsabilidade do Estado, e não do agricultor que deseja implantar essa tecnologia, a fim de torná-la uma opção não utópica.

3.8.1 Características e utilização da alface

Os japoneses chamam-na de abirako e os italianos de lattuga. Seu nome científico é *Lactuca sativa*. É uma hortalica tipicamente verde folhosa, apresentando um caule muito curto, não ramificado. As raízes são do tipo pivotante, com ramificações finas e curtas, explorando apenas os primeiros 25 centímetros de solo. Suas folhas são comestíveis, em saladas cruas ou cozidas. Servem também de forragem para bovinos, ovinos, eqüinos e caprinos. É excelente para aves, particularmente para os pintos de primeiros dias (MOREIRA, 1971).

3.8.2 Composição química

São espécies ricas em sais de cálcio e de ferro e apresentam quantidades razoáveis das vitaminas A, B₁, B₂, B₆ e C (KATAYAMA, 1993). Uma planta de alface aos 65 dias (pronta para a colheita) contém 356 mg de potássio, 224 mg de nitrogênio, 140 mg de cálcio, 46 mg de fósforo, 34 mg de magnésio, 32 mg de enxofre, entre outros nutrientes (FERNANDES et. al., 1971).

3.8.3 Exigências climáticas

Produzem melhor sob temperatura amena e, em temperaturas mais elevadas, diminuem o ciclo, produzindo plantas menores, afetadas pela presença de sabor amargo (FILGUEIRA, 1982).

3.8.4 O crescimento e as exigências da cultura

Tem o ciclo curto (50 a 70 dias, dependendo da cultivar, da época e do local de plantio). A alface não é muito tolerante à acidez do solo, exigindo um pH entre 6,0 e 6,8. É considerada uma hortalica exigente em níveis de água, e nutrientes principalmente na fase final do ciclo. O nitrogênio é o nutriente que promove maior incremento, à produtividade e ao peso da planta. Exige um manejo especial, por ser muito lixiviável e pelo fato da absorção de 80% do total extraído intensificar-se nas ultimas quatro semanas do ciclo, sendo conveniente, neste caso, retardar sua aplicação em cobertura. A sua deficiência assim como a de fósforo retarda o seu crescimento e induz a ausência ou a má formação da cabeça (KATAYAMA, 1993; FERNANDES et. al., 1971; FILGUEIRA, 1982).

4. Material e Métodos

4.1 Localização do experimento e períodos de execução

O Experimento (Figuras 1 e 6) foi conduzido em um terreno de 1200 m² na localidade Sítio Pau D Arco, situado entre as coordenadas geográficas de 07° 09' 06" de latitude sul e 35° 50' 59" de longitude oeste, no município de Lagoa Seca, distante 6 Km da cidade de Campina Grande-PB. Esta região pertence à microrregião do Agreste da Borborema e possui uma fisiografia caracterizada por intrusões de rochas magmáticas (gabros, granitos, basaltos, etc), com predominância de solos Bruno Litólicos, com afloração do cristalino pré-cambriano (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

O experimento foi realizado em dois períodos (Tabela 7), em parceria com o Sindicato dos Trabalhadores Rurais do município de Lagoa Seca.

Tabela 7: Períodos de realização dos experimentos.

Experimento	Semeadura	Transplântio	Colheita
1º Experimento	23/02/2002	21/03/2002	08/05/2002
2º Experimento	26/10/2002	03/11/2002	11/12/2002

A Tabela 7 apresenta os dados referentes aos 1º e 2º Experimentos, partindo de semeadura, transplântio e colheita; observa-se que o 1º experimento foi mais longo (75 dias) do que o 2º Experimento (46 dias).

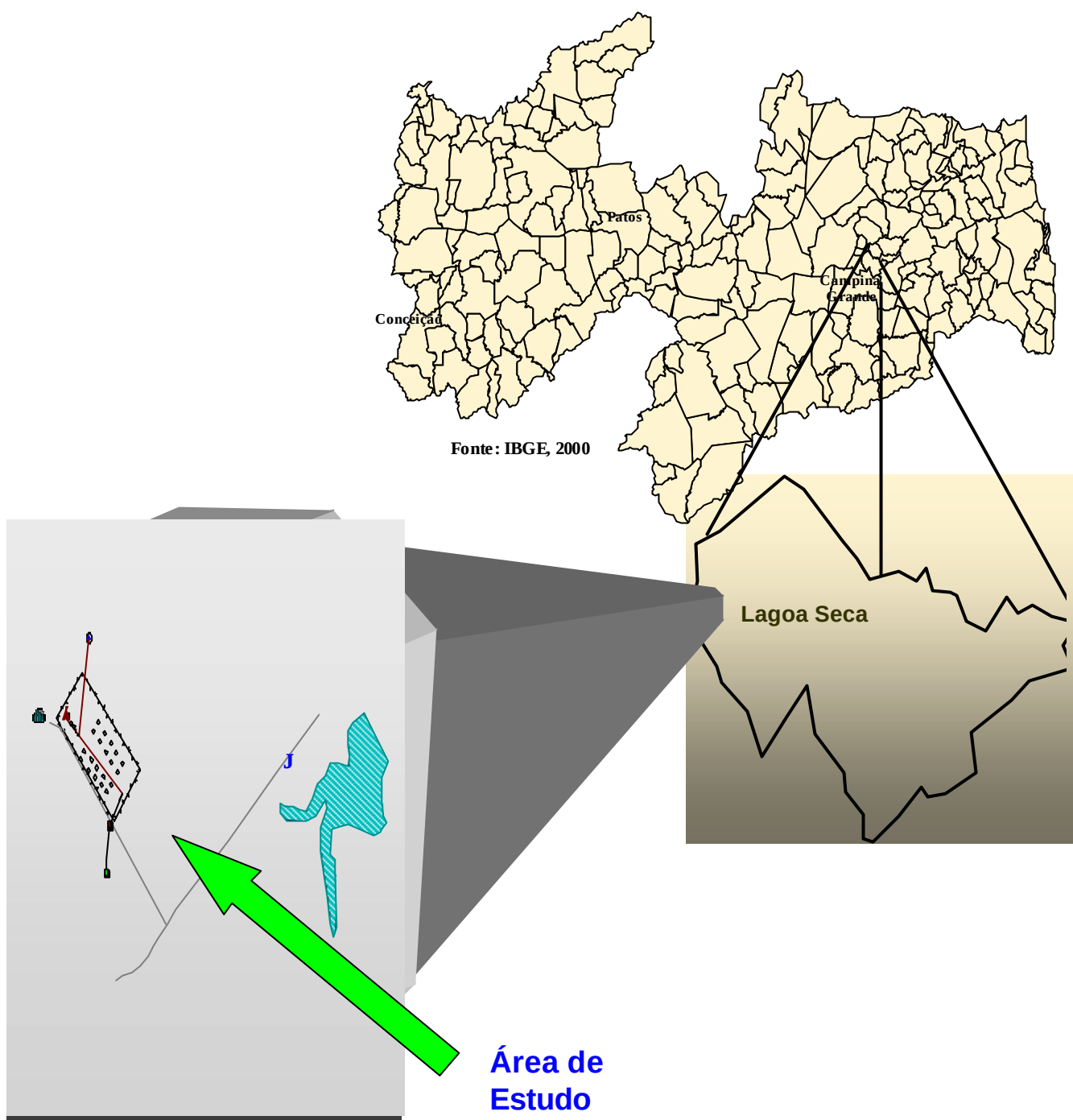


Figura 1: Localização do município de lagoa seca e da área de estudo.

4.2 Descrição da unidade experimental de tratamento de esgotos

Cerca de 40% dos esgotos domésticos da cidade de Lagoa Seca escoam a céu aberto, na direção leste, passando a 100 metros da propriedade onde estava localizado o experimento. Assim sendo, para efetuar o tratamento dos esgotos, foi construído um ponto de captação, conforme a Figura 2. O tratamento do esgoto aconteceu em três etapas: a primeira correspondeu ao tratamento preliminar, o primário que consistia respectivamente de uma caixa de areia, seguida de um tanque de equalização com volume de 1840L, o qual recebia continuamente os esgotos, sendo que o excesso era lançado pelo extravasor, como mostra a Figura 3. A cada três dias, eram bombeados cerca de 800L para um decantador de 810L, de onde era retirado 42 litros de esgoto decantado para a irrigação das parcelas do tratamento 5, e uma bomba de pulso bombeava 230L ao dia para o reator UASB de 80L (Figura 4). Nessa segunda etapa do tratamento havia remoção biológica de matéria orgânica e remoção de sólidos suspensos, enquanto a ultima etapa realizou-se por meio de duas lagoas de polimento (Figura 5), cujas características físicas e operacionais estão apresentadas na Tabela 8.

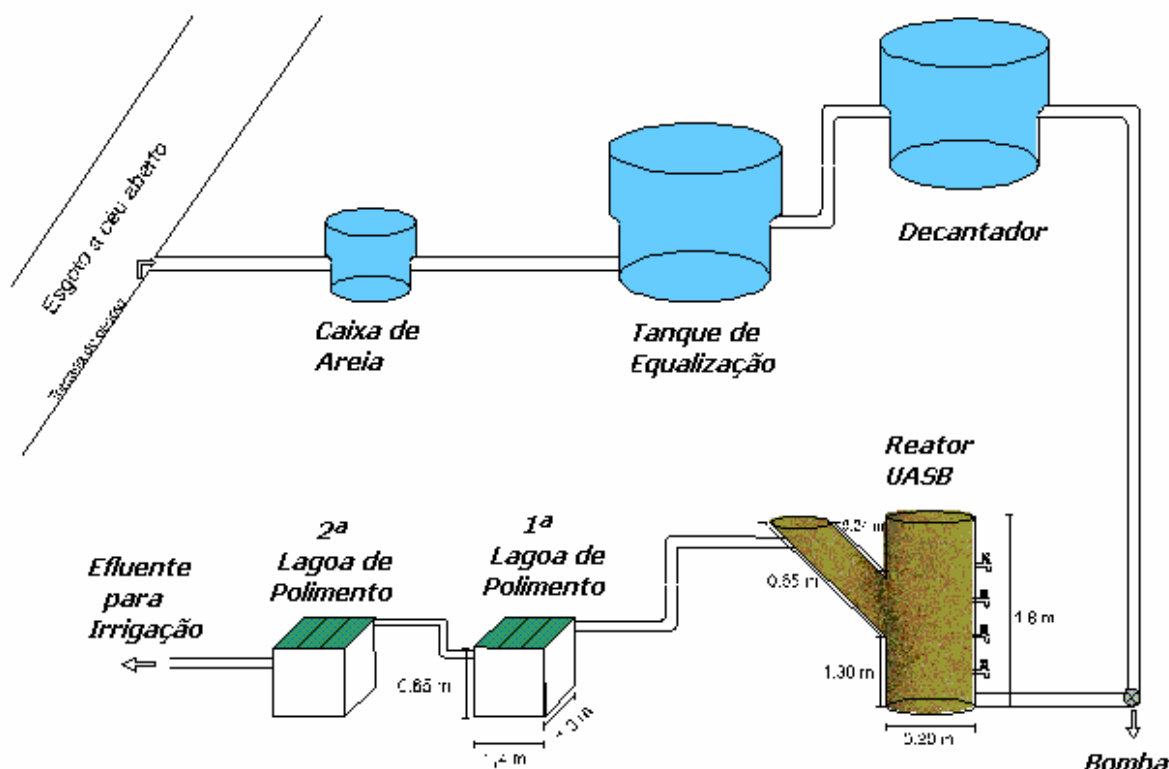


Figura 2: Esquema da unidade experimental de tratamento de esgotos de lagoa seca, montada na propriedade onde se realizou o experimento.

Tabela 8: Características físicas e operacionais do sistema experimental.

Unidade	Dimensões		TDH (dia)	Vazão(m ³ /dia)
	Profundidade(m)	Volume(m ³)		
Decantador	1,20	0,810	3,00	0,270
UASB	1,80	0,080	0,347	0,230
LP ₁	0,60	0,920	8,00	0,115
LP ₂	0,60	0,920	8,00	0,115

UASB: reator de manta de lodo; LP₁: Lagoa de polimento 1; LP₂ : Lagoa de polimento 2

**Figura 3:** Tanque de equalização**Figura 4:** Decantador

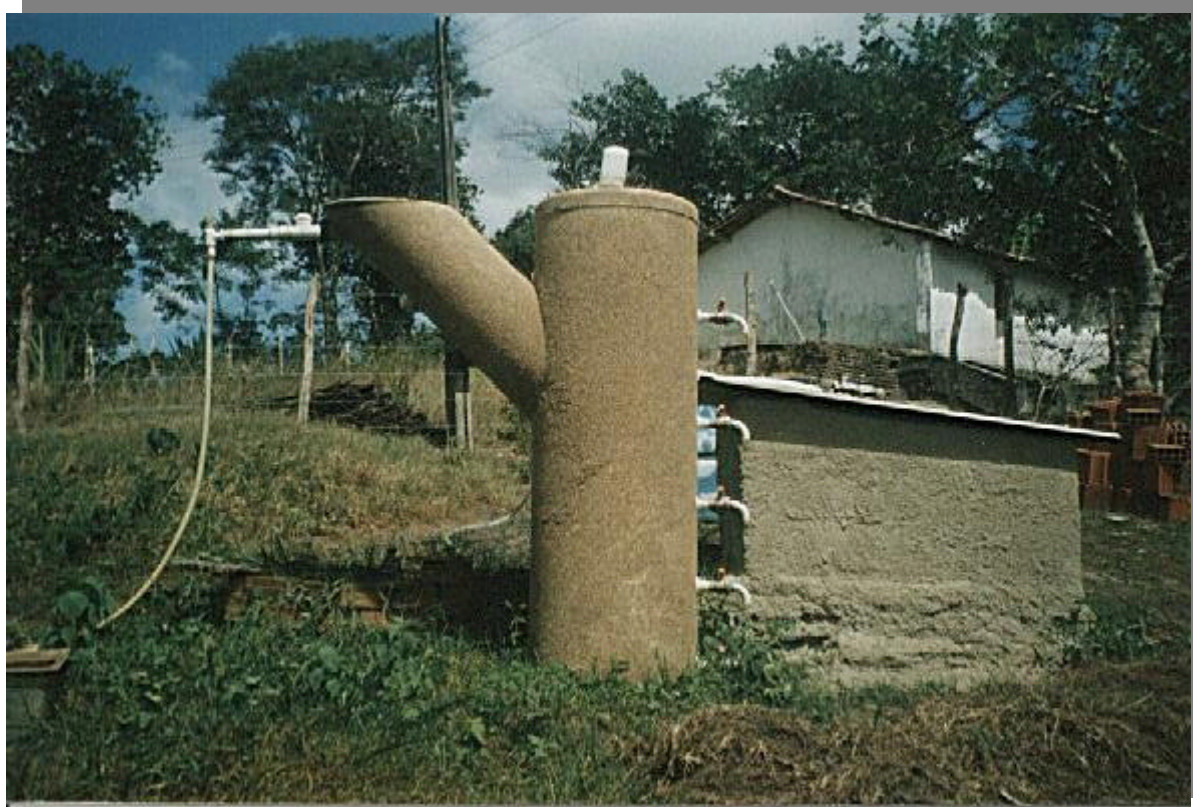


Figura 5: Reator UASB

O reator UASB operou com um tempo de detenção hidráulica de oito horas. O efluente produzido anaerobiamente foi de cerca de 230 litros por dia. Já a terceira etapa do tratamento foi realizada por meio de um sistema de tratamento terciário, composto por duas lagoas de polimento em série, com tempo de detenção hidráulica total de 16 dias. Cada lagoa tinha um volume útil de $0,92 \text{ m}^3$ (Figura 5).

Para melhor compreensão de todo o sistema de tratamento, na Figura 6, apresenta-se o esquema da área em detalhe.



Figura 6: Lagoas de polimento em série

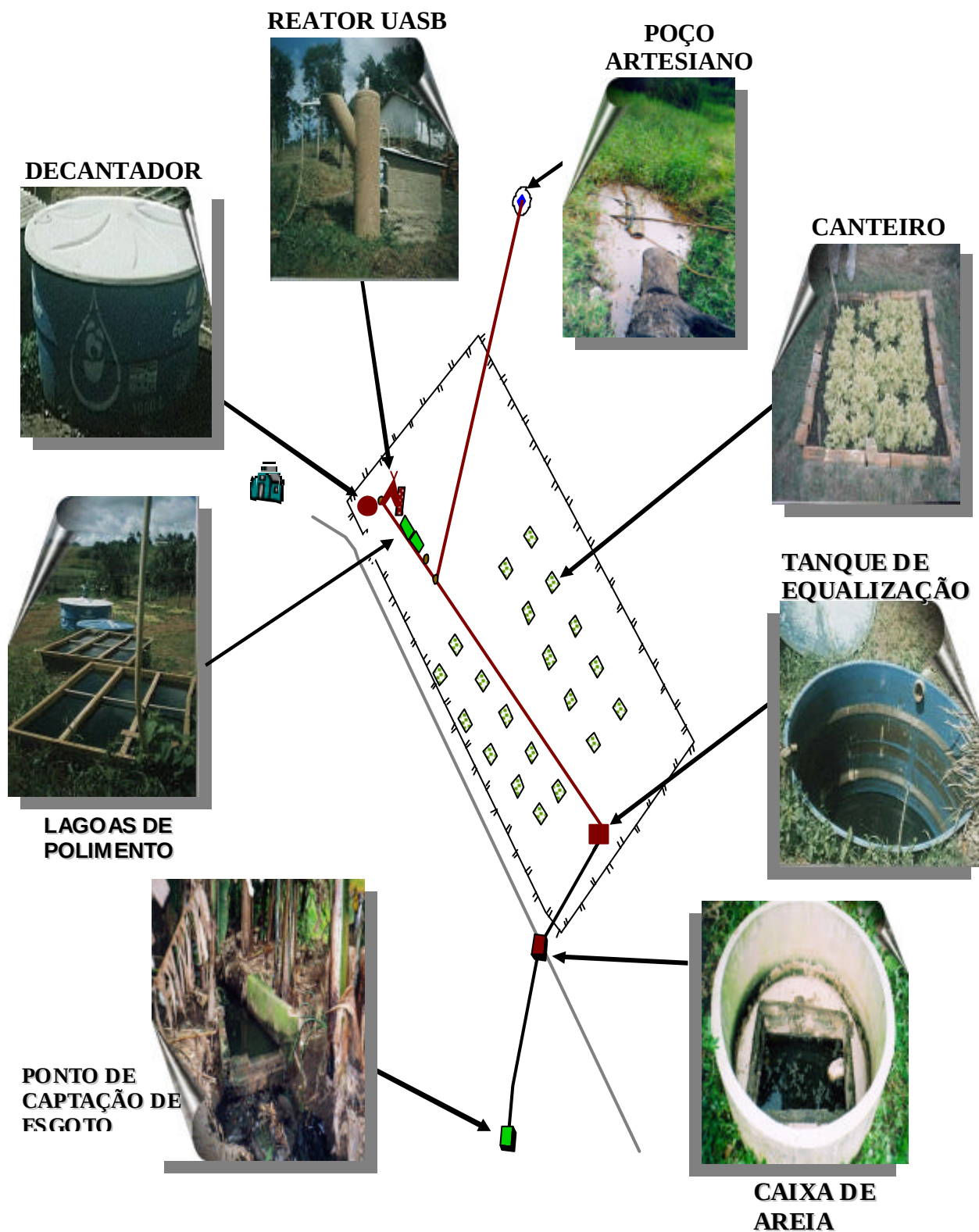


Figura 7: Esquema da área de estudo em detalhe.

4.3 Instalação das parcelas experimentais

4.3.1 Delineamento experimental

O experimento de campo obedeceu a um delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada bloco era composto de quatro parcelas ou canteiros medindo 1,0m de largura x 1,5m de comprimento. Em cada parcela experimental foram cultivadas quatro fileiras, com espaçamento de 15cm entre plantas e 25cm entre fileiras de alface, perfazendo 24 covas por parcela (Figura 7), que receberam cinco tratamentos diferenciados (Tabela 9), com distribuição casualizada e com quatro repetições para cada tratamento, totalizando vinte parcelas experimentais (Figura 8).

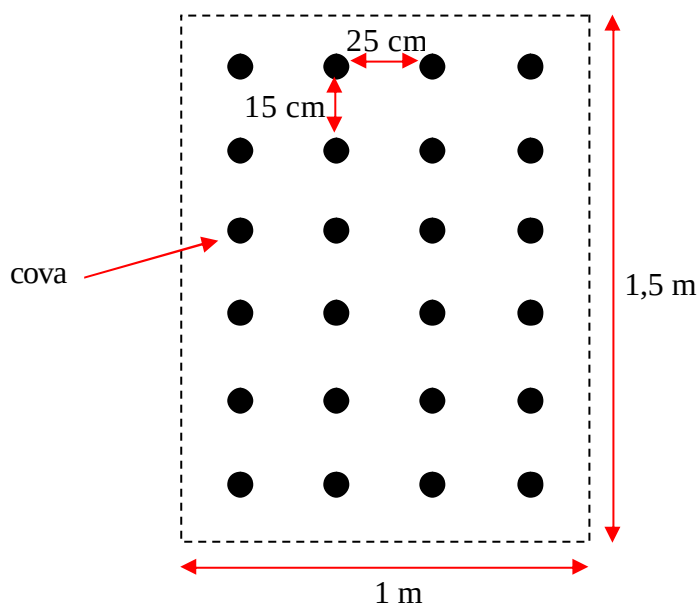


Figura 8 – Dimensionamento da parcela experimental

Tabela 9: Tratamentos, águas de irrigação utilizadas e adubação do solo das parcelas experimentais onde foi cultivada a alface.

Sigla	Tratamento	Água de irrigação e adubação do solo das parcelas
T1	Tratamento 1	Irrigação com água de poço e solo sem adubação.
T2	Tratamento 2	Irrigação com água de poço e solo com adubação mineral.
T3	Tratamento 3	Irrigação com água de poço e solo com adubação orgânica
T4	Tratamento 4	Irrigação com efluente da lagoa de polimento e solo sem adubação
T5	Tratamento 5	Irrigação com efluente do decantador e solo sem adubação

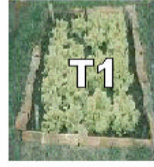
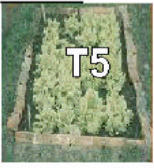
Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
				
				
				
				
				

Figura 9- Parcelas experimentais e distribuição dos tratamentos

4.3.2 Preparo e adubação do solo

Antes do plantio, foram coletadas, com o auxílio de um “trado”, nove amostras simples (três de cada extremidade e do meio) de solo por cada parcela, retiradas dos primeiros 20 cm de profundidade. Com elas foram feitas amostras compostas, totalizando 20 amostras, equivalentes as vinte parcelas, que foram submetidas a análises para determinação de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, hidrogênio + alumínio, soma das bases trocáveis, boro, cobre, ferro manganês e zinco.

A segunda coleta de solo ocorreu em maio de 2002, após a colheita da alface no primeiro experimento (março a maio/02). A terceira e última coleta aconteceu em dezembro de 2002, quando terminou o segundo experimento (novembro a dezembro/02).

As características físico-hídricas do solo determinadas no laboratório de salinidade da UFCG, conforme metodologia da EMBRAPA (1979), estão apresentados na Tabela 10. Observa-se que o solo possui textura arenosa e baixo valor de condutividade elétrica. A segunda análise foi realizada após o primeiro experimento, no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Centro de Ciências Agrárias, na cidade de Areia – Paraíba. A última análise aconteceu, após o segundo experimento, no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande –PB.

Tabela 10: Características físico-hídricas e químicas do solo, antes da instalação do experimento, Lagoa Seca- PB.

Características	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
QUÍMICAS					
pH	7,0	6,25	6,89	6,62	7,02
Cálcio (cmol _c /dm ³)	4,0	4,2	4,35	3,89	4,71
Magnésio (cmol _c /dm ³)	3,1	2,30	3,91	2,98	2,1
Sódio (cmol _c /dm ³)	0,44	0,51	0,44	0,43	0,49
Potássio (cmol _c /dm ³)	0,18	0,34	0,28	0,27	0,20
Soma de base (cmol _c /dm ³)	7,72	7,35	8,7	7,3	7,5
Hidrogênio (cmol _c /dm ³)	0,0	0,82	0,0	0,0	0,0
Alumínio (cmol _c /dm ³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CTC (cmol _c /dm ³)	7,72	7,35	8,7	7,3	7,5
Carbono orgânico (g/Kg)	11,7	11,0	11,4	11,5	11,1
Material Orgânico (g/Kg)	21,0	21,4	21,1	21,2	22,0
Fósforo assimilável (g/Kg)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,106
Enxofre (mg/dm ³)	13,0	14,0	15,0	13,0	13,0
Boro (mg/dm ³)	0,50	0,65	0,40	0,60	0,55
Cobre (mg/dm ³)	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Ferro (mg/dm ³)	40	53	59	50	27
Manganês (mg/dm ³)	2,2	3,1	3,6	3,0	2,6
Zinco (mg/dm ³)	1,6	2,0	2,0	2,5	2,0
FÍSICAS					
Granulometria (g/Kg)					
Areia	709,2	707,5	701,2	703,1	709,2
Silte	131,5	130,2	131,8	129,3	130,5
Argila	159,3	156,8	154,1	158,8	157,5
Classificação textural	Franco - Arenoso	Franco - Arenoso	Franco - Arenoso	Franco - Arenoso	Franco - Arenoso
Densidade aparente (g/cm ³)	1,41	1,42	1,40	1,41	1,41
Densidade real (g/cm ³)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Porosidade (%)	45,79	45,86	45,96	45,74	45,76
Umidade (%)	-	-	-	-	-
Natural	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Capacidade de campo (0,33atm)	14,09	14,99	14,90	14,89	14,69
CE (ds/m)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Ponto de murchamento (15 atm)	5,30	5,35	5,35	5,35	5,35
Água disponível(%)	8,79	9,64	9,64	9,64	9,64

4.3.2.1 Adubação mineral

Com relação à adubação mineral aplicada no tratamento 2, seguiu-se as recomendações de MALAVOLTA (1965), observadas na Tabela 11, as quantidades de nutrientes existentes no solo, bem como as adicionadas quando necessário, estão descritas na Tabela 12.

Tabela 11: Concentrações de nutrientes no solo, recomendadas por Malavolta (1965).

Nutriente	No solo (mg/dm ³)
Nitrogênio	200
Fósforo	200
Potássio	200
Cálcio	50
Magnésio	25
Enxofre	50
Boro	1,0
Cobre	2,0
Ferro	5,0
Manganês	2,0
Zinco	5,0

Fonte: MALAVOLTA, (1965).

Após a análise das concentrações dos nutrientes presentes no solo, expressos em mg/dm³, é possível, através da equação 1, determinar a quantidade adicionada em Kg/ha para alcançar as concentrações recomendadas por MALAVOLTA (1965).

$$Q_N = (C_r - C_s) \times A_p \times P \quad (1)$$

Onde:

Q_N : Quantidade do nutriente a ser aplicado em uma parcela (g)

C_r : Concentração do nutriente recomendada (mg.dm⁻³)

C_s : Concentração do nutriente no solo (mg.dm⁻³)

A_p : Área da parcela (m²)

P : Profundidade (m)

Tabela 12: Teor de nutrientes existentes (mg/dm^3), e quantidade adicionada ao solo do tratamento 2, expressos em Kg/ha.

Nutriente (mg/dm^3)	Quantidade de nutriente existente no solo (mg/dm^3)	Quantidade adicionada (mg/dm^3)	Quantidade adicionada (Kg/ha)
Nitrogênio	200	-	-
Fósforo	125	75	150
Potássio	132,6	67,4	134,8
Cálcio	840	-	-
Magnésio	279,4	-	-
Enxofre	14	36	0,70
Boro	0,65	0,35	1,596
Cobre	0,3	1,7	3,4
Ferro	53	-	-
Manganês	3,1	-	-
Zinco	2,0	-	-

Observação: onde está escrito (-), significa que não houve aplicação do nutriente, ao solo pois já existia em quantidade suficiente.

4.3.2.2 Adubação orgânica

Para a adubação no tratamento 3, foi utilizado vermicomposto previamente preparado. A vermicompostagem é a transformação biológica da matéria orgânica na qual se utilizam minhocas para a produção do húmus, que é a matéria orgânica digerida, não absorvida e eliminada como fezes. A composição do húmus varia de acordo com o material utilizado nos canteiros onde vivem e da alimentação suplementar das minhocas. É rico em macro e micronutrientes, além de serem neutros, facilitando a correção de solos ácidos (BIDONE, 1999 ; VIEIRA, 1994).

A análise do material orgânico a se vermicompostado foi realizada na Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz” (ESALQ). A adubação orgânica foi de 50 toneladas de matéria seca por hectare.

4.3.3 Plantio e transplantio da alface

A alface (*Lactuca sativa*), variedade ELBA, foi semeada no 1º experimento, no dia 23 de fevereiro 2002 e, no 2º no dia 26 de outubro do mesmo ano. A semeadura foi realizada, inicialmente, fora das parcelas experimentais, em canteiros denominados “sementeiras” de forma manual, enterrando-se as sementes em profundidade de 0,2 a 0,5 cm do solo.

O ciclo vegetativo da alface, no 1º experimento, foi mais longo que no 2º. No 1º, as alfaces foram transplantadas para as parcelas experimentais após vinte e sete dias de sementeiras

(21 de março de 2002); no 2º, oito dias após a semeadura (03 de novembro de 2002), permanecendo por mais quarenta e oito dias no 1º experimento, e trinta e oito dias no 2º, correspondendo ao final dos seus ciclos vegetativos.

4.3.4 Manejo da irrigação

Foi adotado para a cultura da alface 500mm de chuva distribuídos durante o ciclo vegetativo da alface (*Lactuca sativa*). As parcelas experimentais foram irrigadas individualmente, com o auxílio de um irrigador manual, utilizando-se diariamente, 7,0 L/m².

4.4 Análise da cultura

As análises para a observação do crescimento das plantas foram realizadas nas últimas três semanas. Para isto, coletava-se oito pés de alface das quais três eram destinados à análise de crescimento.

Para a determinação da massa seca, colocou-se a massa verde (úmida) em embalagem de papel a fim de ser previamente pesada em balança da marca Gehaka, modelo BG 1000 e submetida ao processo de secagem em estufa ventilada à temperatura de 65°C, até atingir o peso constante. Após a secagem, o material era retirado da estufa, aguardando-se em torno de uma hora, até que a umidade da amostra estivesse em equilíbrio com a umidade do ar, para, então proceder a pesagem.

Determinou-se a área foliar perfurando-se cinco folhas de cada planta, com quatro furos em cada folha utilizando-se um cilindro de diâmetro 1,28 cm², e somando-se a massa seca de todas as folhas e de todos os discos através da equação 2.

$$AF = \frac{MSF}{MSD} \times AD \quad (2)$$

Onde:

AF: Área foliar (cm²)

MSF: Soma da massa seca de todas as folhas (g)

MSD: Soma das massas secas de todos os discos (g)

AD: Soma da área de todos os discos (cm²)

As primeiras medidas de crescimento da alface no 1º experimento, foram realizadas aos vinte e cinco dias de transplantada (15 de abril de 2002) e, no 2º, aos vinte e quatro dias

(27 de novembro de 2002). As medidas consequentes foram realizadas com quatro determinações para o 1º experimento, e três para o 2º cujo ciclo vegetativo da alface foi mais curto.

4.5 Procedimentos laboratoriais

4.5.1 Parâmetros físicos e químicos

Os parâmetros analisados nos efluentes da unidade experimental de tratamento de esgotos, montada em Lagoa Seca, durante todo o monitoramento foram: DQO, pH, Fósforo Total, Orto-fosfato, Nitrogênio Total e Nitrogênio Amoniacal. As análises foram realizadas utilizando-se os métodos recomendados por APHA (1995).

Os parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de irrigação estão descritos na Tabela 13.

Tabela 13: Parâmetros físicos e químicos, e os métodos analíticos empregados nas amostras de água de irrigação.

Parâmetros físicos e químicos	Métodos analíticos
DQO	Método Titrimétrico de Refluxação Fechada (APHA,1995).
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg NTK.L ⁻¹)	Método Kjeldahl (APHA, 1995)
Nitrogênio Amoniacal(mg N-NH ₄ ⁺ .L ⁻¹)	Método Kjeldahl (APHA, 1995)
Fósforo Total (mg P.L ⁻¹) e Orto-Fosfato (P-PO ₄ ⁻³ L ⁻¹)	Método do Persulfato (APHA, 1995)
pH	Método Potenciométrico (APHA,1995).

4.5.2 Exames microbiológicos e parasitológicos

Na Tabela 14, estão apresentados os exames microbiológicos e parasitológicos realizados, bem como os métodos analíticos utilizados para caracterizar as águas de irrigação, o solo e a cultura.

Tabela 14: Exames microbiológicos e parasitológicos e os métodos analíticos utilizados para caracterizar as águas de irrigação, o solo e a cultura no segundo experimento.

Exames microbiológicos	Métodos analíticos
Água de Irrigação Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Técnica da Membrana Filtrante (APHA, 1998)
Solo Coliformes Termotolerantes e <i>Escherichia coli</i> (NMP/100g)	Técnica dos Tubos Múltiplos (APHA, 1995)
Cultura (alface) Coliformes Termotolerantes e <i>Escherichia coli</i> (NMP/100g)	Técnica dos Tubos Múltiplos (APHA, 1995)
Exames Parasitológicos	Métodos Analíticos
Água de Irrigação Ovos de Helmintos (Ovos/L ⁻¹)	Método de Bailenger (WHO, 1989) modificado
Solo Ovos de Helmintos (Ovos/L ⁻¹)	Método de Meyer (MEYER, 1978) modificado
Cultura (alface) Ovos de Helmintos (Ovos/L ⁻¹)	Método de Bailenger (WHO, 1989) modificado

4.5.2.1 Coliformes termotolerantes

Nas amostras de água de irrigação, a quantificação dos coliformes termotolerantes foi realizada pela técnica da membrana filtrante (APHA, 1998), com incubação a $44,5^{\circ} \pm 0,5$ durante 24 horas. Utilizou-se o meio de cultura m-FC (Difco). Foram quantificadas as colônias de cor azul e os resultados expressos em UFC/100mL de amostra.

Para as análises da alface (*Lactuca sativa* L.) e do solo, utilizou-se a técnica de Tubos Múltiplos (APHA, 1995), utilizando-se o caldo lactosado na fase presuntiva, o meio de cultura Verde brilhante na confirmativa e o Ec médium MUG na fase confirmativa para a determinação de E. Coli e coliformes termotolerantes.

4. 5. 2. 1.1 Exame bacteriológico nas águas de irrigação

Os coliformes termotolerantes foram quantificados pela técnica de Membrana Filtrante, seguindo-se as recomendações propostas por APHA (1998). A técnica foi iniciada com a homogeneização da amostra e preparação de diluições decimais: decantador 10^{-3} ; UASB 10^{-2} ; e para a água de poço e lagoa de maturação, utilizou-se 7ml e 10ml, respectivamente, da amostra sem diluir. As diluições foram realizadas utilizando-se série de tubos estéreis, contendo em seu interior 9ml de líquido de diluição, que foi distribuído anteriormente em condições de assepsia. Cada amostra ou diluição foi filtrada em duplicata, através de membranas Millipore tipo HAWG 047-50 de 47 mm de diâmetro e poros de 0,45

µm, utilizando-se aparelho de filtração “Sterifil” (Millipore) conectado a uma bomba a vácuo. Após a filtração, a membrana foi colocada, com o auxílio de uma pinça estéril, em uma placa de Petri plástica de 47mm de diâmetro, a qual continha o meio para coliformes termotolerantes (m-FC), e foi invertida e colocada em sacola plástica com algodão umedecido para evitar o ressecamento, durante a incubação a 44,5° C por 24 horas. Posteriormente, foram escolhidas para a contagem as placas que tinham uma concentração de colônias azuis entre 15 e 80 colônias. Os cálculos foram feitos de acordo com a equação 3 e os resultados foram expressos em UFC/100ml (Unidades Formadoras de Colônias por 100ml).

$$\text{UFC/100 ml} = \frac{\text{número de colônias} \times 100}{\text{Volume filtrado} \times \text{diluição}} \quad (3)$$

4.5.2.1.2 Coleta e preparação das amostras da alface para o exame bacteriológico

Em cada parcela foram plantados vinte e quatro pés de alface, dos quais foram retirados semanalmente e ao acaso, apenas oito (cinco destinadas à análise bacteriológica e parasitológica e três à determinação do crescimento). Considerou-se, neste caso, o efeito de bordadura.

Empregando luvas estéreis foi realizada a coleta das amostras; no 1º experimento, após 48 dias; e no 2º após 38 dias do transplantio. Para isso, retirou-se oito plantas de cada parcela, cortando-se a raiz e colocando as folhas em embalagens plásticas de polietileno estéreis (sacos plásticos da marca Igual), anteriormente etiquetados. Para serem levados ao laboratório, os sacos com as folhas foram preservados em caixas de isopor com gelo.

A preparação das amostras no laboratório foi realizada da seguinte maneira: de cada planta, três folhas foram destacadas (da parte externa, interna e do centro), até atingir aproximadamente o peso de 25g, constituindo uma amostra composta correspondente à amostragem daquela parcela. Estas folhas foram colocadas em sacos plásticos estéreis com zíperes (marca Sanremo de 27x 31cm). Adicionou-se o volume do líquido de diluição (solução salina de cloreto de magnésio e fosfato de potássio monobásico, pH 7,2), na proporção de 1g de alface para 10ml do líquido; Essa solução constituiu-se na primeira diluição (10^{-1}). Com a embalagem bem fechada, durante cinco minutos, massageou-se as folhas (simulando o movimento de um stomacher) de maneira que o diluente ficasse em

contato com todas as partes da amostra, tendo o cuidado de não machucá-la para que não liberasse a seiva e outros constituintes químicos, que poderiam afetar os coliformes.

4.5.2.1.3 Coleta e preparação do solo para o exame bacteriológico

A quantificação dos organismos indicadores de contaminação fecal no solo foi realizada no Laboratório de Microbiologia do CCT da UEPB. As amostras de solo das 20 parcelas foram coletadas antes do segundo experimento (7 de outubro de 2002) e após a retirada de todas as plantas (11 de novembro de 2002).

As coletas foram realizadas sempre no período da manhã, utilizando-se amostradores específicos (tubos galvanizados de 5cm de diâmetro x 20cm de altura) previamente embrulhados com papel e esterilizados por calor seco (170°C), durante duas horas, em estufa. Estes eram introduzidos no solo com o auxílio de uma marreta até a profundidade de 10cm. O solo que ficava acumulado no tubo era colocado em sacos plásticos estéreis devidamente etiquetados (tipo de tratamento, bloco, data e hora). De cada parcela foram retiradas porções de lugares diferenciados (uma de cada extremidade e uma no centro, totalizando cinco pontos amostrados), para se obter uma amostra composta de cada uma. Para cada uma delas, foi utilizado um novo tubo estéril. As amostras foram colocadas em isopor com gelo e transportadas até o laboratório, onde foram analisadas pela técnica de Tubos Múltiplos (APHA, 1995).

4.5.3 Exames parasitológicos

Para a quantificação dos ovos de helmintos, nas amostras de águas de irrigação e da alface, utilizou-se o método de sedimentação de Baileger (WHO, 1996) modificado. Para a quantificação dos ovos de helmintos nas amostras de água e de alface, utilizou-se a equação 4.

$$N = \frac{A.X}{P.V} \quad (4)$$

Onde:

N: número de ovos de helmintos por litro;

A: número médio de ovos contados na câmara de McMaster;

X: volume do produto final (após a adição do sulfato de zinco) (ml);

P: volume da câmara de McMaster (para câmara de 1 grelha = 0,15 ml; para câmara de 2 grelhas = 0,30 ml);

V: volume da amostra decantada (L).

Para a quantificação de ovos de helmintos no solo, utilizou-se o método de Meyer et.al., (1978) modificado. Para o cálculo do número de ovos, utilizou-se a equação 5.

$$Z = X \frac{VF}{0,3ml \times ST} \quad (5)$$

Onde:

Z: números de ovos por grama de solo seco;

V_F : volume final (ml);

X: número de ovos contados nas duas grelhas;

0,3ml: volume da câmara de McMaster (para câmara de 2 grelhas);

ST : massa de sólidos presente na amostra (g).

4.6. Análise estatística

Aos dados obtidos, foi aplicada a estatística descritiva para efluentes, parâmetros microbiológicos e parasitológicos, produtividade e análise de crescimento, gerando medidas de tendência central e de dispersão. Através do software Table Curve™ 2D realizou-se a análise de regressão nos dados de crescimento da alface.

Para determinar se os tratamentos provocaram ou não diferenças significativas na produção da alface, foram aplicadas análises de variância e testes de significância (Tukey e F), de acordo com o delineamento de blocos casualizados. Para isto, utilizou-se o software ESTAT 2.0, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

5. *A apresentação e Discussão dos Resultados*

A pesquisa foi desenvolvida em dois períodos: O primeiro de março a maio de 2002 e o segundo de novembro a dezembro de 2002.

No primeiro experimento, foram realizadas as análises químicas e físicas do solo e das águas utilizadas para irrigação da alface, bem como a avaliação de crescimento da alface. Como a metodologia para a realização dos exames microbiológicos e parasitológicos encontrava-se em fase de montagem e adaptação, estas só foram realizadas no segundo experimento.

Durante o período de tempo transcorrido entre o término do primeiro experimento e o início do segundo, em torno de 4 meses, as parcelas experimentais mantiveram-se cobertas com plástico polietileno (popularmente conhecido por lona), para evitar o lixiviamento dos nutrientes do solo.

No segundo experimento, foram realizadas todas as análises do primeiro, bem como os exames microbiológicos e parasitológicos nas águas de irrigação, solo das parcelas experimentais e da cultura.

Os resultados e sua discussão serão apresentados nessa seqüência: Inicialmente, serão apresentadas as variáveis climatológicas, representadas pela precipitação e a temperatura do ar, registradas pela Estação Experimental da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária (EMEPA), no município de Lagoa Seca, no ano de 2002, correspondendo ao ano de realização da pesquisa. Essas variáveis são significativamente importantes para o desenvolvimento da alface.

Posteriormente, será apresentada a caracterização física e química do solo utilizado, pois se fazia necessário o conhecimento da fertilidade do mesmo, bem como, os constituintes que o caracterizam, para que fossem realizadas as adaptações, caso necessárias, para a cultura da alface. Também foram observadas as modificações ocorridas com relação a fertilidade, após a aplicação no solo, de águas de diferentes origens: poço artesiano, lagoa de polimento e esgoto decantado.

Subseqüentemente, serão apresentados os resultados das análises químicas e físicas do efluente decantado e da lagoa de polimento, que foram utilizados para a irrigação da alface.

Seguidamente serão apresentados os resultados relativos à análise de crescimento, sendo observado, qual dos tratamentos promoveu a melhor produtividade.

Finalmente, serão apresentados os resultados referentes à determinação da qualidade sanitária da cultura, observados através de análises microbiológicas e parasitológicas da alface

produzida, bem como do solo antes e após a colheita, a fim de investigar, se o solo se constituiu como uma fonte de contaminação da alface.

5.1. Variáveis climatológicas

5.1.1 Precipitação

Na Figura 10, estão apresentados os dados pluviométricos mensais no ano de 2002, do município de Lagoa Seca-PB, obtidos junto a EMEPA, localizada no mesmo município.

Observa-se na Figura 9 que, nos meses que compreenderam o primeiro experimento (fevereiro/02 a maio/02) houve maior precipitação, do que naqueles que compreenderam o segundo experimento (outubro/02 a dezembro/02).

Durante o primeiro experimento foi registrado a ocorrência de chuvas, sobretudo nos meses de março e maio de 2002, 91,7 e 140,2 mm respectivamente. Já no segundo experimento ocorreram menores precipitações em relação ao primeiro, sendo registrados nos meses de outubro, novembro e dezembro, 15,0, 34,9 e 31,0 mm, respectivamente (Figura 9). Segundo Winter (1984), a principal fonte de água para as plantas é a precipitação. A necessidade de água para a mesma pode variar de acordo com a cultura e a taxa de evaporação. Nesse sentido, durante o primeiro experimento ocorreram precipitações mais intensas, conseqüentemente, maior umidade relativa do ar, portanto menor evaporação. No entanto, no segundo experimento ocorreram menores precipitações pluviométricas e uma baixa umidade relativa do ar, logo, ocorreu uma maior perda de água, de forma que a menor produtividade de fitomassa da alface ocorreu no primeiro experimento. Portanto a pluviometria mais adequada para o desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa*), ocorreu no primeiro experimento.

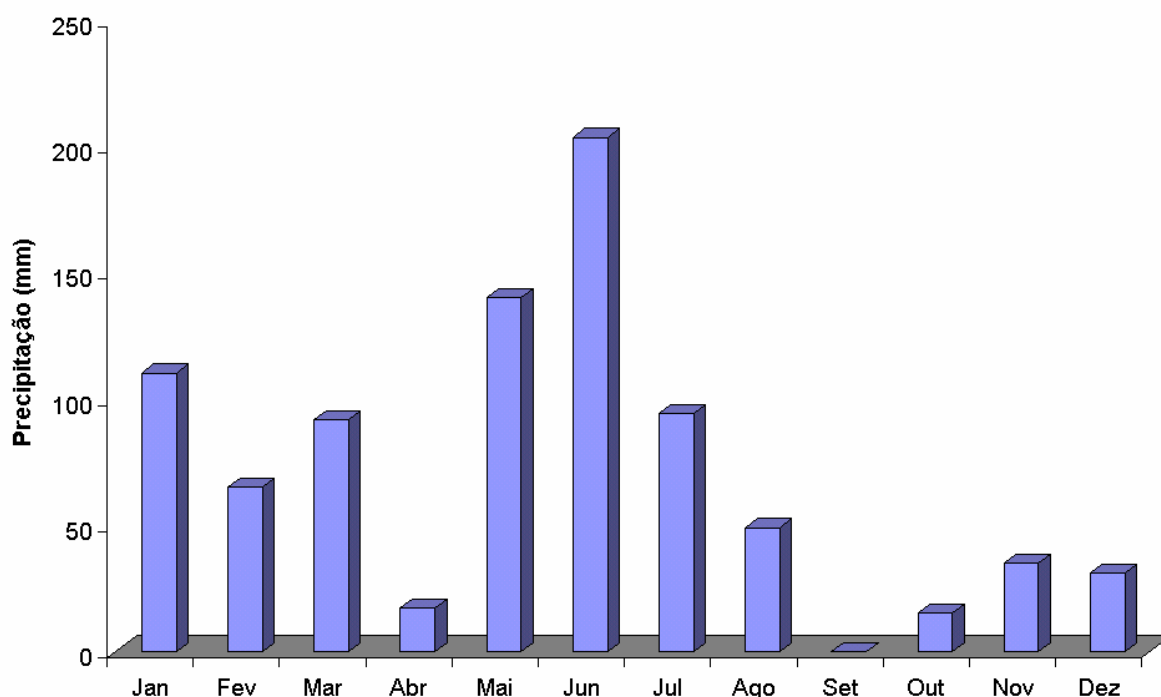


Figura 10: Precipitação mensal (mm) do período de janeiro a dezembro de 2002, registrados na Estação Experimental da EMEPA de Lagoa Seca – PB

5.1.2 Temperatura

Na Figura 11, estão apresentadas as temperaturas mínimas, médias e máximas mensais verificadas no município de Lagoa Seca-PB, pela EMEPA.

Observa-se que no período que compreendeu o 1º experimento (fevereiro/02 a maio/02), a temperatura mínima (19,3°C) ocorreu no mês de maio, e a máxima (28,4°C) em fevereiro, mantendo-se a temperatura média em torno de 22,5°C. Já no 2º experimento (outubro/02 a dezembro/02) registrou-se no mês de outubro, temperatura mínima de 18,8°C, sendo no mês de dezembro, verificada a temperatura máxima de 29,7°C. Nesse período a temperatura média do ar manteve-se em torno de 22,8°C.

Segundo Filgueira (1982), as temperaturas ótimas de crescimento da alface, normalmente encontram-se entre 15 e 20°C. As altas temperaturas aceleram o ciclo, resultando em plantas menores com pouca firmeza, floração prematura e queimadura nas bordas da folhas, além da indução do sabor amargo. Fernandes & Martins (2001), mencionam que temperaturas acima de 30°C interrompem o crescimento da alface.

A temperatura média do ar no 1º experimento (22,5°C) manteve-se mais aproximada do valor considerado ótimo (15 a 20°C), do que aquela observada no 2º experimento (22,8°C),

desta forma, observa-se que a elevação da temperatura constitui um fator que favorece a redução do ciclo, o que pôde ser evidenciado durante o 2º experimento.

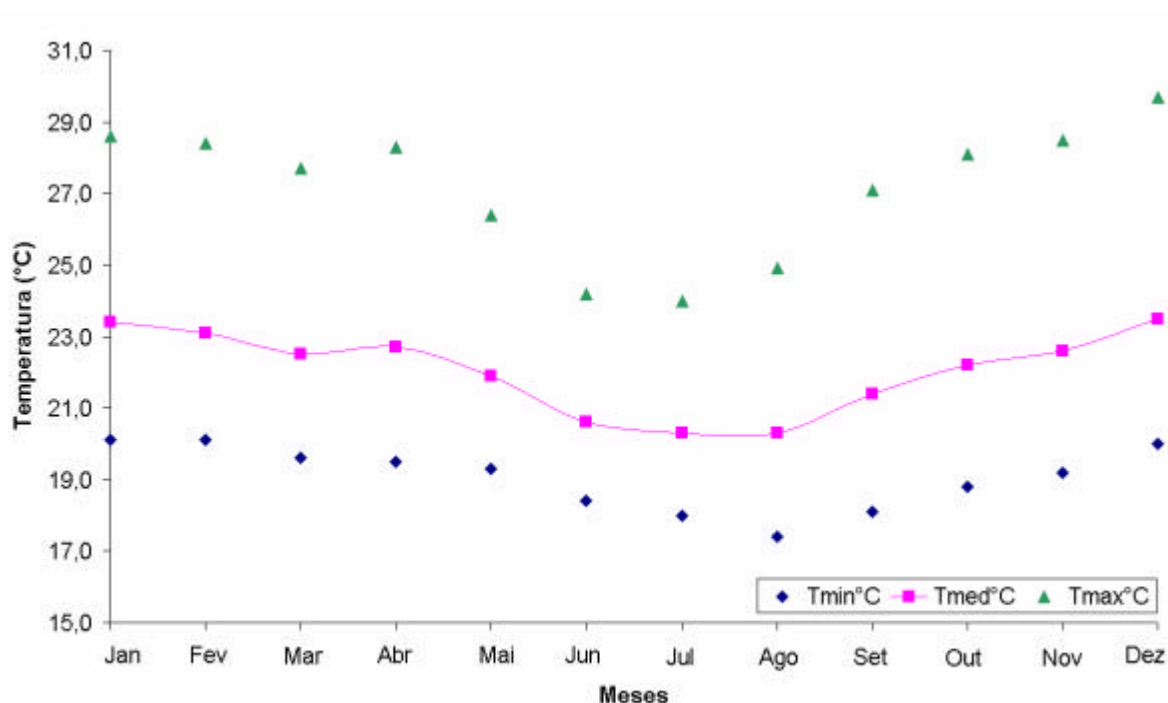


Figura 11: Variação da temperatura do ar (°C), no período de janeiro a dezembro de 2002, registradas na Estação Experimental de Lagoa Seca.

5.2 Características físicas e químicas do solo utilizado nos experimentos

Estão apresentados nas Tabelas 15 e 16 as características químicas e físicas do solo após o primeiro e segundo experimentos. As análises de solo após os experimentos foram realizadas com a finalidade de observar o comportamento em termos de fertilidade do solo após fertirrigação e aplicação de adubos.

Tabela 15: Características físicas e químicas do solo após o primeiro experimento, em Lagoa Seca – PB.

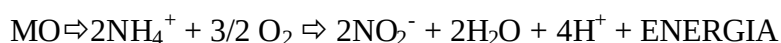
Características físicas e químicas	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7,15	6,75	7,09	6,92	7,02
Cálcio (cmol _c /dm ³)	4,9	4,7	5,3	4,45	5,1
Magnésio (cmol _c /dm ³)	3,25	2,52	4,01	3,7	2,46
Sódio (cmol _c /dm ³)	0,49	0,53	0,5	0,45	0,50
Potássio (cmol _c /dm ³)	0,18	0,36	0,28	0,28	0,21
Soma da base (cmol _c /dm ³)	8,94	8,11	10,08	8,88	8,43
Hidrogênio (cmol _c /dm ³)	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
Alumínio (cmol _c /dm ³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CTC (cmol _c /dm ³)	8,94	8,71	10,08	8,88	8,60
Carbono orgânico (g/Kg)	12,07	13,22	13,35	10,15	14,94
Material Orgânico (g/Kg)	5,7	21,47	20,12	18,75	26,65
Fósforo assimilável (g/Kg)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
CE (ds/m)	0,2	0,22	0,275	0,22	0,19

Tabela 16: Características físicas e químicas do solo, após o segundo experimento, em Lagoa Seca – PB.

Características químicas e físicas	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7,33	7,74	6,67	7,64	6,62
Cálcio (cmol _c /dm ³)	5,1	9,4	7,3	5,5	5,33
Magnésio (cmol _c /dm ³)	3,5	2,7	5,2	4,5	2,46
Sódio (cmol _c /dm ³)	0,6	0,63	0,69	0,69	0,58
Potássio (cmol _c /dm ³)	0,19	0,25	0,3	0,34	0,25
Soma da base (cmol _c /dm ³)	9,39	12,98	13,49	11,03	8,63
Hidrogênio (cmol _c /dm ³)	0,0	0,6	0,0	0,0	0,16
Alumínio (cmol _c /dm ³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CTC (cmol _c /dm ³)	9,39	13,49	13,58	11,03	8,79
Carbono orgânico (g/Kg)	13,1	13,3	22,25	11,175	28,35
Material Orgânico (g/Kg)	5,7	22,82	41,2	19,5	32,25
Fósforo assimilável (g/Kg)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
CE (ds/m)	0,2	0,40	0,29	0,21	0,20

Nas Tabelas 15 e 16, estão descritas as características químicas do solo após o 1º e 2º experimentos. Baseados nas Tabelas 15 e 16, comparando-se as características químicas e físicas do solo antes e depois dos experimentos.

físicas do solo após os dois experimentos, observa-se que o pH do solo manteve-se próximo da neutralidade para a cultura da alface, em torno de 7,0. Verificou-se uma discreta variação no pH em todos os tratamentos. No entanto, os tratamentos que apresentaram maior incremento de matéria orgânica (T3 e T5), apresentaram um aumento considerável do pH. Essa diminuição de pH aconteceu provavelmente devido a mineralização da matéria orgânica que leva à liberação do íon amônio (NH_4^+), e este sobre a ação de bactérias nitrificadoras leva a nitrato com o saldo de dois hidrogênios ácidos por cada íon de amônio oxidado, conforme a equação 6, aumentando assim a acidez do solo.



Já nos tratamentos 1, 2 e 4, verificou-se uma discreta diminuição do pH levado provavelmente pelo aumento da acidez do solo, que ocorreu provavelmente devido a desnitrificação das formas de nitrato presente na água de poço e no efluente da lagoa de polimento, que foram utilizadas para irrigação da alface.

Com relação às concentrações de cálcio, magnésio e potássio de uma forma geral, aumentaram no solo do 2º experimento em relação ao 1º experimento. Esses elementos são absorvidos pelas plantas nas formas iônicas Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , dissolvidos na solução do solo. Esse aumento aconteceu provavelmente pela mineralização da matéria orgânica, que leva a disponibilização desses íons na solução do solo. Observa-se na Tabela 16, que a concentração de potássio no solo do T2 (adubo mineral) diminuiu. Essa diminuição deve-se provavelmente à sua lixiviação. Por se tratar de um sistema irrigado, o potássio que tem uma 75% de sua dinâmica no solo por fluxo de massa, se perdeu por lixiviação adentrando para os horizontes inferiores, além de que a alface durante o seu ciclo retira do solo 51 Kg de potássio por hectare (MALAVOLTA, 1974).

Conforme as Tabelas 15 e 16, em relação ao material orgânico, observa-se que houve aumentos consideráveis em seu teor em todos os tratamentos, mas principalmente nos T3 (água de poço e vermicomposto) e T5 (esgoto decantado e solo sem adubação), como já era esperado devido a grande quantidade de matéria orgânica presente no efluente do T5 e no adubo do T3. A matéria orgânica exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, pois serve principalmente como fonte de macro e micronutrientes para as plantas; têm função biológica na qual afeta profundamente as atividades da microflora e organismos da microfauna; e função física na qual promove

melhoramento da estrutura do solo, da camada arável, a aeração, a retenção de umidade e aumenta a capacidade de troca catiônica (KIEHL, 1985; BRADY, 1989).

A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) é a quantidade de cátions que um solo é capaz de reter por peso de solo (RAIJ, 1991). Observa-se na Tabela 16, que todos os tratamentos apresentaram aumento na CTC, mas o T3 (água de poço e vermicomposto) foi o tratamento que apresentou maior incremento nessa propriedade, como já era esperado. Conforme Kiehl (1985) o húmus apresenta uma elevada CTC, sendo assim, fontes de matéria orgânica são responsáveis pela CTC do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (1998) utilizando vermicomposto no cultivo da alface, observou o aumento de CTC no solo de todos os tratamentos, após a colheita.

A EMATER (1979), classifica os solos da Paraíba segundo sua concentração de fósforo em: solos de alta concentração de fósforo disponível (> 30 mg/L); de média concentração (11 a 30 mg/L) e de baixa concentração (0 à 10 mg/L). Os solos aqui estudados apresentaram concentração baixa de fósforo (0,125 g/Kg).

A condutividade elétrica (CE) está estritamente relacionada com as concentrações dos principais íons determinantes da salinidade, como cálcio, sódio, potássio carbonatos, sulfatos e cloretos. A CE, da água de poço (0,85 a 1,00 ds/m) e do esgoto decantado (1,55 ds/m) e da lagoa de polimento (1,45 ds/m) mostrou-se superior à CE dos solos de todos os tratamentos após o 2º experimento, variando de 0,2 a 0,4 ds/m. Na classificação de solos afetados por sais esses valores são relativamente baixos (QUEIROZ, et. al., 1997), entretanto não se tem evidências suficientes para uma avaliação da salinidade do solo, em longo prazo. Segundo Marques, et. al., (2003), a disposição de esgotos no solo provoca rápidas transformações nos parâmetros do solo, melhorando suas características físicas e sua fertilidade, no entanto é de fundamental importância o uso racional e manejo adequado, dado que, com o tempo, pode levar a problemas como acumulação de sais, redução da capacidade de infiltração da água, entre outros.

5.3 Característica da água de poço utilizada nos tratamentos 1, 2 e 3.

A água utilizada na irrigação dos tratamentos 1, 2 e 3 era proveniente de um poço artesiano localizado na propriedade onde se realizou o experimento. As análises químicas e físicas da água de poço foram realizadas no Laboratório de Química da EMBRAPA, PB. Na Tabela 17 estão descritas as características da água do poço, durante os dois experimentos. Observa-se que o pH da água de poço encontrou-se dentro da faixa adequada para a irrigação,

entre 6,5 e 8,4, para água de irrigação. Diversas pesquisas presentes na literatura, cuja finalidade é a caracterização de águas de açudes nordestinos, demonstram que os mesmos, apresentam pH superiores a 8,0 (ESTEVEZ, 1998).

Porém os valores (7,4 e 7,31) detectados na água de poço, podem ter a implicação com contaminação por esgotos. Ceballos (1995), pesquisando o comportamento do pH da água de três açudes no Estado da Paraíba, localizados nos municípios de Campina Grande e Boqueirão, detectou valores medianos baixos entre 7,6 e 7,9 nos açudes Bodocongó e Velho, respectivamente. Estes valores, eram correspondentes aos pontos de entrada de água com esgoto, sendo esses valores relacionado com a atividade decompositora dos microrganismos, que liberam CO₂ e ácidos orgânicos.

Os íons mais importantes são o cloreto, o sódio e o cálcio, pois, causam problemas de toxicidade às plantas, quando presentes em águas utilizadas para a irrigação de culturas ou solos, são absorvidos e acumulados em seus tecidos, em concentrações suficientemente altas para provocar danos e reduzir seus rendimentos. A toxicidade mais freqüente é a provocada pelo cloreto (AYERS & WESTCOT, 1991). Entretanto, muitos oligoelementos podem ser tóxicos, mesmo em baixas concentrações (MARQUES et. al., 2003). Observa-se na Tabela 17, que os valores de cloretos (293,00 e 290,00 mg/L) e sódio (161,00 e 180,00mg/L) permaneceram altos no 1º e 2º experimentos respectivamente, favorecendo uma condutividade elétrica considerável. Essa constatação deixa claro que, a fertirrigação com efluentes de esgotos domésticos, pode trazer efeitos adversos ao crescimento das plantas, devido ao aumento de sais, caso o solo e água não sejam adequadamente manejados.

Tabela 17: Valores médios dos parâmetros químicos e físicos da água de poço utilizada nos tratamentos 1, 2 e 3, durante o primeiro e segundo experimentos.

Parâmetro	Concentração no 1º experimento	Concentração no 2º experimento
Potencial Hidrogeniônico (pH)	7,4	7,31
Cloretos (mg.L ⁻¹)	293,00	290,00
Sódio (mg.L ⁻¹)	161,00	180,00
Cálcio (mg.L ⁻¹)	28,00	43,00
Magnésio (mg.L ⁻¹)	23,40	20,00
Potássio (mg. KL ⁻¹)	10,53	9,31
Alcalinidade (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	165,00	131,52
Nitrogênio (mg NTK.L ⁻¹)	1,71	1,71
Condutividade Elétrica (dS.m ⁻¹)	0,85	1,00

Fonte: EMBRAPA, 2002.

5.4 Características do vermicomposto utilizado no tratamento 3.

Os fertilizantes orgânicos são de uso milenar, nem sempre prevalecendo a origem animal ou vegetal direta, como é o caso de compostos preparados com o lixo urbano. Além do fornecimento de nutrientes, os fertilizantes orgânicos destacam-se por ter papel fundamental de fornecimento de matéria orgânica, para o melhoramento das propriedades físicas e biológicas do solo (RAIJ, 1991).

A vermicompostagem é o preparo de adubo ou fertilizante orgânico, no qual são empregadas as minhocas, que transformam todo o material orgânico em adubo (VIEIRA, 1994).

O vermicomposto utilizado no tratamento 3, foi proveniente de resíduos sólidos urbanos obtidos na Usina de compostagem da cidade de Esperança, PB e posterior vermicompostado, no Campus II – UEPB, na Escola Agrícola Assis Chateaubriand, município de Lagoa Seca PB. As características do vermicomposto foram determinadas na ESALQ, conforme Albuquerque, 2003.

Na Tabela 18, estão descritas as características dos componentes do vermicomposto utilizado na adubação do solo no tratamento 3. Observa-se que este apresenta um baixo teor de matéria orgânica compostável, (17,13%). De acordo com Kiehl, (1998), os resíduos sólidos a serem compostados, devem ter no mínimo 40% de matéria orgânica compostável, expressa em matéria seca. Em experimentos realizados por Oliveira (1998), utilizando o composto e o vermicomposto, advindos de resíduos sólidos coletados em propriedades rurais e utilizados na cultura da alface, constatou que o teor de matéria orgânica presente no vermicomposto diminuiu significativamente em relação a aquela presente no composto.

A relação C/N, como se pode observar na Tabela 21, apresentou-se baixa (12/1), pois de acordo com Kiehl, (1998), quando se trabalha com lixo domiciliar (material de origem), a relação C/N deve estar entre 25/1 e 35/1. Quando essa relação é muito baixa, como por exemplo 6/1, os microrganismos eliminarão o excesso de nitrogênio na forma amoniacal, reduzindo o teor desse elemento no produto compostado.

Tabela 18: Características dos componentes do vermicomposto utilizado solo do tratamento 3.

Parâmetro	Concentração em umidade natural	Concentração em base seca
pH	7,1	-
Densidade	0,88 g/cm ³	-
Umidade perdida a 60-65°C	5,47 %	-
Umidade perdida entre 65°C e 110°C	2,28 %	-
Umidade total	7,75 %	0,0
Inertes	0,0	-
Matéria orgânica total (combustão)	21,57 %	23,38%
Matéria orgânica compostável	15,80 %	17,13%
Matéria orgânica resistente a compostagem	5,77 %	6,25
Carbono total (orgânico e mineral)	11,98 %	12,99
Carbono orgânico	8,78 %	9,852
Resíduo mineral total	70,68 %	76,62
Resíduo mineral insolúvel	61,53 %	66,70
Resíduo mineral solúvel	9,15 %	9,92
Nitrogênio total	0,99 %	1,07%
Fósforo total	1,67 %	1,81%
Potássio total	0,40 %	0,43%
Cálcio total	2,11 %	2,29%
Magnésio total	0,56 %	0,61%
Enxofre total	0,12 %	0,13%
Relação C/N (C total e N total)	12/1	12/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	9/1	9/1
Cobre total	19 mg/Kg	21mg/Kg
Manganês total	342 mg/Kg	371 mg/Kg
Zinco total	80 mg/Kg	80 mg/Kg
Ferro total	6938 mg/Kg	7521 mg/Kg
Boro	25 mg/Kg	27 mg/Kg
Sódio total	543 mg/Kg	543 mg/Kg

Fonte: ESALQ

5.5 Características físicas e químicas dos efluentes utilizados na irrigação da alface.

As concentrações médias dos parâmetros físicos e químicos aqui descritos estão baseados em concentrações de 14 amostras de efluentes, durante o primeiro experimento. Já durante o segundo experimento foram analisadas apenas 11 amostras. A obtenção desses valores encontram-se em anexo.

5.5.1 Demanda química de oxigênio

A matéria orgânica presente nas águas de irrigação foi mensurada em termos de DQO (Demanda Química de Oxigênio). Uma das grandes vantagens da DQO em relação a DBO é a obtenção de resultados em menor tempo. Por outro lado, a DQO não engloba somente a demanda de oxigênio satisfeita biologicamente, mas tudo que é susceptível de demandas de oxigênio (JORDÃO & PESSÔA, 1995). Para caracterizar a redução de matéria orgânica ao longo do sistema experimental nesta pesquisa, utilizou-se a DQO.

Na Figura 12, estão apresentados os valores médios mensais da DQO, nos efluentes do decantador e da lagoa de polimento, durante o primeiro e segundo experimentos. Observa-se que, no primeiro experimento, as concentrações médias de DQO no esgoto decantado variou de 167 a 217 mg/L, com concentração média de 189 mg/L e nas lagoas de polimento de 110 a 261 mg/L, apresentando uma média de 156 mg/L, e no segundo experimento, apresentou a variação de 88 a 283mg/L, e valor médio de 168 mg/L no esgoto decantado, e de 151 a 380 mg/L nas lagoas de polimento, apresentando o valor médio de 252 mg/L.

No primeiro experimento, ao longo do período experimental, as duas lagoas de polimento com 0,60m de profundidade e tempo de detenção hidráulica de 16 dias, foi capaz de reduzir o conteúdo orgânico, em termos de DQO do esgoto bruto, da média de 416 mg/L para 156 mg/L nas lagoas de polimento.

No segundo experimento, a maior eficiência de remoção de DQO foi verificada no esgoto decantado (44,24%), porém houve um considerável aumento nas concentrações médias apresentadas pelo efluente das lagoas de polimento (252 mg/L), que foram operadas nesse experimento em período de temperaturas mais elevadas ($\pm 30^{\circ}\text{C}$), de novembro a dezembro de 2002. Essa concentração aparentemente alta (252 mg/L) deve-se a abundância de algas na lagoa de polimento. Efluentes com essa característica podem obstruir os sistemas de irrigação, no entanto, sendo esse efluente utilizado em sistemas de irrigação por sulco, as algas, enquanto matéria orgânica que lentamente se decompõe e humifica o solo irão contribuir com nutrientes, sobretudo, fósforo e nitrogênio.

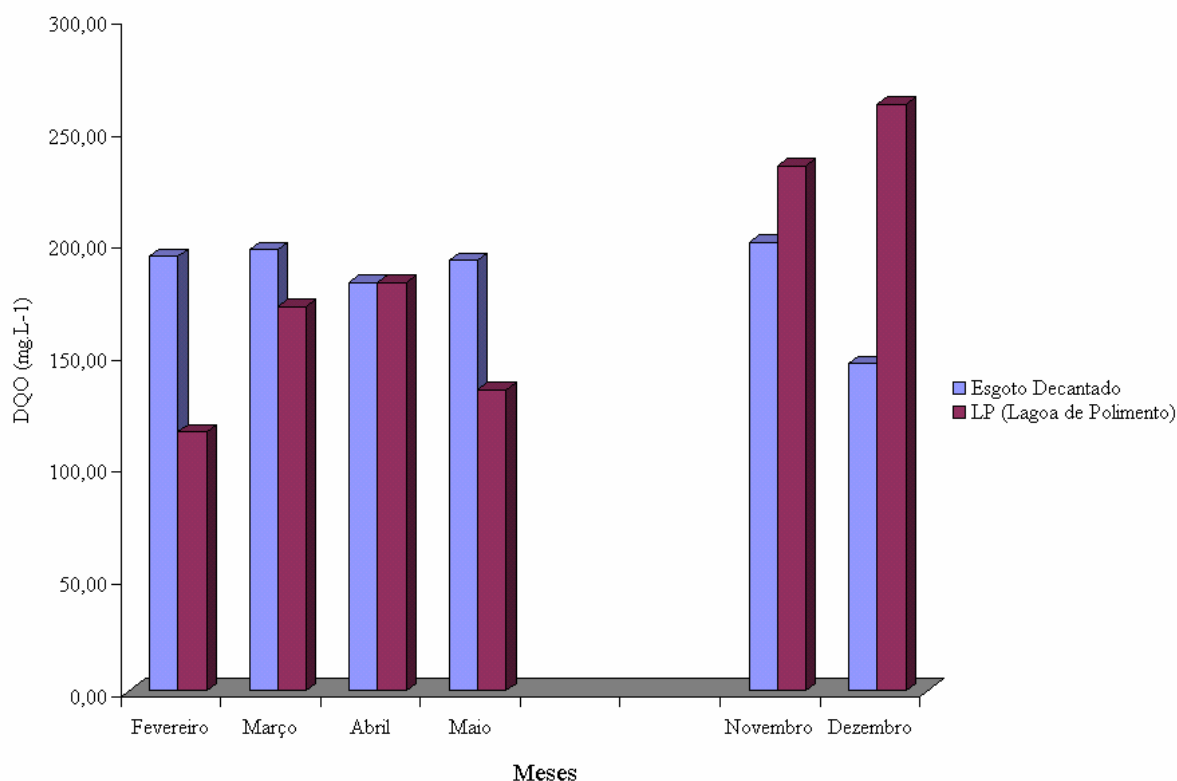


Figura 12: Valores médios mensais de DQO, no primeiro e segundo experimentos, para os efluentes do decantador e da lagoa de polimento.

5.5.2 Potencial hidrogeniônico

O pH expressa a intensidade da condição ácida ou básica de um meio, representada pela concentração de íons hidrogênio H^+ (SAWYER et al. 1994, VON SPERLING, 1996). Nas águas naturais seus valores é influenciado pela relação entre os íons H^+ , resultantes da dissociação de ácido carbônico (H_2CO_3) e dos íons OH^- provenientes da hidrólise dos bicarbonatos ($Ca (HCO_3)$) (BRANCO, 1986; WETZEL, 1993).

Na Figura 13, estão apresentadas os valores numerais de pH, nos efluentes do decantador e das lagoas de polimento, durante o primeiro e segundo experimentos. Observa-se nesta Figura que, durante o tratamento, houve um aumento nas concentrações médias de pH, no primeiro experimento, houve uma variação de 7,2 a 7,5 unidades de pH no esgoto decantado, e valor médio de 7,34 e nas lagoas de polimento a variação foi de 7,7 a 8,8, com valor médio de 8,3. Já no segundo experimento, a variação foi de 7,61 a 8,3 no esgoto decantado, e concentração média de 8,14 unidades, e nas lagoas de polimento a variação de pH foi de 8,44 a 10,24 unidades, apresentando um valor médio de 8,98 unidades. O pH pode variar em diferentes horas do dia. Os mais elevados valores de pH foram observados no

efluente das lagoas de polimento, justificado pela alta atividade fotossintética das algas, onde as mesmas consomem o CO_2 , que é o principal responsável pela acidez das águas da lagoa de polimento. Segundo Ayers & Westcost (1991), o pH normal das águas de irrigação deve estar entre 6,5 e 8,4. Os valores deste parâmetro, nas lagoas de polimento no segundo experimento apresentaram valores próximos de 9,0 unidades, sendo que, em uma única amostra o pH detectado foi 10,24. Segundo Branco (1986), a temperatura da água de uma lagoa de estabilização, acompanha, mais ou menos, a curva de variação da temperatura do ar. Segundo Catunda et. al. (1994), nas regiões com alta intensidade de insolação, o pH pode subir muito em lagoas de pós-tratamento, onde a fotossíntese prevalece sobre o metabolismo bacteriano.

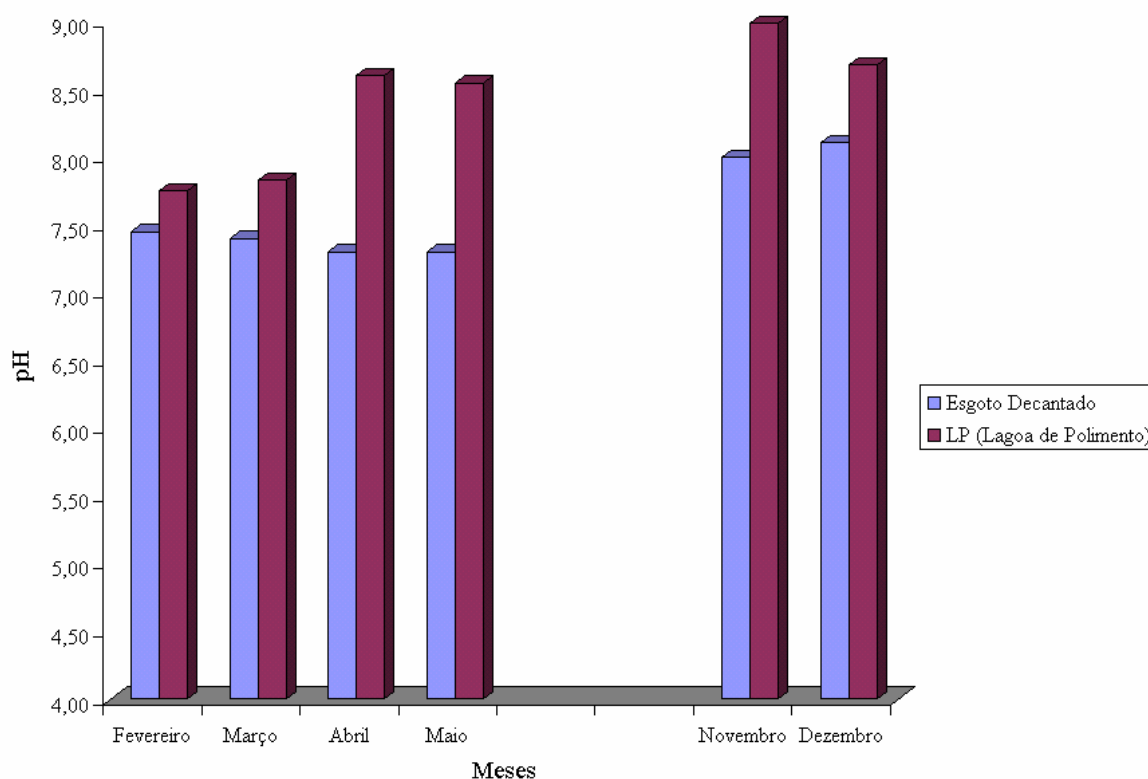


Figura 13: Valores médios mensais de pH, no primeiro e segundo experimentos, para os efluentes do decantador e da lagoa de polimento.

5.5.3 Fósforo total

O fósforo total corresponde à soma de todas as formas de fósforo presentes em uma determinada amostra, representando o suprimento desse nutriente no sistema (SILVA & OLIVEIRA, 2001). Está presente em águas naturais sobre as formas de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico. É proveniente de despejos orgânicos, especialmente esgotos domésticos e alguns despejos industriais, que utilizam certos tipos de detergentes (BRANCO, 1986). Em águas naturais 90% do fósforo encontra-se sob a forma de fosfatos orgânicos (WETZEL, 1993).

Nas plantas o fósforo é importante na floração e frutificação, além de ajudar no desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA, 2000). Na alface as características de carência de fósforo são retardamento do crescimento, má formação da cabeça, folhas de coloração verde-opaca, podendo as mais velhas apresentarem-se cloróticas (MALAVOLTA, 1976)

Na Figura 14, estão apresentadas as concentrações médias de fósforo total nos efluentes do decantador e das lagoas de polimento, durante o primeiro e segundo experimentos. Observa-se que o fósforo total no efluente decantado no primeiro experimento variou de 4,13 a 5,62 mg/L, apresentando uma média de 5,09mg/L, e nas lagoas de polimento de 1,55 a 3,43 mg/L, e a média de 2,25 mg/L e no segundo experimento no esgoto decantado ocorreram concentrações variando de 4,2 a 10,02 mg/L, com média de 6,39 mg/L e nas lagoas de polimento de 1,91 a 9,67 mg/L, com valores médios de 5,06 mg/L.

Os limites de concentração de fosfatos para cada nível trófico variam muito. O fósforo total presente nos efluentes decantado e da lagoa de polimento, segundo Vollenweider apud Esteves (1988), classificam essas águas como politrófica ($> 100 \mu\text{g L}^{-1}$), e sua utilização na irrigação fornece esse nutriente ao solo e a cultura melhora sensivelmente a produção. Contudo deve haver rigor na aplicação de águas com elevado teor de fósforo, uma vez que o excesso desse macronutriente no solo, causa eutrofização das águas de superfície.

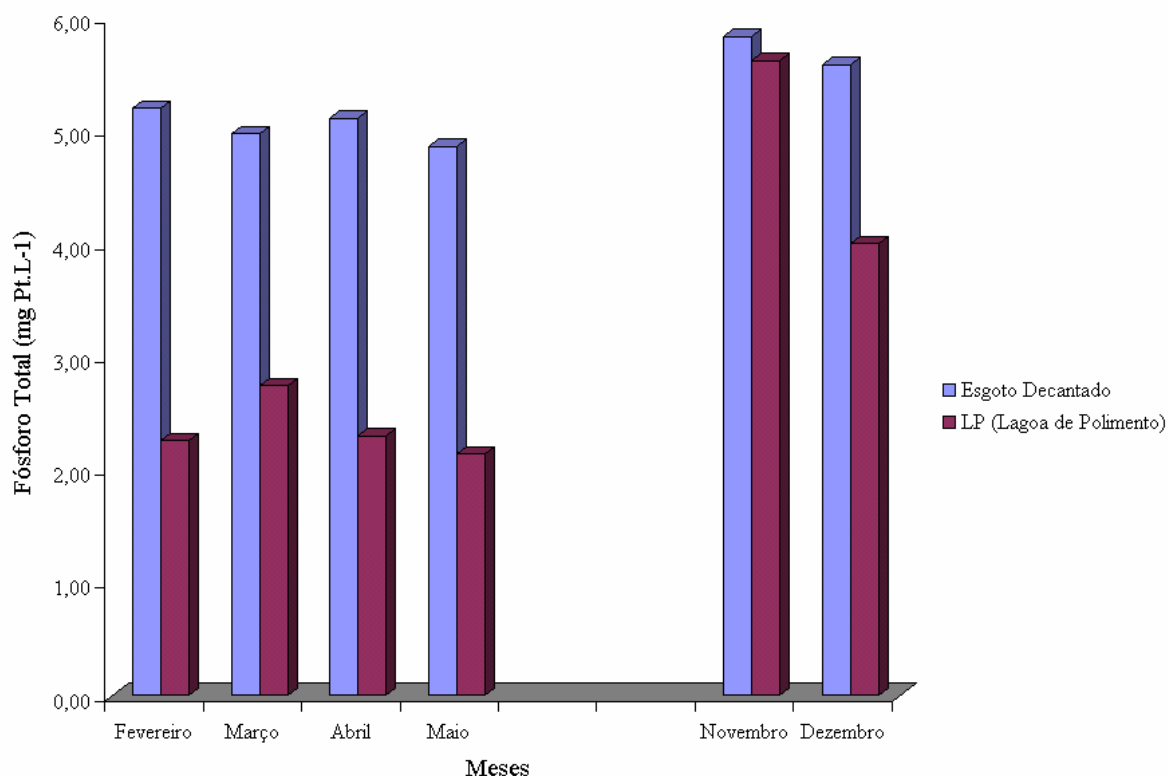


Figura 14: Valores médios mensais de fósforo total, no primeiro e segundo experimentos, para os efluentes do decantador e da lagoa de polimento.

5.5.4 Orto-fosfato

O orto-fosfato se constitui a principal forma de fósforo assimilada pelos vegetais. Em águas tropicais, devido às altas temperaturas, o metabolismo dos organismos é elevado, assim, durante a fotossíntese o orto-fosfato é incorporado à biomassa (ESTEVES, 1998).

Na Figura 15, verifica-se as concentrações médias de orto fosfato nos efluentes do decantador e das lagoas de polimento, durante o primeiro e segundo experimentos. Através desta Figura, pode-se observar que o orto-fosfato no primeiro experimento no esgoto decantado aumentou de 1,68 a 3,66 mg/L, com a média de 2,55 mg/L, e nas lagoas de polimento diminuiu de 0,43 a 2,59 mg/L, e valor médio de 1,80 mg/L. No segundo experimento, o esgoto decantado apresentou concentrações variando de 2,45 a 7,93 mg /L, com uma média de 4,27, e nas lagoas de polimento variou de 0,94 a 8,44 mg/L, e concentração média de 2,68 mg/L. Assim, a concentração média de orto-fosfato nos efluentes, durante o segundo experimento, se mostraram superior à mesma verificada no primeiro experimento, sendo que no esgoto decantado este fato está relacionado com a concentração desse elemento, devido aos menores índices pluviométricos registrados nesse período, já nas

lagoas de polimento, é justificado pela precipitação do fósforo em forma de orto-fosfatos insolúveis, causado pelo aumento de pH do meio, pois quando este se eleva a níveis mais altos que 9,0 pode ocorrer a precipitação.

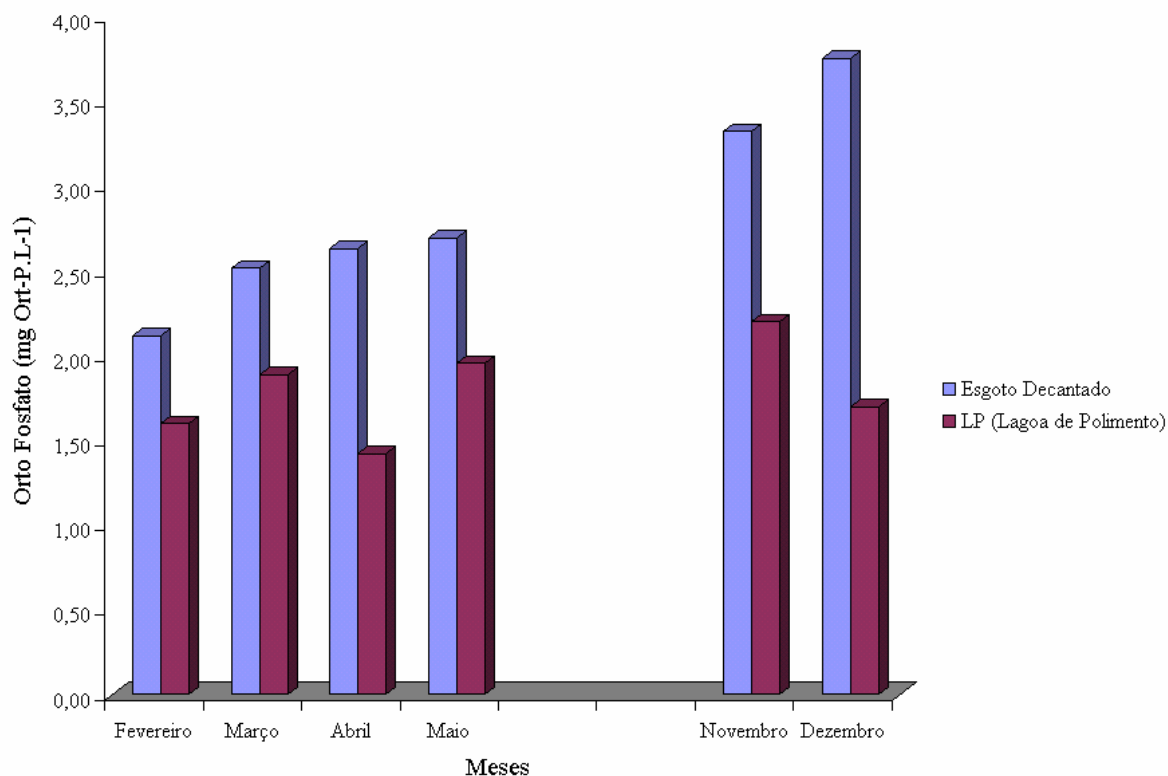


Figura 15: Valores médios mensais de orto-fosfato, no primeiro e segundo experimentos, para os efluentes do decantador e da lagoa de polimento.

5.5.5 Nitrogênio total

O nitrogênio tem função básica no metabolismo aquático, uma vez que é parte integrante da molécula de proteína, um dos componentes da biomassa. As principais fontes de nitrogênio nas águas naturais são: a precipitação, a fixação na água e nos sedimentos de material orgânico e inorgânico provenientes da drenagem superficial (ESTEVES, 1998; WETZEL, 1993).

O nitrogênio está presente em águas naturais de superfície e residuárias sob as formas de: nitrogênio molecular (N_2) escapando para a atmosfera; nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (NH_3), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (VON SPERLING, 1996). Nos esgotos pode-se estimar o grau de estabilização da matéria orgânica pela verificação da forma como estão presentes os compostos de nitrogênio (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

Na Figura 16, estão apresentadas as concentrações médias de nitrogênio total kjeldhal, presentes nos efluentes do decantador e das lagoas de polimento. Conforme essa Figura observa-se que no primeiro experimento, o nitrogênio total kjeldhal no efluente decantado variou de 15,0 a 48,08 mg/L, e valor médio de 37,78 mg/L, e nas lagoas de polimento de 4,48 a 13,0mg/L, com valor médio de 7,74 mg/L. Já no segundo experimento, o efluente decantado apresentou as concentrações variando de 33,60 a 75,60 mg/L, apresentando uma concentração média de 56,25 mg/L, enquanto nas lagoas de polimento variou de 1,68 a 14,56 mg/L, com concentração média de 7,42 mg/L.

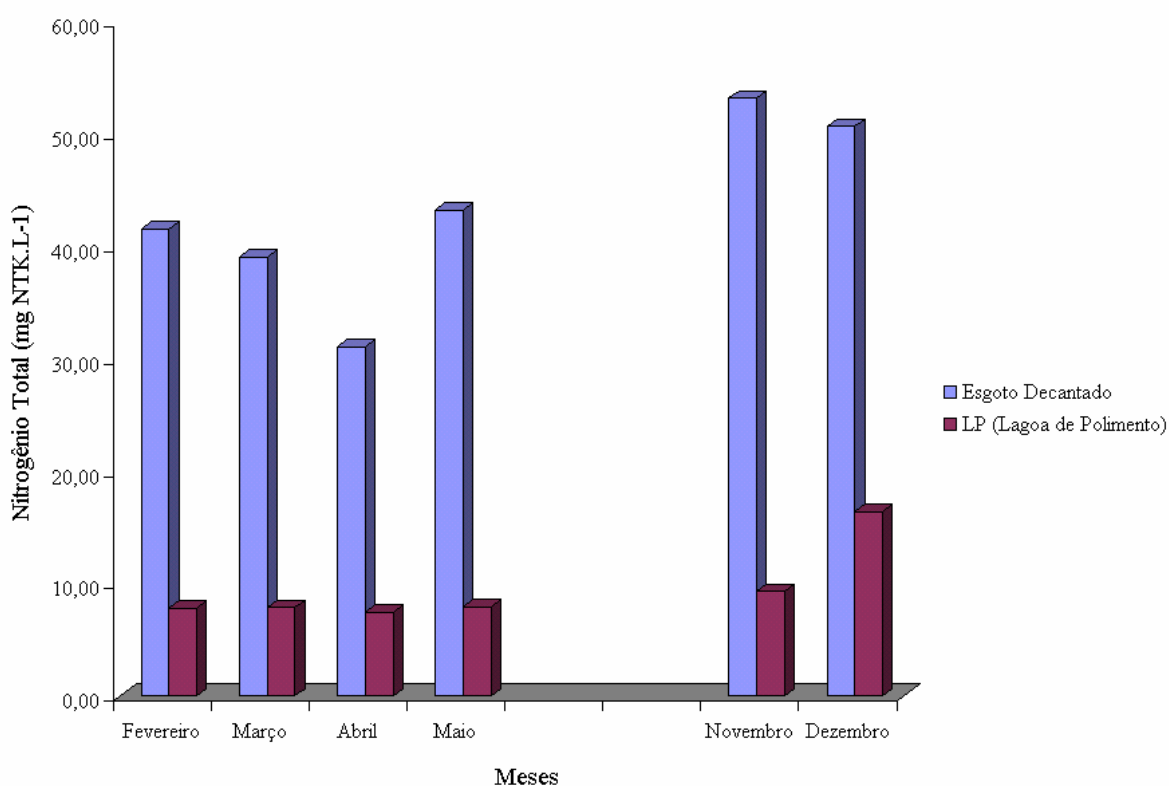


Figura 16: Valores médios mensais de nitrogênio total, no primeiro e segundo experimentos, para os efluentes do decantador e da lagoa de polimento.

5.5.6 Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio nas formas orgânicas e amoniacal são predominantes nos esgotos domésticos, sendo que a forma amoniacal é a mais utilizada para caracterização do teor de nitrogênio nos esgotos. Segundo Jordão & Pessoa (1995), o nitrogênio amoniacal é oriundo da morte e decomposição, pela ação das bactérias, no processo de amonificação.

Na Figura 17, estão apresentadas as concentrações médias de nitrogênio amoniacal nos efluentes do decantador e das lagoas de polimento, durante o primeiro e segundo

experimentos. De acordo com essa Figura, no primeiro experimento as concentrações médias de nitrogênio amoniacal no esgoto decantado variaram de 11,20 a 55,44 mg/L, e nas lagoas de polimento de 1,12 a 6,92 mg/L. Considerando que a concentração média de nitrogênio no esgoto bruto era de 38,54mg/L, e que a mesma, diminuiu gradativamente ao longo do sistema experimental até atingir valores entre 1,12 a 6,92 mg/L nas lagoas de polimento, apresentando uma taxa de remoção de 66,97%. Já no segundo experimento houve aumento considerável nas concentrações médias de nitrogênio amoniacal tanto no esgoto bruto (56,25mg/L) quanto nos efluentes, que variaram de 31,89 a 62,27 mg/L no esgoto decantado e de 1,68 a 14,56 mg/L nas lagoas de polimento. No segundo experimento, o sistema apresentou uma taxa de 83,55% de remoção da amônia, se constituindo mais eficiente no segundo experimento. Essa remoção pode ser atribuída ao pH apresentado pelas lagoas de polimento, quando este aumenta o íon amônio (NH_4^+) tende a se transformar em amônia molecular livre (NH_3), um gás que se desprenderá da fase líquida pelo processo de volatilização (CAVALCANTI, et. al. 2001). Outro fator de remoção do nitrogênio na massa líquida é a absorção da amônia pelas algas.

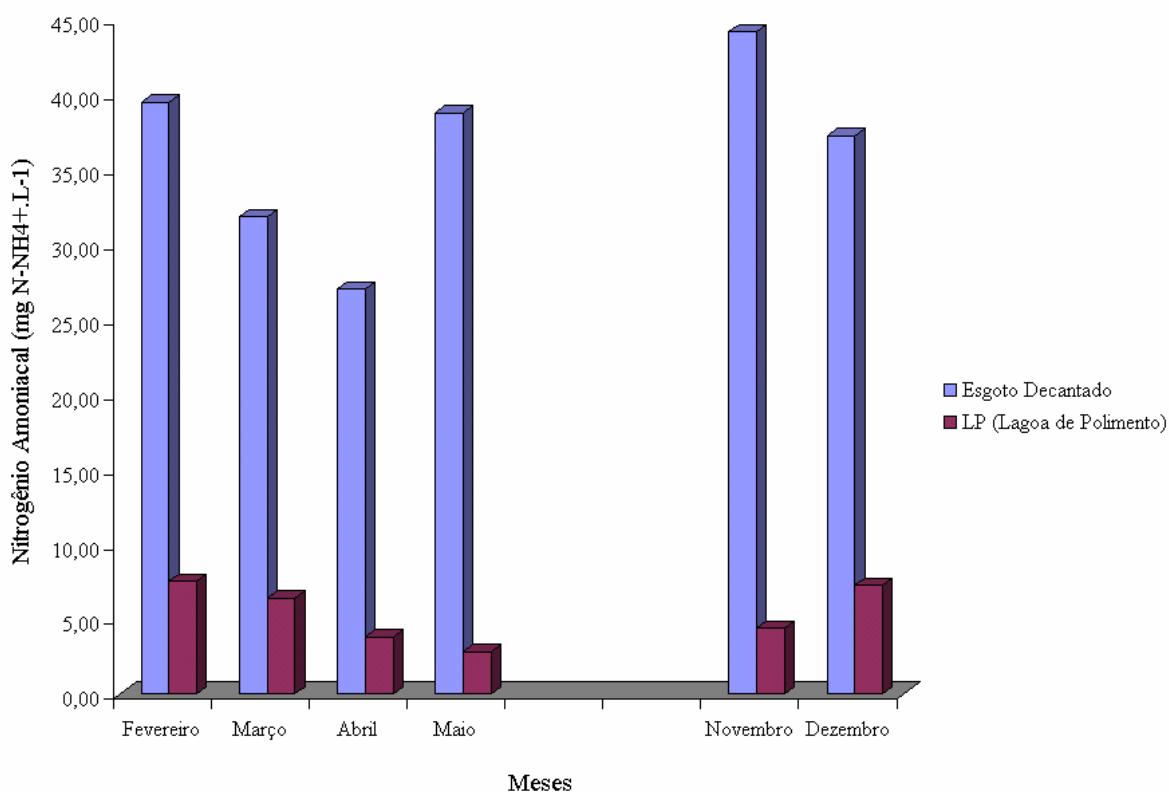


Figura 17: Valores médios mensais de nitrogênio amoniacal, no primeiro e segundo experimentos, para os efluentes do decantador e da lagoa de polimento

5.6 Avaliação agrônômica

5.6.1 Análise de crescimento

A análise de crescimento permite avaliar o desenvolvimento da planta durante o seu ciclo vegetativo. A partir dos dados de crescimento pode-se estimar de forma precisa, as causas de variações de crescimento entre plantas que crescem em ambientes diferentes (BENINCASA, 1988).

As variações das medidas de crescimento apresentadas pela a alface, permitiram a construção de curvas de regressão, que representam o comportamento da cultura durante os seus ciclos vegetativos.

As medidas de crescimento foram feitas a partir da área foliar e da fitomassa.

5.6.1.1 Área foliar

Área foliar de uma planta representa a superfície das lâminas foliares capazes de realizarem fotossíntese. Sendo assim, a produtividade de uma cultura está diretamente relacionada com a sua capacidade de armazenar, material metabólico: carboidratos que formarão outros compostos indispensáveis à planta.

5.6.1.1.1 No primeiro experimento

Na Figura 18, estão apresentadas as curvas que determinam o desenvolvimento da área foliar da alface ao longo do seu ciclo vegetativo, para os cinco tratamentos, durante o primeiro experimento, que foram ajustadas pelas equações de regressão verificadas na Tabela 19. Conforme a Figura 18, pode-se observar que as alfaces que apresentaram maior área foliar, foram àquelas provenientes do T5. Conforme a Tabela 23, não existe diferença significativa entre os tratamentos 2,3 e 4. No entanto, há diferenças significativas entre as médias das áreas foliar do tratamento 5, bem como no tratamento 1. Este fato pode ser justificado pela maior disponibilidade de quantidade maior de matéria orgânica proveniente dos esgotos, que se constitui um componente abundante em nutrientes.

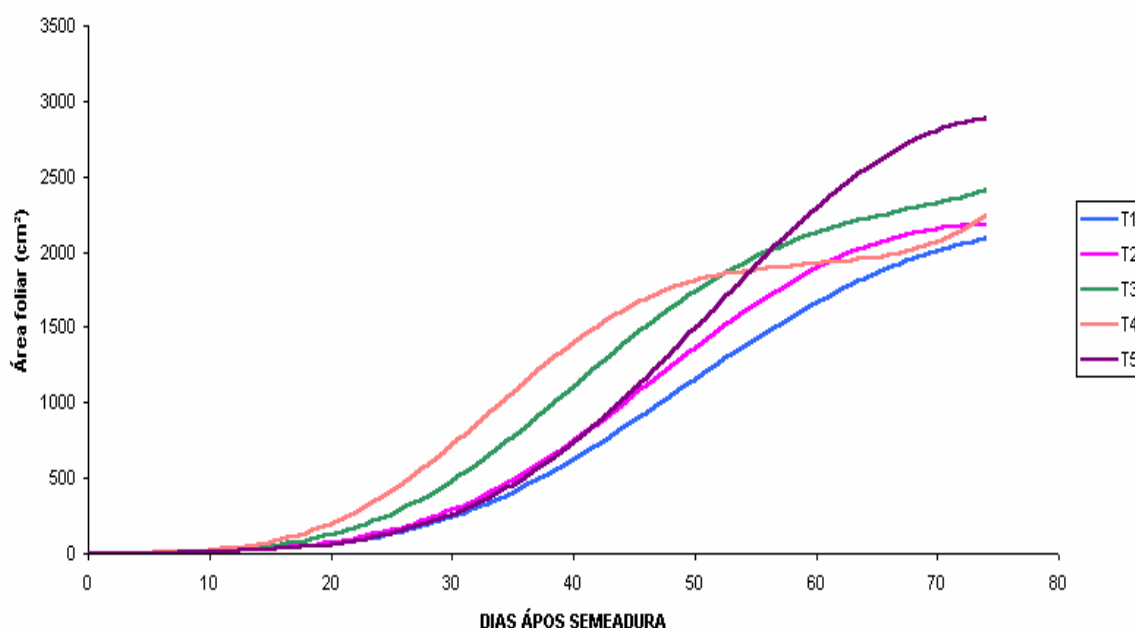


Figura 18: Comportamento da área foliar da alface, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento.

Tabela 19: Equações de regressão das curvas de área foliar da alface durante seu ciclo, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento.

Tratamentos	Equações	R ²
T1	$\ln y = 0,0128 + 0,2641x - 0,0030x^2 + 1,29e-05x^3$	0,999
T2	$\ln y = 0,0133 + 0,2733x - 0,0031x^2 + 1,22e-05x^3$	0,999
T3	$\ln y = 0,0150 + 0,3238x - 0,0046x^2 + 2,25e-05x^3$	0,997
T4	$\ln y = 0,0183 + 0,3746x - 0,0062x^2 + 3,51e-05x^3$	0,999
T5	$\ln y = 0,0124 + 0,2565x - 0,0026x^2 + 8,32e-06x^3$	0,996

5.6.1.1.2 No segundo experimento

Conforme foi realizado no primeiro experimento, utilizou-se curvas de regressão para acompanhar o comportamento da área foliar da alface. As equações de regressão encontram-se descritas na Tabela 20.

Na Figura 19, verifica-se o comportamento da área foliar da alface, para os cinco tratamentos, durante o segundo experimento. Observa-se que semelhante ao primeiro experimento, o T5 (esgoto decantado e solo sem adubação), foi o tratamento que apresentou maior área foliar, essa constatação pode ser observada com a análise de variância e aplicação do teste Tuckey em nível de 5% de probabilidade, conforme Tabela 23.

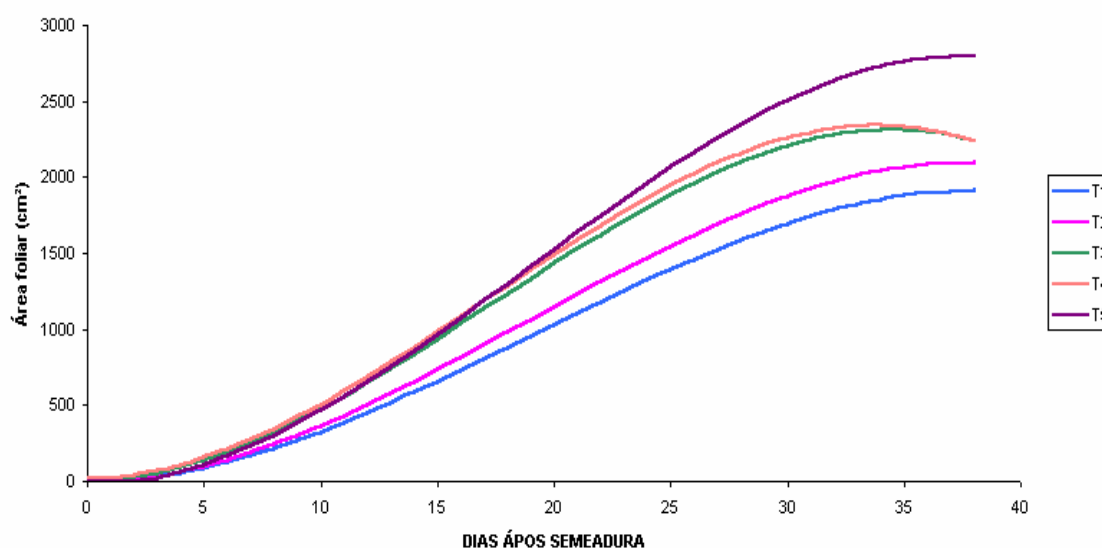


Figura 19: Comportamento da área foliar da alface, para os cinco tratamentos, no segundo experimento.

Tabela 20: Equações de regressão das curvas de área foliar da alface durante seu ciclo, para os cinco tratamentos, no segundo experimento.

Tratamentos	Equações	R ²
T1	$y = -1,820 + 3,970x^2 - 0,069x^3$	0,999
T2	$y = -0,604 + 4,447x^2 - 0,078x^3$	0,999
T3	$y = 9,814 + 5,787x^2 - 0,111x^3$	0,998
T4	$y = 19,519 + 6,068x^2 - 0,119x^3$	0,992
T5	$y = -27,500 + 6,020x^2 - 0,107x^3$	0,99

5.6.1.2 Fitomassa

A fitomassa representa a massa seca em grama da alface produzida diariamente. O aumento desse parâmetro em uma cultura está proporcionalmente ligado com o desenvolvimento da área foliar.

5.6.1.2.1 No primeiro experimento

Na Figura 20, verifica-se o comportamento da fitomassa da alface, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento. Também foram realizados ajustes nas curvas de regressão que representam o comportamento dessa medida da alface. As equações de regressão das curvas da fitomassa da alface no primeiro experimento encontram-se na Tabela 21. Baseados nessa Figura observa-se que o T5 (esgoto decantado e solo sem adubação

mineral), se constituiu o tratamento que apresentou maior incremento nessa medida. Sendo que, o T2 apresentou produtividade maior que o T3. Segundo SOUSA et. al (2003) esta realidade pode ser atribuída à indisponibilidade dos nutrientes do vermicomposto, já que estes presentes na matéria orgânica, sobretudo nitrogênio fósforo e potássio levam algum tempo para serem disponibilizados para as plantas. Comparativamente, com base nas Figuras 20 e 21, observa-se que no primeiro experimento a fitomassa obteve valores aproximadamente iguais ao dobro do segundo experimento, sendo explicada pelo fato do primeiro experimento ser mais longo, e ter mais água disponível, através das chuvas, para o desenvolvimento dessa cultura, que é muito exigente em água.

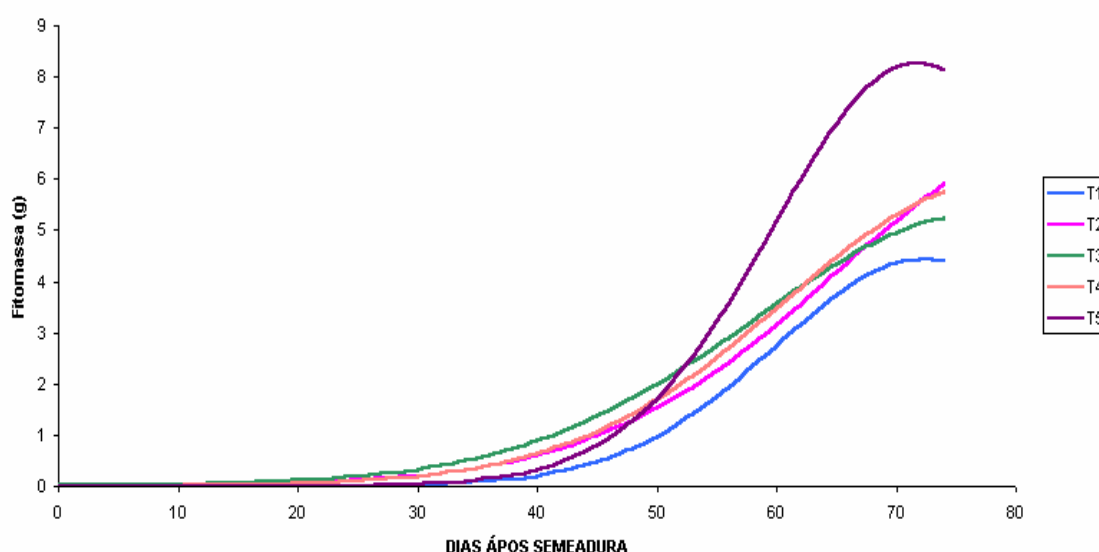


Figura 20: Comportamento da fitomassa da alface, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento.

Tabela 21: Equações de regressão das curvas de fitomassa da alface durante seu ciclo, para os cinco tratamentos, no primeiro experimento.

Tratamentos	Equações	R ²
T1	$\ln y = -9,7054 + 0,0726x^{1,5} - 0,0063x^2$	0,95
T2	$\ln y = -4,6584 + 0,0340x^{1,5} - 0,0027x^2$	0,999
T3	$\ln y = -4,0434 + 0,0338x^{1,5} - 0,0028x^2$	0,999
T4	$\ln y = -5,1761 + 0,0403x^{1,5} - 0,0034x^2$	0,994
T5	$\ln y = -10,015 + 0,0798x^{1,5} - 0,0070x^2$	0,976

5.6.1.2.2 No segundo experimento

Na Figura 21, estão apresentados os comportamentos das curvas ajustadas da fitomassa na alface, para os cinco tratamentos, durante o segundo experimento. As equações de regressão encontram-se na Tabela 22. De acordo com a Figura, verifica-se que a maior fitomassa e conseqüentemente maior produção em massa seca ocorreu no tratamento 5 (esgoto decantado). Nesse experimento observou-se que o efluente da lagoa de polimento, apesar de apresentar um pH elevado variando entre 8,44 a 10,24 mostrou-se muito adequado para a cultura da alface, pois a produtividade do T4, superou os T1 (água de poço e solo sem adubação), T2 (água de poço e solo com adubação mineral), e T3 (água de poço e solo com vermicomposto)

A produtividade de um modo geral, mostrou-se maior no primeiro experimento do que aquela apresentada no segundo Experimento.

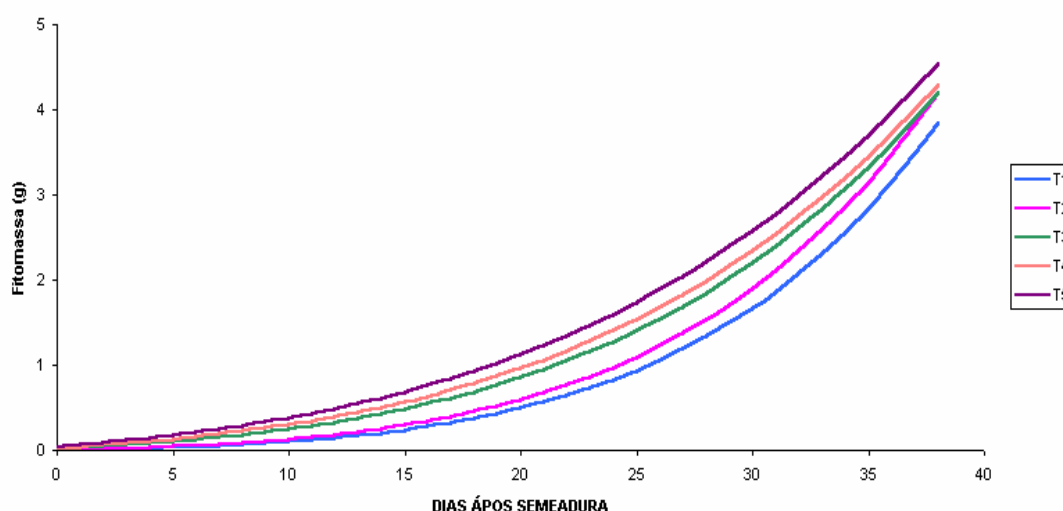


Figura 21: Comportamento da fitomassa da alface, para os cinco tratamentos, no segundo experimento.

Tabela 22: Equações de regressão das curvas de fitomassa da alface durante seu ciclo, para os cinco tratamentos, no segundo experimento.

Tratamentos	Equações	R ²
T1	$\ln y = -6,114 + 1,209x^{0,5}$	0,978
T2	$\ln y = -5,682 + 1,154x^{0,5}$	0,988
T3	$\ln y = -4,368 + 0,941x^{0,5}$	0,963
T4	$\ln y = -3,993 + 0,884x^{0,5}$	0,976
T5	$\ln y = -3,576 + 0,825x^{0,5}$	0,975

Na Tabela 23, estão apresentados os valores médios da fitomassa e da área foliar da alface.

Observa-se que a fitomassa e a área foliar média demonstrados na Tabela 23 não apresentam diferenças significativas em relação aos tratamentos 2, 3 e 4 ($p < 0,05$). O tratamento 1 (solo sem adubação e água de poço) apresentou menor média, enquanto no tratamento 5 (fertirrigação com esgoto decantado) a maior média.

Tabela 23- Avaliação da produtividade no primeiro e segundo experimentos e aplicação do Teste de Tuckey.

Tratamento	Fitomassa (g.planta ⁻¹)		Área Foliar (cm ²)	
	1º Experimento	2º Experimento	1º Experimento	2º Experimento
T1	4,35 c	3,90 c	1682,62 b	1667,41 b
T2	5,91 b	4,25 b	1866,37 ab	1830,16 b
T3	5,23 bc	4,30 b	2123,93 ab	2099,25 ab
T4	5,72 b	4,39 b	1985,75 ab	2104,00 ab
T5	8,04 a	4,64 a	2298,93 a	2436,00 a

(*) Os valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tuckey.

5.6.2 Quantidade de NPK aplicados no solo

5.6.2.1 No primeiro experimento

Para a estimativa das concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), aplicados no solo através dos efluentes decantado e da lagoa de polimento e pela água de poço, no primeiro e segundo experimentos, utilizou-se o volume de 7,0L/m² de águas utilizadas diariamente para a irrigação de todas as parcelas que, corresponde à quantidade de água necessária à cultura da alface, conforme os dados da análise físico-hídrica do solo. Dessa forma, a partir desse volume e baseados nas análises químicas, que demonstram as concentrações médias nos efluentes e na água de poço, foi possível determinar esses nutrientes aplicados no solo de cada tratamento.

Na Figura 22, estão apresentadas as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio, adicionados pelos efluentes e pela água de poço, nos cinco tratamentos, durante o primeiro experimento. Observa-se que o T5 (esgoto decantado), foi o tratamento que disponibilizou as maiores concentrações de nitrogênio total (122,51 Kg/ha) para a alface.

Segundo Filgueira (1982), o nitrogênio é o nutriente que promove maior incremento na produtividade e no peso da planta, e se empregado em conjunto com o fósforo a produtividade é maior, em relação à soma dos efeitos de qualquer um, quando utilizado sozinho. Assim, como o T5, disponibilizou o nitrogênio em excesso e menores proporções de potássio, se constituiu o tratamento que demonstrou maiores produtividades em ambos experimentos, conforme se pode observar nas Figuras 24 e 25. Mas o fornecimento excessivo de nitrogênio poderá ser prejudicial à qualidade nutricional da alface, devido ao acúmulo de nitrato, que pode causar problemas à saúde se ingerido em excesso (KATAYAMA,1993).

Com relação ao potássio, apesar da quantidade elevada que a alface extraí do solo, este não tem demonstrado ser eficiente no aumento da produtividade quando utilizado isoladamente ou em combinações N-P-K. Sendo assim, essa elevada absorção pela alface se deve à sua utilização do fósforo para a realização da fotossíntese, pois é essencial ao desenvolvimento da clorofila. Segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba, EMATER-PB (1979), nos solos do estado da Paraíba, os sintomas de deficiência de potássio, são os menos freqüentes.

Segundo Malavolta (1976) a alface necessita das seguintes proporções em Kg/ha, de NPK; 24, 5, 51, respectivamente. Assim, em ambos experimentos foram fornecidos as quantidades necessárias de NPK, para o total desenvolvimento da alface, com exceção apenas do T1, pois o mesmo não foi adubado.

Ainda conforme a Figura 22, verifica-se que o T1 (água de poço e solo sem adubação) foi o tratamento que forneceu as menores concentrações de NPK ao solo, apresentando conseqüentemente a menor produtividade (Figura 24).

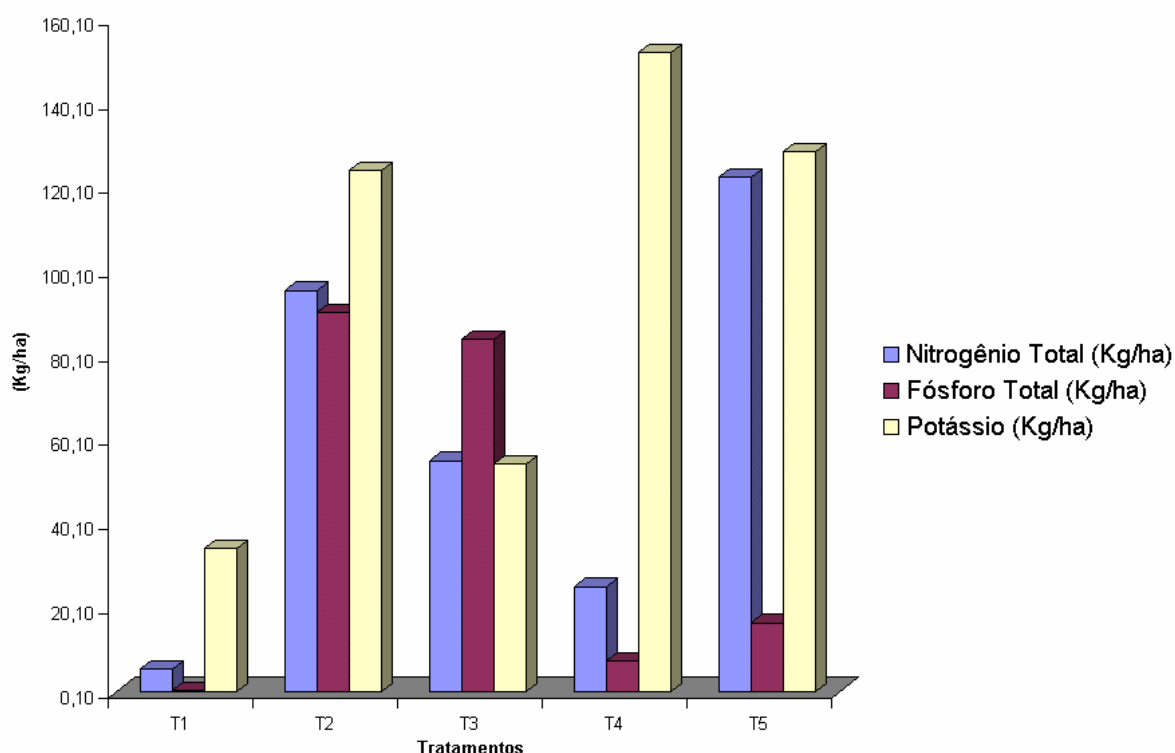


Figura 22: Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio adicionados durante o ciclo da alface pelos cinco tratamentos no primeiro experimento.

5.6.2.2 No segundo experimento

Na Figura 23, estão apresentadas as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio provenientes dos efluentes e da água de poço, para os cinco tratamentos, no segundo experimento. Observa-se que as quantidades dos nutrientes (NPK) expressos em quilograma por hectare, têm valores aproximados a aqueles do primeiro experimento.

Comparativamente, apesar do T5 (esgoto decantado) ter fornecido maiores concentrações de NPK ao solo no segundo experimento, a maior produtividade obtida por esse tratamento foi no primeiro experimento, como pode ser visualizado nas Figuras 24 e 25, assim, isso ocorreu devido interferência da temperatura, que se encontrava mais elevada durante o segundo experimento, fatores como fotoperíodo, intensidade luminosa e especialmente a temperatura influenciam acentuadamente o desenvolvimento e o crescimento da alface (FERNANDES & MARTINS, 2001).

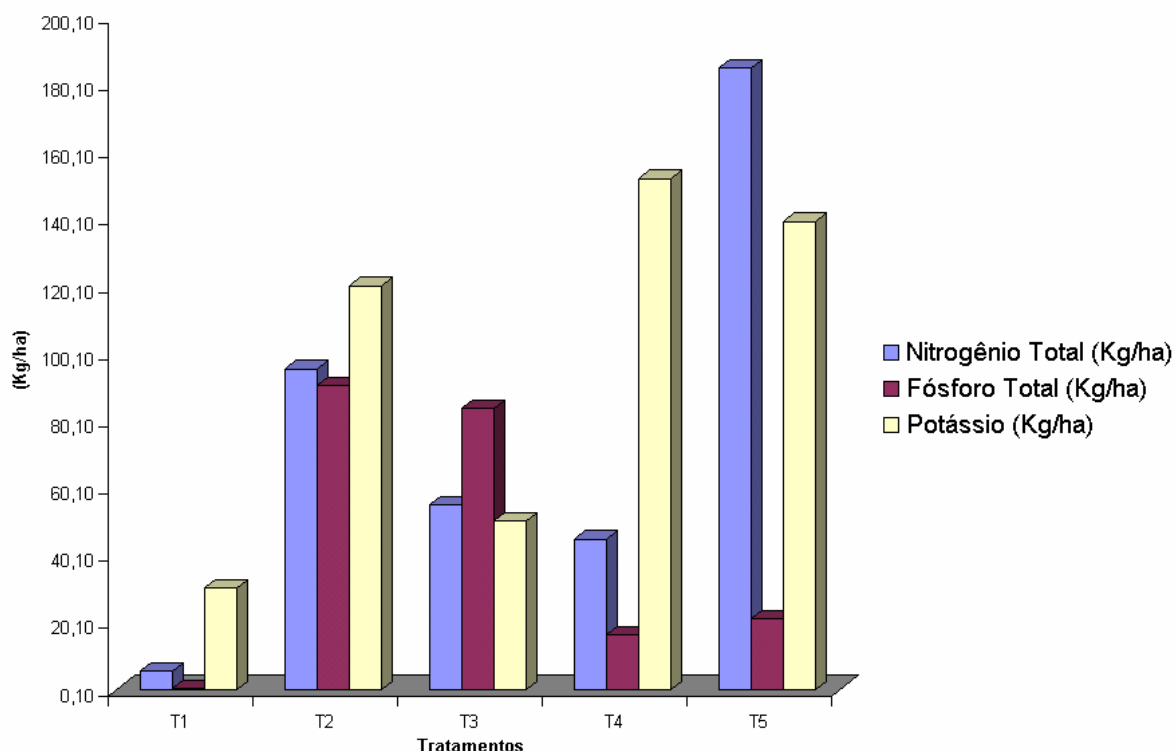


Figura 23: Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio adicionados durante o ciclo da alface pelos cinco tratamentos no segundo experimento.

5.6.3 Produtividade da alface (*Lactuca sativa*)

5.6.3.1 No primeiro experimento

A estimativa da produtividade foi obtida, após o descarte do sistema radicular, determinando-se apenas a biomassa aérea, com base em peso seco.

Na Figura 24, estão apresentados os valores da produtividade da alface, expresso em massa seca, quando submetidas a cinco tratamentos diferenciados, durante o primeiro experimento. Observa-se que a produtividade foi superior no tratamento 5 (1,30 t/ha), fertirrigação com esgotos decantado. Segundo Leon & Cavallini, 1996, comparativamente, as culturas fertirrigadas com esgotos proporcionam maior produtividade do que a irrigação convencional e fertilizante químico aplicados no solo. O fato deve-se as grandes quantidades de nutrientes, e a elevada concentração de matéria orgânica, a qual armazena umidade no solo e ajuda a fixar elementos como potássio, cálcio, magnésio e outros nutrientes necessários à nutrição das plantas (PRIMAVESI, 2002).

A segunda maior produtividade foi no tratamento 2, (0,94 t/ha) sendo este irrigado com água de poço e solo com adubação mineral. Partindo do princípio que o principal fator que diferencia os T1, T2 e T3, dos T4 e T5, são as adubações acrescentadas aos solos e as características dos efluentes, evidencia-se, que a menor produtividade obtida correspondeu ao T1 (0,71 t/ha), que foi irrigado com água de poço e solo não adubado. Esta constatação deveu-se a ausência de nutrientes na quantidade exata requerida pela alface durante o seu ciclo, prejudicando o seu desenvolvimento.

Cerca de 4% foi o peso médio em termos de massa seca, portanto 96% se constituía de água. Dessa forma, a produtividade da alface, nos cinco tratamentos expressa em massa verde manteve-se na média de 17,04; 23,86; 21,61; 23,56 e 31,2 t/ha.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, o rendimento médio da alface varia de 15 a 22t/ha (CAMARGO, 1984).

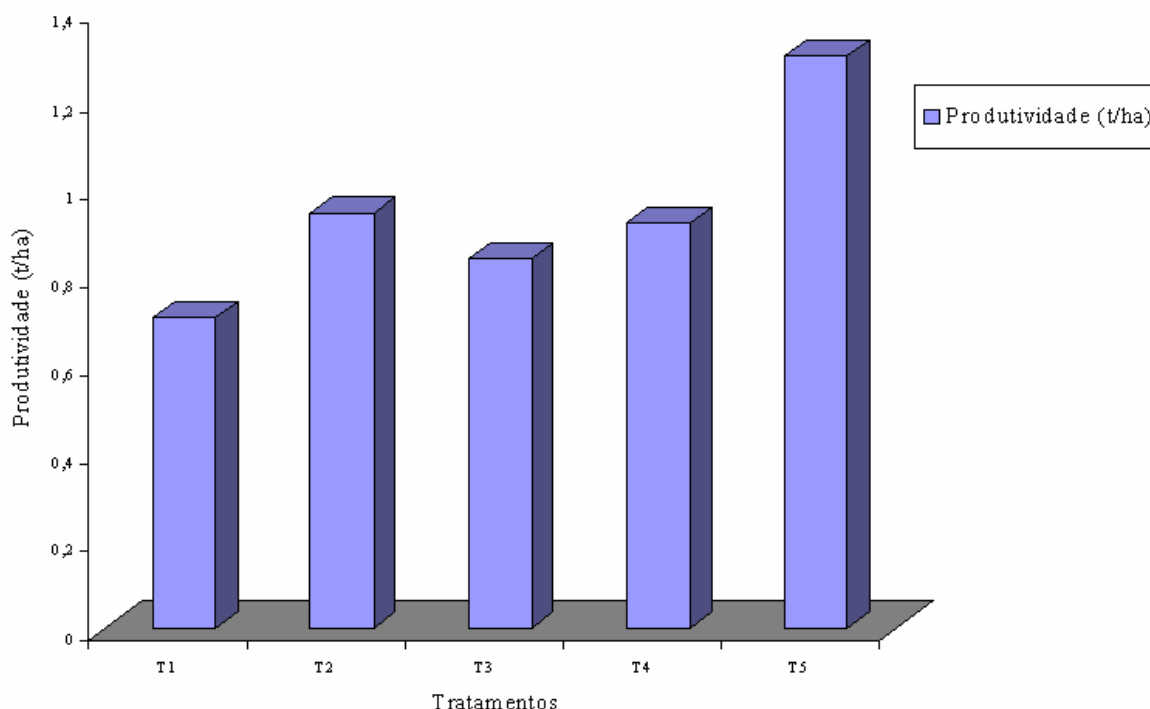


Figura 24: Produtividade em massa seca (t/ha), da alface nos cinco tratamentos no primeiro experimento.

5.6.3.2 No segundo experimento

Na Figura 25 estão apresentados os valores da produtividade da alface, quando submetida a cinco tratamentos, durante o segundo experimento. Observa-se que, como no primeiro experimento, a maior produtividade ocorreu no tratamento 5 (0,73 t/ha). A segunda

maior produtividade da alface, foi proveniente do tratamento 4 (0,69 t/ha), que apesar do efluente da lagoa de polimento apresentar-se alcalino, com valores de pH em torno de 9,0 unidades, este não interferiu no pH do solo, pois conforme a análise realizada após o segundo experimento, o solo do T4 apresentou um pH de 7,64. Sendo assim, o efluente da lagoa de polimento, durante o segundo experimento forneceu o aporte de nutrientes necessários ao desenvolvimento da alface, visto que, não foi adicionado ao solo nenhum adubo. Ainda de acordo com a Figura 25 observa-se que, a produtividade do tratamento 2 (água de poço e solo com adubação mineral) foi similar à produtividade obtida com o tratamento 3 (água de poço e solo adubado com vermicomposto).

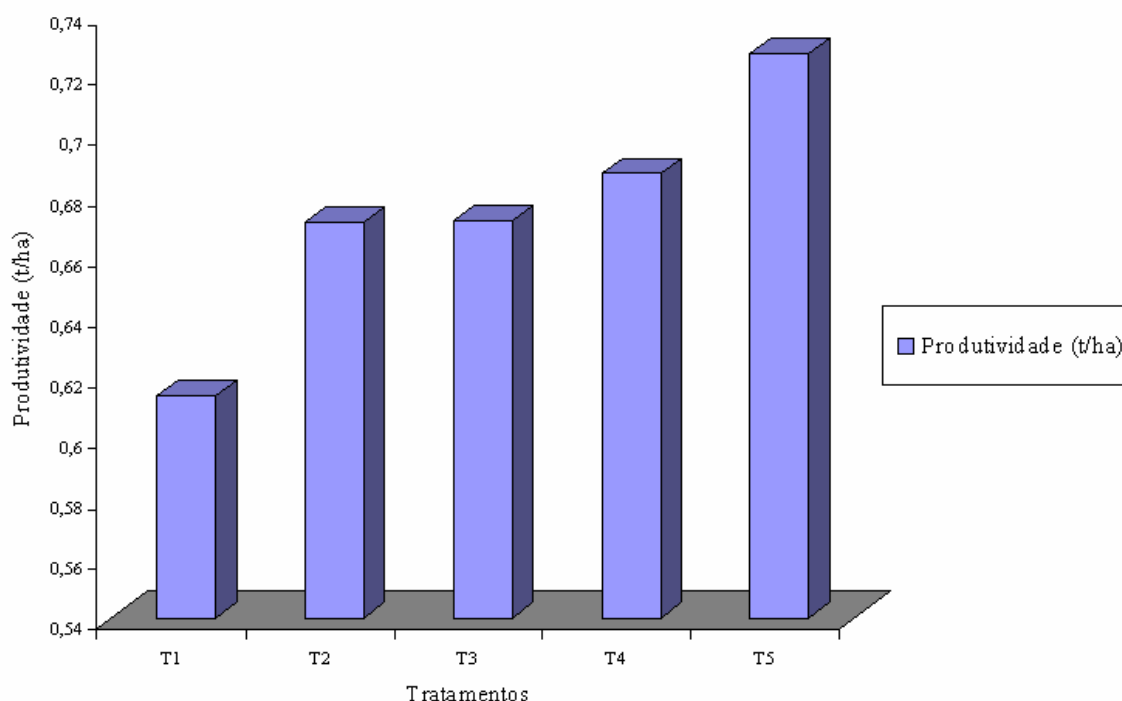


Figura 25: Produtividade em massa seca (t/ha), da alface nos cinco tratamentos no segundo experimento.

5.7 Exames microbiológicos

5.7.1 Coliformes termotolerantes

Tradicionalmente, a determinação dos coliformes fecais ou termotolerantes são para caracterizar o nível de contaminação fecal de águas, solos e lodos, entre outros tipos de amostras ambientais (APHA, 1998). Nesta pesquisa, as concentrações de coliformes termotolerantes foram avaliadas nas águas de irrigação, na alface colhida e nos solos antes do plantio e solo após a colheita. Na Figura 26, estão apresentadas as concentrações de coliformes termotolerantes detectadas nas águas de irrigação, alface colhida, solo antes do plantio e solo após a colheita, para os tratamentos.

5.7.1.1 Nas águas de irrigação

O uso de esgotos na irrigação é um fator de risco, no entanto apenas a presença do agente infeccioso no efluente, não garante que haverá transmissão de doenças. Assim para que um organismo patogênico presente em um efluente destinado à irrigação promova doenças, precisa necessariamente que este tenha resistido aos processos de tratamento de esgotos e mantenha-se vivo no meio ambiente em quantidade suficiente para infectar alguém suscetível que tenha tido contato com o efluente, com o solo ou com a cultura irrigada (LIMA, et. al., 2004; BASTOS et. al., 2003). Segundo Tsutiya (2001), a utilização de esgotos para a irrigação, envolve riscos à saúde humana devido aos microrganismos patogênicos contidos nos esgotos. A água para irrigação deve obedecer a determinados critérios de qualidade, que visem à preservação da qualidade das culturas, dos níveis de produção, a preservação do solo agrícola e a proteção da saúde.

Observa-se, na Figura 26, que nos tratamentos 1, 2 e 3 a concentração de coliformes termotolerantes na água de poço artesiano permaneceu em torno de 10^2 UFC/100ml, sendo verificado valor similar no tratamento 4, efluente da lagoa de polimento. Essa baixa concentração confirma a eficiência que a lagoa de polimento apresenta com relação à remoção de coliformes termotolerantes. Apenas o tratamento 5, que se constitui de esgoto decantado, apresentou concentração de coliformes superior ao valor recomendado para irrigação irrestrita (WHO, 1989). Observa-se que os valores de coliformes termotolerantes do esgoto decantado mantiveram-se na média de $4,37 \times 10^5$ UFC/100ml.

Bonilha (1986), examinando águas utilizadas na irrigação da alface, cultivadas em 10 hortas na cidade de Araraquara - São Paulo, verificou concentrações de coliformes termotolerantes variando de $2,3 \times 10^2$ a $2,4 \times 10^6$ UFC/100ml.

Miranda (1995), encontrou em águas de irrigação da alface, na cidade de Porto Alegre-RS, concentrações de coliformes fecais variando de $3,35 \times 10^2$ a $3,53 \times 10^8$ org/100ml.

Mattos (2003), analisando amostras de água do Ribeirão Lavapés, utilizadas para irrigação de hortaliças inclusive alface, em área verde periférica de Botucatu – SP, encontrou valores de coliformes termotolerantes variando entre $1,1 \times 10^6$ e $1,1 \times 10^9$ UFC/100ml.

Os valores encontrados por esses autores, constituem-se superiores a aqueles encontrados nesta pesquisa, assim, esses resultados vêm corroborar com os dados já apresentados por diversos autores, que confirmam a utilização não planejada de esgotos sanitários na horticultura, em áreas verdes na periferia das pequenas, médias e grandes cidades.

5.7.1.2 Na alface

Os valores médios de coliformes termotolerantes nas alfaces colhidas, conforme estão apresentados na Figura 26, variaram entre $7,34 \times 10^2$ e $1,16 \times 10^6$ NMP/100g. A maior contaminação ocorreu naquelas provenientes do T3 (irrigado com água de poço e solo adubado com vermicomposto) e T5 (irrigado com esgoto decantado e solo sem adubação), pois ambos apresentam no solo uma carga fecal elevada, que provavelmente as contaminaram.

Barros (1997), constatou em alfaces cultivadas no período de seca, nas hortas dos municípios de Sapé e Lagoa Seca, concentrações que variaram entre $1,0 \times 10^5$ e $1,6 \times 10^6$ NMP/g

Araújo (1999), encontrou em alfaces irrigadas com água poluída proveniente de um córrego que atravessa o Campus II da UFCG, valores semelhantes aos encontrados nesta pesquisa: $1,5 \times 10^3$ e $3,1 \times 10^4$ NMP/ 100g.

Alguns estudos realizados em diferentes países indicam que a utilização de águas não tratadas para irrigação de hortaliças, é a prática que mais influencia na redução da qualidade sanitária destes alimentos (FEACHEM et. al., 1983; SHUVAL et. al. , 1986; SHUVAL et. al., 1997), porém quando se faz o tratamento do efluente utilizado para a irrigação, há diminuição considerável da contaminação dos produtos irrigados, sendo assim, a alface produzida com o

efluente da lagoa de polimento apresentou contaminação inferior aos padrões estabelecidos pela Resolução ANVISA nº 12, de 02 de janeiro de 2001, que determina o máximo de 100 coliformes termotolerantes por grama de hortaliça fresca e consumida crua. Assim, torna-se evidente que a alface produzida com o efluente da lagoa de polimento apresentou concentrações de coliformes aceitáveis para hortaliças que são consumidas cruas.

5.7.1.3 No solo após colheita

Os valores de coliformes termotolerantes no solo após colheita variaram de $2,68 \times 10^3$ a $9,27 \times 10^5$ NMP/100g. Conforme mostra a Figura 26, as concentrações nos tratamentos 1, 2, 3 e 4 diminuíram, sendo que apenas no T5 houve aumento.

Segundo Shuval et. al., (1986), a sobrevivência dos coliformes no solo é prolongada em solos que recebem regularmente aplicações de efluentes ou excretas humanas. Assim, a diminuição da concentração de coliformes termotolerantes, nos tratamentos 1, 2, 3 e 4 ocorreu, devido a água utilizada para a irrigação desses não se constituir uma fonte de nutrientes para os coliformes, acontecendo o inverso com o T5, pois no esgoto há grande disponibilidade de matéria orgânica para a manutenção da sobrevivência desses microrganismos. A sobrevivência de bactérias entéricas no solo depende também da atividade autogênica de actinomicetos e fungos, os quais produzem antibióticos que as eliminam. Por outro lado, a sobrevivência dessas bactérias pode ser prolongada em solos com nutrientes disponíveis (PAGANINI, 2003).

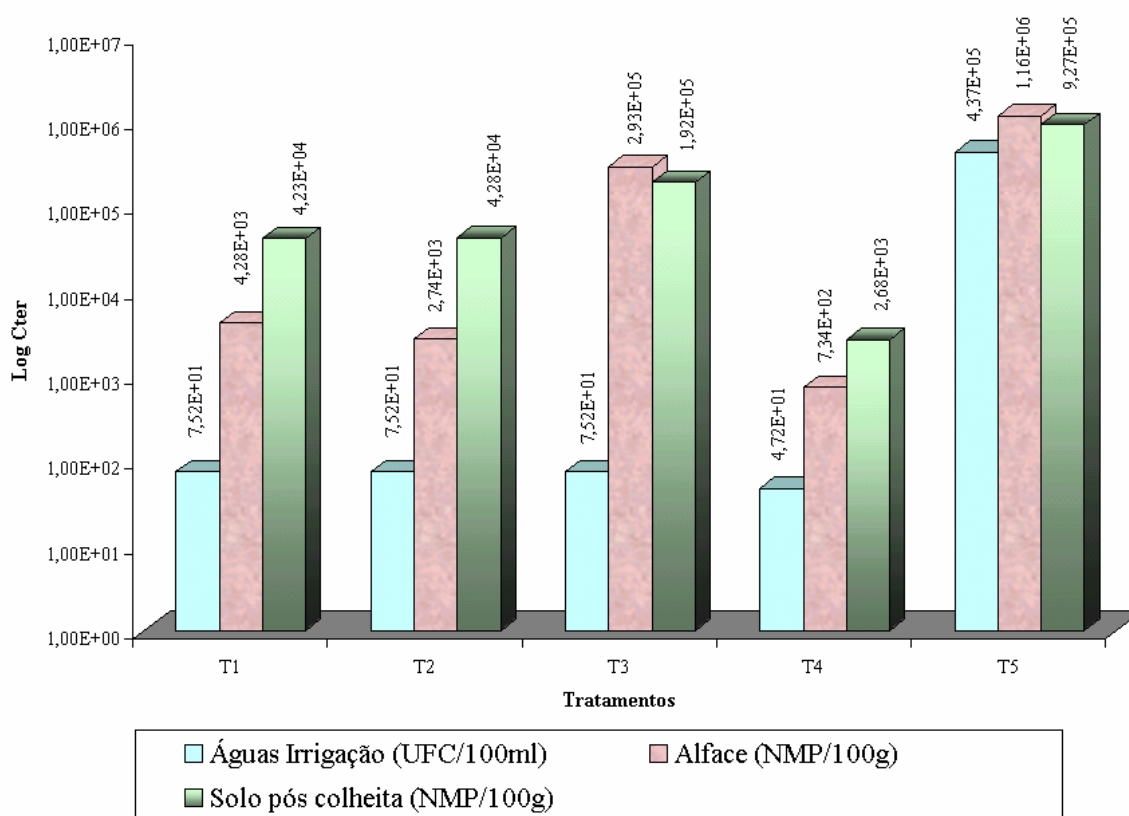


Figura 26: Concentração de coliformes termotolerantes nas águas de irrigação, na alface colhida e solo após a colheita.

5.7.2 Concentrações de *E. coli*

A determinação de *E. coli* nos alimentos fornece, com maior segurança informações sobre as condições sanitárias do produto e melhor indicação da eventual presença de enteropatógenos. Em vegetais frescos, o único indicador válido de contaminação fecal é a *E. coli*, uma vez que os demais indicadores são encontrados naturalmente nesse tipo de alimento (FRANCO & LANGRAF, 2002).

Foram realizados exames microbiológicos para a detecção de concentrações de *E. coli* na alface colhida, no solo antes do plantio e solo após a colheita, cujas concentrações estão apresentadas na Figura 27, pois a planta, o solo e a água devem ser considerados em conjunto, pois, muitos microrganismos neles presentes têm várias características em comum. Microrganismos do solo podem através do vento, contaminar as plantas e o ar e, posteriormente chegar até os corpos hídricos através da chuva.

5.7.2.1 Na alface

Os valores médios de *E. coli* estão apresentados na Figura 27. Observa-se que as concentrações de *E. coli* nas alfaces variaram de $3,60 \times 10^2$ NMP/100g a $9,36 \times 10^4$ NMP/100g. As alfaces que apresentaram menor contaminação foram aquelas submetidas aos T1 (irrigado com água de poço e solo sem adubação) e T4 (irrigado com efluente da lagoa de polimento e solo sem adubação).

Bonilha (1986) detectou em alfaces cultivadas em São Paulo, concentrações de *E. coli* que variaram de não detectado a $2,57 \times 10^5$ NMP/100g.

Bastos (1992) irrigando alfaces com efluentes dentro dos padrões da WHO (1989), constatou que a alface colhida apresentou concentrações de *E. coli* que encontravam-se em torno de 10^3 org/100g.

Araújo (1999), em três experimentos, irrigando alface com água poluída, obteve alface com concentrações que variaram de $8,7 \times 10^2$, $4,7 \times 10^2$ e $4,5 \times 10^2$ NMP/100g, sendo inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

Na Figura 27, pode-se observar que, nos T2 (irrigado com água de poço e solo com adubação mineral) e T5 (irrigado com esgoto decantado e solo sem adubação) a concentração de *E. coli* na alface foi maior que no solo. Segundo Shuval et. al., (1986), o período de sobrevivência dos coliformes no solo é maior do que na superfície das culturas, principalmente em temperaturas mais frias, podem sobreviver até 10 semanas, entretanto em temperaturas quentes e solos áridos, estes podem ser eliminados em 2 semanas. Diversos pesquisadores, estudando o período de sobrevivência de microrganismos em hortaliças, constataram que *E. coli* e *salmonella spp* sobrevivem até 10 dias, após a última irrigação (PAGANINI, 2003)

Assim, esta maior concentração na alface provavelmente aconteceu por alguns motivos tais como: artefato da técnica, que tem como principio a dessorção desses microrganismos do solo, utilizando-se do atrito de pérolas de vidros na amostra de solo analisada, sendo assim, provavelmente todos os coliformes presentes não foram dessorciados no líquido de diluição utilizado; a característica das folhas úmidas e imbricadas que facilita a retenção e sobrevivência das bactérias por um maior período de tempo.

5.7.2.2 No solo antes do plantio

Na Figura 27, observa-se que, o solo antes do 2º plantio apresentou baixas concentrações de *E. coli* que variaram de não detectado a $3,78 \times 10^1$ NMP/100g. Bastos (1992) em experimentos irrigando alface por gotejamento e sulco, na Inglaterra, encontrou nos solos antes de começar a irrigação, valores de *E. coli* que variaram de $2,0 \times 10^1$ a $8,0 \times 10^2$ org/100g e $2,3 \times 10^2$ e $1,6 \times 10^4$ org/100g respectivamente.

5.7.2.3 No solo após colheita

As concentrações de *E. coli* no solo após colheita aumentaram consideravelmente no solo submetidos a todos os tratamentos apresentando concentrações que variaram de $1,80 \times 10^2$ a $4,50 \times 10^4$ NMP/100g, sendo que conforme a Figura 26, o maior aumento ocorreu no T3, onde o solo é cultivado com adubo orgânico (vermicomposto). Segundo Shuval, et. al., (1986), a sobrevivência das bactérias no solo depende de fatores como antagonismo da microflora do solo, ou seja, sobrevivem por mais tempo em solos estéreis, pois a microflora do solo compete com as bactérias por nutrientes, grau de umidade, capacidade de retenção de umidade, matéria orgânica, pH, luz solar e temperatura. Assim, o adubo orgânico, além de ser uma fonte de contaminação fecal, promoveu melhoramento das características do solo, que são determinantes para o maior tempo de sobrevivência desses microrganismos.

Milânez et. al., (2000) em um experimento no cultivo de alface, em colunas de solo irrigadas com água poluída e de abastecimento, obteve no solo após a colheita, concentrações entre 10^2 e 10^3 NMP/100g.

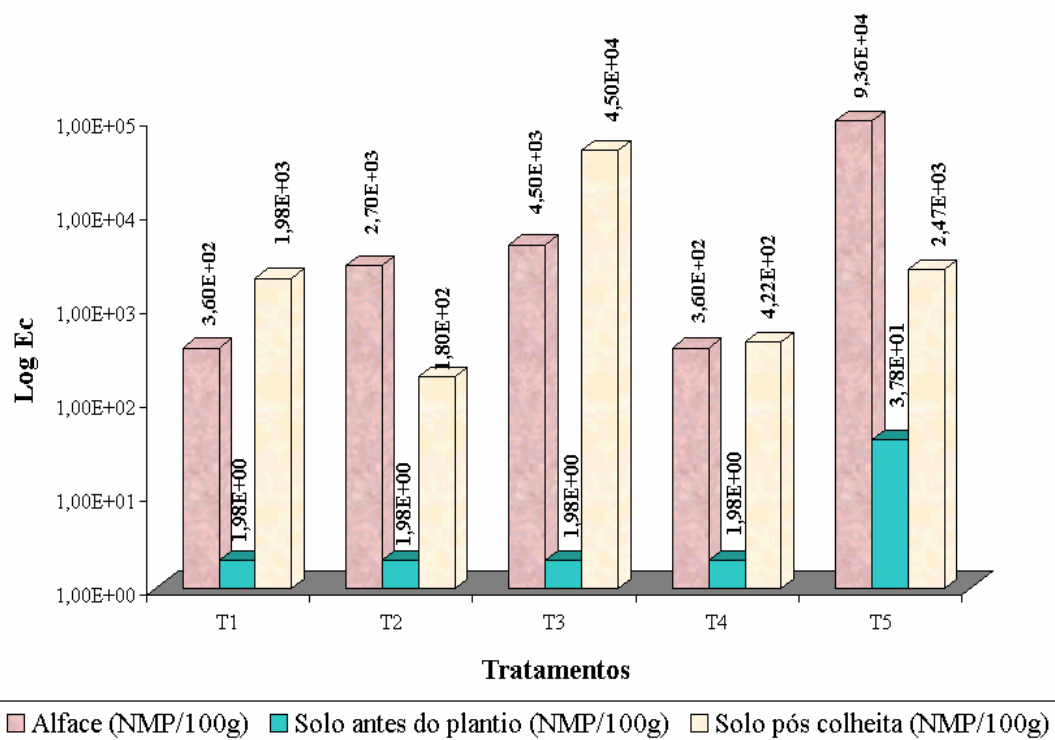


Figura 27: Comparativa de *Escherichia coli* na alface, solo das parcelas antes do plantio e após a colheita.

5.8 Dados parasitológicos

5.8.1 Ovos de helmintos

As espécies parasitas são encontradas em quase todas as plantas e animais (REY,1991). As ocorrências no homem são comuns. A exemplo, cerca de 20% da população humana do mundo está parasitada por ancilostomídeos, o que equivale a 1 bilhão de pessoas, sendo situação equivalente em relação ao *Ascaris lumbricóides* (NEVES, 2003). O diagnóstico de ovos e larvas de helmintos parasitas de humanos em hortaliças, se faz necessário, pois, é de grande importância para a saúde dos consumidores, uma vez que fornece dados sobre as condições higiênicas envolvidas na produção, armazenamento e manuseio desses produtos.

Os vegetais que crescem em solos poluídos podem carrear ovos de helmintos parasitas para o homem, principalmente *Ascaris* e *Trichuris*, mais resistentes às condições externas e que não requerem hospedeiros intermediários.

Na literatura especializada, vários autores mencionam a transmissão de parasitoses ao homem através da ingestão de frutas e verduras consumidas cruas, de áreas cultivadas e contaminadas esgotos domésticos não tratados.

Dessa forma, nessa pesquisa foram realizados exames parasitológicos nos efluentes do decantador e da lagoa de polimento, na alface colhida e no solo antes do plantio e após a colheita.

5.8.1.1 Nos efluentes e na água de poço

Na bibliografia especializada estão descritos diversos métodos para a quantificação de ovos de helmintos em esgotos brutos e tratados, que derivaram da parasitologia médica, e adaptados para a quantificação de ovos de helmintos em esgotos. Cada técnica tem suas vantagens e desvantagens e sua capacidade de recuperação é muito variável ou desconhecida. Assim não existe um método que seja universalmente útil, que recupere todos os ovos de helmintos de importância médica (AYRES & MARA, 1996). Os princípios básicos destas metodologias foram adaptados para lodos de esgotos (Meyer *et al.*, 1978). Em águas residuárias domésticas o método mais utilizado é aquele descrito pela WHO (1989), conhecido como Método de Sedimentação, selecionado a partir de várias técnicas minuciosamente testadas em vários países (JANEIRO, 2003).

Apesar do esgoto bruto, não se constituir água de irrigação da alface, realizou-se análises neste tipo de água, para a observação da capacidade de remoção de ovos de helmintos do sistema. Segundo Feachem et. al., (1983), a eficiência de remoção de microrganismos patogênicos ao longo do sistema de lagoas de estabilização é avaliada principalmente pelo decaimento no efluente final, de bactérias indicadoras de contaminação fecal e pela eliminação de ovos de helmintos. A remoção de muitos patógenos em lagoas de estabilização chega a 100%, caso haja um longo tempo de detenção hidráulica, uma exposição adequada de incidência solar e uma boa taxa de sedimentação. No entanto, os mesmos autores relatam que num sistema de três lagoas, todas com apenas 6 dias de tempo de permanência, todos os ovos de *Ancilostoma spp.* sedimentaram na segunda lagoa, mas que algumas larvas estavam presentes no efluente final. Segundo Cavalcanti, et. al., (2001), estas observações levam a um questionamento quanto a validade de se estabelecer como não infectiva uma água onde se tem menos que 1 ovo de helminto por litro. Ovos de *Ancylostomatidae* podem eclodir, sob condições favoráveis, 1 dia após ter sido expelido com as fezes, transformando-se em larvas infectivas (filarióides) após 3 a 4 dias.

Na Tabela 24 estão apresentadas as concentrações médias e medianas, de ovos de helmintos identificadas no esgoto bruto, esgoto decantado, efluente do reator UASB e da lagoa de polimento. A concentração média variou de 43,9 ovos/L no esgoto bruto, a 0,0 ovos/L no efluente da lagoa de polimento, e na água de poço. Observa-se que os valores máximos foram obtidos no efluente do esgoto bruto, sendo este influenciado por forte poluição fecal. Segundo Florentino (1993), o esgoto bruto de Campina Grande tem uma média de 497 ovos/L. Assim, os valores encontrados no esgoto bruto de Lagoa Seca, encontram-se bem inferiores à aqueles detectados em Campina Grande. A explicação para tal fato, se constitui na presença de um “barramento”, improvisado por agricultores, para a utilização do esgoto na irrigação de hortaliças, principalmente a alface, localizado antes da propriedade onde se realizou o experimento.

Para a comprovação de que os ovos de helmintos estivessem ficando retidos nesse “barramento”, coletou-se amostra do esgoto in situ, que foi submetida à análise parasitológica, e detectou-se a presença de 230 ovos de helmintos/L.

Durante a pesquisa, foram apenas quantificados os ovos de helmintos encontrados, não sendo estes especificados, mas pode-se afirmar que, nas 10 amostras de efluentes do decantador e da lagoa de polimento, e da água de poço coletadas para análise, houve a predominância de ovos de *Ascaris sp.*, seguido de *Fasciola hepática*, que se constitui uma

zoonose, presente em ovinos caprinos, bovinos e outros mamíferos. A transmissão para o homem processa-se através da ingestão de água e verdura contaminadas com formas larvárias (NEVES, 2003). Castro (1999) pesquisando a qualidade sanitária em três córregos afluentes do açude de Bodocongó, PB, durante o período de junho a novembro, observou a predominância de ovos de *Ascaris lumbricóides*.

Tabela 24: Valores médios e medianos de ovos de helmintos (ovos/L), quantificados pelo método de Bailenger (WHO, 1989) modificado, em amostras de águas utilizadas na irrigação da alface, no período de outubro a dezembro de 2002.

Determinações	E.B.	E.D.	L.P.	A.P.
1	100	0,0	0,0	0,0
2	200	50	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0
4	75	0,0	0,0	0,0
5	15	3,33	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0
7	28,5	0,0	0,0	0,0
8	10	0,0	0,0	0,0
9	0,00	0,0	0,0	0,0
10	10,5	0,0	0,0	0,0
Média	43,90	5,33	0,00	0,00
Mediana	12,75	0,0	0,0	0,0

E.B.-Esgoto Bruto; E.D.- Esgoto Decantado; L.P.- Lagoa de Polimento; A.P.- Água de Poço.

5.8.1.2 Na alface

As técnicas para exames parasitológicos de alimentos são, ainda, pouco desenvolvidas. Algumas técnicas incluem a incubação do sedimento para auxiliar na identificação, pois, além da semelhança muito grande entre ovos e larvas de inúmeras espécies de parasitas, de animais e mesmo de vegetais, as hortaliças acumulam grãos de pólen, partículas vegetais e contaminantes do solo, dificultando a visualização e a identificação dessas formas de transmissão (OLIVEIRA & GERMANO, 1992). Assim, devido a e essa falta de desenvolvimento das técnicas, inicialmente, para a análise de ovos de helmintos na alface, utilizava-se a água de lavagem proveniente da análise bacteriológica (25 gramas de alface

lavada com 225ml de líquido de diluição {solução de fosfato monobásico + cloreto de magnésio}) e então se seguia o método de Bailenger (WHO, 1996) modificado.

Para a determinação do número de ovos de helmintos por grama de alface, utilizou-se a equação (4) que se encontra descrita na metodologia. Assim, conforme os cálculos realizados, baseando-se na relação 25gramas de alface lavada com 225 ml de líquido, tem-se que cada grama de alface foi lavada com 9ml do líquido. Então, detectou-se que o método não era adequado, pois a amostra analisada (solução de lavagem da alface), encontrava-se muito diluída, e para encontrar-se 1 ovo de helminto, contado na câmara de McMaster, era preciso ter 400 ovos/100g ou aproximadamente 4 ovos/g, o que significa um número de ovos demasiadamente elevado.

Dessa forma, foi proposto concentrar a amostra, lavar muita alface com pouco líquido. Sendo assim, lavou-se 1000g de alface em 1 litro de líquido de diluição, obtendo-se assim, a proporção 1:1. Porém, com essa nova metodologia, ainda não foi encontrado ovos de helmintos na alface, pois, para tal, era necessário que as alfaces apresentassem concentrações de ovos de helmintos superiores a 1 ovo/10 g, o que não foi encontrado nessa pesquisa.

5.8.1.3 No solo após colheita

Por ainda não existir um método específico para a determinação do número de ovos de helmintos no solo, utilizou-se o método de Meyer et.al., (1978) modificado, que é indicado para lodo, o qual foi parcialmente adaptado por CAVALCANTI (2002), para atender as necessidades das pesquisas desenvolvidas no âmbito do PROSAB.

Segundo Nóbrega (2000), os helmintos, mesmo que acasalem ou se autofecundem dentro do organismo do hospedeiro, seus ovos e algumas larvas devem ser eliminados no meio ambiente para que possam se tornar viáveis, com capacidade de infectar um outro hospedeiro e assim perpetuar a espécie. Isso ocorre na maioria das espécies monoxenas, ou seja, possuem só um hospedeiro (*Ascaris lumbricoides*, Ancilostomídeo, *Strongyloides stercoralis*, *Trichuris trichiura*), denominadas por vários autores, de geo-helmintoses, visto que a maturação dos ovos ou em alguns casos também das larvas se faz no solo.

O exame parasitológico do solo das parcelas experimentais, não foi realizado concomitantemente após a colheita do mesmo, pois, não houve tempo dessas análises serem executadas nessa fase da pesquisa. Então, a análise só foi realizada há apenas alguns meses (em torno de 3) após a sua coleta, embora tenham sido coletadas logo após a colheita da alface.

Não foram detectados ovos de helmintos nas amostras de solo estocadas, e também nas águas utilizadas para a irrigação (lagoa de polimento e água de poço), sendo detectado apenas em duas amostras de esgoto decantado. Provavelmente o resultado negativo no solo após colheita, deveu-se a essa baixa concentração inicial embora, não se deve desconsiderar a possibilidade de que durante a estocagem, os ovos de helmintos tenham se destruído nas amostras de solo. De fato, as amostras permaneceram em embalagens zipadas, que evitam a entrada de oxigênio, luz solar e protegidos da umidade, além de que o solo já é de composição arenosa, dificultando ainda mais a retenção de umidade, que se constituem em fatores que colaboraram provavelmente para a não persistência dos ovos no solo. Segundo Rey (1991), durante o embrionamento, que se faz em temperaturas entre 15 e 35° C, os ovos de helmintos são mais sensíveis à falta de umidade e oxigênio. Sendo que os fatores que mais influenciam no período de sobrevivência dos ovos são: temperatura, luz solar, umidade, textura dos solos e teores de oxigênio dissolvido (Feachem et. al., 1983).

6. Conclusão

O valor fertilizante dos constituintes (macro e micronutrientes) presentes nos esgotos tratados, de um modo geral, é considerado benéfico, haja vista que os efluentes tratados fornecem nutrientes para o bom desempenho da cultura irrigada, além de poderem substituir a fertilidade natural do solo e/ou a aplicação de adubos, quando estes são insuficientes para manter as necessidades nutricionais das plantas por muito tempo.

O efluente da lagoa de polimento e a água advinda de poço artesiano mostraram-se de qualidade sanitária adequada para a irrigação da alface. Já o efluente decantado apresentou elevado número de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, logo, deve ser evitado na irrigação de hortaliças.

As lagoas de polimento operadas com tempo de detenção hidráulica de 16 dias podem alcançar elevada eficiência na remoção de coliformes e ovos de helmintos, produzindo efluente para irrigação irrestrita dentro dos padrões estabelecidos pela OMS (1989).

A alface produzida com efluentes de qualidade sanitária nos padrões exigidos pela OMS (1989) apresentaram contaminação inferior à estabelecida pela Resolução 12 da ANVISA, excetuando-se, apenas, aquelas produzidas em solo adubado com vermicomposto, pois, o mesmo, se constitui um vetor de contaminação fecal.

O efluente da lagoa de polimento, apesar de apresentar pH elevado, variando entre 8,7 e 9,0, mostrou-se adequado para a cultura da alface, pois a produtividade resultante do tratamento 4, superou os tratamentos 1, 2 e 3, que foram irrigados com água de poço em solos sem adubação, com adubo mineral e com vermicomposto, respectivamente.

A produtividade (t/ha) do primeiro experimento (fevereiro-maio/2002) correspondeu praticamente ao dobro daquela apresentada pelo segundo (outubro-dezembro/2002), confirmando que o período chuvoso é propício para o cultivo da alface.

Os maiores valores de fitomassa obtidos durante os dois experimentos foram atribuídos às alfaces irrigadas com efluente decantado. Essa constatação evidencia a influência das altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes presentes nesse efluente. Mas, do ponto de

vista microbiológico e parasitológico, esse efluente não deverá ser utilizado na irrigação de hortaliças folhosas consumidas cruas.

O efluente final da lagoa de polimento apresentou boa qualidade sanitária, no entanto, manteve uma baixa concentração de nutrientes (6,02 e 3,06 mg/L em Nitrogênio amoniacal e fósforo total, respectivamente) e uma quantidade abundante de algas, mantendo, desse modo, uma concentração considerável de sólidos suspensos.

A análise de crescimento e a produtividade da alface entre os tratamentos: irrigação com efluente de lagoa de polimento, solo com adubação mineral e solo com vermicomposto, não apresentaram estatisticamente diferenças significativas. Portanto, tratar esgotos sanitários objetivando utilizá-los na agricultura é uma alternativa viável porque, além de suprir a demanda de água, também podem servir para a fertirrigação.

7. Recomendações

Para pesquisas posteriores recomenda-se:

Realizar os exames microbiológicos e parasitológicos nas águas de irrigação, solo e cultura, para detecção de cistos de protozoários e salmonela.

Verificar a concentração de nutrientes acumulada no solo, e os efeitos nocivos devido a sodicidade e salinidade, em longo prazo, devido a fertirrigação com esgotos domésticos tratados.

Operar o sistema sem o decantador.

8. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, A. L. de, **Compostagem e Vermicompostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos Enriquecido com Fosfato de Rocha para Uso Agrícola**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba- PRODEMA, Campina Grande-PB. 81f.

ANVISA. Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, através da Revogação da Portaria SVS/MS 451, de 19 de setembro de 1997.

APHA- American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19ª Edition., Washington D.C, 1995. 953p.

APHA- American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20ª Edition., Washington D.C, 1998. 1155p.

ARAÚJO, A. L. de, **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface** (*Lactuca sativa*, L.), 1999, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 130f.

ASANO T. & LEVINE A. D. Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future **Water Science and Technology**, Oxford. V.33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

ASSESSORIA E SERVIÇOS A PROJETOS EM AGRICULTURA ALTERNATIVA Agricultura Familiar em Lagoa Seca – Conhecendo sua Realidade, Paraíba, 2000. 26p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6023 Informação e documentação: Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. NBR: 6024 Informação e documentação: Numeração Progressiva das Seções de um Documento Escrito. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR: 6027 Informação e documentação: Sumário e Apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR: 10520 Informação e documentação: Citações em Documentos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

_____. NBR: 14724 Informação e documentação: Trabalhos Acadêmicos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

AYRES, R & MARA, D. (1996). Analysis of wastewater for use in agriculture. **A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques**. WHO, Geneva.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A Qualidade da Água na Agricultura**. Tradução H. R. Gheyi e J. F. de Medeiros. Campina Grande, PB. UFPB/PRAI/CCT. 1991 (Tradução de Water Quality for Agriculture, FAO, Rome. 1985). 218 p.

BAILINGER, J. Mechanisms of parasitological concentration in coprology and their practical consequences. **Journal of American medical technology**, 41, pp. 65-71, apud AYRES, R & MARA, D. (1996). Analysis of wastewater for use in agriculture. A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. WHO, Geneva.

BARROS, A. J. M. **Caracterização Físico-química e Sanitária das Águas Superficiais Usadas na Irrigação de Hortaliças (alfaces, *Lactuca sativa* L.) e dos Solos Irrigados nos Municípios de Lagoa Seca e Sapé (PB)**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB. 119 f.

BARROS, A. J. M., et. al., Avaliação Sanitária e Físico-química das Águas de Irrigação de Hortaliças no Agreste e Brejos Paraibanos, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.3, n. 3, p. 355-360, 1999.

BASTOS, R. K. X. **Bacteriological Aspects of Drip and Furrow Irrigation With Treated Wastewater**. 1992. (PhD – Thesis) - University of Leeds – Department of Civil Engineering, Leeds, England, 179f.

BASTOS, R. K. X. & MARA D. D. The Bacterial Quality of Salad Crops Drip and Furrow Irrigates with Waste Stabilization pond effluent: An Evaluation of the WHO Guidelines. **Water Science and Technology**, Oxford. V.31, n. 12, p. 425-430, 1995.

BASTOS, R. K. X., BEVILACQUA, P. D., KELLER, R. Organismos patogênicos e efeitos sobre a saúde humana. In: GONÇALVES, R. F. (coord.). In: **Desinfecção de Efluentes Sanitários, Remoção de Organismo Patógenos e Substâncias Nocivas. Aplicações para Fins Produtivos como Agricultura, Aquicultura e Hidroponia**. Rio de Janeiro: ABES, 2003. p. 27-82.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas: Noções Básicas**, FCAV UNESP, Jaboticabal, 1988. 41 p.

BIDONE, F. R. A. ; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**, 1ª edição, São Carlos : EESC/USP, 1999. 120 p.

BITTON, G. **Wastewater Microbiology** In: **Phage Ecology**. Wiley-Liss .New York, 1994. p. 101-111. 478 p.

BITTON, G. **Wastewater Microbiology**. 2ª edição. Wiley-liss, New York. 1999. 578p.

BONILHA, P. R. M. **Microrganismos Indicadores de Contaminação Fecal e Enteropatogênicos em Hortaliças e suas Águas de Irrigação**. 1986. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo /Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo SP. 80f.

BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades do Solo**. Tradução Antônio B. Neiva Figueiredo Fº. 7ª edição, Rio de Janeiro, Ed. Freitas Bastos. 1989 (Tradução de The Nature and Properties of soil, 9ª edição New York. 1984). 878 p.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 3ª ed., São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1986. 616p.

BRASILIA (DF). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Departamento de Saneamento. **Manual de Saneamento**. Brasília, 1999. 374p.

CAMARGO, L. S. de, **As Hortaliças e seu Cultivo**. 2ª edição. Campinas. Ed: Fundação Cargill, 1984. 448p.

CARDOSO, E. J. B. N. **Ecologia Microbiana do Solo** In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. ; NEVES, M. C. P. (coord). In: **Microbiologia do Solo**. Campinas, São Paulo: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1992. p. 33-39.

CASTRO, L. S. C. S. Qualidade Sanitária e Condições de Vida de Três Comunidades da Bacia do Açude de Bodocongó. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba- PRODEMA, Campina Grande-PB. 128f.

CATUNDA, P. F. C.; VAN HAANDEL A. C.; HIDALGO N. D. Pós-tratamento em Lagoas de Estabilização de Esgoto Digerido Anaerobiamente In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 1994, Natal, **Anais...** Natal: ABES, 1994

CAVALCANTI, P. F. F. et. al., Lagoas de Polimento para o Pós-tratamento de Esgoto Digerido Parte 2: Remoção de Patógenos In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001.

CAVALCANTI, P. F. F. et al. Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por Lagoas de Polimento In: CHERNICHARO, C. A. L. (coord.). In: **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**, Belo Horizonte: ABES, 2001. p. 105-170.

CAVALCANTI, P. F. F. **Determinação de Ovos de Helminthos em Amostras de Lodo, Adaptação para Quantificação, Utilizando a Câmara de McMaster**. PROSAB. Campina Grande, 2002.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do Trópico Semi-Árido**, 1995, Tese (Doutorado em Microbiologia) –Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 192f.

CEBALLOS, B. S. O. Microbiologia Sanitária. In: **Lagoas de Estabilização Aeradas Mecanicamente: Novos Conceitos**. João Pessoa: ed. Universitária, 1990. 388p.

CEBALLOS, B.S.O. Microbiologia Sanitária e Ambiental. In: Mendonça, S.R. **Sistemas de Lagunas de Estabilizacion. Como utilizar aguas residuales tratadas em sistemas de regadio.** Colômbia: Editora Mc Graw Hill, 2000. p. 68-106.

CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores Anaeróbios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental- Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. 246p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução 20/ 18 de junho de 1986.** In: Legislação de Conservação da Natureza, 4ª Ed. São Paulo. FBCN/CESP, 720p.

CROOK J. & SURAMPALLI R. Y. Water Reclamation and Reuse Criteria in the U. S. **Water Science and Technology**, Oxford. V.33, n. 10-11, 1996. p. 451-462.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DA PARAÍBA. **Sugestões de Adubação para o Estado da Paraíba, 1ª Aproximação.** João Pessoa, 1979, 105p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo: SNLCS, 1979. (n.p)

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia.** 2ª edição, Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1998. 602 p.

FEACHEM, R. G. et. al. **Sanitation and Disease – Health Aspects of Excreta and Wastewater Management.** Washington, D. C. USA: John Wiley & Sons, 1983, 501p.

FERREIRA, M. U., FERREIRA C. S dos, MONTEIRO, C. A. Tendência Secular das Parasitoses Intestinais na Infância na Cidade de São Paulo, 1984-1996. **Revista de Saúde Pública**, Brasil, v.34, n.6,. p. 73-82, 2000.

FERNANDES, H. S. & MARTINS, S. R. **Cultivo de alface em solos em ambientes protegidos.** Minas Gerais, V 20, n 200/2001 p. 56-63, set-dez 1999.

FERNANDES, P. D. Nutrição Mineral de Hortaliças – Absorção de Macronutrientes pela Cultura da Alface In: Reunião Anual da Sociedade de Olericultura do Brasil, XI, 1971, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, 1971 p. 143-149.

FILGUEIRA, F. A. R., **Manual de Olericultura: Cultura e Comercialização de Hortaliças**, 2ª edição, São Paulo: Agronômica CERES, 1982, p. 77 – 93.

FLORENTINO, E R., **Caracterização dos esgotos domésticos e efluentes das ETE's de Campina Grande, Guarabira e Sapé**, 1993, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 132f.

FRANCO, B. D. G. M. & LANDGRAF M. **Micobiologia dos Alimentos**, São Paulo, Editora Atheneu, 2002, 182 p.

GUANZIROLI, C., et al. **Agricultura Familiar e Reforma Agrária no Século XXI**, Rio de Janeiro, Ed. Garamond, 2001.

GUILHERME, A. L. F. et. al., Prevalência de Enteroparasitas em Horticultores e Hortaliças da Feira do Produtor de Maringá, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 32 (4), p. 405-411, 1999.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F. (coord). In: **Reúso de água**. Barueri, São Paulo: Manole, 2003. p. 36-95.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Departamento de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro, 2000. 397p.

JANEBRO, D. I. **Avaliação de Helminthos e Protozoários Patogênicos no Rio Bodocongó-PB e sua Relação com as Condições de Saúde da População**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba- PRODEMA, Campina Grande-PB. 125f.

JORDÃO, E. P. & PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3ª edição. ABES, Rio de Janeiro, 1995.

KATAMAYA, M. Nutrição e Adubação de Alface, Chicória e Almeirão In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. S.P. **Anais...** Jaboticabal: FCAV; POTAFOS; SOB; ANDA; SBCS e FUNEP. p. 414-145.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Agronômica Ceres. Piracicaba – São Paulo, 1985, 492 p.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem – Maturação e Qualidade do Composto**. Editado pelo autor. Piracicaba – São Paulo, 1998, 171 p.

LAMARCHE, Hugues, **A Agricultura Familiar – Comparação Internacional – Uma realidade multiforme**. 1ª edição, Campinas, SP:ed. da UNICAMP, 1993.

LEVENTHAL, R.; CHEADLE, R. F. **Parasitologia Médica – Texto e Atlas**. 4ª edição, São Paulo: Editorial Premier, 2000, 160p.

LÉON S., G. CAVALLINI, J. M. **Tratamento e Uso de Águas Residuárias**. Tradução H. R. Gheyi, A. König, B. S. O. Ceballos e F. A. V. Damasceno. Campina Grande, UFPB, 1999 (Tradução de Tratamiento y uso de agua residuales. Lima: OPS/CEPIS, 1996. 110p

LIMA, S. M. S., et. al. Avaliação Bacteriológica e Parasitológica de Amostras de Alface (*Lactuca sativa*) Comercializadas na Cidade de Campina Grande – PB In: ENCONTRO NACIONAL DE MICROBIOLOGIA AMBIENTAL, 8º, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, ANBio, PETROBRÁS, SBM. 2002 p. 88

LIMA, S. M. S., et. al. Avaliação Sanitária de Efluente e da Alface irrigada com Esgotos tratados In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XI, 2004, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 2004. 1-6

MALAVOLTA, E. **Métodos para la determinacion de deficiência**. Em Fitopatologia – Curso Moderno, Tomo IV, Ed. Por A. A. Sarasola e M. A. R. de Sarasola, Editorial Hemisfério Sur, Buenos Aires, 1965, p. 244 – 247.

MALAVOLTA, E. et. al., **Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1974. 727 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 291 p.

MALAVOLTA, E. , et. al. **Adubos & Adubações**. Edição Revista e Atualizada. São Paulo: Nobel, 2000. 200 p.

MARA, D. D.; PEARSON, H. W. **Waste Stabilization Ponds – Design Manual for Mediterranean Europe**. Copenhagen: WHO, 1987. 53 p.

MARQUES, M. O. et. al., Uso de Esgotos Tratados em Irrigação: Aspectos Agronômicos e Ambientais In: BASTOS, R. K. X. (coord.). In: **Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura**, Rio de Janeiro: ABES, 2003. p. 60-118.

MATTOS. K. M. C. **Viabilidade da Irrigação com Água Contaminada por Esgoto Doméstico na Produção Hortícola**, 2003, Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP, 146f.

METCALF & EDDY **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse** 3ª edição, ed. McGraw – Hill. International Editions. Singapore, 1991. 1334 p.

MEYER, K. B.; K. D.; Kaneshiro, E. S. **Recovery of ascaris eggs from sludge – J. of Parasitology**, 64 (2), 1978, p. 380-383.

MILANÊZ, J. G. et. al. Cultivo de Alface (*Lactuca sativa*) em solo Regossolo Distrófico da Paraíba, Irrigado com Água Superficial Poluída In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, IX, 2000, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: ABES, 2000. p. 787-795

MIRANDA, T. L. G. **Reúso de Efluente de Esgotos Domésticos na Irrigação de Alface (*Lactuca sativa*)**. 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul /Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre RS. 109f.

MONGE, R. et. al., Presencia de Parasitos Intestinales em Hortalizas que se Consumen Crudas em Costa Rica, Costa Rica. 1995. Disponível em

<http://www.ots.duke.edu/tropibiojnl/claris/44-2/!monge~1htm>. Acesso em: 02 de maio de 2004.

MORAES, R. G. de; LEITE, I. C da.; GOULART, E. G. **Moraes Parasitologia e Micologia Humana**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2000. 771 p.

MOREIRA, F. **As plantas que Curam – Cuide da sua saúde através da Natureza**. 1ª edição. São Paulo: Ed. Hemus, 1971. p. 31-32.

MOREIRA, J. R., **Agricultura Familiar – Processos sociais e competitividade**. 1.ª edição, Rio de Janeiro, RJ, Ed MAUAD, 1999.

NEVES, D. P. **Parasitologia Humana**. 10ª.ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 428 p.

NÓBREGA, M. F. F. **Perfil Sócio-demográfico dos Vendedores de Hortaliças e Prevalência de Enteroparasitas Humanos em *Lactuca sativa* L. (Alface)**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba-PRODEMA, Campina Grande-PB. 109f.

OLIVEIRA, C. A. F & GERMANO P. M. L. Estudo da Ocorrência de Enteroparasitas em Hortaliças Comercializadas na Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil. I Pesquisa de Helminths. **Revista de Saúde Pública**, 26. p. 283-289, 1992

OLIVEIRA, E. M. de, **Obtenção e Utilização de Vermicomposto no Cultivo de Alface (*Lactuca sativa*) em Latossolo Vermelho-amarelo**. 1998, Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 65f.

PAGANINI, W. da S. **Disposição de Esgotos no solo, através do escoamento á superfície, com utilização de gramíneas: avaliação do processo quanto aos aspectos sanitários, operacionais, construtivos e de manutenção**. 1996, Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 352f.

PAGANINI, W. S. Reúso de Água na Agricultura. In: MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F. (coord). In: **Reúso de água**. Barueri, São Paulo: Manole, 2003. p. 338-401.

PELCZAR, Jr. et. al. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2ª edição. São Paulo: Makron Books volume II, 1996. 517p.

PESSÔA, S. B.; MARTINS, A. V. **Parasitologia Médica**. 11ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1988. 872 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo**. São Paulo: Ed. Nobel, 2002. 953p.

QUEIROZ, J.E; et. al. Avaliação e Monitoramento das Salinidade do Solo. In.: Gheyi, H.R.; Queiroz, J.E.; Medeiros, J.F. (ed.) **Manejo e Controle da Salinidade na Cultura Irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.69-111.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

REY, L. **Parasitologia Médica** – Parasitos e doenças parasitárias do homem nas Américas e na África. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1991. 731p.

SANTOS, A. V., **Rendimento do Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*) Irrigado com Água Residuária Tratada**, 1997, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 112f.

SAWYER, C. N., McCARTY, P. L., PARKIN, G. F. **Chemistry for Environmental Engineering**. 4th edição. New York. McGraw – Hill Book Company. 1994. 658p.

SHUVAL, H. I., et. al., **Wastewater Irrigation in Developing Countries Health Effects and Technical Solutions**. World Bank Technical Paper Number 51, Integrated Resource Recovery Projects series number GLO/80/004, Washington, D.C. 1986, 324 p.

SHUVAL, H., LAMPERT Y. , FATTAL, B. Development of a Risk Assessment Approach for Evaluating Wastewater Reuse Standards for Agriculture **Water Science and Technology**, Oxford. V.35, n. 11-12, p. 15-20, 1997.

CROOK J. & SURAMPALLI R. Y. Water Reclamation and Reuse Criteria in the U. S. **Water Science and Technology**, Oxford. V.33, n. 10-11,, p. 451-462, 1996.

SILVA, A. Maria da, **Agricultura Familiar no Município de Queimadas – PB: Forma de Organização, Desafios e Perspectivas**, 2001. Dissertação (Mestrado em Economia Rural e Regional)- Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 117f.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. de, **Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias**, Campina Grande, PB: Os autores, 2001.

SOUSA, J. T., **Desempenho de digestores anaeróbios de fluxo ascendente no tratamento de vinhoto**, 1986, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 115f.

SOUSA, J. T. & LEITE, V. D. **Tratamento e Utilização de Esgotos Domésticos na Agricultura** 2ª edição, Campina Grande: EDUEP, 2003, 135 p.

SOUSA, J. T. Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários na Irrigação da Cultura da Alface (*Lactuca sativa*) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville **Anais...** Joinville: ABES, 2003.

TAKAYANAGUI, O. M. et. al., Fiscalização de Verduras Comercializadas no Município de Ribeirão Preto, SP, **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 34 (1), p. 37-41, 2001.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S. J., **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Departamento de solos; Faculdade de Agronomia, UFRGS. Boletim Técnico nº 5. Porto Alegre. 1995. 174p.

TSAI, S. M. et al., Efeito de Fatores do Solo In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. ; NEVES, M. C. P. (coord). In: **Microbiologia do Solo**. Campinas, São Paulo: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1992. p. 58-72.

TSAI, S. M. & ROSSETTO, R. Transformações Microbianas do Fósforo In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. ; NEVES, M. C. P. (coord). In: **Microbiologia do Solo**. Campinas, São Paulo: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1992. p. 231-242.

TSUTIYA, Milton T. Uso Agrícola de Efluentes das Lagoas de Estabilização do Estado de São Paulo In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001.

VAN HAANDEL, A. C. & LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos**: Um manual para regiões de clima quente, Campina Grande, PB: Epgraf, 1994.

VIEIRA, M. I. **Criação de Minhocas** Comercialização, Reprodução, Produção, Instalações, Bons Lucros 1ª edição, São Paulo: Prata Editora, 1994. 86p.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

VON SPERLING, M. et. al., Lagoas de Estabilização In: GONÇALVES, R. F. (coord). In: **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2003. p. 277-335.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Tradução M. J. L. Boavida, Lisboa, Portugal. Fundação Calouste Gulbenkian, 1993 (Tradução de Limnology .U.S.A. 1975). 919p.

WHO- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Report of a WHO Scientific Group. Geneva. (WHO Technical Report Series n. 778), 1989.

WINTER, E. J., **Água, o solo e a planta: aproveitando os recursos naturais de água para a horticultura**. Tradução Klaus Reichardt e Paulo L. Libardi. 2ª edição. São Paulo, SP. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 1984. (Tradução de Waters soil and Plant, London. 1974). 170p.

A nex0

Dados pluviométricos (mm) durante o período de jan/02 a dez/02, registrados na Estação Experimental da EMEPA, no município de Lagoa Seca.

Dias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	28,5	0,0	0,0	0,0	17	0,0	43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	13,5	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	0,0	0,0	16,0	0,0	29,4	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
8	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9	0,0	0,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	
10	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
12	16,8	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
15	0,0	48,5	0,0	14,0	0,0	58,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
17	34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	0,0	0,0	23,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
23	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	34,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
24	0,0	0,0	14,0	3,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2	31,0	
26	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
31	0,0	0,0	0,0	0,0	63,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Total de 2002
Total	110,2	65,0	91,7	17,0	140,2	203,5	94,0	49,0	0,0	15,0	34,9	31,0	851,5

Fonte: EMEPA -PB, (2002).

Valores mínimos, médios e máximos da temperatura (°C) mensal, durante o período de jan/02 a dez/02, registrados na Estação Experimental do município de Lagoa Seca.

MÊS	Tmin° C	Tmed° C	Tmax° C
Janeiro	20,1	23,4	28,6
Fevereiro	20,1	23,1	28,4
Março	19,6	22,5	27,7
Abril	19,5	22,7	28,3
Maio	19,3	21,9	26,4
Junho	18,4	20,6	24,2
Julho	18,0	20,3	24,0
Agosto	17,4	20,3	24,9
Setembro	18,1	21,4	27,1
Outubro	18,8	22,2	28,1
Novembro	19,2	22,6	28,5
Dezembro	20,0	23,5	29,7

Fonte: EMEPA -PB (2002).

Porcentagem de remoção de DQO, ao longo do sistema experimental, no primeiro experimento.

DATA	DQO (mg.L ⁻¹)						
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED- UASB (%)	LP	UASB-LP (%)
23.02.02	400	202	49,5	158	21,78	121	23,42
28.02.02	409	186	54,5	158	15,05	110	30,38
05.03.02	399	211	47,1	198	6,16	187	5,56
12.03.02	413	167	59,6	165	1,20	161	2,42
21.03.02	398	213	46,5	191	10,33	167	12,57
01.04.02	327	167	48,9	155	7,19	261	-68,39
08.04.02	253	168	33,6	86	48,81	229	-166,28
15.04.02	358	213	40,5	179	15,96	182	-1,68
22.04.02	769	174	77,4	218	-25,29	124	43,12
25.04.02	498	189	62,0	166	12,17	116	30,12
01.05.02	325	217	33,2	193	11,06	126	34,72
08.05.02	480	194	59,6	147	24,23	130	11,56
15.05.02	390	184	52,8	155	15,76	124	20,00
29.05.02	401	174	56,6	193	-10,92	158	18,13
MÉDIA	415,71	189,93	51,56	168,71	10,96	156,86	-0,31

Variações de pH, ao longo do sistema experimental, no primeiro experimento.

DATA	Potencial Hidrogeniônico – pH						
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED-UASB (%)	LP	UASB-LP (%)
23.02.02	7,2	7,5	-4,2	7,5	0,00	7,8	-4,00
28.02.02	7,3	7,4	-1,4	7,4	0,00	7,7	-4,05
05.03.02	7,1	7,4	-4,2	7,5	-1,35	7,8	-4,00
12.03.02	7,2	7,5	-4,2	7,6	-1,33	7,9	-3,95
21.03.02	7,8	7,3	6,4	7,5	-2,74	7,8	-4,00
01.04.02	7,4	7,4	0,0	7,4	0,00	8,4	-13,51
08.04.02	7,3	7,3	0,0	7,3	0,00	8,3	-13,70
15.04.02	7,3	7,3	0,0	7,3	0,00	8,7	-19,18
22.04.02	7,3	7,2	1,4	7,3	-1,39	8,8	-20,55
25.04.02	7,3	7,3	0,0	7,3	0,00	8,8	-20,55
01.05.02	7,5	7,3	2,7	7,4	-1,37	8,5	-14,86
08.05.02	7,3	7,3	0,0	7,5	-2,74	8,6	-14,67
15.05.02	7,4	7,4	0,0	7,4	0,00	8,4	-13,51
29.05.02	7,0	7,2	-2,9	7,5	-4,17	8,7	-16,00
MÉDIA	7,31	7,34	-0,45	7,42	-1,08	8,30	-11,90

Porcentagem de remoção de fósforo total, ao longo do sistema experimental, no primeiro experimento

DATA	Fósforo Total (mg P.L ⁻¹)						
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED -UASB (%)	LP	UASB-LP (%)
23.02.02	5,80	5,10	12,1	2,21	56,67	2,43	29,86
28.02.02	5,38	5,30	1,5	3,35	36,79	2,10	50,75
05.03.02	6,60	5,14	22,1	3,68	28,40	1,81	50,82
12.03.02	5,62	5,05	10,1	4,00	20,79	3,43	14,25
21.03.02	6,23	5,62	9,8	4,77	15,12	2,99	37,32
01.04.02	5,94	4,98	16,2	4,93	1,00	3,07	37,73
08.04.02	5,80	5,10	12,1	2,21	56,67	1,55	29,86
15.04.02	5,38	5,30	1,5	3,35	36,79	1,65	50,75
22.04.02	6,60	5,14	22,1	3,68	28,40	1,81	50,82
25.04.02	5,62	5,05	10,1	4,00	20,79	3,43	14,25
01.05.02	6,20	5,05	18,5	4,40	12,87	1,70	61,36
08.05.02	6,53	5,41	17,2	4,89	9,61	2,10	61,15
15.05.02	5,17	4,87	5,8	3,58	26,49	2,98	16,76
29.05.02	5,97	4,13	30,8	3,21	22,28	2,39	38,01
MÉDIA	5,92	5,09	13,57	3,73	26,62	2,35	38,83

Porcentagem de remoção de orto-fosfato, ao longo do sistema experimental, no primeiro experimento.

DATA	Ort-Fosfato (mg orto-P-PO ³ ₄ .L ⁻¹)						
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED -UASB (%)	LP	UASB-LP (%)
23.02.02	1,73	1,68	2,9	1,24	26,19	1,55	-95,97
28.02.02	2,92	2,56	12,3	2,01	21,48	1,65	-4,48
05.03.02	3,83	2,98	22,2	2,67	10,40	1,10	58,80
12.03.02	2,67	2,02	24,3	3,50	-73,27	2,59	26,00
21.03.02	2,06	2,55	-23,8	3,12	-22,35	1,98	36,54
01.04.02	2,50	2,87	-14,8	2,98	-3,83	1,90	36,24
08.04.02	2,73	2,43	11,0	1,24	48,97	0,43	65,32
15.04.02	2,92	2,17	25,7	2,01	7,37	1,10	45,27
22.04.02	3,83	3,66	4,4	2,67	27,05	1,10	58,80
25.04.02	2,67	2,04	23,6	3,50	-71,57	2,59	26,00
01.05.02	3,65	3,09	15,3	4,15	-34,30	1,10	73,49
08.05.02	3,23	3,05	5,6	4,40	-44,26	1,90	52,27
15.05.02	2,97	2,57	13,5	2,45	4,67	2,24	8,57
29.05.02	2,87	2,07	27,9	2,31	-11,59	1,99	-3,46
MÉDIA	2,90	2,55	10,72	2,73	-8,22	1,70	27,39

Porcentagem de remoção de nitrogênio total, ao longo do sistema experimental, no primeiro experimento.

DATA	Nitrogênio Total (mg NTK.L ⁻¹)						
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED -UASB (%)	LP	UASB-LP (%)
23.02.02	53,84	41,00	23,8	43,12	-5,17	6,72	84,42
28.02.02	49,80	42,18	15,3	41,44	1,75	8,96	78,38
05.03.02	57,44	48,08	16,3	39,76	17,30	4,48	88,73
12.03.02	61,00	41,68	31,7	29,12	30,13	6,16	78,85
21.03.02	34,00	27,45	19,3	32,50	-18,40	13,00	60,00
01.04.02	45,12	36,30	19,5	29,50	18,73	6,89	76,64
08.04.02	15,68	15,00	4,3	19,60	-30,67	8,40	57,14
15.04.02	43,12	29,12	32,5	19,60	32,69	7,28	62,86
22.04.02	63,84	28,00	56,1	7,84	72,00	8,64	-10,20
25.04.02	44,80	47,04	-5,0	29,12	38,10	6,16	78,85
01.05.02	55,44	46,48	16,2	36,40	21,69	6,72	81,54
08.05.02	60,48	42,00	30,6	40,32	4,00	9,30	76,93
15.05.02	71,12	46,48	34,6	43,12	7,23	6,72	84,42
29.05.02	54,88	38,08	30,6	41,44	-8,82	8,96	78,38
MÉDIA	50,75	37,78	23,27	32,35	12,90	7,74	69,78

Porcentagem de remoção de nitrogênio amoniacal, ao longo do sistema experimental, no primeiro experimento.

DATA	Nitrogênio (mg N-NH ₄ ⁺ .L ⁻¹)						
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED -UASB (%)	LP	UASB-LP (%)
23.02.02	45,44	40,88	10,0	8,12	80,14	8,12	0,00
28.02.02	35,50	38,08	-7,3	6,92	81,83	6,92	0,00
05.03.02	43,12	38,08	11,7	5,68	85,08	5,68	0,00
12.03.02	33,60	27,44	18,3	25,80	5,98	8,12	68,53
21.03.02	30,24	30,00	0,8	33,04	-10,13	5,41	83,63
01.04.02	40,88	38,10	6,8	35,84	5,93	5,01	86,02
08.04.02	11,20	10,80	3,6	16,80	-55,56	5,56	66,90
15.04.02	35,84	19,60	45,3	17,92	8,57	1,12	93,75
22.04.02	45,92	28,00	39,0	23,52	16,00	2,24	90,48
25.04.02	33,60	38,64	-15,0	27,44	28,99	5,12	81,34
01.05.02	40,88	35,84	12,3	24,44	31,81	1,68	93,13
08.05.02	45,92	39,76	13,4	35,84	9,86	4,60	87,17
15.05.02	55,44	38,64	30,3	36,49	5,56	1,12	96,93
29.05.02	42,00	40,88	2,7	38,08	6,85	3,92	89,71
MÉDIA	38,54	33,20	12,29	24,00	21,49	4,62	66,97

Porcentagem de remoção de DQO, ao longo do sistema experimental, no segundo experimento.

DATA	DQO (mg.L ⁻¹)							
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED -UASB (%)	LP	UASB-LP (%)	AP
04.11.02	256	176	31,25	175	0,57	199	-13,71	58
12.11.02	499	229	54,11	171	25,33	175	-2,34	82
17.11.02	122	113	7,38	170	-50,44	258	-51,76	57
25.11.02	426	283	33,57	266	6,01	306	-15,04	250
02.12.02	607	115	81,05	158	-37,39	380	-140,51	82
09.12.02	384	134	65,10	124	7,46	151	-21,77	45
16.12.02	234	189	19,23	174	7,94	255	-46,55	113
07.01.03	285	88	69,12	92	-4,55	281	-205,43	59
13.01.03	106	92	13,21	47	48,91	248	-427,66	14
20.01.03	767	156	79,66	153	1,92	211	-37,91	88
27.01.03	412	276	33,01	114	58,70	311	-172,81	68
MÉDIA	372,55	168,27	44,24	149,45	5,86	252,27	-103,23	83,27

Variações de pH, ao longo do sistema experimental, no segundo experimento.

DATA	Potencial Hidrogeniônico - pH							
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED A-UASB (%)	LP	UASB-LP (%)	AP
04.11.02	7,78	8,10	-4,11	8,02	0,99	9,23	-15,09	7,30
12.11.02	7,90	8,17	1,14	8,10	0,86	9,17	-13,21	7,06
17.11.02	7,57	7,81	-7,93	7,77	0,51	8,86	-14,03	6,79
25.11.02	7,56	7,92	-4,76	8,18	-3,28	8,70	-6,36	7,24
02.12.02	7,55	7,61	-0,79	7,83	-2,89	8,80	-12,39	7,18
09.12.02	7,42	8,36	-12,67	7,53	9,93	8,44	-12,08	6,59
16.12.02	8,10	8,36	-3,21	8,35	0,12	8,80	-5,39	7,93
07.01.03	7,90	8,39	-6,20	8,27	1,43	8,63	-4,35	7,58
13.01.03	8,06	8,36	-3,72	8,35	0,12	10,24	-22,63	7,44
20.01.03	7,95	8,21	-3,27	8,35	-1,71	8,73	-4,55	7,95
27.01.03	7,97	8,21	-3,01	8,27	-0,73	9,22	-11,49	7,38
MÉDIA	7,80	8,14	-4,41	8,09	0,49	8,98	-11,05	7,31

Porcentagem de remoção de fósforo total, ao longo do sistema experimental, no segundo experimento.

DATA	FÓSFORO TOTAL (mg P.L ⁻¹)							
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED -UASB (%)	LP	UASB-LP (%)	AP
04.11.02	6,16	4,20	31,85	5,99	-42,58	8,26	-37,86	0,06
12.11.02	8,32	6,63	20,31	6,23	6,03	2,70	56,66	0,28
17.11.02	2,96	5,36	-81,17	6,34	-18,34	8,44	-33,03	0,22
25.11.02	8,05	7,16	11,06	6,13	14,39	3,10	49,43	0,00
02.12.02	6,18	6,03	2,36	4,70	22,07	6,26	-33,16	0,11
09.12.02	9,18	6,38	30,50	6,23	2,35	3,83	38,52	0,00
16.12.02	4,92	4,36	11,40	4,68	-7,41	1,91	59,25	0,16
07.01.03	7,85	6,30	19,76	6,71	-6,59	3,54	47,28	0,06
13.01.03	10,02	10,02	0,00	9,35	6,69	4,83	48,34	0,06
20.01.03	8,42	6,80	19,25	6,39	5,98	3,12	51,17	0,22
27.01.03	7,43	7,04	5,25	9,35	-32,81	9,67	-3,42	0,14
MÉDIA	7,23	6,39	6,42	6,56	-4,57	5,06	22,11	0,12

Porcentagem de remoção de orto-fosfato ao longo do sistema experimental, no segundo experimento.

DATA	Orto-Fosfato (mg orto-P-PO ₄ ⁻³ .L ⁻¹)							
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED -UASB (%)	LP	UASB-LP (%)	AP
04.11.02	4,42	3,80	14,08	4,42	-16,39	2,06	53,37	0,10
12.11.02	5,95	4,30	27,70	5,86	-36,37	1,77	69,87	0,18
17.11.02	2,98	2,76	7,32	6,35	-130,16	2,20	-32,88	0,25
25.11.02	2,30	2,45	-6,51	5,65	-130,68	2,78	50,83	0,07
02.12.02	3,39	4,03	-18,86	3,72	7,75	0,94	74,84	0,04
09.12.02	6,76	4,35	35,63	4,96	-14,00	2,26	54,42	0,00
16.12.02	3,68	2,89	21,43	3,35	-16,07	1,90	43,43	0,04
07.01.03	6,54	4,56	30,31	5,60	-22,72	2,95	47,28	0,05
13.01.03	8,01	7,93	0,95	6,74	15,00	1,04	84,51	0,00
20.01.03	5,85	4,92	15,87	4,44	9,76	2,60	41,40	0,18
27.01.03	4,83	4,96	-2,67	7,87	-58,74	2,72	65,40	0,00
MÉDIA	4,97	4,27	11,39	5,36	-35,69	2,11	50,22	0,08

Porcentagem de remoção de nitrogênio total ao longo do sistema experimental, no segundo experimento.

DATA	Nitrogênio Total (mg NTK.L ⁻¹)							
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED-UASB (%)	LP	UASB-LP (%)	AP
04.11.02	75,04	54,88	26,87	47,60	13,27	5,04	89,41	2,24
12.11.02	71,31	52,64	26,18	50,03	4,96	9,52	80,97	1,49
17.11.02	60,09	47,04	21,72	51,53	-9,55	12,32	76,09	2,63
25.11.02	82,49	58,24	29,40	48,53	16,67	10,27	86,15	0,95
02.12.02	57,68	52,08	9,71	54,88	-5,38	16,80	69,39	1,68
09.12.02	50,64	50,65	-0,02	45,85	9,47	15,68	65,80	1,03
16.12.02	56,11	49,28	12,18	45,17	8,35	16,77	62,87	0,89
07.01.03	77,84	80,08	-2,88	85,68	-6,99	16,24	81,05	2,02
13.01.03	85,68	60,20	29,74	77,28	-28,37	18,48	76,09	1,68
20.01.03	46,88	54,07	-15,33	40,72	24,68	7,79	80,87	1,98
27.01.03	76,16	68,27	10,36	85,68	-25,50	26,88	68,63	2,24
MÉDIA	67,27	57,04	13,45	57,54	0,15	14,16	76,12	1,71

Porcentagem de remoção de nitrogênio amoniacal, ao longo do sistema experimental, no segundo experimento.

DATA	Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ .L ⁻¹)							
	EB	ED	EB- ED (%)	UASB	ED -UASB (%)	LP	UASB-LP (%)	AP
04.11.02	64,96	49,85	23,26	45,36	9,01	1,68	96,30	0,56
12.11.02	45,92	40,36	12,11	36,40	9,81	7,56	79,23	1,12
17.11.02	55,44	47,04	15,15	40,88	13,10	1,68	95,89	1,40
25.11.02	43,12	39,52	8,35	38,08	3,64	6,72	73,04	1,71
02.12.02	44,24	37,56	15,10	49,84	-32,69	7,56	84,83	1,12
09.12.02	45,92	42,36	7,75	23,52	44,48	7,56	67,86	0,86
16.12.02	33,60	31,89	5,09	27,44	13,95	6,72	75,51	0,32
07.01.03	60,23	45,37	24,67	72,24	-59,22	14,56	79,84	1,12
13.01.03	74,16	53,20	28,26	68,32	-28,42	10,08	85,25	1,12
20.01.03	75,60	54,07	28,48	67,20	-24,28	1,68	97,50	0,56
27.01.03	75,52	62,27	17,54	76,16	-22,30	12,32	83,82	1,12
MÉDIA	56,25	45,77	16,89	49,59	-6,63	7,42	83,55	1,00