

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

SISTEMA MODULAR PARA TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO EM ASSENTAMENTO RURAL E REÚSO PARA
PRODUÇÃO DE GIRASSOL ORNAMENTAL

MARCÍRIO DE LEMOS

MOSSORÓ-RN
2011

MARCÍRIO DE LEMOS

**SISTEMA MODULAR PARA TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO EM ASSENTAMENTO RURAL E REÚSO PARA
PRODUÇÃO DE GIRASSOL ORNAMENTAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, como parte dos requisitos para obtenção do título “Mestre em Ciência do Solo”.

Orientador: Prof. D. Sc. Miguel Ferreira Neto

MOSSORÓ-RN
2011

Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação da
Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA

L555s Lemos, Marcírio de.

Sistema modular para o tratamento de esgoto doméstico em
assentamento rural e reuso para produção de girassol ornamental / Marcírio
de Lemos -- Mossoró, 2011.

172f.:il.

**Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo. Área de
Concentração: Manejo e Conservação do Solo) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.**

Orientador: Profº. Dr. Miguel Ferreira Neto.

Co-orientador: Profº.Dr. Rafael de Oliveira Batista.

**1.Nutrição de Plantas. 2.Esgoto doméstico tratado-
reúso. 3.*Helianthus annuus cultivar*”Doble Sungold”.
I.Título.**

CDD: 631.41

MARCÍRIO DE LEMOS

**SISTEMA MODULAR PARA TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO EM ASSENTAMENTO RURAL E REÚSO PARA
PRODUÇÃO DE GIRASSOL ORNAMENTAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, como parte dos requisitos para obtenção do título “Mestre em Ciência do Solo”.

APROVADA EM: ____/____/____

D. Sc. Prof. Miguel Ferreira Neto (UFERSA)
Orientador

D. Sc. Prof. Rafael de Oliveira Batista (UFERSA)
Co-orientador

D. Sc. Prof. Nildo da Silva Dias (UFERSA)
Conselheiro

D. Sc. Prof. Francisco Valfísio da Silva – UFCG
Conselheiro

A minha companheira, Adiza Cristiane pela paciência e força que tem me motivado ao longo desta obra, assim como aos seus pais, Sônia Maria e Heriberto Bezerra que também estenderam a mim a função de mãe e pai oportunizando a elaboração deste trabalho com mais tranquilidade.

OFEREÇO

A minha avó, Olívia Medeiros (in memoriam) por ter me deixado o legado de tentar assumir o referencial de vida para a minha família e por me ensinar que com esforço, perseverança e honestidade tudo se conquista.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de me redimir dos erros cometidos e pela oportunidade dada os meus irmãos de poder perdoar as fraquezas e equívocos inerentes ao nosso crescimento individual e coletivo.

Aos meus colegas de trabalho Jonatas Rafael e Monalisa Soares pela ajuda na condução do trabalho, sem eles não seria possível sua conclusão.

A todos os professores do mestrado que de certa forma contribuíram para minha formação de mestre, principalmente os professores Nildo Dias e Miguel Ferreira que acreditando no meu potencial me fizeram acreditar em mim novamente, especialmente o meu orientador Miguel Ferreira pela oportunidade, simplicidade, amizade e cumplicidade mais uma vez neste novo convívio.

Ao amigo e agora orientador Francisco Valfísio pela ajuda no trabalho de dissertação.

Aos professores Sandra e Rafael Oliveira que vieram somar a este grupo seletivo de militantes o desejo de fazer cumprir com o papel da universidade na aproximação com as comunidades necessitadas e por dar prosseguimento a este legado.

A todas as famílias do assentamento Milagres em nome do Sr. Pedro que acreditou e contribuiu desde o início na proposta de trabalho, cuja contrapartida viabilizou o sonho de todos nós.

Aos colegas da Terra Viva, especialmente Claudia Mota, Paulo Segundo e João Evangelista pela credibilidade posta em mim ao trazer a proposta para a entidade.

Ao Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais do município de Apodi no nome do presidente Francisco Edilson pela abertura para o novo e que sem sua participação na definição de políticas, pouco se teria feito no município de Apodi para os agricultores familiares, quiza no assentamento Milagres.

Enfim, a todos os colegas de mestrado que me ensinaram com a convivência e me deram a honra de participar da minha formação.

MENSAGEM

“Minha vela queima nas duas pontas/
A noite toda não vai durar/
Mas ah, meus amigos, e oh, meus inimigos/
Que bela luz ela dá!”

Edna St Vincent Millay (Adaptado)

RESUMO

LEMOS, Marcírio de. **Sistema modular para tratamento de esgoto doméstico em assentamento rural e reúso para produção de girassol ornamental.** Mossoró-RN, Universidade Federal do Semiárido, Julho de 2011. 172p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador Dr. Miguel Ferreira Neto.

O aumento da população mundial tem pressionado os recursos naturais, em especial a água. A crise se agrava em países em desenvolvimento, onde o limite populacional esbarra na oferta de alimentos, cuja relação com a disponibilidade de água é estreita. A falta de uma política de gestão dos recursos hídricos e a necessidade crescente pela oferta de alimentos tem demandado outra política de conservação e de reúso consciente e planejado das águas. O reúso para fins agrícolas tem se tornado uma possibilidade vantajosa, quando aceita águas para uso menos restritivo, diminuindo o uso de água de boa qualidade e aumento da produção agrícola a baixo custo. Este trabalho foi conduzido no Campus da Universidade Federal Rural do Semiárido em Mossoró/RN com o objetivo de determinar a viabilidade técnica de um sistema modular de baixo custo para a coleta e tratamento de água de esgoto doméstico e reúso do efluente tratado na produção de girassol ornamental (*Helianthus annuus*), cultivar 'Doble sungold'. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela formada por quatro plantas, cultivadas em vasos individuais, sendo testados os fatores de diluição de efluente doméstico (T1 - 100% de efluente doméstico tratado – EFD), (T2 – 75% de efluente doméstico tratado – EFD + 25% de solução nutritiva recomendada – SNR), (T3 – 50% de efluente doméstico tratado – EFD + 50% de solução nutritiva recomendada – SNR), (T4 – 25% de efluente doméstico tratado – EFD + 75% de solução nutritiva recomendada – SNR) e (T5 – 100% de solução nutritiva recomendada – SNR). O sistema de tratamento é viável, porém há necessidade de ajustes para reduzir a concentração de nitrato (NO_3^-) que se mostrou elevado. Em relação à redução de nutrientes, a estação de tratamento tem suas limitações, sendo necessário acoplar outro sistema de tratamento, a depender do fim a que se destina o efluente. Para as variáveis de crescimento analisadas, os fatores de diluição foram significativos, no entanto, o fator de diluição de efluente 5 foi superior ao fator de diluição de efluente 4 no final do ciclo da cultura do girassol devido ao aumento da exigência nutricional, acontecendo o contrário para a variável diâmetro do caule e com exceção para altura de planta e número de pétalas, que mostraram crescimento coincidente. Também não houve diferença significativa para a avaliação da matéria seca da folha, do caule e do capítulo, sendo que o fator de diluição de efluente 1 (100% EFD) obteve resultado insatisfatório. Na avaliação dos macronutrientes, apenas os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Magnésio (Mg) apresentaram diferenças significativas entre os fatores de diluição de efluente, sendo que o fator de diluição de efluente 3 apresentou os melhores desempenhos em relação ao N, P, Mg, K e Ca com valores bem superiores ao exigido pela cultura; já o fator de diluição de efluente 1 apresentou o pior desempenho em relação ao N, P, e Mg, mesmo assim, apesar do efluente doméstico utilizado possuir só 4% da concentração de nutrientes contidos na solução nutritiva recomendada, supriu as necessidades da cultura do girassol ornamental, mas as misturas (fatores de diluição) diluíram a SNR, desbalanceado, a ponto de diminuir sua eficiência.

Palavras chave: Nutrição de Plantas, Esgoto doméstico tratado – Reúso, *Helianthus annuus* cultivar 'Doble Sungold'.

ABSTRACT

LEMOS, Marcírio. **Modular system for treatment of domestic sewage in rural settlement and reused for ornamental sunflowers production.** Mossoró-RN, Universidade Federal do Semiárido, 2011 July. 172f. Dissertation. Master degree in Soil Science. Orientador Dr. Miguel Ferreira Neto.

The increase in world population in recent decades has pushed the natural resources, particularly the water. The crisis is worsening in developing countries, where the population limit coming up on food supplies, whose relationship with the availability of water is close. The lack of a management policy of water resources and growing need for food supply has sued other conservation policy and conscious, planned reuse of water. The reuse for agricultural purposes is becoming a more advantageous opportunity, when it takes water to use less restrictive, reducing the use of good quality water and increased agricultural production at low cost. This work was conducted at the Universidade Federal Rural do Semiárido in Mossoró city, Rio Grande do Norte state/Brazil in order to determine the technical feasibility of a low cost modular system for the collection and treatment of domestic sewage water and reuse of treated effluent in the production ornamental sunflower (*Helianthus annuus*) cultivar 'Doble sungold'. The experimental design was randomized blocks with five treatments and four replications, each plot consisting of four plants, grown in individual pots, the factors being tested dilution of wastewater (T1 - 100% of treated wastewater - EFD) (T2 - 75% of treated wastewater - EFD + 25% of recommended nutrient solution-SNR), (T3 - 50% of treated wastewater - EFD + 50% of recommended nutrient solution - SNR), (T3 - 25% treated domestic wastewater - EFD + 75% of recommended nutrient solution - SNR) and (T5 -100% of recommended nutrient solution - SNR). The treatment system is feasible, but there are needs to be adjusted to reduce the concentration of nitrate (NO₃-) which proved to be high. Regarding the reduction of nutrients, the treatment plant has its limitations, it is necessary to engage other system of treatment, depending on the intended purpose for the effluent. For growth variables, the dilution factors were significant, however, the dilution factor 5 was higher than the effluent dilution factor 4 at the end of the cycle of sunflower cultivation, due to increased nutritional demands of culture, going the opposite for the variable stem diameter and except for plant height and number of petals, that showed growth coincidental. Also, there was no significant difference for the assessment of dry leaf, stem and chapter, and the effluent dilution factor 1 (100% EFD) had unsatisfactory results. In the evaluation of the macronutrients, only the levels of nitrogen (N), phosphorus (P) and magnesium (Mg) showed significant differences between the effluent dilution factors, and the effluent dilution factor 3 showed the best performance in relation to N, P, Mg, K and Ca with values well above the required culture; whereas the effluent dilution factor 1 showed a worse performance compared to N, P, Mg, and yet, despite having only used wastewater 4% of the concentration of nutrients in the recommended nutrient solution met the needs of ornamental sunflower cultivation, but the mixtures (dilution factors) diluted SNR, unbalanced as to decrease efficiency.

Keywords: Plant Nutrition, treated domestic sewage - Reuse, *Helianthus annuus* cultivar 'Doble Sungold'.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Funções dos nutrientes nas plantas.....	42
Quadro 2 – Vantagens e desvantagens dos processos de tratamento anaeróbico de esgoto....	52
Quadro 3 – Diretrizes recomendadas para a qualidade microbiológica de águas residuárias utilizadas na agricultura a. (OMS, 1989).	84
Quadro 4 – Grau de tratamento dos esgotos necessários, em função do tipo de cultura e da técnica de irrigação.	85
Quadro 5 – Classificação de reúso previstos no Brasil.....	89
Quadro 6 – Classificação das águas salinas.	92
Quadro 7 – Grupos de tolerância relativa à salinidade	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição geral dos esgotos domésticos	26
Tabela 2 – Avaliação geral da composição de esgotos domésticos.....	26
Tabela 3 – Parâmetros utilizados para avaliação do esgoto doméstico.	26
Tabela 4 – Recomendações de qualidade da água de irrigação considerando parâmetros clássicos da água de irrigação.....	37
Tabela 5 – Concentração máxima recomendada para elementos traços na água de irrigação .	39
Tabela 6 – Tipos de reúso de águas de proveniência doméstica empregadas no mundo e seus obstáculos	80
Tabela 7 – Parâmetros de projeto de irrigação paisagística na Califórnia	86
Tabela 8 – Critérios de qualidade recomendados pela USEPA para utilização de água residuária na agricultura	87
Tabela 9 – Características físicas e químicas da fibra de coco utilizada como substrato.....	116
Tabela 10 – Composição da solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) reduzida em 50% à concentração de macronutrientes conforme Watanabe 2010.	117
Tabela 11 – Caracterização Físico-Química (valores médios) do esgoto tratado do Assentamento Milagres, Apodi/RN.	123
Tabela 12 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos do diâmetro do capítulo avaliado em sete datas ao longo do ciclo. ..	126
Tabela 13 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos da altura de plantas avaliada em sete datas ao longo do ciclo.	129
Tabela 14 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos do número de folhas avaliado em sete datas ao longo do ciclo.	132
Tabela 15 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos do número de pétalas avaliado em sete datas ao longo do ciclo.	135
Tabela 16 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos do diâmetro caulinar avaliado em sete datas ao longo do ciclo.	137
Tabela 17 – Resumo da análise de variância para matéria seca foliar, caluniar, do capítulo e total aos 55 dias após transplantio.	141
Tabela 18 – Teste de SNK aplicado a um nível de 5% de probabilidade para as variáveis de matéria seca no final do experimento.	141
Tabela 19 – Resumo da análise de variância com os respectivos quadrados médios para os macro-nutrientes (N, P, K, Ca e Mg).	142
Tabela 20 – Valores médios do teor foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) para os diferentes fatores de diluição de efluente.....	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conversão biológica nãos sistemas aeróbicos e anaeróbicos.	46
Figura 2 – Resumo da seqüência de processos na digestão anaeróbia de macromoléculas complexas (os números referem-se a porcentagens expressas como DQO).....	49
Figura 3 – Desenho esquemático do sistema piloto.....	54
Figura 4 – Fotos do sistema piloto construído no assentamento Milagres em Apodi – RN. ...	55
Figura 5 – decanto-disgetores ou tanques sépticos de câmara única e em série, respectivamente.	57
Figura 6 – Decanto-digestor acoplado com filtro anaeróbico submerso (afogado) de fluxo ascendente.	61
Figura 7 – Filtro anaeróbico submerso (afogado) de fluxo descendente.	62
Figura 8 – Foto aérea com destaque do local da obra.....	97
Figura 9 – Estruturas físicas do P.A. Milagres. Em destaque a placa de entrada, a agrovila, o clube, a escola, o campo de futebol e uma casa do assentamento.....	98
Figura 10 – Aspectos culturais das famílias do assentamento Milagres acometidos pela falta de infra-estrutura sanitária.....	99
Figura 11 – Croqui das partes constituintes do sistema de saneamento. I: Ramal Predial, II: Coletor de esgotos e III: Coletor tronco, ETE: Estação de tratamento de esgotos.....	104
Figura 12 – Escavação das valetas e disposição dos tubos adutores de esgoto.....	106
Figura 13 – Sistema de inspeção das tubulações adutora de esgoto.....	106
Figura 14 – Diferentes etapas na construção da ETE.	108
Figura 15 – Disposição dos blocos (B) e tratamentos (T) no campo.....	114
Figura 16 – Sistema hidropônico montado para aplicação dos tratamentos.	115
Figura 17 – Ilustração da forma de preparo dos vasos utilizados no experimento.....	116
Figura 18 – Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável diâmetro do capítulo.	127
Figura 19 – Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável altura de planta.	131
Figura 20 – Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável número de folhas.	134
Figura 21 – Análise de perfis médios dos tratamentos sobre o número de pétalas avaliadas em sete datas do ciclo.	136
Figura 22 – Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável diâmetro do caule.	138

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 A CRISE DA OFERTA DE ÁGUA	20
3.2 IMPORTÂNCIA DO SANEAMENTO NA ZONA RURAL	22
3.3 REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA	28
3.3.1 Histórico do reúso de águas	33
3.3.2 Padrões de qualidade e critérios de reúso de água na agricultura	36
3.3.3 Qualidade das águas de reúso em irrigação	37
3.3.4 Irrigação com esgotos sanitários e efeito nas plantas	40
3.3.5 Tratamento anaeróbio de esgoto doméstico para fertirrigação	43
3.4 TECNOLOGIA UTILIZADA PARA TRATAMENTO DO ESGOTO DOMÉSTICO	53
3.4.1 Decanto-digestor acoplado com filtros anaeróbicos submersos (afogados)	53
3.4.2 Decanto-digestor ou tanque séptico	55
3.4.3 Filtros anaeróbicos (Filtros biológicos)	58
3.4.4 Filtro anaeróbio de fluxo ascendente	60
3.4.5 Filtro anaeróbio de fluxo descendente	61
3.5 CULTIVO EM VASO COM SUBSTRATO E NUTRIÇÃO MINERAL DE GIRASSOL ORNAMENTAL	63
3.6 PERSPECTIVA PARA O CULTIVO DE FLORES	67
3.6.1 Características e potencialidades do girassol ornamental	70
3.7 IMPORTÂNCIA E CRITÉRIOS PARA REÚSO DE ÁGUA	76
3.7.1 Efeito do íon sódio	95
3.7.2 Razão de adsorção de sódio (RAS)	96
4 MATERIAL E MÉTODO	97
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ASSENTAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DA ETE	97
4.2 PLANO DE AÇÃO 1	100
4.2.1 Processo utilizado para definição e mobilização do assentamento	100
4.2.1.1 Mobilização	100
4.2.1.2 Controle Social	101
4.2.1.3 Comunicação	102
4.2.1.4 Fortalecimento Institucional	102
4.2.2 Etapas da construção da estação de tratamento de esgoto	103
4.2.2.1 Sistematização da área	104
4.2.2.2 Escavação das valetas para adução do esgoto	105
4.2.2.3 Construção das caixas de visita	106
4.2.2.4 Construção da ETE	107
4.2.3 Caracterização inicial do esgoto doméstico utilizado no experimento	108
4.3 PLANO DE AÇÃO 2	113
4.3.1 Reúso do efluente para a produção do girassol ornamental	113
4.3.1.1 Localização e caracterização do clima do experimento	113

4.3.1.2 Infra-estrutura utilizada no experimento e delineamento do experimento	113
4.3.1.3 Delineamento estatístico experimental.....	114
4.3.1.4 Tratamentos aplicados e manejo do experimento	117
4.3.1.5 Trabalhos de coletas	117
4.3.1.6 Manejo da cultura.....	118
4.3.1.7 Caracterização do crescimento e desenvolvimento do girassol.....	118
4.3.1.8 Caracterização do estado nutricional das plantas.....	120
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	121
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE COLETADO DA ETE	121
5.2 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO GIRASSOL ORNAMENTAL COM A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA PARA PRODUÇÃO	124
5.2.1 Avaliação do crescimento das plantas	125
5.2.1.1 Diâmetro do capítulo	125
5.2.1.2 Altura de planta.....	129
5.2.1.3 Numero de folhas	132
5.2.1.4 Numero de pétalas.....	134
5.2.1.5 Diâmetro do caule	136
5.2.2 Avaliação do desenvolvimento do girassol.....	140
5.2.2.1 Matéria seca	140
5.2.2.2 Teor de nutrientes no tecido vegetal.....	142
6 CONCLUSÕES	146
REFERÊNCIAS	147

1 INTRODUÇÃO

A população mundial vem crescendo significativamente nas últimas décadas. Segundo o Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA, 2011), o montante atualmente é de 7,0 bilhões de habitantes. De acordo com dados do mesmo fundo, em 2050 a população crescerá a metade do valor atual, aumentando ainda mais, pela diversificação das atividades produtivas, a pressão sobre os recursos naturais, em especial a água. Superpopulações são privilégios de povos que conquistaram satisfatório desenvolvimento econômico e tecnológico, mesmo não sendo de seu interesse, pelo fato de lhes trazerem problemas futuros.

A oferta de água no mundo tem relação estreita com a segurança alimentar, o estilo de vida das pessoas, o crescimento industrial e agrícola, e a sustentabilidade ambiental. Insumo básico do século e de quase todos os processos produtivos, a água é vital para a produção de alimentos para atender a população neste cenário de crescimento. Ao mesmo tempo em que esta população vem demandando cada vez mais água em quantidade e qualidade para o consumo.

Apesar de a população mundial estar quase igualmente dividida entre habitantes urbanos e rurais, a grande maioria dos que não têm acesso, a água e saneamento, cerca de 75% dessa população, vive nas áreas rurais. Sete em cada dez pessoas sem acesso ao saneamento básico são habitantes rurais e mais de oito em cada dez pessoas sem acesso a fontes melhoradas de água potável vivem em áreas rurais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006).

Segundo o último Censo realizado pelo IBGE, no ano de 2010, aproximadamente 26% da população nordestina vive na zona rural. São mais de 14 milhões de pessoas que vivem na sua grande maioria sem acesso aos serviços de saneamento, como, água tratada, destino adequado dos esgotos e resíduos sólidos, sem controle de vetores e com dificuldades no manejo da água pluvial. Para milhões de pessoas o fato de não terem uma instalação sanitária segura, privada e conveniente é uma fonte diária de indignidade, assim como uma ameaça ao bem-estar.

O crescimento do acesso aos serviços de saneamento ambiental no nordeste nos anos de 2007 a 2009 ainda é desanimador. De acordo com dados do IBGE, a cobertura dos serviços de abastecimento de água da população urbana cresceu de 87,8% para 89,8%. O acesso da população rural, embora tenha crescido, não atinge 20%. Em relação aos serviços de esgotamento sanitário, seja por rede geral ou fossa séptica, a cobertura pela população urbana passou de 68,4% a 63,9% e da população rural de 14,5% a 16,%. Com isso nota-se claramente

a priorização do saneamento urbano e esquecimento do saneamento rural. Um reflexo desta situação é observado na área de saúde, onde há um índice de mortalidade causado pela diarreia (principal doença causada pela falta de saneamento) semelhante a países de pobres da África, segundo a OMS (2004).

Sem saneamento básico, os benefícios do acesso a água potável diminuem e as desigualdades de saúde, gênero e outras, associadas ao déficit de saneamento, dificultam sistematicamente o progresso na educação, na redução da pobreza e na criação de riqueza. As melhorias no saneamento podem aumentar o leque das reais escolhas e dar liberdade aos serviços essenciais de que as pessoas têm direito a gozar, atuando como catalisador de uma gama de possibilidades de desenvolvimento humano. Podem proteger as pessoas (especialmente as crianças e idosos) de condições de saúde precárias. Podem retirar as pessoas da pobreza, reduzindo os riscos e as vulnerabilidades que perpetuam os ciclos de privação. Podem aumentar a produtividade, incrementar o crescimento econômico e criar emprego. E podem também fazer aumentar a auto-estima das pessoas nas suas casas e comunidades.

O fato é que o esgoto tratado e o fornecimento de água potável, além dos benefícios mais diretos, tais como: aumento do índice de desenvolvimento humano e diminuição da mortalidade, principalmente infantil, trás também uma grande economia e eficiência na aplicação dos recursos públicos, podendo, esse recurso ser destinado a outras áreas mais urgentes. No entanto, há de convir que a prioridade dos investimentos deva ser a zona urbana, por se tratar de uma área densamente mais povoada, mas não deve esquecer-se da zona rural, deixando-a a mercê da capacidade depurativa do meio ambiente. Contudo, a coleta e tratamento de esgotos, no Brasil, não abrangem as zonas rurais, deixando por conta do proprietário rural a destinação dos dejetos, que quase sempre se dá por meio de fossa negra.

Para se ter uma idéia da falta de prioridade com o saneamento rural, o investimento anual em fossas sépticas, que tem uma sobrevida de 10 anos, equivale o investimento para prevenção da dengue pelo controle do inseto vetor, que, segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 2011d), foram de 700 milhões em 2009. Entretanto, segundo a OMS (2004), este número foi apenas 1,4% do número de mortes provocadas por doenças diarreicas no país, no mesmo ano. Considerando que as fossas sépticas ainda trazem retorno ambiental e econômico para o produtor rural, tal investimento poderia trazer um benefício muito maior para a sociedade quando comparados com outros problemas.

Um meio de viabilizar as estruturas de saneamento para a zona rural seria baratear esses investimentos com adoção de novas tecnologias de captação, armazenamento e

tratamento de água e esgoto de fácil apropriação ao nível educacional das famílias, dispensando maiores conhecimentos.

Considerando a limitação dos mananciais superficiais, devido à escassez e a degradação da sua qualidade e a priorização de águas subterrâneas para o abastecimento humano, uma alternativa que tem se apontado para o enfrentamento dos problemas, principalmente das atividades produtivas é a utilização de “água residuária”, ou mesmo, “água de reúso”, ou simplesmente, “reúso de água”.

O desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e utilização de resíduos orgânicos é um desafio para os pesquisadores para as regiões com alta concentração da população, assim como, de produção agropecuária como no nordeste Brasileiro, considerado o semiárido mais populoso do mundo.

No mercado há inúmeras técnicas de tratamento de água e dejetos que podem ser empregadas com sucesso. Contudo, o custo de aquisição de equipamentos, os insumos utilizados e a elevada manutenção dos sistemas inviabilizam sua implantação no meio rural (Bertoncini, 2008). A alternativa que tem é de fossa séptica, mas há grande possibilidade de contaminação da população por doenças de veiculada pela urina, fezes e água, como hepatite, cólera, salmonelose dentre outras.

Sistemas aeróbicos de tratamento de esgoto são bem mais eficientes quando comparados com anaeróbicos, mas com o desenvolvimento de tecnologias nos últimos anos tem permitido a melhoria da eficiência do tratamento anaeróbico por dois motivos: matam uma grande quantidade de microrganismos ativos e permite maior contato destes com o esgoto. Sistemas modulares têm apresentado maior desempenho, especialmente para pequenas comunidades com reduzidos volumes de esgoto. Os mais utilizados são os decanto-digestores acoplados com filtros anaeróbicos de fluxo. Muitos deles continuam em fase de melhoramento, em especial para atender os requisitos de eficiência, ou seja, menor custo com maior benefício.

O desenvolvimento de pesquisas tendo em vista a aplicabilidade do reúso de água na irrigação de espécies floríferas poderá apontar a irrigação com águas residuárias recuperadas também para essa modalidade de reúso. Além disso, a aparente dissociação entre os potenciais de fertilização e de contaminação que existe na utilização em irrigação de esgotos sanitários induz que se busque o reúso de águas em espécies não comestíveis, pelo menos que se conheçam os eventuais riscos de contaminação.

A utilização de água proveniente de reúso é diferenciada para irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes) e comestíveis (nas formas cruas e

cozidas), necessitando estas de um nível maior de qualidade. Porém, conforme BEEKMAN (1996), grandes volumes de águas servidas podem ser utilizadas em categorias de reúso, como agricultura irrigada e recarga de aquíferos, devendo-se atentar para suas limitações sanitárias e ambientais de aplicação.

Diante disso, a abordagem objeto desta dissertação assume duas dimensões fundamentais. A primeira diz respeito ao estudo sobre a utilização e viabilidade da tecnologia de tratamento anaeróbico de esgoto doméstico com a adoção de decanto – digestores acoplados de filtros biológicos, implantados para atender a realidade da Agricultura Familiar. A segunda relaciona-se à viabilidade produtiva na utilização de água residuária de origem doméstica para o cultivo de plantas ornamentais, em especial o girassol (*Helianthus annuus*), cultivar ‘Doble sungold’.

O presente trabalho, ao servir como consulta bibliográfica e estímulo à reflexão e análise do tema, contribui na elaboração de propostas de instrumentos legais, demonstra a importância da utilização da técnica de reúso de água para irrigação de plantas ornamentais, salientando a necessidade de regulamentação específica, com os cuidados cabíveis na proteção individual das pessoas, do ambiente e na conservação da qualidade da água.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa teve como objetivo geral determinar a viabilidade técnica de um sistema modular de baixo custo para a coleta e tratamento de água de esgoto doméstico no Projeto de Assentamento Milagres em Apodi – RN, assim como o reúso dos efluentes tratados na produção de girassol ornamental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 – Caracterizar o efluente tratado por um sistema anaeróbico modular (decanto-digestor acoplado com filtros ascendente e descendente) por meios de análises físico-química;
- 2 – Avaliar a produção, o crescimento e a composição mineral do tecido vegetal das plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus*, cultivar ‘Doble sungold’), fertirrigado com efluente tratado com ou sem a diluição com a solução nutritiva padrão.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A CRISE DA OFERTA DE ÁGUA

Conforme WMO (1997) e Mancuso et al. (1992, extraído de MATTOS, 2003), o consumo mundial de água aumentou mais de 6 vezes entre 1950 e 1995 – mais que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, com 69% do total, seguido pela indústria com 23%, e pelos usos domésticos, com apenas 8%. Nesse mesmo cenário, é prevista uma elevação para dois terços dos habitantes do planeta vivendo em áreas de moderado a alto stress hídrico. De acordo com International Water Management Institute (IWMI), o rápido crescimento populacional e aumento da renda per capita, fez com que o uso de água de consumo doméstico total no mundo aumentasse 71%, dos quais mais de 90% será em países em desenvolvimento. A crescente demanda por água dentro dos padrões mundiais de potabilidade, que aumentará os seus custos, priorizando o abastecimento humano e a competição pelo acesso a esse recurso, limitará severamente sua disponibilidade para a irrigação, que, por sua vez, restringirá seriamente a produção de alimentos no mundo. Segundo ONYANGO (2002), quando chegar ao ano 2025, a retirada de água para usos domésticos, industriais e de pecuária está projetada com um aumento de pelo menos 50%. O aumento limitará severamente a retirada de água para irrigação, que aumentará a produção de alimentos, por sua vez, em apenas 4%. O declínio na produção de alimentos poderia provocar a elevação de preços, que resultaria em significativo aumento da desnutrição, já que muitos povos pobres, em países em desenvolvimento, já gastam mais da metade de sua renda em alimento.

Em função da relação entre escassez de água e escassez de alimentos, conforme relatório do IFPRI & IWMI (2002), projeta-se que em 2025 a escassez de água causará perdas anuais globais de 350 milhões de toneladas da produção de alimento - ligeiramente mais que a produção de grãos, anual, completa, dos Estados Unidos. Caso não se alterem políticas e prioridades, em vinte anos não haverá água suficiente para as cidades, os domicílios, o ambiente natural ou cultivo de alimentos.

Isto serve para demonstrar que o suprimento de água não poderá ser administrado apenas pela atenuação de conflitos de uso, tais como outorga e cobrança. Outros mecanismos necessitam ser implantados, a exemplo de uma política de conservação e reúso consciente e planejado de águas de baixa qualidade não só para locais onde há escassez, como é o caso do

semiárido brasileiro, mas também para áreas específicas como as grandes metrópoles populacionais.

Como a escassez de água não é sinônimo de aridez ou semiaridez, um exemplo claro de região com taxas anuais de precipitação significativas é a bacia do alto Tiête em São Paulo, mas insuficiente para gerar vazões para atender a demanda de uma população que ultrapassa 15 milhões de habitantes. Ainda assim, deve-se destacar que a escassez aliada à má distribuição de água tornam-se fatores limitantes ao desenvolvimento populacional.

Além da má distribuição e da escassez de água, que é severa em algumas regiões, é importante considerar na mesma medida a poluição concentrada e difusa dos corpos hídricos, seja pela falta de controle ou pela falta de investimento em coleta, tratamento e disposição final de esgotos e de seus resíduos sólidos que causam nos corpos hídricos processos de eutrofização, poluição por metais pesados, acidificação e poluição orgânica contendo microrganismos patogênicos (BASTOS et al., 2003, extraído de HUSSAR et al, 2005).

UNIÁGUA (2005) relata que no mundo cerca de 1,1 bilhão de pessoas não tem acesso à água potável, enquanto que 2,5 bilhões de pessoas não dispõem de condições básicas de saneamento, refletindo na morte de mais de 10 milhões de pessoas por doenças intestinais.

Em todas essas situações a questão que se coloca é como enfrentar a demanda e oferta de água, especialmente com o viés da sustentabilidade. Isso dependerá da implantação de políticas adequadas associadas a sistemas de gestão efetivos. Diversos são os instrumentos e tecnologias que nos auxiliam na determinação desta questão, no entanto precisam de estudos e investigações que possibilitem seu melhor uso e produzam resultados sanitários, ambientais e econômicos satisfatórios.

Assim, deve-se priorizar não só o reúso de água como forma de evitar conflitos posteriores e melhorar o manejo dos recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21 e/ou a simples utilização de água de qualidade inferior, conforme a diretriz adotada pelo Conselho Econômico e Social da Organização das Nações Unidas – ONU, a não ser que haja grande disponibilidade. Como também priorizar o tratamento de águas residuárias que serão utilizadas como forma de prevenir a contaminação por enteropatogênicos de veiculação hídrica, além de possibilitar a produção agrícola e pecuária, assim como o aumento da produção delas, a baixo custo, quando se utiliza água rica em nutrientes (BRAGA FILHO & MANCUSO, 2002).

O uso para fins agrícolas a cada dia se mostra uma possibilidade vantajosa de reúso, pois aceita o uso de águas com qualidade inferior como fonte alternativa de usos menos restritivos aos exigidos pelo abastecimento urbano, à medida que necessita de grandes

quantidades do recurso. As tecnologias apropriadas, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, se constituem hoje no estratagema para a solução da falta de água mundial.

Dessa forma, o reúso de águas, por meio da utilização dos efluentes das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), consiste em uma das estratégias para ampliar a disponibilidade, bem como para conservar os recursos hídricos existentes, promovendo a redução do impacto ambiental, e o desenvolvimento de novos métodos de preservação desse recurso, buscando para tanto os recursos tecnológicos disponíveis e possíveis.

Converter as águas residuárias de um problema a um benefício não é algo simples, embora o reúso seja, cada vez mais, uma técnica reconhecida como umas opções mais inteligentes para a racionalização dos recursos hídricos. Sua utilização ainda depende da aceitabilidade popular, aprovação mercadológica e vontade política para ser efetivar como uma política sistemática. Todavia, a expansão do reúso é uma realidade e em suas várias formas de aplicação revela-se uma técnica segura e confiável à medida que seu investimento se torna cada vez menor e por isso se configura numa tecnologia cada vez mais acessível.

3.2 IMPORTÂNCIA DO SANEAMENTO NA ZONA RURAL

Segundo a organização mundial de saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social. Pode-se dizer também que saneamento caracteriza-se por um conjunto de ações sócio-econômicas que tem por objetivo alcançar salubridade ambiental. Sanear quer dizer tornar são, sadio, saudável, sendo que ao contrário da saúde que buscamos nos hospitais, a saúde que buscamos no saneamento é preventiva.

A categoria saneamento básico restringe o conceito em direção ao conjunto de ações, obras e serviços considerados prioritários em programas de saúde pública, tais como: abastecimento d'água e esgotamento sanitário.

A relação saúde e saneamento residem no cerne da discussão saúde e meio ambiente. Os serviços de saneamento são os que apresentam mais nítida relação com a saúde, em particular com a saúde infantil e idosa as que são mais sujeitas as graves conseqüências de um ambiente não saneado.

O conceito de promoção de saúde proposto pela Organização mundial de saúde, em Othawa, em 1986, é visto como o principio norteador para as ações de saúde em todo o

mundo. Desta forma, pressupõe que, um dos mais importantes fatores determinantes para a saúde são as condições ambientais.

A qualidade da água usada no meio rural é reflexo das condições ambientais dentro da bacia hidrográfica, sendo melhor quanto menos interferência antrópica houver à montante da fonte de água. A proteção e a posição da fonte na paisagem determinarão o grau de risco de contaminação por fontes pontuais ou difusas de poluição, tais como: esgotos domésticos, deflúvio superficial agrícola e dejetos da criação de animais, principalmente em sistemas intensivos de criação lançados a céu aberto, tornando-se fontes de poluição. A falta de saneamento básico no meio rural, independente da forma de ocupação, é um fator preocupante por se tratar de constante lançamento de poluentes no meio ambiente (RHEINHEIMER et al., 2003; MERTEN; MINELLA, 2002).

Segundo o Ministério da Saúde (2004), apesar do aumento do índice de atendidos por sistemas de abastecimento coletivo e saneamento básico, o déficit ainda existe e encontra-se nos bolsões de pobreza, nas favelas, ou seja, nas periferias das cidades, no interior, em especial na zona rural. O modelo de desenvolvimento de saneamento centrado em companhias estaduais induziu atenção especial às sedes municipais, sem que a população rural tivesse recebido atendimento significativo.

Segundo Odir Roque, “gasta-se milhões de dólares no custeio de assistência médica que poderiam ser reduzidos à metade se tivéssemos uma infra-estrutura de saneamento, atuando como prevenção.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), quase 25 % dos leitos hospitalares do mundo estão ocupados com portadores de doenças de veiculação hídrica, facilmente controlada por ações de saneamento. No Brasil, este número pode chegar aos 60%. Portanto, nenhuma dúvida persiste que o saneamento das populações urbanas e rurais constitui a maior contribuição para a prevenção de enfermidades.

A ausência de abastecimento de água potável e de coleta de esgotos sanitários são as principais causas das altas taxas de doenças intestinais e de outros tipos em países de baixa renda. Na falta de abastecimento de água potável, os domicílios freqüentemente usam água que veiculam doenças, em sua maior parte de origem fecal. Na falta de coleta adequada de esgotos, o material fecal continua no domicílio ou na vizinhança e leva à transmissão de doenças. Estima-se que a falta de água potável e de saneamento nas áreas urbanas no Brasil causa cerca de 8.500 casos anuais de mortalidade prematura e de morbidade adicional. Está claro que tal situação representa ônus para a qualidade de vida das populações não assistidas, já que é comprovada a estreita dependência entre saneamento e saúde pública.

Não menos importantes são as ações individuais que cada produtor pode adotar em sua propriedade, de uma forma simples e barata, capaz de trazer benefícios na melhoria da qualidade da água no meio rural, tais como: manutenção de cobertura constante no solo, proteção de fontes de águas superficiais, preservação de matas ciliares, utilização mínima de agrotóxicos, maximização da reciclagem dos dejetos animais, seleção do lixo e tratamento do esgoto doméstico, entre outros (RHEINHEIMER et al, 2003).

A contaminação do solo e da água no meio rural não é uma realidade diferente do que acontece no meio urbano, é uma regra e não exceção. O consumo de água de má qualidade pelo homem e pelos animais é cada vez mais comum no meio rural. Os principais contaminantes de água no meio rural consistem de argilas suspensas, matéria orgânica, patógenos originados de fossas sépticas, além de pesticidas e fertilizantes utilizados nas culturas agrícolas. Argila, matéria orgânica e patógenos podem ser eliminadas por meio de processos de tratamento (BERTONCINI, 2008).

Monitoramentos da qualidade de água em comunidades localizadas nas cabeceiras das bacias hidrográficas têm mostrado que há presença de muitos contaminantes em níveis muito acima do permitido pelo Ministério da Saúde (MS) (Gonçalves, 2003; Pellegrini, 2005; Rheinheimer et al., 2003; Bortoluzzi et al., 2006).

Os esgotos domésticos são basicamente constituídos por contaminantes orgânicos, nutrientes e microorganismos que podem ser patogênicos (MAIER, 2007; KAICK, 2002). Os contaminantes ligados ao escoamento superficial agrícola são constituídos de sedimentos (MINELLA, 2003; PELLEGRINI et al., 2009; SEQUINATTO et al., 2006), nutrientes (PELLEGRINI, 2005; PELLEGRINI, 2006; KAISER, 2006), agrotóxicos (BORTOLUZZI et al., 2006; BORTOLUZZI et al., 2007). Já os dejetos de animais contribuem com poluição orgânica (MULAZZANI et al., 2007), coliformes fecais (BALDISSERA, 2002), nutrientes como o fósforo (BERWANGER, 2006) e metais pesados (MATTIAS, 2006).

A ausência de sistema de gestão ambiental tem provocado o lançamento de águas residuárias sem tratamento adequado nos cursos de água. Isso tem causando elevação da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO da água, diminuição do oxigênio dissolvido, alteração da temperatura, aumento da concentração de sólidos solúveis e totais na água, desencadeando a eutroficação dos corpos hídricos e proliferação de doenças veiculadas pela água (MATOS, 2005). Apesar disso, os programas de implantação das Agroindústrias Familiares de Pequeno Porte – AFPP têm negligenciado o aspecto ambiental, causando situações que colocam estes empreendimentos em posição de fragilidade diante dos órgãos fiscalizadores.

Tal fato tem implicado na não obtenção da legalização fiscal e sanitária para comercialização dos produtos, já que a licença ambiental é considerada requisito obrigatório. Assim, reproduz-se a informalidade e limita-se o alcance dos projetos de desenvolvimento de AFPP.

Diante do exposto é fundamental um estudo para conhecimento geral das situações das AFPP, bem como do papel social, das implicações ambientais e das alternativas viáveis para sanar algumas dificuldades.

Os esgotos domésticos são uma parcela muito significativa dos esgotos sanitários, e provêm principalmente, de residências, edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas, comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas.

Os esgotos domésticos se compõem basicamente de águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (Tabelas 1 e 2).

O esgoto sanitário, segundo norma brasileira NBR 9.648 (ABNT, 1986), é o “despejo de constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição parasitária”. Definindo ainda:

Esgoto doméstico é o “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”. Ainda podem ser separados em águas “cinzas”, que são águas servidas que foram utilizadas para limpeza (tanques, pias, chuveiros) e águas “negras”, que são águas servidas que foram utilizadas nos vasos sanitários e contém coliformes fecais como indicador recente de contaminação por excretas humanas.

Dentre os parâmetros de tratamento de esgoto, destacam-se os sólidos, indicadores da matéria orgânica carbonácea, o nitrogênio (N), o fósforo (P), e os indicadores de contaminação fecal. Teoricamente, estão presente no esgoto domestico os elementos: Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Fósforo (P) e Enxofre (S), dentre outros elementos, sendo os sólidos totais: a matéria orgânica, o nitrogênio total, o fósforo, o pH, a alcalinidade, os cloretos, e os óleos e graxas os principais parâmetros a serem considerados, tais como os parâmetros indicados na tabela 3.

Tabela 1 – Composição geral dos esgotos domésticos

Composição simplificada do esgoto doméstico	
Em média	Descrição
99,9% de água	→ Água de abastecimento utilizada na remoção do esgoto das economias domésticas e residências
0,1% de sólidos	→ Sólidos grosseiros
	→ Areia
	→ Sólidos sedimentáveis
	→ Sólidos dissolvidos

Fonte: Adaptado de Nuvolari, 2003.

Tabela 2 – Avaliação geral da composição de esgotos domésticos

Composição do esgoto doméstico		
Tipos de substâncias	Origem	Observações
Sabões	→ Lavagem de louças e roupas	–
Detergentes (podem ou não ser biodegradáveis)	→ Lavagem de louças e roupas	→ A maioria dos detergentes
Cloreto de sódio	→ Cozinhas e urina humana	→ Cada ser humano elimina pela urina de 7 a 15 gramas/dia
Fosfatos	→ Detergentes e urina humana	→ Cada ser humano elimina, em média, pela urina, 1,5 gramas/dia
Sulfatos	→ Urina humana	–
Carbonatos	→ Urina humana	–
Uréia, amoníaco e ácido úrico	→ Urina humana	→ Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de uréia por dia
Gorduras	→ Cozinhas e fezes humanas	–
Substâncias córneas, ligamentos de carne e fibras vegetais não digeridas	→ Fezes humanas	→ Vão se constituir na porção de matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos
Porções de amido (glicogênio, glicose) e de protéicos (aminoácidos, proteínas, albumina)	→ Fezes humanas	→ Idem
Mucos, células de descamação epitelial	→ Urina humana	→ Idem
Vermes vírus e bactérias	→ Fezes humanas	→ Idem
Outros materiais e substâncias: areia, plásticos, cabelos, sementes, fetos, madeira, absorventes femininos, etc.	→ Areia: infiltrações nas redes de coleta, banhos em cidades litorâneas, parcela de águas pluviais, etc. Demais substâncias, são indevidamente lançadas nos vasos sanitários	–

Fonte: Adaptado de Nuvolari, 2003.

Tabela 3 – Parâmetros utilizados para avaliação do esgoto doméstico.

Principais parâmetros analisados nos esgotos domésticos		
Parâmetros	Conceito	Importância

Sólidos	→ Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos; → São classificados de acordo com seu tamanho e estado, suas características químicas e sua decantabilidade.	→ Cor; → Depósito de lodo; → Adsorção de poluentes; → Proteção de patogênicos; → Turbidez.
Indicadores de matéria orgânica	→ Matéria orgânica carbonácea: baseada no carbono orgânico (compostos de proteínas, carboidratos, gorduras e óleos, uréia, surfactantes, fenóis pesticidas etc.). Classificam-se quanto à forma, tamanho e biodegradabilidade.	→ Consumo de oxigênio; → Mortandade de peixes; → Condições sépticas; → Toxicidade; → Odor.
Nitrogênio	→ Pode se apresentar como nitrogênio molecular (N_2); nitrogênio orgânico; amônia; nitrito; nitrato. → Indispensável para o crescimento de algas (causa eutrofização); → Nos processos de conversão da amônia a nitrito e posteriormente a nitrato, implicando no consumo de oxigênio dissolvido; → Em forma de amônia livre é tóxica aos peixes; → Em forma de nitrato é associado a doenças como a metamonoglobinemia.	→ Geração e controle da poluição das águas; → Indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos; → Implica no consumo de oxigênio e alcalinidade; → Desnitrificação: implica na deterioração da sedimentabilidade do lodo.
Fósforo	Apresenta-se como: → Ortofosfatos (diretamente disponíveis para o metabolismo biológico), tendo como principais fontes a água, o solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos domésticos; → Polifosfatos: moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. Transformam-se em ortofosfatos pela hidrólise; → Fósforo orgânico: nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.	→ Crescimento das algas; → Estabilização da matéria orgânica.

Indicadores de contaminação fecal	→ Coliformes totais (CT), Coliformes fecais (CF) e estreptococos fecais (EF); → Organismos patogênicos indicadores de contaminação fecal; → Apresentam grandes quantidades nas fezes humanas e em animais de sangue quente; → Resistência aproximadamente similar a maioria das bactérias patogênicas intestinais.	→ Detecção dos agentes patogênicos; → Alto potencial para transmissão de doenças.
Carbonatos	→ Urina humana	–
Uréia, amoníaco e ácido úrico	→ Urina humana	→ Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de uréia por dia
Gorduras	→ Cozinhas e fezes humanas	–
Substâncias córneas, ligamentos de carne e fibras vegetais não digeridas	→ Fezes humanas	→ Vão se constituir na porção de matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos
Porções de amido (glicogênio, glicose) e de protéicos (aminoácidos, proteínas, albumina)	→ Fezes humanas	→ Idem
Mucos, células de descamação epitelial	→ Urina humana	→ Idem
Vermes, vírus e bactérias	→ Fezes humanas	→ Idem
Outros materiais e substâncias: areia, plásticos, cabelos, sementes, fetos, madeira, absorventes femininos, etc.	→ Areia: infiltrações nas redes de coleta, banhos em cidades litorâneas, parcela de águas pluviais, etc. Demais substâncias, são indevidamente lançadas nos vasos sanitários	–

Fonte: Adaptado de Sperling, 1996

3.3 REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

O reúso da água é hoje um fator importante para a gestão dos recursos hídricos. O poder depurador do solo ou de substratos é muito maior que o poder depurador das águas, pois funciona como filtro, além de promover a decomposição da matéria orgânica ainda presente em efluentes tratados. Para a agricultura, o reúso de efluentes fornece, além de água, alguns nutrientes às plantas. Entretanto, o uso de resíduos em solos deve ser constantemente monitorado, para que não haja contaminação do sistema solo-água-plantas e, conseqüentemente, de quem os manipula (BERTONCINI, 2008).

O desenvolvimento agrícola depende da disponibilidade de água e, principalmente, de seu uso adequado, já que a utilização da água para a irrigação e o abastecimento rural é um desafio relevante para as áreas com escassez desse recurso, como as regiões áridas e semi-áridas, onde as pressões sobre os recursos hídricos são bem maiores, devido à baixa oferta (SOUZA, 2006).

Chuvas escassas e de distribuição irregular limitam a produção agrícola em cerca de 88% (em área) da região nordeste do Brasil, contribuindo para elevados índices de pobreza (Athayde Junior e Leite, 1999). Desperdícios de água na irrigação agrícola agravam ainda mais o problema devido ao uso de métodos de irrigação que favorecem perdas de até 60% da água por evaporação, como a inundação, os sulcos rasos, o pivô central e a aspersão (BERTONCINI, 2007). Segundo Christofidis (2009) no Brasil, dos quatro milhões de hectares irrigados, mais de 90% deles utilizam-se destes métodos menos eficientes. Por outro lado, a agricultura irrigada é considerada uma atividade econômica altamente lucrativa sem necessidade de expansão da fronteira agrícola, sendo seu principal empecilho a indisponibilidade de grandes volumes d'água requeridos, principalmente em se tratando de regiões com elevados índices de evapotranspiração, como no nordeste brasileiro (ATHAYDE JUNIOR E LEITE, 1999).

Face às grandes vazões envolvidas, (chegando a até 80% do uso consuntivo, em alguns países), especial atenção deve ser atribuída ao reúso para fins agrícolas. A agricultura depende, atualmente, de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais (HESPANHOL, 2002). A FAO calcula que o consumo de água da agricultura brasileira representa 61% do consumo total do país (FAO, 2010).

Ao menos uma parte da água utilizada na irrigação poderia ser substituída por água já utilizada em outra aplicação, como é o caso do efluente de esgoto proveniente de ETE's (DA FONSECA et al., 2007). Os maiores potenciais de uso agrícola das águas residuárias estão em diversas atividades, como: irrigação, piscicultura, recreação, paisagismo e o uso industrial (SOUZA, 2006).

O incentivo do uso, na irrigação, de águas de péssima qualidade, como as de esgoto doméstico, de drenagem agrícola e águas salinas, as quais podem ser subterrâneas, residual bruta ou tratada, devem ser consideradas como fontes alternativas de uso. Além do mais, são práticas antigas mundialmente e de acordo com Associação Nacional Brasileira de Normas Técnicas (2007), no Brasil a prática de reúso de águas, principalmente na irrigação, está sendo

bastante difundida, contudo, é um procedimento não constitucionalizado e vem se desenvolvendo sem nenhuma forma de planejamento ou controle. A Organização Mundial da Saúde assegura que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto. No entanto, recomendam-se tratamentos secundário e terciário quando estas águas forem utilizadas na irrigação das culturas para consumo direto (METCALF & EDDY, 2003).

No Brasil, mesmo com a difusão tecnológica, a prática de reúso de água ainda é considerada nova, restringindo-se praticamente as imensas áreas de cana-de-açúcar irrigadas com vinhaça (BERTONCINI, 2008), porém, em regiões onde ocorre carência de água, o reúso torna-se uma prática que deve ser incentivada (MOTA, 2000), pois é uma atividade que pode reforçar a produtividade agrícola em regiões áridas e semi-áridas, visto que esse tipo de água contém muitos nutrientes essenciais para as plantas. Entretanto, seu uso na agricultura deve ser cuidadosamente planejado, para controlar, em curto prazo, os efeitos com microrganismos e em longo prazo, os efeitos da salinidade, sodicidade, nutrientes e oligoelementos, sobre os solos e as culturas.

A aplicação do reúso de água traz alguns benefícios: os benefícios econômicos são auferidos graças ao aumento da área cultivada e ao aumento da produtividade agrícola, os quais são mais significativos em áreas onde se depende apenas de irrigação natural, proporcionada pelas águas de chuvas. O aumento de produtividade não é, entretanto, o único benefício, uma vez que se torna possível ampliar a área irrigada e, quando as condições climáticas permitem, efetuar colheitas múltiplas, praticamente ao longo de todo o ano (HESPANHOL, 2002), além de propiciar vantagens ambientais, tais como: o uso sustentável de recursos hídricos; minimiza a poluição hídrica dos mananciais; estimula o uso racional de águas de boa qualidade; permite evitar a tendência de erosão do solo e controla processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes; possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica; e permite maximizar a infra-estrutura de abastecimento de água e tratamento de esgoto pela utilização múltipla de água aduziva (BERNARDI, 2003).

Um exemplo notável de recuperação econômica, associada à disponibilidade de esgotos para irrigação é o caso do Vale de Mesquital, no México, onde a renda agrícola aumentou de quase zero no início do século, quando os esgotos da cidade do México foram postos à disposição da região, até aproximadamente 4 milhões de dólares americanos por hectare, em 1990.

Segundo Guidolin (2000), é importante considerar, também, o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes brutos, destacando os macros e micronutrientes necessários ao desenvolvimento vegetal e também aos fitotóxicos, já que é uma prática em que se utiliza para produção de consumo, na maioria dos casos, humana.

De efeito poluente, sistemas convencionais de tratamento, têm como destaque à quantidade de nitrogênio e fósforo dissolvidos no efluente, com grande potencial de eutrofização de corpos de água (JARVIE et al., 2005, VALENTE et al., 1997), por conter uma concentração típica de 15 mg L^{-1} de N total e 3 mg L^{-1} de P total, proporcionando, portanto, às taxas usuais de irrigação em zonas semi-áridas (aproximadamente 2 metros por ano), uma aplicação de N e P de 300 e 60 kg/ha/ano, respectivamente (HESPANHOL, 2002). Estes elementos, juntamente com potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre e ferro, manganês e zinco, são elementos essenciais, de fornecimento obrigatório para o desenvolvimento das plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2005), que além dos nutrientes e dos micronutrientes, não disponíveis em fertilizantes sintéticos, a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água. Essa aplicação de nutrientes reduz, substancialmente, ou mesmo elimina a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais (HESPANHOL, 2002).

Como toda atividade, o reúso de água apresenta de uma maneira geral efeitos negativos, que não podem ser ignorados (SNEL, 2002), como: risco à saúde dos trabalhadores do sistema implantado que estejam em contato prolongado com o efluente; contaminação dos lençóis freáticos; inserção dos poluentes químicos no solo; criação de habitat para vetores de doenças e crescimento excessivo de algas e vegetação em canais que transportem o efluente, devido ao fenômeno de eutrofização. Além dessas desvantagens, segundo Metcalf; Eddy (2003), há alguns problemas que também devem ser considerados, com a aplicabilidade do reúso de águas mais restritos para o reuso pretendido, proteção da saúde pública e nível de aceitação do público. Salientando assim que, como toda a atividade, necessita de um manejo adequado e rigoroso.

Conforme a literatura, devido às matérias orgânicas presentes nos esgotos sanitários, estes precisam ser coletados e ter um destino adequado, para evitar a transmissão de doenças e minimizar os seus impactos sobre o meio ambiente. Contudo, Mancuso & Santos (2003) relatam que o aumento da extensão de terras e a escassez de fertilizantes nas regiões áridas e semi-áridas, apontam para o aproveitamento dos nutrientes contidos nos esgotos, ao invés de rejeitá-los.

No entanto, há certo senso quanto ao valor de nutrientes dos esgotos, mas ignorância quanto a padrões sanitários, o que leva comumente ao uso incorreto dos mesmos. A população, de um modo geral, apresenta preconceito e certo escrúpulo quanto ao consumo de culturas irrigadas por águas residuais, todavia muito em decorrência da falta de tradição e, em última análise, informação e educação (SILVA et al., 2008).

Sousa et al. (2001) afirmam que a irrigação de culturas favorece a assimilação do nitrogênio na forma de nitrato e na forma de íon amônio, elemento presente em águas residuárias tratadas, que quando reusadas, apresenta o mesmo efeito do nitrogênio aplicado na forma de fertilizantes, incluindo as seguintes vantagens: dispensa fertilizantes minerais, elimina a provável contaminação de águas subterrâneas e superficiais por fertilizantes, e supre a escassez de água para fins domésticos.

Assim, a irrigação utilizando estas águas residuárias é um dos métodos mais recomendados para a destinação destes resíduos (ASANO et al., 1987) FONSECA et al., 2007; PESCOD, 1992; PIVELI et al., 2008). É um método viável, pois garante a produtividade da colheita, por causa do fornecimento de água e nutrientes (DA FONSECA, 2005; FIRME, 2007), e a preservação da qualidade ambiental, devido à proteção da qualidade das águas superficiais, evitando lançamentos diretos nos corpos d'água (CORAUCCI et al., 1999).

Bastos (2003) afirma que qualquer método de irrigação pode ser empregado na utilização de esgotos sanitários na agricultura, desde que observadas as devidas particularidades. E ao selecionar o método é indispensável observar os seguintes critérios: considerações econômicas, topografia e características físicas do solo, tipos de culturas agrícolas, disponibilidade de mão-de-obra, qualidade da água e tradição do cultivo das propriedades rurais, porém as culturas irrigadas com efluente de ETE devem satisfazer a maioria dos critérios estabelecidos por Segarra et al (1996), que são (i) alta absorção de N (ii) elevado consumo d'água, (iii) possibilidade de processamento, (iv) potencial de mercado; (v) viabilidade econômica para que a atividade agrícola obtenha sucesso.

Apesar do grande potencial do reúso de esgotos domésticos na irrigação, o manejo inadequado deste pode resultar em sérios riscos à saúde, efeitos deletérios no solo e na planta, além do impacto ambiental, como a lixiviação dos poluentes e contaminação das águas subterrâneas, fatos estes que ocorrem particularmente em regiões áridas, com solos permeáveis e rasos (BASTOS, 2003), sendo, assim, considerado um problema sério, já que as medidas de descontaminação são extremamente lentas. Por isso, deve-se tentar ter um uso criterioso dessas águas, de forma que torne uma atividade sustentável (SOUZA, 2006),

principalmente nos projetos de irrigação, onde o monitoramento deve ser regular e com aplicações cautelosas, respeitando o método de irrigação e as formas de fertilização (HARUVY, 1998).

Logo, muitos estudos são realizados, como administração das bacias hidrográficas locais, aumento no tratamento de esgotos sanitários, especialmente domésticos, adaptação do reúso de esgotos tratados para diversas atividades, como: irrigação, piscicultura, recreação, paisagismo e o uso industrial

Entretanto, diretrizes podem ser adotadas isoladamente ou de forma combinada no uso de águas residuárias na agricultura, restrições a culturas, controle da aplicação da água residuária, controle da exposição humana e promoção da higiene (PESCOD, 1992).

Um bom manejo da irrigação com esgoto doméstico deve procurar evitar o desenvolvimento de vetores de doenças e fomentar seu controle. Isto implica na mínima presença de águas livres, adequada construção, manutenção de canais, drenagem eficaz e a distribuição econômica (AYERS; WESTCOT, 1991).

3.3.1 Histórico do reúso de águas

O reúso de águas residuárias tem uma longa história, comprovada inicialmente pela associação com as construções dos sistemas de esgotamento dos palácios e das cidades antigas da Civilização Minóica, na Ilha de Creta, na Grécia Antiga, de 3000 a 1200 a.C. (Liebmann e Meure, 1979). Essas indicações estendem o reúso agrícola, como irrigação à aproximadamente 5.000 anos atrás.

Os chineses, cinco séculos antes da era cristã, já dominavam técnicas de gestão de água, realizando obras para aumentar sua disponibilidade. O preparo do solo era feito com o uso de animais; seus dejetos, assim como os de humanos, eram aproveitados para fertilizar o solo. Entre os séculos VIII e XIII, os chineses possuíam a agricultura mais sofisticada do mundo, sendo capazes de produzir três ou mais colheitas por ano, sendo o arroz o principal cultivado. O modelo chinês se baseia no uso intensivo de água e de mão de obra. Por outro lado, a irrigação por inundação e o uso de excrementos humanos para fertilização favorecia a exposição à esquistossomas, parasitas e vermes, os quais provocavam enfermidades diversas (Landes, 1999 apud Benetti, 2006). Não era conhecida ainda a associação entre excretas e doenças, a qual somente só viria a ser confirmada pelo médico inglês John Snow em episódio de epidemia de cólera, entre 1849 e 1854, em Londres (Prescott et al., 1990). Além do cólera,

outras doenças também puderam ser identificadas, tal como a febre tifóide na mesma época (Asano e Levine, 1996).

Há cerca de 8.000 anos, nas margens dos rios Tigre e Eufrates, na Mesopotâmia, o início da aplicação de técnicas de irrigação e drenagem possibilitou, pela primeira vez, a produção de excedentes agrícolas, liberando grupos de pessoas das tarefas de busca de alimentos. Este tempo livre pôde ser utilizado para a invenção da escrita, o estabelecimento de normas para a organização social e a organização de cidades. Seguindo-se à Mesopotâmia, outras civilizações do mundo antigo floresceram as margens do rio Nilo (Egito), Ganges (Índia), Yangtze (China), utilizando-se das águas destes mananciais para fertilizar solos e prover a necessidade de água das plantas. A aplicação de irrigação para a produção de alimentos prosseguiu através dos séculos até a idade contemporânea (Benetti, 2006).

Na cidade do México, a partir de 1890, esgotos não tratados eram conduzidos por canais para irrigar horas agrícolas próxima das cidades. No século IX, com o surgimento do sistema de esgoto sanitário, as águas residuárias foram utilizadas nas “fazendas de esgotos” e, a partir de 1900, estas fazendas se disseminaram nos Estados Unidos e Europa, sendo usadas primeiramente para a disposição de resíduos; contudo, o uso acidental dessas águas, acabou servindo para o cultivo e outras atividades. No México, a pratica se estende até hoje, sendo os esgotos brutos da cidade conduzido dezenas de quilômetros através de canais até a região do Vale do México, onde são utilizados para irrigar cerca de 90.000 ha de solo árido (Metcalf e Eddy, 2003).

O desenvolvimento de programas de reúso planejado de águas residuárias nos Estados Unidos iniciou-se no começo do século XX. O Estado da Califórnia foi o pioneiro a promover regulamentos para recuperação e reúso de águas residuárias, sendo a primeira promulgação desses preceitos feita em 1918. Os primeiros sistemas de reúso foram desenvolvidos para prover água para irrigação nos estados do Arizona e da Califórnia, no final de 1920. Em 1940, iniciou-se o reúso dos efluentes de águas residuárias tratadas e cloradas em siderúrgicas, e a partir de 1960 foram desenvolvidos sistemas de reúso público urbano no Colorado e na Flórida (Asano e Levine, 1996).

A partir da década de 90, houve um aumento no interesse da implantação do reúso de água no mundo, para diferentes usos (agrícola, industrial e publico), o que levou ao aumento da pressão por uma maior qualidade da água (Asano e Levine, 1996). A seguir apresentam-se alguns exemplos de aplicação (Shuval, 1977):

Califórnia, EUA: este estado tem usado efluente tratado de esgotos desde o início do século XX. Em 1935, efluentes de 32 municipalidades irrigavam plantações com esgotos tratados. Este número elevou-se para 153 em 1977. Novos projetos foram desenvolvidos, destacando-se o de uso de esgotos tratados da área metropolitana de cidade de Monterey para irrigar plantações de brócolis, alface, couve-flor, aipo e alcachofra.

Alemanha: a precipitação natural atende as necessidades de água de mais de 90% da área agrícola do país. O complemento requerido vem principalmente de mananciais superficiais, seguindo-se as águas subterrâneas e os esgotos tratados. Cerca de 3% dos esgotos sanitários gerados na Alemanha são utilizados para irrigação.

Índia: a irrigação é o principal método de disposição de esgotos no país, tendo a primeira “fazenda de esgotos” se estabelecido em 1895. Na Índia, muitos rios praticamente se tornam secos durante os meses de verão, favorecendo ainda mais o reúso agrícola dos esgotos. Existem 132 projetos de irrigação com esgotos sanitários e muitos outros com efluentes de agroindústrias.

Israel: faz uso extensivo de irrigação com esgotos tratados. Em comunidades de até 40.000 habitantes, o método mais utilizado de tratamento é a seqüência de lagoas anaeróbias e facultativas, ou facultativas seguidas por lagoas de maturação. O efluente é aproveitado próximo à comunidade ou facultativas seguidas por lagoas de maturação. O efluente é aproveitado próximo à comunidade que o gerou. Na zona costeira central onde há maior densidade de população, um conduto central coleta e conduz efluentes de tratamento secundário em direção ao sul do país, na região de Negev, onde se encontra implantado uma área extensa de irrigação centralizada. Os esgotos das cidades de Haifa e Jerusalém, após passarem por tratamento por sistemas de lodos ativados são conduzidos a projetos de irrigação no Vale Ezraelon e Gaza, respectivamente.

África do Sul: a irrigação de efluentes sanitários é prática comum no país, com 25% dos esgotos tratados das cidades sendo utilizados na agricultura. Em algumas cidades, esta proporção atinge a 100%. A cidade de Johannesburg usa esgotos para irrigação desde 1914, sendo proprietária de fazendas para pecuária e agricultura com o objetivo de disposição de esgotos.

Brasil: não existe registro oficial de projetos de reúso de esgotos na irrigação, embora ele ocorra de maneira incontrolada. Andrade Neto apud Bastos (1992) apresentou exemplos de utilização de esgotos (tratados ou não) em irrigação de milho, melancia, abóbora e capim para alimentação animal no Nordeste. Além disto, o uso indireto de esgotos é realizado através da captação de água para irrigação em mananciais contaminados com despejos não tratados de cidades. Atualmente, existe um interesse muito grande no desenvolvimento do conhecimento científico que permita utilizar os esgotos em projetos de irrigação, hidroponia e piscicultura. Pesquisas nessa área têm sido suportadas pela financiadora de Estudos e Pesquisas (FINEP), Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e tecnológico (CNPq) e Caixa Econômica Federal, através do programa de pesquisa e saneamento básico (PROSAB). Recentemente um livro foi publicado divulgando as pesquisas nesta área realizada por uma rede de cooperativa constituída por onze instituições brasileira de ensino superior (BASTOS, 2003).

3.3.2 Padrões de qualidade e critérios de reúso de água na agricultura

O reúso de água, para qualquer fim, depende de sua qualidade física, química e microbiológica. A maioria dos parâmetros de qualidade físico-químicos são bem compreendidos, tendo sido possível estabelecer critérios de qualidade orientadores para o reúso. Os limites microbiológicos relativos à saúde são mais difíceis de serem quantificados, como evidenciado pela multiplicidade de parâmetros e orientações de uso, (Crook, 1993).

De um lado, encontram-se as normas e padrões que preconizam a utilização de efluentes para a irrigação irrestrita com qualidade microbiológica próxima dos padrões de potabilidade de água, ou seja, a virtual ausência de indicadores e patogênicos, incluindo vírus e protozoários (Asano, et al., 1992; USEPA, 1992). Essas normas e padrões em geral estão baseados nos critérios da Califórnia (EUA), pioneiro em promover a recuperação das águas residuárias e seu reúso (Asano e Levine, 1996), e encontram-se justificados na teoria que se convencionou chamar de “risco nulo” (SHUVAL, 1987).

De outro lado, encontram-se os critérios recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1989, que foram desenvolvidos a partir de modelos teóricos e evidências epidemiológicas, além das informações então disponíveis sobre a eficiência de remoção de organismos patogênicos, principalmente por meio de lagoas de estabilização.

Nos padrões do Estado da Califórnia, consideram-se os parâmetros DBO, SST, Nitrogênio Total, Turbidez e Coliformes Totais para irrigação de parques e jardins que podem ser visualizados na Tabela 4 (CRITES e TCHOBANOGLIOUS, 1998).

3.3.3 Qualidade das águas de reuso em irrigação

A avaliação da qualidade do efluente como água de irrigação é fundamental para a viabilidade dos projetos de reúso, do contrário, a falta de conhecimento pode comprometer o sucesso da atividade.

Hespanhol (2003) comenta que os parâmetros de estudo necessários para se verificar a aplicabilidade do efluente para irrigação, são: (1) pH; (2) Salinidade; (3) Problemas de permeabilidade (ou infiltração); (4) Toxicidade por íons específicos; (5) Desequilíbrio nutricional; (6) DBO; (7) SST; (8) Turbidez e Cor Aparente; (9) Coliformes fecais; (10) Nematódeos intestinais; (11) Elementos traços e (12) Problemas de obstrução em gotejadores (irrigação localizada). A Tabela 4 mostra os parâmetros recomendados para água de irrigação.

Tabela 4 – Recomendações de qualidade da água de irrigação considerando parâmetros clássicos da água de irrigação

Potencial problema na irrigação				Grau de restrição ao uso						
				Unid.	Nenhum		Fraco a moderado		Severo	
Salinidade (afeta a disponibilidade de água para a cultura)										
CE				dS m ⁻¹	<	0,7	0,7	3	>	3
Ou										
SDT				mg L ⁻¹	<	450	450	2000	>	2000
Infiltração (Afeta a taxa de infiltração da água no solo. Estimado usando a CE e a RAS juntos)				CE = dS m ⁻¹	<	0,7	0,7	0,2	<	0,2
			RAS = 0 – 3	= dS m ⁻¹	<	1,2	1,2	0,3	<	0,3
			= 3 – 6	= dS m ⁻¹	<	1,9	1,9	0,5	<	0,5
			= 6 – 12	= dS m ⁻¹	<	2,9	2,9	1,3	<	1,3
			= 12 – 20	= dS m ⁻¹	<	5	5	2,9	<	2,9
			= 20 – 40							
Toxicidade de íons específicos				RAS						
Sódio (Na ⁺)										
superfície	Irrigação	por	meq L⁻¹	<	3	3	9	>	9	
			meq L⁻¹	<	3	>	3			
aspersão	Irrigação	por	meq L⁻¹	<	4	4	10	>	10	
			meq L⁻¹	<	3	>	3			
Cloreto	Irrigação	por	meq L⁻¹	<	0,7	0,7	3	>	3	
superfície										
aspersão										
Boro (B)										
Efeitos misturados										
Nitrogênio (NO ₃ – N)				mg L ⁻¹	<	5	5	30	>	30
Bicarbonato (HCO ₃)										
(somente em irrigação por aspersão)				meq L ⁻¹	<	1,5	1,5	8,5	>	8,4
Ph				Faixa Normal:			6,5	-	8,4	

Fonte: Ayers e Westcot (1985).

Os parâmetros condutividade elétrica (CE) e à Razão de adsorção de sódio (RAS), classificam as águas quanto ao perigo de salinidade e sodicidade. A água de irrigação salina provoca salinização pelo acúmulo de sais no solo ou no substrato, ocorrendo redução da disponibilidade de água para as plantas, em função do incremento no potencial osmótico e toxicidade dos íons no solo e apenas toxicidade de íons em substrato, pois neste último não há efeito do potencial osmótico, ambos causando conseqüentemente diminuição da produtividade.

A infiltração de água no solo é comumente afetada ou diminuída pelo aumento da salinidade ou com o aumento no teor de sódio em relação ao cálcio e magnésio (RAS) e a infiltração aumenta com a redução desta salinidade. Dessa forma, para avaliar o efeito final da qualidade da água, deve-se considerar esses dois fatores (Ayers e Westcot, 1985). Problema na infiltração reduz produção pelo fato da planta não receber a quantidade de água necessária para seu desenvolvimento, além disso, a salinização provoca a formação de crostas na superfície do substrato causando problemas de germinação e desenvolvimento de plântulas.

A toxicidade dos íons potencializa os problemas da salinidade e permeabilidade, pois a acumulação dos íons em concentrações tóxicas é demorada e os sintomas visuais dos danos nas plantas ocorrem muito lentamente para serem notados. O surgimento de tal problema dependerá do tempo, da concentração dos íons no substrato, da tolerância e do volume de água transpirada pela cultura.

Quando a proporção Ca/Mg na água de irrigação é menor que a unidade, os efeitos potenciais do sódio são ligeiramente maiores em virtude da concentração de sódio ser determinada por meio das RAS. Isso quer dizer que determinado valor de RAS é ligeiramente mais perigoso quando a proporção Ca/Mg é menor que a unidade e quanto mais baixa maior o impacto da RAS.

Os íons cloretos presente na água de irrigação possuem efeito direto, provocam toxicidade nas culturas. Em solos férteis com balanço de cargas negativos esses íons não são adsorvidos pelas partículas do solo e por esse motivo são muito móveis, sendo facilmente absorvidos pelas raízes das plantas e transportados até as folhas, onde se acumula devido à estratégia de sobrevivência da planta, chamada de compartimentação, estimulado devido à transpiração.

Já em relação ao pH, águas com pH anormal podem criar desequilíbrios de nutrição ou conter íons tóxicos. No caso das águas de irrigação, o pH normal situa-se entre 6,5 e 8,4 (Ayers e Westcot, 1985). Sobre metais em águas de irrigação, a Tabela 5 mostra as

concentrações máximas recomendadas e algumas observações relativas aos seus impactos.

Tabela 5 – Concentração máxima recomendada para elementos traços na água de irrigação

Elemento	Concentração máxima recomendada (mg/L) (Uso em longo prazo)	Concentração máxima recomendada (mg/L) (Uso em curto prazo)*	Observação
Alumínio	5	20	Pode transformar os solos ácidos ($\text{pH} < 5,5$) em improdutivos. Em solos mais alcalinos com $\text{pH} > 7$, precipita o íon e elimina a fitotoxicidade.
Arsênico	0,1	0,1	O nível tóxico varia extensamente, variando de 12 mg L^{-1} para capim Sudão e 0,05 para o arroz.
Berílio	0,1	0,1	O nível tóxico as plantas varia extensamente, variando de 5 mg L^{-1} para couve e $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ para feijões.
Cádmio	0,01	0,05	Tóxicos aos feijões, às beterrabas, aos nabos nas concentrações tão baixas quanto $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ em soluções nutrientes. Os limites conservadores recomendaram devido a seu potencial para a acumulação nas plantas e nos solos às concentrações que podem ser prejudiciais aos seres humanos.
Cobalto	0,05	5	Níveis de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ são suficientes para causar toxicidade em tomateiros em solução nutritiva. A correção do pH do solo torna o elemento indisponível as plantas.
Cromo	0,1	1	Reconhecido como geralmente um elemento não essencial do crescimento. Os limites conservadores recomendaram devido à falta do conhecimento da sua toxicidade as plantas.
Cobre	0,2	5	Entre $0,1$ e 1 mg L^{-1} , em soluções nutritivas, promove o aparecimento de sintomas de toxicidade.
Flúor	1	15	Torne-se não disponível em solos neutros e alcalinos.
Ferro	5	20	Não tóxico as plantas em solos aerados, mas pode contribuir a perda da disponibilidade do P e do Mo essenciais as plantas.
Lítio	2,5	2,5	Tolerado por a maioria das colheitas até 5 mg L^{-1} ; móvel no solo. Tóxico aos citros nas concentrações baixas ($\text{mg L}^{-1} < 0,075$). Efeitos similares ao boro.
Manganês	0,2	10	Tóxico a um numero de colheitas de alguns décimos a uns poucos mg L^{-1} , mas geralmente somente em solos ácidos.
Molibdênio	0,01	0,05	Não tóxico as plantas em concentrações normais no solo e na água. Pode ser tóxico aos animais domésticos no caso de pastagens em solos com níveis relativamente elevados do molibdênio disponível.
Níquel	0,2	2	Tóxico a um numero de plantas em $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ a

			1,0 mg L ⁻¹ ; toxicidade reduzida no pH neutro ou alcalino.
Paládio	5	-----	Pode inibir o crescimento celular da planta em concentrações muito elevadas.
Selênio	0,02	0,02	Tóxicos as plantas em concentrações tão baixas quanto 0,025 mg L ⁻¹ e tóxicas aos animais domésticos no caso de pastagens em solos com níveis relativamente elevados do selênio adicionado. Um elemento essencial aos animais, mas em concentrações muito baixas.
Titânio	-----		Excluído eficazmente por plantas; tolerância desconhecida.
Vanádio	0,1	1	Tóxicos a muitas plantas em concentrações relativamente baixas.
Zinco	2	10	Níveis tóxicos variam amplamente. Toxicidade reduzida em pH > 6,0 em solos de textura fina.
pH			6
Sólidos dissolvidos			500 – 2000 mg L ⁻¹
Residual de cloro livre			< 1 mg L ⁻¹

Fonte: Ayers e Westcot (1985); *valores adaptado de Rowe e Abdel-Magid, (1995).

3.3.4 Irrigação com esgotos sanitários e efeito nas plantas

A irrigação com efluentes de tratamento de esgotos sanitários tem sido uma prática agrônômica antiga (FEIGIN et al., 1991) e, em geral, utilizada com triplo propósito: (i) realizar o tratamento complementar do efluente (BOUWER; CHANEY, 1974); (ii) valorizar este subproduto (água marginal) como um recurso hídrico disponível para agricultura (BOUWER; IDELOVITCH, 1987; AL-JALoud et al., 1995; TANJI, 1997); (iii) aproveitar os nutrientes contidos nos efluentes, visando sua utilização no crescimento e desenvolvimento das plantas (BOUWER; CHANEY, 1974; VAZQUEZ-MONTIEL et al., 1996), além de promover a economia de fertilizantes minerais e a manutenção de alta produção vegetal (SMITH; PETERSON, 1982; FEIGIN et al., 1991).

Os efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários são ricos em macro e micronutrientes e podem, portanto, ser utilizados como solução nutritiva, com algumas adaptações das técnicas e, quando necessário, correções nutricionais.

Em uma revisão sobre o assunto, Bastos, (1999) cita várias experiências do reúso controlado, muitas vezes como parte de planos e programas governamentais como Israel, onde por volta de 2010, os esgotos sanitários tratados responderão por quase 30% de toda a água disponibilizada para a agricultura.

A utilização de água proveniente de reúso deve ser direcionada para a irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes), porém para plantas comestíveis essas águas necessitam de um nível maior de qualidade, principalmente em relação às questões sanitárias. Nesse sentido, o sistema de irrigação por gotejamento, minimiza o problema em relação à aspersão. No que se refere aos patógenos, vetores de doenças ao ser humano, é preciso destacar que o solo ou o substrato atuam como redutor do período de sobrevivência dos mesmos (Bernardi, 2003).

Estudos realizados em outros países têm demonstrado a eficiência do uso das águas residuárias na fertirrigação de culturas agrícolas, com a obtenção de excelentes resultados, uma vez que são geralmente ricas em nutrientes (BASTOS, 1999). Observa-se que as taxas potenciais de aplicação de nutrientes podem superar, por vezes em muito, a demanda de teores de macro e micronutrientes da grande maioria das culturas e as doses recomendadas de fertilização, especialmente em relação ao nitrogênio e fósforo. No entanto, a aplicação de nitrogênio em excesso pode provocar à queda na produção e/ou à queda da qualidade do produto. Pode ainda mostrar-se problemática em vista dos riscos de lixiviação de nitratos e contaminação do lençol freático (Bastos, 2003).

Desta forma se faz necessário conhecer a origem do N que há nos efluentes domésticos. Enquanto que a maioria dos fertilizantes nitrogenados são formulados a base de amônia e nitratos, a composição dos esgotos sanitários pode variar bastante em função do processo de tratamento utilizado. Por exemplo, observa-se que alguns efluentes podem apresentar até cerca de 50% do total de nitrogênio na forma de N-orgânico, o restante basicamente na forma de $N-NH_4$, sendo os nitratos virtualmente ausentes. Nesses casos, o nitrogênio orgânico representaria uma reserva de nitrogênio inorgânico, liberada gradualmente a partir das transformações a ocorrer no solo ou substrato.

Para Metcalf e Eddy (2003), o N, nos efluentes domésticos, está sob as seguintes formas e frações: nitrogênio amoniacal (12 – 50 mg L⁻¹), nitrogênio orgânico (8 – 35 mg L⁻¹), nitrito (desprezível) e nitrato (desprezível). Sendo assim, existe a necessidade de uma remoção parcial do teor de N contido nos efluentes, antes de sua reutilização na irrigação de culturas agrícolas, através das remoções que podem alcançar até 80% da amônia em lagoas de estabilização.

Outro aspecto a ser considerado é a forma em que os nutrientes se encontram no efluente. Assim, na fertirrigação com efluentes não só o fornecimento de nutrientes é gradual, mas também sua disponibilidade. Shende (1985) comparou o rendimento anual de algumas

culturas e comprovou que os cultivos fertirrigados com águas residuárias apresentaram maior rendimento do que os cultivos irrigados com água limpa e fertilizados com adubos químicos.

Os elementos considerados essenciais ao desenvolvimento das plantas atendem basicamente a dois critérios: são partes de um composto ou de alguma reação sem a qual as (1) plantas não vivem ou (2) não completam seu ciclo vital. São considerados os nutrientes os elementos carbono, hidrogênio, oxigênio e os nutrientes minerais, dentre estes os macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre; e os micronutrientes: boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel, zinco. Os nutrientes minerais são basicamente extraídos do solo (Mota et al., 2006).

Os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas a partir da solução solo. As raízes e as radículas entram em contato com o meio líquido, promovendo a absorção dos minerais. Todavia, as plantas também podem absorver alguns elementos e águas pelas folhas, em pequenas quantidades. O Quadro 1 relaciona as principais funções dos nutrientes justificando sua essencialidade.

Quadro 1 – Funções dos nutrientes nas plantas

Elemento	Função	Elemento	Função
N	É parte constituinte dos aminoácidos, das proteínas, purinas, pirimidinas, coenzimas e da clorofila.	P	Participa nos processos de armazenamento e transferência de energia metabólica nas plantas e essencial para o desenvolvimento do sistema radicular.
K	Ativador de enzimas na síntese de proteínas, fotossíntese e respiração.	Ca	Crucial para o crescimento e desenvolvimento das raízes e faz parte da estrutura da parede celular.
Mg	Ativador de enzimas nos processos metabólicos dos carboidratos e síntese de ácidos nucléicos. Compõe a clorofila.	S	Faz parte do grupo ativo de enzimas e coenzimas, com destaque aos compostos cisteína, cistina, metionina, aurina, glutathione e sulfolipídeos.
B	Atua nos processos de transformação de carboidratos e coordenação de fenóis	Cu	Colabora com enzimas respiratórias e fotossintéticas, participa da formação de algumas enzimas.
Fe	Atua como grupo ativo de enzimas (transporte de elétrons e fixação de biológica de N)	Mn	Participa da decomposição do H ₂ O; toma parte na formação da clorofila, da membrana dos cloroplastos, lipídeos, síntese de proteínas, ácidos nucléicos e controle hormonal.
Mo	Faz parte de uma enzima que auxilia na assimilação do nitrogênio nítrico, participa da formação do grão de pólen, de formação de proteínas, dos ácidos nucléicos, da absorção e transporte de ferro.	Ni	Sua essencialidade está ligada à funcionalidade da uréase (produção de amônia e CO ₂ pela uréia)

Na	Pode substituir o K em algumas funções osmóticas e, ainda, promover a aceitabilidade de forragem pelos animais.	Co	Coativador de enzimas, fixação biológica de N e faz parte das vitaminas.
Se	Ligado à síntese de proteínas e ácidos nucleicos	Si	Associados à maior proteção das plantas ao ataque de pragas e doenças.

Fonte: Mota et. al, (2006) (Adaptado)

O Sódio é considerado elemento benéfico para algumas espécies, no entanto, os esgotos domésticos por apresentarem sais dissolvidos em quantidades substanciais deve-se tomar os devidos cuidados com salinização e excesso de sódio e cloretos.

O cobalto e selênio também são considerados elementos benéficos ao desenvolvimento das plantas, mas ainda não tiveram a sua essencialidade comprovada.

Um caso muito comum no Brasil tem sido a fitotoxicidade de Al, devido à elevada acidez dominante nos solos tropicais. Altas concentrações de Al na solução do solo impedem o desenvolvimento das radículas e conseqüentemente da planta. Para a maioria das espécies vegetais de interesse agrônômico, um valor de pH adequado é de aproximadamente 6,5.

Em se tratando de esgoto doméstico, a água de reúso não deve apresentar problemas com metais pesados, diferente do que ocorre com esgoto industrial (BASTOS, 1999). Mais efeitos dos elementos as plantas podem ser observados na Tabela 5 e Quadro 1.

3.3.5 Tratamento anaeróbio de esgoto doméstico para fertirrigação

Os esgotos domésticos, em função do impacto produzido no meio ambiente, podem ser reunidos em quatro grupos: sólidos em suspensão, matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos, provocando conseqüências desastrosas, muitas vezes com difícil ou dispendiosa recuperação. Segundo van Haandel e Lettinga (1994) o objetivo do tratamento de esgoto é eliminar estas características indesejáveis, sendo a eficiência do sistema de tratamento avaliada pela diminuição e/ou remoção de pelo menos um dos itens destes grupos.

Segundo Medeiros Filho, (2000) a grande maioria dos sistemas de tratamento biológico de esgoto se baseia no mecanismo aeróbico, por causa da eficiência dos microrganismos no tratamento do esgoto, pelo fato destes produzirem mais energia para seu desenvolvimento na utilização do oxigênio como aceptor final na cadeia de transporte de elétrons, conseqüentemente, maior quantidade de material orgânico será decomposto em comparação com mecanismos de tratamento biológico anaeróbico.

Mesmo assim, nestas três últimas décadas o tratamento anaeróbio tem aumentado em aplicações e recebido importantes contribuições da comunidade científica, no intuito de otimizar este tipo de tratamento e apresentá-lo como alternativa tecnicamente viável e economicamente vantajosa sobre outros processos tradicionais (Medeiros Filho, 2000).

Denomina-se de tratamento anaeróbio de esgotos qualquer processo de digestão que resulte na transformação da matéria orgânica biodegradável, na ausência de oxidante externo. Para a decomposição da matéria orgânica, os microrganismos não utilizam o oxigênio como aceptor final na cadeia de transporte de elétrons. Ao invés do oxigênio, os microrganismos utilizam outros compostos na cadeia de transporte de elétrons, a exemplo do nitrato (NO_3^-) e do sulfato (SO_4^{2-}), com produção de metano, água e dióxido de carbono, deixando na solução aquosa subprodutos como, amônio (NH_3), sulfetos de hidrogênio (H_2S) e fosfatos. O processo de digestão é desenvolvido por uma seqüência de ações realizadas por uma gama muito grande e variável de bactérias, no qual pode-se distinguir quatro fases subseqüentes: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (VAN HAANDEL E LETTINGA, 1994).

Vários sistemas de tratamento anaeróbio de esgoto, especialmente os digestores anaeróbios acoplados de filtros com fluxo ascendente têm sido aplicados com bastante êxito nas regiões tropical e sub-tropical do mundo (MEDEIROS FILHO, 2000).

O melhoramento dos projetos de processos anaeróbios deve-se principalmente a uma melhor compreensão da natureza da digestão anaeróbia, podendo ser aplicada como alternativa no tratamento desses resíduos para a redução do poder poluente e, ao mesmo tempo, terá aplicação direta de seus subprodutos (biogás e efluente estabilizado) na propriedade rural.

Os sistemas modernos de tratamento de águas residuárias possuem duas características que propiciam o seu desempenho superior:

- 1 – há um dispositivo que possibilita a retenção de uma grande massa de lodo no sistema de tratamento, garantindo a permanência de uma grande massa de bactérias biodegradadoras anaeróbicas ativas;

- 2 – assegura-se contato intenso entre o material orgânico entrando no sistema e o lodo nele presente, garantindo o contato intenso entre esta massa de microrganismos e o material a ser digerido.

Quanto aos fatores operacionais, os fatores que mais influenciam são a temperatura, o pH, a presença de elementos nutrientes e a ausência de materiais tóxicos.

A temperatura é um dos fatores mais importantes, dentre os principais efeitos incluem-se as alterações na velocidade do metabolismo das bactérias, no equilíbrio iônico e na

solubilidade dos substratos, principalmente de lipídios. Na faixa de temperatura entre 20 e 25 °C, esse valor assume o valor inferior a metade daquele de a 35°C. Ainda assim, deve ser considerada a massa de microrganismo microbiano naquela determinada temperatura para que seja considerada a variação da temperatura causadora da diminuição da velocidade de decomposição do material orgânico.

Os nutrientes são essências a todos os processos biológicos. A quantidade de nutrientes, especialmente de N e P, em relação a matéria orgânica presente (expressa como Demanda Química de Oxigênio – DQO, por exemplo) depende da eficiência dos microrganismos em obter energia para a síntese, a partir das reações bioquímicas de oxidação do substrato orgânico. A baixa velocidade de crescimento dos microrganismos anaeróbicos em relação aos microrganismos aeróbicos resulta em menor requerimento nutricional. Em geral admite-se que a relação DQO:N:P de 500:5:1 é suficiente para atender as necessidades de micronutrientes dos microrganismos anaeróbicos (SPEECE, 1996).

Alem do N e do P, o enxofre (S) também é considerado nutriente essencial para a metanogênese. Em geral a concentração de S deve ser da mesma ordem ou levemente superior ao de P. As bactérias assimilam o enxofre do sulfeto através da redução do sulfato. Algumas proteínas são fonte de enxofre.

Dentre os micronutrientes se destacam o zinco, cobalto, ferro e o níquel. Damianovic (1992) comprovou que a presença destes micronutrientes estimula o processo anaeróbico.

Segundo Speece (1996) considera que o reator deve ser operado com pH entre 6,5 e 8,2 e em determinadas condições o reator pode operar com pH de 6,0. Deve-se considerar que a própria ação microbiana altera o pH do meio que torna inúteis as tentativas de neutralização do pH a priori. Segundo próprio Speece a neutralização do ácido acético com sódio, por exemplo, poderá elevar o pH do reator se resultar na produção de gás com 100% de metano. Nesse caso, não haverá CO₂ suficiente para reagir com álcalis que serão formados no processo. Compostos, como o CO₂ e ácidos graxos voláteis de cadeia curta, tendem a abaixar o pH, enquanto cátions geradores de alcalinidade, como os íons de nitrogênio amoniacal provenientes da degradação de proteínas e o sódio originado da degradação de sabão, aumentam a alcalinidade e o pH.

Reatores de altas taxas dificilmente necessitam de cuidados especiais em relação ao pH, mesmo considerando que o afluente pode apresentar pH inferior a 6,5, pois um valor estável é obtido naturalmente devido a predominância do sistema carbônico (H₂CO₃, HCO₃⁻, CO₃²⁻) nesses efluentes. Valores de pH baixos podem ocorrer devido a decomposição de açúcares e amido, na rede coletora, produzindo ácido orgânico. No entanto, parte da matéria

orgânica remanescente (proteínas, lipídios, celulose e etc.) é de decomposição mais lenta e a fase de hidrólise e decomposição irá ocorrer no interior do reator. Caso o reator mantenha as fases de acidogênese e metanogênese em equilíbrio, o pH no interior do reator deverá manter-se próximo ou levemente superior a 7. Com uma ressalva a águas de baixas alcalinidades, como é o caso de águas litorâneas, as quais serão necessárias a adição de substâncias alcalinas para corrigir.

Os defensores desse tipo de tratamento freqüentemente citam como vantagens do processo anaeróbio, que a degradação do material orgânico é acompanhada da produção de energia na forma de metano (CH_4), enquanto que a produção de lodo é muito menor se comparada com processos aeróbios (67% de anabolismo (crescimento de material celular, chamado de biofilme ou lodo) neste contra apenas 30% no anaeróbio, segundo van Haandel, 1996). Devido às baixas taxas de crescimento das bactérias anaeróbias tem-se redução dos custos de transporte, de tratamento e de disposição final do lodo. O lodo produzido em excesso é altamente estabilizado e geralmente sua desidratabilidade é excelente. Não há custos de aeração, pois tratamentos anaeróbios não exigem a presença de oxigênio livre como os aeróbios (SAYED, 1987).

A Figura 1 possibilita uma visualização mais clara de algumas das vantagens da digestão anaeróbia em relação ao tratamento aeróbio, notadamente no que se refere à produção de gás metano e à baixíssima produção de sólidos.

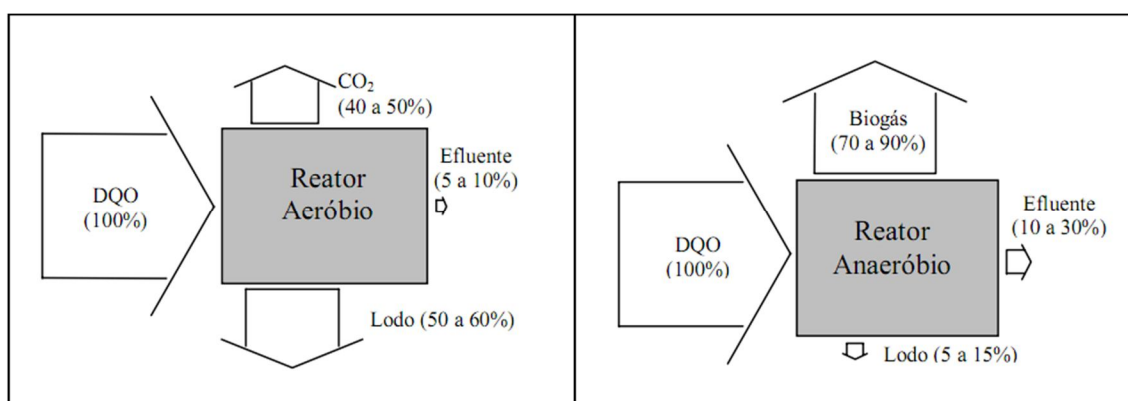


Figura 1 – Conversão biológica nãos sistemas aeróbicos e anaeróbicos.
Fonte: Adaptado de CHERNICHARO (1997).

Nos sistemas aeróbios, ocorre somente cerca de 40 a 50% de degradação biológica, com a conseqüente conversão em CO_2 . Verifica-se uma enorme incorporação de matéria orgânica, como biomassa microbiana (cerca de 50 a 60%), que vem a se constituir no lodo

excedente do sistema. O material orgânico não convertido em gás carbônico, ou em biomassa, deixa o reator como material não degradado (5 a 10%).

Nos sistemas anaeróbios, verifica-se que a maior parte do material orgânico biodegradável presente no despejo é convertida em biogás (cerca de 70 a 90%), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa. Apenas uma pequena parcela do material orgânico é convertida em biomassa microbiana (cerca de 5 a 15%), vindo a se constituir no lodo excedente do sistema.

Além da pequena quantidade produzida, o lodo excedente apresenta-se, via de regra, mais concentrado e com melhores características de desidratação. O material não convertido em biogás, ou em biomassa, deixa o reator como material não degradado (10 a 30%).

Deve-se salientar que sistemas de tratamento biológicos não são garantia de redução significativa dos teores de nutrientes e garantia total na remoção dos microrganismos patogênicos, têm sido reportadas baixas eficiências de remoção de coliformes fecais nos reatores anaeróbios, usualmente da ordem de apenas uma unidade logarítmica, mesmo que ainda dependa do tempo de detenção do esgoto que por sua vez deve-se levar em consideração a quantidade de esgoto gerada e da estrutura da ETE que receberá esse efluente, devido ao tratamento anaeróbico ser menos eficiente na decomposição da carga orgânica, pelo fato do crescimento das bactérias anaeróbicas serem menor.

Relativamente a outros tipos de microrganismos, tais como vírus e protozoários (principalmente Giardia e Cryptosporidium), há pouquíssimas referências bibliográficas que abordam a sua redução ou eliminação, através do tratamento em reatores anaeróbios. A remoção de ovos de helmintos em reatores anaeróbios, particularmente em reatores UASB, tem sido reportada como da ordem de 60 a 80%, insuficiente, portanto, para produzir efluentes que possam ser utilizados na irrigação.

Como são grandes os riscos de contaminação dos seres humanos, quando estes ingerem ou têm contato com águas contendo organismos patogênicos, muitas vezes pode-se tornar necessária a desinfecção dos efluentes. Tal fato torna-se ainda mais grave devido à precariedade do quadro sanitário brasileiro, com baixíssimos índices de cobertura por sistemas de esgotamento sanitário. Por outro lado, os baixos níveis de investimento em saúde e saneamento, fazem com que a população brasileira seja portadora de diversas doenças que podem ser transmitidas pelas fezes e, conseqüentemente, pelos esgotos gerados por essa população.

Na decomposição bioquímica da matéria orgânica presente no esgoto, uma larga variedade de bactérias saprófitas hidrolizam e convertem o material complexo em compostos

de menor peso molecular. Entre os compostos de menor peso molecular formados os principais são os ácidos graxos de menor cadeia molecular tais como o acético, o propiônico, o butírico, que aparecem misturados a outros componentes importantes. Estes ácidos são chamados de ácidos voláteis porque eles podem ser destilados sob pressão atmosférica. O acúmulo de ácidos voláteis pode ter um efeito desastroso sobre a digestão anaeróbia se a capacidade de tamponação for extrapolada e o pH descer para níveis desfavoráveis (SAWYER e McCARTY, 1978).

De maneira geral a relação carbono/nitrogênio (C/N), em relação à matéria a fermentar, deve ser levada em consideração, já que as bactérias são influenciadas por essa relação, devendo ser este valor está compreendido entre 30 e 35. Acima destes valores as bactérias não têm possibilidade de utilizar todo carbono disponível e abaixo deles corre-se o risco de aumentar a quantidade de amoníaco que pode chegar a limites de toxicidade.

Em unidades de digestão anaeróbia operando em condições estabilizadas, dois grupos de bactérias trabalham em harmonia para realizarem a destruição da matéria orgânica. Os organismos saprófitos carregam a degradação para o estágio ácido e, então, as bactérias metanogênicas completam a conversão em metano e dióxido de carbono.

Bactérias metanogênicas são comuns na natureza e algumas são freqüentes nos esgotos domésticos e em lodos derivados deles. Sua população, contudo, é muito pequena comparada com as saprófitas. Esta disparidade em números é a razão de problemas encontrados no início de processos em unidades de digestão. Esgotos com insuficiente capacidade de tamponação, quando submetido à fermentação anaeróbia, os ácidos voláteis são produzidos em uma velocidade superior à capacidade de consumo da quantidade de bactérias metanogênicas presentes, de modo que o tampão é rapidamente consumido e a presença de ácidos livres existentes faz o pH decair.

Para valores de pH inferiores a 6,5, a ação de bactérias metanogênicas fica seriamente prejudicada, mas as bactérias saprófitas só sofrem inibição quando o pH desce a valores inferiores a 5,0. Sob estas condições desbalanceadas as concentrações de ácidos voláteis continuam a crescer até níveis de 2000 a 6000 mg L⁻¹ ou mais, dependendo da concentração de lodo presente. A digestão metanogênica ativa nunca pode se desenvolver em tais misturas a não ser que o lodo seja diluído ou neutralizado com a adição de algum composto, como a NaOH, de modo a produzir um pH favorável à ação das bactérias metanogênicas.

O sucesso na operação de unidades com digestão anaeróbia depende da manutenção satisfatória do balanceamento entre as bactérias metanogênicas e saprófitas. As bactérias metanogênicas são mais radicalmente afetadas pelas mudanças de pH e temperatura que as

bactérias saprófitas. Inibições causadas por um ou outro destes fatores resulta na diminuição da taxa de destruição de ácidos voláteis e, conseqüentemente, os ácidos voláteis começam a acumular no sistema. As bactérias saprófitas são conhecidas por se reproduzirem mais rapidamente que as metanogênicas.

Sob incremento de carga de lodo, ácidos voláteis devem ser formados mais rapidamente que o lento crescimento dos organismos metanogênicos possa consumi-los. Mais uma razão para justificar a extrema importância da determinação de condições de desbalanceamento na unidade de digestão.

Ácidos voláteis são formados tão imediatamente como durante a degradação anaeróbia de carboidratos, proteínas e gorduras. A Figura 2 mostra justamente alguns dos muitos passos através da qual o esgoto complexo tal como lodo de esgoto doméstico devem passar durante a conversão em gás metano. Ácido propiônico resulta como um intermediário principalmente da fermentação dos carboidratos e proteínas presentes, e acima de 30% do complexo é convertido para este ácido para posterior conversão em gás metano.

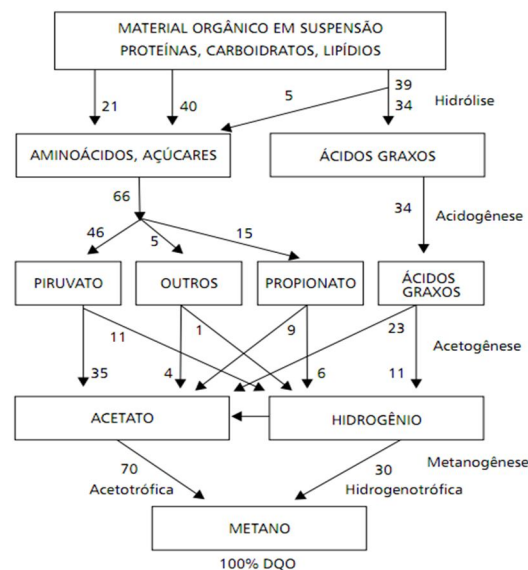


Figura 2 – Resumo da seqüência de processos na digestão anaeróbia de macromoléculas complexas (os números referem-se a porcentagens expressas como DQO)

Fonte: van Haandel e Lettinga, 1994

Este processo de biodegradabilidade da matéria orgânica presente no esgoto, desde as macromoléculas orgânicas complexas até o biogás, requer a mediação de vários grupos diferentes de microrganismos. A Figura 2 mostra uma representação esquemática sugerida por Gujer e Zehnder (1983). Para digestão anaeróbia de proteínas, carboidratos e lipídios (a maior parte do material orgânico pertence a esses grupos) pode-se distinguir quatro partes diferentes no processo global da conversão, descritas a seguir:

Hidrólise

Neste processo o material orgânico particulado é convertido em compostos dissolvidos de menor peso molecular. O processo requer a interferência das chamadas exo-enzimas que são excretadas pelas bactérias fermentativas. As proteínas degradam-se através de (poli) peptidas para formarem aminoácidos; os carboidratos transformam-se em açúcares solúveis (mono e dissacarídeos) e lipídios são convertidos em ácidos graxos de cadeia longa de C (C15 a C17) e glicerina. Em particular, a taxa de conversão de lipídios abaixo de 20 °C torna-se muito baixa (O'ROURKE, 1968).

Acidogênese

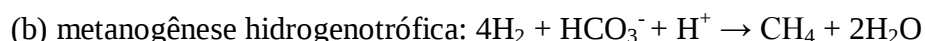
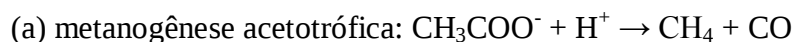
Os compostos dissolvidos, gerados no processo de hidrólise ou liquefação, são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e, após a acidogênese, excretadas como substâncias orgânicas simples como ácidos graxos voláteis (AGV), álcoois, ácido láctico e compostos minerais (CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S , etc.). A fermentação acidogênica é realizada por um grupo diversificado de bactérias, das quais a maioria sendo facultativas, torna-se importante nos sistemas de tratamento anaeróbio de esgoto, porque o oxigênio dissolvido eventualmente presente poderia se tornar uma substância tóxica.

Acetogênese

A acetogênese é a conversão dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para a produção de metano: acetato, hidrogênio e dióxido de carbono. Conforme indicado na Figura 2, uma fração de aproximadamente 70 por cento da DQO originalmente presente converte-se em ácido acético, enquanto o restante da capacidade de doação de elétrons é concentrado no hidrogênio formado. Dependendo do estado de oxidação do material orgânico a ser digerido, a formação de ácido acético pode ser acompanhada pelo surgimento de dióxido de carbono ou hidrogênio. Entretanto, o dióxido de carbono é também gerado na própria metanogênese. Na presença do dióxido de carbono e hidrogênio, um terceiro processo da acetogênese pode se desenvolver: a homoacetogênese, ou seja, a redução do dióxido de carbono para ácido acético pelo hidrogênio. Entretanto, por razões termodinâmicas essa rota metabólica é pouco provável de acontecer, pois as bactérias acetogênicas são superadas metanogênicas utilizadoras de hidrogênio (ZINDER, 1992).

Metanogênese

A metanogênese, em geral, é o passo que limita a velocidade do processo de digestão como um todo, embora a temperaturas abaixo dos 20 °C a hidrólise possa se tornar também limitante (Gujer e Zehnder, 1983). Metano é produzido pelas bactérias acetotróficas a partir da redução de ácido acético ou pelas bactérias hidrogenotróficas a partir da redução de dióxido de carbono. Têm-se as seguintes reações catabólicas:



As bactérias que produzem metano a partir de hidrogênio crescem mais rapidamente que aquelas que usam ácido acético, de modo que as metanogênicas acetotróficas geralmente limitam a taxa de transformação de material orgânico complexo presente no esgoto para biogás. Além dos processos fermentativos que levam a produção de biogás, podem se desenvolver outros processos no reator anaeróbico.

Oxidantes alternativos, a exemplo do nitrato e do sulfato, podem ser utilizados reduzindo para nitrogênio molecular e em processo denominado desnitrificação e o sulfato reduzido a sulfeto, respectivamente. A redução do sulfato é indesejável é um processo indesejável por duas razões: o sulfato oxida material orgânico que deixa de ser transformado em metano e no processo forma-se gás sulfídrico, que é corrosivo e confere odor muito desagradável tanto na fase líquida como no biogás, além de ser tóxico no processo da metanogênese, com exceção do tratamento de águas com elevados teores de metais pesados, cujos metais são tóxicos as bactérias metanogênicas e a presença de sulfeto pode contribuir para a estabilização operacional do reator.

A maioria de sulfetos de metais pesados tem sua solubilidade muito baixa, de maneira que sua presença reduz o teor de metais pesados e conseqüentemente a toxicidade exercida por estes sobre a atividade bioquímica das bactérias no sistema de tratamento. Por outro lado a redução de sulfeto pode ser o primeiro passo para utilização destas águas em processos industriais. Nesse caso, é necessário que a produção de sulfeto seja seguida por processo que transforme este produto em compostos estáveis, por exemplo, a sua oxidação em para enxofre elementar, processo cuja sua viabilidade técnica tem sido demonstrada (Janssen, 1996). O enxofre pode ser separado do efluente por processos físico-químicos.

Os diferentes grupos de bactérias que transformam o material orgânico afluyente têm todos atividade catabólica e anabólica. Desse modo, paralelo à liberação de diferentes produtos de fermentação, há a formação de novas células, dando origem a quatro populações bacterianas no digestor anaeróbico. Por conveniência, muitas vezes os três primeiros processos

juntos são chamados de fermentação ácida, que deve ser completada com a fermentação metanogênica.

Todo sistema de tratamento de esgotos domésticos pode ter seu rendimento afetado, em maior ou menor escala, pelas variações de vazão, pela composição desses esgotos e a natureza de seus constituintes bem como da retenção dos produtos da degradação, além das condições internas para desenvolvimento dos processos depurativos.

As diversas características favoráveis destes sistemas, como o baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos, aliadas às condições ambientais no Brasil, onde há a predominância de elevadas temperaturas, têm contribuído para a colocação dos sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos em posição de destaque, ainda assim o sistema apresenta diversas desvantagens como mostra o Quadro 2 (CHERNICHARO et al., 1997).

Quadro 2 – Vantagens e desvantagens dos processos de tratamento anaeróbico de esgoto.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
→baixa produção de sólidos, cerca de 5 a 10 vezes inferior à que ocorre nos processos aeróbios; →baixo consumo de energia, usualmente associado a uma elevatória de chegada. Isso faz com que os sistemas tenham custos operacionais muito baixos; →baixa demanda de área; →baixos custos de implantação, da ordem de R\$ 20 a 40 per capita; →produção de metano, um gás combustível de elevado teor calorífico; →possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator, por vários meses; →tolerância a elevadas cargas orgânicas; →aplicabilidade em pequena e grande escala; →baixo consumo de nutrientes.	→as bactérias anaeróbias são susceptíveis à inibição por um grande número de compostos; →a partida do processo pode ser lenta, na ausência de lodo de semente adaptado; →alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária; →a bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e ainda precisam ser mais estudadas; →possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis; →possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável; →remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória.

Fonte: Adaptado de CHERNICHARO (1997)

3.4 TECNOLOGIA UTILIZADA PARA TRATAMENTO DO ESGOTO DOMÉSTICO

3.4.1 Decanto-digestor acoplado com filtros anaeróbicos submersos (afogados)

O sistema é constituído de um tanque séptico retangular, com duas câmaras em série separadas por uma parede janelada, um pequeno filtro de pedras de fluxo ascendente acoplado ao tanque séptico com comunicação direta, e dois filtros anaeróbios afogados, que ladeiam o tanque séptico.

A água residuária entra na câmara coletora de afluente para em seguida entrar na calha de distribuição do afluente, onde tubulações encaminham essa água para o fundo do reator.

Em contato com o leito de lodo (zona de digestão no fundo do reator), onde estão os microrganismos, a água residuária passa a sofrer degradação dos seus componentes biodegradáveis que são convertidos em gás.

Flocos de lodo são levados por bolhas de gás em fluxo ascendente através do digestor até as placas defletoras de decantação, onde batem e retornam a região de digestão dentro do reator. O fluxo em movimento descendente do lodo desgaseificado opera em contracorrente ao fluxo hidráulico dentro do digestor e serve para promover o processo de mistura para um contato entre as bactérias e a água residuária afluente.

A fração líquida do substrato continua em fluxo ascendente através do decantador, extravazando por um tubo perfurado e deixando o reator através de calhas coletoras ou de tubulações.

O gás é liberado quando a mistura líquido/lodo é forçada através das placas, indo até as câmaras de acumulação, e é retirado uma vez que o aumento de pressão é suficiente para sobrepor a pressão contrária, intencionalmente induzida para formar e manter o espaço para o gás.

O filtro acoplado ao tanque séptico comunica-se com o mesmo através de um fundo falso, abaixo do qual se situa um fundo inclinado. Este fundo inclinado propicia o retorno de lodo ao tanque e evita a colmatação do leito. O objetivo deste pequeno filtro é, principalmente, complementar a retenção de sólidos suspensos, encaminhando para os filtros anaeróbios afogados um esgoto com maior parcela dissolvida.

O efluente do tanque séptico com o pequeno filtro acoplado afluí imediatamente aos filtros que o ladeiam. Nestas unidades os esgotos são distribuídos e coletados através de tubos perfurados, colocados sobre e sob o meio suporte (leito). O objetivo destes filtros é a remoção da matéria orgânica dissolvida, para complementar o tratamento por ação biológica anaeróbia.

No final de cada filtro encontra-se um compartimento que dá acesso aos tubos perfurados do fundo do filtro. O lodo em excesso é removido automaticamente, através dos tubos perfurados, quando se esgota o compartimento à jusante dos filtros, porque isso provoca velocidades de fluxo bastante elevadas nos interstícios do leito.

Os filtros objeto deste trabalho compõem o sistema piloto utilizado em várias etapas de pesquisas na UFRN. Funcionam em paralelo, ambos recebendo esgoto proveniente de um grande tanque séptico de câmaras em série. Cada filtro tem 4,0 m de comprimento por 0,7 m de largura e profundidade média de 1,2 m, construídos em alvenaria de tijolos revestida.

A Figura 3 mostra um desenho esquemático do sistema piloto da UFRN, enquanto a Figura 4 mostra os dois filtros anaeróbios que ladeiam o tanque séptico. O desenho esquemático do sistema piloto da UFRN possui quatro filtros anaeróbicos ladeando o tanque séptico, diferentemente do atual sistema construído no assentamento Milagres em Apodi – RN, que apresenta apenas dois filtros ladeando o tanque séptico de acordo com a Figura 4.

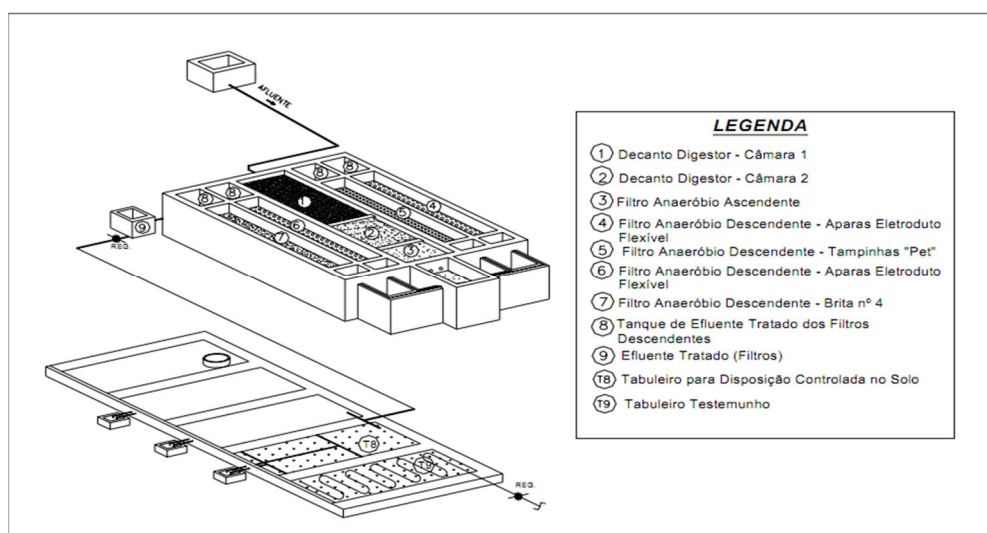


Figura 3 – Desenho esquemático do sistema piloto
Fonte: ANDRADE NETO et al, 1999.



Figura 4 – Fotos do sistema piloto construído no assentamento Milagres em Apodi – RN.
Fonte: Arquivo próprio.

3.4.2 Decanto-digestor ou tanque séptico

Segundo Kato, M. Takayuki et al. (1999) os tanques sépticos têm sido empregados em áreas urbanas desprovida de rede coletora de esgoto sanitário e mesmo com existência de rede, para atender vilas, conjuntos residenciais e comunidades que geram vazões relativamente pequenas. Abrangem diversos tipos de configurações consagradas na prática, tendo sido os precursores do tratamento anaeróbico. Em geral, o tanque séptico é utilizado em combinação com outra unidade de tratamento, sendo muito comum o uso de filtros anaeróbios.

Os decanto-digestores ou tanques sépticos são unidades que tratam o esgoto por processo de sedimentação, flotação e digestão, sendo que predominam os mecanismos físicos de sedimentação com o lodo de esgoto se depositando no fundo do tanque, ocorrendo majoritariamente da DBO particulada, mesmo depois do desenvolvimento e retenção da biomassa anaeróbia. A estabilização da DBO solúvel é pequena, uma vez que no reator

ocorrem os mesmos problemas da lagoa anaeróbia, por causa do fluxo interno que não favorece a mistura e contato entre biomassa e esgoto solúvel.

O princípio do decanto digestor é dividir o esgoto bruto em três fases (separador trifásico): fase líquida, gasosa e sólida. A fase líquida é o efluente que sai após o seu tratamento com eficiência normalmente entre 40 e 70% na remoção da demanda bioquímica (DBO) ou química (DQO) de oxigênio e 50 a 80% na remoção dos sólidos suspensos (VON SPERLING, 1996). Logicamente, os reatores mais bem projetados e operados apresentam resultados melhores, sendo melhores o que ficam hermeticamente fechados.

Tanques sépticos são, basicamente, tanques simples ou divididos em compartimentos horizontais ou verticais, utilizados com o objetivo de reter por decantação os sólidos contidos nos esgotos, propiciar a decomposição dos sólidos orgânicos decantados no seu próprio interior e acumular temporariamente os resíduos, com volume reduzido pela digestão anaeróbia, até que sejam removidos em períodos de meses ou anos.

De acordo com a Figura 5, na superfície do tanque, fica acumulada a espuma, formada a partir de sólidos flotáveis, com óleos e graxas, enquanto o lodo sedimenta no fundo do tanque, compreendendo de 20 a 50% do volume total do tanque séptico quando esgotado. Um tanque séptico usualmente retém de 60 a 70% dos sólidos, óleos e graxas que passam pelo sistema (USEPA, 1999).

Uma parte do sólido é removida do esgoto e armazenada no tanque enquanto outra parte é digerida. Acima de 50% dos sólidos retidos no tanque se decompõe, enquanto o remanescente se acumula como lodo no fundo do tanque e deve ser periodicamente removido por bombeamento (U.S. EPA, 2000).

Os tanques sépticos podem ser de câmara única, de câmaras em série ou de câmaras sobrepostas, e podem ter forma cilíndrica ou prismática retangular. A Figura 5 mostra desenhos esquemáticos de dois modelos, sendo que o utilizado no experimento no assentamento Milagres – RN foi o modelo em série (ANDRADE NETO et al, 1999).

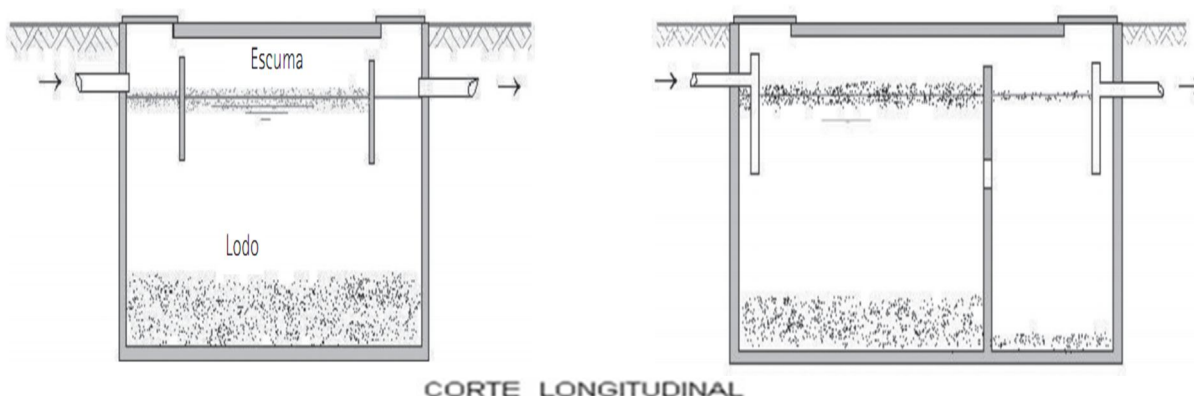


Figura 5 – decanto-disgetores ou tanques sépticos de câmara única e em série, respectivamente.

Fonte: ANDRADE NETO et al, 1999.

Como o próprio nome sugere, o tanque séptico de câmara única é constituído por um único compartimento, onde ocorrem processos de sedimentação e de flotação e digestão da escuma na parte superior, enquanto na parte inferior ocorrem processos de acúmulo e digestão de lodo sedimentado.

O tanque séptico de câmaras em série é constituído de uma única unidade dividida em dois ou mais compartimentos por uma parede vazada que interliga as câmaras em série sequencialmente no sentido do fluxo. De acordo com as instruções NBR 7299/1993, a primeira câmara deve ter aproximadamente o dobro do volume da segunda câmara. Dessa forma, uma maior quantidade de lodo acumulará na primeira câmara, que também terá a digestão favorecida. Esta configuração de tanque séptico é bastante utilizada quando é necessário que o efluente tenha um baixo teor de sólidos suspensos. Dentre os modelos de tanque séptico, os de câmara em série propiciam melhor eficiência do que os de câmara única, com as mesmas facilidades de construção e operação.

Embora tenham sido mais aplicados para pequenas vazões, os tanques sépticos prestam-se para tratar vazões médias e grandes, principalmente quando construídos em módulo. É uma tecnologia simples, compacta e de baixo custo. Não apresenta alta eficiência, principalmente na redução de patogênicos e substâncias dissolvidas, mas produz um efluente razoável, que pode ser encaminhado mais facilmente a um destino final ou a um pós-tratamento, como é o caso do presente estudo. Dentre os vários tipos de tratamentos complementares, a NBR 13969/1997, que dispõe sobre projeto, construção e operação de unidades, sugere o pós-tratamento com filtros anaeróbicos de fluxos ascendentes e descendentes submersos (afogados).

Os dispositivos de entrada e saída (tês, septos, chicanas ou cortinas) são mais importantes para a eficiência do tanque séptico do que geralmente se imagina. O dispositivo de entrada diminui a área relativa de turbulência, favorecendo a decantação, e o de saída permite a tomada do efluente no nível em que o líquido é mais clarificado, além de reter a escuma.

Para um correto funcionamento de um tanque séptico, recomenda-se que sejam precedidos por unidades de retenção da gordura proveniente da cozinha da residência. Estas unidades são denominadas caixas de gordura e têm a função de acumular a maior parte

possível da gordura presente no efluente da pia de cozinha. A entrada do esgoto nestas caixas é feita pela região superior através de uma tubulação. Para a saída do efluente, é necessário que a tubulação interna de saída da caixa esteja posicionada com a abertura para baixo, próxima à base da caixa. Isto impede que o material flotante saia da caixa de gordura junto com o esgoto efluente. Periodicamente a caixa de gordura deve ser limpa, para garantir uma boa operação de todo o sistema de fossa séptica.

3.4.3 Filtros anaeróbicos (Filtros biológicos)

Os filtros anaeróbicos consistem basicamente em tanque contendo leito de pedras ou material de enchimento. Na superfície de cada peça do material do enchimento ocorre a fixação e o desenvolvimento de microrganismos na forma de biofilme e também se agrupam microrganismos, na forma de flocos ou grânulos, nos interstícios do material de enchimento quando o esgoto contém muitos sólidos suspensos. Portanto, são mais utilizados para remoção das parcelas “dissolvidas” da matéria orgânica, precedidos de reatores que removem sólidos suspensos.

Evidentemente, o filtro anaeróbico não se presta apenas para pós-tratamento de tanque séptico, mas estarão mais bem associados quando precedidos de um reator que retenha sólidos sedimentáveis, como o decanto – digestor, promovendo depuração complementar pela ação ativa do lodo sobre a parcela dissolvida. Quando receberem esgoto sem tratamento prévio, devem prever tratamento preliminar (peneira, por exemplo) para remover sólidos grosseiros.

Podem ter fluxo ascendente, horizontal ou descendente. Nos filtros de fluxo ascendente, o líquido penetra pela base, distribuído por um fundo falso ou tubos perfurados, flui através do material de enchimento e é descarregado pelo topo, coletado em canaletas ou tubos perfurados. Nos filtros de fluxo descendente, o caminho é inverso e o leito pode ser submerso.

Nos filtros de fluxo ascendente, o leito é necessariamente submerso (afogado). Os de fluxo descendentes podem trabalhar afogados ou não.

No material de enchimento ocorre a fixação e o desenvolvimento de microrganismos na forma de biofilme e nos filtros afogados, principalmente nos de fluxo ascendente, também agrupam-se microrganismos na forma de flocos ou grânulos, em sustentação hidráulica, nos interstícios do material de enchimento e tem papel importante na remoção da parcela dissolvida da matéria orgânica dos esgotos. O esgoto percola nos interstícios do leito filtrante,

em contato com o lodo ativo retido. São, portanto, reatores biológicos com fluxo através do lodo anaeróbio ativo, com a biomassa aderida e retida em um leito fixo.

Nos filtros de fluxo descendente afogado, o lodo retido nos interstícios, que funcionam como se fossem inúmeros diminutos decantadores, embora não tenha sustentação hidráulica, também pode flocular e granular, sendo bastante ativo na biodegradação da matéria solúvel.

Em consequência, nos filtros afogados o biofilme, em certos casos, pode não desempenhar papel preponderante e a superfície específica do meio suporte pode passar a não ser tão importante. Nos filtros de fluxo descendente não afogado, os microrganismos ativos na biodegradação estão reunidos principalmente no biofilme aderido ao material suporte e, em consequência, a superfície específica do suporte é muito importante.

O principal objetivo dos reatores anaeróbios com fluxo através do lodo ativo é propiciar maior tempo de retenção celular, para obter contato longo entre a biomassa ativa e o esgoto a ser tratado. De acordo com a NBR 7229/82, a Associação Brasileira de Normas Técnicas incorporou diretrizes básicas para projeto e construção de filtros anaeróbios, incentivando o seu uso associado aos tanques sépticos, como unidade de pós-tratamento dos efluentes.

As principais limitações dos filtros anaeróbios decorrem do risco de obstrução do leito (entupimento ou colmatção dos interstícios) e do volume relativamente grande devido ao espaço ocupado pelo material inerte de enchimento. As finalidades do material de enchimento são: permitir o acúmulo de grande quantidade de biomassa, com o conseqüente aumento do tempo de retenção celular; melhorar o contato entre os constituintes do despejo afluente e os sólidos biológicos contidos no reator; atuar como uma barreira física, evitando que os sólidos sejam carregados para fora do sistema de tratamento; e ajudar a promover a uniformização do escoamento no reator. (CAMPOS et al., 1999).

O material mais utilizado para enchimento de filtros anaeróbios no Brasil é a pedra britada Nº 4, material muito pesado e relativamente caro, devido ao custo da classificação granulométrica. Outros materiais já foram estudados e experimentados no enchimento de filtros anaeróbios no Brasil: gomos de bambu (COUTO e FIGUEIREDO, 1993; NOUR et al., 2000); escória de alto forno de siderúrgicas (CHERNICHARO, 1997); vários tipos e granulometria de pedras (ANDRADE NETO et al., 1999c); tijolos cerâmicos vazados comuns e anéis de eletroduto corrugado de plástico (ANDRADE NETO et al., 2000). Estes estudos têm demonstrado que anéis de eletroduto (conduíte cortado) representam um bom material para enchimento de filtros anaeróbios.

O efluente de filtro anaeróbico é bastante clarificado e tem relativamente baixa concentração de matéria orgânica, inclusive dissolvida, porém é rico em sais minerais. Presta-se para a disposição no solo, não somente para a infiltração, mas também para a irrigação. Evidentemente pode receber tratamento para a remoção de nutrientes eutrofizantes.

3.4.4 Filtro anaeróbico de fluxo ascendente

A nova norma da ABNT (NBR 13969) define que o filtro anaeróbico de leito fixo com fluxo ascendente consiste em um reator biológico no qual o esgoto é tratado por meio de microrganismos não aeróbios, disperso tanto no espaço vazio do reator, quanto nas superfícies do meio filtrante.

Sistemas que associam decanto-digestor e filtro anaeróbico, embora tenham sido mais aplicados para pequenas vazões, prestam-se, também, para tratar vazões médias e grandes, principalmente quando construídos em módulos.

O reator de fluxo ascendente através de manta de lodo é, basicamente, um tanque no qual os esgotos são introduzidos na parte inferior (fundo) e saem na parte superior, estabelecendo um fluxo ascendente, por meio de um leito constituído por grânulos ou flocos que contêm elevada quantidade de microrganismos atuais.

Os filtros de fluxo ascendente apresentam maior retenção de lodo em excesso e os maiores riscos de entupimento dos interstícios, mas devido aos lodos em sustentação hidráulica e ao bom tempo de contato, podem propiciar alta eficiência (geração de muita quantidade de bactérias) e baixa perda dos sólidos que são arrastados no efluente. São mais indicados para esgotos com baixa concentração de sólidos suspensos, a não ser que se previna contra a colmatagem das camadas inferiores do leito.

Conforme a Figura 6, o tanque utilizado no estudo é o mesmo utilizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, que consta de um modelo com câmaras em série que inclui um pequeno filtro com leito de pedras (no caso do atual projeto, utiliza-se de tijolos cerâmicos de 8 furos) na saída da segunda câmara, com bons resultados. O filtro de tijolos cerâmicos é suportado vigotas ou nervuras utilizadas em lajes pré-moldadas, espaçadas uma da outra em 5 cm, e comunica-se com a segunda câmara por meio de uma abertura por onde o esgoto flui sobre um fundo inclinado abaixo do filtro, antes de ascender

através do leito filtrante de tijolos cerâmicos. O fundo inclinado permite o retorno do lodo em excesso ao decanto-digestor (ANDRADE NETO, 1997).



Figura 6 – Decanto-digestor acoplado com filtro anaeróbico submerso (afogado) de fluxo ascendente.

Fonte: ANDRADE NETO et al, 1999.

Com o funcionamento do reator, há tendência de separação de fases (sólidos, líquidos e gases) nos esgotos introduzidos nos esgotos introduzidos. Devido às condições hidráulicas impostas, os sólidos suspensos são, em grande parte, retidos no reator. Os microrganismos agrupam-se em flocos ou grânulos sedimentáveis e, assim, forma-se uma camada espessa de lodo, por meio da qual a matéria orgânica solúvel sofre, também, a ação dos microrganismos, presentes em alta concentração.

No final da década de 1970, foi desenvolvida, na Holanda, uma versão moderna do reator de manta de lodo, com distribuição do esgoto em vários pontos do fundo do reator e com separador de fases (decantador e defletor de fases) na parte superior, que ficou conhecida como UASB. Modelos mais utilizados atualmente são variações do UASB.

3.4.5 Filtro anaeróbico de fluxo descendente

Os filtros de fluxo descendente podem trabalhar afogados ou não. Aparentemente, os filtros com fluxo descendente afogado assemelham-se funcionalmente aos de fluxo ascendente, com algumas facilidades operacionais.

Os filtros de fluxos ascendentes com leito afogado apresentam facilidades para remoção do lodo em excesso e menor risco de entupimento no leito, porque parte do lodo em excesso é gradativamente arrastado pelo efluente. Podem receber esgotos com maior concentração de sólidos do que os de fluxo ascendente e, como a eficiência é bem distribuída em todo leito, com participação tanto do biofilme como de lodo floculento e granulado, com

velocidade de fluxo lenta ou rápida, são indicados tanto para altas como baixas cargas orgânicas.

Conforme a Figura 7 o tanque utilizado no estudo é o mesmo utilizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN que consta de um modelo com câmaras em série que inclui um pequeno filtro com leito de tijolos cerâmicos de 8 furos nas câmaras que o ladeiam. Tubos perfurados são colocados sob e sobre os tijolos cerâmicos para coleta e distribuição do esgoto vindo do decantadores e filtro anaeróbico de fluxo ascendente, respectivamente. O objetivo destes filtros é a remoção da matéria orgânica dissolvida, para complementar o tratamento, por ação biológica anaeróbia.

Ao lado do filtro há um compartimento que serve para permitir a drenagem do excesso de lodo; dá acesso aos tubos perfurados do fundo do filtro; serve, eventualmente, para tratamento complementar; e mantém o filtro afogado. O lodo em excesso é removido automaticamente, através dos tubos perfurados, quando se esgota o compartimento à jusante dos filtros, porque isso provoca velocidades de fluxo bastante elevadas nos interstícios do leito (ANDRADE NETO, 1997).

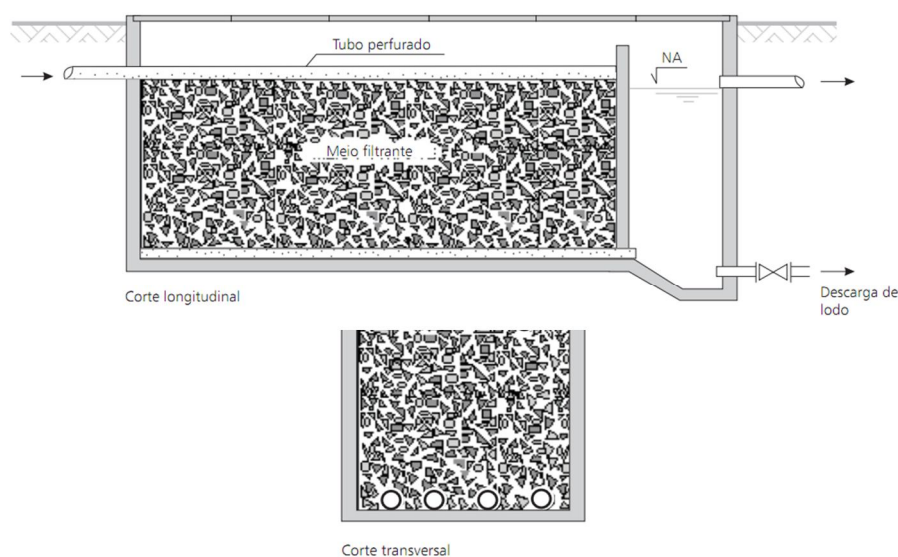


Figura 7 – Filtro anaeróbico submerso (afogado) de fluxo descendente.
Fonte: ANDRADE NETO et al, 1999.

Atualmente há entendimento entre vários autores de que, em filtros anaeróbios com leito submerso (afogado), independentemente do sentido do fluxo, a estabilização da matéria orgânica deve-se principalmente aos sólidos acumulados nos interstícios do material de enchimento.

Apenas os filtros com fluxo ascendente têm sido significativamente aplicados ao tratamento de esgotos e pesquisados. Pouco se conhece sobre os filtros anaeróbios de fluxo descendente com leito afogado (submersos).

3.5 CULTIVO EM VASO COM SUBSTRATO E NUTRIÇÃO MINERAL DE GIRASSOL ORNAMENTAL

O solo e as plantas atuam como “filtro vivo” absorvendo e retendo poluentes e organismos patogênicos presentes em resíduos e águas residuárias. Esta disposição completa a seqüência de tratamentos de águas residuárias para a redução de níveis de microrganismos e de vários componentes orgânicos e inorgânicos para níveis aceitáveis (FEIGIN; RAVINA; SHALHEV et al., 1991).

O cultivo sem solo surgiu como uma técnica altamente racional, buscando-se uma otimização no uso da água, do espaço, do tempo, dos nutrientes e da mão-de-obra (CASTELLANE & ARAÚJO, 1995). Com o passar do tempo, desenvolveram-se algumas variantes do cultivo sem solo, entre as quais se destaca, como sendo muito utilizado, o cultivo em substratos.

Entende-se por cultivos em substrato aqueles que utilizam agregados inertes (que não reagem com a solução nutritiva) utilizados como suporte, meio de enraizamento, aeração e oxigenação do sistema radicular.

Os materiais utilizados como substrato podem ser subdivididos em orgânicos e inorgânicos. Vale salientar que nem toda matéria orgânica utilizada como substrato é biodegradável, a exemplo de compostos de polietileno, poliuretano e o poliestireno. Por outro lado, pode ser conveniente utilizar substratos orgânicos biodegradáveis, como serragem, bagaço de cana, fibra de coco, entre outros, tendo em vista que nesses casos os substratos agregados às raízes do produto cultivado, podem sofrer decomposição biológica, não deixando resíduos não biodegradáveis nas raízes do produto. De toda maneira, Kämpf (2000) acredita que dificilmente se encontrará, na natureza, um material que, por si só, atenda a todas as exigências de um substrato ideal.

Mesmo assim, Gruszynski (2002) afirma que um bom substrato é quando satisfaz as exigências físicas e químicas, e contenha quantidades suficientes de elementos essenciais (ar, água, nutrientes minerais) ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Os aspectos principais nas propriedades físicas de um substrato são as propriedades das partículas que

compõem a fração sólida (forma e tamanho), superfície específica e característica de interação com a água (higroscopicidade) e a geometria do espaço poroso formado entre essas partículas. Dependendo das propriedades das partículas e da forma como o material é manuseado, principalmente da densidade de enchimento no recipiente, será a porosidade total e o tamanho dos poros, de fundamental importância para o desenvolvimento das raízes.

As propriedades químicas mais importantes de um substrato são a capacidade de troca de cátions (CTC), o pH, o teor de matéria orgânica e a salinidade, sendo que a nutrição das plantas é de responsabilidade do produtor (SCHMITZ et al., 2002). A faixa de pH ideal para um substrato varia muito de acordo com a espécie a ser cultivada, porém pode-se considerar como de 5,5 a 6,5, onde ocorre a disponibilidade da maioria dos nutrientes (ANSORENA, 1994; BAUMGARTEN, 2002). A densidade global deve ser de 0,45 a 0,55 g cm⁻³, a porosidade total entre 75 e 85%, exceto para a fibra de coco, que possui porosidade de 98% e capacidade máxima de retenção de H₂O (ml 50 cm⁻³) entre 20 e 30 ml (GONÇALVES & POGGIANI, 1996).

Por sua vez, o uso de efluentes de estações de tratamento de esgotos sanitários na hidroponia, em especial com uso de substrato pode propiciar as seguintes vantagens: (i) redução da descarga de efluentes em cursos d'água, contribuindo para o controle da poluição; (ii) evita a contaminação do solo, em especial com elementos traços e a salinidade e expelida com a venda do produto; (iii) remoção de nutrientes eutrofizantes, assimilados pelas culturas; (iv) possibilidade de instalação da infra-estrutura necessária próxima ao ponto de reunião e tratamento dos esgotos, reduzindo custos de transporte do efluente; (v) mitigação adicional de risco à saúde, ao minimizar o contato efluente-planta e a exposição humana (vi)

As informações a respeito da nutrição mineral e adubação são ainda pouco frequentes para a cultura do girassol. A carência de informação é maior ainda no que se refere à fertirrigação associada ao cultivo em substrato, embora tenha ocorrido um avanço na pesquisa nos últimos anos, especialmente em referência à nutrição mineral, como se observa nos trabalhos de BRAGA (2009); WATANABE et al.(2007); LOBO (2006); NEVES et al. (2005). Entretanto, há produtores que se apóiam em padrões de adubação previamente estabelecidos, resultando na aplicação de doses, às vezes, insuficientes ou excessivas de fertilizantes, ocasionando desequilíbrio na nutrição mineral das plantas e, com efeito, na produção de plantas sem padrão de qualidade. Neste sentido, o manejo inadequado da solução nutritiva pode promover, além do desbalanço nutricional da cultura, a salinização do substrato que resultará em problemas de toxicidade com reflexos negativos na produtividade e qualidade dos produtos como evidenciaram MORGAN et al. (1980).

O período em que ocorre maior taxa de absorção nutriente e crescimento mais acelerado da planta de girassol é a fase imediata após a formação do botão floral até o final do florescimento. O girassol extrai grandes quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio do solo, comparado com soja, trigo e milho (MACHADO, 1979). Entre tais culturas, somente a soja extrai mais nitrogênio que o girassol (VRANCEANU, 1977).

O uso indiscriminado de fertilizantes minerais, tanto em sistemas convencionais de cultivo quanto em sistemas de cultivo sem solo, pode causar sérios danos ao meio ambiente e provocar uma escassez precoce de muitas reservas naturais de alguns nutrientes para a agricultura. Segundo Menezes Júnior et al. (2004) o emprego de insumos de origem orgânica, como biofertilizantes, na formulação de soluções nutritivas para cultivo sem solo, pode ser uma técnica viável. Seguindo este pensamento, Mavrogianopoulos et al. (2002) conseguiram respostas positivas, tanto no crescimento quanto na produção de biomassa de “cana gigante” (*Arundo donax* L.) utilizando, como solução nutritiva, esgoto proveniente de uma granja de suínos.

Na Rússia, Nikmane et al. (1990) concluíram que soluções nutritivas à base de esterco suíno, fermentado anaerobiamente, podem substituir soluções nutritivas à base de sais minerais na produção hidropônica de forrageiras. No Brasil, Villela Júnior et al. (2003) demonstraram que a substituição parcial de adubos minerais por biofertilizante produzido com efluente de biodigestor mostrou-se viável no cultivo do meloeiro em sistema hidropônico aberto com substrato.

Nos estudos de nutrição mineral de plantas, o solo constitui-se em um meio altamente complexo e interativo para que sejam analisados os efeitos de um dado nutriente. Com a escolha de meios artificiais mais simples, que permitam um melhor controle das proporções dos diversos nutrientes, começou-se a trabalhar com soluções nutritivas arejadas, contendo os macro e micronutrientes necessários ao crescimento vegetal.

Quanto ao fornecimento de solução nutritiva os sistemas podem ser classificados em fechados (com recirculação) ou abertos (sem recirculação).

No primeiro caso a solução nutritiva circula livremente, de forma contínua ou intermitente, por entre as plantas, sendo que ao final retorna ao reservatório para um novo ciclo. Nos sistemas abertos ou não circulantes (como é o caso do atual experimento), geralmente a solução nutritiva é aplicada por gotejamento em um substrato, de onde as plantas retiram a água e os nutrientes e a solução não retorna ao reservatório.

Na década de 50, foi proposta por Hoagland e Arnon (1950) a primeira solução nutritiva para o cultivo de plantas. Desse modo, os primeiros estudos científicos

desenvolvidos em solução nutritiva remontam à segunda metade do século XX (Hewitt, 1966). Diversas soluções nutritivas já foram, portanto, propostas na literatura, havendo, em alguns casos, diferenças marcantes entre elas com relação às concentrações dos macronutrientes, enquanto para os micronutrientes as diferenças são bem menores (Furlani et al., 1999). No Brasil têm sido utilizadas, em pesquisas com nutrição mineral de plantas, algumas soluções nutritivas como as propostas por Hoagland e Arnon (1950), Sarruge (1975), Castellane e Araújo (1995) e Furlani et al. (1999).

Por outro lado, não existe uma solução nutritiva ideal para todas as espécies vegetais e condições de cultivo (Teixeira, 1996), uma vez que a absorção de nutrientes é muito influenciada pela concentração dos nutrientes, cultivar e ambiente (Adams, 1994).

Para o cultivo hidropônico bem sucedido, torna-se necessário o ajuste freqüente da solução nutritiva, impedindo que sua absorção pelas raízes produza mudanças radicais nas concentrações de nutrientes e no pH do solo. Deve-se, no entanto, considerar que a extração de nutriente por planta por dia em determinada espécie varia conforme a época do ano (Shippers, 1980).

Portanto, a escolha da solução nutritiva depende das condições climáticas e da espécie vegetal. Sua composição varia com o crescimento da planta, o que causa decréscimo nas quantidades de sais para as raízes, levando a alterações qualitativa e quantitativa, uma vez que, nem todos os elementos são absorvidos na mesma proporção (Sarruge, 1975). Esta condição mostra a necessidade de reposição ou troca da solução nutritiva. Sfredo & Sarruge (1990) descreve a exigência nutricional de acordo com ciclo vegetativo, de maneira geral, tanto para macro e micronutrientes, acompanha a taxa de acumulação de matéria seca durante o estagio vegetativo até final da floração.

No Brasil, a pesquisa sobre adubação e nutrição de girassol é ainda incipiente, devido ao numero pequeno de trabalhos realizados, não sendo possível ainda recomendação para adubação comprovada e testada. (Tanaka, 1981; Sader, 1984).

Para Vranceanu (1977) as necessidades do girassol são compatíveis as do milho para nitrogênio e fósforo, sendo superiores ao do potássio. Deve-se destacar que o potássio é um macro nutriente que atua como ativador enzimático de um numero de enzimas, além de ser essencial na manutenção do equilíbrio osmótico pelo qual os estômatos abrem-se garantindo a absorção adequada de CO₂ para a realização do processo fotossintético (Marschner, 1995). O nível crítico de potássio para girassol é muito mais elevado do que para o magnésio (Moos, 1984).

Carelli em 1996, estudando girassol envasado com doses crescentes de nitrato e iguais 3,75, 7,5 15 e 30 mM, concluiu que plantas com os menores níveis de nitrato, 3,75 e 7,5 mM, apresentaram bom desenvolvimento, mostrando inclusive sinais de clorose. Na medida em que a concentração de nitrato aumentou até 22,1 mM, verificou-se aumento da matéria seca total da planta, que decresceu, acima da concentração do nutriente. A matéria seca das raízes não apresentou alteração com os níveis de nitrato. Já a área foliar, a altura de planta e o número de folhas mostraram comportamento semelhante a matéria seca total.

O rendimento biológico que apresenta a matéria seca total acumulada por uma comunidade vegetal possibilita o estudo de eficiência de partição dos produtos fotossintetizados, quando analisado juntamente com o índice de colheita (Nichiporovich, 1960). A determinação do rendimento biológico proporciona medidas da fitomassa em um dado tempo que podem ser usadas para estimar a produção líquida entre duas colheitas consecutivas (Saugier, 1976).

Watson (1952) relatou que a área foliar das plantas depende da nutrição mineral e que existe correlação dessa variável e a produtividade vegetal, evidente quando se considera a importância da área foliar para a fotossíntese.

As medidas obtidas durante o ciclo da cultura são tabeladas de forma que possam ser analisadas matematicamente ou graficamente. A utilização de equações de regressão não só corrige as oscilações normais, como permite avaliar a tendência do crescimento em função do tratamento, possibilitam também avaliar, de forma mais precisa, variações no padrão de crescimento de plantas em relação à altura, matéria seca ou área foliar em função dos tratamentos ou de variabilidades genéticas (BENICASA, 2003).

3.6 PERSPECTIVA PARA O CULTIVO DE FLORES

A diversidade e a amplitude de climas e solos no Brasil permitem cultivos de inúmeras espécies de flores e plantas ornamentais, de diversas origens (nativas, de clima temperado e tropical) com potencial para competir no mercado internacional. Muitos países com características de clima semelhantes ao do Brasil conseguem rapidamente seu espaço no comércio internacional de floricultura, a exemplo de Índia, Uganda, Costa Rica, Austrália, Colômbia e Equador. Dentre os países latino-americanos, a Colômbia é muito favorecida na produção de flores, por sua localização, altitude e clima, possibilitando que o ciclo de produção seja maior do que o do Brasil. A Colômbia é o segundo maior exportador mundial de flores cortadas, atingindo grande parte do mercado americano (LAWS, 1997).

O cultivo de flores no Brasil é uma atividade agrícola que vem sendo incrementada desde a década de trinta com o estabelecimento de imigrantes japoneses em São Paulo. A situação nacional vem crescendo nos últimos anos, sendo um segmento promissor da horticultura intensiva no campo do agronegócio nacional. Nos últimos anos, chegou-se a cinco mil produtores de flores e plantas ornamentais, com cultivo de aproximadamente oito mil e quinhentos hectares. O Estado de São Paulo é o principal produtor nacional de flores e plantas ornamentais com 73% da produção, seguido do Rio Grande do Sul com 9%, Santa Catarina com 5%, Paraná com 3% e as Regiões Nordeste, Norte e Centro Oeste também com 3% da produção nacional (PEREIRA, 2008).

A produção de flores no Brasil deve ser considerada como mais uma atividade de grande importância econômica, social, promotora de desenvolvimento tecnológico agrícola, contribuindo na melhoria do nível social de determinadas regiões (SAKAMOTO, 2005). Segundo a IBRAFLOR (2009), a produção de flores e plantas ornamentais propicia rendimentos entre R\$ 50 mil a 100 mil por hectare, gerando, na média nacional, 3,8 empregos diretos ha, que equivale a 14,2 empregos numa propriedade dedicada à floricultura. Ressalte-se, que 94,4% dos empregos gerados são com mão de obra permanente, caracterizando-se, assim, o seu inquestionável papel e importância socioeconômica.

Nos últimos dez anos (1998-2007), registra-se significativo crescimento da produção de flores na maioria dos estados da federação, com destaque para os da Região Nordeste, embora, a secretaria de comércio exterior – SECEX afirme que nos últimos dois anos (2008-2009) houve queda significativa no valor das exportações com aumento das importações, devido à queda no valor exportado de quatro grupos de produtos: flores, folhagens, bulbos e mudas, sendo que flores apresentou maior decréscimo, embora represente menor fatia do total exportado, no qual a maior fatia total é representada pelos bulbos.

Em 2009, as exportações brasileiras tiveram como destino 42 países, dos quais dois parceiros comerciais absorveram 78,1% do valor das vendas ao exterior. Embora a Holanda continue invicta como destino principal dos produtos da floricultura brasileira em termos de valor comercializado (US\$18,6 milhões) – respondendo por 59,1% do total – pela primeira vez a magnitude da queda (-15,5%) superou o do segundo parceiro comercial mais importante, os Estados Unidos. Neste caso, o valor comercializado foi de US\$6 milhões (18,9% da fatia) com conseqüente queda no valor comercializado (-6,4%).

O potencial de expansão da atividade, voltada tanto para o mercado interno como para exportação, é enorme e oferece oportunidades promissoras. No mercado interno, a elevação de renda da população em geral, o apelo ambiental, a propaganda e a facilidade no acesso aos

produtos, tanto nos pontos de venda físicos como via internet, devem, no médio prazo, reforçar o consumo de flores no País, que é ainda muito baixo em relação aos países desenvolvidos e que em 2007 atingiu um faturamento de US\$ 1,3 bilhão (JUNQUEIRA & PEETZ, 2004).

Até recentemente, o aumento nas importações parecia alimentar o aumento no valor exportado através da re-exportação de insumos, como no caso de bulbos, trabalhado para acelerar o processo produtivo em países líderes na produção e comercialização de produto final de floricultura – com floração mais precoce –, caso típico da Holanda. A Holanda domina o mercado mundial de flores, sendo considerado o maior importador e exportador de produtos da floricultura (EPAGRI/CEPA, 2009).

Apesar da queda nas exportações nestes últimos dois anos (2008-2009), o mercado externo – está ainda para ser conquistado, em particular para as flores e folhagens tropicais. Embora o cenário macroeconômico de recessão mundial possa ser mencionado como atenuante para o desempenho negativo do setor, há que se lembrar que o país ocupa somente 1% da fatia comercializada no mercado internacional de produtos da floricultura, representando de 3% do faturamento do setor. O Brasil possui pequena participação no mercado mundial, sendo que o consumo interno de flores é ainda baixo, mas com um elevado potencial (JUNQUEIRA & PEETZ, 2004). Os Estados Unidos têm uma produção equilibrada de flores de corte, vaso e folhagens, as quais estão localizadas na Flórida, Califórnia e Havaí, sendo que a produção de flores de corte é pouco diversificada, mas altamente massificada (ZAFALON, 2003).

Tudo indica que a mesma lição dada como caminho de desenvolvimento de uma região se aplica em termos globais à floricultura nacional. É importante ressaltar que um dos fatores que tem contribuído para o sucesso das exportações cearenses, além do incentivo governamental é a melhoria da infra-estrutura e da tecnologia, e a existência de uma visão organizacional da cadeia produtiva (Reis, 2010).

Mesmo com grande potencial para se expandir (IBRAFLOR, 2001), no Brasil o consumo percapta ainda é pequeno, em torno de US\$ 7,00 ao ano, sendo 67% maior que no ano de 2000, sendo que o potencial de consumo brasileiro é pelo menos o dobro do atual (PEREIRA, 2008). Segundo o mesmo autor, os valores brasileiros são baixos ao comparar-se aos cinco países com maior consumo anual: Suíça (US\$174,00), Noruega (US\$ 160,00), Áustria (US\$ 109,00), Alemanha (US\$ 98,00) e Suécia (US\$ 89,00). Em contrapartida, os países asiáticos, como a Tailândia e Taiwan e demais possuem a floricultura como alternativa de renda, porém, enfrentam problemas como: baixos preços recebidos, produção em pequena

escala, difícil comércio de mercado interno, mão-de-obra não qualificada e falta de capital (MATSUNAGA, 1995).

No mercado internacional o fluxo gerado com flores e plantas ornamentais é na ordem de US\$ 6,7 bilhões ao ano, estando concentrado em vários países como a Holanda, Colômbia, Itália, Dinamarca, Bélgica, Quênia, Zimbábue, Costa Rica, Equador, Austrália, Malásia, Tailândia, Estados Unidos, entre outros. A produção mundial de flores e plantas ornamentais ocupa área estimada em 190 mil hectares, movimentando aproximadamente US\$44 bilhões anuais em nível de varejo (IEA – Instituto de Economia Agrícola, 2007).

Flores envasadas representam uma das mais interessantes e promissoras formas de produção ornamental, sendo freqüentemente selecionados novos produtos ou espécies para o mercado. O uso do girassol como planta de vaso apresenta potencial por ser outra possibilidade de utilização da espécie. Por outro lado, sendo um novo produto, estabeleceu-se uma lacuna de informações a respeito de técnicas e tecnologias de cultivo (Vernieri et al., 2003).

A utilização do girassol como flor ornamental em vaso é recente e a cultivar *Helianthus annuus* L. cv. Pacino é uma das primeiras espécies destinadas para este tipo de cultivo o que explica a escassez de trabalhos científicos que objetivam a redução de seu tamanho e nutrição mais específica, reduzindo seu consumo de luxo.

O cultivo dessa ornamental é rápido, permitindo ao produtor imediato retorno de seu investimento (Whyper, 1998). A realização de trabalhos com a espécie visando à obtenção de plantas envasadas com tamanho adequado para comercialização tem grande importância. O cultivo de girassol ornamental em solução nutritiva poderá permitir o estabelecimento de suas exigências nutricionais, evitando gastos desnecessários com excessos. Além disso, estudos da fisiologia da espécie podem contribuir para o seu melhor desenvolvimento e conseqüente comercialização.

A produtividade e as características morfológicas de cultivares de girassol podem ser modificadas por manejo da adubação e da genética ou por mudanças nos fatores específicos da regulação de seu desenvolvimento.

3.6.1 Características e potencialidades do girassol ornamental

Acreditou-se por muitos anos que o girassol (*Helianthus annuus* L.), era originária do Peru, após estudos descobriram resquícios de uma semente carbonizada e um aquênio parcialmente carbonizada por volta de 2875-2575 a.C. e 2867-2482 a.C., respectivamente, na

região Tabasco, México (LENTZ et al., 2001). Foi introduzido na Europa 1510, cultivada como “girassol ornamental” e plantas produtoras de alimentos. Por volta de 1830 a Rússia começou a utilizar como fonte de óleo comestível e evoluindo para outros países (PUTT, 1997). No Brasil iniciou-se na região sul trazida pelos colonos europeus, iniciou-se o cultivo comercial em 1902 em São Paulo (PELEGRINI, 1985).

O termo Girassol (*Helianthus annuus* L.) deriva do grego *hélíos*, que significa sol, e de *anthus*, que significa flor, ou “flor do sol”, uma característica da planta é girar a inflorescência, seguindo o movimento do sol (SEILER, 1997). É uma dicotiledônea anual, ordem Asterales, família Asteraceae, subfamília Asteroideae e tribo Heliantheae, compreendendo 49 espécies, 19 subespécies, sendo 12 anuais e 37 perenes (JOLY, 1993). Varias espécies são comercializadas pelo valor ornamental tais como, *Helianthus argophyllus* T. y G., *Helianthus debilis* Nutt., *Helianthus decapetalus* L., *Helianthus mazimiliani* Schrad e *Helianthus salicifolius* A. Dietr. Possui um sistema radicular pivotante e em solos podem alcançar até dois metros de profundidade, com um grande conjunto de raízes secundárias, sendo que 80% a 90% dessas raízes estão compreendidas nos primeiros 10 cm de profundidade (MERRIEN, 1992).

O caule é herbáceo e cilíndrico, em híbridos e variedades comerciais, não ramificam, sendo haste única, atingindo o diâmetro entre 1 a 8 cm e altura entre 0,7 a 4,0 m (DE CAMPO LEITE et al., 2005). Segundo Pelegrini (1985); Rossi (1998); Castro & Farias et al. (2005), o caule do girassol ereto, vigoroso, estriado longitudinalmente, fistulado e oco, cheio de um tecido aquoso e esponjoso que desaparece na maturação, pubescente e áspero, possuindo coloração verde até o término da floração, tornando-se amarelo e, a seguir, pardacento na época da colheita.

Segundo Reyes et al. (1985), o porte final depende do genótipo, mas normalmente ultrapassa 1,60 m, podendo chegar a 3,00 m de altura. Esse grande crescimento natural tem sido entrave para que se explore o girassol como planta ornamental, já que apresenta facilidade de propagação, curto tempo para a colheita, e, segundo Anefalos & Guilhoto (2003), uma inflorescência bastante atrativa e muito procurada para a confecção de arranjos e vasos. Os reguladores vegetais, em sua maioria, são compostos sintéticos, que são utilizados para reduzir a altura das plantas, de uma maneira que não altere os padrões ambientais e morfológicos das mesmas e que não possua caráter fitotóxico (RADEMACHER, 2000). O resultado é a redução da divisão celular sem ocasionar fitotoxidade e a consequência morfológica direta é a redução do vigor vegetativo (SILVA et al., 2003).

O controle da altura tem um papel importante em plantas ornamentais, pois elas em seu estado original, com o porte elevado, requerem mais espaço e incorrem em custos de transporte mais elevados (HAYASHI et al., 2001). Com o porte reduzido, além de ser mais apropriado para o transporte, há uma demanda maior para plantas mais compactas no mercado onde a estética do produto determina o valor de mercado da planta (MCMAHON & KELLY, 1999). Existem vários reguladores vegetais que inibem a biossíntese de giberelina, cada um com forma de aplicação, conceito e técnicas diferentes, aos quais se adequam à cultura e a forma de cultivo ideal de cada espécie (LATIMER, 2001), garantindo assim, uma forma mais eficiente de alcançar a resposta desejada.

São usados há muitos anos a fim de manipular o tamanho, a forma e a qualidade total de colheitas na floricultura. Deve-se observar se o regulador vegetal escolhido mantém a qualidade estética e altura de haste compatível com o tamanho do recipiente, da preferência do mercado e das espécies (ARTECA, 1995). O uso de reguladores vegetais é amplamente difundido na floricultura. Isso porque eles podem controlar o porte da planta, podem estimular a ramificação lateral, podem promover a floração (BAILEY; WHIPKER, 1998). Os reguladores vegetais mais utilizados atualmente para a redução de porte em flores são Daminozide, Chlormequat, paclobutrazol, uniconazole e flurprimidol (CASTRO, 1994).

A inflorescência do girassol, chamada capítulo, é a parte mais valorizada na comercialização desta espécie. O girassol ornamental é uma flor de corte com alta aceitação no mercado, pela sua exuberância de forma e cor, adaptando-se muito bem para a produção de flores de corte e de vaso (BUDAG & SILVA, 2000). Tanto produtores quanto consumidores estão sempre atentos as novidades do setor que possam ser diferenciais atrativos. O girassol tem inflorescência do tipo capítulo é a formação na parte do ápice do colmo de um alongamento discóide, constituindo um receptáculo onde há a inserção das flores e é composto por flores do raio e flores do disco, que é composto por flores geralmente sésseis, que se formam no ápice da haste, possuem alongamento discóide, constituindo um receptáculo onde há a inserção das flores, o receptáculo apresenta brácteas pilosas e ásperas e o diâmetro dos capítulos podem variar conforme a espécie, clima e solo (LENTZ et al., 2001). O diâmetro do capítulo varia geralmente de 10 a 40 cm, dependendo da variedade ou híbrido e das condições do desenvolvimento, devido ao clima e solo (ROSSI, 1998). Segundo Ungaro (2000), quando abertas duram de 5 a 10 dias, dependendo do tamanho do capítulo, da temperatura do ambiente e manejo.

Espécies cultivadas para fins ornamentais, originalmente, flores radiadas e as lígula de coloração amarelo a laranjada ou com pigmentação vermelha (ROSSI, 1998). Segundo

Pelegrini (1985) os floricultores geralmente se interessam pelas variações na coloração das flores de girassol, na estrutura e no tamanho das lígulas, devido à sua exuberância e seu valor ornamental.

O aquênio é o fruto do girassol. Ele possui uma semente e a casca, onde as suas dimensões variam de sete a vinte e cinco milímetros no comprimento, podendo haver até dois mil aquênios em um capítulo. O peso de mil aquênios varia de quarenta a duzentos gramas, dependendo da variedade (PELEGRINI, 1985). Nas novas variedades de girassol ornamental, tanto as flores da periferia quanto às do disco são estéreis, devido ao fato da produção de pólen ser indesejável para confecção de arranjos florais (NEVES, 2003).

O desenvolvimento do girassol entre a semeadura e a maturação fisiológica é uma seqüência, que é caracterizada por alterações morfológicas e fisiológicas que se produzem em todo o ciclo da planta (ROSSI, 1998), sendo consideradas como fases fenológicas, separadas por estádios fenológicos (CONNOR & SANDRAS, 1992). Muitas práticas culturais que requerem o conhecimento de uma fase específica para o seu melhor emprego, como aplicação de adubação de cobertura, de herbicida pós-emergente, regulador vegetal entre outras atividades, podem ser adequadamente executadas quando se refere, de forma precisa, a esta fase (CASTRO & FARIAS et al., 2005).

Segundo ROSSI (1998), a escala proposta por SCHNEITER & MILLER (1981), teve como premissa a divisão do desenvolvimento da planta do girassol em duas fases distintas: Vegetativa (V) e Reprodutiva (R). Na fase vegetativa (V) compreende da germinação até a formação inicial do broto floral, sendo VE (emergência) número de dias de plantio até o aparecimento da plântula, observa-se a primeira folha de tamanho menor que 4 cm., e V1, V2, ..., Vn é a formação de folhas dividida de acordo com o número de folhas de comprimento maior que 4 cm. Na fase reprodutiva (R) é o aparecimento do botão floral à maturação dos aquênios representa; R1 surgimento de pequeno broto floral que aparece quando se observa a planta de cima; R2 e R3 são fases de alongamento; R4, R5 (R5.1, R5.2...R.5.9) e R6 referem-se às fases do florescimento; R7 e R8 fases de desenvolvimento dos aquênios; R9 refere-se à fase de maturação dos aquênios.

Segundo Castro & Farias et al. (2005), primeiro as folhas se desenvolvem em disposição oposta, até as fases fenológicas de V4 a V8. A partir desta fase, a disposição das folhas apresenta-se como um espiral em filotaxia alternada. Este fator é importante, pois é quando existe a mudança do modo de inserção das folhas que marca a passagem da fase vegetativa para a fase reprodutiva, ocorrendo à diferenciação do botão floral (MERRIEN, 1992).

No Brasil, a maioria de seu território é apta para o cultivo de girassol, por apresentar condições climáticas satisfatórias; é uma cultura que apresenta uma época de semeadura muito ampla, podendo ser planta durante o ano todo, tendo a disponibilidade de água (SICHMANN et al, 1970). O girassol se adapta bem em condições variáveis de temperatura, consideráveis a faixa entre 8°C e 34°C, ou seja, para o melhor desenvolvimento da planta. De acordo com Reyes et al. (1985), o girassol se adapta bem a condições variáveis de temperatura, considerando-se a faixa entre 18°C e 24°C como a melhor para o desenvolvimento da cultura. Durante as primeiras fases do seu ciclo (0 a 40 dias) a planta apresenta resistência às baixas e à seca, sendo que nas fases seguintes, o frio excessivo e a falta de água provocam alterações nas plantas, ocasionando uma queda na produção (WEISS, 1983).

O girassol como flor de corte exige uma temperatura mínima do ar de 10°C durante a noite e uma temperatura máxima de 25°C durante o dia; a temperatura ótima para o desenvolvimento é de 18°C. Além disso, pode ser cultivado em qualquer tipo de solo, embora prefira solos, ligeiramente ácidos e com boa drenagem (DPAgr, 2008). Temperaturas elevadas e a umidade relativa do ar baixa podem acelerar a floração do girassol podendo dificultar a polinização, matando a gema apical e provocando anomalias (CASTRO & FARIAS, 2005).

O consumo de água pelo girassol varia em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo e da cultura, sendo que as necessidades hídricas podem variar de 200 mm até mais de 900 mm por ciclo (UNGER, 1990). Segundo Vrânceanu (1977), as fases de desenvolvimento das plantas mais sensíveis ao déficit hídrico são do início da floração até final do enchimento de aquênios. A irrigação é praticada em regiões onde o desenvolvimento da planta precisa se atendida o ano todo com objetivo de suplementar a chuva, aumentando, assim, o crescimento das plantas, a qualidade do produto e a produtividade (REICHARDT, 1990).

Como planta ornamental a parte mais utilizada comercialmente é a inflorescência (NEVES et al., 2005), como flor de corte tem um grande potencial, por apresentar ciclo curto e de fácil propagação, mas principalmente pela sua inflorescência ser atrativa e procurada para diversos tipos de ornamentações (ANEFALOS & GUILHOTO, 2003). Por meio de cruzamentos genéticos, foram lançadas variedades híbridas de girassol com diferentes tonalidades de flor do raio 16 com as colorações vinho, rosa, rosa claro, amarelo limão com disco escuro e disco claro, ferrugem, bem como mesclado de amarelo e laranja (OLIVEIRA & CASTIGLIONI, 2003). No caso de utilização para a produção de flor de corte, o pólen é indesejável para a confecção de arranjos florais (NEVES et al., 2005). O ciclo da

cultura desde a germinação até o corte pode variar de 59 a 81 dias em cultivo a céu aberto em Chapecó, Santa Catarina.

Em todo o mundo, a maior parte das flores de corte é transportada por grandes distâncias até chegarem ao consumidor. Neste caso, a qualidade das flores é comprometida, devido ao excesso de manuseio, o transporte inadequado, o que amplia o tempo de transporte, reduzindo o tempo de exposição ao consumidor. Nos principais países produtores e distribuidores de flores de corte, investe-se muito em melhoria nas tecnologias, possibilitando assim, melhor qualidade do produto oferecido ao mercado, bem como informações de cuidados com manuseio em pós-colheita (BUDAG & SILVA, 2000). Para evitar conflitos entre os vários níveis da cadeia de distribuição é importante que ocorra um intercâmbio de técnicas de cultivo e informações entre os diversos níveis de organização como 18 produtores, centros de comercialização, atacadistas, floristas e consumidor.

Fatores como profissionalização da cadeia pós-colheita, distribuição e venda, interfere na qualidade das flores cortadas. Alguns produtores realizam sua própria padronização, comprimento, diâmetro da haste, coloração, durabilidade das inflorescências e outras exigências de mercado (LOGES et al., 2005). Algumas culturas como a rosa (*Rosa spp.*), a alpinia (*Alpinia purpurata*) e a esporinha (*Consolida ajacis*), já possuem escala de classificação sendo utilizadas na comercialização das flores pelo mercado (FINGER et al., 2004; SILVA, 2006; ALMEIDA et al., 2009).

A produção de flores, principalmente de corte, é uma atividade de alto risco pela fragilidade do produto. Não apenas suas qualidades estéticas e facilidade de produção devem ser consideradas, mas também sua durabilidade pós-colheita (CHAMAS & MATTHES, 2000). Assim, o corte deve ser realizado o mais próximo possível da comercialização e proporcionando o manejo adequado aos produtos na pós-colheita (BUDAG & SILVA, 2000).

O girassol ideal para flor de corte deve produzir essencialmente tamanhos de capítulos pequenos, sendo que capítulos muito grandes, ao ser utilizado em ornamentações, em arranjos florais e ou em bouques, podem deformar as hastes florais devido ao seu peso (DPAgr, 2008). O diâmetro do capítulo varia geralmente de 10 a 40 cm, dependendo da variedade ou híbrido e das condições do desenvolvimento, devido ao clima e solo (ROSSI, 1998).

Através de melhoramento genético, o CNP Soja através do Programa de Girassol Ornamental, iniciado em 1996, obteve nove tonalidades diferentes para a flor (já citadas anteriormente) fornecendo alternativas econômicas para utilização de girassol em jardinagem e confecção de arranjos florais, adaptados as condições climáticas brasileiras (RIBEIRO et al., 2007).

Dentre as variedades unicapituladas (hastes florais com um único capítulo na parte terminal da única haste floral, a variedade “Sunrich Lemon F1” é unicapitulada, não possui pólen, as flores liguladas do raio são de cor amarelo limão e flores do disco escuro. A duração do ciclo vegetativo é de 70 - 84 dias no verão e de 84 - 112 dias no inverno. A altura máxima da planta é de 120 cm no verão e de 80 cm no inverno e o diâmetro do capítulo oscila entre 10 e 25 cm (DPAgr, 2008). As variedades de girassol multicapituladas produzem capítulos menores e ramificam desde a base, como exemplo a variedade “Floristn”, possui flores liguladas do raio de cor amarela nas extremidades e vermelho junto a flor do disco, ramifica desde a base, com altura de 100 cm (DPAgr, 2008).

3.7 IMPORTÂNCIA E CRITÉRIOS PARA REÚSO DE ÁGUA

O tratamento jurídico dado às águas até a promulgação da Constituição Federal de 1988 considerava a água como um bem inesgotável e passível de abundante utilização nos seus diversos usos. Com a instituição da Política Nacional dos Recursos Hídricos – Lei n.º 9.433/97, prevista na Constituição Federal, levantou-se a questão que os recursos hídricos têm fim, no que diz respeito a sua qualidade, e encontram-se em escassez.

O Brasil despertou para temas como a racionalização do uso primário da água, estabelecendo princípios e instrumentos para a sua utilização. Porém, não houve por parte do legislador preocupação com a fixação de princípios ou critérios para a reutilização da água (SETTI, 1995).

Entretanto, a legislação em vigor, ao instituir os fundamentos da gestão dos recursos hídricos, abriu a possibilidade para a hipótese do reúso de água, como sendo uma forma de utilização racional e preservação ambiental, que juntamente com a aplicação de tecnologia específica, amenizaria o problema da escassez da água, garantindo a existência desse bem natural que é essencial à vida.

A classificação dos corpos d'água apresentada pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA n.º 20, de 18 de junho de 1986, em que encontramos o estabelecimento de parâmetros físico-químicos para cada uma das classes, não abrange os problemas que eventualmente poderão aparecer com o reúso de águas residuárias. A classificação dos corpos d'água apresentada pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA n.º 20, de 18 de junho de 1986, em que encontramos o estabelecimento de parâmetros físico-químicos para cada uma das classes, não abrange os problemas que eventualmente poderão aparecer com o reúso de águas residuárias.

Vale destacar que alguns estados brasileiros importam normas aplicadas em outros países, que possuem características sociais, econômicas, culturais e ambientais diferentes das nossas. Há casos em que apenas faz-se a média dos valores numéricos dos parâmetros de países com características similares entre si, porém bastante diferentes do Brasil, fato este destituído de valor científico, expondo a saúde pública a riscos ambientais.

Um dos principais problemas do reúso de água é a presença de compostos deletérios à saúde. Dessa forma, é necessário lançar mão de uma grande quantidade de parâmetros. Segundo HESPANOL (1994), atualmente seriam cerca de aproximadamente 360 parâmetros a serem analisados para garantir a qualidade das águas de reúso.

Diante do exposto, é imprescindível que os órgãos e agências de controle estatal, com o auxílio das pesquisas, ampliem os parâmetros a serem usados, vislumbrando a real conjuntura, razão pela qual é necessária a criação de normas específicas para regulamentar o reúso de águas residuárias, com critérios específicos bem definidos para cada uma das finalidades do reúso.

Atualmente já existem algumas destas aplicações regimentadas por normas, separadas em categorias com seus respectivos indicadores de qualidade. As normas são definidas por entidades responsáveis pela manutenção da saúde pública – a despeito da Organização Mundial da saúde/OMS, Ministério da Saúde/MS, Conselho Nacional do Meio Ambiente/CONAMA e Conselho Nacional dos Recursos Hídricos/CNRH, entidades de regulação de normas técnicas – a exemplo da Associação Brasileira de Normas Técnicas, e de entidades de pesquisa – a exemplo dos estudos realizados na cidade de Denver no estado do Colorado – EUA, que passou a ser adotado como critério de avaliação para utilização de água de reúso em todo o mundo.

Segundo Peters (2006), citando Mancuso & Santos (2003), o reúso subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e como ela tenha sido usada anteriormente. Este pode ser definido como um aproveitamento de águas anteriormente utilizadas, para atender demandas de outras atividades ou de seu uso original.

Já Setti (1995), denomina como reúso de água o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana para suprir as necessidades de outros benefícios, inclusive o original (Boni, 2009).

Reúso também pode significar, em uma residência, fazer com que a água servida de lavatórios, bacias sanitárias, chuveiro, máquina de lavar louça e roupa, e da cozinha seja direcionada para sofrer um tratamento adequado e uma redistribuição para descargas, rega de

jardins, lavagem de pisos e tantas outras atividades que podem ser feitas sem necessitar de água potável (FIORI et al., 2004 apud NOSÉ, 2008).

Para Von Sperling (1996), as águas residuárias são águas poluídas pela adição de substâncias ou formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal, que prejudicam os legítimos usos que dele são feitos. Ainda segundo ele as águas residuárias se classificam segundo sua origem, e podem ser:

- **Domésticas** – são aquelas que foram utilizadas para fins higiênicos provenientes de construções habitadas por seres humanos, como também de prédios públicos e comerciais;
- **Industriais** – são as águas provenientes de pequenas fábricas, indústrias e grandes pólos industriais;
- **Áreas agrícolas** – são as águas resultantes da irrigação realizada em grandes extensões agrícolas;
- **Pluviais** – são as águas resultantes do escoamento superficial;
- **Infiltração e vazões adicionais** – são as águas provenientes do volume de água que se infiltra no subsolo, e das águas das chuvas que são descarregadas de várias fontes, como calhas, drenos e coletores.

Contudo, Souza (2004) considera que existem três condicionantes básicas para que algum tipo de utilização de águas residuárias possa ser enquadrado como reúso de água: (i) ele tem que ser intencional; (ii) ele tem que ser planejado; e (iii) ele tem que ser continuamente controlado. Se um desses requisitos não for atendido, não se pode afirmar que existe reúso de água, e o que se tem, na realidade, é um processo de poluição e contaminação ambiental, causador de impacto ambiental e riscos à saúde pública.

Segundo BRAGA FILHO & MANCUSO (2002), de uma maneira geral, o reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não planejadas.

Segundo LAVRADOR FILHO (1987), os termos “planejado” e “não planejado” referem-se ao fato do reúso ser resultante de uma ação consciente, subsequente à descarga do efluente, ou do reúso ser apenas um subproduto não intencional dessa descarga. Dessa forma, tem-se a seguinte conceituação:

- **Reúso planejado de água:** ocorre quando o reúso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reúso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reúso planejado pode ser denominado reúso intencional da água.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, WHO (1973), tem-se:

Reuso indireto não planejado da águas: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Percorrendo até o ponto de captação para o novo usuário, estará sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração, etc.). O reuso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reúso objetivado.

Reuso direto planejado da águas: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

Como várias formas de reúso geralmente acontecem acidentalmente, utiliza-se mais o termo “reúso planejado de água”.

WESTERHOFF (1984) classifica reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. A seguir serão descritas as classificações de interesse ao presente trabalho para devida compreensão.

- **Reúso potável direto:** quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.

- **Reúso potável indireto:** caso em que o esgoto, após o tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

- **Reúso não potável para fins agrícolas:** embora quando se pratica esta modalidade de reúso, via de regra, haja, como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo precípua desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas e cereais, e plantas não alimentícias tais como pastagens e forrageiras, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

Esse último tipo de reúso não potável para fins agrícolas é classificado segundo o tipo de cultura que o utiliza, apresentando-se em dois grupos:

- **Primeiro grupo:** plantas não comestíveis, como silvicultura, pastagens, fibras e sementes.

- **Segundo grupo:** plantas consumidas, cozidas e cruas.

HESPANHOL (1999) argumenta que a presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reúso, principalmente naqueles oriundos de estações de tratamento de esgotos de grandes conurbações, caracterizam o reúso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável. Sendo assim, a responsabilidade pela remoção de um determinado contaminante não deve ser atribuída a um único processo ou operação.

Após seu tratamento a água de reúso tem diversas aplicações de acordo com a necessidade dos usuários, que muda de usuários para usuário, assim como, com a oferta e estrutura dos recursos hídricos disponível na região. Abaixo estão listadas algumas aplicações gerais de água para reúso. A Tabela 6 mostra os diferentes tipos de reúso de águas residuais domésticas, que têm sido empregados no mundo, incluindo o uso direto e indireto para o uso potável. Os tipos de reúso foram estabelecidos pelo início de operação em 1984 da estação de tratamento e recuperação de esgoto norte-americana, com fim de reúso para água potável em Denver no Colorado (Asano e Levine, 1996).

Tabela 6 – Tipos de reúso de águas de proveniência doméstica empregadas no mundo e seus obstáculos

CATEGORIAS	APLICAÇÕES	OBSTÁCULOS POTENCIAIS
Irrigação na agricultura	→ Plantio de forrageiras, plantas fibrosas e grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais.	→ Efeitos da qualidade da água, principalmente no teor de sal e alguns metais pesados no solo e nas colheitas;
Irrigação paisagística	→ Parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de auto-estradas, campi universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.	→ Dificuldade do mercado e aceitação pública do produto; Preocupação com a saúde pública relativa à patógenos (bactérias, vírus e parasitas); → Poluição das águas superficiais e subterrâneas (se não for apropriadamente administrado); → Alto custo devido à necessidade de grandes áreas, incluindo as áreas de controle.
Usos Industriais	→ Refrigeração, alimentação de caldeiras e trocadores de calor, lavagem de gases, água de processamento.	→ Corrosão e crescimento microbiológico. Preocupação com a saúde pública, em especial com a transmissão via aerossóis de patógenos na água de refrigeração.
Recarga de aquíferos	→ Reabastecimento de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolos.	→ Compostos orgânicos na água recuperada e seus efeitos toxicológicos. Sólidos totais dissolvidos, nitritos/nitratos e organismos patógenos;
Usos ambientais e recreativos	→ Represas e lagos	→ Preocupação com a saúde pública

	ornamentais para fins recreativos e desportivos; aumento de vazão em pântanos, alagados e indústrias de pesca	relativa à patógenos (bactérias, vírus e parasitas). Eutrofização no lago ou reservatório devido a Nitrogênio e Fósforo. →Toxicidade para a vida aquática. Estética incluindo o odor.
Usos urbanos e não potáveis	→Água para combate a incêndio, descarga de vasos sanitários, refrigeração de sistemas de ar condicionado, lavagem em geral de cidades (de ruas, ponto de ônibus, etc.)	→Preocupação com a saúde pública em especial com a transmissão via aerossóis de patógenos. →Corrosão e crescimento microbiológico.
Uso potável	→Misturando no reservatório de água bruta afluenta a ETA ou suprimindo diretamente a rede de água potável.	→Traços de compostos orgânicos na água recuperada e seus efeitos toxicológicos. →Estética e aceitação pública Preocupação com a saúde pública em especial com a transmissão de vírus.
Usos diversos ^a	→Aqüicultura, fabricação de neve, construção civil pesada, controle de poeira em estradas e dessedentação de animais	→Preocupação com a saúde pública relativa à patógenos (bactérias, vírus e parasitas).

^aexceto esta linha, as outras estão na ordem decrescente de volume de uso

Fonte: adaptado de Metcalf & Eddy (1991); Souza (1997) e Asano (1991)

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos, órgão integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, através de sua Resolução n. 54, de 28 de novembro de 2005, estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulam e estimulam a prática de reúso direto não potável em todo território nacional, dispõe das seguintes definições:

I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

II - reúso de água: utilização de água residuária;

III - água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

IV - reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

V - produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;

VI - distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso; e

VII - usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e

V - reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos”. (Brasil, 2005).

Também bastante disseminada é a subdivisão dos usos agrícolas e urbanos em uso restrito e uso irrestrito, conforme Florêncio et al. (2006). O que define essas duas categorias é o grau de restrição de acesso ao público, de áreas e técnicas de aplicação dos esgotos ou de plantas irrigadas, ou seja, controlando a exposição humana; e as exigências de tratamento e o padrão de qualidade de uso de efluentes.

Segundo GHEYI (1999), a eliminação de microrganismos patogênicos é o principal objetivo do tratamento convencional visando o reúso dos esgotos. Os padrões sobre a qualidade epidemiológica do efluente são expressos segundo o número máximo permissível de coliformes fecais. Este grupo de microrganismos tem boa representatividade como indicador de bactérias presentes na água, mas é menos satisfatório para os vírus presentes nas excretas. O grupo dos coliformes fecais tem um uso muito limitado quando se trata de protozoários e helmintos, para os quais não existem indicadores seguros e, reconhecidamente, constituem o maior risco real para a saúde pública.

O decaimento gradual e natural dos microrganismos patogênicos sobre o solo constitui outro valioso fator de segurança para reduzir os riscos potenciais para a saúde. Conforme a OMS (1989), na utilização de efluentes para a irrigação, a inativação dos patógenos por meio de raios ultravioleta, da dessecação e dos predadores biológicos naturais, pode produzir uma redução suplementar de 90% a 99%, após poucos dias de utilização.

O primeiro relatório sobre reuso de água e prevenção da saúde humana foi de 1973, como na época não se tinha segurança associada aos riscos de uso de água residuárias a saúde humana, foi estabelecido que não houvesse coliformes fecais em 100 mL, nem uma partícula de vírus em 1.000 mL e nem efeito tóxico para seres humanos (OMS, 1973).

Devido às reclamações de vários epidemiologistas quanto a rigorosidade da determinação do primeiro relatório, foi realizado em 1985 na cidade de Engelberg na Suíça, reunião com objetivo de desenvolver um guia epidemiológico mais racional para a irrigação com esgoto tratado. O resultado da reunião resultou no relatório que recebeu o nome da cidade anfitriã, relatório de Engelberg, que recomendava que o número de nematóides intestinais não deveria ultrapassar 1 ovo viável por litro, no caso do reúso na irrigação árvores frutíferas e pastagens e, para irrigação de alimentos, campos desportivos e parques públicos, o relatório sugeriu que o número de coliformes não excedesse $1.000(100 \text{ mL}^{-1})$ de água.

É válido salientar que dos dois padrões sugeridos pela OMS para a irrigação irrestrita, menos que 1 ovo de nematóides intestinais por litro e menos que 1000 coliformes fecais por 100mL, o segundo é mais rigoroso, sendo comum a ausência de nematóides intestinais quando o número de coliformes fecais é de 1000 ufc/100mL (Athayde Júnior, 1999).

Posteriormente, em 1987, esses padrões foram confirmados por ocasião da elaboração do relatório de Adalboden (OMS, 1989 e Hespanhol e Prost, 1994). Baseada em tais estudos epidemiológicos, em 1989 a OMS publicou as recomendações “Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture” nas quais os padrões microbiológicos mostrados no Quadro 3 foram sugeridos (WHO, 1989).

Quadro 3 – Diretrizes recomendadas para a qualidade microbiológica de águas residuárias utilizadas na agricultura ^a. (OMS, 1989).

CATEGORIA	CONDIÇÕES DE USO	GRUPO EXPOSTO	NEMATOIDES INTESTINAIS ^b MÉDIA ARITMÉTICA DO NUMERO DE (OVOS L ⁻¹) ^c	COLIFORMES FECALIS (MÉDIA GEOMÉTRICA POR (CF/100 mL) ^d	TRATAMENTO NECESSÁRIO PARA ATINGIR A QUALIDADE MICROBIOLÓGICA REQUERIDA.
A	Irrigação de culturas prováveis de serem consumidas cruas, campos desportivos, parques públicos ^d	Trabalhadores, consumidores e público.	≤ 1	≤ 1000 ^d	Lagoas de estabilização em série, projetadas para a qualidade microbiológica requerida ou tratamento equivalente.
B	Irrigação de culturas de cereais, culturas industriais, culturas de forrageiras, pastos, árvores ^e	Trabalhadores	< 1	Nenhum padrão é recomendado	Retenção em lagoas de estabilização de 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais.
C	Irrigação localizada de culturas na categoria B, não ocorrendo à exposição de trabalhadores e de público	Nenhum	Não aplicável	Não aplicável	Pré-tratamento indicado pela tecnologia de irrigação, mas não inferior e sedimentação primária.

^a Em casos específicos, as orientações devem ser modificadas em função de levantamentos epidemiológicos locais, fatores sócio-culturais e ambientais.

^b Espécies *Ascaris*, *Trichiurus* e anquilostódeos. Calculado como média aritmética do número de ovos/L.

^c Durante o período de irrigação.

^d Calculado como média geométrica do número de CF/100 mL.

^d Para gramados públicos, onde o público pode entrar em contato direto com a água (como no caso de gramados de hotéis), recomenda-se valores mais restritos (menos de 200 coliformes fecais por 100 mL).

^e No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes da fruta ser colhida e nenhuma fruta deve ser apanhada do chão. A irrigação por aspersão não deve ser empregada.

O Quadro 4 exemplifica a interdependência entre algumas medidas de proteção, recomendando o grau de tratamento dos esgotos necessário para afastar os riscos sanitários, em função do tipo de cultura e do método de irrigação.

Deve-se ter em mente que o tratamento de esgotos necessário não considera a remoção de sólidos, para evitar entupimentos e colmatagem. Evidentemente, a viabilidade e a eficácia de qualquer combinação de medidas de proteção dependerão dos diversos fatores locais intervenientes, como endemicidade das doenças, costumes e hábitos sociais, práticas agrícolas e disponibilidade de recursos que devem ser analisados cuidadosamente (CORAUCCI FILHO et al., 1991).

Quadro 4 – Grau de tratamento dos esgotos necessários, em função do tipo de cultura e da técnica de irrigação.

Tipo de cultura	Método de irrigação	Tratamentos dos esgotos (grau necessário, objetivo sanitário)
→ Alimentícia, para o consumo humano direto (legumes, verduras, frutas etc)	→ Por aspersão; → Por inundação ou sulcos;	→ Exigente; → Exigente;
→ Campos de desportos e áreas de recreação (gramados)	→ Localizada ou subsuperficial;	→ Moderado;
→ Cerealíferas ou industriais → Forragens e pastos	→ Por aspersão → Por inundação ou sulcos → Localizada ou subsuperficial	→ Moderado; → Baixo; → Nenhum;
Árvores (bosques, reflorestamento etc.)	→ Por aspersão; → Por inundação ou sulco; → Localizada ou subsuperficial	→ Baixo; → Nenhum; → Nenhum.

Fonte: ANDRADE NETO (1991)

Um dos aspectos mais importantes da utilização de esgotos sanitários na agricultura, o de saúde pública, é ainda objeto de grandes controvérsias no seio da comunidade científica internacional.

De um lado, encontram-se as normas e padrões que preconizam a utilização de efluentes para a irrigação irrestrita com qualidade microbiológica próxima dos padrões de potabilidade de água, ou seja, a virtual ausência de indicadores e patogênicos, incluindo vírus e protozoários (ASANO, et al., 1992; USEPA, 1992). Em geral estão baseados nos critérios da Califórnia (EUA) e encontram-se justificados na teoria que se convencionou chamar de “risco nulo” (SHUVAL, 1987).

De outro lado, encontram-se os critérios recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1989, desenvolvidos a partir de modelos teóricos e evidências

epidemiológicas, além das informações então disponíveis sobre a eficiência de remoção de patógenos, principalmente por meio de lagoas de estabilização.

Com base nesta abordagem, os riscos de transmissão de doenças associados à irrigação com esgotos sanitários foram assim categorizados, de acordo com os respectivos agentes etiológicos: (i) alto risco - helmintos; (ii) médio - bactérias e protozoários; (iii) baixo – vírus ; em resumo, prescrevem a virtual ausência de parasitas nos efluentes (< 1 ovo de helmintos/L), reconhecidos como agentes dos principais problemas de transmissão de doenças, e adotam um padrão bacteriológico bem mais flexível (< 1.000 CF/100 mL).

Desde a publicação das recomendações da OMS, diversos estudos vêm sendo conduzidos no sentido de sua avaliação, desde o ponto de vista de riscos potenciais e reais à saúde (AYRES et al., 1992; BASTOS & MARA, 1995; BLUMENTHAL et al, 1992). A maioria dos estudos da área do conhecimento sobre os riscos de saúde associados à utilização de esgotos sanitários para irrigação, sugere as seguintes observações em relação às recomendações originais da OMS: (i) validação do padrão bacteriológico (103 CF/100 mL) para irrigação irrestrita; (ii) a propriedade do estabelecimento de um padrão parasitológico mais exigente ($\leq 0,1$ ovo de helmintos /L) para a irrigação irrestrita; (iii) a propriedade do estabelecimento de um padrão bacteriológico (≈ 104 CF/100 mL) para a irrigação restrita; (iii) a confirmação da inexistência de justificativas epidemiológicas para o estabelecimento de um padrão explícito para vírus; (iv): a persistência de dúvidas em relação à necessidade de um padrão explícito para protozoários (BLUMENTHAL, et al, 2000).

Nos padrões do Estado da Califórnia, consideram-se os parâmetros DBO, SST, Nitrogênio Total, Turbidez e Coliformes Totais para irrigação de parques e jardins que podem ser visualizados na Tabela 7 (Crites e Tchobanoglous, 1998).

Tabela 7 – Parâmetros de projeto de irrigação paisagística na Califórnia

Item	Unidade	Valor
Vazão do projeto	gal/d	20000
Ano de início de operação		1992
DBO afluente	mg/L	600
DBO efluente	mg/L	5
SST afluente	mg/L	600
SST efluente	mg/L	5
Nitrogênio Total afluente	mg/L	150
Nitrogênio Total efluente	mg/L	4
Nitrogênio Total limite	mg/L	10
Turbidez efluente	NTU	0,15
Turbidez limite	NTU	2
Coliformes Totais efluente	NMP/100 mL	< 2
Coliformes Totais limite	NMP/100 mL	< 2

Fonte: Jordan Senthilnathan (1996) *apud* Crites e Tchobanoglous (1998)

A comparação entre as duas vertentes de padronização de parâmetros para utilização do reúso de água indica que, segundo Crook (1993), os critérios para reúso da água na Califórnia são os típicos padrões seguidos por países industrializados para a proteção da saúde, e as orientações para o reúso segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), são dirigidas especialmente para os países em desenvolvimento. Aponta ainda que os padrões da Califórnia são consideravelmente mais restritivos do que a orientação da OMS.

As atividades antrópicas normalmente praticadas em áreas verdes não incluem contatos primários sendo, portanto, a frequência de interação homem-meio ocasional. Os aspectos condicionantes para a aplicação incidem principalmente sobre a saúde pública, sobre a vegetação e sobre o aspecto estético, ou seja, são caracterizadas como não objetáveis.

Os critérios e padrões vigentes nos EUA, estipulados pela United States Environmental Protection Agency – USEPA, mostrados na Tabela 8 também tem servido de referência e sido adotados como normas em diversos países, seja como meras cópias, seja adaptadas às diversas particularidades locais.

Tabela 8 – Critérios de qualidade recomendados pela USEPA para utilização de água residuária na agricultura

Tipo de irrigação e cultura	Processo de tratamento	Qualidade do efluente		
Culturas alimentícias não processadas comercialmente ⁽¹⁾	secundário+ filtração+ desinfecção	DBO ≤	10	mg L ⁻¹
		Turbidez ≤	2	UNT ⁽²⁾
		Cloro residual ≥	1	mg L ⁻¹⁽³⁾
Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, incluindo cultura a serem consumidas cruas		<i>E. Coli</i>	ND	
		Organismos Patogênicos	ND	
Culturas alimentícias processadas comercialmente	secundário+ desinfecção ⁽⁴⁾	DBO ≤	30	mg L ⁻¹
		SS ≤	30	mg L ⁻¹
		Cloro residual ≥	1	mg L ⁻¹⁽³⁾
Irrigação superficial de pomares vinhedos		<i>E. Coli</i>	200	NMP/100 ml ⁽⁴⁾
Culturas não alimentícias	secundário+ desinfecção	DBO ≤	30	mg L ⁻¹
		SS ≤	30	mg L ⁻¹
		Cloro residual ≥	1	mg L ⁻¹
Pastagens para rebanho de leite ⁽⁵⁾ , forrageiras, cereais, fibras e grãos		<i>E. Coli</i>	200	NMP/100 ml
Irrigação, campos de esporte, parques, jardins e cemitérios	secundário+ filtração+ desinfecção	DBO ≤	10	mg L ⁻¹
		Turbidez ≤	2	UNT ⁽²⁾
		Cloro residual ≥	1	mg L ⁻¹
		<i>E. Coli</i>	ND	
		Organismos patogênicos	ND	

FONTE: USEPA (1992)

(1) Culturas alimentícias processadas comercialmente são as quais recebem processamento físico ou químico, prévio a comercialização, suficiente para a destruição dos patógenos;

- (2) *Turbidez pré-desinfecção, média diária, nenhuma amostra > 5 UNT;*
- (3) *Cloro residual livre após tempo de contato mínimo de trinta minutos; residuais ou tempo de contato mais elevados podem ser necessários para a garantia de inativação de vírus e parasitas;*
- (4) *Média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 800 E. Coli/100 ml; lagoas de estabilização podem alcançar o critério de qualidade sem a necessidade de desinfecção;*
- (5) *O consumo de culturas irrigadas não deve ser permitido antes de 15 dias após a irrigação; desinfecção mais rigorosa (≤ 14 EC/100 ml) se o período de 15 dias não for observado.*

No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, confirmou, em 28 de janeiro de 2008, após análise sistemática, a Norma Brasileira – NBR 13.969: 1997 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Tal NBR foi elaborada pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil, e pela Comissão de Estudo de Instalação Predial de Tanques Sépticos e afirma que:

No caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagens dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens, etc.

De acordo com a norma o esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, sendo ele tratado, deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como, irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga de vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens e etc. Afirma ainda que não deve ser permitido o uso, mesmo desinfetado, para irrigação das hortaliças e frutas de ramas rastejantes (como por exemplo, melão e melancia). Admite-se seu reúso para plantações de milho, arroz, trigo, café e outras árvores frutíferas, via escoamento no solo, tomando-se o cuidado de interromper a irrigação pelo menos 10 dias antes da colheita.

No Brasil, a prática do uso de esgotos, principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras, é de certa forma difundida. Entretanto, constitui-se em um procedimento não institucionalizado e tem se desenvolvido até agora sem nenhuma forma de planejamento ou controle. Na maioria das vezes é totalmente inconsciente por parte do usuário, que utiliza águas altamente poluídas de córregos e rios adjacentes para irrigação de hortaliças e outros vegetais, ignorando que esteja exercendo uma prática danosa à saúde pública dos consumidores e provocando impactos ambientais negativos.

Segundo a norma, onde trata do grau de tratamento, para uso múltiplo de esgoto tratado é definido, regra geral, pelo uso mais restritivo quanto à qualidade de esgoto tratado. No entanto, conforme o volume estimado para cada um dos usos, podem-se prever graus progressivos de tratamento (por exemplo, se o volume destinado para uso com menor exigência for expressivo, não haveria necessidade de se submeter todo volume de esgoto a ser reutilizado ao máximo grau de tratamento, mas apenas uma parte, reduzindo-se o custo de implantação e operação), desde que houvesse sistemas distintos de reservação e de distribuição. Nos casos simples de reúso menos exigentes (por exemplo, descarga de vasos sanitários) pode-se prever o uso da água de enxágüe das máquinas de lavar, apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando ao vaso, em vez de enviá-las para o sistema de esgoto para posterior tratamento.

A norma admite a simples recirculação de água de enxágüe da máquina de lavar para os vasos sanitários, mas também expõe um planejamento ao adotar sistema de reúso, de modo a permitir seu uso seguro e racional, além de minimizar custos de implantação e de operação. Para isso, deve ser considerada a sua finalidade e o volume de esgoto a ser reutilizado, para definir o grau de tratamento necessário. Dessa forma, mostra os parâmetros de turbidez, coliformes fecais, sólidos dissolvidos, pH e cloro residual a serem seguidos em caso de reúso das águas servidas com características essencialmente domésticas, águas cinzas ou águas negras, de acordo com a classe das águas (classe 1, 2, 3, 4) e a finalidade do reúso.

Em termos gerais, podem ser definidas as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros reúso de esgotos de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5 – Classificação de reúso previstos no Brasil

Classe	Uso previsto	Turbidez	Coliformes Fecais	Sólidos Dissolvidos Totais	pH	Cloro Residual
CLASSE 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água	Inferior a 5	Inferior a 200 NMP/100 ml	Inferior a 200 mg L ⁻¹	Entre 6 e 8	Entre 0,5 mg L ⁻¹ e 1,5 mg L ⁻¹
CLASSE 2	Lavagem de pisos e irrigação de jardins, manutenção dos lagos e canais para fins	Inferior a 5	Inferior a 100 NMP/100 ml	-	-	Superior a 0,5 mg L ⁻¹

	paisagísticos, exceto chafarizes					
CLASSE 3	Reúso em descargas de vasos sanitários	Inferior a 10	Inferior a 500 NMP/100 ml	-	-	-
CLASSE 4	Reúso nos pomares, forragens, pastagens para gado e outros cultivos	-	Inferior a 5000 NMP/100 ml	-	-	-

Fonte: ABNT norma 13969/1997

A NBR 13.969/97 complementa e atualiza a NBR 7229/93 e em seu prefácio informa:

As alternativas para tratamento e disposição dos efluentes dos tanques sépticos foram revistas, ampliadas e detalhadas, assim como foram incluídas outras alternativas para possibilitar a adequação da qualidade do efluente para situações as mais diversas e exigentes possíveis, se for necessária.

Os sistemas prediais de esgoto sanitário devem ser elaborados em conformidade com a norma NBR 13.969 de 1997, além de atenderem a outras normas relacionadas e as exigências dos órgãos ambientais. Porém, as normas não são regulamentos técnicos, por isso, não há obrigatoriedade na sua adoção. O empreendedor as adota para diminuir a incidência de erros na execução dos projetos; como uma ferramenta de auxílio ao cumprimento da legislação, que exige técnicas de segurança, proteção da vida humana, da saúde e ambiental; além de proporcionar melhora na qualidade dos produtos e serviços, dentre outros motivos.

Com relação aos parâmetros nutrientes (Nitrogênio Total e Fósforo), DBO, SST, turbidez e cor aparente, Hespanhol (2003) comenta que o Nitrogênio se constitui no nutriente principal das plantas e é encontrado em concentrações de aproximadamente 15 mg L⁻¹ (nitrogênio total) em efluentes de sistemas de lodos ativados. Já o Fósforo ocorre em concentrações próximas de 3 mg L⁻¹, também como fósforo total. Em excesso, o nitrogênio e o fósforo, assim como os nutrientes, K, Zn e S, podem causar problemas nas plantações.

Teoricamente, a DBO total pode influir na adsorção de água pelas raízes da planta apenas quando as concentrações atingem valores superiores a 100 mg.L⁻¹. Entretanto a carga orgânica biodegradável deve ser controlada para evitar o desenvolvimento de microorganismos e os maus odores, principalmente em dias muito quentes. Recomenda-se o uso de efluentes com valores de DBO menores que 20 mg L⁻¹.

Com relação à SST, a presença de concentrações elevadas de sólidos nos efluentes pode levar ao desenvolvimento de maus odores em gramados, devido à degradação, eventualmente anaeróbia, desses sólidos. Os sólidos podem, também, servir como substrato para o desenvolvimento de microorganismos e outros vetores associados à transmissão de doenças. Além disso, quando a rega é feita por aspersão, gotejamento ou subsuperficialmente, a presença de sólidos pode causar o entupimento de orifícios, comprometendo a distribuição adequada de água. Afeta também a oxigenação do sistema radicular. Recomenda-se o uso de efluentes com valores de SST menores que 20 mg.L^{-1} .

A Turbidez e a cor aparente, embora estejam associadas a sólidos (suspensões coloidais) e a compostos orgânicos dissolvidos, respectivamente, são determinantes para a aceitação estética visual na prática. Recomenda-se o uso de efluentes com turbidez menor que 5 UNT e cor aparente menor que 30 UC.

A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas (Flowers, 2004), devido aos efeitos de natureza osmótica, tóxica ou nutricional (Viana et al., 2004); entretanto, os efeitos dependem, ainda, de outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, tipos de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (Tester & Davenport, 2003).

Talvez o mais importante efeito causado pelo uso agrícola de águas residuárias seja o aumento da salinidade do solo, a qual, quando não controlada, pode diminuir a produtividade em longo prazo. A taxa na qual a salinidade do solo aumenta depende da qualidade da água e de outros fatores como condutividade hidráulica do solo, conteúdo de matéria orgânica, drenagem do terreno, intervalo entre aplicações e profundidade do lençol freático (WHO, 2004).

Alta concentração de sais contidos nos efluentes utilizados para irrigação, prejudica a absorção de água pelas plantas, por se acumularem no solo. Por isso, há relevância da análise da condutividade elétrica, pois quantifica a concentração de sais dissolvidos no líquido. O Quadro 6 classifica o tipo de água para quanto a condutividade elétrica e a concentrações de sais. Ainda assim uma concentração é considerada alta a depender da tolerância a cultura aos sais. Uma concentração (CE) de $1,4 \text{ dSm}^{-1}$ pode ser considerada alta quando se trata de culturas com classificação sensível a tolerância a sais como, por exemplo, gergelim, feijão, laranja, mas poderá ser utilizada em irrigação de outras culturas com maior tolerância, como arroz e algodão, de acordo com a classificação apresentada por Gheyi et al. (1997).

Quadro 6 – Classificação das águas salinas.

Classes de água	Condutividade Elétrica – dS/m	Concentrações de Sais – mg L⁻¹	Tipo de Água
Não salina	< 0,7	< 500	Potável e água de irrigação
Ligeiramente salina	0,7 – 2,0	500 – 1500	Água de irrigação
Moderadamente salina	2,0 – 10	1500 – 7000	Água de drenagem primária e subterrânea
Altamente salina	10 – 25	7000 – 15000	Água de drenagem
Excessivamente salina	25 – 45	15000 – 35000	Água salina subterrânea altamente salina
Salmoura	> 45	> 35000	Água do mar

Fonte: Gheyi et al (2000)

Maas (1984) classifica o girassol como cultura moderadamente sensível às condições de salinidade, já Katerji et al. (2000) classificam o girassol como cultura moderadamente tolerante. Para determinar a tolerância das culturas a salinidade, constrói gráficos com as tolerâncias das culturas, formam-se grupos com tolerâncias similares, o que permite designar o limite de tolerância relativa para cada grupo de culturas. O Quadro 7 mostra os grupos de tolerância relativa e seus limites (MAAS, 1984).

Quadro 7 – Grupos de tolerância relativa à salinidade

Grupos de tolerância relativa	Salinidade Limiar (SL) dS/m
Sensíveis	< 1,3
Moderadamente sensíveis	1,3 – 3,0
Moderadamente tolerantes	3,0 – 6,0
Tolerantes	6,0 – 10,0
Não adequado para a maioria das culturas	> 10,0

Fonte: Maas (1984)

Os esgotos sanitários apresentam teores de macro e micronutrientes satisfatórios, para a demanda da maioria das culturas. Porém, a presença de sais e sólidos dissolvidos fixos ou as características físicas deve ser vista com atenção, já que tais características podem gerar um efluente salino, impróprio para a irrigação, podendo causar impacto no meio ambiente, se caso forem dispostas. As características de maior interesse incluem pH, e sólidos suspensos, mas de longe o mais importante, especialmente para águas a serem usadas em fertirrigação, é a salinidade, em particular as concentrações de sódio. Sódio e outras formas de salinidade estão entre os componentes mais persistentes em águas reutilizadas e, entre os mais difíceis de serem removidos (TOZE, 2006).

Ayres & Westcot (1999) relatam que a limitação principal no uso de águas residuárias na agricultura é sua composição química (totais de sais dissolvidos, presença de

íons tóxicos e concentração relativa de sódio) e a tolerância das culturas a este tipo de efluente.

A salinidade de águas reutilizadas pode afetar tanto o próprio solo quanto o crescimento das culturas. Sais dissolvidos diminuem o potencial osmótico da água no solo, e em consequência, a quantidade de energia que plantas têm de despendar para absorver água no solo tem de ser maior. Como resultado, a respiração é aumentada e o crescimento e a produtividade da maioria das plantas declina progressivamente (Pescod, 1992).

Medeiros et al. (2005) constataram que, após aplicação de lâminas de esgoto urbano tratado até 532 mm em 270 dias, houve aumento na concentração de Na^+ trocável, na CE, na razão de adsorção de sódio e na porcentagem de sódio trocável (PST) que, entretanto, não foram suficientes para causar salinização do solo.

O aumento da concentração de sódio como efeito negativo no solo tem sido reportado por diversos autores, que desenvolveram estudos com aplicação de águas residuárias urbanas no solo (Al-Nakshabandi et al., 1997). Contudo, os resultados encontrados na literatura sobre o efeito no sódio no solo são muito diferentes. As doses de sais utilizadas nos testes pelos diversos autores não podem ser tomadas como padrão, pois o risco de salinização do solo pode variar em função das características da água residuária utilizada (maiores ou menores concentrações salinas), do clima (índices pluviométricos), do solo (estrutura, composição mineralógica, conteúdo de matéria orgânica, concentração de outros nutrientes), da cultura), da cultura irrigada (maior ou menor capacidade de remoção de sais), do manejo utilizado (drenagem adequada, lavagem do solo com águas menos salinas, praticas conservacionistas) (PESCOD, 1992; WHO, 2004; TOZE, 2006).

O máximo de sódio absorvido pelas plantas, em habitat halófito, sob condições climáticas áridas, seria $150 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Larcher, 2006), mas tal valor não pode ser adotado como base para a utilização de águas residuárias na irrigação em todos os tipos de solos e todas as culturas, como já comentado. No entanto, algumas espécies têm maior capacidade de adaptação osmótica e podem absorver, acumular e utilizar íons na síntese de compostos orgânicos e, ainda, absorver água mesmo em potenciais osmóticos baixos (Flowers, 2004). Muitas plantas podem, até mesmo, ser favorecidas quando submetidas à exposição de concentrações salinas de até 200 mmolc L^{-1} de NaCl (O'Leary, 1995). O uso de águas salinas na irrigação é um desafio que vem sendo superado em diversas partes do mundo, em virtude da utilização de espécies tolerantes e da adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da água (RHOADES et al., 2000).

Em longo prazo, as águas residuárias sempre aumentarão a salinidade dos solos e da água subterrânea. Por tal razão, é necessário combinar o uso de águas residuárias com práticas de controle de salinização, como drenagem do solo corretamente dimensionada, lavagem do solo e controle de entrada de sais na própria água residuária utilizada (WHO, 2004). No entanto, cabe ressaltar que a prática de lavagem do solo é ambientalmente condenável, pois promove a lixiviação de sais e a contaminação de águas subterrâneas.

Semelhantemente, a água de drenagem, caso tenha muitos sais ou outros elementos nocivos, deve ser tratada ou reutilizada para melhor reaproveitamento, tanto da fonte de água quanto dos nutrientes.

Ao contrário dos solos ácidos, nos quais o mecanismo de lixiviação promove a retirada de cátions básicos do perfil do solo, os solos salinos se desenvolvem em consequência do acúmulo de sais e, em particular, de sódio (Raij, 1991). O processo de salinização é comum em regiões de clima árido e semi-árido onde as chuvas não são suficientes para remover os sais do solo (Marschner, 1995). A ausência de lixiviação pronunciada possibilita o acúmulo de sais no solo, o que se agrava com a irrigação, uma vez que a água utilizada sempre carrega sais para o solo (RAIJ, 1991).

Os sais solúveis do solo são constituídos principalmente dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} e dos ânions Cl^- e SO_4^{2-} . O cátion K^+ e os ânions HCO_3^- , CO_3^{2-} e NO_3^- se encontram geralmente em quantidades menores (Richards, 1954). Os solos afetados por sais podem ser classificados como salinos (apresentam altas concentrações de sais solúveis), sódicos (com altas concentrações de sódio trocável) e salino-sódicos (apresentam altas concentrações de sais e de sódio trocável) (Meurer, 2000). A salinidade e sodicidade do solo são normalmente expressas pela condutividade elétrica (CE), percentual de sódio trocável (PST) e pH, segundo classificação de solos sódicos e salinos elaborada pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos e descritos em Richards (1954):

- Solo não sódico e não salino – $\text{CE} < 4 \text{ dS.m}^{-1}$ / $\text{PST} < 15 \%$ / $\text{pH} < 8,5$
- Solo salino – $\text{CE} > 4 \text{ dS.m}^{-1}$ / $\text{PST} < 15 \%$ / $\text{pH} < 8,5$
- Solo sódico – $\text{CE} < 4 \text{ dS.m}^{-1}$ / $\text{PST} > 15 \%$ / $\text{pH} > 8,5$
- Solo salino-sódico – $\text{CE} > 4 \text{ dS.m}^{-1}$ / $\text{PST} > 15 \%$ / $\text{pH} < 8,5$

Sais dissolvidos em águas residuárias interagem com o solo por meio de troca iônica, dispersão e floculação de argilas (Bouwer & Chaney, 1974). Quando presentes no solo ou na água podem reduzir a disponibilidade de água para as culturas afetando o rendimento (Ayers & Westcot, 1985). Maiores concentrações de sais na solução de percolação no solo podem

ocorrer se a quantidade de água residuária adicionada (mais a precipitação) não for muito maior que a evapotranspiração (BOUWER & CHANEY, 1974).

3.7.1 Efeito do íon sódio

No que se refere à nutrição de plantas, o sódio pode ser desejável para certas culturas como, por exemplo, para a beterraba açucareira. Em alguns casos, o sódio pode substituir parcialmente o potássio, sobretudo em plantas C4 (Marschner, 1995). Em certas regiões, a aplicação de sódio em adubação de forrageiras tem sido considerada útil, para aumentar o teor do elemento e por melhorar a aceitabilidade da forragem pelo animal, resultando em maior consumo (RAIJ, 1991).

Considerando a presença do Na^+ no solo, este apresenta comportamento similar ao do potássio e, nas soluções naturais, ocorre como cátion Na^+ trocável. Esse íon é facilmente removido do solo por lixiviação e, em geral, há menos sódio total que potássio em solos de climas úmidos (Raij, 1991). No entanto, solos sódicos ácidos, notadamente caracterizados pelo acúmulo de Na^+ , são encontrados em regiões de alta precipitação (precipitação anual de 550 – 750 mm) onde cátions básicos como Ca^{+2} e Mg^{+2} são lixiviados e suas concentrações são baixas. Estes solos são altamente intemperizados com CTC geralmente baixa (RENGASAMY & OLSSON, 1991).

Devido ao grande impacto nas propriedades do solo e em especial no rendimento das culturas, a determinação dos níveis de Na^+ na água de irrigação é essencial (FEIGIN; RAVINA; SHALHEVET, 1991). A irrigação com efluente comumente resulta em incremento da sodicidade devido à média-alta salinidade e altas concentrações de sódio de muitos efluentes (Balks et al., 1998). As concentrações de Na^+ no efluente de esgoto variam de 50 a 250 mg L^{-1} . Supondo a aplicação de uma lâmina de 100 mm de efluente no solo, na concentração de 250 mg L^{-1} de Na^+ , há um aporte de 250 kg ha^{-1} de Na^+ .

Os cátions Ca^{+2} e Mg^{+2} são os que predominam na solução e conseqüentemente no complexo de troca de cátions. Quando passa a haver um acúmulo de sais solúveis na solução, geralmente é o Na^+ que predomina na solução do solo e, desta forma, o Na^+ pode passar a ser o cátion predominante no complexo de troca devido ao deslocamento de Ca^{+2} e Mg^{+2} , devido ao fenômeno do produto de ações das massas, com conseqüente precipitação ou lixiviação desses cátions (RICHARDS, 1954).

Dentre as espécies químicas encontradas na solução do solo de solos sódicos, Rengasamy & Olsson (1993) consideram que Na^+ , NaHCO_3 , NaSO_4^- , Mg^{+2} , MgSO_4 ,

MgHCO_3^+ , Ca^{+2} , CaSO_4 , CaHCO_3^+ são as principais espécies que podem afetar a RAS da solução do solo. Em valores de pH entre 7,5 e 8,2 o Ca^{+2} pode precipitar no solo na forma de CaCO_3 ou com o decréscimo do pH o composto precipitado pode ter sua solubilidade aumentada (Bouwer & Chaney, 1974). Em valores de pH abaixo de 8,4 há predominância do íon bicarbonato (HCO_3^-), enquanto acima desse valor predomina o íon carbonato (CO_3^{2-}). O pH do efluente de esgoto é ligeiramente alcalino, porém raramente atinge valores superiores a 8,4. A concentração de HCO_3^- no efluente de esgoto é muito superior que na água para abastecimento. A alcalinidade, determinada como CaCO_3 , varia de 200 a 700 mg L^{-1} (Feigin et al., 1991).

3.7.2 Razão de adsorção de sódio (RAS)

O grau de sodificação do solo depende da relação entre as concentrações de sódio e de íons polivalentes na solução do solo, relação que é normalmente medida pela RAS (razão de adsorção de sódio). Na prática, apenas os íons bivalentes são utilizados para calcular a RAS, porém, os íons trivalentes também devem ser considerados quando suas concentrações são significativas como ocorre em solos sódicos ácidos (RENGASAMY & OLSSON, 1993).

A RAS tem sido utilizada na caracterização de solos sódicos e águas para irrigação e é calculada por meio da concentração de cátions em solução. A RAS é um índice que relaciona as concentrações de Na^+ às concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} na água de irrigação, em extratos de saturação e extratos aquosos de solos.

As concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} nos efluentes de esgoto tratado normalmente são semelhantes àsquelas encontradas na água de irrigação, sendo que o aumento das concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} abaixa os valores de RAS melhorando a qualidade do efluente e da água de irrigação. Já os íons HCO_3^- e CO_3^{2-} podem aumentar os riscos de sodicidade da água de irrigação por causarem a precipitação de carbonato de cálcio (CaCO_3) (FEIGIN et al., 1991).

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ASSENTAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DA ETE

O Projeto de Assentamento de Reforma Agrária Milagres situa-se no município de Apodi, distando 100 Km da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA e 18 Km da sede do município, com coordenadas: Latitude – 5,588361192°, Longitude – 37,90459366° e altitude 152,975 m. A Figura 8 destaca imagem aérea do assentamento.



Figura 8 – Foto aérea com destaque do local da obra.
Fonte: Google Earth (2010).

Atualmente o assentamento destaca-se pela atividade agrícola de sequeiro, com a produção de milho, feijão, girassol, algodão, caju e hortaliças; e na fruticultura irrigada, com a produção de melão e melancia. Na agropecuária tem a caprinovinocultura e apicultura como atividades de maior expressão, sendo esta última apontada como de grande potencial, devido à diversidade de espécies melíferas. A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila, com grande diversidade de espécies arbóreas.

Na dimensão político – institucional, conta com uma boa organização de base, apoiada pelo Sindicato de Trabalhadores Rurais – STR e a Associação dos Assentados, além de contar com a assessoria de uma Organização Não – Governamental, que realiza ações para o desenvolvimento da agricultura familiar.

A partir desta organização e através da ocupação de terras improdutivas do governo organizada, em especial, pelo Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Apodi, foi que surgiu o

assentamento Milagres em 1999. Com assessoria do Centro de Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura Familiar – Terra Viva financiado pelo projeto Dom Helder Câmara – PDHC através do Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, o assentamento tem sido considerado modelo pela responsabilidade e interesse das famílias em melhorar sua condição de vida, baseada na adoção de sistemas de produção e tecnologias sustentáveis adaptadas ao nível de conhecimento da Agricultura Familiar.

Esses pré-requisitos foram essenciais para escolha do assentamento dentre outros candidatos em disputa para conquistar a instalação do Projeto de Pesquisa elaborado pela UFRSA e financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

O assentamento possui hoje trinta casas de alvenaria, sendo duas delas de filhos de posseiros, um clube para as atividades culturais, um campo de futebol, dois poços com vazões de 10.000 e 5.000 L hora⁻¹, uma associação com seus Grupos Organizados (jovens e mulheres), assim como a Escola de Ensino Fundamental I multiseriada (alunos de várias series em uma turma) em turno matutino e vespertino. Na Figura 9 podem ser vistas algumas das infra-estruturas do assentamento.



Figura 9 – Estruturas físicas do P.A. Milagres. Em destaque a placa de entrada, a agrovila, o clube, a escola, o campo de futebol e uma casa do assentamento.

Fonte: Queiroz, J.L.F. (2009).

Por ocasião da construção das casas do assentamento foram construídas também fossas sépticas e, pela má qualidade da construção, a maioria das casas não dispõe mais delas, tendo as famílias que conviver com o lançamento de efluentes a céu aberto, conforme é possível visualizar na Figura 10. Aliado a isso, a falta constante de água no assentamento

causada pelas freqüentes manutenções a que o poço de abastecimento necessita se submeter, obriga as famílias a fazerem suas necessidades fisiológicas também a céu aberto. Mais de 72% das residências não fazem qualquer tratamento d'água. Esses dados explicam as doenças que mais acometem o assentamento: verminose, 19% e disenteria, 15%, segundo o Plano de Desenvolvimento do Assentamento elaborado em 2002.



Figura 10 – Aspectos culturais das famílias do assentamento Milagres acometidos pela falta de infra-estrutura sanitária.

Fonte: Queiroz, J.L.F. (2009).

Segundo a peça técnica do Plano de Desenvolvimento do Assentamento – PDA elaborado pela UFERSA, o solo predominante é o Podzólico, que na nova classificação denomina-se Argissolo.

O clima predominante na área do assentamento é do tipo BSs'h' segundo Köppen e 4aTh, segundo Gaussen, com índice xerotérmico variando entre 150 e 200 mm. O assentamento fica inserido completamente no calcário, embora receba, no quadrante sudeste, influência do arenito da formação Açu. Esse arenito encontra-se sob o assentamento a mais de 200 m, SUDENE (1971).

O regime pluviométrico básico da bacia onde assentamento está inserido origina-se da zona de convergência intertropical (ZCIT), apresentando duas estações: uma chuvosa, de certa duração (3 a 5 meses) que ocorre no verão e no outono, sendo chamado de “inverno”; e outra mais longa, seca que acontece no inverno e primavera, conhecida como “verão” segundo Maia (2004). Situa-se em uma faixa de isoietas médias que variam entre 600 a 700 mm anuais de chuvas e cujos regimes são irregulares.

A média da temperatura anual da bacia varia de 26° a 28°C, sendo relativamente constante. A insolação anual apresentada em todo semi-árido é em média de 2800 h/luz/ano. Devido a baixa nebulosidade, a evaporação anual é de 2000 mm, o que corresponde a 7 mm

diários. Comparando esses dados com os números da pluviosidade, nota-se um significativo déficit deste último, comprovando as dificuldades climáticas regionais.

A presente pesquisa foi desenvolvida em duas etapas. A primeira etapa, correspondente ao plano de ação 1, foi a definição do assentamento através de componentes de mobilização para a construção da estação de tratamento de esgoto. E a segunda etapa, correspondente ao plano de ação 2, diz respeito ao reúso do efluente para produção do girassol ornamental.

4.2 PLANO DE AÇÃO 1

4.2.1 Processo utilizado para definição e mobilização do assentamento

Por entender que não se trata de um projeto convencional de saneamento e nem simplesmente o aproveitamento de esgoto, assim como o público beneficiário não é o mesmo da zona urbana, já habituados com as estruturas de saneamento e abastecimento de água, resolveu-se agir de outra forma, tentando construir uma nova lógica de relação com população rural na implantação de políticas de infra-estrutura que realmente possam trazer retorno, sendo sustentáveis e podendo ser replicadas para outras áreas próximas ao assentamento beneficiado.

Neste sentido, foi definido trabalhar com base em alguns princípios básicos considerados essenciais para o êxito do projeto na zona rural, são eles:

4.2.1.1 Mobilização

Ampliando os objetivos do projeto foi utilizada a educação como princípio central para a transformação social e o acesso ao saneamento como direito essencial à vida e à cidadania. Para tanto, foi escolhido o território Apodi/Mossoró, mais precisamente, o município de Apodi para implantar as ações por todas as características acima mencionadas, em especial as características sociais, políticas e organizacionais.

O projeto foi apresentado no Fórum da Agricultura Familiar do Município de Apodi – FOAFAP para que as famílias tomassem ciência, cujo objetivo principal é a validação da experiência de saneamento e utilização de água residuária para posterior expansão para outras áreas de assentamentos rurais do município, quicá do território Apodi/Mossoró. A mobilização se torna um poderoso instrumento de cidadania quando uma comunidade por

livre e espontânea vontade escolhe em participar, acreditando que a ação é importante para suas vidas, pois a falta desta ação afeta significativamente suas vidas.

4.2.1.2 Controle Social

Esse componente traduz-se na perspectiva de que políticas para serem exitosas não podem prescindir do protagonismo dos seus destinatários. Dizer quem, quando e como querem ser beneficiados vai além da simples mobilização e da capacitação na execução da política. Do contrário, isso seria denominado legitimação, o que não era o objetivo do projeto. Portanto, os próprios agricultores escolheram dentre vários assentamentos três que podiam ser beneficiados, foram eles: Assentamento Frei Damião, Assentamento São Manoel e Assentamento Milagres.

O P.A Milagres foi referendado, pois segundo as representações, oferecia melhores condições sociais, devido às recentes experiências de hortas implantadas com êxito; e físicas, devido aos solos que permitem a construção da estação de tratamento de esgoto com mais facilidade, já que a escavação das valetas para adução do esgoto à estação seria contrapartida das famílias, por entenderem que o fato de esperar pelas políticas as fez cada vez mais ficarem acomodadas. Participar da construção faz com que as famílias se tornem co-responsáveis, além de fazer apenas parte do processo construtivo, se sintam também donas do projeto como efetivamente são de direito.

Posteriormente foi realizada uma reunião no assentamento Milagres para apresentar o projeto e discutir conjuntamente sua execução à medida que o mesmo já apresentava problemas de dotação orçamentária pelo tempo de aprovação do projeto e pelo numero de residências que o assentamento escolhido apresentava, bem maior do que estava orçado. Por consequência desta definição política, o projeto foi executado em tempo bem maior do que o previsto, visto que a contrapartida da comunidade é lenta quando as famílias têm outros tipos de ocupação, inclusive para sua manutenção.

Durante a execução do projeto várias reuniões foram realizadas com a participação dos beneficiários no sentido de dirimir as dúvidas e discutir os problemas que se apresentaram, assim como propor as melhores formas de se resolverem.

Outro componente importante do controle social, podendo também ser relacionado ao componente capacitação é o “domínio da tecnologia”, considerando o nível educacional das famílias, o conhecimento do funcionamento da tecnologia têm significado para seu êxito. Para o êxito de tecnologias, em especial no meio rural, não basta apenas as famílias terem acesso à

tecnologia, mas também dominá-la para que possam fazer uso dentro das suas condições e necessidades. Para tanto, foi priorizada a mão-de-obra da comunidade para acompanhar todo o processo de construção. Foi trabalhada como metodologia para domínio da tecnologia, o processo de capacitação na ação. De fora da comunidade foi trazida apenas a assessoria detentora do conhecimento para coordenar o processo de construção.

4.2.1.3 Comunicação

A comunicação não se resumia à divulgação dos processos que aconteciam no assentamento, mas especialmente na forma com que as relações foram construídas entre a universidade e as famílias. A forma de se comunicar foi a mais simples possível, escutando e acatando, no processo de execução do projeto, as propostas dos produtores acumuladas ao longo das suas experiências de vida.

As famílias já produziam nos quintais aproveitando a água do banho e da pia com a lavagem dos alimentos. Já tinham um conhecimento de quais culturas, especialmente frutíferas, desenvolver com a utilização da água de reúso. Para viabilização do projeto teria que ser canalizada parte significativa da água aproveitada nos quintais produtivos, podendo inviabilizá-los. Neste sentido, houve a necessidade de unir as duas áreas de conhecimento, a científica e a popular, para não inviabilizar os quintais produtivos, agora produzindo com mais segurança, e ao mesmo tempo viabilizar a estação de tratamento de esgoto, que dentre vários outros benefícios, teria a saúde dos assentados ponto como central.

Além de aproveitar a água já escassa no semi-árido, as famílias também gostariam de aproveitá-la em processos produtivos, indo ao encontro dos objetivos do projeto. Para atenuar os conflitos de interesse entre a universidade e o assentamento foi definida uma área para plantio de culturas selecionadas pelo assentamento. De início, foi disponibilizada apenas a estrutura de irrigação que é independente, já que não poderiam irrigar com esgoto, visto que as pesquisas ainda estão em andamento para indicar a melhor forma de irrigação de culturas com o menor risco a saúde, principalmente humana.

4.2.1.4 Fortalecimento Institucional

Mais que um simples projeto de construção de obra física ou de transferência de conhecimento, a ação presume a mudança cultural, a movimentação e o fortalecimento do capital social. O projeto prevê o fortalecimento institucional das organizações de base

(associação e grupos) proporcionando maiores condições de sinergias com outras iniciativas do desenvolvimento local ou regional. Neste sentido, o simples fato de discutir com o assentamento a viabilidade do projeto, já fortaleceu a comunidade como um todo, à medida que essa dinâmica pode ser adotada, por exemplo, com ações do poder público. Além disso, a estrutura montada no assentamento fortaleceu o capital social em áreas específicas como a saúde, mas também mobilizou as famílias ao redor de uma tecnologia, que não se constitui numa tecnologia qualquer, pois trouxe resultados significativos para a comunidade.

Essa dinâmica possibilitou ao assentamento construir relação com os atores sociais do local, como é o caso do Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Apodi e do Centro Terra Viva, podendo trazer outros benefícios ao assentamento relacionado com o tema reúso de água. Essas iniciativas já foram conversadas, mas dependem de financiamento público. Para a agricultura familiar essas iniciativas são bem mais morosas por falta de linhas de investimento específico.

A própria ação da universidade no assentamento pôde gerar outras demandas de complementaridade, como é o caso de dois outros projetos financiado com recursos da FAPERN e do Banco do Nordeste do Brasil, de iniciativas de professores do grupo de reúso da universidade.

O assentamento se tornou referência como o único do país saneado e que de fato aproveita a água para produção de culturas. Esse aspecto tem dado uma grande visibilidade, gerando uma demanda de visitas de várias entidades, escolas, universidades, outros assentamentos e comunidades, gerando assim a possibilidade de construção de novas parcerias.

4.2.2 Etapas da construção da estação de tratamento de esgoto

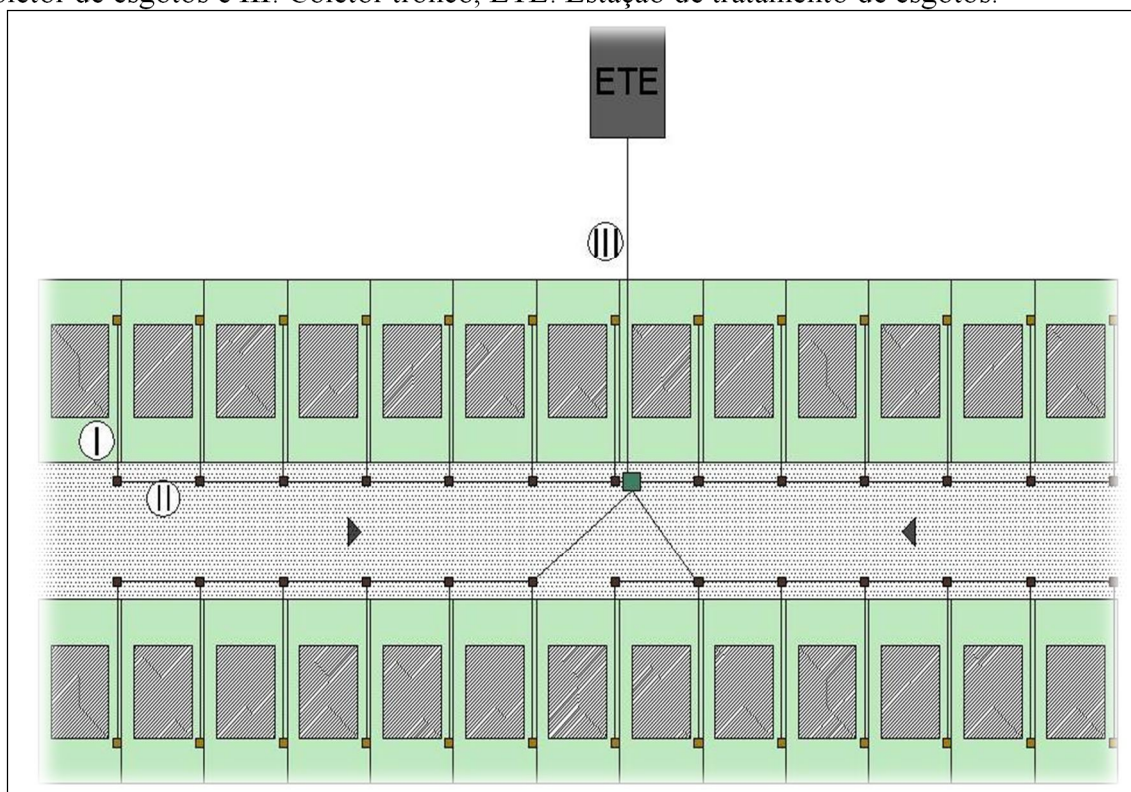
O projeto de pesquisa foi executado pela UFERSA e financiado pelo CNPq, com o título de “Tratamento e viabilidade do uso de águas residuárias domésticas em assentamento rural e suas implicações na irrigação de frutas e hortaliças”. O mesmo foi viabilizado com a submissão do projeto na concorrência do Edital MCT/CNPq/CT-AGRONEGÓCIO/CTHIDRO, através de seleção pública de propostas para apoio a projetos que promovam a conservação dos recursos hídricos e ao aumento da produção de água em unidades rurais de base familiar.

O sistema de tratamento de esgoto construído no assentamento Milagres foi desenvolvido pelo Centro de Tecnologia da UFRN através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, cuja idealização foi dos cursos de Engenharia Civil e Química.

4.2.2.1 Sistematização da área

Com a visita dos professores da UFRN, idealizadores do sistema de tratamento de esgoto, foi definido que a primeira ação seria a sistematização da área através do levantamento planialtimétrico a fim de identificar as condições de construção do sistema de captação do esgoto, já que o mesmo requer um desnível de no mínimo 0,5%. O levantamento foi realizado comprovando a condição de se fazer a adução do esgoto utilizando dois ramais coletores de esgoto em frente às casas, distando o suficiente para garantir a área de reforma das casas e suficientemente distante da estrada carroçável, conforme a Figura 11.

Figura 11 – Croqui das partes constituintes do sistema de saneamento. I: Ramal Predial, II: Coletor de esgotos e III: Coletor tronco, ETE: Estação de tratamento de esgotos.



Fonte: Queiroz, J.L.F. (2009).

A agrovila apresenta três desníveis, um na direção oeste/leste mais acentuado, coincidindo com o sentido longitudinal da vila e outro no sentido contrário menos proeminente, ambos encontrando-se aproximadamente ou menos no meio da vila. O terceiro

desnível tem a direção sul/norte com a disposição coincidindo com o sentido lateral da vila. A estação de tratamento (ETE) foi construída no sentido do desnível lateral, ou seja, abaixo da cota da agrovila, justamente no encontro dos desníveis, assim como foi definido o ramal coletor tronco.

A estação de tratamento foi construída em uma distância que garante o despacho do esgoto vindo do ramal coletor de esgoto sem perigo de entupimento e que também abonasse uma distância segura das casas, prevenindo maus odores ou quaisquer inconvenientes para as famílias por consequência do processo de construção e posterior aproveitamento do esgoto.

O tipo de sistema de saneamento adotado foi condominial separador absoluto, que compreende um sistema distinto para captação de efluentes domésticos. Esse sistema é constituído de: ramal predial, que são os tubos que transportam os esgotos das casas até a rede pública de coleta; coletor de esgotos, que recebe os esgotos das casas e outras edificações, transportando-os aos coletores tronco; coletor tronco, que são tubulações da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores; órgãos complementares que são as caixas de gordura, as caixas de inspeção ou poços de visita e finalmente a estação de tratamento de esgotos (ETE) com sua obra de lançamento final, que no caso, é o reaproveitamento na irrigação de culturas (Figura 6).

4.2.2.2 Escavação das valetas para adução do esgoto

As famílias fizeram toda a escavação da vala para disposição do encanamento de adução do esgoto como contrapartida ao projeto como mostra a figura 7. Cada família ficou responsável pelo ramal predial e pelo ramal coletor de esgoto que passa a frente de sua casa, distribuindo o trabalho de forma equitativa. No ramal coletor tronco, assim como nas casas cujo ramal coletor de esgoto ficou mais profundo, necessitando de mais serviço, os trabalhos foram realizados de forma coletiva, com a organização de equipes de frente de trabalho que doaram suas diárias para o serviço coletivo da associação (forma de organização de trabalhos coletivos no assentamento).

Para melhor rendimento do trabalho foi estabelecido uma largura padrão de 0,3 m, já que as cotas de profundidade eram estabelecidas de acordo com a declividade, permitindo maior disponibilidade de tempo para outras tarefas. Quando a escavação da valeta atingiu a profundidade recomendada foi regularizada para receber as encanações.

A etapa seguinte realizada na obra foi a disposição dos tubos. Nela conferiram-se os nivelamentos e as cotas das valas antes que os tubos fossem assentados e cobertos (Figura

12). Os tubos de PVC soldável foram dispostos ponta com bolsa e cortados à medida que chegassem aos locais que seriam feitas as caixas de inspeção, pedaços de lona também foram utilizados para que se evitasse uma possível obstrução nos tubos.



Figura 12 – Escavação das valetas e disposição dos tubos adutores de esgoto.
Fonte: Arquivo próprio (2009).

4.2.2.3 Construção das caixas de visita

Na frente e na lateral esquerda de todas as casas, onde foram construídas as estruturas de captação das águas servidas, foram construídas as caixas de visitas, as quais servem para monitorar e fazer reparos, se for o caso, na tubulação do ramal de coleta de esgoto. Essas caixas foram construídas em alvenaria nas dimensões de 0,5 m x 0,5 m, revestidas com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, e cobertas com tampa de concreto armado (Figura 13).



Figura 13 – Sistema de inspeção das tubulações adutora de esgoto.
Fonte: Arquivo próprio (2009).

4.2.2.4 Construção da ETE

A ETE foi construída em local estratégico logo abaixo da cota da agrovila, impedindo a contaminação dos solos. Um dos parâmetros definidores da construção da ETE no assentamento Milagres foi que a mesma ficaria próxima a agrovila em um declive contrário e ainda em terras coletivas, como exige o formato do projeto. Por ocasião da demarcação e divisão de terras de um assentamento, dificilmente as áreas coletivas ficam próximas a agrovila.

O espaço coletivo propicia a divisão de tarefas em grupo, já que há bastante trabalho no manejo da produção com esgoto doméstico. A formação de grupos específicos como os de jovens, de mulheres e adultos potencializam o aproveitamento da área e a obtenção de retorno com a atividade.

O trabalho mais pesado foi a escavação da vala para construção da ETE, em que todos se envolveram doando a sua mão-de-obra como diária para o trabalho coletivo da associação, independente de fazer ou não parte de um grupo para o aproveitamento do esgoto.

A construção propriamente dita se dividiu em fundação ou embasamento, estrutura de alvenaria e cobertura. A fundação ou embasamento da estação de tratamento de esgoto foi feita de tijolos maciços, assentados com argamassa de cimento. O contrapiso foi feito com uma camada de 0,10 m de espessura, de concreto e feita de forma compacta e nivelada. As paredes foram construídas em tijolos maciços utilizando também argamassa de cimento, nas dimensões indicadas no projeto e de forma nivelada. As partes internas das paredes também foram rebocadas e as externas apenas chapiscadas. Os vãos internos foram moldurados e bem acabados nos seus diferentes compartimentos. A cobertura foi feita em lage com tampas lacrada e outras partes contendo tampas removíveis feitas de concreto armado (Figura 14).



Figura 14 – Diferentes etapas na construção da ETE.

Fonte: Arquivo próprio (2009).

4.2.3 Caracterização inicial do esgoto doméstico utilizado no experimento

As análises físico-químicas seguiram as metodologias preconizadas pelo Standart Methods of – APHA (2003) e compreendem a determinação dos seguintes parâmetros: pH; condutividade elétrica (CE); nitrato (NO_3^-); amônia (NH_4^+); Nitrogênio Total (NT); fósforo (P); cálcio (Ca); magnésio (Mg); Cloreto (Cl); sódio (Na); dureza; salinidade; Cádmiu (Cd); cobre (Cu); Chumbo (Pb); Cromo (Cr); Zinco (Zn); Níquel (Ni); Mercúrio (Hg); turbidez; relação de sódios trocáveis (RST); demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).

Segue resumo das metodologias utilizadas:

1 – Dureza Total

Determinada através de titulação complexométrica, utilizando solução padrão de EDTA 0,05 mol/L como titulante, indicador negro de eriocromo T, solução aquosa de trietanolamina 1:4 como eliminador de impurezas e solução tampão de $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$ para manutenção do pH entre 10 e 11.

Anota-se o volume de EDTA gasto na titulação e a dureza total é calculada através da Equação 1.

$$DT \text{ (ppm)} = V_{\text{gasto EDTA}} \times \text{Fator CaCO}_3 \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$$\text{Fator CaCO}_3 = \text{Molaridade EDTA} \times \text{MM}_{\text{CaCO}_3} \quad \text{Equação 2}$$

$$V_{\text{gasto EDTA}} = \text{volume (em mL) de EDTA gasto na titulação.}$$

$$V_{\text{amostra}} = \text{Volume da amostra usado (em mL).}$$

2 – Cálcio

O cálcio foi determinado por titulação complexométrica, utilizando como titulante solução padrão de EDTA 0,05 mol/L, solução aquosa de trietanolamina 1:4 para eliminar impurezas, solução NaOH 2N para elevar o pH acima de 12, e o indicador azul de eriocromo R ou Calcon.

Anotou-se o volume gasto de EDTA na titulação e calculou-se a quantidade de cálcio através da Equação 3.

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (ppm)} = V_{\text{gasto EDTA}} \times \text{Fator Ca}^{2+} \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$$\text{Fator Ca}^{2+} = \text{Molaridade EDTA} \times \text{MM}_{\text{Ca}^{2+}} \quad \text{Equação 4}$$

$$V_{\text{gasto EDTA}} = \text{volume (em mL) de EDTA gasto na titulação.}$$

$$V_{\text{amostra}} = \text{Volume da amostra usado (em mL).}$$

3 – Magnésio

O magnésio foi determinado através da diferença do volume gasto de EDTA na dureza total pelo volume gasto de EDTA na determinação do cálcio, sendo calculado sua quantidade em ppm pela Equação 5.

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (ppm)} = (V_{\text{gasto EDTA na DT}} - V_{\text{gasto EDTA no Ca}^{2+}}) \times \text{Fator Mg} \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$$\text{Fator Mg}^{2+} = \text{Molaridade do EDTA} \times \text{MM}_{\text{Mg}^{2+}} \quad \text{Equação 6}$$

$$V_{\text{gasto EDTA na DT}} = \text{volume (em mL) de EDTA gasto na titulação da dureza total}$$

$$V_{\text{gasto EDTA no Ca}^{2+}} = \text{volume (em mL) de EDTA gasto na titulação do cálcio}$$

$$V_{\text{amostra}} = \text{Volume da amostra usado (em mL).}$$

4 – Cloreto

O cloreto foi determinado através de titulação por precipitação, utilizando como titulante solução padrão de Nitrato de prata (AgNO_3) 0,1 N, e como indicador cromato de potássio (K_2CrO_4). O cálculo foi feito com a Equação 7.

$$\text{Cl}^-(\text{ppm}) = V_{\text{gasto AgNO}_3} \times \text{Fator Cl}^- \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

$$\text{Fator Cl}^- = \text{Normalidade AgNO}_3 \times \text{Equivalente Cl}^- \quad \text{Equação 8}$$

$$V_{\text{gasto AgNO}_3} = \text{Volume do titulante usado em mL.}$$

$$V_{\text{amostra}} = \text{Volume de amostra usado em mL.}$$

5 – Salinidade em termos de NaCl

Foi determinada através da quantidade de cloreto presente na amostra com o uso da Equação 09.

$$\text{NaCl (ppm)} = 1,648 \times \text{Cl}^-(\text{ppm}) \quad \text{Equação 09}$$

6 – Condutividade

Foi determinada in loco por método eletrométrico, utilizando-se um condutivímetro manual, marca HANNA Instruments, modelo DIST WP recentemente calibrado com solução padrão de KCl 0,1N. Algumas amostras extrapolaram a capacidade de medida do aparelho, e foram diluídas na proporção de 1:10 (amostra : água destilada) para possibilitar a medição.

7 – pH

O pH foi determinado por método eletrométrico, utilizando-se um pHmetro marca TECNAL, modelo Tec-3MP recentemente calibrado com soluções padrões apropriadas. A medida foi também feita, in loco usando papel indicador de pH universal.

8 – Sólidos Dissolvidos Totais, Orgânicos e Inorgânicos.

Foram determinados pela evaporação completa da água para determinação dos sólidos dissolvidos totais e combustão da matéria orgânica para a determinação dos sólidos dissolvidos orgânicos e inorgânicos, utilizando uma estufa marca ICAMO, modelo 2, uma mufla marca Fornos Lavoisier, modelo 402 D, e uma balança analítica marca SHIMADZU, modelo AX200.

As quantidades de sólidos dissolvidos totais, orgânicos e inorgânicos foram determinadas com as Equações 10, 11 e 12 respectivamente.

$$\text{SDT (ppm)} = (\text{Mi} - \text{Mc}) \times 20 \quad \text{Equação 10}$$

$$\text{SDO (ppm)} = (\text{Mf} - \text{Mi}) \times 20 \quad \text{Equação 11}$$

$$\text{SDI (ppm)} = (\text{Mf} - \text{Mi}) \times 20 \quad \text{Equação 12}$$

Onde:

SDT = Sólidos Totais Dissolvidos;

SDO = Sólidos Dissolvidos Orgânicos;

SDI = Sólidos Dissolvidos Inorgânicos;

Mc = massa do cadinho seco (em mg);

Mi = massa do cadinho + sólidos após a evaporação da água (em mg);

Mf = massa do cadinho + sólido após combustão da matéria orgânica (em mg).

9 – Fosfato

As análises de teores de fosfato foram realizadas por espectroscopia molecular, utilizando-se um Espectrômetro UV-Visível, modelo UV-mini, marca SHIMADZU. O fosfato foi determinado a partir da reação com molibdato de amônia e tartarato de potássio e antimônio, formando ácido fosfomolibdico (coloração amarela), o qual foi reduzido pelo ácido ascórbico formando o complexo azul de molibdênio, de coloração azul intenso, que absorve radiação a 882 nm. A leitura das amostras neste comprimento de onda foi comparada automaticamente no aparelho com uma curva padrão de fosfato, com o mesmo fornecendo o resultado em ppm de fosfato.

10 – Nitrito

As análises foram realizadas por espectroscopia molecular, utilizando-se um Espectrômetro UV-Visível, modelo UV-mini, marca SHIMADZU. O método utilizado para a análise de nitrito baseia-se na reação de nitrito, em meio ácido, com a sulfanilamida e, posteriormente, com o bicloridrato de (1-naftil) etilenodiamina, formando um composto nitrogenado altamente colorido, que absorve no comprimento de onda de 543 nm. A leitura das amostras neste comprimento de onda foi comparada automaticamente no aparelho com uma curva padrão de nitrito, com o mesmo fornecendo o resultado em ppm de nitrito.

11 – Nitrato

As análises de nitrato foram realizadas por espectroscopia molecular, utilizando-se um Espectrômetro UV-Visível, modelo UV-mini, marca SHIMADZU. Os íons nitrato foram determinados pelo método ultravioleta, o qual baseia-se na medida de absorção direta de

nitrato em mg/L, no comprimento de onda de 220 nm, após tratamento com suspensão de hidróxido de alumínio, para eliminação da matéria orgânica dissolvida. A leitura das amostras em 220 nm foi comparada automaticamente no aparelho com uma curva padrão de nitrato e o resultado em ppm de nitrato é fornecido.

12 – Amônia

As análises para determinação de amônia foram realizadas por espectroscopia molecular, utilizando-se um Espectrômetro UV-Visível, modelo UV-mini, marca SHIMADZU. Foi determinada pelo método do fenato, o qual se baseia na reação com hipoclorito e fenol, catalizada por nitroprussiato de sódio, para formar o complexo azul de indofenol, o qual absorve no comprimento de onda de 690 nm. A leitura das amostras neste comprimento de onda é comparada automaticamente no aparelho com uma curva padrão de amônia, com o mesmo fornecendo o resultado em ppm de amônia.

A determinação da demanda biológica de oxigênio (DBO) segue o método manométrico feita em frasco âmbar, no qual foi colocada uma quantidade pré-determinada de amostra de água, tampada e conectada a um sensor. No interior do frasco, sobre a amostra, a concentração de oxigênio era de 21%. As bactérias presentes utilizam esse oxigênio contido na amostra para oxidar a matéria orgânica. O ar presente acima da amostra reabastece a quantidade de oxigênio utilizado. O corte na pressão do ar causa uma redução na pressão dentro do frasco, o que é detectado pelo sensor. Durante o período de incubação do teste de DBO (5 dias) a amostra foi agitada continuamente com um agitador magnético. O agitador ajudou a transferir o oxigênio do ar da parte superior do frasco para a amostra, simulando condições naturais. Para oxidação da matéria orgânica, os micro-organismos produzem dióxido de carbono, o qual foi removido do sistema adicionando-se cristais de hidróxido de potássio num compartimento no espaço aéreo do frasco, pois a diferença de pressão no sistema é proporcional somente à quantidade de oxigênio usado.

A demanda química de oxigênio (DQO) foi realizada pelo método titulométrico – refluxo fechado (APHA, 2003). Neste método muitos tipos de matéria orgânica são oxidados por uma mistura em ebulição de ácido crômico e sulfúrico. A amostra foi refluxada em solução fortemente ácida com um excesso conhecido de dicromato de potássio. Após a digestão, a quantidade remanescente de dicromato não reduzido foi titulada com sulfato ferroso de amônio para determinação da quantidade de dicromato consumido, e a matéria orgânica oxidada foi calculada em termos de oxigênio equivalente. O tempo padrão do refluxo foi de 2 horas.

4.3 PLANO DE AÇÃO 2

4.3.1 Reúso do efluente para a produção do girassol ornamental

A estação de tratamento foi montada no assentamento Milagres no município de Apodi/RN e o experimento de aproveitamento da água proveniente do assentamento foi montado na UFERSA no município de Mossoró/RN. Desta forma, sendo a unidade de tratamento de esgoto em um local e o experimento em outro, houve a necessidade de coletar efluente de esgoto periodicamente para condução do experimento que aconteceu em estufa, mas em outras condições, em especial de clima, diferente de onde foi montada a estação de tratamento de esgoto.

4.3.1.1 Localização e caracterização do clima do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da UFERSA, no período compreendido entre 02 de abril a 02 de junho de 2010. O município de Mossoró está a 18 m de altitude, a 5° 11' de latitude Sul e 37° 20' de longitude Oeste. O clima da região, de acordo com a classificação Köppen, é BSw^h, isto é, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca que vai geralmente de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO et al.,1991).

4.3.1.2 Infra-estrutura utilizada no experimento e delineamento do experimento

Usou-se uma estufa do tipo capela com pé direito de 3,0 m, 18,0 m de comprimento e 6,0 m de largura, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com aditivo anti-ultravioleta e espessura de 150 micras, protegida nas laterais com malha negra.

O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas com medidas repetidas no tempo, tendo nas parcelas os tratamentos (diluições), e nas subparcelas as diferentes datas de coleta, sendo que em cada parcela foram utilizadas quatro plantas, cultivadas em vasos individuais, sendo que nas avaliações foram utilizadas apenas duas plantas (Figura 15).

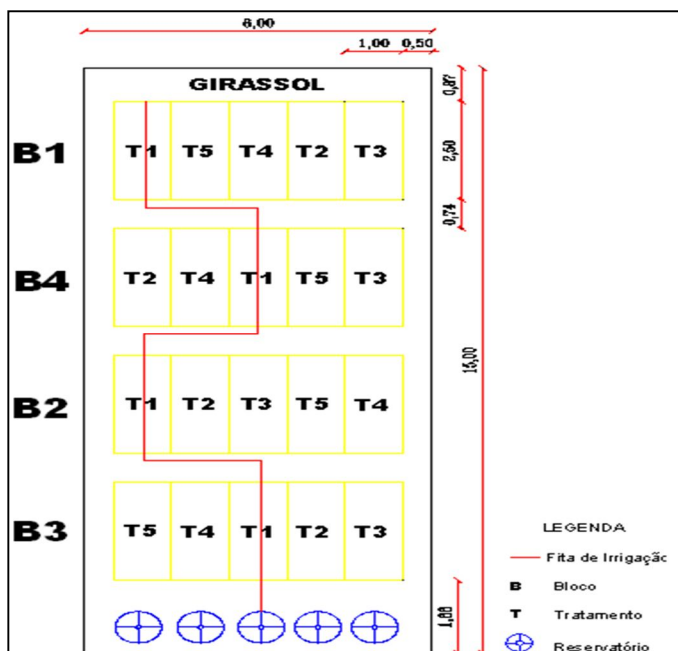


Figura 15 – Disposição dos blocos (B) e tratamentos (T) no campo

4.3.1.3 Delineamento estatístico experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, em que foi feita uma análise longitudinal dos dados (tipo especial de parcelas subdivididas) para a avaliação de diâmetro de caule, altura de planta, diâmetro do capítulo, número de pétalas e número de folhas. Esse tipo de análise é mais indicado, uma vez que nesses experimentos são feitas medidas sucessivas e não aleatórias sobre as parcelas, o que viola a pressuposição de independência, conseqüentemente, inviabilizando a aplicação da análise de variância (ANAVA) para o efeito intra-indivíduos. Assim, aplicou-se o teste univariado para o fator tratamentos, no qual verifica-se a hipótese de perfis coincidentes e o teste multivariado para as fontes de variações tempo e a interação (tempo versus tratamento), que testam as hipóteses de perfis horizontais e paralelos, respectivamente. O uso da correção dos graus de liberdade para esses dois últimos fatores não foi utilizando, devido elevada significância do teste de qui-quadrado para esfericidade dos dados, que não ficou no intervalo de 0,05-0,01, assim, segundo Fernandez (1991), nessa condição deverão ser aplicados somente testes multivariados.

Já para as variáveis matéria seca e nutricional (N, P, K, Ca e Mg) realizou-se a análise de variância e posterior teste de médias Student-Newman-Keuls (SNK) ao nível de 5% de probabilidade.

Ambas as análises foram realizadas com auxílio do software SAS versão 9.2, para verificar a significância dos fatores estudados.

4.3.1.4 Tratamentos aplicados e manejo do experimento

Para manejar a irrigação das parcelas foi montado um sistema hidropônico aberto, sem o retorno da solução nutritiva lixiviada para os reservatórios. O sistema foi constituído de cinco caixas de PVC com capacidade de armazenamento de 150 litros, uma para cada tratamento, posicionadas a 1,10 m de altura do solo sob bancadas de ferro, de onde saíam as linhas de distribuição da solução de acordo com o posicionamento dos tratamentos. Nas linhas de distribuição foram inseridos microtubos do tipo espaguete (diâmetro interno de 2 mm e comprimento de 1,5 m) para direcionar a irrigação a cada parcela (Figura 16). Após montagem do sistema de irrigação, foi feita a avaliação hidráulica que apresentou coeficiente de uniformidade de 96 %, e vazão média de 3,10 L/h⁻¹.

Com esse coeficiente de uniformidade foi aplicada praticamente uma mesma lâmina de irrigação para todos os tratamentos, ou seja, cada tratamento e parcela receberam iguais condições de irrigação, cessando quando havia lixiviação em todos os vasos ou quando o último vaso iniciava a lixiviar. As irrigações foram realizadas no período da manhã quando as plantas ainda estavam pequenas, sendo acrescentada mais uma irrigação ao meio dia quando as plantas começaram a se desenvolver e demandar mais água.



Figura 16 – Sistema hidropônico montado para aplicação dos tratamentos.

As plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus*), cultivar ‘Doble sungold’ foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de armazenamento de 8 L. Estes foram preenchidos com 1 kg fibra de coco natural ABRACOCO[®], prensada e na sua base um

sistema de drenagem formado por uma camada de 2 cm de sílica, entre os dois sólidos colocou-se uma tela de nylon para evitar a passagem da fibra para a sílica (Figura 17).



Figura 17 – Ilustração da forma de preparo dos vasos utilizados no experimento.

As características físicas e químicas da fibra utilizadas no experimento encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Características físicas e químicas da fibra de coco utilizada como substrato.

pH	CE (dS m^{-1})	Umidade (%)	Densidade (kg/m^3)	CRA (%)
5,90	0,37	37,00	260,00	51,00

FONTE: ABRACOCO[®]

O plantio foi realizado quando a muda de girassol apresentava quatro folhas definitivas. Com a fibra de coco umedecida, assim como as mudas de girassol, procedeu-se o transplante das bandejas tomando cuidado para não prejudicar as raízes das plântulas. Com um furo manual no centro da fibra contida no vaso procedeu-se o plantio com cuidado de fixar bem a muda na fibra para evitar o tombamento.

Para preparo dos tratamentos, utilizou-se água de abastecimento proveniente da rede hidráulica do campus da UFERSA e água residuária oriunda do decanto-digestor acoplados com filtros anaeróbicos de fluxos ascendente e descendente, implantado no Assentamento Milagres Apodi – RN.

Usou-se o termo solução nutritiva recomendada (SNR), pelo fato de ser indicada para cultivo do girassol, em que as quantidades de nutrientes foram determinadas segundo Watanabe (2007), que consta em 50% da solução nº 2 de Hoagland & Arnon (1950). A solução nutritiva recomendada e aplicada equivale a 100% do tratamento 5 (Tabela 10).

Neste experimento, para viabilizar o uso da mesma por pequenos agricultores, modificou-se a fonte de micronutrientes para Quelatec ($0,6 \text{ g L}^{-1}$) tornando a formulação mais simples. O pH dos tratamentos foi mantido entre 5,5 e 6,5 com o uso de ácido sulfúrico para baixar o pH.

Os tratamentos foram preparados com efluente doméstico tratado contendo ou não água de abastecimento mais adubo mineral (solução nutritiva recomendada), sendo o fator de diluição de efluente 1 (100% de Efluente Doméstico Tratado), fator de diluição de efluente 2 (75% de Efluente Doméstico Tratado + 25% Solução nutritiva recomendada), fator de diluição de efluente 3 (50% de Efluente Doméstico Tratado + 50% Solução nutritiva recomendada), fator de diluição de efluente 4 (25% de Efluente Doméstico Tratado + 75% Solução nutritiva recomendada) e tratamento 5 (100% Solução nutritiva recomendada).

Tabela 10 – Composição da solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) reduzida em 50% à concentração de macronutrientes conforme Watanabe 2010.

Macronutrientes (mmol L^{-1})						
N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻
7	0.5	0.5	2.99	2	0.99	1

4.3.1.5 Trabalhos de coletas

Ao longo dos três meses de condução da pesquisa foram efetuadas 6 coletas de água para preparo da solução nutritiva e 3 campanhas de coleta de amostras de água para caracterização físico-química, distribuídas em três pontos da ETE, sendo a inicial na primeira câmara do decantador, a segunda na segunda câmara e a terceira na saída dos filtros de fluxo descendente. O efluente utilizado no preparo da solução nutritiva foi coletado em caixa de água com capacidade para 1000 L a cada quinze dias, de modo que cada caixa só permitiu o

preparo de duas soluções nutritivas. As caixas foram coberta com lona preta e acondicionadas em local sombreado próximo ao experimento.

4.3.1.6 Manejo da cultura

Para estabelecer a base dos experimentos, a semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido com 128 células com uma semente por célula, em substrato Plantmax - Ornamental Sementes®. Estas bandejas foram colocadas em casa-de-vegetação. Durante o período em que permaneceram nesse local a irrigação foi efetuada com o uso de aspersor manual, uma vez ao dia, nas horas mais frescas do dia.

O transplante foi efetuado quando todas as mudas de girassol apresentavam dois pares de folhas definitivas e o par de folhas cotiledonares estava em processo avançado de senescência, correspondendo à mudas com aproximadamente 15 cm de altura. Todas as plantas foram escolhidas com as mesmas características (tamanho e vigor) para que o experimento fosse o mais uniforme possível.

Com a intensificação da irrigação no início de desenvolvimento das plantas houve crescimento das raízes para cima, ficando sobre a fibra de coco, ou seja, ficando à mostra. Para resolver foi diminuída a irrigação e procedeu-se a amontoa das plantas com a fibra de coco do próprio vaso.

Apesar de o girassol ter sido cultivado em estufa anti-afídeo, ainda assim houve, aproximadamente na metade do ciclo da cultura, o aparecimento de mosca branca, a qual foi controlada com a aplicação de inseticida fisiológico conforme recomendado para o início do aparecimento do inseto, atuando sobre ovos e ninfas.

Os demais tratos culturais foram realizados semanalmente, como a capina de plantas daninhas nos vasos e ao redor do vaso dentro da estufa. As plantas daninhas de dentro do vaso eram arrancadas manualmente durante a irrigação diária, já as plantas daninhas da estufa eram capinadas uma vez por semana sem prejuízo ao experimento.

4.3.1.7 Caracterização do crescimento e desenvolvimento do girassol

Diâmetro do capítulo floral (mm) foi obtido com o auxílio de uma régua graduada em milímetros com medidas do diâmetro das inflorescências, adotando-se pontos extremos, definidos como horizontal e vertical, perpendiculares entre si (disco e flores líguladas da periferia) quando as mesmas se encontravam completamente formadas. O diâmetro foi

medido de dois em dois dias, a partir do quadragésimo terceiro dia até o quinquagésimo quinto dia, quando as inflorescências começavam a senescer.

A altura da parte aérea (cm) foi medida com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, a partir do colo da planta ao ápice de seu desenvolvimento (distância da superfície do substrato até a inserção do capítulo). Esse parâmetro foi coletado do décimo segundo dia, quando se iniciou um crescimento considerável, até o quadragésimo sétimo dia, próximo ao início da diferenciação floral, quando as plantas começam a cessar seu desenvolvimento. Esse parâmetro foi coletado de sete em sete dias, tempo suficiente para perceber diferença entre os crescimentos.

O número de folhas foi contado manualmente a partir de 3 cm de comprimento. Esse parâmetro também foi coletado de sete em sete dias a partir do décimo segundo dia, até o quadragésimo sétimo dia, momento em que se inicia a diferenciação floral e murchamento das folhas por causa da translocação de nutrientes, em especial nitrogênio e fósforo, para o capítulo.

Com relação ao número de pétalas foi feita a contagem manual de todas elas, a qual foi realizada de dois em dois dias a partir do quadragésimo terceiro dia até o quinquagésimo quinto dia, culminando com o início do murchamento do capítulo.

Assim como a altura de planta, o diâmetro do caule utilizou o mesmo período de amostragem, que foi do décimo segundo dia até o quadragésimo sétimo dia, quando cessa o crescimento da planta para dar lugar à diferenciação floral. O diâmetro foi medido no colo da planta a uma altura de 5 cm do substrato, utilizando paquímetro digital, através da média de duas medidas, a maior largura e a menor largura no mesmo ponto.

A coleta para fazer análise da matéria seca foi realizado aos sessenta dias, momento em que as plantas acumulam a maior quantidade de matéria seca, antes de se iniciar a senescência da planta como um todo. A massa seca das folhas, dos caules, das inflorescências e total foi determinada da seguinte maneira: separou-se o caule da parte aérea (folhas e inflorescências), com auxílio de tesoura de poda; lavou em água corrente, colocando o material em sacos de papel e etiquetados; colocou o material para secar em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65° C por 72 horas, até atingir massas constantes. Efetuou-se a pesagem em balança analítica (0,01g) e o resultado foi expresso em gramas por planta. A massa seca total foi obtida com a soma das médias do peso das folhas, do caule e das inflorescências.

A coleta para análise do estado nutricional das plantas foi realizado aos quarenta e cinco dias, conforme recomendado, ou seja, quando as plantas iniciam sua diferenciação floral ou florescimento, momento em que as plantas acumulam a maior quantidade de nutrientes.

4.3.1.8 Caracterização do estado nutricional das plantas

Os resíduos sólidos foram secos em estufa para posterior digestão nitro perclórica (SILVA, 1999) e para análise de nitrogênio em auto-analisador elementar.

Uma amostra de resíduo (0,250 g) foi adicionada em tubo de digestão com 4 ml de solução $\text{HNO}_3\text{:HClO}_4$ (3:1), permaneceu por uma noite para uma pré-digestão e no dia seguinte permaneceu durante uma hora a 80 °C, e a 120 °C até cessar o desprendimento de vapor marrom e desaparecer qualquer fragmento de tecido (aproximadamente duas horas). Deste momento em diante aumentou-se vagarosamente a temperatura até 180 °C, em que houve desprendimento de vapor de cor branca. Ao atingir um volume em torno de 2 mL, a amostra foi retirada do bloco digestor e após esfriamento completou-se o volume para 25 mL, estando pronto para determinação dos elementos: P, K, Ca e Mg.

Posteriormente, foram determinados os teores de N total e realizado a extração de P disponível e K trocável por Mehlich 1, segundo metodologia proposta por Tedesco et al (1995).

Os teores de P extraído pela solução Mehlich 1 foram determinados de acordo com Murphy & Riley (1962). Também foram determinados os teores totais de P e K, conforme (Helmke & Sparks, 1996).

Todas as amostras foram submetidas para leitura em aparelho auto-analisador elementar, localizado no Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE COLETADO DA ETE

Como pode ser observado na Tabela 11 os valores médios de pH encontrados nas análises do efluente utilizado no experimento foi de 7,74 e para este tipo de estrutura (ETE) o pH deve se manter entre 6,7 e 7,5 segundo Von sperling (1996). Estes resultados se devem a qualidade da água utilizada como afluente, pois a captação da água se dá em solos de origem calcária que tem como característica principal o aumento do pH da água que dá origem. Aliado a isso, segundo o mesmo autor, pH abaixo de 8,0 há predominância de 100% do íon amônia (NH_4^+), provenientes de cátions de nitrogênio amoniacal oriundos da degradação de proteínas composta na matéria orgânica e do sódio originado da degradação de sabão utilizado para a limpeza diária que tendem a aumentar ainda mais o pH do efluente. Alterações nesta faixa de pH ocorrem quando há desequilíbrio ecológico no interior do sistema, o que compromete o tratamento em si, como deve estar ocorrendo no experimento.

A condutividade elétrica do efluente utilizada no experimento foi de $1,26 \text{ dS m}^{-1}$, podendo ser usada sem restrições de uso, conforme Ayeres e Westcot (1999).

O valor de $24,5 \text{ mg L}^{-1}$ de Nitrogênio Total verificado no efluente utilizado no experimento encontra-se bem abaixo da faixa típica citada por diversos autores, aonde segundo Von Sperling (1996) afirma ser esse valor entre 40 e 80 mg L^{-1} . Pescod (1992) afirma que esgotos domésticos possuem, em geral, concentrações de N na faixa de 50 mg L^{-1} . Esse valor pode ser devido à baixa concentração de proteínas contidas na matéria orgânica do efluente doméstico, cuja sua concentração depende da fonte de proteínas, ou seja, da dieta das famílias. No entanto, é importante salientar que boa parte da contribuição do N Total é dado pela concentração de nitrato (NO_3^-) que se encontra com o valor de $19,49 \text{ mg L}^{-1}$ no efluente, valor bem acima da faixa sugerida por Von Sperling et al. (1996), cuja faixa deveria estar entre $0 - 2 \text{ mg L}^{-1}$.

Com isso, pode-se inferir que houve introdução de oxigênio no sistema. Supõe que o oxigênio necessário para a formação do nitrato (NO_3^-), indispensável para seu ciclo, advém do sistema de condução do esgoto e das suas caixas de visita ou da própria ETE por ocasião da construção, cuja sua adaptabilidade permitiu erro com difusão de oxigênio nos reatores e o não afogamento dos leitos dos filtros, em especial do filtro anaeróbico de fluxo descendente. O material nitrogenado em águas residuárias de origem doméstica é composto principalmente por nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico, amônia (livre – NH_3 e ionizada – NH_4^+), e

raramente traços de nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (MALAVOLTA, 1976; VON SPERLING, 1998).

O N amoniacal no efluente em estudo no experimento apresentou um valor médio de $4,51 \text{ mg L}^{-1}$, valor bem abaixo do que preconiza Von Sperling et al (1996), conforme a tabela 11, cujos valores devem ficar entre $12 - 45 \text{ mg L}^{-1}$. A resolução do CONAMA 357/05 determina que as concentrações de nitrogênio amoniacal nos efluentes não devem ultrapassar o valor de 20 mg/L e se a concentração destes forem maior que 150 mg L^{-1} já é suficiente para causar efeito tóxico as bactérias. Geralmente o N amoniacal é transformado em biomassa microbiana caso haja disponibilidade de carbono (C), no entanto, como é mais comum que em efluente de esgoto doméstico haja limitação de C, todo o N em ambientes anaeróbicos são transformado em gás amônio (NH_3) a depender do pH e da temperatura do efluente. Como o pH e temperatura do efluente são elevados, facilita a transformação do N amoniacal em gás amônio (NH_3) mais rapidamente, portanto, justificando sua baixa concentração no efluente analisado. Mas pressupõe-se que grande parte do N amoniacal foi transformada em nitrato (NO_3^-) por bactérias nitrificadoras na presença de oxigênio indesejável no sistema. Ainda assim, justifica a baixa concentração de N amoniacal no efluente.

A partir desta constatação surge uma preocupação para a necessidade da disponibilidade de N e em especial de C, pois estes elementos são importantes na relação carbono/nitrogênio (C/N), influenciando diretamente na decomposição do material orgânico. A relação C/N do efluente é de 1/5, quando a relação C/N ideal ou de equilíbrio é de 20/1. A Relação C/N muito baixa demonstrou haver uma taxa de decomposição e mineralização muito rápida. A falta de carbono ou sua recalcitrância no afluente limita o crescimento microbiano, que por sua vez, limita a capacidade de tratamento da ETE pela indisponibilidade de microrganismos para decompor a matéria orgânica.

Os microrganismos que atuam no tratamento necessitam de macronutrientes para o seu metabolismo, normalmente mensurados através da relação entre C:N:P ou DBO:NT:PT, recomenda-se 100:5:1 (Metcalf & Eddy, 1991). Para esgotos domésticos normalmente têm-se valores próximos a estes. Ao comparar a relação entre DBO:NT:PT do experimento temos a relação 1:5:3, ou seja, a quantidade de nitrogênio e fósforo são suficientes ou até excedem a necessidade de macronutrientes para o metabolismo dos microrganismos, sendo que a quantidade de carbono é insuficiente para o crescimento celular dos microrganismos prejudicando a decomposição do material, conseqüentemente o tratamento da água por falta de microrganismos, corroborando com o estudo da relação C/N.

A concentração da DQO afluente ao sistema é de 460,0 mg L⁻¹, enquanto a concentração do efluente do sistema é 317,4 mg L⁻¹, o que representa uma eficiência de remoção igual a 31%, eficiência esta que se encontra bem abaixo da faixa de eficiência esperada para decanto-digestores acoplados de filtros anaeróbicos, mesmo o resultado final estando abaixo da faixa de DQO efluente ótima proposto por Von Sperling (1995) conforme a tabela 11. O resultado final da DQO efluente foi satisfatório pela falta de matéria orgânica carbonacea no afluente, mesmo assim, a eficiência de remoção da DQO ficou a quem da esperada, talvez a unidade em questão não tenha obtido maior eficiência de remoção, pelo fato do efluente estar constituído por parcelas de materiais menos biodegradáveis.

A concentração da DBO no esgoto bruto é de 182 mg L⁻¹ e a concentração no efluente do sistema de tratamento é 27,3 mg L⁻¹, o que representa uma eficiência de remoção igual a 85%. Esta eficiência se encontra dentro da faixa de eficiência esperada para sistemas de decanto-digestores acoplados com filtros anaeróbicos, que varia de 80 a 85%, mesmo estando abaixo da faixa de DQO efluente proposto por Von Sperling (1995). A baixa concentração aliada à recalcitrância da matéria orgânica do afluente faz com que a DBO e a DQO do efluente fique abaixo da concentração de esgoto doméstico proposta por diversos autores.

A DQO efluente ao sistema foi 317,4 mg L⁻¹ enquanto a DBO efluente ao sistema foi 27,3 mg L⁻¹ e sua relação é de 11,62. Segundo Von Sperling (1995) para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO varia em torno de 1,7 a 2,4, indicando que há menor capacidade de reciclagem biológica ou degradabilidade dos resíduos por parte do sistema, corroborando com os resultados da relação C:N:P ou DBO:NT:PT e afirmando que o carbono disponível é de difícil degradabilidade. A Tabela 11 mostra os valores médios da análise físico-química do efluente.

Tabela 11 – Caracterização Físico-Química (valores médios) do esgoto tratado do Assentamento Milagres, Apodi/RN.

Caract.	Unidade	Valor	Faixa Von Sperling et al. (1996)	Caract.	Unidade	Valor	Faixa Von Sperling (1996)
pH	-	7,74	6,7 - 7,5	DBO _{5D} ¹	mg LO ₂ ⁻¹	182 – 27,3	250 – 450
Turbidez	UT	133,41		DQO _{2,5h} ²	mg LO ₂ ⁻¹	460 – 317,4	450 – 800
CE	ds m ⁻¹	1,26		Metais pesados (mg L ⁻¹)			
Nitrato	mg L ⁻¹	19,49	0 – 2				
Nitrito	mg L ⁻¹	0,56					
Amônia	mg L ⁻¹	4,51	12 – 45	Cd	<0.02		
N (total)	mg L ⁻¹	24,56	40 – 80	Cu	<0.02		
Fosfato	mg L ⁻¹	8,43	5 – 25	Pb	<0.03		

Cálcio	mg L ⁻¹	32,01		Cr	<0.05
Magnésio	mg L ⁻¹	40,71		Zn	0,055
				Ni	0,044
				Hg	<0.002

- 1 – O teste de DBO₅ baseia-se na diferença entre a concentração de oxigênio no t = 5 dias e no t = 0 dias de uma amostra incubada a 20 °C.
- 2 – O teste de DQO_{2,5h} baseia-se na diferença entre a concentração de oxigênio no t = 2,5 horas e no t = 0 horas de uma amostra incubada a 20 °C.

O esgoto apresentou concentração média de P de 8,43 mg L⁻¹, mantendo-se próximo ao limite inferior típico, que segundo Von Sperling (1996), é de 5 mg L⁻¹, tendo como limite máximo o valor de 25 mg L⁻¹. O fósforo presente nos esgotos domésticos é oriundo das seguintes fontes: de resíduos humanos, de detergentes domésticos e produtos de limpeza doméstica (Jenkins & Hermanowicz citados por Chernicharo, 2001). A baixa concentração de fósforo pode ser explicada pela baixa concentração de matéria orgânica no afluente e pela baixa concentração de produtos de limpeza no afluente, pelo fato das famílias utilizarem estas águas de limpeza para irrigar, especialmente, fruteiras nos quintais. Nesbitt citado por Chernicharo (2001) destaca que o carbono (C), o nitrogênio (N) e o fósforo (P) são elementos nutricionais necessários para as plantas. O C está disponível na maioria das águas e o N pode ser assimilado da atmosfera, mas o P tem sido encontrado por diversos autores como nutriente essencial limitante que precisa ser controlado.

Foram observadas concentrações de 0,02 de Cádmio (Cd) no efluente, valor superior ao limite sugerido por Ayers e Westcot (1985) adaptado de Rowee Abdel-Magid (1995) para água de irrigação, cuja concentração máxima recomendada em longo prazo é de 0,01, no entanto, apresenta concentração máxima baixa para uso em curto prazo, tendo esse limite a concentração de 0,05 mg/L⁻¹.

Outros elementos traços e/ou metais pesados como o Cu e Pb, Cr, Zn, Ni e Hg mostraram-se abaixo das concentrações máximas recomendadas em curto prazo recomendadas por Ayers e Westcot (1985) adaptado de Rowee Abdel-Magid (1995) para água de irrigação.

5.2 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO GIRASSOL ORNAMENTAL COM A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA PARA PRODUÇÃO

Crescimento e desenvolvimento vegetal são processos independentes que podem ocorrer simultaneamente ou não (WILHELM & McMASTER, 1995; STRECK et al., 2003).

Assim, segundo Fagundes et al (2007) uma planta crescendo não necessariamente está se desenvolvendo e vice-versa. O crescimento e o desenvolvimento das culturas são o resultado de fatores genéticos e ambientais, a quantificação dos fatores ambientais que afetam estes dois processos oportuniza a possibilidade de melhoria das técnicas aplicadas à produção, sendo a nutrição mineral um importante fator ambiental, pois o crescimento e desenvolvimento das plantas são dependentes da disponibilidade de nutriente.

5.2.1 Avaliação do crescimento das plantas

Crescimento vegetal se refere a mudanças irreversíveis de dimensões físicas de órgãos da planta como massa, volume, comprimento e área (HODGES, 1991; WILHELM & McMASTER, 1995).

5.2.1.1 Diâmetro do capítulo

De acordo com os resultados da Tabela 12, pode-se verificar que houve efeito significativo para o fator tratamento ($P < 0,0001$), dias e a interação fator tratamento versus dias ($P < 0,05$). Isso indica que os perfis não são coincidentes, horizontais e nem paralelos, ou seja, as diferentes proporções entre efluente e solução recomendada, promovem um comportamento distinto entre fatores de diluição de efluente para o diâmetro de caule, com o perfil variando ao longo do tempo de forma diferente para os tratamentos, respectivamente.

Ainda não se tem uma classificação e padronização de qualidade para a espécie de girassol ornamental, como existe para outras espécies, como *Dendranthema grandiflora* Tzevelev e *Gerbera jamesonii* Bolus (IBRAFLOR, 2005).

Deste modo, embora não haja uma classificação oficial, a padronização de diâmetro de capítulo, no mercado da floricultura de Curitiba, segundo SABACH, (2008) é caracterizada pelos tamanhos pequeno, até 9 cm, médio de 9 – 12 e grandes maiores que 12 cm. Assim sendo, mesmo com a diminuição ocorrida do capítulo, esta redução não foi excessiva, o que permitiria que estas flores fossem classificadas como médias, ficando dentro da faixa ótima para o girassol médio (Figura 18).

Tabela 12 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos do diâmetro do capítulo avaliado em sete datas ao longo do ciclo.

Análise univariada: Hipótese para perfis coincidentes obtido pelo fator tratamento.					
FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Bloco	3.00	16.22	5.41	1.15	0.3701
Tratamento	4.00	88.72	22.18	4.70	0.0163
Resíduo	12.00	56.59	4.72		
Análise multivariada: Hipótese para perfis horizontais obtido pelo fator dias. ($S=1$; $m_1=1,5$; $m_2=3$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.01	286.50	5	8	<.0001
Pillai's Trace	0.99	286.50	5	8	<.0001
Análise multivariada: Hipótese para perfis paralelos obtido pelo fator dias x trat. ($S=4$; $m_1=0$; $m_2=3$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.01	3.56	20	27.483	0.0012
Pillai's Trace	1.88	1.95	20	44	0.0322
(S; m_1 ; m_2)* Parâmetros utilizados na determinação dos valores de F(Calculado & Tabelado).					
Num. GL ¹ = Grau de liberdade do numerador; Den. GL ² = Grau de liberdade do denominador.					

Todos os fatores de diluição de efluente foram significativos para a variável diâmetro do capítulo, no entanto, o fator de diluição de efluente 4 com 25% efluente doméstico tratado (EFD) + 75% solução nutritiva recomendada (SNR) foi superior e dentro da média para comercialização (10 – 15 cm) a partir dos 47 DAT em consequência da maior concentração de nutrientes em especial o nitrogênio acumulados no substrato via sucessivas irrigações com lâminas contendo concentração de nutrientes constante. Porém, plantas de girassol cultivadas com o fator de diluição de efluente 1 com 100% efluente doméstico tratado (EFD) se mostrou sempre inferior. Como pode ser observado ainda que no início do desenvolvimento dos capítulos os diâmetros médios permaneceram próximos, sendo que no final os fatores de diluição de efluente 4 e 5 foram superiores (Figura 18).

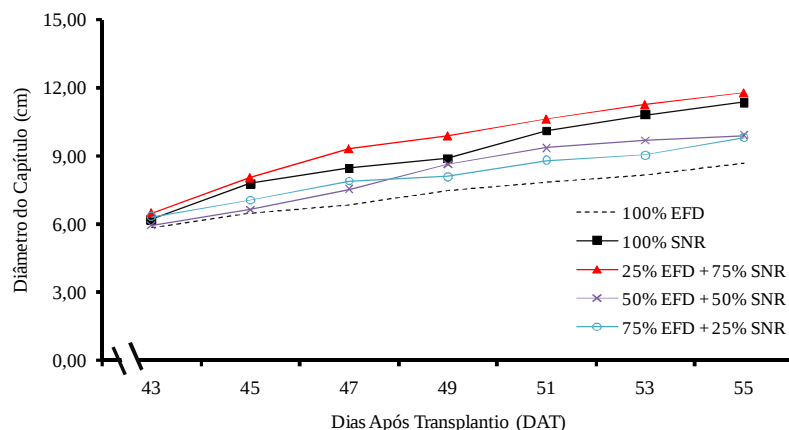


Figura 18 – Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável diâmetro do capítulo.

Segundo Anefalos & Guilhoto (2003) e Dasoju et al. (1998), o girassol tem um grande potencial como planta ornamental, pelo tempo curto para sua colheita, facilidade de propagação e principalmente pela sua inflorescência muito atrativa e bastante procurada para ornamentação em vasos e confecção de arranjos florais. Para ornamentação em vasos, o tamanho do capítulo assume maior importância, pois ele deve ser proporcional ao tamanho do vaso onde será produzido e comercializado. Por isso é que uma redução na altura final da haste não poderá reduzir drasticamente o tamanho do capítulo, pois do contrário, irá perder o valor comercial.

O diâmetro de inflorescência é, juntamente com a altura de plantas, a variável que indica o valor comercial da planta de girassol ornamental (Neves et al, 2005). De acordo com a SAKATA SEED CORPORATION (2003), os valores de diâmetro de inflorescência devem estar, em média, entre 10,0 e 15,0 cm de bráctea a bráctea.

Neste sentido o fator de diluição de efluente 4 com 25% efluente doméstico tratado (EFD) + 75% solução nutritiva recomendada (SNR) permitiu tamanhos de flores dentro dos valores médios estabelecidos para a comercialização a partir de praticamente dos 47 dias após transplante das plantas até aos 55 DAT, variando de 9,86 a 11,75, sendo este o maior valor obtido entre os fator de diluição de efluentes e datas de avaliação. Foi nesta proporção que se obteve tamanhos de capítulos maiores, mesmo em relação à solução nutritiva padrão. Esses resultados podem ser consequência da maior concentração de nutriente presente, principalmente nitrogênio, fator que favoreceu o desenvolvimento vegetativo em relação ao reprodutivo.

Por consequência da concentração de nutrientes, em especial o nitrogênio, acumulados no substrato pelas sucessivas irrigações e disponíveis as plantas provocaram

incompatibilidade para comercialização para vaso entre altura de planta e diâmetro do capítulo, sendo que a altura ideal (35 – 40 cm) é atingida entre os 26 e 33 DAT e o diâmetro ideal entre os 51 e 55 DAT, cuja as plantas nesta data devem apresentar altura próximo a 1 m, havendo necessidade de usar reguladores de crescimento ou comercializar as plantas com a finalidade de corte;

Watanabe et al (2005), que estudando girassol cultivar Sunbright em solução nutritiva concluíram que a solução diluída em 50% resultava em inflorescência de melhor qualidade.

De acordo com Castro & Oliveira (2005) as plantas do girassol, dos 28 aos 56 dias após a emergência, têm um rápido aumento na exigência nutricional, nas fases de florescimento e início do enchimento de aquênios (R5, R6 e R7) entre os 56 e 84 dias ocorre uma diminuição gradativa na velocidade de absorção de nutrientes quando se alcança o nível máximo de acúmulo em quantidades variáveis para cada nutriente. Biscaro et al. (2007) estudando adubação nitrogenada em girassol irrigado encontraram resultado de diâmetro máximo do capítulo de 11,9 cm, dentro dos padrões para comercialização, indicando que não é necessário uma alta quantidade de nitrogênio para proporcionar um bom crescimento do diâmetro do capítulo.

O fato de as plantas da hidroponia terem ficado constantemente em contato com a solução nutritiva pode ter acarretado maior tamanho da flor, em decorrência do fornecimento irrestrito de nutrientes e água, pois, de acordo com HIGAKI et al. (1992), a altura de plantas, a produção de flores e o da haste são características definidas pela potencialidade genética e podem ser influenciados pela nutrição mineral.

Assim pode-se inferir que plantas cultivadas em solos podem ter dificuldade de absorção de nutrientes e água quando comparado com sistemas hidropônicos com contato direto da solução com as raízes das plantas, com conseqüente diminuição do porte das plantas. SANTOS et al. (2001), estudando girassol ornamental cultivar Sunbright cultivado em vaso com substrato observaram que as plantas avaliadas 65 dias após a emergência apresentaram maiores diâmetros das inflorescências e menores alturas de caule, quando comparados às plantas cultivadas no campo, sendo, assim, comercialmente viáveis. Neves (2003), estudando o mesmo cultivar, em ambiente protegido, em vasos com quartzo moído e pedra britada contendo solução nutritiva e em solo, observou plantas com alturas excessivas para comercialização em vasos e capítulos iguais a 13,5, 11,6 e 8,5 respectivamente. O autor concluiu que uma alternativa nesse caso seria a utilização dessas plantas para comercialização como flores de corte.

5.2.1.2 Altura de planta

A avaliação da altura de plantas, demonstra efeito significativo ($p < 0,0001$) para o fator dias, por outro lado, não houve significância a um nível de 5% de probabilidade para o fator diluição de efluente, conseqüentemente, apresentado perfis coincidentes, desprezando assim uma análise de perfis paralelos (Tabela 13), o que leva o uso de um perfil médio único para representar os fatores de diluição de efluente (Figura 19).

A análise de crescimento é um método que segue a dinâmica da produção fotossintética, sendo de vital importância para compreender os processos morfo – fisiológicos da planta e sua influência sobre o rendimento. Pode, ainda, ser empregada para determinar a produção líquida das plantas, derivada do processo fotossintético, como resultado do desempenho do sistema assimilatório durante determinado período de tempo (CARDOSO et al., 1987); permitindo, também analisar os processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento das plantas.

Para altura de planta os fatores de diluição de efluente foram significativos para o fator dias, mas não para o fator diluição de efluente, desprezando a análise de perfil paralelo, indicando que o crescimento foi coincidente, ou seja, todos os fatores de diluição de efluente foram estatisticamente iguais, explicado pelo aumento do número de folhas dos fatores de diluição contendo efluente produzindo mais fotoassimilados e pela senescência antecipada das folhas do fator de diluição de efluente 5 com 100% de solução nutritiva recomendada (SNR) pela falta de absorção de nitrogênio decorrente do efeito salino cumulativo.

Tabela 13 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos da altura de plantas avaliada em sete datas ao longo do ciclo.

Análise univariada: Hipótese para perfis coincidentes obtido pelo fator tratamento.					
FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Bloco	3.00	134.09	44.70	0.65	0.6003
Tratamento	4.00	519.83	129.96	1.88	0.1791
Resíduo	12.00	830.31	69.19		
Análise multivariada: Hipótese para perfis horizontais obtido pelo fator dias. ($S=1; m_1=1,5; m_2=3$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.00	904.22	5	8	<.0001
Pillai's Trace	1.00	904.22	5	8	<.0001
Análise multivariada: Hipótese para perfis paralelos obtido pelo fator dias x trat. ($S=4; m_1=0; m_2=3$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.11	1.33	20	27.483	0.2403

Pillai's Trace	1.22	0.96	20	44	0.5197
(S; m ₁ ; m ₂)* Parâmetros utilizados na determinação dos valores de F (Calculado & Tabelado).					
Num. GL ¹ = Grau de liberdade do numerador; Den. GL ² = Grau de liberdade do denominador.					

O fator diluição de efluente 5 com 100% de solução nutritiva recomendada (SNR), foi levemente superior em altura até 26 DAT, após essa data, as plantas submetidas ao fator de diluição de efluente 4 com 25% Efluente domestico tratado (EFD) + 75% de solução nutritiva recomendada (SNR) superou levemente os demais fatores de diluição de efluente. Esse aumento de altura pode ser explicado pelo aumento do número de folhas do fator de diluição de efluente 4, sendo superior ao fator de diluição de efluente 5 dos 36 DAT até o final do ciclo, condição que favorece maior produção de fotoassimilados e conseqüentemente o desenvolvimento vegetativo.

Neves et al (2005) obtiveram resultados parecidos para a variável altura de plantas, verificando que até aos 28 dias após a emergência, as plantas em vasos com solo tiveram maior altura até 21 dias após a emergência (DAE). Após 28 DAE, as plantas da hidroponia superaram as plantas cultivadas no solo, permanecendo assim até o final do ciclo da cultura. As plantas cultivadas em vasos em hidroponia chegaram a uma altura de 131 cm, não sendo satisfatório para produção de plantas comercialmente viáveis visando a plantas envasadas. Apesar de as plantas nos vasos com solo terem apresentado menor altura que 85 cm, nenhum dos fatores de diluição de efluente foi satisfatório para produção de plantas comercialmente viáveis visando a plantas envasadas. A autora observou que plantas cultivadas com solução completa apresentaram as menores alturas. O fato de as plantas da hidroponia terem ficado constantemente em contato com a solução nutritiva pode ter acarretado suas maiores alturas.

De acordo com Barni et al (1995) o girassol não evidencia diferenças no crescimento quando é elevado o nível de fertilidade do solo quando cultivado na solução nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) com variação de nutrientes e efluente doméstico. Deve-se registrar que tal solução é considerada por super estimar as concentrações de macronutrientes sendo utilizada com 1/10 de sua força iônica para mudas e metade dela para plantas jovens (Ruiz, 1997), nesse trabalho essa força foi mantido até o fim do ciclo. Por outro lado, Neves et al. (2005), cultivando girassol ornamental com variação de nutrientes observou que as plantas cultivadas com solução completa apresentaram as menores alturas.

Isso indica que o excesso de nutrientes no fator de diluição de efluente 5 tenha resultado em plantas menores, ao mesmo tempo, o fornecimento de nutrientes pelo efluente,

quando as plantas foram submetidas ao fator de diluição de efluente 1 (100% EFD) favoreceu o crescimento das mesmas, condição que favoreceu a não significância dos tratamentos.

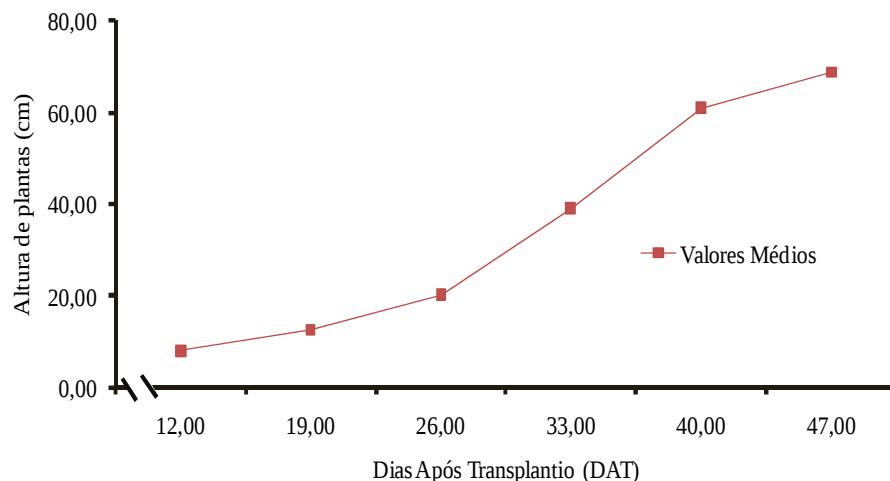


Figura 19 – Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável altura de planta.

Na Figura 19, verifica-se que as plantas apresentaram uma maior inclinação ascendente no perfil dos 26 DAT aos 40 DAT, indicando que nesse intervalo de tempo ocorre incremento de altura mais significativo. Os valores médios dos fatores de diluição de efluente para altura máxima de plantas foi obtida ao fim do experimento, onde correspondeu a 68,80 cm, valores que não são satisfatório para o cultivo de plantas envasadas. Segundo Neves et al (2005) a definição de uma altura-padrão para a comercialização do girassol ornamental em vasos é uma tarefa difícil, por ser uma variável subjetiva, dependendo muito da preferência do consumidor. Dessa maneira existem muitas espécies comercializadas pelo Veiling que ainda não tem padronização definida, como é o caso do girassol ornamental, situação em que cada produtor adota as suas próprias normas de padronização (NEVES, 2008). Entretanto, WHYPKER et al. (1998) afirmam que em se tratando da altura ideal, as plantas devem apresentar altura entre 35 e 40 cm, assim, de acordo com esses autores, as plantas obtidas nesses experimento não estariam com altura adequada para comercialização em vasos. Uma alternativa nesse caso seria sua utilização para comercialização como flores de corte. Num contexto geral, o padrão comercial para a produção de flores em vaso é recomendado que a planta apresente em média 1,5 vezes a altura do vaso (UESB, 2009).

5.2.1.3 Numero de folhas

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,0001$) para fator dias, bem como para o fator diluição de efluente e a interação entre tratamento versus dias, indicando que os perfis não são horizontais, coincidentes nem paralelos, respectivamente. Indicando que os fatores de diluição de efluente proporcionam crescimento ao longo do tempo com comportamento distinto entre perfis (Tabela 14).

Os fatores de diluição de efluente foram significativos para o numero de folhas e o fator de diluição de efluente 5 com 100% de solução nutritiva recomendada (SNR) foi superior até os 40 DAT, quando a partir daí o fator de diluição de efluente 4 com 25% efluente doméstico tratado (EFD) + 75% solução nutritiva recomendada (SNR) foi superior pelo acumulo de nutriente no substrato ao longo das irrigações.

Tabela 14 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos do número de folhas avaliado em sete datas ao longo do ciclo.

Análise univariada: Hipótese para perfis coincidentes obtido pelo fator tratamento.					
FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Bloco	3.00	61.44	20.48	1.66	0.2276
Tratamento	4.00	179.74	44.93	3.65	0.0363
Resíduo	12.00	147.82	12.32		
Análise multivariada: Hipótese para perfis horizontais obtido pelo fator dias. ($S=1; m_1=1,5; m_2=3$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.01	204.35	5	8	<.0001
Pillai's Trace	0.99	204.35	5	8	<.0001
Análise multivariada: Hipótese para perfis paralelos obtido pelo fator dias x trat. ($S=4; m_1=0; m_2=3$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.03	2.54	20	27.483	0.012
Pillai's Trace	1.87	1.94	20	44	0.0336
(S; $m_1; m_2$)* Parâmetros utilizados na determinação dos valores de F (Calculado & Tabelado).					
Num. GL ¹ = Grau de liberdade do numerador; Den. GL ² = Grau de liberdade do denominador.					

Para a variável número de folhas (Figura 20), pode-se verificar que esta teve comportamento semelhante nos cinco fatores de diluição de efluente, havendo um crescimento no inicio do desenvolvimento das plantas e um decréscimo praticamente a partir da metade do ciclo em diante. O fator de diluição de efluente 5 com 100% de solução nutritiva recomendada (SNR), foi superior aos demais até os 40 DAT após o transplântio.

Após essa data, o fator de diluição de efluente 4 (25% EFD + 75% SNR) se mostrou mais superior até o final do ciclo. BONACIN (2002), estudando o crescimento de plantas, produção e características das sementes de girassol (*Helianthus annuus* L. var. Embrapa 122-V2000), observou que houve decréscimo do número de folhas verdes, durante as avaliações, caracterizando a fase final da maturação com a senescência e a perda de folhas. As folhas senescentes surgiram com o decorrer do desenvolvimento da planta. A remobilização do nitrogênio na planta inicia com o processo de formação das flores e leva a senescência das folhas basais, caracterizada visualmente pelo amarelecimento dessas, seguida de morte (CRAFTS-BRANDER et al., 1998), assim como ocorreu no presente trabalho.

Fagundes et al. (2007), testando diferentes fontes e doses de nitrogênio no cultivo de girassol dobrado amarelo anão cultivar 'Double Sungold', observou que o aumento da dose de nitrogênio aplicado resultou num aumento do número final de folhas, e que a partir do ponto de máxima existe uma tendência à redução. A porcentagem de folhas senescentes diminui à medida que a dose de N aplicada via fertirrigação, aumenta até o valor de 132,4 mg L⁻¹, indicando que o aumento no fornecimento de N estimula o crescimento da planta (JOEL et al., 1997) aumentando a capacidade fotossintética das folhas através de um aumento na quantidade de estroma e proteínas tilacóides nas folhas, mantendo-as verdes por mais tempo (FREDEEN et al., 1991; MAKINO et al., 1992). Folhas bem supridas em N e P são mais eficientes na captação da energia solar, têm maior capacidade de assimilar CO₂ e sintetizar proteínas e carboidratos, influenciando o crescimento e desenvolvimento da planta e resultando, conseqüentemente, em maior acúmulo de biomassa (MARSCHNER, 1995);

Na fase de desenvolvimento R6, correspondente ao final da vida de vaso ou capítulo senescente, verificou-se que a diferença da incidência de folhas senescentes, entre as doses cai para pouco mais de 5%. Esse processo de aceleração da senescência foliar com a maturação da planta é esperado e ocorre devido a altas quantidades de nitrogênio que são mobilizadas das folhas para outros tecidos que estão em crescimento como, por exemplo, as flores (GUITMAN et al., 1991; SMART, 1994; CRAFTS-BRANDER et al., 1998).

Plantas que não recebem nitrogênio suplementar apresentaram em torno de 30% de folhas senescentes por vaso no ponto de comercialização, e a suplementação de N retarda a senescência das folhas, aspecto positivo para qualidade da planta na comercialização (FAGUNDES et al., 2007).

Já Nobre et al. (2009), notaram que o aumento da reposição hídrica de 40 a 120% com água residuária promoveu um aumento linear no número de folhas do girassol aos 39 e 63

dias após o semeio, datas em que o numero de folhas começa a diminuir no experimento de acordo com a Figura 20.

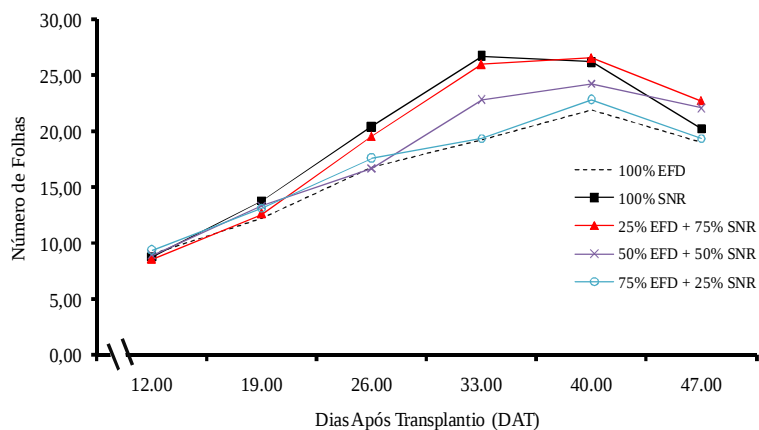


Figura 20 – Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável número de folhas.

Como pode ser observado ainda na Figura 20 no início do desenvolvimento do girassol até os 19 dias após transplântio (DAT), o numero de folhas foi muito próximo, comportamento semelhante foi observado no final do ciclo com os fatores de diluição de efluentes 3, 4 e 5 superando os demais, com 67,85, 73,27 e 72,53 cm, respectivamente. Apesar de apresentarem maiores valores nesta fase, de forma geral, verifica-se valores muito próximos, ocorrendo maior diferenciação entre os fatores de diluição de efluente aos 33 DAT.

Segundo Watanabe (2007) a ausência de identificação de estudos na literatura que avaliem número de folhas de ornamentais, submetidas à solução nutritiva com variação de nutrientes, impede a comparação dos resultados acima descritos.

5.2.1.4 Numero de pétalas

Na Tabela 15, pode-se verificar que as hipóteses de perfis coincidentes e paralelos foram aceitas a um nível mínimo de 5% de probabilidade. Por outro lado, rejeitou-se a hipótese de perfil horizontal ($p < 0,006$), ou seja, há um aumento no numero de pétalas com a aplicação dos fatores de diluição de efluente ao longo do tempo.

Segundo Evangelista e Lima (2008), na cultura do girassol o período em que ocorre maior taxa de absorção de nutrientes e crescimento mais acelerado está entre a formação do botão floral e a completa expansão da inflorescência. Os autores registram, entretanto, a

necessidade de disponibilidade de nutrientes desde o início do crescimento das plantas, para o estabelecimento normal da cultura, caso contrário uma planta mal nutrida no início do seu ciclo não poderá crescer e se desenvolver na mesma condição em que uma planta bem nutrida no início do ciclo. Neste sentido é importante se ter uma boa oferta de nutrientes prontamente disponíveis para atender de imediato a exigência da cultura, em especial se este período coincide com o período de maior demanda de nutrientes.

As plantas de girassol têm uma exigência bem menor de nutrientes no início do ciclo, fato este, que apesar do efluente doméstico tratado representar apenas 4% solução nutritiva recomendada, dá condições para suprir as necessidades da cultura no início do ciclo e no final do ciclo a maior exigência é suprida pelo acúmulo de nutrientes no substrato devido à aplicação de lâminas de irrigação com concentração de nutrientes constante.

Tabela 15 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos do número de pétalas avaliado em sete datas ao longo do ciclo.

Análise univariada: Hipótese para perfis coincidentes obtido pelo fator tratamento.					
FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Bloco	3.00	415.03	138.34	1.16	0.37
Tratamento	4.00	1248.74	312.19	2.61	0.09
Resíduo	12.00	1434.96	119.58		
Análise multivariada: Hipótese para perfis horizontais obtido pelo fator dias. ($S=1; m_1=2; m_2=2,5$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.12	8.62	6	7	0.006
Pillai's Trace	0.88	8.62	6	7	0.006
Análise multivariada: Hipótese para perfis paralelos obtido pelo fator dias x trat. ($S=4; m_1=0,5; m_2=2,5$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.09	1.06	24	25.63	0.4424
Pillai's Trace	1.54	1.04	24	40	0.4472
(S; m_1 ; m_2)* Parâmetros utilizados na determinação dos valores de F(Calculado & Tabelado).					
Num. GL ¹ = Grau de liberdade do numerador; Den. GL ² = Grau de liberdade do denominador.					

Para a variável número de pétalas os fatores de diluição de efluente foram significativas para os fatores de diluição versus dias e também para os fatores de diluição de efluente, não sendo significativo para o fator dias, ou seja, todos os fatores de diluição foram estatisticamente iguais, porém houve declínio do número de pétalas em meados da sobrevida da inflorescência, causado pela disponibilização mais balanceada de nutrientes pelos

tratamentos com efluente e redução do número de pétalas ocasionada pelo efeito salino com a utilização de 100% da solução nutritiva recomendada.

Pode-se perceber na Figura 21 que não houve diferença significativa no resultado da aplicação dos fatores de diluição de efluente. Portanto, a aplicação dos fatores de diluição confirma o crescimento do número de pétalas ao longo do tempo, demonstrando o mesmo comportamento na determinação do número de pétalas evidenciado na figura abaixo.

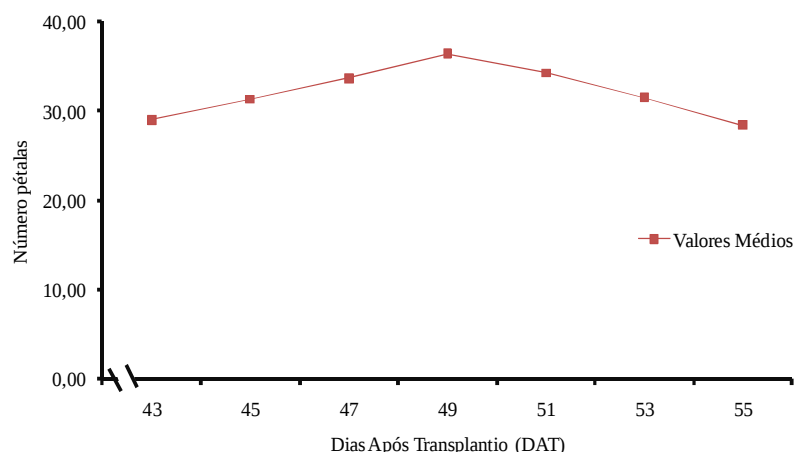


Figura 21 – Análise de perfis médios dos tratamentos sobre o número de pétalas avaliadas em sete datas do ciclo.

Souza, et al. (2010) observaram que a aplicação de água residuária aumentou (46,1%) o número de pétalas nas flores de girassol em relação às plantas que receberam água de abastecimento na irrigação. Neste experimento, acredita-se que este também tenha sido motivo para não haver diferenças entre os fatores de diluição de efluente, sendo a necessidade da cultura suprida pelo efluente que se acumulou no substrato, fertilizando-o constantemente, em especial, nas fases em que a cultura mais necessitou, ou seja, na fase de crescimento mais acelerado.

5.2.1.5 Diâmetro do caule

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para todos os fatores, comprovando que as os perfis não são coincidentes, horizontais e nem paralelos (Tabela 16).

O diâmetro de haste é juntamente com o diâmetro do capítulo e a altura de plantas, as variáveis que indicam o valor comercial da planta de girassol ornamental (Oliveira, 2010). O diâmetro do caule é uma característica muito importante no girassol, pois permite que ocorra menos acamamento da cultura e facilita seu manejo, tratos e colheita (Biscaro et al., 2007).

Segundo Braga (2009) a inflorescência do girassol é a parte da planta visada na comercialização de flores. Para o girassol, a inflorescência se desenvolve com a indução da fase reprodutiva, a partir do aumento do diâmetro do caule, dando origem ao receptáculo floral, de onde surgirão as flores propriamente ditas. CASTRO e FARIAS et al. (2005) citam que em híbridos e variedades comerciais não há ramificações, atingindo diâmetro médio de 40 mm, variando de 10 a 80 mm, e a altura oscilando entre 0,7 a 4,0 m. O desenvolvimento do caule é muito influenciado pelas condições ambientais e pela densidade das plantas.

Tabela 16 – Resultado univariado para análise de perfis coincidentes, multivariado para perfis horizontais e paralelos do diâmetro caulinar avaliado em sete datas ao longo do ciclo.

Análise univariada: Hipótese para perfis coincidentes obtido pelo fator tratamento.					
FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Bloco	3.00	0.05	0.02	0.70	0.5689
Tratamento	4.00	0.93	0.23	8.96	0.0014
Resíduo	12.00	0.31	0.03		
Análise multivariada: Hipótese para perfis horizontais obtido pelo fator dias. ($S=1; m_1=1,5; m_2=3$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.01	286.50	5	8	<.0001
Pillai's Trace	0.99	286.50	5	8	<.0001
Análise multivariada: Hipótese para perfis paralelos obtido pelo fator dias x trat ($S=4; m_1=0; m_2=3$)*					
Estatística	Valor	F	Num. GL ¹ .	Den. GL ² .	Pr > F
Wilks' Lambda	0.01	3.56	20	27.483	0.0012
Pillai's Trace	1.88	1.95	20	44	0.0322
(S; m_1 ; m_2)* Parâmetros utilizados na determinação dos valores de F(Calculado & Tabelado).					
Num. GL ¹ = Grau de liberdade do numerador; Den. GL ² = Grau de liberdade do denominador.					

Pode-se verificar na Figura 22 que o efeito dos fatores de diluição de efluentes no diâmetro caulinar se mostrou bastante semelhante no que se refere ao perfil de crescimento até aos 19 DAT. A partir dessa data o fator de diluição de efluente 5 com 100% de solução nutritiva recomendada (SNR), teve maior desempenho no diâmetro do caule em relação aos demais fatores de diluição, pelo fato dos fatores de diluição de efluente contendo água residuária, reduzir o tempo de maturação ou indução floral com concomitante redução do diâmetro caulinar.

Os valores do diâmetro caulinar têm uma disposição ascendente até meados dos 60 DAT, quando após essa data há redução do diâmetro médio. A estabilização ou decréscimo no diâmetro pode ser explicada pela paralisação no crescimento vegetativo em função da

aceleração do comportamento produtivo ocorrendo o direcionamento dos fotoassimilados produzidos, para outros órgãos (Taiz & Zeiger, 2006), a exemplo das flores e aquênios.

Estudos da aplicação de nitrogênio no crescimento do girassol em vaso com solo confirmam a obtenção do diâmetro caulinar com valores superiores a 12 mm. Os valores dessa variável também tiveram uma disposição ascendente até os 60 DAS e, após essa data, redução nos valores médios do diâmetro do caule.

SANTOS (2002), utilizando quatro tamanhos de vasos visando à produção de flores de *Helianthus annuus* L. cv. Sunbright em Ilha Solteira verificou que a média de diâmetro de haste se manteve em torno de 8,5 mm, valor menor do que o encontrado no presente trabalho para as plantas hidropônicas. Neves et al. (2005), avaliando dois substratos em cultivo com solução nutritiva, comparando cultivo em vasos com solo encontrou valores de 13 mm para as plantas de vasos e 8,0 mm para as plantas em solos, se a semelhando melhor aos resultados obtidos no presente trabalho.

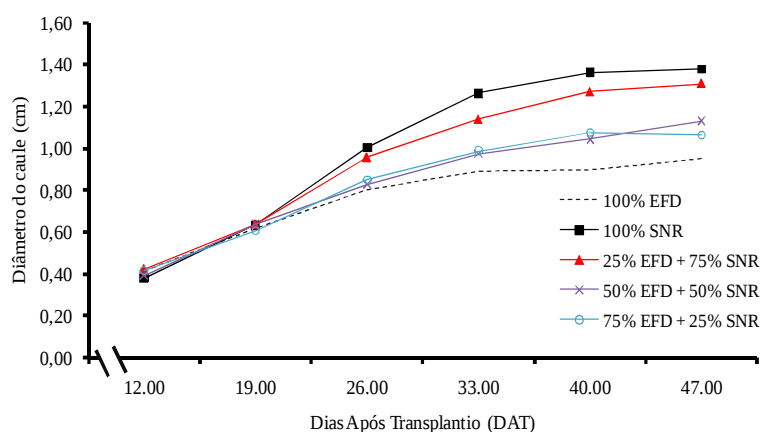


Figura 22 – Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável diâmetro do caule.

O fator de diluição de efluente 4 (25% EFD + 75% SNR) foi o segundo mais eficiente para a variável diâmetro do caule. Podemos observar na Figura 22 que as distâncias médias entre fator de diluição de efluentes são crescentes até aproximadamente 47 DAT, cuja data coincide com a paralisação do crescimento vegetativo dando lugar ao comportamento produtivo, com a diferenciação floral. Prado & Leal (2006) pesquisando as deficiências nutricionais no girassol, constataram que a omissão de N reduziu significativamente o desenvolvimento das plantas, afetando o diâmetro do caule. Apesar de o efluente ser uma fonte desse elemento, sua quantidade não equivale à solução nutritiva recomenda, não suprimindo as necessidades da planta principalmente no período de maior exigência (33 a 47

DAT), uma vez que no início as médias encontram-se próximas. Mesmo com menor valor de diâmetro, o uso de apenas efluente permite diâmetros próximos aos encontrados na literatura.

GARCEZ NETO et al. (2002) estudando aplicação de doses de N em girassol chegou a conclusão que o aumento da dose influencia o desenvolvimento da área foliar e conseqüentemente o maior diâmetro da planta, já que o nitrogênio altera a taxa de elongação e/ou divisão celular, assim contribuindo para o tamanho final das folhas.

Santos (2002), utilizando quatro tamanhos de vasos visando à produção de flores de *Helianthus annuus L.* cv. Sunbright em Ilha Solteira verificou que a média de diâmetro de haste se manteve em torno de 8,5 mm, valor menor do que o encontrado no presente trabalho. Neves et al. (2005), avaliando dois substratos em cultivo com solução nutritiva, comparando cultivo em vasos e cultivo em solo encontrou valores de 13 mm e 8,0 mm, respectivamente. Deve-se ressaltar que para nenhum tratamento houve acamamento de plantas, o que poderia ser uma conseqüência de caules delgados, com diâmetros insuficientes para sustentação das plantas.

Estudos também com a cultura do girassol, observaram diâmetro do caule superior para as plantas do tratamento de irrigação utilizando esgoto tratado quando comparado ao uso da água de poço com adição de nutrientes, sendo que igual comportamento se manifestou para todas as outras características avaliadas da planta. AUGUSTO et al. (2003), trabalhando com mudas florestais de copaíba irrigadas com água de abastecimento com adição de fertilizantes minerais e água residuária de esgoto, observaram uma ausência de efeito significativo para a variável diâmetro do caule porém com tendências de plantas de diâmetros superiores no tratamento de água residuária. Estes resultados são divergentes dos resultados encontrados no presente trabalho para diâmetro do caule.

Travassos (2011) estudando o comportamento do girassol irrigado com diferentes níveis de salinidade da água chegou ao resultado que a salinidade da água afetou linearmente o diâmetro da planta aos 20, 30 e 40 DAT, havendo decréscimo relativo por incremento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação. Pode-se constatar a influência negativa da salinidade da água de irrigação sobre o decréscimo relativo do diâmetro do caule com leve diminuição com o tempo de cultivo demonstrando que o impacto negativo da salinidade sobre o diâmetro do caule não foi muito elevado com o aumento do tempo. Essa diferença entre níveis salinos pode ser um indicativo que o efeito da salinidade se comportou de maneira semelhante para todos os níveis de salinidade da água de irrigação, sendo que quanto maior a salinidade da água de irrigação, maior foi o decréscimo no diâmetro do caule da planta.

5.2.2 Avaliação do desenvolvimento do girassol

Desenvolvimento vegetal envolve a diferenciação celular, a morfogênese, o aparecimento e a senescência de órgãos (HODGES, 1991; WILHELM & McMASTER, 1995).

5.2.2.1 Matéria seca

De acordo com a Tabela 17, pode-se verificar efeito significativo, para as variáveis, matéria seca das folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca do capítulo (MSCAP) e matéria seca total (MST), quando os dados foram submetidos ao teste F na análise de variância a um nível de 5% de probabilidade. Barni (1995) e Bruginsk & Pissaia (2002) estudaram girassol com vários níveis de adubação e concluiu que plantas deficientes em nutrientes apresentam rendimento reduzido devido, em grande parte, à redução de área foliar e, conseqüentemente, redução da taxa de fotossíntese, que leva a diminuição de acúmulo de matéria seca nos diversos órgãos do vegetal. Essa mesma explicação pode ser aplicada a esse experimento, onde se verifica que as plantas submetidas ao fator de diluição do efluente 1 com 100% efluente doméstico tratado (EFD), apresentam menor área foliar, bem como número de folhas, afetando drasticamente o desenvolvimento da planta, em conseqüência ocorrendo a redução da massa seca para todos os órgãos.

Quando há deficiência ou excesso de macro ou micronutriente ocorre diminuição da duração das folhas verdes (metabolicamente ativas) interferindo na produção de massa seca total (MALAVOLTA et al., 1976) e conseqüentemente sobre a produtividade da cultura.

De acordo com a Tabela 18, pode-se comprovar o efeito nutricional do meio sobre o desenvolvimento foliar, ressaltando o que foi dito anteriormente, constata-se que as plantas submetidas a 100% EFD, menor suprimento nutricional, apresentam massa seca foliar inferior aos demais fatores de diluição de efluente equivalendo $4,41 \text{ g planta}^{-1}$, isso representa uma perda de 63,49% em relação às plantas submetidas ao fator de diluição de efluente 5 com 100% solução nutritiva recomendada (SNR), entretanto, não verificou-se diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) pelo teste SNK, quando utilizou-se uma proporção de 0% até 50% efluente nos fatores de diluição de efluente.

Tabela 17 – Resumo da análise de variância para matéria seca foliar, caulinar, do capítulo e total aos 55 dias após transplantio.

Fonte de variação	G. L.	MSF ¹	MSC ²	MSCAP ³	MST ⁴
		-----Quadrado Médio'-----			
Bloco	3	12.34 ^{ns}	4.00 ^{ns}	16.41 ^{ns}	126.47 ^{ns}
Tratamento	4	172.99*	72.22 **	275.55 **	2032.01 **
Erro	12	8.29	4.37	20.42	82.89
CV(%)		17.08	17.42	18.22	15.27

¹ MSF – Matéria seca das folhas;

² MSC – Matéria seca do caule;

³ MSCAP – Matéria seca do capítulo;

⁴ MST – Matéria seca total.

A matéria seca caulinar foi significativamente ($p < 0,05$) superior no fator de diluição de efluente 5 com 100% de solução nutritiva recomendada (SNR), correspondendo a 18,37 g/planta, por outro lado, o fator de diluição de efluente 1 com 100% efluente doméstico tratado (EFD) apresentou menor valor 7,74 g planta⁻¹, isso representa uma perda 57,90%. Esses resultados já eram esperados, uma vez que com o fator de diluição de efluente 1 com 100% de efluente doméstico tratado (EFD), obtive diâmetro caulinar e altura de plantas menor e semelhante, respectivamente, características que afetam a massa seca.

Tabela 18 – Teste de SNK aplicado a um nível de 5% de probabilidade para as variáveis de matéria seca no final do experimento.

TRATAMENTOS	MSF		MSC		MSCAP		MST	
	----- Valores Médios (g) -----							
1 – 100% EFD	9.41	A	7.74	a	14.94	a	33.02	A
2 – 75% EFD + 25% SNR	13.07	A	8.88	a	21.03	a	45.90	Ab
3 – 50% EFD + 50% SNR	14.78	A	11.25	ab	21.13	a	54.43	B
4 – 25% EFD + 75% SNR	21.26	B	13.76	b	34.20	b	76.42	C
5 – 100% SNR	25.77	C	18.37	c	32.69	b	88.38	C

¹ MSF – Matéria seca das folhas;

² MSC – Matéria seca do caule;

³ MSCAP – Matéria seca do capítulo;

⁴ MST – Matéria seca total.

A matéria seca do capítulo (MSC) (Tabela 18) para o fator de diluição de efluente 4 (25% EFD + 75% SNR) foi igual ao fator de diluição de efluente 5 (100% SNR), sendo estes superior aos demais, de acordo com teste SNK a um nível de 5% de probabilidade. Duas características principais são decisivas para esse resultado que são o diâmetro e a profundidade do capítulo. Se voltarmos à análise de perfis para diâmetro do capítulo, verificaremos que estes fatores de diluição de efluente apresentaram maior diâmetro em todo

o ciclo, bem como no final. Apesar de não ter sido mensurado, a profundidade do capítulo também era superior para estes tratamentos.

A matéria seca total (MST) (Tabela 18) equivale soma da massa de todos os órgãos do vegetal, exceto o a massa seca de capítulos secundários, que foi retirada devido sua insignificância estatística e elevado coeficiente de variação dos dados. Por ser um valor dependente da massa seca foliar, caular e do capítulo, a MST não poderia ter resultados divergentes aos mesmos. Constata-se que o capítulo foi o principal compartimento vegetal em massa, posteriormente folha e caule. Assim como a massa de capítulo, os fatores de diluição de efluente formados por 100% e 75% de SNR, foram os que apresentaram maior massa total, com 88,38 e 76,42 g planta⁻¹, respectivamente.

A relação parte aérea/raiz é uma correlação de desenvolvimento, expressando o fato de que o crescimento radicular pode afetar o da parte aérea e vice-versa (CORREIA & NOGUEIRA, 2004). Frazão et al. (2010), conduziram um trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos das omissões de N, P, K, Ca, Mg S e B na produção de matéria seca e nos índices biométricos de bastão-do-imperador sob deficiências de nutrientes, verificaram que a omissão de B, K e P, resultaram nas menores produções de raízes.

5.2.2.2 Teor de nutrientes no tecido vegetal

Com exceção do potássio e cálcio, todas as variáveis apresentaram diferença estatisticamente significativa a um nível de 5% de probabilidade pelo teste Student-Newman-Keuls (Tabela 19).

Tabela 19 – Resumo da análise de variância com os respectivos quadrados médios para os macro-nutrientes (N, P, K, Ca e Mg).

Fonte de variação	G. L.	N	P	K	Ca	Mg
		-----Quadrado Médio-----				
Bloco	3	68.87 ns	0.06 ^{ns}	41.35 ^{ns}	116.55 **	0.053 ^{ns}
Tratamento	4	116.55 *	0.88 *	51.96 ^{ns}	6.82 ^{ns}	0.11*
Erro	12	17.17	0.12	35.37	8.44	0.02
CV(%)		10.25	11.93	9.63	5.46	1.12

* 5% de significância; ** 1% de significância; ^{ns} Não significativo.

De acordo com análise de tecido foliar (Tabela 20), houve maior acúmulo de N nas plantas fertirrigadas com ao fator de diluição de efluente 3 (45,39 g kg⁻¹ de nitrogênio por planta), uma variação de 23.82 % em relação ao fator de diluição de efluente 1, com menor

concentração, correspondendo a 34,58 g kg⁻¹. Castro & Oliveira (2005) considera como suficiente ou médio teores em torno de 30,79 g kg⁻¹. O efluente representa 4,8% da necessidade geral de N pelo girassol, referente a solução recomendada (SNR). Nos fatores de diluição de efluente 1 e 2, observou-se modificações fisiológicas como retardamento do crescimento, principalmente no componente de área foliar, típicas de deficiência de nitrogênio, segundo Fernández et al. (1994).

As plantas fertirrigadas somente com efluente, apresentaram os menores índices foliares de fósforo 2,15 g kg⁻¹, enquanto no fator de diluição de efluente 5 (Solução nutritiva padrão) apresentaram os maiores teores do elemento, correspondendo 3,14 g kg⁻¹. Assim como o nitrogênio, a carência de fósforo resulta em menor crescimento da planta (SANCHEZ, 2007), reduz o número de folhas e a expansão foliar (FURLANI, 2004), sinais apresentados pelas plantas submetidas principalmente a aplicação do fator de diluição de efluente 1.

Assim como para o fósforo, as plantas submetidas ao fator de diluição de efluente 1 (100% de EFD) apresentaram os menores teores foliares de magnésio (Mg), com valor máximo alcançado no fator de diluição de efluente 4 (11,87 g kg⁻¹), com variação corresponde de 3,42%. Os valores encontrados estão acima da faixa adequada indicada por Raij et al. (1996) que é de 3,0-8,0 g kg⁻¹. Entretanto, não se verificou nenhum sintoma de toxidez nos cinco fatores de diluição de efluente. Esses valores podem estar relacionados com a maior necessidade do elemento quando as plantas estão submetidas a um ambiente com maior luminosidade, condição que acelera o processo de fotossíntese e sendo o magnésio elemento central da molécula de clorofila e ativador enzimático, é assim exigido em maiores quantidades.

Tabela 20 – Valores médios do teor foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) para os diferentes fatores de diluição de efluente.

Tratamentos	Macronutrientes (g/kg)											
	N			P			K			Ca		
1 – 100% EFD	34.58	a		2.15	A		59.85	a		51.69	A	11.46
2 – 75% EFD + 25% SNR	34.62	a		2.82	B		61.56	a		53.93	A	11.84
3 – 50% EFD + 50% SNR	45.39	b		3.17	B		58.54	a		53.83	A	11.78
4 – 25% EFD + 75% SNR	44.67	b		2.90	B		60.90	a		54.70	A	11.87
5 – 100% SNR	42.87	b		3.40	B		67.86	a		52.03	A	11.84

Médias na vertical seguida pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Student- Newman-Keuls (SNK).

Para o potássio e cálcio não houve efeito estatisticamente significativo a um nível de 5% de probabilidade, quando as médias foram submetidas ao teste F na análise de variância (ANAVA).

Segundo Bellé (1998), o potássio é o nutriente exigido em maiores quantidades para culturas pertencentes à família Asteraceae. A menor concentração de potássio foi encontrada no fator de diluição de efluente 3 (58,54 g kg⁻¹), e a maior no fator de diluição de efluente 5 (67,86 g kg⁻¹), não havendo diferença estatística entre os fatores de diluição de efluente, mostrando a suficiência nutricional do efluente em relação a necessidade de potássio pela cultura do girassol ornamental. O potássio desempenha importante papel na regulação do potencial osmótico das células, governando, assim, a abertura e o fechamento dos estômatos Taiz e Zeiger (2006). Nenhum sintoma característico de deficiência do elemento foi encontrado, como queima das bordas foliares, por exemplo, o que reforça a idéia de suficiência.

A análise de cálcio mostra uma variação entre os fator de diluição de efluente 4 e 1 de 5,50%, com valor máximo de 54,70 g kg⁻¹ no fator de diluição de efluente 4 e mínimo de 51,69 g kg⁻¹ no fator de diluição de efluente 1. Esses valores encontram-se muito acima dos encontrados na literatura, Braga (2009) estudando a dose de N em girassol ornamental de vasos, obteve 20,00 g kg⁻¹, isso pode estar relacionado à maior evapotranspiração local, que aumenta absorção de solução, conseqüentemente maior acúmulo nos tecidos.

O desbalanceamento nutricional gerado pelo uso do efluente afetou decisivamente os resultados obtidos, dessa forma merece correção para seu uso eficiente, para isso deve-se usar a dosagem de fertilizantes de acordo com recomendação nutricional para cultura e níveis de nutrientes presentes no efluente. Nesse experimento, pode-se verificar essa condição nos três primeiros fatores de diluição de efluente (1, 2 e 3), onde o fator de diluição de efluente 3 possuindo 50% de solução balanceada, não é capaz de equilibrar o meio, dando origem a capítulos com diâmetros estatisticamente iguais aos produzidos somente com efluente.

Em geral, as plantas apresentaram maior concentração de nutrientes na folha que valores observados na literatura (Prado & Leal, 2006, Raij et al., 1996), uma provável explicação para essa condição deve-se a fato de ocorrer acúmulo dos mesmos no substrato nas sucessivas irrigações, condição favorecida pela elevada evapotranspiração local que leva a uma maior frequência de fertirrigações diárias. Deve-se ressaltar que a coleta das folhas foram realizadas no início do florescimento, como indica a literatura, quando as plantas estão em pleno desenvolvimento vegetativo. O fato dos elementos presentes na água residuária estarem prontamente disponível é outra condição que favorece.

Comparando-se as concentrações de potássio, cálcio e magnésio encontrados no fator de diluição de efluente testemunha do trabalho realizado por Prado & Leal (2006) avaliando o efeito da emissão de elementos na produção de girassol ornamental, verifica-se valores inferior aos obtidos neste experimento, quando as plantas foram tratadas somente com efluente domestico, mesmo, eles estando trabalho com a solução nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) completa, ou seja, o dobro da concentração aqui utilizada. Isso fortalece a hipótese levantada acima. Além disso, as águas da região têm como característica principal, elevadas concentrações desses elementos.

6 CONCLUSÕES

1- O sistema de tratamento de água residuária é viável para utilização em comunidades rurais, porém há necessidade de fazer algumas adaptações para reduzir a concentração de nitrato (NO_3^-) no efluente final que se mostrou elevado devido a um erro na instalação dos canos durante a construção da ETE;

2- Em termos de eficiência para redução de nutrientes, a estação de tratamento tem suas limitações e a depender do uso a que se destine o efluente, será necessário em sua seqüência de alimentação, mais um sistema de tratamento específico;

3- Os fatores de diluição de efluente foram significativos para todas as variáveis de crescimento analisadas, tendo os fatores de diluição 4 e 5 os melhores desempenhos, no entanto, o fator de diluição 5 (100% solução nutritiva recomendada) se mostrou superior ao fator de diluição 4 (25% efluente doméstico tratado + 75% solução nutritiva recomendada) no final do ciclo da cultura girassol devido ao aumento da exigência nutricional, acontecendo o contrário apenas para a variável diâmetro do caule e havendo exceção para as variáveis altura de planta e numero de pétalas que mostraram crescimento coincidente;

4- Foram observadas a matéria seca da folha, caule e capítulo não havendo diferenças significativas entre os fatores de diluição de efluente, mas o fator de diluição 1 com 100% de efluente doméstico tratado (EFD) obteve resultado insatisfatório;

5- Apenas os teores de nitrogênio (N), Fósforo (P) e Magnésio (Mg) apresentaram diferenças significativas entre os fatores de diluição de efluente, mesmo assim, apesar do efluente doméstico utilizado possuir apenas 4% da concentração de nutrientes contidos na solução nutritiva recomendada, ainda assim supriu as necessidades da cultura do girassol ornamental pelo acumulo de nutrientes no substrato devido à aplicação de lâminas de irrigação com concentração de nutrientes constante;

6- As misturas (fatores de diluição) diluíram a solução nutritiva recomendada (SNR), por conseguinte, promoveram o desbalanceamento nutricional da solução, diminuindo significativamente sua eficiência.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. 1986 Disponível em: <<http://www.4shared.com/document/0CXA8gUU/nbr-9648-1986.html?>>. Acesso em: 05 mai. 2011.

ABNT (1997). **NBR 13969** – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro 60 p.

ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT an hydroponic systems. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 361, p. 254-257, 1994.

AL-JALOUD, A.A.; HUSSAIN, G.; AL-SAATI, A.J.;KARIMULLA, S. Effect of wastewater irrigation on mineral composition of corn and sorghum plants in a pot experiment. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p. 1677-1692, 1995.

ALMEIDA, E.F;. **Diferentes conservantes comerciais e condições de armazenamento na pós-colheita de rosas**. CERES, v. 17, n. 6, p.193-198, 2009. Disponível em:< <http://www.ceres.ufv.br/ CERES /revistas /V56N002P51209.pdf>> Acesso em: 15, dez. 2009.

AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 34, p. 81- 94, 1997.

ANDRADE NETO, C. O. O. **Uso de Esgotos Sanitários e Efluentes Tratados na Irrigação**. IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem - Natal, Rio Grande do Norte. Anais Vol. 2, p.1961-2006, 1991.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários** – Experiência Brasileira. Rio de Janeiro, ABES, 301p. 1997.

ANDRADE NETO, C. O., ALÉM SOBRINHO, P., MELO, H. N. S.; AISSE, M. M. **Decanto-Digestores (pp. 117-138) in Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. CAMPOS, J. R. (Coordenador) et all. Rio de Janeiro: ABES – Projeto PROSAB. 464 pp. 1999a.

ANDRADE NETO, C. O.; CAMPOS, J. R.; ALÉM SOBRINHO, P.; CHERNICHARO, C. A. L.; NOUR, E. A. **Filtros Anaeróbios (pp. 139-154) in Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo.** CAMPOS, J. R. (Coordenador) et all. Rio de Janeiro: ABES - Projeto PROSAB. 464 p. 1999b.

ANDRADE NETO, C. O.; MELO, H. N. S.; PEREIRA, M. G.; LUCAS FILHO, M.. **Filtros Anaeróbios com Enchimento de Diferentes Materiais.** p.75-86. In: Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios: coletânea de trabalhos técnicos. CHERNICHARO, C.A.L. (Coordenador). Belo Horizonte, Projeto PROSAB. 220p. 2000.

ANDRADE NETO, C.O.; ALÉM SOBRINHO, P.; SOUZA MELO, H.N.; AISSE, M.M. Decanto-digestores: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

ANDRADE NETO, C.O.; PEREIRA M.G.; SANTOS, H.R.; MELO, H.N.S. **Filtros Anaeróbios de Fluxo Descendente Afogados, com Diferentes Enchimentos.** Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, ABES, p27-36. 1999c.

ANEFALOS, L. C.; GUILHOTO, J. J. M. Estrutura do mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 41-63, 2003.

ANSORENA, J.M. **Sustratos: propiedades y caracterizacion.** Espanha: Mundi-Prensa, Madrid 1994. 172p.

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications.** New York: Thomson Publishing, 332p., 1995.

ASANO, T. **"Planning and Implementation of Water Reuse Projects"**. Water Science and Technology, Vol. 24, N° 9, 1991.

ASANO, T.; LEONG, L.Y.C.; RIGBY, M.G.; SAKAJI, R.H. **Evaluation of the California wastewater reclamation criteria using enteric virus monitoring data.** Water Science and Technology, 26 (7-8), 1513 – 1524, 1992.

ASANO, T.; LEVINE, A. D. **Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future"**. Water Science and Technology, Vol. 33, No 10-11, 1996.

ASANO, T.; PETTYGROVE, G. S. **Using reclaimed municipal wastewater for irrigation.** California Agriculture, Berkeley, v.41, n.3/4, p. 15-18, 1987.

ATHAYDE JUNIOR, G. B.; LEITE, V. D. **Tratamento de águas residuárias domésticas para reuso na agricultura i: lagoas de estabilização**. Disponível em: <
[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/AE485CFBF901546483256F8600489F26/\\$File/NT000A301E.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/AE485CFBF901546483256F8600489F26/$File/NT000A301E.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2007.

ATHAYDE JÚNIOR, G.B. **On the Design and Operation of Wastewater Storage and Treatment Reservoirs in Northeast Brazil**. PhD thesis. Leeds, England: University of Leeds, School of Civil Engineering. 1999.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de águas residuárias de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba). **Revista Árvore**. Viçosa, MG, v.27, n.3, p.335-342, 2003.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento Biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.4, p.745-751, 2003.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB, 1991.(Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1) 217p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de.; DAMASCENO, F. A. V. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO 1985.174p. Irrigation and drainage, 29.

AYRES, R. M.; ALABASTER, G. P.; MARA, D.D. **A design equation for human intestinal nematode egg removal**. Water Resarch, 26 (6), 863 – 865, 1992.

AYRES, R. M.; ALABASTER, G. P.; MARA, D.D. **A design equation for human intestinal nematode egg removal**. Water Resarch, 26 (6), 863 – 865, 1992.

AYRES, R.M. & MARA, D.D. **Analysis of wastewater for use in agriculture – A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques**. World Health Organization, Geneva. 1996.

BAILEY, D.; WHIPKER, B.E. Height control of commercial greenhouse flowers. **Horticulture Information Leaflet**, Raleigh, v. 528, 17p., 1998.

BALKS, M. R.; et al. Effects of sodium accumulation on soil physical properties under an effluent-irrigated plantation. **Australian Journal of soil Research**, v. 36, p.821-830, 1998.

BARBOSA FILHO, M. P. Cerais. p. 413-444. In: FERREIRA, M. E; CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 734 p. 1991.

Barni, N. A.; Berlatto, M. A.; Santos A. O. & Sartori G. (1995), **Análise de crescimento do girassol em resposta a cultivares, níveis de adubação e épocas de semeadura**. Pesquisa Agropecuária Gaucha, **1**, 167-184.

BASTOS, R.K.X (Coord.). **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 267 p. Projeto PROSAB.

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

BASTOS, R.K.X.; MARA, D.D. The bacterial quality of salad crops drip and furrow irrigated with waste stabilization pond effluent: an evaluation of the WHO guidelines. **Water Science and Technology**, 31 (12), 425 – 430, 1995.

Baumgarten, A. 2002. **Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants**. Anais do III Encontro Nacional So-bre Substrato Para Plantas, Campinas, Brasil, p.7-15.

BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. Anais do III Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas, Campinas, 2002. **Documentos IAC**, 70. Campinas: IAC, p. 7-15. 2002.

BEEKMAN, G. B. **Qualidade e conservação da água**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília. Conferência...Brasília: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BELLÉ S. 1998. **Sistemas de irrigação e concentrações de adubação complementar na produção de *Gerbera jamesonii* cv 1187 em vaso**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 122 f. (Tese doutorado).

BENETTI, A. D. A aplicação de irrigação para a produção de alimentos prosseguiu através dos séculos até a idade contemporânea. In: **II Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura**. Universidade de Passo Fundo, 2006. Disponível em: < <http://www.upf.br/coaju/download/reusoaguasII.pdf> >. Acesso em: 10 abr. 2007.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep. 2003.

BERNARDI, C.C. **Reuso de água para irrigação**. Monografia. ISEA-FGV Ecobusiness School. 2003. 52 p.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 5ª edição. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 596p. 1989.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso de água no meio agrícola. *Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária*, Campinas v. 1, n. 1, p. 152-169, jun. 2008.

BERWANGER, A.L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BISCARO, G.A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. D. S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. **Adubação Nitrogenada em Cobertura no Girassol Irrigado nas Condições de Cassilândia-MS**. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1366-1373, set./out., 2008.

BLUMENTHAL, U.J.; ABISUDJAK, B.; CIFUENTES, E.; BENNET, S.; RUIZ-PALACIOS, G. **Recent epidemiological studies to test microbiological quality guidelines for wastewater use in agriculture and aquaculture**. *Public Health Reviews*, 19, 237 – 250, 1992.

BLUMENTHAL, U.J.; et al. Evaluation of the WHO nematode egg guidelines for restricted and unrestricted irrigation. **Water Science and Technology**, 33 (10 - 11), 277 – 283, 1996.

BLUMENTHAL, U.J.; et al. **Guidelines for wastewater reuse un agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence WELL Study**, Task No 68 , Part I. WELL, London, 2000.

BLUMENTHAL, U.J.; et al. Recent epidemiological studies to test microbiological quality guidelines for wastewater use in agriculture and aquaculture. **Public Health Reviews**, 19, 237 – 250, 1992.

BONACIN, A. G. Crescimento de plantas, produção e característica das sementes de girassol em função de doses de boro. 2002. 98 p. **Tese de Doutorado**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp. Jaboticabal, São Paulo.

BONACIN, A. G. Crescimento de plantas, produção e característica das sementes de girassol em função de doses de boro. 2002. 98 p. **Tese de Doutorado**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp. Jaboticabal, São Paulo.

BONI, S. S. N. Gestão da Água em Edificações: Formulação de Diretrizes para o Reuso de Água para Fins não Potáveis. **Tese (Doutorado em Engenharia Civil)**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009.

BORTOLUZZI, E.C. et al. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 881-887, 2006.

_____ et al. Investigation of the occurrence of pesticide residues rural wells end surface water fallowing application to tobacco. **Química Nova**, São Paulo, 2007. No prelo.

BOUWER, H., IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.113, p.516-535, 1987.

BOUWER, H.; CHANEY, R. L. Land treatment of wastewater. **Advances in Agronomy**, v. 26, p. 133-176, 1974.

BREGA FILHO, D; MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reuso de água**. In: Reuso de água; Capítulo 2. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

BRAGA, C. DE L. **Doses de nitrogênio no desenvolvimento de girassol ornamental (Helianthus annuus L.) de vaso**. Dissertação. Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp/Botucatu. 92 f. 2009.

BRASIL. Constituição (1998). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 2010. **Disponível em:** <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em 15 mar. 2007.

BRASIL. Resolução nº 20. Estabelece a Resolução CONAMA nº 003, de 05 de junho de 1984. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 1986. Brasília, **Diário Oficial**, 30 de julho de 1986.

BRASIL. Resolução nº 357. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União, Brasília**, 18 mar 2005.

BRASIL. Resolução nº 54. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Estabelece modalidades, diretrizes para a prática do reúso direto não potável de água e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 mar 2005.

BUDAG, P. R.; SILVA, T. P. **Cadeias produtivas do estado de Santa Catarina: Flores e plantas ornamentais**. Florianópolis: EPAGRI, 2000. 51 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, n. 106).

CAMPOS, J.R. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. ABES. 466p. Rio de Janeiro, 1999.

CARDOSO, M. J.; FONTES, L. A. N. ; LOPES, N. F. ; et al. Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 34, n. 191, p. 71-89, 1987.

CARELLI, M. L. C.; et al. Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 8, 123-130. 1996.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. de. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 1995.

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R.M.V.B.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina, CNPSO, p. 163-210., 2005.

CASTRO, C; de OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In : LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.

CASTRO, P.R.C. Hormônios Vegetais. 1994. Disponível em: <http://www.ciagri.usp.br/~lazaropp/FisioVegGrad>. Acesso em: 02 Abr. 2010.

CHAMAS, C. C.; MATTHES, L. A. F. Método de levantamento de espécies nativas com potencial ornamental. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.6, n.1, p.53-63, 2000.

CHERNICHARO, C. A. L. (Coordenador). **Pós-tratamento de efluentes anaeróbios**. Belo Horizonte: PROSAB, 2001. 544p.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental -UFMG . Belo Horizonte. 246p. 1997.

CHRISTOFIDIS, D. **Agricultura irrigada e desenvolvimento regional no Brasil**. 2009. Disponível em: <
http://www.arrozeirosdealegrete.com.br/seminagricirrig_demetrius_christofidis.pdf>. Acesso em: jan. 2010.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (1986). Resolução nº 20. **Diário Oficial da união**. Brasília, DF, 18 Jun.

CONAMA, **Resoluções CONAMA 1984-1991**, 4 ed. Brasília, 1991.

CONNOR, J.D.; SANDRAS, V.O. **Physiology of yield expression in sunflower**. Field Crops Research, Amsterdam, n.30, p.333-389, 1992.

COPETTI, A. C. C. Resíduos de agroindústrias familiares: impactos na qualidade da água e tratamento com técnicas simplificadas. **Dissertação (Curso de Mestrado em Ciências do Solo)**. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

CORAUCCI FILHO, B; et al. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de aplicação no solo**. Disponível em:
 <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-2.pdf>> Acesso em 20 abr. 2008.

COUTO, L. C. C.; FIGUEIREDO, R. F. de. **Filtro Anaeróbio com Bambu para Tratamento de Esgotos Domésticos**. Revista Ingenieria Sanitaria, AIDIS. Vol. XLVII, Nº 1, jan-mar. 1993. p.77-81. 1993.

CRAFTS-BRANDER, S.J.; HOLZER, R.; FELLER U. Influence of nitrogen deficiency on senescence and the amounts of RNA and proteins in wheat leaves. *Physiology Plantarum*, Oxford, v.102, p.192-200, 1998.

CRITES, R., TCHOBANOGLIOUS, G. **Small and decentralized wastewater management systems Series in Water Resources and Environmental Engineering**, Mc Graw-Hill:New York, 1998, 1084 p.

CROOK, J. Critérios de qualidade da água para reuso. **Revista DAE – SABESP**, 174, 10 – 18. 1993.

DA FONSECA, A. F.; MELFI, A. J. MONTES, C. R. Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. Part I plant dry matter yield and soil nitrogen and phosphorus availability. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v. 36, n 13, p. 1965-1981, 2005.

DASOJU, S.; EVANS, M. R.; WHIPKER, B. E. Paclobutrazol drenches control growth of potted sunflowers. **HortTechnology**, Alexandria, v. 8, n. 2, p. 235-237, 1998.

DE CAMPO LEITE, R. M. V. B; BRIGHENTI, A. M.; DE CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 641p. 2005.

DIAS, S. da N. Manejo da Fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido. São Paulo, 110 f. **Tese (Doutorado em Agronomia)** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP. São Paulo, 2004.

DPAgr - Centro de Experimentação de Horticultura da Gafanha Maria de Lurdes. Simão. **Disponível:** <http://www.drapc.minagricultura.pt/base/documentos/girassol_flor_corte.htm>. Acesso em: 05 de maio, 2008.

EPAGRI/CEPA. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A./Centro de Socioeconômica e Planejamento. **Síntese Anual de Agricultura de Santa Catarina 2008 - 2009**. Florianópolis, S.C. p.144-149. 2009.
Disponível: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/sintese_2009/sintese_2009.pdf> Acesso em: 14. Jan. 2010.

EVANGELISTA, A.R., LIMA, J.A. Silagem de girassol: cultivo e ensilagem. Disponível em http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_87.pdf Acesso em 08 de julho de 2008.

FAO. 2010. **Disponível em:** <<http://www.fao.org>>.

FAGUNDES, J.D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A.M. de; BELLÉ, R.A.; STRECK, N.A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.987-993, jul-ago, 2007.

FEIGIN, A., RAVINA, I., SHALHEVET, J., **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlim: Springer-Verlag, 1991, 224p.

FERNANDES, C. Digestão anaeróbia. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/DigeAnae.html>>. Acesso em: fevereiro de 2008.

FINGER, F. L.; CARNEIRO, T. F.; BARBOSA, J. G. Senescência pós-colheita de inflorescências de esporinha **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**, v.39, n.6, p.533-537, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n6/v39n6a03.pdf>> Acesso em: 15. Jan. 2010.

FIRME, L. P. Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado no sistema solo-planta em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)** – Escola Superior de Agricultura Luiz de Quieroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FLORENCIO, L.; AISSE, M.M.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P. Utilização de Esgotos Sanitários: marcos conceituais e regulatórios. In: **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários**. PROSAB 4. Recife, PE. 2006.

FLOWERS, T. J. **Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany**, v.55, p.307-319, 2004.

FREDEEN A.L.; GAMON, J. A.; FIELD C.O. Response of photosynthesis and carbohydrate partitioning to limitations in nitrogen and water availability in field-grown sunflower. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.14, p.963-970, 1991.

FURLANI, P.R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999. 52 p. (Boletim Técnico, 180).

GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. J. MOSQUIM, P. R.; GOBBI, K. F. Morphogenetic and structural responses of *Panicum maximum* cv. Mombaça on different levels of nitrogen fertilization and cutting regimes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.5, p.1890-1900, 2002.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JR. R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. Agricultura, 107 sustentabilidade e o semi-árido. **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, 2000, p. 329-346.

GHEYI, H.G.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada in: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 36, 1997. Campina Grande. Anais...Campina Grande: SBEA, 1997, 15p.

GHEYI, H.R.; KÖNIG, A.; CEBALLOS, B.S.O.; DAMASCENO, F.A.V. **Tratamento e Uso de Águas Residuárias**. 110p. UFPB: Campina Grande, 1999.

GONÇALVES, J. L. de M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. **Resumos do 13 Congresso Latino Americano de Ciência do Solo**, 13. Piracicaba: Sociedade Latino. 1996.

GRUSZYNSKI, C. 2002. **Resíduo agro-industrial “Casca de Tun-gue” como componente de substrato para plantas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 99pp.

GRUSZYNSKY, C. Resíduo agro-industrial “casca de Túngue” como componente de substrato para palnatas. 2001, 130f . **Dissertação (Mestrado em Horticultura)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

GUIDOLIN, J. C. **Reuso de efluentes**. Brasília: Secretária de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2000.

GUITMAN, M.R.; ARNOZIS, A. J.; BARNEIX, A. J. Effect of source-sink relations and nitrogen nutrition on senescence and N remobilization in the flag leaf of wheat. **Physiology Plantarum**, Oxford, v.82, p.278-284, 1991.

GUJER, W., ZEHNDER, A. J. B. Conversion Processes In Anaerobic Digestion, **Water Science Tech.**, 65, 2030. 1983.

HAYASHI, T., R. D., HEINS, A.C., CAMERON e W.H. CARLSON. **Ethephon influences flowering, height, and branching of several herbaceous perennials**. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v.91, n.3-4, p.305-324, 2001.

HELMKE, P.A. & SPARKS, D.L. **Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium**. In: SPARKS, D.L., ed. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.551-574.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico: uma visão realista**. In: Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Coordenação de Aldo Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi. Editora Escrituras, 1999.

HESPANHOL, I. Documento suporte para elaboração da minuta da resolução sobre reúso de água no Brasil. **Resolução sobre Reuso de Água**, Grupo Técnico de Reúso de Água – GT Reúso, Câmara Técnica de Ciência e tecnologia, Conselho Nacional de Recursos Hídricos, São Paulo. 83 p. 2003.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre v. 7, n. 4, p. 75-95, out./dez. 2002.

HESPANHOL, I.; PROST, A.M. **Who guidelines and national standarts for reuse and water quality**. Water Research, v.28, n.4, 9.237-249. 1994.

HEWITT, E.J. **Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition**. Farham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1966.

HIGAKI, T.; IMAMURA, J. S.; PAULL, R. E. N, P and K rates and leaf tissue standards for optimum Anthurium andreanum flower production. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.8, p.909-912, 1992.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950.

HODGES, T. Introduction. In: HODGES, T. **Predicting crop phenology**. Boston: CRC, 1991. p.1-2.

HUSSAR, G. J.; PARADELA A. L.; BASTOS M. C.; REIS T. K. B.; JONAS T. C.; SERRA W.; GOMES J. P. **Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba**. Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 035-045, jan/dez 2005, 11p.

IBGE. **Pesquisa Nacional do saneamento Básico**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/default.asp>>, acesso em 04 jun 2010.

IBRAFLOR. **Floricultura no Brasil: Apontamentos mais relevantes sobre o papel sócio-econômico recente da atividade**. Disponível em: < www.ibraflor.org.br>. Acesso em: 27 de julho de 2009.

IBRAFLOR. Brasil: mostra tua flora. **Informativo**, v.7, n.23, p.4, 2001.

IFPRI & IWMI - INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE & INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE. **Re: Água e irrigação segundo IFPRI e IWMI**. In: Lista Fonte d'água. Florida Center for Environmental Studies. Relatório "Global Water Outlook to 2025: Averting an Impending Crises". Publicação no Dia Mundial do Alimento. Washington D.C., 16 Out. 2002. Disponível na Internet: <<http://archives.ces.fau.edu/fontedagua.html>>. Citado: 22 Nov. 2002.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Plano de Desenvolvimento do Assentamento Milagres**. Elaboração: Associação de Apoio as Comunidades do Campo – AACC/Cooperativa Terra Viva. Apodi, 20002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA – IBRAFLOR. **Padrão Ibraflor de qualidade**. Campinas: IBRAFLOR, 2005. 87 p.

JARVIE, H.P., JURGENS, M.D., WILLIAMS, R. J., NEAL, C., DAVIES, J.J.L., BARRET, C. and White, J., 2005. **Role of river bed sediments as sources and sinks of phosphorus across two major eutrophic UK river basins: the Hanpishare Avon and H.**

JOEL, G.; GAMON, J. A.; FIELD, C. B. **Production efficiency in sunflower: the role of water and nitrogen stress**. Remote Sensing of the Environment, Cleveland, v.62, p.176-188, 1997.

JOLY, A.B. Botânica: **introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1993. 777p.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Análise conjuntural das exportações de flores e plantas ornamentais no Brasil**. Campinas: Unicamp. Ibraflor/Hortica. 5, p. 2004.

KAICK, T.S.V. **Estação de tratamento de esgotos por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. 2002. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.

KAISER, D.R. **Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M. H. **Substratos para Plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, p. 139-146, 2000.

KATARJI, N.; van HOORN, J.W.; HANDY, A.; MASTRORILLI, M. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.43, n.1, p.99-109, 2000.

KATO, M.T. et.al. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

KRAUSKAPF, K. B. **Geochemistry of micronutrients**. p. 7-40. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Eds). Micronutrients in Agriculture. Madison: Soil Sci. Soc. Amer., 666p. 1972.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Artes e textos, 531p. 2006.

LATIMER, J. G.; SCOGGINS H. L.; BANKO T. J. **Using plant growth regulators on containerized herbaceous perennials**. Virginia: Virginia Cooperative Extension. p.20, 2001.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. Dissertação de mestrado - Escola Politécnica de São Paulo da USP. São Paulo, 1987.

LAWS, N. Colômbia e o mercado americano. Ibraflor. **Boletim Informativo**, n. 15, p. 6. 1997.

LENTZ, D.; POHL, M. E. D.; POKE, K. O. WYATT, A. R. **Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico**. Economic Botany, New York, v.55, n.3, p.370-376, 2001.

LIEBMANN, H. e MEURE, F. Terra. **Um planeta inabitável? - Da antiguidade até os nossos dias, toda a trajetória poluidora da humanidade**". Biblioteca do Exército Editora, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, 1979.

LIMA, R.L.S.; et al. Crescimento de mudas de cajueiro-anão precoce "CCP-76" submetidas à adubações orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.391-395, 2008.

LIMA. R. M. A. L. Gestão da água em edificações: utilização de aparelhos economizadores, aproveitamento de água pluvial e reuso de água cinza. **Monografia**. (Curso de Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

LOBO, T. F. Níveis de lodo de esgoto no desenvolvimento, nutrição e produtividade da cultura do girassol. 2006. 76 p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura)**, Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu. 76 p. 2006.

LOGES, V; et al. Colheita, pós-colheita e embalagem de flores tropicais em Pernambuco. **Revista Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.699-702, 2005.

MAAS, E. V.; **Crop Tolerance**. California Agriculture, v. 36, n.10, p.20-21, 1984.

MACHADO, P. R. **Absorção de nutrientes por duas variedades de girassol (*Helianthus annuus*, L) em função da idade e adubação em condições de campo**. 1979. 83 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

MAIA, G.N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 1ª edição, São Paulo, 413p. il. 2004.

MAIER, C. **Qualidade de águas superficiais e tratamento de águas residuárias por meio de zonas de raízes em propriedades de agricultores familiares**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MAKINO, A.; SAKASHITA, H.; HIDEMA, J.; MAE, T.; OJIMA, K.; OSMOND, B. **Distinctive responses of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase and carbonic anhydrase**

in wheat leaves to nitrogen nutrition and their possible relationships to CO² transfer resistance. Plant Physiology, Sendai, n.100, p.1737-1743, 1992.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1976, v. 1. p. 203-324 e p. 375-410.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F., **Reúso de Água.** NISAM – USP, Barueri, SP, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** Berlin: Academic Press, 1995. 674 p.

MATOS, A. T. **Tratamento de resíduos agroindustriais.** Viçosa-MG: Fundação Estadual do Meio Ambiente; Minas Gerais: Universidade federal de Viçosa, 2005.

MATSUNAGA, M. Floricultura como alternativa econômica na agricultura. **Informações Econômicas**, v.25, p.94-98, 1995.

MATTIAS, J.L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina.** 2006. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MAVROGIANOPOULOS, G.; VOGLI, V.; KYRITSIS, S. Use of wastewater as a nutrient solution in a closed gravel hydroponic culture of giant reed (Arundo donax). **Bioresource Technology**, Essex, v.82, n.2, p.103-107, 2002.

MCMAHON, M. J.; J.W. KELLY. CuSO₄ influences flowering of Chrysanthemum cv. Spears. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.79, n.3-4, p.207-215, 1999.

MEDEIROS FILHO, C. F. (2000). Efeito da variação temporal da vazão sobre o desempenho de um reator UASB, **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campina Grande - Brasil.

MEDEIROS, S. S., SOARES, A. A., FERREIRA, P. A., NEVES, J. C. L., MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo

das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S. **Crescimento e avaliação nutricional da alface cultivada em “NFT” com soluções nutritivas de origem química e orgânica**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n.3, p. 466-471, 2004.

MERREIN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: CETIOM, 66p. 1992.

METCALF & EDDY (1991). **Wastewater engineering – treatment, disposal and reuse**. 3rd edition, McGraw-Hill, Inc. New York, 1334 p.

METCALF; EDDY. Inc. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse**. 4. ed. NewYork, McGraw - Hill Book, 1815p. 2003.

MINELLA, J.P.G. **Identificação de fontes de produção de sedimentos em uma pequena bacia rural**. 2003. 80 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MORGAN, J.V.; MOUSTAFA, A.T.; SCALAN, F.; TAN, A. Propagation techniques for crops in nutrient solution culture. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.98, p.243-257, 1980.

MOSS, D. N., **Photosynthesis, respiration and photorespiration in higher plants**. In: TESAR, M.B. Physiological basis of crop growth and development. American Society of America, Madson, pp. 131-152. 1984.

MOTA, F. S. (Organizador). **Reuso de água: experiência na Universidade do Ceará**. Fortaleza: DEHA/UFC, 2000.

Mota, S.; Fonseca, A.F.; Stefanutti, R.; Volschan Jr, I.; Naval, L. (2006). **“Irrigação com esgoto sanitário e efeito nas plantas”**. In: **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Florêncio, M. L. (coordenadora). PROSAB 4 – Programa de pesquisas em saneamento básico. Recife, PE.

MULAZZANI, R.P. et. al. Interferência da atividade suinícola na composição química das águas superficiais da microbacia hidrográfica do Arroio Caldeirão, Palmitinho – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 17., 2007, São Paulo, **Anais...** São Paulo, p. 506-520. 2007.

MURPHY, J. & RILEY, J. P. A Modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chem.**Acta, 27:3136,1962.

NEVES, M. B., Zinco e retardante de crescimento no desenvolvimento de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) CV. Sumbrighth cultivado em solução nutritiva. **Tese (doutorado)**. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu 2008.

NEVES, M. B.; BUZETTI, S.; DE CASTILHO, R. M. M.; BOARO. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.33, n.2, p. 127-133, 2005.

NEVES, M.B. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos em dois substratos, com solução nutritiva e em solo. Ilha Solteira 2003, 63 p.
Dissertação (Mestrado em Sistema de Produções) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2003, Ilha Solteira.

NICHIPOROVICH, A. A. **Photosynthesis and the theory of obtaining high crop yields**. Field Crop Abstract, 13, 169-175. 1960.

NIKMANE, M.A.; KLINTSARE, A.Y; BEKER, M.E. **Production of a green feed by the hydroponic method using fermented pig manure**. Mikrobiologiya i Biotekhnologiya Proizvodstva Kormov, Zinatine, v.1, p.134-144, 1990.

NOBRE, R. G. et al. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. **Revista DAE**, Campinas, v. 3, n. 4, p. 50-60, 2009.

NOSÉ, D. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas em Condomínios Residenciais**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2008.

NOUR, E. A. A.; CORAUCCI FILHO, B.; FIGUEIREDO, R. F.; STEFANUTTI, R.; CAMARGO, S. A. R. **Tratamento de Esgoto Sanitário por Filtro Anaeróbio Utilizando o Bambu como Meio Suporte**. p.210-231. In: Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo: coletânea de trabalhos técnicos. CAMPOS, J. R. (Coordenador). São Carlos, Projeto PROSAB. 348p. 2000.

NUVOLARI, A. O lançamento in natura e seus impactos. In: _____. (Coord.). **Esgoto Sanitário**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2003.

O'LEARY, J.W. **Adaptive components of salt tolerance**. In: PESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.577-586.

O'ROURKE, T. J. 1968. Kinetics of anaerobic waste treatment at reduced temperatures. Stanford: Stanford University. **Tese (Doutorado)**.

OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V. B. R. **Girassol Colorido para o Brasil**. Londrina, PR. EMBRAPA- CNPSO, Dez/2003 (EMBRAPA – Cnpso. Folder).

OLIVEIRA, A. C. D.; Diferentes Concentrações de Ferro na Água, seu Efeito na Cultura do Girassol Ornamental e no Desempenho de Gotejador. 2010. 114 p. **Dissertação**. Faculdade de Ciências Agrômicas-Unesp. Botucatu, São Paulo.

OMS. **Organização Mundial de Saúde. Directrices sanitárias sobre el uso de águas residuales em agricultura e aquicultura**. 778p. OMS, Genebra, 1989.

OMS. **The global burden of disease: 2004 updata**. 2004.

ONYANGO, E. Re: Oferta de água em 2025. In: Lista Fonte d'água. Centro de Referência do Everglades (USA), Movimento de Cidadania pelas Águas. Water Media Network, 16 Nov. 2002. **Disponível na Internet: <http://archives.ces.fau.edu/fontedagua.html>**>. Citado: 20 Nov. 2002.

PAPADOPOULOS, I. **Regional middle east and Europe project on nitrogen fixation and water balance studies**. IAEA, Viena, 1993. 65 p.

PELEGRINI, B. **Girassol: uma planta solar que das Américas conquistou o mundo**. São Paulo: Ícone, 117p. 1985.

PELEGRINI, A. **Sistemas de cultivo da cultura do fumo com ênfase às práticas de manejo e conservação do solo**. 2006, 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PELEGRINI, J.B.R. **Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Agudo-RS**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PEREIRA. S. M. C. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A./Centro de Socioeconômica e Planejamento Agrícola - EPAGRI/CEPA. **Síntese Anual de Agricultura de Santa Catarina 2007 - 2008**. Florianópolis, S.C. p.147-154. 2008.

PESCOD, M.B. e ARAR, A. **Treatment and use of sewage effluents for irrigation**. Butterworths, Londres. 1992.

PETERS, M. R. Potencialidade de Uso de Fontes Alternativas de Água para Fins não Potáveis em uma Unidade Residencial. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

PINTO FILHO, J. L. O. P.; OLIVEIRA, A. M.; Saneamento Ambiental: Uma visão sobre os recursos hídricos e o seu uso para fins de consumo humano em Mossoró-RN. **Encope**, 2006.

PINTO FILHO, J. L. O.; OLIVEIRA, A. M.; Impactos ambientais e perspectivas da agricultura no vale do rio Apodi-Mossoró-RN; Mossoró; **ENCOPE**, 2006.

PIVELI, R. P.; et al. **Uma reflexão sobre a qualidade e uso de esgoto tratado por lagoas de estabilização na agricultura**: caso de Lins/SP. Revista DAE, São Paulo, v. 177, p 63-70, 2008.

PRADO, R. de M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol 01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.

PUTT, E. D. Early history of sunflower. In: Sunflower technology and production. Madison: **American Society of Agronomy**, p1-19. 1997.

RADEMACHER, W. GROWTH RETARDANTS: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.51, p.501-531, 2000.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p.175. (**Boletim técnico, 100**).

REICHARDT, K. A.; **Água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole. 188p. 1990.

REIS, J. N. P. Competitividade potencial da floricultura cearense. **Disponível em:** <http://www2.ipece.ce.gov.br/encontro/artigos_2008/12.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2010.

RENGASAMY, P.; OLSSON, K. A. Irrigation and sodicity. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 31, p. 821-837, 1993.

RENGASAMY, P.; OLSSON, K. A. Sodicity and soil structure. **Australian Journal of Agriculture Research**. v. 29, p. 935-952, 1991.

REYES, F. G. R.; GARIBAY, C. B.; UNGARO, M. R. G. & TOLEDO, M. C. F. **Girassol: Cultura e aspectos químicos nutricionais e tecnológicos**. Fundação Cargill, Campinas. 86 p. 1985.

RHEINHEIMER, D.S.; GONÇALVES, C.S.; PELLEGRINI, J.B.R. Impacto das atividades agropecuárias na qualidade da água. **Ciência & Ambiente**, n. 27, p 85-96, 2003.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000.117p. Estudos FAO - Irrigação e Drenagem, 48.

RIBEIRO, M. C. C.; Utilização do Retardante de crescimento Paclobutrazol em Girassol (*Helianthus annuus*). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 1104-1106, 2007.

RICHARDS, L. A. (Ed). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, DC: United States Salinity Laboratory Staff, USDA, (**Agriculture Handbook, 60**), 160p. 1954.

ROQUE, Odir C. **“Educação para a Qualidade de Vida em Vista do Saneamento Ambiental”**. In: PDBG. Subprojeto de Educação Ambiental, módulo IV. Rio de Janeiro: UERJ, sd.

ROSSI, R. **O Girassol**. Curitiba: Tecnogro. 333p. 1998.

ROWE, D.; ABDEL – MAGID, I. M. **handbook of wastewater reclamation and reuse**. Lewis Publishers, USA: CRC Press, 1995.

RUIZ, H. A. (1997), Relações molares de macronutrientes em tecidos vegetais como base para a formulação de soluções nutritivas. **Revista Ceres**, 44, 533-546.

SABACH, M. C. Redução de porte de girassol ornamental pela aplicação de reguladores vegetais. **Dissertação em Agronomia**, Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal do Paraná, 93p. 2008.

SADER, R. (1984), **Efeitos do nitrogênio no metabolismo nitrogenado, na produção e qualidade de sementes de girassol** (*Helianthus annuus* L.) Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Unesp, Botucatu/SP, Brazil.

SAKAMOTO, N. M. Sazonalidade, refrigeração e diferentes tipos de recobrimento na conservação pós-colheita de estacas de cordilínea (*Cordyline rupestris* Hugel). Piracicaba, São Paulo. **Dissertação (mestrado)**. Escola Superior de Agricultura “Luiz De Queiroz”. 63p. 2005.

SAKATA SEED CORPORATION. **Sakata’s reliable seeds**: flower seed catalogue 2001-2003. Bragança Paulista: Sakata Sementes Agroflora, 2003. p.99.

SANTOS, C. C. M. dos; et al. Qualidade da água de origem subterrânea oferecida à população, na região de São José do Rio Preto(SP), no período de 1991 a 1999. **Higiene Alimentar**. V.15, n.82, p.47-50, março, 2001.

SANTOS, F. R. P. dos. **Produção de flores de Helianthus annuus L. cv. Sunbright (girassol ornamental) em três substratos e quatro tamanhos de vaso, em Ilha Solteira – SP**. 2002. 59f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Suma Phytopathologica**, Botucatu, v. 1, n. 3, p. 231-233, 1975.

SAUGIER, B. Sunfloer. In: MONTEITH, J. L., Vegetation and the atmosphere. **Academic Press**, London, pp. 87-119. 1976.

SAYED, S. K. I. (1987). **Anaerobic Treatament of Slaugterhouse Wastewater Maing the UASB Process**, Univ. de Wageningen, Wageningen, Holanda.

SCHIPPERS, P. A. **Compositions changes in the nutrient solution during the growth of plants in recirculating nutrient culture**. In: Symposium on research on recirculating water culture,1., Littlehampton. 1980.

SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v.21, p.901-903, 1981.

SCMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. **Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes**. UFRGS. Porto Alegre. Ciência Rural. Santa Maria, v. 32, n 6, 2002.

SEILER, G. J. Anatomy and morphology of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.) **Sunflower science and technology**. Madison: ASA, p.67-111, 1997.

SETTI, M. do C. B. de C. S. Reúso de água: condições de contorno. São Paulo, **Dissertação de Mestrado** - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 1995.

SFREDO, G. J.; SARRUGE, J. R. Acúmulo de micronutrientes em plantas de girassol. Brasília, DF: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.4, p. 499-503, 1990.

SHENDE, G. B. **Status of wastewater treatment and agricultural reuse with special reference to Indian experience and research and development needs**. In: **FAO Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Irrigation**. Rome: FAO, 1985.

SHUVAL, H.I. Wastewater reuse for irrigation: evolution of health standards. **Water Quality Bulletin**, 12 (2), 69-83+90, 1987.

SICHMANN, W., ROCHA, J.L.V & BIERREGARD, A.C., Sunflowers in Brazil – **The potential of sunflower as an edible oil crop in Brazil Intern.** Sunflower conf., 4 (proceedings), Memphis, USA, p.62-70. 1970.

SILVA, A. T. C. **Manejo pós-colheita de *Alpinia purpurata* (VIEILL) K. SCHUM (GINZIBERACEAE)** Dissertação/Mestrado Produção vegetal. 2006. Disponível em: <http://bdtd.ufal.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=314> Acesso em: 15, dez. 2009.

SILVA, C.M.M.S.; FAY **Impacto Ambiental do Regulador de Crescimento Vegetal Paclobutrazol.** São Paulo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 1 ed, 2003.

Sistema AliceWeb de consulta – Secretaria de Comércio Exterior (Secex) – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Disponível em:** <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>.

SMART, C.M. **Gene expression during leaf senescence.** New Phytologist, Lancaster, v.126, p.419-448, 1994.

SMITH, J.H.; PETERSON, J.R. Recycling of nitrogen through land application of agricultural, food processing, and municipal wastes. In: STEVENSON, F. J. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils.** 2.ed. Madison: American Society of Agronomy/Soil Society of America, 1982. P.791-831.

SOUZA, F. V. S.; **Dissertação de Mestrado**, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2006.

SOUZA, M. A. A. 2004. **A imposição ambiental como fator indutor da implantação do reúso da água.** In: Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste. ABRH. Goiânia, GO. Brasil, 2004.

SOUZA, M.A. A. **"Reúso de Água". Programa de Educação Continuada em Tecnologia Apropriada e Saneamento para Professores Universitários.** Original Reprográfico. CEPIS - Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS -Organização Pan-Americana de Saúde, 1997.

SOUZA, R. M. D.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. D. S.; SOARES, F.A. L.; Utilização de Água Residuária e de Adubação Orgânica no Cultivo do Girassol. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 125-133, abr.-jun., 2010.

SPEECE, R. E. (1996). **Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters**. Archae Press, Nashville, Tennessee, USA.

STRECK, N.A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.115, n.2-3, p.139-150, 2003.

SUDENE. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Boletim técnico nº 21, 531p. 1971.

TAIZ, L.F.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006. 719 p.

TANAKA, R.T. (1981), **Nutrição e adubação da cultura do girassol**. Informativo agropecuário, 7, 74-76.

TANJI, K.K. **Irrigation with marginal quality waters: issues**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.123, p.165-169, 1997.

TEIXEIRA, N.T. Hidroponia: **Uma alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p.503-527, 2003.

TRAVASSOS, K.D.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.R.; SILVA, D.R.S.; NASCIMENTO, A.K.S. do; DIAS, N. da S. **Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra**. R. Bras Eng Agri e Ambiental, 15:371-376, 2011.

U.S. Environmental Protection Agency. **Manual Constructed Wetlands for Municipal Wastewater Treatment**. EPA 625-R-99-010, US EPA ORD, 165 p. Cincinnati: Ohio, 2000b.

UESB. **Produção de crisântemo em vasos**, disponível em:
<http://www.uesb.br/flower/alunos/crisantemo/crisantemo.html> acessado em 25 de maio de 2009.

UNGARO, M. R. G. **Cultura do girassol**. Campinas: Boletim técnico do instituto agrônomo. V.188, p. 1-36, 2000.

UNGER, P. W. Sunflower. In: STERWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops**. Madison : ASA, p775-794. 1990.

UNIÁGUA – **O Mercado de Água Mineral no Brasil e no Mundo.**

www.uniagua.org.br/default.asp?tp=3&pag=aguamineral.htm#MERCADO. Acesso 13/062005, às 14 hrs.

UNIÁGUA – Universidade da água. **Água no planeta.** Disponível em:

<<http://www.uniagua.org.br/>>. Acesso em: 2005.

_____. **Água no Planeta.** www.uniagua.org.br/default.asp?tp=3&pag=aguaplaneta.htm. Acesso em 11/062005, às 18 hrs.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse.** Technical Report EPA/625/R-92/004. USEPA ,1992, Washington, D.C.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Oil/Water Separators** – Best environmental practices for auto repair and fleet maintenance, 1999. 2p.

UNFPA. 2011. Pessoas e possibilidades em um mundo de 7 bilhões. **Relatório sobre a situação da população mundial.** Nova York.

VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M. da. **Contribution of Botucatu-SP With nutrients (phosphorus and nitrogen) to the eutrofication of the Barra Bonita dam.** Ecletica Química, Marília, v.22, p. 31-48, 1997.

VAN HAANDEL, A. C. & LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos:** Um Manual para Regiões de Clima Quente, Eppgraf, Campina Grande, 1994.

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N.J.; MARA, D.D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science & Technology**, v.33, p. 355-362, 1996.

VERNIERI, P; et. Al. **Effect of cultivar, timing, growth retardants, potting type on potted sunflowers production.** In: International Symposium on Protected cultivation in mild winter climate: product and process innovation. The Hague. Proceedings. 2003.

VIANA, S.B.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARNEIRO, P.T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.23-30, 2004.

VILLAS BÔAS R. L.; SOUZA, T. R. de. **Fertirrigação:** uso e manejo. In: I SIMPAS – I Simpósio em Sistemas Agrosilvipastoris no Semi-árido. PPGZ/CSTR/UFCG, 2008.

VILLELA Jr., L.V.E.; ARAUJO, J.A.C.; FACTOR, T.L. Efeito da utilização do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.72-79, 2003.

VON SPERLIG, M. **Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria**. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1998. 88 p.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG), 1996.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade federal de Minas gerais, v.1, 1995, 240 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. vol. 2. Princípios básicos do tratamento de esgoto. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996. 211 p.

VRÂNCEANU, A. V. **El girassol**. Madrid: Mundi-Prensa, 1977. 379 p.

WATANABE, A. A.; et al. **Distribuição de massa seca de girassol ornamental, cultivado em solução nutritiva com variação de nutrientes**. In: X Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Recife, PE, Brazil. 2005.

WATSON, D. J. **The physiological basis of variation in yields**. Adv. Agron., 4, 101- 145. 1952.

WEISS, E. A. Sunflower. In: WEISS, E. A. **Oilseed crops**. New York: Longman, cap. 9, p. 402-462, 1983.

WESTERHOFF, G. P. **Un update of research needs for water reuse**. In: Water reuse symposium, 3º Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984.

WHIPKER, B. E.; MCCALL, I. **Response of potted sunflower cultivar to daminozide foliar sprays and paclobutrazol drenches**. HortTechnology, v. 10, n. 1, p. 209-211, 2000.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 3. ed. Geneve, 2004.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease.** Genève, 2006.

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

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture.** World Health Organisation Technical Report Series, No 778. World Health Organisation, Geneva. 1989.

WHYPKER, B.; DASOJU, S. & MCCALL, I. (1998), **Guide to successful pot sunflower Production.** Departament of Horticultural Science. Horticulture information Leaflet.

WILHELM, W.W.; McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.1-3, 1995.

ZAFALON, M. Temporada de flores trás empregos e renda. **Folha de São Paulo.** Agrofolla, São Paulo, 09 set. 2003. P.B-10.

ZINDER, S. H. Methanogenesis. In: LEDENBERG, J. (Ed.). **Encyclopedia of microbiology.** San Diego: Academic Press, v. 3, p. 81-96. 1992.