

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA

Relatório de Estágio Supervisionado

**EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO COM LODO DE ESGOTO E ÁGUA
RESIDUARIA NA CULTURA DO MILHO**

Aluna: Hέλvia Lane Meira de Brito

Matrícula 29611246

Orientadora: Vera Lúcia Antunes de Lima

Professora DEAg/CCT/UFCG

Campina Grande, Abril de 2004



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

1.0 INTRODUÇÃO

Devido ao impacto ambiental que as águas residuárias podem trazer para o meio ambiente, o seu tratamento, de forma econômica, antes da disposição ao solo ou de seu lançamento direto em cursos d'água, torna-se necessário.

Assim como as águas residuárias, o lodo de esgoto também tem grande interesse para agricultura pelo elevado teor de matéria orgânica e nutrientes minerais.

O tratamento de águas residuárias costuma ser dividido em preliminar, primário e secundário, segundo o grau de tratamento imposto. No tratamento preliminar, removem-se os sólidos mais grosseiros, o que pode ser feito por meio de grades com malhas convenientemente calculadas. No tratamento primário, o objetivo é a retirada de sólidos sedimentáveis, podendo, também, ocorrer, degradação anaeróbia do material orgânico em suspensão. No tratamento secundário, predomina a remoção, por ação de microrganismos que se desenvolvem no meio líquido, ou a remoção pelo sistema solo-planta da matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes (fósforo, nitrogênio).

Estudos mostram que efluentes resultantes do tratamento de águas residuárias podem ser empregados como fonte de água para a irrigação e como corretivos do solo capazes de suprir as plantas na forma de fertilizantes.

A utilização ou o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo desde há muitos anos. Há relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância. Nesse sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende, também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluente e do consumo de água .

Os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

O “reuso” reduz a demanda sobre os mananciais de água, devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. Dessa forma, grandes volumes de água potável

podem ser poupados pelo reuso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente efluentes pós-tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

A irrigação com águas residuárias de esgotos domésticos é uma prática freqüente na maioria dos países da América Latina e vem despertando cada vez mais a atenção dos engenheiros sanitaristas e agrícolas, por oferecer vantagens como a reciclagem da água e fornecer ao solo matéria orgânica e nutrientes inorgânicos, embora acompanhada de riscos de transmissão de doenças infecto-contagiosas se não houver tratamento adequado. Na região semi-árida do Nordeste do Brasil, o uso dessas águas é atraente devido à irregularidade das chuvas e a pouca fertilidade dos solos.

O manejo do lodo compreende operações como adensamento, desaguamento, estabilização e higienização e a desidratação, a sua aplicação está diretamente relacionada ao destino final escolhido para o mesmo. O lodo é um excelente condicionador do solo, podendo auxiliar na melhoria das práticas agrícolas atualmente em uso em nosso país, tornando-se assim uma alternativa viável (SANEPAR,1997).

1.1 Objetivo

A fim de avaliar a viabilidade agrônômica do uso de biossólidos e águas residuárias desenvolvem-se projeto para acompanhar o crescimento, desenvolvimento e rendimento do milho cultivado em ambiente recentemente explorado pelo cultivo da mamona irrigada com água residuárias e adubada com biossólidos.

2.0 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Reuso de água

A idéia do reuso de águas residuárias para fins de irrigação na agricultura de subsistência ou plantas forrageiras, para a criação de peixes, dessedentação de animais, torres de resfriamentos, caldeiras, construções civis, lagos ornamentais, descargas de vasos

sanitários, geração e energia hidroelétrica, etc., quando aplicada vem concretamente poupar considerável volume de água potável, já que, para esses fins, não potáveis, pode-se usar água de qualidade inferior como por exemplo efluentes de tratamento secundário.

Sistemas de tratamento de esgotos (lodos ativados, lagoas de estabilização e digestão anaeróbia) realizam os processos de tratamento com os mesmos microrganismos presentes na água e no solo.

Muitos países já enfrentam problemas de escassez de recursos hídricos, com a população crescendo mais rapidamente onde a água já é escassa. Se não forem tomadas medidas urgentes, pode faltar água nas grandes cidades daqui a alguns anos.

A poluição esgota as reservas de águas naturais em ritmo mais acelerado do que o aumento das demandas, pois a qualidade da água é tão importante quanto a quantidade. Por exemplo, um litro de esgoto lançado em um corpo d'água pode tornar vários litros dessa água impréstáveis para diversos usos.

Outro aspecto importante é a distribuição desigual da água entre os continentes, os países e regiões do mundo. A água está distribuída desigualmente no planeta. Há áreas nas quais o recurso é abundante e outras nas quais escasseia.

Até há pouco anos a humanidade se comportou como se a água fosse um bem inesgotável e usou os recursos hídricos de modo irresponsável. Atualmente, quando todo mundo já reconhece que a água é um recurso natural limitado que pode acabar, ela deixou de ser um bem de uso comum e ilimitado, para ser um bem controlado e passou a ter valor econômico.

A escassez de água para os processos produtivos e para o consumo humano e a crescente exigência por um meio ambiente saudável (pressões econômicas e ambientais) têm motivado a utilização de efluentes líquidos em todo o mundo.

A utilização de efluentes para o reuso das águas reduz a necessidade de captação de águas primárias em mananciais naturais e, devido a menor geração de efluentes finais, evita a poluição ambiental, que é outra forma de esgotar a capacidade dos mananciais, pela degradação da qualidade.

Estas duas conseqüências do reuso, redução do consumo de águas primárias e diminuição da poluição em mananciais, possibilitam conservar os recursos hídricos naturais para usos mais restritivos. A economia de águas naturais é geralmente maior do que aparenta,

pois evitando-se a poluição ambiental poupa-se grandes quantidades que seriam inutilizadas para vários fins. Por exemplo, se um litro de esgoto lançado no meio ambiente inutiliza dez litros de água, o reuso desse um litro de esgoto pode resultar em uma grande economia de água natural.

E se não bastassem as razões econômicas e sociais (desenvolvimento sustentável), o reuso da água também é viável financeiramente, pois reduz os custos associados ao manejo dos efluentes (monitoramento, tratamento, manutenção de redes de transporte, multas ambientais, etc.) geralmente em valores suficientes.

O desenvolvimento de novas técnicas de tratamento de águas residuárias tem permitido o reuso de águas de diversas formas e com diversas finalidades.

As formas mais comuns de reuso de águas são as seguintes: para abastecimento humano; para recarga de aquíferos; em edifícios; urbano não potável; em indústrias; na agricultura e pecuária (irrigação de culturas e forragens); e na aquicultura.

Na Califórnia, que tem grande tradição no reuso de águas, em 1987 as percentagens de utilização de águas residuárias, em função do tipo de reuso, eram as seguintes: 63% para irrigação agrícola; 14% para recarga de aquíferas; 13% para a irrigação de áreas verdes urbanas; e 10% para aplicações industriais, recreativas e para a vida silvestre (CAVALLINI, J. M., 1991). Portanto, no mínimo 76% para irrigação.

2.2 Problemática no Brasil

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.

Em termos de reuso industrial, a prática começa a se implementar, mas ainda associada a iniciativas isolada, a maioria das quais, dentro do setor privado.

A lei No. 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em Capítulo II, Artigo 20, Inciso 1, estabelece, entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a necessidade de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos “.

Verificou-se, por intermédio dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de bacias hidrográficas em levantamento realizado a fim de se conhecer mais a miúdo a realidade nas diversas bacias hidrográficas brasileiras que há a identificação de problemas relativamente à questão de saneamento básico. Entretanto, não se consegue identificar atividades de reuso de água utilização de reuso de água utilizando efluentes pós-tratados *per sei*. Isso deve-se ao fato, talvez, do ainda relativo desconhecimento dessa tecnologia e por motivos de ordem sócio cultural.

Mesmo assim considerando que já existe atividades de reuso de água com fins agrícolas em certas regiões do Brasil a qual é exercida de maneira informal e sem as salvaguardas ambientais e de saúde públicas adequadas, torna-se necessário institucionalizar, regulamentar e promover o setor através da criação de estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação, e do desenvolvimento de tecnologia compatíveis com as nossas condições técnicas, culturais e sócio econômicas.

É nesse sentido que a Superintendência de cobrança e conservação-SCC da Agência Nacional de Águas, inova ao pretender iniciar processos de gestão a fim de fomentar e difundir essa tecnologia e ao investigar formas de se estabelecer bases políticas, legais e institucionais para o reuso de água neste país.

3.0 TRATAMENTOS BIOLÓGICOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

3.1. Composição das águas residuárias

As águas residuárias compõem-se das águas servidas de uma comunidade. Podem ser de origem puramente doméstica ou podem conter também águas residuárias, provenientes de

indústrias ou de atividades agrícolas. Consideremos, inicialmente, somente as águas residuárias domésticas. Essas são compostas por resíduos humanos (fezes e urina) e águas servidas, que são as águas residuárias resultantes do asseio pessoal, lavagem de roupas e de utensílios, bem como da preparação de comida.

De acordo com Silva, 1979, "as águas residuárias recém-produzidas apresentam-se com um líquido turvo, de coloração parda, com odor similar ao do solo. Contém sólidos de grandes dimensões em flutuação ou suspensão (tais como fezes, trapos, recipientes de plástico), sólidos em pequenas dimensões em suspensão (tais como fezes parcialmente desintegradas, papéis, cascas) e sólidos muito pequenos em suspensão coloidal (isto é: não sedimentáveis) bem como poluentes em dissolução". Esteticamente são repugnantes em aparência e extremamente perigosas em seu conteúdo, principalmente por causa do número de organismo causadores de doenças (patogênicos) que contêm.

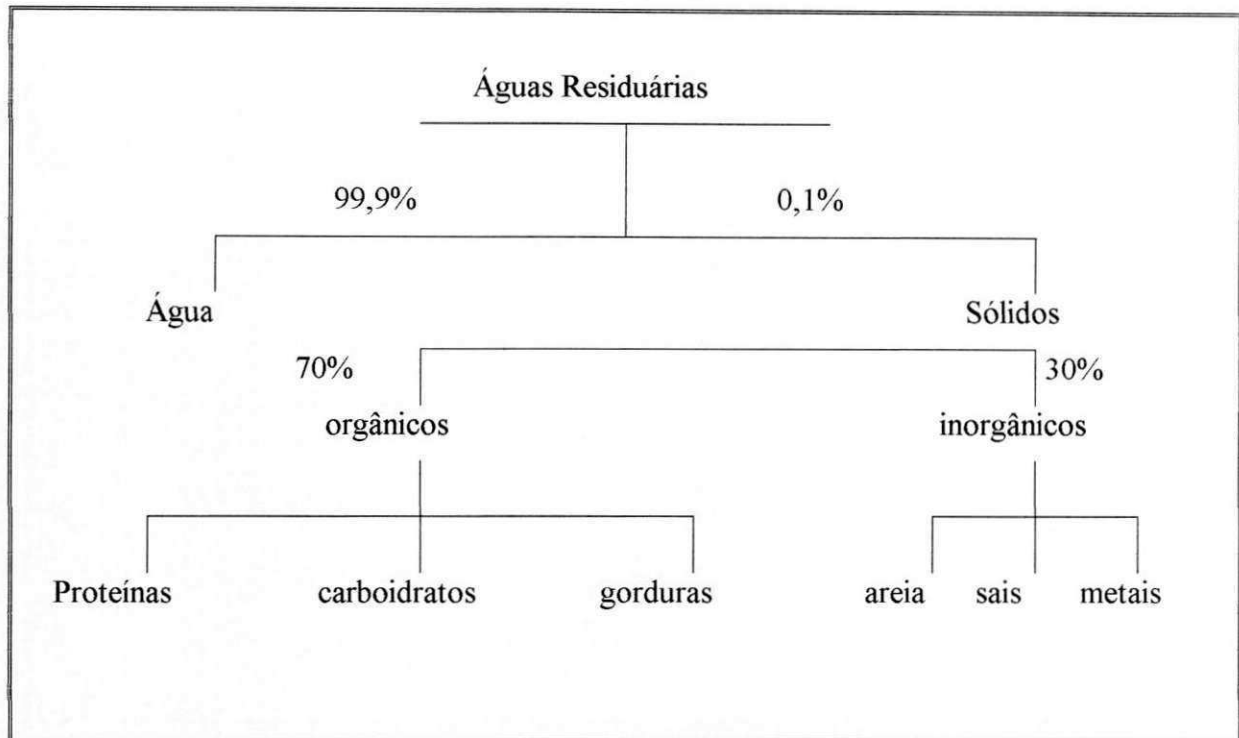
A Tabela 01 apresenta análises de fezes e de urina humanas. A Figura 01 mostra a composição das águas residuárias.

TABELA 01: Composição de urina e fezes humanas

| Quantidade | Fezes | Urina |
|--|--------------|---------------|
| (úmida) por pessoa, por dia | 135 - 270g | 1,0 - 1,31 kg |
| (sólido secos) por pessoa, por dia | 35 - 70g | 50 - 70g |
| Composição aproximada % | | |
| Umidade | 66 - 80 | 93 - 96 |
| Matéria orgânica | 88 - 97 | 65 - 85 |
| Nitrogênio | 5,0 - 7,0 | 15 - 19 |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 3,0 - 5,4 | 2,5 - 5,0 |
| Potássio (K ₂ O) | 1,0 - 2,5 | 3,0 - 4,5 |
| Carbono | 44 - 55 | 11 - 17 |
| Cálcio | 4,5 | 4,5 - 6,0 |

FONTE: H. B. Gotaas, Composting: Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes, World Health Organization, 1956.

FIGURA 1. Composição das águas residuárias

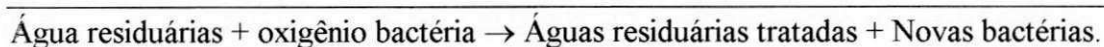


FONTE: T. H. Y. Tebbut, principles of Water Quality Control, Pergamon, Oxford, 1970.

3.2. Característica das águas residuárias

As águas residuárias são, geralmente, tratadas suprindo-as com oxigênio, a fim de que as bactérias possam utilizar os resíduos orgânicos como alimentação.

A equação geral é:



A complexa natureza das águas residuárias domésticas impede sua completa análise. Como é comparativamente mais fácil medir a quantidade de oxigênio usado pelas bactérias na oxidação dos resíduos, a concentração da matéria orgânica existente nas águas residuárias é expressa em termos de quantidade de oxigênio necessária para sua oxidação. Assim, se meio grama de oxigênio é consumido na oxidação de cada litro de determinada água residuária, diz-se, então, que esta água residuária tem uma demanda de oxigênio de 500mg/ L, o que equivale dizer que a concentração de matéria orgânica em um litro dessa água residuária é tal que, para sua oxidação, se necessita de 500mg de oxigênio.

Segundo Silva, 1979, existem três maneiras de se expressar a demanda de oxigênio de uma água residuária.

I- Demanda Teórica de oxigênio – DTO

Esta é a quantidade teórica de oxigênio necessário para oxidar completamente a matéria orgânica existente nas águas residuárias, produzindo o gás carbônico e água.

Assim, na equação de oxidação total da glucose, por exemplo:



podemos determinar que a DTO de uma solução de glucose de 300mg/ L é: $(192/ 180) \times 300 = 321\text{mg/L}$

Devido à complexidade da natureza das águas residuárias, a sua DTO não pode ser calculada, mas na prática é determinada aproximadamente pela Demanda Química de Oxigênio.

II- Demanda Química de Oxigênio – DQO

Esta demanda é determinada pela oxidação dos resíduos em uma solução do ácido bicromato em ebulição. Este processo oxida quase todos os compostos orgânicos existentes na amostra analisada, liberando o gás carbônico e a água, apresentando tal reação geralmente, uma eficiência de mais de 95% de oxidação de todos os compostos orgânicos existentes na água.

A vantagem da determinação da DQO é que os resultados são obtidos rapidamente (cerca de 3 horas) porém com a desvantagem de não especificar a proporção da matéria orgânica existente na água residuária possível de ser oxidada por bactérias, nem a velocidade com que uma bio-oxidação possa ocorrer.

III- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Para Silva, 1979, “esta é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica pelas bactérias. E portanto, a medida da concentração da matéria orgânica

existente na água residuária que pode ser oxidada pelas bactérias. (Biodegradada).” A DBO é, geralmente, expressa em função de um tempo de cinco dias e a uma temperatura de 20°C, isto é: é a quantidade de oxigênio consumido na oxidação da matéria orgânica mantida a 20°C durante cinco dias. Isto ocorre porque a DBO de cinco dias, normalmente expressa como DBO_5 , é mais facilmente determinada que a DBO total (ou final ou última) DBO_u ou DBO_T , que é o oxigênio necessário para a bio-oxidação total matéria orgânica.

3.3. Necessidade de tratamento das águas residuárias

Ainda de acordo com Silva, 1974 “as águas residuárias devem ser tratadas antes de seu lançamento em um corpo d’água receptor a fim de:

- a) reduzir a disseminação de doenças transmissíveis, causadas pelos organismos patogênicos existentes nas águas.
- b) evitar a poluição das águas subterrâneas e da superfície.

No entanto estas duas razões são inter dependentes na medida em que um corpo receptor poluído é uma potencial e, freqüentemente, real fonte de infecção, particularmente em climas quentes. Todavia, existe, atualmente, a crescente consciência de que poluição e contaminação do meio ambiente são totalmente indesejáveis em si mesmas e, portanto, medidas para diminuir a poluição devem ser contempladas do ponto de vista ecológico, e não meramente pelo melhoramento que possam trazer às condições de vida humana.

3.4. Reuso de Águas Residuárias na Agricultura

O aproveitamento das águas residuárias, principalmente para a irrigação, além de constituir uma valiosa fonte, economizando água de boa qualidade que pode ser usada para outros fins, evita que os esgotos sejam lançados indiscriminadamente em corpos aquáticos.

Outro ponto importante é o fato dos nutrientes contidos nas águas residuárias poderem ser utilizados como fertilizantes para determinadas culturas, o que constitui vantagem econômica importante.

A irrigação com água residuária tratada vem sendo praticada há bastante tempo, e tem aumentado em zonas áridas e semi-áridas.

A utilização de águas residuárias domésticas para irrigação de culturas exige conhecimento de suas características físico-químicas e microbiológicas de modo e estabelecer um grau compatível à obtenção da qualidade que satisfaça os critérios recomendados ou padrões que tenha sido fixados para o uso. As normas de segurança devem ser exigidas, para que não ocorram problemas de saúde aos consumidores e às pessoas que irrigam e manuseiam as culturas. A qualidade do efluente também pode ser analisada de acordo com os problemas que possam causar ao solo, tais como salinidade, velocidade de infiltração, toxicidade de íons específicos e excesso de nutrientes (Ayres e Westcot, 1985).

3.5. Contaminação dos solos irrigados

As bactérias são os microorganismos mais numerosos que vivem no solo (Pelezar et al., 1993). As bactérias possuem capacidade autotrófica e heterotrófica, que nenhum outro organismo que vive no solo possui. Alguns gêneros de bactérias que vivem no solo contribuem muito para completar os ciclos de alguns elementos, como: nitrogênio, carbono e enxofre. Outras, são muito estudadas por serem patogênicas e contaminarem o solo. Estas bactérias atingem o solo por meio de irrigações com águas contaminadas com material fecal, proveniente de contatos com fezes humanas e de animais de sangue quente. A sobrevivência destes organismos, especialmente os patogênicos dependem de diversos fatores, entre eles:

| Fator do solo | Efeito na sobrevivência de bactérias |
|-----------------------------------|---|
| A estrutura do solo | Curto tempo de sobrevivência em solos arenosos ou encharcados |
| Umidade | Em solos úmidos possuem longo tempo de sobrevivência |
| Temperatura do solo e do ambiente | Em temperatura mais baixas possuem maior tempo de sobrevivência |
| Quantidade de matéria orgânica | Quando a matéria orgânica é suficiente o desenvolvimento é maior |
| Incidência de luz solar | Curto tempo de sobrevivência quando estão na superfície do solo |
| pH | Curto tempo de sobrevivência em solos ácidos (pH de 3-5) e em solos alcalinos |

FONTE: Primavesi, (1990).

Os problemas com a saúde pública, como por exemplo: verminoses, cólera e viroses estão relacionados com a presença dos organismos patogênicos no solo oriundas da irrigação e nas culturas através do contato com o solo estrumado.

4.0 Biodegradação

Os Sistemas de tratamento de esgotos normalmente utilizam forma otimizada, os fenômenos de biodegradação que já ocorrem na natureza. Os métodos mais comuns de tratamento são os biológicos, que utilizam os micro-organismos presentes no esgoto. Sendo o esgoto rico em nutrientes, ao passar por instalações onde as condições facilitam as atividades biológicas, os micro-organismos usam a matéria orgânica como alimento, degradando-a e purificando a água.

Ao chegar às Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), o afluyente passa por um pré-tratamento onde as impurezas grosseiras são retidas por grades e caixas de areia. O líquido livre desta fração grosseira passa a conter sólidos finos ou dissolvidos. Em algumas estações o esgoto passa então por um decantador primário onde parte da matéria fina decanta naturalmente. Até a fase de decantação diz-se que o tratamento é primário. Depois do tratamento primário, as estações de tratamento biológico utilizam mecanismos e dispositivos que permitem otimizar os processos naturais de biodegradação, fornecendo aos micro-organismos, condições ótimas para que eles se desenvolvam e degradem a matéria orgânica.

Na natureza existe duas vias principais de biodegradação: a via aeróbia e via anaeróbia.

4.1 Biodegradação Aeróbia

É realizada em presença de oxigênio pelos micro-organismos aeróbios ou facultativos. Desde que haja fornecimento de oxigênio no meio líquido, é a via mais rápida de biodegradação. A biodegradação aeróbia acontece em lagoas de estabilização aeróbias e facultativas e sistemas com injeção de ar (lodos ativados, aeração prolongada, etc.).

4.2 Biodegradação anaeróbia

É realizada na ausência de oxigênio pelos microorganismos anaeróbios ou facultativos. Ela começa a ocorrer quando o oxigênio dissolvido no esgoto já foi consumido pelos microorganismos aeróbios. Uma das diferenças entre as duas vias de biodegradação são os

produtos finais. Na digestão anaeróbia há produção de gás metano e gás sulfídrico. O metano pode ser utilizado como gás combustível, sendo um subproduto interessante dos reatores anaeróbios.

5. Digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB)

O digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) é usado no tratamento anaeróbio de esgoto a alta taxa. Esse tipo de reator vem sendo empregado para tratamento de águas residuárias da agroindústria, bem como em esgotos sanitários, com grande eficiência (Chernicharo, 1997).

5.1 Elementos que constitui o reator UASB

O elemento de maior importância é o separador de fases este divide o reator UASB em duas partes: uma parte inferior ou zona de digestão responsável pela digestão anaeróbia proveniente da outra parte superior ou zona de sedimentação responsável pela retenção do lodo permitindo assim o retorno do mesmo para a zona de digestão. Entre essas duas partes já citadas existe uma área de transição, onde é encontrado o separador de fases gás- sólido - líquido com um dispositivo para coleta de gás.

Outro elemento do reator UASB é o defletor de gás, o qual tem a função de desviar as bolhas de gás, evitando assim que o gás produzido escape pela parede do reator.

5.2 Funcionamento do reator UASB

O funcionamento do reator UASB se baseia no fluxo ascendente. O esgoto entra na parte inferior do reator UASB e em movimento ascendente atravessa a zona de digestão, o separador de fases e zonas de sedimentação. Na zona digestão, o esgoto entra em contato com lodo anaeróbio, parte da matéria orgânica é degradada e transformada em biogás, e outra parte em massa bacteriana (lodo). Na zona de sedimentação, a massa de lodo se sedimenta e retorna para zona de digestão, aumentando assim a massa de microorganismo essencial para a digestão anaeróbia.

6.0 Resíduo de biossólido (lodo)

Segundo Tsutya.et.al. (2001) lodo de esgoto é uma denominação genérica para o resíduo sólido gerado pelos sistemas de tratamento de águas residuárias. Sua composição

depende, portanto, do tipo de tratamento empregado para purificar o esgoto e das características das fontes geradoras (população e indústrias).

De modo geral, o lodo de esgoto tem grande interesse agrícola pelo seu conteúdo em nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes, mas especialmente pelo seu teor em matéria orgânica, cujos efeitos no solo se fazem sentir a longo prazo, melhorando sua resistência à erosão e à seca, ativando a vida microbiológica do solo e possivelmente aumentando a resistência das plantas às pragas.

6.1 Interesse agrônômico do resíduo de biossólido (lodo)

A matéria orgânica e os elementos fertilizantes (N,P,K e micronutrientes) têm papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo.

O uso agrícola do lodo pode contribuir para diminuir o problema da erosão. A parte orgânica do lodo pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo, o que aumenta a resistência dos agregados, reduzindo este problema. Os micronutrientes do lodo podem contribuir para reequilibrar o conteúdo mineral dos solos Os aumentando o seu potencial de produção.

6.2 Os nutrientes minerais do resíduo de biossólido (lodo)

Nitrogênio – o nitrogênio é normalmente o mais valioso constituinte do lodo, sendo também o elemento o qual as culturas apresentam maiores respostas;

Fósforo – provém dos dejetos e corpos microbianos do esgoto e dos detergentes e sabões que utilizam fosfatos como aditivos, a disponibilidade deste elemento no lodo é alta, variando de 40% a 80% do fósforo total;

Potássio – por ser muito solúvel, pouco do potássio contido no esgoto fica retido no lodo. Por isso o teor de potássio do lodo é baixo, sendo um macronutriente a ser fornecido pela suplementação de fertilização mineral. Mesmo apresentando baixos teores de potássio, 100% destes nutrientes é considerado assimilável.

Outros macronutrientes (cálcio, magnésio, enxofre). Estes elementos estão presentes no lodo essencialmente na forma mineral. Mesmo aplicações modestas de lodo podem suprir as necessidades em magnésio e enxofre da maioria dos vegetais.

O lodo tratado com cal contém bastante cálcio e pode influenciar na reação do solo, determinando o aumento do pH.

Micronutrientes O lodo contém cobre, zinco, manganês e quantidades menores de boro, molibdênio e cloro. Geralmente, quando o lodo é aplicado em taxas suficientes para suprir as necessidades de nitrogênio, as necessidades de micronutrientes são supridas.

6.3 Aspectos sanitários do uso agrícola do resíduo de biossólido (lodo)

Como todo o resíduo de origem animal, o lodo contém micro-organismos patogênicos que refletem de maneira direta o estado de saúde da população contribuinte no sistema de esgotamento. Portanto o uso seguro do lodo na agricultura supõe a utilização de uma tecnologia que elimine ou diminua sensivelmente a presença destes micro-organismos, aliada ao controle de qualidade do lodo higienizado e à adequação do tipo de uso agrícola às características microbiológicas do lodo.

Pode-se considerar como do tratamento de lodos, os seguintes processos:

Adensamento – tem como objetivo reduzir a água dos resíduos através de meios físicos. Dessa forma consegue-se reduzir a capacidade volumétrica das unidades subsequentes de tratamento, como volume dos digestores, tamanho das bombas etc.

Como outros benefícios pode-se citar a redução de consumo de produtos químicos no desaguamento, redução do consumo de energia no aquecimento dos digestores.

Condicionamento – é um processo para melhorar as características de separação das fases sólido-líquido do lodo, seja por meios físicos ou químicos. O condicionamento de lodos neutraliza as forças químicas ou físicas atuantes nas partículas coloidais e no material particulado em suspensão imersos no líquido. Este processo de desestabilização permite que as partículas pequenas se juntem para formar agregados maiores, ou seja, os flocos.

Desaguamento – é uma operação unitária física (mecânica) que reduz o volume do lodo por meio da redução do seu teor de água. Os processos de desaguamento podem ser divididos em métodos por secagem natural e métodos mecânicos. Os métodos de secagem natural mais comuns são: leitos de secagem e lagoas de secagem de lodo. Os métodos mecânicos mais utilizados são: filtros prensa de esteira, centrífugas, filtros prensa de placas.

Estabilização – tem como objetivos; reduzir a quantidade de patógenos, eliminar os maus odores e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação. Os meios para se atingir a estabilização são: redução biológica do conteúdo de sólidos voláteis, a oxidação química da matéria orgânica, adição de produtos químicos no lodo de modo a impedir a sobrevivência dos microorganismos e aplicação de calor para desinfetar ou esterilizar o lodo. As tecnologias mais empregadas para a realização da estabilização são: estabilização por cal, digestão anaeróbia, digestão aeróbia e compostagem..

6.4 As alternativas mais usuais para o aproveitamento e/ou destino final de resíduo de biossólido (lodo)

- Uso agrícola: aplicação direta do solo, fertilizante e solo sintético;
- Aplicação em plantações florestais;
- Disposição em aterro sanitário: aterro exclusivo e co-disposição com resíduos sólidos urbanos;
- Reuso industrial: produção de agregados leve, fabricação de tijolos e cerâmicas e produção de cimento;
- Incineração: incineração exclusiva e co-incineração com resíduos sólidos urbanos;
- Recuperação de solos: recuperação de áreas degradadas e recuperação de áreas de mineração;
- Disposição oceânica.

6.5 Uso agrícola

Para aplicação em áreas agrícolas, os resíduos de biossólido devem ser submetidos a processos de redução de patógenos e de atividades de vetores. Na Tabela 2 são apresentadas as classificações de resíduos biossólido quanto à presença de patógenos. O resíduo de biossólido deve apresentar uma pequena ou nula atração a vetores como as moscas, os roedores e os mosquitos, para reduzir o potencial de doenças. Os processos de tratamento de resíduos de biossólido para a redução da atração de vetores são: digestão anaeróbia, digestão aeróbia, compostagem, estabilização química, secagem, aplicação superficial e incorporação no solo.

Para resíduo de biossólido Classe A, não há nenhuma restrição de uso, podendo ser comercializado ou distribuído gratuitamente. Entretanto, para o resíduo de biossólido Classe B, devem ser respeitadas as seguintes exigências:

- Evitar a aplicação manual e a realização de cultivo ou trabalho na área que recebeu o resíduo de biossólido, por um período de 30 dias após a aplicação. Caso este tipo de operação não possa ser evitado, os trabalhadores deverão utilizar equipamentos de proteção adequados e ser devidamente orientado quanto aos procedimentos de higiene e segurança;

- Não cultivar, por um período de 14 meses após a aplicação, alimentos cuja parte consumida toque o resíduo de biossólido (melões, pepinos, hortaliças etc.)

- Não poderão ser cultivados na área alimentos cuja parte consumida fique abaixo da superfície do solo (batatas, cenouras, rabanetes etc) – por um período de 38 meses após a aplicação, se o resíduo de biossólido for incorporado durante os 4 meses seguintes ao seu espalhamento ou por período de 9 meses, se o resíduo de biossólido não for incorporado antes de 4 meses após a aplicação.

Tabela 2 – Classificação de resíduo de biossólido quanto à presença de patógenos

| Tipo de Biossólido | CrITÉRIOS de classificação | Processos de redução de patógenos |
|---------------------------|---|---|
| Classe A | Coliformes fecais: Densidade < 1000 NMP/ GST e Salmonela Sp: densidade < 3 NMP/4gST | Compostagem Secagem térmica Tratamento térmico Digestão aeróbia termofílica Irradiação Pasteurização |
| Classe B | Coliformes fecais: Densidade < 2.000.000 NMP/ GST em pelo menos uma amostra e Coliformes fecais : média geométrica da densidade de 7 amostras < 2.000.000 NMP/ GST ou 2.000.000 UFC/ GST. | Digestão aeróbia Secagem Digestão anaeróbia Compostagem Estabilização com cal |

Fonte: Braga, 2002

NMP/ GST – Número mais provável por programa de sólidos totais

UFC/ GST – Unidades Formadoras de Colônias por grama de sólidos totais.

Cultura do milho

Para Andrade (1995), apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

O milho constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado com destaque no arraçamento de animais, em especial na suinocultura, na avicultura e na bovinocultura de leite, tanto na forma “in natura”, como na forma de farelo, de ração ou de silagem. Na alimentação humana, o milho é comumente empregado na forma “in natura”, como milho verde, e na forma de subprodutos, como pão, farinha e massas (BÜLL,1993).

Na indústria, o milho é empregado como matéria-prima para a produção de amido, óleo, farinha, glicose, produtos químicos, rações animais e na elaboração de formulações alimentícias. Porém, pesquisas recentes têm revelado novas utilidades para o cereal, que no passado seriam pouco imagináveis. Estima-se que hoje existam cerca de 600 produtos onde o milho participa como matéria-prima (BÜLL,1993).

Segundo BÜLL,1993, para o futuro, a tendência é abrir cada vez mais o leque de novas aplicações para o amido de milho e seus derivados, que já são largamente usados nos setores alimentícia, têxtil, de bebidas, papéis, papelões, curtumes e colas. O xarope de glicose de milho é usado na fabricação de cosméticos, xaropes medicinais, graxas e resinas. Nas fábricas de aviões e veículos, os derivados de milho são utilizados nos moldes de areia para a fabricação de machos e de peças fundidas. Também na extração de minério e petróleo o milho está presente, assim como em outras áreas pouco conhecidas como as de explosivos, baterias elétricas, cabeças de fósforos, borrachas, etc.

Assim, o conhecimento da influência efetiva dos fatores que determina o desempenho da planta, poderá contribuir de forma decisiva para a minimização de estresses de natureza diversa. Ainda, tal fato favorecerá a predição ou previsão da duração das etapas de

desenvolvimento da planta bem como a coincidência dessas etapas com condições desfavoráveis de oferta dos fatores de produção (FANCELLI,2003).

De acordo com BÜLL,1993, em termos de distribuição geográfica, o milho aparece nos quatro contos do país. Tomando-se por base a Região Centro-Sul, responsável por mais de 95% da produção do cereal, as estatísticas do IBGE registram pelo menos dois aspectos de significativa importância: o primeiro é

que é uma quantidade bastante significativa de entrevistados cerca de 30% do total, declaravam que se dedicam ao cultivo do milho; o segundo é que a cultura é basicamente desenvolvida em propriedades situadas nos menores **estratos** de área. Aproximadamente 79% dos entrevistados estão em propriedades de até 50 hectares e 9% entre 51 e 100 hectares.

Tecnologia e Produtividade

A produtividade nacional é afetada pela baixa produtividade da agricultura de subsistência, principalmente no Norte-Nordeste, onde as técnicas de produção são rudimentares, com baixa ou nula utilização dos insumos modernos disponíveis. Nessas duas regiões estão cerca de 30% da área plantada com milho do país, mas a produção mal alcança 10% do total, isso quando não ocorrem adversidades climáticas (BÜLL,1993).

No tocante à produtividade da lavoura de milho no Brasil, os índices agregados escondem pontos importantes. A cultura dispõe de um “pacote tecnológico” que permite aos agricultores mais tecnificados atingir níveis de produtividade comparáveis aos de países mais desenvolvidos.

O Brasil perdeu a característica de auto-suficiência em milho e precisa de uma política agrícola definida para reverter esse quadro.

Classificação Botânica

É o milho uma monocotiledônea herbácea, anual, monóica, pertencente à família gramínea, classificada como *Zea mays L.* O gênero *Zea* é monotípico; todos os grupos de milho, antigamente classificados como espécies ou subespécies, não passam de formas genéticas bem definidas, algumas simples e outras complexas. As principais são as seguintes: tunicata, everta, indurata, indentata, amilácea, sacarata e cerácea, todas azendo referência à forma ou à estrutura do grão (GRANER, 1962).

Descrição da planta - O milho é uma gramínea cuja altura varia ao redor de 2 metros. Na formação do seu sistema radicular distinguem-se três tipos de raízes: a) raiz primária que, via de regra, desaparece antes de a planta atingir seu pleno desenvolvimento; b) raízes em número limitado de 3 a 4, nascida em nós do embrião, que se ramificam posteriormente; c) raízes dos primeiros nós do côlmo, chamadas raízes adventícias aéreas, grossas e cilíndricas antes de atingirem o solo e que se ramificam posteriormente ao atingi-lo (GRANER, 1962).

Os colmos são eretos geralmente não ramificados e constituídos, como em todas as gramíneas, de nós e meritalos; internamente são de natureza esponjosa e mais ou menos adocicados (GRANER, 1962).

As folhas são alternadas e inseridas nos nós. Constam de uma bainha invaginante, pilosa, verde-clara e de uma lâmina verde-escura, estreita, lanceolada, de bordos serrilhados, provida de uma nervura principal larga e em forma de canaleta. Entre a bainha e a lâmina existe uma lígula estreita e membranosa (GRANER, 1962).

As flores são dispostas em inflorescências: as masculinas, numa panícula terminal, conhecida comumente como “flecha”, e as femininas em espigas axilares (GRANER, 1962).

Os frutos do milho são do tipo cariopse e estão dispostos, geralmente, em número par de carreiras, ao longo da espiga. A espiga apresenta tamanho variável e forma mais ou menos troncônica, segundo a variedade; consta ela das seguintes partes:

- a) Uma haste pequena, com entrenós curtos e brácteas desenvolvidas que constituem a chamada “palha do milho”;
- b) Uma raque quase cilíndrica, grossa, de cor branca, rosada ou arroxeadada, na qual estão inseridos os frutos; é conhecido como “sabugo” do milho;
- c) Um grande número de frutos, também chamados comumente de “grãos”. Estes representam, em peso, aproximadamente 70% das espigas secas das variedades cultivadas; os 30% restantes são divididos entre palha e sabugo, em proporções variáveis (GRANER, 1962).

Variiedades – As variedades de milho cultivadas no Brasil estão classificadas, do ponto de vista comercial, em dois grandes grupos: milho amarelo e milho branco. Ambos os grupos

compreendem também os tipos duro e mole. Segundo, GRANER, 1962, representam esses grupos, no Estado de São Paulo, as seguintes variedades:

Milho amarelo – duro: cateto ou Amarelinho.

Milho amarelo – mole: Armour ou Amarelão e Asteca.

Milho branco – duro: Cristal.

Milho branco – mole: Amparo e Mexicano Branco.

Clima e Solo – Sendo de origem tropical, é muito natural que o milho dê preferência às regiões quentes intertropicais; todavia, o grande número de formas que apresenta torna possível a sua cultura também nas regiões subtropicais, com relativo sucesso. Em relação à umidade, a sua exigência não é grande: a sua necessidade se torna crescente a partir da germinação, para atingir um máximo durante a fase de fertilização. Desse modo, uma região de clima relativamente quente, com aproximadamente três meses e meio de chuvas regulares, está em condições de poder cultivar o milho basta fazer coincidir a fase de fertilização, que vai, para as nossas variedades, do 60º dia após a germinação até aproximadamente ao 90º dia, com o período mais chuvoso (GRANER, 1962).

O milho produz regularmente tanto nos solos argilosos como nos silicosos, desde que tenham relativa fertilidade. Todavia, não tolera terrenos alagadiços, mesmo que o sejam momentaneamente, nem os muito ácidos. Desenvolve bem nos terrenos de recém-derrubada, alcançando então grandes produções (GRANER, 1962).

Rotação de culturas e produtividade

O estudo e a implantação de sistemas agrícolas envolvendo diferentes rotações de culturas constituem pontos importantes no uso dos solos. Além de ser uma prática eficaz no controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas, a rotação de culturas reduz o efeito da erosão e altera as características físico-químicas e biológicas do solo. Pode, também, afetar os teores de nutrientes no solo devido às diferenças nas exigências nutricionais, à profundidade de solo explorada pelas raízes e à quantidade de material vegetal que retorna ao solo após a colheita. Assim, alterações na quantidade de nutrientes e /ou de matéria orgânica no solo podem depender da combinação entre os sistemas de preparo do solo e as culturas (Maria & Castro, 1993).

A rotação de culturas, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar o rendimento das espécies envolvidas. Silveira & Silva (1996) avaliaram os efeitos de diferentes rotações de culturas sobre o rendimento do feijoeiro comum, cultivado sob irrigação no sistema pivô central, na região de Goiânia – GO. De modo geral, o feijoeiro quando cultivado após o arroz apresentou rendimentos maiores do que quando cultivado após o milho. Observou-se, também, efeito positivo do calopogônio e da soja, cultivados anteriormente, sobre a produtividade do feijoeiro.

A rotação de culturas tem contribuído para aumentar o rendimento do trigo (Santos et al., 1986; Medeiros et al., 1987). Comparando o rendimento do trigo anualmente na sucessão soja-trigo e trienalmente na rotação soja-trigo-soja-feijão-arroz-feijão, Silveira (1997) encontrou rendimento superior do trigo no segundo ciclo da rotação trienal (3.352 Kg/ha), em comparação à sucessão anual da cultura (2.824 Kg/ha), como apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Rendimento do trigo em diferentes sistemas de rotação/ sucessão de culturas (plantios de 1993, 1994, 1995 e 1996).

| Rendimento de trigo (Kg/ha) | | |
|-----------------------------|-------------------------------|---|
| Ano de plantio | Rotação/ sucessão de culturas | |
| | Soja / trigo | Soja / trigo / soja / feijão arroz / feijão |
| 1993 | 3.771 | 3.183 |
| 1994 | 3.526 | - |
| 1995 | 3.833 | - |
| 1996 | 2.824 | 3.352 |

Fonte: Silveira (1997)

Tanto faz usar Plantio Direto, Plantio Mínimo ou Convencional, a rotação das culturas sempre é indispensável. É a maneira de oferecer condições de vida cada vez a outros seres vivos. Deste modo, aumenta-se o número de espécies e como um come o outro e é comido por

terceiros, há um controle muito bom de todos. É a dura lei da natureza: comer e ser comido. Cada um é inimigo do outro. Pode haver um maior e outro menor, mas o famoso “inimigo natural” praticamente não existe. É a diversidade de espécies que controla! E a diversidade aparece com a diversidade da vegetação. E, como não se podem plantar vinte ou trinta culturas numa só vez, plantam-se cinco a seis culturas umas seguidas das outras. É a rotação de culturas! (PRIMAVESI,1992).

Adubação do Milho

As recomendações de adubação para o milho no Brasil geralmente visam a obtenção de produtividades entre 4 e 6 t /ha de grãos, refletindo o grau de tecnologia relativamente baixo empregado nessa cultura no país (BÜLL,1993).

Altas respostas do milho à calagem têm sido observadas nos solos predominantemente ácidos do Brasil. Para os solos dos Estados da Região Sul e São Paulo, a calagem para o milho visa elevar o pH do solo a 6 ou a saturação por bases a 60% da CTC. Nos demais Estados, os critérios utilizados conduzem a recomendações, em geral, mais conservadoras (BÜLL,1993).

Segundo Bernardes (1988), experimentos de campo realizado no Brasil têm mostrado altas respostas do milho à aplicação de nitrogênio e fósforo, e reação moderada ao potássio. As tabelas de adubação para fósforo e potássio são baseadas em parâmetros de análise de solo.

De acordo com BÜLL (1993), o zinco é o micronutriente que mais tem limitado a produção de milho nos solo brasileiros, especialmente naquelas da região dos cerrados.

As doses de nitrogênio, fósforo e potássio recomendadas variam de 50 a 120 Kg /ha de N, 20 a 100 Kg / ha de P₂O₅ e 0 a 100 Kg / ha de K₂O. Em alguns poucos casos, as recomendações atingem 180, 110 e 130 kg / ha de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. De modo geral, as quantidades de nutrientes aplicadas no Brasil à culturas do milho são relativamente baixas. Um redimensionamento da adubação para maiores produtividades requer a correção adequada da acidez do solo e o fornecimento balanceado de nutrientes, inclusive de micro-elementos, levando em conta ainda a altas exigências da cultura para potássio e nitrogênio.

Importância e prática de nutrientes na cultura do milho – macromolientes

Importância e prática da adubação nitrogenada

Sendo o nutriente mais exigido pelo milho, o nitrogênio (N) é responsável pelo desenvolvimento vegetativo e o verde intenso das folhas. Como constituinte essencial dos aminoácidos, é fundamental para a síntese de proteínas e, uma vez que a formação dos grãos depende do conteúdo de proteínas na planta, a produção de milho está diretamente relacionada com o suprimento de N (MUZILLI,1989).

Havendo carência no solo, sua deficiência se manifesta na fase de crescimento intenso, coincidindo com os períodos de maior demanda pela cultura. Essa deficiência é reconhecida pela coloração verde-pálida das folhas novas e clorose típica nas folhas velhas, que se tornam amareladas no sentido do ápice para o centro, com o vértice voltado para a parte central da folha e as bordas podendo permanecer verdes (MUZILLI,1989).

As deficiências de N em milho são comuns nos solos desgastados e com baixa disponibilidade de matéria orgânica onde os sintomas aparecem já na fase vegetativa e se torna mais acentuadas em condições de seca, por ocasião do florescimento, quando a falta de umidade restringe a absorção do N existente no solo pela planta. O fenômeno é conhecido como “requeima”, e pode se manifestar também em períodos excessivamente chuvosos, quando o nitrato existente no solo é lixiviado rapidamente pela água percolada (MUZILLI,1989).

Importância e prática da adubação fosfatada

Embora o milho seja considerado espécie das mais exigentes em fósforo (P), as quantidades totais do nutriente absorvidos pela planta são menores em relação às exigências em nitrogênio e potássio.

O fósforo é importante já na fase inicial de desenvolvimento vegetativo da cultura por estimar a formação e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Na fase reprodutiva, a máxima concentração de P ocorre nas espigas, onde o nutriente está ligado ao metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas que ao armazenados nos grãos e, assim, o desenvolvimento e a produção dos grãos pelo milho são influenciados pelo fósforo (MUZILLI,1989).

De acordo com MUZILLI, 1989, havendo deficiência os sintomas se manifestam já nos primeiros períodos do desenvolvimento vegetativo, por um crescimento retardado das plantas. Nas folhas e colmos das plantas novas, é comum o aparecimento de uma coloração vermelho-arroxeadada típica, em consequência da formação de antocianina, um pigmento purpúreo que se desenvolve quando há um acúmulo de açúcar, decorrente da redução do metabolismo dos carboidratos pela planta, em virtude de carência de fósforo. Na fase de espigamento, a falta de fósforo provoca a formação de espigas tortas e com folhas nas fileiras de grãos, bem como o processo de maturação é retardado e desuniforme.

No solo, o fósforo aparece na forma de numerosas combinações orgânicas e inorgânicas das quais apenas uma pequena porção pode ser extraída. Em condições de solo ácido, a maior parte do nutriente disponível pode ser retida em forma de compostos insolúveis de ferro e alumínio; na forma orgânica, o fósforo não pode ser extraído pelas plantas, a menos que seja liberado e mineralizado. Assim, culturas de ciclo curto como o milho necessita encontrar no solo fosfatos em forma inorgânica facilmente solúveis.

Importância e prática da adubação potássica

A deficiência de potássio (K) pode afetar os mais diversos processos fisiológicos como a fotossíntese, a respiração, a formação de clorofila e o aproveitamento de água pelas plantas. Funcionando mais como um ativador de processos metabólicos, o potássio não é incorporado a nenhum composto formado pela planta, predominando a sua ocorrência em forma iônica livre no suco celular; daí a possibilidade do nutriente ser lixiviado das folhas do milho pelas águas da chuva ou de irrigação. No milho, atribuem-se ao potássio as propriedades de aumento de resistência dos colmos ao acamamento ou quebraimento, ao ataque de pragas e doenças e a maior tolerância da planta à seca (MUZILLI, 1989).

Quando a deficiência do potássio no solo é severa, a planta de milho apresenta um retardamento de crescimento, já na fase inicial de desenvolvimento, seguido do secamento da ponta e das margens das folhas mais velhas. Mantida a deficiência, as espigas poderão apresentar-se mal formadas e geralmente sem granação na extremidade.

Preparo do solo para a cultura do milho

O preparo do solo pode ser definido como a manipulação física, química (aplicação de calcário, principalmente) ou biológica do solo, com o objetivo de otimizar as condições para a germinação e emergência das sementes, assim como o estabelecimento das plântulas.

De acordo com Castro, 1989 o preparo do solo e as manipulações do solo podem, em geral, ser divididos em três categorias.

- a) preparo primário do solo;
 - b) preparo secundário do solo;
 - c) cultivo do solo após plantio.
- a) Entende-se por preparo primário do solo aquelas operações mais profundas e grosseiras que visam, entre outras, eliminar ou aterrar as ervas daninhas estabelecidas, assim como restos de culturas e, também, soltar o solo. Exemplos: aração, desmatamento, operações com rolo-faca.
- b) Como preparo secundário do solo podem ser definidos todas as operações superficiais subsequentes ao preparo primário que visa, por exemplo, a nivelção do terreno, destorroamento, incorporação de herbicidas, eliminação de ervas daninhas no início do seu desenvolvimento, assim como a sua cobertura com terra, produzindo um ambiente favorável ao desenvolvimento inicial da cultura implantada. Exemplos: gradagem (pesada, niveladora, de dentes); enxada rotativa.
- c) Entende-se por cultivo do solo após plantio, toda manipulação do solo após a cultura ter sido implantada, visando, entre outras coisas, eliminar as ervas daninhas que concorrem com a cultura, principalmente em água, nutrientes e luz.

Material e Métodos

- **Local e ano** : a investigação experimental foi desenvolvida em uma área coberta, pertencente ao Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), conveniado ao

Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG),
Brasil, Campina Grande - Paraíba, no ano de 2003.

Material

Os lisímetros instalados consistiam de caixas de fibras de vidro de volume igual a 500L, o diâmetro da face superior e inferior eram iguais a 110cm e 92cm, respectivamente, com 70 cm de altura. Em cada lisímetro foram colocados tubos de PVC rígido com diâmetro igual a 3/4 de polegada, perfurado com orifícios de 5mm de diâmetro na face superior, drenando, assim para o exterior do lisímetro.

Procedimentos

- Limpou-se os lisímetros, removendo as raízes da mamoneira nos primeiros 30 cm do solo;
- Colocou-se água de abastecimento nos lisímetros até a capacidade de campo momentos antes do plantio.
- Adquiriu-se as sementes do milho híbrido com o ciclo de 120 dias.
- Colocou-se o adubo químico na fórmula NPK, nos solos testemunha relativo.
- O plantio foi com 5 sementes por Lisímetro, sendo 5,0 cm de distância de uma semente para outra, plantou-se de 2 à 3 cm de profundidade do solo e no final ficarão 2 plantas definitivas com a distancia de 20,0 cm de uma para outra.

Tratamentos

- Os tratamentos que foram utilizados na exploração do milho foram: adubo químico na fórmula NPK nos solos testemunha relativo e os tratamentos já existentes no solo durante o plantio da mamona.

- **Tratamentos e delineamento estatístico** : os tratamentos que foram utilizados na mamona foram constituídos de três níveis de lodo (Lo, L1 e L2), onde o Lo (sem lodo), L1 (representa 100% da necessidade de nitrogênio) e L2 (representa 50% da necessidade de nitrogênio). Duas águas: de abastecimento e água residuária e um tratamento adicional: adubo

T

químico na fórmula NPK, com três repetições, em esquema fatorial $2*3+1$, totalizando 21 unidades experimental, utilizando-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado, *sendo*.

Variáveis computadas

Análise de crescimento não destrutiva:

À cada quinze dias , após a germinação, mediu-se:

- a) Altura da planta;
- b) Diâmetro do caule;
- c) Área foliar;
- d) N° de nós;
- e) Comprimento das espigas;
- f) Peso das espigas;
- g) peso dos grãos;
- h) Número de sementes por espigas;
- i) Fitomassa / parte aérea e raízes.

Análise do solo: química e física

Antes e após o plantio (no final do ciclo do milho) retirar 1Kg de solo de cada Lisímetro da parte do meio para serem feitas as análises: química e física.

Local: as análises físicas serão feitas no Laboratório de Irrigação e Salinidade, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – PB e as análises químicas serão feitas na Universidade Federal de Areia- Paraíba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BLALUSTEIN, J. (1982), Effluent in Trickle Irrigation of cotton in Arid zonas. Journal of the Irrigation and Drainage Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. (C) ASCE, vol. 108, N° IR2, June, 1982.

SANTOS, V. A. (1997). Rendimento do Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*) irrigado com águas residuárias tratada. - Dissertação de Mestrado, UFPB, Campina Grande-PB.

HESPANHOL, I. Reuso da água - uma alternativa viável. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente - BIO, Rio de Janeiro, ano XI, nº 18, p. 24-25, abr/jun, 2001.

CAVALLINI, J. M. Reuso en Acuicultura de Las Aguas Residuales Tratadas en Las Lagunas de Estabilizacion de San Juar. Resumen Ejecutivo. Lima, OMS-OPS-CEPIS, 1991. 36p.

SILVA, Salomão Anselmo; Tratamentos Biológicos de água residuárias: Lagoas de estabilização/Salomão Anselmo Silva | • | David Duncan Mara; capa: Fernando de Athayde. - 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1979.

KANDIAH, A. (1988). Quality Criteria in Using Savage Effluent for Crop Production, In: Treatment and of Sewage Effluent for irrigation. (Ed. By M. B. Pescod and A. Arar). London.

SHUVAL, H. I.; ADIN, A.; FATTAL, B.; RAWITZ, E. & YEKUTIEL, P. (1985). Health Effects of Wastewater Irrigation and their control in Developing Countries. The word Bank. Integrated Resource Recovery Project series Number GLO/80/004. 340p.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. A Qualidade da Água na Agricultura. Tradução H. R. Gheyi e J. F. de Medeiros. Campina Grande - PB. UFPB/PRAI/CCT, 1991.

PECLZAR, M. J., E. C. S., KRIEB, N. R. Microbiology concepts and Aplications. McGraw-Hill. New York, USA, 1993.

PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. Livraria Nobel. 3ª ed. São Paulo, 1990.

MIRANDA, T. L. G. de. Reuso de Efluentes de Esgotos Domésticos na Irrigação de Alfaces - Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 1995.

SCALOPPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. *Item - Irrigação e Tecnologia Moderna*, 21:13-7, 1985.

AZEVEDO, H. M. Equipamentos de irrigação par o Nordeste: reunião para definir e elaborar um programa prioritário integrado de pesquisa em tecnologia de irrigação para o Nordeste. Petrolina, SUDENE/EMBRAPA/CNPq, 1982. (Palestra).

GOMES, Heber Pimentel. Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3ª edição. 412p. Campina Grande - PB - Universidade Federal da Paraíba, 1999.

ABRUNÃ, F.R.; CHANDLER, J.V.; PEARSON, R.W.; SILVA, S. Crop response to soil acidity

factors in Ultissol and Oxisols: I. Tobacco. *Soil Sci. Soc.Am. Proc.Madison*, v. 34, p.629-634, 1970.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E. Variabilidade de solo e planta em Podzólico

Vermelho Amarelo. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.20, p. 151-157, 1996.

BRENDECKE, J.K.; PEPPER, I.L. The extent of global pollution. In: PEPPER, I.L.; GERBA, C.P.;

BRUSSEAU, M.L.; BRENDCKE, J.W. (Eds.). *Pollution Science*. London, UK: Academic Press, 1996.

p.3-8. 397p.

CARVALHO, M.C.S.; RAIJ, B. Van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in

the amelioration of acid subsoils for root growth. *Plant and Soil*, v.192, p.37-48, 1997.

LOPES, A.S. *Manual de Fertilidade do Solo*. São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

MELO, W.J. ; MARQUES, M.O. O potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as

plantas. In: BETTIOL, W. ; CAMARGO, O.A. (Eds.) *O impacto ambiental do uso agrícola do lodo de*

esgoto. Jaguariuna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141. 312p

APHA,AWWA,WPCF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 15th ed. Amer. Public Health Assoc., Americ. Water Works Assossiation, Water Pollution Control Federation, Washington, DC, 1980, 1134 p.

AYERS, R.S. A qualidade de água na Agricultura Trad. GHEYI, H.R.; de MEDEIROS, J.F. ; DAMASCENO, F.A.V., Campina Grande, UEPB, 1991.

BROVKO, N.; CHEN, K.Y. Optimizing gas production, methane contentand buffer capacity in digester operation. *Water and Sewage Works*. p. 54-58, July, 1977.

CORSE, W.H. Manual Global de Ecologia: O que você pode fazer a respeito da crise do meio Ambiente. Cap. 9, 1992, p. 155-174.

GREGÓRIO, I. Neoliberalismo sim ou não? : Manual destinado a comunidades, grupos e organizações populares. Trad. Paixão Neto João. São Paulo, Paulinas, 1995.

MAGALHÃES, W. S. ; CAMPOS, R.T. Economia agrícola, recursos naturais e meio ambiente. Revista Econômica do Nordeste. V. 28, p. 417-429, 1997.

MORAIS, Fábio Atanavio. "Água direito a vida" - documento para discussão - UNICEF. Recife-PE, 1996.

AYERS, R.S. A qualidade de água na Agricultura Trad. GHEYI, H.R.; de MEDEIROS, J.F. ; DAMASCENO, F.A.V., Campina Grande, UEPB, 1991.

BROVKO, N.; CHEN, K.Y. Optimizing gas production, methane contentand buffer capacity in digester operation. *Water and Sewage Works*. p. 54-58, July, 1977.

CORSE, W.H. Manual Global de Ecologia: O que você pode fazer a respeito da crise do meio Ambiente. Cap. 9, 1992, p. 155-174.

GREGÓRIO, I. Neoliberalismo sim ou não? : Manual destinado a comunidades, grupos e organizações populares. Trad. Paixão Neto João. São Paulo, Paulinas, 1995.

MAGALHÃES, W. S. ; CAMPOS, R.T. Economia agrícola, recursos naturais e meio ambiente. Revista Econômica do Nordeste. V. 28, p. 417-429, 1997.

MORAIS, Fábio Atanavio. "Água direito a vida" - documento para discussão - UNICEF. Recife-PE, 1996.

SACHS, I. Ecodesenvolvimento: Crescer sem destruir. São Paulo, Ed. Vértice, 1986. 280p.

SACHS, I. Desenvolvimento Sustentável, bio-industrialização descentralizado e novas configurações rural-urbanas: aos casos da Índia e do Brasil. In: VIEIRA, P.F. ; WEBER, J. Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo, Ed. Cortez, 1997. Cap. 15, p. 469-494.

Van HAANDEL, A.C. ; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente, s.n.t., 1994.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA

Relatório de Estágio Supervisionado

**EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO COM LODO DE ESGOTO E ÁGUA
RESIDUÁRIA NA CULTURA DO MILHO**

Aluna: Hélvia Lane Meira de Brito

Matrícula 29611246

Orientadora: Vera Lúcia Antunes de Lima

DEAg/CCT/UFCG

Campina Grande, Abril de 2004



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

1.0 INTRODUÇÃO

Assim como as águas residuárias, o lodo de esgoto também tem grande interesse para agricultura pelo elevado teor de matéria orgânica e nutrientes minerais.

O tratamento de águas residuárias costuma ser dividido em preliminar, primário e secundário, segundo o grau de tratamento imposto. No tratamento preliminar, removem-se os sólidos mais grosseiros, o que pode ser feito por meio de grades com malhas convenientemente calculadas. No tratamento primário, o objetivo é a retirada de sólidos sedimentáveis, podendo, também, ocorrer, degradação anaeróbia do material orgânico em suspensão. No tratamento secundário, predomina a remoção, por ação de microrganismos que se desenvolvem no meio líquido, ou a remoção pelo sistema solo-planta da matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes (fósforo, nitrogênio).

Estudos mostram que efluentes resultantes do tratamento de águas residuárias podem ser empregados como fonte de água para a irrigação e como corretivos do solo capazes de suprir as plantas na forma de fertilizantes.

A utilização ou o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo desde há muitos anos. Há relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância. Nesse sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende, também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluente e do consumo de água .

Os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

O “reuso” reduz a demanda sobre os mananciais de água, devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. Dessa forma, grandes volumes de água potável

podem ser poupados pelo reuso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente efluentes pós-tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

A irrigação com águas residuárias de esgotos domésticos é uma prática freqüente na maioria dos países da América Latina e vem despertando cada vez mais a atenção dos engenheiros sanitaristas e agrícolas, por oferecer vantagens como a reciclagem da água e fornecer ao solo matéria orgânica e nutrientes inorgânicos, embora acompanhada de riscos de transmissão de doenças infecto-contagiosas se não houver tratamento adequado. Na região semi-árida do Nordeste do Brasil, o uso dessas águas é atraente devido à irregularidade das chuvas e a pouca fertilidade dos solos.

O manejo do lodo compreende operações como adensamento, desaguamento, estabilização e higienização e a desidratação, a sua aplicação está diretamente relacionada ao destino final escolhido para o mesmo. O lodo é um excelente condicionador do solo, podendo auxiliar na melhoria das práticas agrícolas atualmente em uso em nosso país, tornando-se assim uma alternativa viável

1.1 Objetivo

A fim de avaliar a viabilidade agrônômica do uso de bio sólidos e águas residuárias desenvolvem-se projeto para acompanhar o crescimento, desenvolvimento do milho cultivado em ambiente recentemente explorado pelo cultivo da mamona irrigada com água residuárias e adubada com bio sólidos.

2.0 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Origem e composição das águas residuárias

As águas residuárias são servidas de uma comunidade resultante de diversas modalidades de uso. A sua classificação é feita segundo sua origem e divide-se em: domésticas, industriais, pluviais e de áreas agrícolas

As águas residuárias são águas poluídas pela adição de substâncias ou formas de energia, que direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que deles são feitos.

As águas residuárias domésticas são geralmente perenes, e sua composição é essencialmente orgânica e relativamente constante quando existe controle domiciliar de águas (MIRANDA, 1995)

A constituição de sólidos existente nas águas residuárias é de grande importância na elaboração do projeto, operação e manutenção das estações de tratamento de esgotos. Além disso, a quantidade e qualidade do material sólido encontrado nas águas residuárias de onde da comunidade servida e de seus hábitos, pois muitos dos sólidos encontrados freqüentemente nos despejos não deveriam fazer parte de sua composição. Esta parte de material sólido denomina-se sólidos grosseiros, e não compostos por penas de galinhas, artefatos de plásticos e vidros, etc.

O material sólido orgânico presente nos dejetos domésticos representam 70% do material sólido existente, e é constituído por carboidratos, gorduras, óleos, graxas, proteínas e outros materiais menos denso que a água, os quais podem causar o esvaziamento das fontes de oxigênio e o desenvolvimento de condições sépticas.

Além dos sólidos grosseiros encontrados nos despejos domésticos, existem os sólidos inorgânicos, os quais representam 30% da quantidade de materiais sólidos presentes nos dejetos. Os sólidos inorgânicos são compostos por partículas de areia, sais e metais que podem acarretar abrasão excessiva nas tubulações, válvulas registro e bombas, entupimento e obstruções nas tubulações.

2.2 - Porque tratar as aguas residuarias?

Basicamente, porque as águas residuárias quando não tratadas, são um perigo para a saúde humana e para o meio ambiente onde são lançadas.

O grande volume de aguas residuarias produzido pela população e pela expansão das atividades agro-industriais, muitas vezes são lanças sem nenhum tipo de tratamento nos cursos d'água que cortam as cidades, provocando diversos efeitos como poluição do meio ambiente, a morte dos receptores e a propagação de doença na população e nos animais que mantém contato com estas aguas. Entretanto, quando o tratamento das águas residuárias é adequado, estas podem alcançar um nível de depuração aceitável evitando a poluição dos corpos aquáticos e do meio ambiente em geral, bem como combater o avanço das doença de veiculação hídrica .

2.3. Reuso de água

A idéia do reuso de águas residuárias para fins de irrigação na agricultura de subsistência ou plantas forrageiras, para a criação de peixes, dessedentação de animais, torres de resfriamentos, caldeiras, construções civis, lagos ornamentais, descargas de vasos sanitários, geração e energia hidroelétrica, etc., quando aplicada vem concretamente poupar considerável volume de água potável, já que, para esses fins, não potáveis, pode-se usar água de qualidade inferior como por exemplo efluentes de tratamento secundário.

Sistemas de tratamento de esgotos (lodos ativados , lagoas de estabilização e digestão anaeróbia) realizam os processos de tratamento com os mesmos microrganismos presentes na água e no solo

Muitos países já enfrentam problemas de escassez de recursos hídricos, com a população crescendo mais rapidamente onde a água já é escassa. Se não forem tomadas medidas urgentes, pode faltar água nas grandes cidades daqui a alguns anos.

A poluição esgota as reservas de águas naturais em ritmo mais acelerado do que o aumento das demandas, pois a qualidade da água é tão importante quanto a quantidade. Por exemplo, um litro de esgoto lançado em um corpo d'água pode tornar vários litros dessa água imprestáveis para diversos usos.

Há pouco anos a humanidade se comportou como se a água fosse um bem inesgotável e usou os recursos hídricos de modo irresponsável. Atualmente, quando todo mundo já

reconhece que a água é um recurso natural limitado que pode acabar, ela deixou de ser um bem de uso comum e ilimitado, para ser um bem controlado e passou a ter valor econômico.

A escassez de água para os processos produtivos e para o consumo humano e a crescente exigência por um meio ambiente saudável (pressões econômicas e ambientais) têm motivado a utilização de efluentes líquidos em todo o mundo.

A utilização de efluentes para o reuso das águas reduz a necessidade de captação de águas primárias em mananciais naturais e, devido a menor geração de efluentes finais, evita a poluição ambiental, que é outra forma de esgotar a capacidade dos mananciais, pela degradação da qualidade.

Estas duas conseqüências do reuso, redução do consumo de águas primárias e diminuição da poluição em mananciais, possibilitam conservar os recursos hídricos naturais para usos mais restritivos. A economia de águas naturais é geralmente maior do que aparenta, pois evitando-se a poluição ambiental poupa-se grandes quantidades que seriam inutilizadas para vários fins. Por exemplo, se um litro de esgoto lançado no meio ambiente inutiliza dez litros de água, o reuso desse um litro de esgoto pode resultar em uma grande economia de água natural.

E se não bastassem as razões econômicas e sociais (desenvolvimento sustentável), o reuso da água também é viável financeiramente, pois reduz os custos associados ao manejo dos efluentes (monitoramento, tratamento, manutenção de redes de transporte, multas ambientais, etc.) geralmente em valores suficientes.

O desenvolvimento de novas técnicas de tratamento de águas residuárias tem permitido o reuso de águas de diversas formas e com diversas finalidades.

As formas mais comuns de reuso de águas são as seguintes: para abastecimento humano; para recarga de aquíferos; em edifícios; em indústrias; na agricultura e pecuária (irrigação de culturas e forragens).

Na Califórnia, que tem grande tradição no reuso de águas, em 1987 as percentagens de utilização de águas residuárias, em função do tipo de reuso, eram as seguintes: 63% para irrigação agrícola; 14% para recarga de aquíferas; 13% para a irrigação de áreas verdes urbanas; e 10% para aplicações industriais, recreativas e para a vida silvestre (CAVALLINI, J. M., 1991). Portanto, no mínimo 76% para irrigação.

2.4 Problemática no Brasil

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. Em termos de reuso industrial, a prática começa a se implementar, mas ainda associada a iniciativas isolada, a maioria das quais, dentro do setor privado.

Verificou-se, por intermédio dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de bacias hidrográficas em levantamento realizado a fim de se conhecer mais a miúdo a realidade nas diversas bacias hidrográficas brasileiras que há a identificação de problemas relativamente à questão de saneamento básico. Entretanto, não se consegue identificar atividades de reuso de água utilização de reuso de água utilizando efluentes pós-tratados.. Isso deve-se ao fato, talvez, do ainda relativo desconhecimento dessa tecnologia e por motivos de ordem sócio cultural.

Mesmo assim considerando que já existe atividades de reuso de água com fins agrícolas em certas regiões do Brasil a qual é exercida de maneira informal e sem as salvaguardas ambientais e de saúde públicas adequadas, torna-se necessário institucionalizar, regulamentar e promover o setor através da criação de estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação, e do desenvolvimento de tecnologia compatíveis com as nossas condições técnicas, culturais e sócio econômicas.

É nesse sentido que a Superintendência de cobrança e conservação-SCC da Agência Nacional de Águas, inova ao pretender iniciar processos de gestão a fim de fomentar e difundir essa tecnologia e ao investigar formas de se estabelecer bases políticas, legais e institucionais para o reuso de água neste país.

2.5 - Tratamentos biológicos de águas residuárias

Composição das águas residuárias

As águas residuárias compõem-se das águas servidas de uma comunidade. Podem ser de origem puramente doméstica ou podem conter também águas residuárias, provenientes de indústrias ou de atividades agrícolas. Consideremos, inicialmente, somente as águas residuárias domésticas. Essas são compostas por resíduos humanos (fezes e urina) e águas servidas, que são as águas residuárias resultantes do asseio pessoal, lavagem de roupas e de utensílios, bem como da preparação de comida.

As águas residuárias recém-produzidas apresentam-se com um líquido turvo, de coloração parda, com odor similar ao do solo. Contém sólidos de grandes dimensões em flutuação ou suspensão (tais como fezes, trapos, recipientes de plástico), sólidos em pequenas dimensões em suspensão (tais como fezes parcialmente desintegradas, papéis, cascas) e sólidos muito pequenos em suspensão coloidal (isto é: não sedimentáveis) bem como poluentes em dissolução. Esteticamente são repugnantes em aparência e extremamente perigosas em seu conteúdo, principalmente por causa do número de organismo causadores de doenças (patogênicos) que contêm.

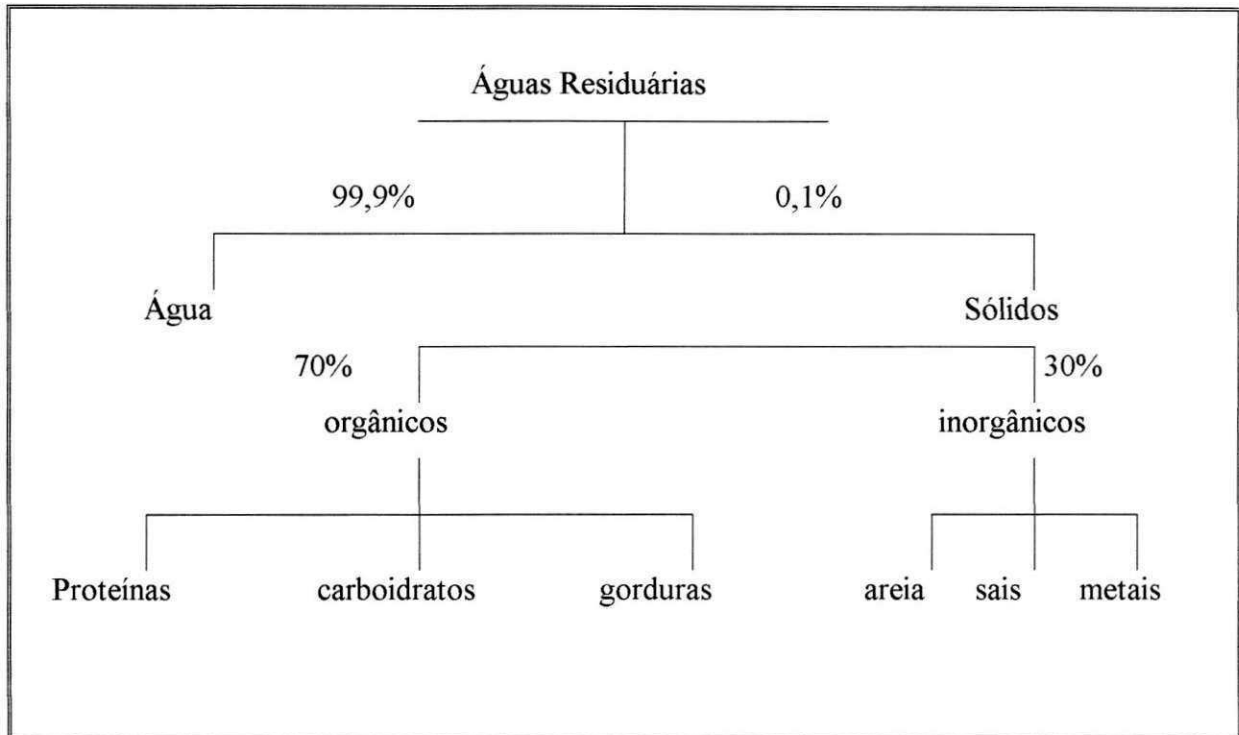
A Tabela 01 apresenta análises de fezes e de urina humanas. A Figura 01 mostra a composição das águas residuárias.

TABELA 01: Composição de urina e fezes humanas

| Quantidade | Fezes | Urina |
|--|------------|---------------|
| (úmida) por pessoa, por dia | 135 - 270g | 1,0 - 1,31 kg |
| (sólido secos) por pessoa, por dia | 35 - 70g | 50 - 70g |
| Composição aproximada % | | |
| Umidade | 66 - 80 | 93 - 96 |
| Matéria orgânica | 88 - 97 | 65 - 85 |
| Nitrogênio | 5,0 - 7,0 | 15 - 19 |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 3,0 - 5,4 | 2,5 - 5,0 |
| Potássio (K ₂ O) | 1,0 - 2,5 | 3,0 - 4,5 |
| Carbono | 44 - 55 | 11 - 17 |
| Cálcio | 4,5 | 4,5 - 6,0 |

FONTE: H. B. Gotaas, 1956.

FIGURA 1. Composição das águas residuárias

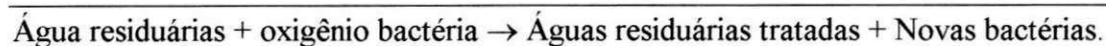


FONTE: T. H. Y. Tebbut, 1970.

Característica das águas residuárias

As águas residuárias são, geralmente, tratadas suprindo-as com oxigênio, a fim de que as bactérias possam utilizar os resíduos orgânicos como alimentação.

A equação geral é:



A complexa natureza das águas residuárias domésticas impede sua completa análise. Como é comparativamente mais fácil medir a quantidade de oxigênio usado pelas bactérias na oxidação dos resíduos, a concentração da matéria orgânica existente nas águas residuárias é expressa em termos de quantidade de oxigênio necessária para sua oxidação. Assim, se meio grama de oxigênio é consumido na oxidação de cada litro de determinada água residuária, diz-se, então, que esta água residuária tem uma demanda de oxigênio de 500mg/ L, o que equivale

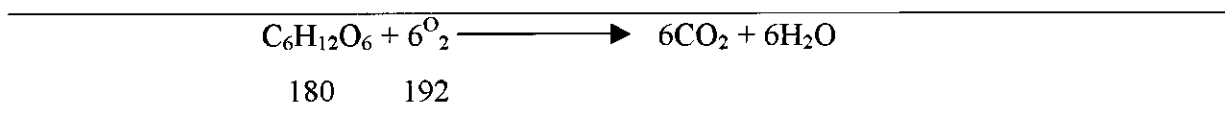
dizer que a concentração de matéria orgânica em um litro dessa água residuária é tal que, para sua oxidação, se necessita de 500mg de oxigênio.

Segundo Silva, 1979, existem três maneiras de se expressar a demanda de oxigênio de uma água residuária.

I- Demanda Teórica de oxigênio – DTO

Esta é a quantidade teórica de oxigênio necessário para oxidar completamente a matéria orgânica existente nas águas residuárias, produzindo o gás carbônico e água.

Assim, na equação de oxidação total da glicose, por exemplo:



podemos determinar que a DTO de uma solução de glicose de 300mg/ L é: $(192/ 180) \times 300 = 321\text{mg/L}$)

Devido à complexidade da natureza das águas residuárias, a sua DTO não pode ser calculada, mas na prática é determinada aproximadamente pela Demanda Química de Oxigênio.

II- Demanda Química de Oxigênio – DQO

Esta demanda é determinada pela oxidação dos resíduos em uma solução do ácido bicromato em ebulição. Este processo oxida quase todos os compostos orgânicos existentes na amostra analisada, liberando o gás carbônico e a água, apresentando tal reação geralmente, uma eficiência de mais de 95% de oxidação de todos os compostos orgânicos existentes na água.

A vantagem da determinação da DQO é que os resultados são obtidos rapidamente (cerca de 3 horas) porém com a desvantagem de não especificar a proporção da matéria orgânica existente na água residuária possível de ser oxidada por bactérias, nem a velocidade com que uma bio-oxidação possa ocorrer.

III- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Para Silva, (1979), “esta é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica pelas bactérias. E portanto, a medida da concentração da matéria orgânica existente na água residuária que pode ser oxidada pelas bactérias. (Biodegradada).” A DBO é, geralmente, expressa em função de um tempo de cinco dias e a uma temperatura de 20°C, isto é: é a quantidade de oxigênio consumido na oxidação da matéria orgânica mantida a 20°C durante cinco dias. Isto ocorre porque a DBO de cinco dias, normalmente expressa como DBO₅, é mais facilmente determinada que a DBO total (ou final ou última) DBO_u ou DBO_T, que é o oxigênio necessário para a bio-oxidação total matéria orgânica.

Necessidade de tratamento das águas residuárias

Ainda de acordo com Silva, (1974) “as águas residuárias devem ser tratadas antes de seu lançamento em um corpo d’água receptor a fim de:

- a) reduzir a disseminação de doenças transmissíveis, causadas pelos organismos patogênicos existentes nas águas.
- b) evitar a poluição das águas subterrâneas e da superfície.

No entanto estas duas razões são inter dependentes na medida em que um corpo receptor poluído é uma potencial e, freqüentemente, real fonte de infecção, particularmente em climas quentes. Todavia, existe, atualmente, a crescente consciência de que poluição e contaminação do meio ambiente são totalmente indesejáveis em si mesmas e, portanto, medidas para diminuir a poluição devem ser contempladas do ponto de vista ecológico, e não meramente pelo melhoramento que possam trazer às condições de vida humana.

2.6 - Reuso de águas residuárias na agricultura

O aproveitamento das águas residuárias, principalmente para a irrigação, além de constituir uma valiosa fonte, economizando água de boa qualidade que pode ser usada para outros fins, evita que os esgotos sejam lançados indiscriminadamente em corpos aquáticos.

Outro ponto importante é o fato dos nutrientes contidos nas águas residuárias poderem ser utilizados como fertilizantes para determinadas culturas, o que constitui vantagem econômica importante.

A utilização de águas residuárias domésticas para irrigação de culturas exige conhecimento de suas características físico-químicas e microbiológicas de modo a estabelecer um grau compatível à obtenção da qualidade que satisfaça os critérios recomendados ou padrões que tenha sido fixados para o uso. As normas de segurança devem ser exigidas, para que não ocorram problemas de saúde aos consumidores e às pessoas que irrigam e manuseiam as culturas. A qualidade do efluente também pode ser analisada de acordo com os problemas que possam causar ao solo, tais como salinidade, velocidade de infiltração, toxicidade de íons específicos e excesso de nutrientes

2.7 - Contaminação dos solos irrigados

As bactérias são os microorganismos mais numerosos que vivem no solo. As bactérias possuem capacidade autotrófica e heterotrófica, que nenhum outro organismo que vive no solo possui. Alguns gêneros de bactérias que vivem no solo contribuem muito para completar os ciclos de alguns elementos, como: nitrogênio, carbono e enxofre. Outras, são muito estudadas por serem patogênicas e contaminarem o solo. Estas bactérias atingem o solo por meio de irrigações com águas contaminadas com material fecal, proveniente de contatos com fezes humanas e de animais de sangue quente. A sobrevivência destes organismos, especialmente os patogênicos dependem de diversos fatores, entre eles:

Tabela2 - Efeito da sobrevivência de bactérias no fator solo

| Fator do solo | Efeito na sobrevivência de bactérias |
|-----------------------------------|---|
| A estrutura do solo | Curto tempo de sobrevivência em solos arenosos ou encharcados |
| Umidade | Em solos úmidos possuem longo tempo de sobrevivência |
| Temperatura do solo e do ambiente | Em temperatura mais baixas possuem maior tempo de sobrevivência |
| Quantidade de matéria orgânica | Quando a matéria orgânica é suficiente o desenvolvimento é maior |
| Incidência de luz solar | Curto tempo de sobrevivência quando estão na superfície do solo |
| pH | Curto tempo de sobrevivência em solos ácidos (pH de 3-5) e em solos alcalinos |

FONTE: Primavesi, (1990).

Os problemas com a saúde pública, como por exemplo: verminoses, cólera e viroses estão relacionados com a presença dos organismos patogênicos no solo oriundas da irrigação e nas culturas através do contato com o solo estrumado.

2.8 - Biodegradação

Os sistemas de tratamento de esgotos normalmente utilizam forma otimizada, os fenômenos de biodegradação que já ocorrem na natureza. Os métodos mais comuns de tratamento são os biológicos, que utilizam os micro-organismos presentes no esgoto. Sendo o esgoto rico em nutrientes, ao passar por instalações onde as condições facilitam as atividades biológicas, os micro-organismos usam a matéria orgânica como alimento, degradando-a e purificando a água.

Ao chegar às Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), o afluente passa por um pré-tratamento onde as impurezas grosseiras são retidas por grades e caixas de areia. O líquido livre desta fração grosseira passa a conter sólidos finos ou dissolvidos. Em algumas estações o esgoto passa então por um decantador primário onde parte da matéria fina decanta naturalmente. Até a fase de decantação diz-se que o tratamento é primário. Depois do tratamento primário, as estações de tratamento biológico utilizam mecanismos e dispositivos que permitem otimizar os processos naturais de biodegradação, fornecendo aos micro-organismos, condições ótimas para que eles se desenvolvam e degradem a matéria orgânica.

Na natureza existe duas vias principais de biodegradação: a via aeróbia e via anaeróbia.

Biodegradação Aeróbia

É realizada em presença de oxigênio pelos micro-organismos aeróbios ou facultativos. Desde que haja fornecimento de oxigênio no meio líquido, é a via mais rápida de biodegradação. A biodegradação aeróbia acontece em lagoas de estabilização aeróbias e facultativas e sistemas com injeção de ar (lodos ativados, aeração prolongada, etc.).

Biodegradação anaeróbia

É realizada na ausência de oxigênio pelos microorganismos anaeróbios ou facultativos. Ela começa a ocorrer quando o oxigênio dissolvido no esgoto já foi consumido pelos microorganismos aeróbios. Uma das diferenças entre as duas vias de biodegradação são os

produtos finais. Na digestão anaeróbia há produção de gás metano e gás sulfídrico. O metano pode ser utilizado como gás combustível, sendo um subproduto interessante dos reatores anaeróbios.

Digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB)

O digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) é usado no tratamento anaeróbio de esgoto a alta taxa. Esse tipo de reator vem sendo empregado para tratamento de águas residuárias da agroindústria, bem como em esgotos sanitários, com grande eficiência .

Elementos que constitui o reator UASB

O elemento de maior importância é o separador de fases este divide o reator UASB em duas partes: uma parte inferior ou zona de digestão responsável pela digestão anaeróbia proveniente da outra parte superior ou zona de sedimentação responsável pela retenção do lodo permitindo assim o retorno do mesmo para a zona de digestão. Entre essas duas partes já citadas existe uma área de transição, onde é encontrado o separador de fases gás- sólido - líquido com um dispositivo para coleta de gás.

Outro elemento do reator UASB é o defletor de gás, o qual tem a função de desviar as bolhas de gás, evitando assim que o gás produzido escape pela parede do reator.

Funcionamento do reator UASB

O funcionamento do reator UASB se baseia no fluxo ascendente. O esgoto entra na parte inferior do reator UASB e em movimento ascendente atravessa a zona de digestão, o separador de fases e zonas de sedimentação. Na zona digestão, o esgoto entra em contato com lodo anaeróbio, parte da matéria orgânica é degradada e transformada em biogás, e outra parte em massa bacteriana (lodo). Na zona de sedimentação, a massa de lodo se sedimenta e retorna para zona de digestão, aumentando assim a massa de microorganismo essencial para a digestão anaeróbia.

Resíduo de biossólido (lodo)

Segundo Tsutya.et.al. (2001) lodo de esgoto é uma denominação genérica para o resíduo sólido gerado pelos sistemas de tratamento de águas residuárias. Sua composição

depende, portanto, do tipo de tratamento empregado para purificar o esgoto e das características das fontes geradoras (população e indústrias).

De modo geral, o lodo de esgoto tem grande interesse agrícola pelo seu conteúdo em nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes, mas especialmente pelo seu teor em matéria orgânica, cujos efeitos no solo se fazem sentir a longo prazo, melhorando sua resistência à erosão e à seca, ativando a vida microbiológica do solo e possivelmente aumentando a resistência das plantas às pragas.

Interesse agrônômico do resíduo de biossólido (lodo)

A matéria orgânica e os elementos fertilizantes (NPK e micronutrientes) têm papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo.

O uso agrícola do lodo pode contribuir para diminuir o problema da erosão. A parte orgânica do lodo pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo, o que aumenta a resistência dos agregados, reduzindo este problema. Os micronutrientes do lodo podem contribuir para reequilibrar o conteúdo mineral dos solos Os aumentando o seu potencial de produção.

Os nutrientes minerais do resíduo de biossólido (lodo)

Nitrogênio – o nitrogênio é normalmente o mais valioso constituinte do lodo, sendo também o elemento o qual as culturas apresentam maiores respostas;

Fósforo – provém dos dejetos e corpos microbianos do esgoto e dos detergentes e sabões que utilizam fosfatos como aditivos, a disponibilidade deste elemento no lodo é alta, variando de 40 a 80% do fósforo total;

Potássio – por ser muito solúvel, pouco do potássio contido no esgoto fica retido no lodo. Por isso o teor de potássio do lodo é baixo, sendo um macronutriente a ser fornecido pela suplementação de fertilização mineral. Mesmo apresentando baixos teores de potássio, 100% destes nutrientes é considerado assimilável.

Outros macronutrientes (cálcio, magnésio, enxofre) - Estes elementos estão presentes no lodo essencialmente na forma mineral. Mesmo aplicações modestas de lodo podem suprir as necessidades em magnésio e enxofre da maioria dos vegetais.

O lodo tratado com cal contém bastante cálcio e pode influenciar na reação do solo, determinando o aumento do pH.

Micronutrientes - O lodo contém cobre, zinco, manganês e quantidades menores de boro, molibdênio e cloro. Geralmente, quando o lodo é aplicado em taxas suficientes para suprir as necessidades de nitrogênio, as necessidades de micronutrientes são supridas.

2.9 - Aspectos sanitários do uso agrícola do resíduo de biossólido (lodo)

Como todo o resíduo de origem animal, o lodo contém micro-organismos patogênicos que refletem de maneira direta o estado de saúde da população contribuinte no sistema de esgotamento. Portanto o uso seguro do lodo na agricultura supõe a utilização de uma tecnologia que elimine ou diminua sensivelmente a presença destes micro-organismos, aliada ao controle de qualidade do lodo higienizado e à adequação do tipo de uso agrícola às características microbiológicas do lodo.

Pode-se considerar como do tratamento de lodos, os seguintes processos:

Adensamento

Condicionamento

Desaguamento

Estabilização

As alternativas mais usuais para o aproveitamento e/ou destino final de resíduo de biossólido (lodo)

- Uso agrícola: aplicação direta do solo, fertilizante e solo sintético;
- Aplicação em plantações florestais;
- Disposição em aterro sanitário: aterro exclusivo e co-disposição com resíduos sólidos urbanos;
- Reuso industrial: produção de agregados leve, fabricação de tijolos e cerâmicas e produção de cimento;
- Incineração: incineração exclusiva e co-incineração com resíduos sólidos urbanos;

- Recuperação de solos: recuperação de áreas degradadas e recuperação de áreas de mineração;

- Disposição oceânica.

2.10 - Uso agrícola

Para aplicação em áreas agrícolas, os resíduos de biossólido devem ser submetidos a processos de redução de patógenos e de atividades de vetores. Na Tabela 3 são apresentadas as classificações de resíduos biossólido quanto à presença de patógenos. O resíduo de biossólido deve apresentar uma pequena ou nula atração a vetores como as moscas, os roedores e os mosquitos, para reduzir o potencial de doenças. Os processos de tratamento de resíduos de biossólido para a redução da atração de vetores são: digestão anaeróbia, digestão aeróbia, compostagem, estabilização química, secagem, aplicação superficial e incorporação no solo.

Para resíduo de biossólido Classe A, não há nenhuma restrição de uso, podendo ser comercializado ou distribuído gratuitamente. Entretanto, para o resíduo de biossólido Classe B, devem ser respeitadas as seguintes exigências:

Evitar a aplicação manual e a realização de cultivo ou trabalho na área que recebeu o resíduo de biossólido, por um período de 30 dias após a aplicação. Caso este tipo de operação não possa ser evitado, os trabalhadores deverão utilizar equipamentos de proteção adequados e ser devidamente orientado quanto aos procedimentos de higiene e segurança;

Não cultivar, por um período de 14 meses após a aplicação, alimentos cuja parte consumida toque o resíduo de biossólido (melões, pepinos, hortaliças etc.)

Não poderão ser cultivados na área alimentos cuja parte consumida fique abaixo da superfície do solo (batatas, cenouras, rabanetes etc) – por um período de 38 meses após a aplicação, se o resíduo de biossólido for incorporado durante os 4 meses seguintes ao seu espalhamento ou por período de 9 meses, se o resíduo de biossólido não for incorporado antes de 4 meses após a aplicação.

Tabela 3 – Classificação de resíduo de biossólido quanto à presença de patógenos

| Tipo de Biossólido | Critérios de classificação | Processos de redução de patógenos |
|--------------------|---|---|
| Classe A | Coliformes fecais: Densidade < 1000 NMP/ GST e Salmonela Sp: densidade < 3 NMP/4gST | Compostagem Secagem térmica Tratamento térmico Digestão aeróbia termofílica Irradiação Pasteurização |
| Classe B | Coliformes fecais: Densidade < 2.000.000 NMP/ GST em pelo menos uma amostra e Coliformes fecais : média geométrica da densidade de 7 amostras < 2.000.000 NMP/ GST ou 2.000.000 UFC/ GST. | Digestão aeróbia Secagem Digestão anaeróbia Compostagem Estabilização com cal |

Fonte: Braga, 2002

NMP/ GST – Número mais provável por programa de sólidos totais

UFC/ GST – Unidades Formadoras de Colônias por grama de sólidos totais.

2.11 - Sistemas de irrigação Localizada

A irrigação localizada consiste na aplicação d'água molhando apenas parte da área ocupada pelo sistema radicular das plantas. O molhamento de mais de 55% da área sombreada pela planta descaracteriza o método, eliminando uma das suas principais vantagens que é a economia de água.

São sistemas com elevados graus de automação, capazes de aplicar produtos químicos dissolvidos na água de irrigação (Scaloppi, 1985).

Segundo Azevedo, 1982, o Laboratório de engenharia de Irrigação da Universidade Federal da Paraíba classifica este método de irrigação da seguinte maneira:

- por gotejamento;
- por microaspersão;
- tipo xiquexique;
- tipo subsuperficial.

2.11.1 - Irrigação por gotejamento

O gotejamento é um método de irrigação de alta frequência, no qual a água é aplicada em gotas, diretamente sobre a zona radicular da planta, sem necessidade de molhar toda a superfície do terreno. O suprimento de pequenas vazões às zonas radiculares é alcançada mediante dispositivos denominados gotejadores ou emissores, localizados juntos aos pés das plantas.

O abastecimento d'água para os gotejadores se efetua através de um sistema fixo de irrigação pressurizada, composto por uma rede de distribuição, uma estação de bombeamento e um dispositivo de filtragem e controle da água aduzida. Os gotejadores são instalados unidos a linhas de tubulações laterais flexíveis, estendidas sobre o terreno, paralelamente às fileiras das plantas. As linhas laterais, por sua vez são conectadas às tubulações finais ou terminais de rede de distribuição, que também são conhecidas como tubulações de derivação (GOMES,1999).

A aplicação de pequenas vazões diretamente sobre a zona radicular da planta faz com que a irrigação por gotejamento possua algumas características peculiares, no que diz respeito à relação entre a água, o solo e a planta.

Componentes do Sistema

Os componentes de um sistema de irrigação por gotejamento são: tubulação de adução, cabeçal de controle, rede de tubulação de distribuição e gotejadores (GOMES, 1999)

Os sistemas de irrigação por gotejamento necessitam que a água chegue aos gotejadores com um alto grau de limpeza, para evitar entupimento nos mesmos. A uniformidade e eficiência da irrigação por gotejamento depende, em grande escala, do procedimento, de filtragem ou tratamento empregado para limpar a água, uma vez que as obstruções dos gotejadores se constituem no maior problema desse método de irrigação. É necessário eliminar as partículas sólidas em suspensão, de origem orgânica ou mineral, cujas dimensões obstruam as passagens d'água através dos gotejadores.

Basicamente o cabeçal de controle consta de um ou mais filtros, um equipamento de fertilização, e as peças especiais de regulagem e controle (válvulas, ventosas, manômetros, etc), (GOMES, 1999).

Gotejadores

O conjunto de gotejadores da instalação constitui a parte mais sensível do sistema de irrigação por gotejamento, já que o mesmo deve assegurar o suprimento das pequenas vazões as plantas, com uma uniformidade aceitável em toda a parcela ou unidade a irrigar. Os gotejadores funcionam também como dissipadores de energia, em virtude de que devem reduzir a pressão nominal de entrada em geral, entre 5 e 15 mca para zero, à saída das gotas.

Para assegurar as pequenas vazões de projeto, que habitualmente estão compreendidas entre 2 e 12L/h, os orifícios dos gotejadores têm que ser bastante pequenos (os diâmetros variam entre 0,5 e 1,5 mm), o que os tornam extremamente sensíveis aos entupimentos. Os gotejadores com maiores diâmetros terão menos problemas de obstruções, porém suas vazões ou descargas serão conseqüentemente maiores. Portanto, a função do gotejador é dupla e antagônica: garantir uma vazão pequena, pouco sensível às variações de pressão, com um orifício suficientemente grande para evitar entupimentos (GOMES, 1999).

A variedade de gotejadores existentes no mercado é muito grande, devido ao objetivo permanente que os fabricantes almejam alcançar: gotejadores eficazes, resistentes e baratos. De uma maneira geral, os gotejadores podem ser classificados em três categorias: gotejadores de longo percurso, gotejadores de curto percurso ou de orifício, e gotejadores tipo vórtice. Estas categorias de gotejadores se diferenciam entre si segundo a forma com que a energia de pressão é dissipada na passagem da água através o emissor.

Uniformidade e Eficiência da Irrigação por gotejamento

De acordo com GOMES, (1999) “em uma instalação de irrigação por gotejamento praticamente não se perde água no percurso desde o ponto de abastecimento até a saída dos gotejadores”. Fundamentalmente, as perdas existentes ocorrem no solo molhado, por percolação, e em menor escala, por evaporação e escoamento sobre a superfície do terreno.

Existirão perdas inevitáveis por percolação, principalmente em solos de textura grossa, mesmo que o gotejador forneça a vazão de projeto requerida dos gotejadores que proporcionam vazões superiores às de projeto, já que não se pode alcançar uma uniformidade absoluta das vazões dos emissores nas unidades de irrigação.

2.2 - CULTURA DO MILHO

Para Andrade (1995), apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

O milho constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado com destaque no arraçamento de animais, em especial na suínocultura, na avicultura e na bovinocultura de leite, tanto na forma “in natura”, como na forma de farelo, de ração ou de silagem. Na alimentação humana, o milho é comumente empregado na forma “in natura”, como milho verde, e na forma de subprodutos, como pão, farinha e massas (BÜLL,1993).

Na indústria, o milho é empregado como matéria-prima para a produção de amido, óleo, farinha, glicose, produtos químicos, rações animais e na elaboração de formulações alimentícias. Porém, pesquisas recentes têm revelado novas utilidades para o cereal, que no

passado seriam pouco imagináveis. Estima-se que hoje existam cerca de 600 produtos onde o milho participa como matéria-prima (BÜLL,1993).

Segundo BÜLL,1993, para o futuro, a tendência é abrir cada vez mais o leque de novas aplicações para o amido de milho e seus derivados, que já são largamente usados nos setores alimentícia, têxtil, de bebidas, papéis, papelões, curtumes e colas. O xarope de glicose de milho é usado na fabricação de cosméticos, xaropes medicinais, graxas e resinas. Nas fábricas de aviões e veículos, os derivados de milho são utilizados nos moldes de areia para a fabricação de machos e de peças fundidas. Também na extração de minério e petróleo o milho está presente, assim como em outras áreas pouco conhecidas como as de explosivos, baterias elétricas, cabeças de fósforos, borrachas, etc.

Assim, o conhecimento da influência efetiva dos fatores que determina o desempenho da planta, poderá contribuir de forma decisiva para a minimização de estresses de natureza diversa. Ainda, tal fato favorecerá a predição ou previsão da duração das etapas de desenvolvimento da planta bem como a coincidência dessas etapas com condições desfavoráveis de oferta dos fatores de produção

De acordo com BÜLL,(1993), em termos de distribuição geográfica, o milho aparece nos quatro cantos do país. Tomando-se por base a Região Centro-Sul, responsável por mais de 95% da produção do cereal, as estatísticas do IBGE registram pelo menos dois aspectos de significativa importância: o primeiro é que é uma quantidade bastante significativa de entrevistados cerca de 30% do total, declaravam que se dedicam ao cultivo do milho; o segundo é que a cultura é basicamente desenvolvida em propriedades situadas nos menores estratos de área. Aproximadamente 79% dos entrevistados estão em propriedades de até 50 hectares e 9% entre 51 e 100 hectares.

Tecnologia e produtividade

A produtividade nacional é afetada pela baixa produtividade da agricultura de subsistência, principalmente no Norte-Nordeste, onde as técnicas de produção são rudimentares, com baixa ou nula utilização dos insumos modernos disponíveis. Nessas duas regiões estão cerca de 30% da área plantada com milho do país, mas a produção mal alcança 10% do total, isso quando não ocorrem adversidades climáticas (BÜLL,1993).

No tocante à produtividade da lavoura de milho no Brasil, os índices agregados escondem pontos importantes. A cultura dispõe de um “pacote tecnológico” que permite aos agricultores mais tecnificados atingir níveis de produtividade comparáveis aos de países mais desenvolvidos.

O Brasil perdeu a característica de auto-suficiência em milho e precisa de uma política agrícola definida para reverter esse quadro.

Classificação Botânica

É o milho uma monocotiledônea herbácea, anual, monóica, pertencente à família gramínea, classificada como *Zea mays L.* O gênero *Zea* é monotípico; todos os grupos de milho, antigamente classificados como espécies ou subespécies, não passam de formas genéticas bem definidas, algumas simples e outras complexas. As principais são as seguintes: tunicata, everta, indurata, indentata, amilácea, sacarata e cerácea, todas azendo referência à forma ou à estrutura do grão (GRANER, 1962).

Descrição da planta - O milho é uma gramínea cuja altura varia ao redor de 2 metros. Na formação do seu sistema radicular distinguem-se três tipos de raízes: a) raiz primária que, via de regra, desaparece antes de a planta atingir seu pleno desenvolvimento; b) raízes em número limitado de 3 a 4, nascida em nós do embrião, que se ramificam posteriormente; c) raízes dos primeiros nós do cômlo, chamadas raízes adventícias aéreas, grossas e cilíndricas antes de atingirem o solo e que se ramificam posteriormente ao atingi-lo (GRANER, 1962).

Os colmos são eretos geralmente não ramificados e constituídos, como em todas as gramíneas, de nós e meritalos; internamente são de natureza esponjosa e mais ou menos adocicados (GRANER, 1962).

As folhas são alternadas e inseridas nos nós. Constam de uma bainha invaginante, pilosa, verde-clara e de uma lâmina verde-escura, estreita, lanceolada, de bordos serrilhados, provida de uma nervura principal larga e em forma de canaleta. Entre a bainha e a lâmina existe uma lígula estreita e membranosa (GRANER, 1962).

As flores são dispostas em inflorescências: as masculinas, numa panícula terminal, conhecida comumente como “flecha”, e as femininas em espigas axilares (GRANER, 1962).

Os frutos do milho são do tipo cariopse e estão dispostos, geralmente, em número par de carreiras, ao longo da espiga. A espiga apresenta tamanho variável e forma mais ou menos troncônica, segundo a variedade; consta ela das seguintes partes:

- a) Uma haste pequena, com entrenós curtos e brácteas desenvolvidas que constituem a chamada “palha do milho”;
- b) Uma raque quase cilíndrica, grossa, de cor branca, rosada ou arroxeadada, na qual estão inseridos os frutos; é conhecido como “sabugo” do milho;
- c) Um grande número de frutos, também chamados comumente de “grãos”. Estes representam, em peso, aproximadamente 70% das espigas secas das variedades cultivadas; os 30% restantes são divididos entre palha e sabugo, em proporções variáveis (GRANER, 1962).

Variedades – As variedades de milho cultivadas no Brasil estão classificadas, do ponto de vista comercial, em dois grandes grupos: milho amarelo e milho branco. Ambos os grupos compreendem também os tipos duro e mole. Segundo, GRANER, 1962, representam esses grupos, no Estado de São Paulo, as seguintes variedades:

Milho amarelo – duro: cateto ou Amarelinho.

Milho amarelo – mole: Armour ou Amarelão e Asteca.

Milho branco – duro: Cristal.

Milho branco – mole: Amparo e Mexicano Branco.

Clima e solo – Sendo de origem tropical, é muito natural que o milho dê preferência às regiões quentes intertropicais; todavia, o grande número de formas que apresenta torna possível a sua cultura também nas regiões subtropicais, com relativo sucesso. Em relação à umidade, a sua exigência não é grande: a sua necessidade se torna crescente a partir da germinação, para atingir um máximo durante a fase de fertilização. Desse modo, uma região de clima relativamente quente, com aproximadamente três meses e meio de chuvas regulares, está em condições de poder cultivar o milho basta fazer coincidir a fase de fertilização, que vai, para as nossas variedades, do 60º dia após a germinação até aproximadamente ao 90º dia, com o período mais chuvoso (GRANER, 1962).

O milho produz regularmente tanto nos solos argilosos como nos silicosos, desde que tenham relativa fertilidade. Todavia, não tolera terrenos alagadiços, mesmo que o sejam momentaneamente, nem os muito ácidos. Desenvolve bem nos terrenos de recém-derrubada, alcançando então grande produções (GRANER,1962).

Rotação de culturas e produtividade

O estudo e a implantação de sistemas agrícolas envolvendo diferentes rotações de culturas constituem pontos importantes no uso dos solos. Além de ser uma prática eficaz no controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas, a rotação de culturas reduz o efeito da erosão e altera as características físico-químicas e biológicas do solo. Pode, também, afetar os teores de nutrientes no solo devido às diferenças nas exigências nutricionais, à profundidade de solo explorada pelas raízes e à quantidade de material vegetal que retorna ao solo após a colheita. Assim, alterações na quantidade de nutrientes e /ou de matéria orgânica no solo podem depender da combinação entre os sistemas de preparo do solo e as culturas (Maria & Castro,1993).

Comparando o rendimento do trigo anualmente na sucessão soja-trigo e trienalmente na rotação soja-trigo-soja-feijão-arroz-feijão, Silveira (1997) encontrou rendimento superior do trigo no segundo ciclo da rotação trienal (3.352 Kg/ha),em comparação à sucessão anual da cultura (2.824 Kg/ha), como apresentado na tabela 4

Tabela 4 – Rendimento do trigo em diferentes sistemas de rotação/ sucessão de culturas (plantios de 1993, 1994, 1995 e 1996).

| Rendimento de trigo (Kg/ha) | | |
|-----------------------------|-------------------------------|---|
| Ano de plantio | Rotação/ sucessão de culturas | |
| | Soja / trigo | Soja / trigo / soja / feijão arroz / feijão |
| 1993 | 3.771 | 3.183 |
| 1994 | 3.526 | - |
| 1995 | 3.833 | - |
| 1996 | 2.824 | 3.352 |

Fonte: Silveira (1997)

Tanto faz usar Plantio Direto, Plantio Mínimo ou Convencional, a rotação das culturas sempre é indispensável. É a maneira de oferecer condições de vida cada vez a outros seres vivos. Deste modo, aumenta-se o número de espécies e como um come o outro e é comido por terceiros, há um controle muito bom de todos. É a dura lei da natureza: comer e ser comido. Cada um é inimigo do outro. Pode haver um maior e outro menor, mas o famoso “inimigo natural” praticamente não existe. É a diversidade de espécies que controla! E a diversidade aparece com a diversidade da vegetação. E, como não se podem plantar vinte ou trinta culturas numa só vez, plantam-se cinco a seis culturas umas seguidas das outras.

Adubação do milho

As recomendações de adubação para o milho no Brasil geralmente visam a obtenção de produtividades entre 4 e 6 t /ha de grãos, refletindo o grau de tecnologia relativamente baixo empregado nessa cultura no país (BÜLL,1993).

Altas respostas do milho à calagem têm sido observadas nos solos predominantemente ácidos do Brasil. Para os solos dos Estados da Região Sul e São Paulo, a calagem para o milho visa elevar o pH do solo a 6 ou a saturação por bases a 60% da CTC. Nos demais Estados, os critérios utilizados conduzem a recomendações, em geral, mais conservadoras (BÜLL,1993).

De acordo com BÜLL (1993), o zinco é o micronutriente que mais tem limitado a produção de milho nos solo brasileiros, especialmente naquelas da região dos cerrados.

As doses de nitrogênio, fósforo e potássio recomendadas variam de 50 a 120 Kg /ha de N, 20 a 100 Kg / ha de P₂O₅ e O a 100 Kg / ha de K₂O. Em alguns poucos casos, as recomendações atingem 180, 110 e 130 kg / ha de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. De modo geral, as quantidades de nutrientes aplicadas no Brasil à culturas do milho são relativamente baixas. Um redimensionamento da adubação para maiores produtividades requer a correção adequada da acidez do solo e o fornecimento balanceado de nutrientes, inclusive de micro-elementos, levando em conta ainda a altas exigências da cultura para potássio e nitrogênio.

Importância e prática de nutrientes na cultura do milho – macronutrientes

Importância e prática da adubação nitrogenada

Sendo o nutriente mais exigido pelo milho, o nitrogênio (N) é responsável pelo desenvolvimento vegetativo e o verde intenso das folhas. Como constituinte essencial dos aminoácidos, é fundamental para a síntese de proteínas e, uma vez que a formação dos grãos depende do conteúdo de proteínas na planta, a produção de milho está diretamente relacionada com o suprimento de N (MUZILLI,1989).

Havendo carência no solo, sua deficiência se manifesta na fase de crescimento intenso, coincidindo com os períodos de maior demanda pela cultura. Essa deficiência é reconhecida pela coloração verde-pálida das folhas novas e clorose típica nas folhas velhas, que se tornam amareladas no sentido do ápice para o centro, com o vértice voltado para a parte central da folha e as bordas podendo permanecer verdes (MUZILLI,1989).

As deficiências de N em milho são comuns nos solos desgastados e com baixa disponibilidade de matéria orgânica onde os sintomas aparecem já na fase vegetativa e se torna mais acentuadas em condições de seca, por ocasião do florescimento, quando a falta de umidade restringe a absorção do N existente no solo pela planta. O fenômeno é conhecido como “requeima”, e pode se manifestar também em períodos excessivamente chuvosos, quando o nitrato existente no solo é lixiviado rapidamente pela água percolada (MUZILLI,1989).

Importância e prática da adubação fosfatada

Embora o milho seja considerado espécie das mais exigentes em fósforo (P), as quantidades totais do nutriente absorvidos pela planta são menores em relação às exigências em nitrogênio e potássio.

O fósforo é importante já na fase inicial de desenvolvimento vegetativo da cultura por estimar a formação e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Na fase reprodutiva, a máxima concentração de P ocorre nas espigas, onde o nutriente está ligado ao metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas que ao armazenados nos grãos e, assim, o

desenvolvimento e a produção dos grãos pelo milho são influenciados pelo fósforo (MUZILLI,1989).

De acordo com MUZILLI, 1989, havendo deficiência os sintomas se manifestam já nos primeiros períodos do desenvolvimento vegetativo, por um crescimento retardado das plantas. Nas folhas e colmos das plantas novas, é comum o aparecimento de uma coloração vermelho-arroxeadada típica, em consequência da formação de antocianina, um pigmento purpúreo que se desenvolve quando há um acúmulo de açúcar, decorrente da redução do metabolismo dos carboidratos pela planta, em virtude de carência de fósforo. Na fase de espigamento, a falta de fósforo provoca a formação de espigas tortas e com folhas nas fileiras de grãos, bem como o processo de maturação é retardado e desuniforme.

No solo, o fósforo aparece na forma de numerosas combinações orgânicas e inorgânicas das quais apenas uma pequena porção pode ser extraída. Em condições de solo ácido, a maior parte do nutriente disponível pode ser retida em forma de compostos insolúveis de ferro e alumínio; na forma orgânica, o fósforo não pode ser extraído pelas plantas, a menos que seja liberado e mineralizado. Assim, culturas de ciclo curto como o milho necessita encontrar no solo fosfatos em forma inorgânica facilmente solúveis.

Importância e prática da adubação potássica

A deficiência de potássio (K) pode afetar os mais diversos processos fisiológicos como a fotossíntese, a respiração, a formação de clorofila e o aproveitamento de água pelas plantas. Funcionando mais como um ativador de processos metabólicos, o potássio não é incorporado a nenhum composto formado pela planta, predominando a sua ocorrência em forma iônica livre no suco celular; daí a possibilidade do nutriente ser lixiviado das folhas do milho pelas águas da chuva ou de irrigação. No milho, atribuem-se ao potássio as propriedades de aumento de resistência dos colmos ao acamamento ou quebramento, ao ataque de pragas e doenças e a maior tolerância da planta à seca (MUZILLI,1989).

Quando a deficiência do potássio no solo é severa, a planta de milho apresenta um retardamento de crescimento, já na fase inicial de desenvolvimento, seguido do secamento da ponta e das margens das folhas mais velhas. Mantida a deficiência, as espigas poderão apresentar-se mal formadas e geralmente sem granação na extremidade.

Preparo do solo para a cultura do milho

O preparo do solo pode ser definido como a manipulação física, química (aplicação de calcário, principalmente) ou biológica do solo, com o objetivo de otimizar as condições para a germinação e emergência das sementes, assim como o estabelecimento das plântulas.

De acordo com Castro, 1989 o preparo do solo e as manipulações do solo podem, em geral, ser divididos em três categorias.

- a) preparo primário do solo;
- b) preparo secundário do solo;
- c) cultivo do solo após plantio;

Análise do solo: química e física

Antes e após o plantio (no final do ciclo do milho) retirar 1Kg de solo de cada Lisímetro da parte do meio para serem feitas as análises: química e física.

Local: as análises físicas serão feitas no Laboratório de Irrigação e Salinidade, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – PB e as análises químicas serão feitas na Universidade Federal de Areia- Paraíba.

3 - Material e métodos

- Local e ano : a investigação experimental foi desenvolvida em uma área coberta, pertencente ao Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), conveniado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil, Campina Grande - Paraíba, no ano de 2003.

3.1 - Material

Os lisímetros instalados consistiam de caixas de fibras de vidro de volume igual a 500L, o diâmetro da face superior e inferior eram iguais a 110cm e 92cm, respectivamente, com 70 cm de altura. Em cada lisímetro foram colocados tubos de PVC rígido com diâmetro igual a 3/4 de polegada, perfurado com orifícios de 5mm de diâmetro na face superior, drenando, assim para o exterior do lisímetro.

3.2 - Procedimentos

-Limpou-se os lisímetros, removendo as raízes da mamoneira nos primeiros 30 cm do solo;

- Colocou-se água de abastecimento nos lisímetros até a capacidade de campo momentos antes do plantio.

- Adquiriu-se as sementes do milho híbrido com o ciclo de 120 dias.

- Colocou-se o adubo químico na fórmula NPK, nos solos testemunha relativo.

- O plantio foi com 5 sementes por Lisímetro, sendo 5,0 cm de distância de uma semente para outra, plantou-se de 2 à 3 cm de profundidade do solo e no final ficarão 2 plantas definitivas com a distancia de 20,0 cm de uma para outra.

3.3 - Tratamentos

- Os tratamentos que foram utilizados na exploração do milho foram: adubo químico na fórmula NPK nos solos testemunha relativo e os tratamentos já existentes no solo durante o plantio da mamona.

Tratamentos e delineamento estatístico

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições. O experimento constatou de 21 tratamentos, os quais correponderam a dois níveis de água (água de abastecimento e água residuária tratada) e três doses de bio sólido, nos quais se aplicou Lo (sem lodo), L1 (representa 100% da necessidade de nitrogênio) e L2 (representa 50% da necessidade de nitrogênio) e uma testemunha com adubação química N-P-K . Onde :

| TRATAMENTO | ÁGUA | LODO | REPETIÇÃO |
|------------|--------------------|--|-----------|
| T1 | ABASTECIMENTO | SEM | 1, 2 e 3 |
| T2 | ABASTECIMENTO | representa 100% da necessidade de nitrogênio | 1, 2 e 3 |
| T3 | ABASTECIMENTO | representa 50% da necessidade de nitrogênio | 1, 2 e 3 |
| T4 | RESIDUÁRIA TRATADA | SEM | 1, 2 e 3 |
| T5 | RESIDUÁRIA TRATADA | representa 100% da necessidade de nitrogênio | 1, 2 e 3 |
| T6 | RESIDUÁRIA TRATADA | representa 50% da necessidade de nitrogênio | 1, 2 e 3 |
| T7 | ABASTECIMENTO | sem lodo e adubada com fertilizante químicos | 1, 2 e 3 |

3.5 - variáveis computadas

Análise de crescimento não destrutiva:

À cada quinze dias , após a germinação, mediu-se:

- a) Altura da planta;
- b) Diâmetro do caule;
- c) Área foliar;
- d) N° de nós;
- e) Comprimento das espigas;
- f) Peso das espigas;
- g) peso dos grãos;
- h) Número de sementes por espigas;
- i) Fitomassa / parte aérea e raízes.

4 - RESULTADOS

Segundo Duarte(2002), o crescimento das plantas pode ser acompanhado a partir da contagem de unidade morfológica como ramificação, folhas, frutos e são estas medidas que fornecem informações importantes quanto à fenologia das culturas, sendo muitas vezes utilizadas para detectar diferenças entre os tratamentos estabelecidos.

A evolução da altura média das plantas e do diâmetro médio dos caules e área foliar dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7 é apresentada nas fig. 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3. Estas leituras foram realizadas a partir de 24, 38, 52, 69, 80, 94 e 108 dias. De acordo, com estes dados podemos observar e analisar o desempenho da cultura para cada tratamento.

4.1 Altura da planta

Os valores obtidos da planta, irrigada com tipos diferentes de água (abastecimento e residuária tratada) e sob diferentes doses de bio-sólido (100% da necessidade de nitrogênio e 50% da necessidade de nitrogênio), respectivamente, são apresentados na fig 4.1.1. Analisando-se esta figura observa-se que o crescimento das plantas apresenta um comportamento exponencial, independente da dosagem e tipo de adubação.

No tratamento com água de abastecimento e adubação química (T7), verificou-se que ocorreu um crescimento acelerado até os 69 dias após a germinação, a partir desta data a altura da planta praticamente estabilizou-se. O mesmo comportamento foi verificado no tratamento com nível de lodo de 100% e 50% da necessidade de nitrogênio e irrigado com água residuária.

Ao comparar a adubação química com os níveis de lodo 1 e 0.5 vezes de nitrogênio, verifica-se que o solo testemunha apresentou melhores resultados para variável altura.

O tratamento (T1) que foi irrigado com água de abastecimento e lodo zero, apresentou um baixo desenvolvimento, porque não teve nenhuma fonte de macronutrientes e micronutrientes em relação aos outros tratamentos.

4.2 - Diâmetro caulinar

A fig. 4.1.2 , mostram que o desenvolvimento do diâmetro caulinar, assim como a variável altura, teve um comportamento exponencial.

Quanto maior o diâmetro do caule, mais a planta apresenta maior vigor, robustez e portanto maior resistência tombamento, ataques de praga. O solo testemunha foi o que obteve a melhor resposta de circunferência da planta . Neste mesmo tratamento foi atingindo um diâmetro classificado por Graner(1962), como médio. Já o diâmetro da planta cultivada com água de abastecimento e lodo zero(T1) foi classificado como fino segundo o mesmo autor.

4.3 - Área foliar

A evolução da área foliar do milho sob diferentes tratamentos, obtida até 108 dias do ciclo fenológico da cultura, está esta na fig. 4.1.3. mostrou que o solo testemunha foi o que apresentou a maior área foliar. Já as doses de biossólidos foram significativas para as época de 80 e 94 dias após o plantio. Um aumento da área foliar implica no aumento da superfície fotossintetizadora, e na elevação na superfície assimiladora e no rendimento da planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABRUNÃ, F.R.; CHANDLER, J.V.; PEARSON, R.W.; SILVA, S. Crop response to soil acidity factors in Ultissol and Oxisols: I. Tobacco. *Soil Sci. Soc.Am. Proc.Madison*, v. 34, p.629-634, 1970.
- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E. Variabilidade de solo e planta em Podzólico Vermelho Amarelo. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.20, p. 151-157, 1996.
- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. A Qualidade da Água na Agricultura. Tradução H. R. Gheyi e J. F. de Medeiros. Campina Grande - PB. UFPB/PRAI/CCT, 1991.
- ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, 41:1 - 12, 1995.
- APHA. AWWA. WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater, Amer. Public Health Assoc., Water Works Associations, Water Poll. Control Federation, Washington, D.C., 1992. 1587p.
- BRAGA, B.; HESPANHOL,L; CONEJO, J.G.L.; BARRAS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. ; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: PrenticeHall, 2002. 72 - 122p.
- ARAÚJO, H. W. C. Tratamento por filtro lento de esgotos sanitários prétratados para reuso na agricultura. Campina Grande PB, 1998. 120p. Dissertação de mestrado. PRODEMA UFPB/UEPB.
- AZEVEDO, H. M. Equipamentos de irrigação par o Nordeste: reunião para definir e elaborar um programa prioritário integrado de pesquisa em tecnologia de irrigação para o Nordeste. Petrolina, SUDENE/EMBRAPA/CNPq, 1982. (Palestra).
- BLALUSTEIN, J. (1982), Effluent in Trickle Irrigation of cotton in Arid zonas. *Journal of the Irrigation and Drainage Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers.* (C) ASCE, vol. 108, N° IR2, June, 1982.
- BULL, LEONARDO THEODORO. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade / editado por Leonardo Theodoro Bull e Heitor Cantarella. Piracicaba: Potafos, 1993.

BRENDECKE, J.K.; PEPPER, I.L. The extent of global pollution. In: PEPPER, I.L.; GERBA, C.P.; BRUSSEAU, M.L.; BRENDECKE, J.W. (Eds.). *Pollution Science*. London, UK: Academic Press, 1996.p.3-8. 397p.

BROVKO, N.; CHEN, K.Y. Optimizing gas production, methane content and buffer capacity in digester operation. *Water and Sewage Works*. p. 54-58, July, 1977.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbicos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - 1997.

CARVALHO, M.C.S.; RAIJ, B. Van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. *Plant and Soil*, v.192, p.37-48, 1997.

CAVALLINI, J. M. Reuso en Acuicultura de Las Aguas Residuales Tratadas en Las Lagunas de Estabilizacion de San Juar. Resumen Ejecutivo. Lima, OMS-OPS-CEPIS, 1991. 36p.

CORSE, W.H. Manual Global de Ecologia: O que você pode fazer a respeito da crise do meio Ambiente. Cap. 9, 1992, p. 155-174.

DUARTE, Anamaria . Dissertação: Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada. UFPB.2002.106pg.

GREGÓRIO, I. Neoliberalismo sim ou não? : Manual destinado a comunidades, grupos e organizações populares. Trad. Paixão Neto João. São Paulo, Paulinas, 1995.

GOMES, Heber Pimentel. Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3ª edição. 412p. Campina Grande - PB - Universidade Federal da Paraíba, 1999.

Gotaas, Composting: Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes, World Health Organization, 1956.

HESPANHOL, I. Reuso da água - uma alternativa viável. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente - BIO*, Rio de Janeiro, ano XI, nº 18, p. 24-25, abr/jun, 2001.

KANDIAH, A. (1988). Quality Criteria in Using Savage Effluent for Crop Production, In: Treatment and of Sewage Effluent for irrigation. (Ed. By M. B. Pescod and A. Arar). London. LOPES, A.S. Manual de Fertilidade do Solo. São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

MAGALHÃES, W. S. ; CAMPOS, R.T. Economia agrícola, recursos naturais e meio ambiente. Revista Econômica do Nordeste. V. 28, p. 417-429, 1997.

MARIA, I.C. ; CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistema de manejo com milho e soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v. 17, n 3, p 471-477, 1993.

MORAIS, Fábio Atanavio. "Água direito a vida" - documento para discussão - UNICEF. Recife-PE, 1996.

MIRANDA, T. L. G. de. Reuso de Efluentes de Esgotos Domésticos na Irrigação de Alfaces - Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 1995.

MELO, W.J. ; MARQUES, M.O. O potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W. ; CAMARGO, O.A. (Eds.) O impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto . Jaguariuna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141. 312p.

MUZILLI, OSMA. Adubação do milho, por Osmar Muzilli, Edson Lima de Oliveira e Ademir Calegari. Campinas , Fundação Cargill, 1989.

PECLZAR, M. J., E. C. S., KRIEB, N. R. Microbiology concepts and Applications. McGraw-Hill. New York, USA, 1993.

PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. Livraria Nobel. 3ª ed. São Paulo, 1990.

SANTOS, V. A. (1997). Rendimento do Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*) irrigado com águas residuárias tratada. - Dissertação de Mestrado, UFPB, Campina Grande-PB.

SACHS, I. Desenvolvimento Sustentável, bio-industrialização descentralizado e novas configurações rural-urbanas: aos casos da Índia e do Brasil. In.: VIEIRA, P.F. ; WEBER, J.

Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo, Ed. Cortez, 1997. Cap. 15, p. 469-494.

SCALOPPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. Item - Irrigação e Tecnologia Moderna, 21:13-7, 1985.

SILVA, Salomão Anselmo; Tratamentos Biológicos de água residuárias: Lagoas de estabilização/Salomão Anselmo Silva | • | David Duncan Mara; capa: Fernando de Athayde. - 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1979.

SILVEIRA, P.M. da; SILVA, J.B. da. Efeito do preparo do solo e da rotação de cultura sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: Reunião nacional de pesquisa de feijão, 5. 1996, Goiânia, GO. Anais . Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1996. V.1, p 462 - 464.

SHUVAL, H. I.; ADIN, A.; FATTAL, B.; RAWITZ, E. & YEKUTIEL, P. (1985). Health Effects of Wastewater Irrigation and their control in Developing Countries. The word Bank. Integrated Resource Recovery Project series Number GLO/80/004. 340p.

TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J. B. ; SOBRINHO, P. A., HESPANHOL, i.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, ^aJ.; MELO, W.J.; MARQUES, M. Os biossólidos na agricultura. 1^a ed. São Paulo: Sabesp, 2001. 133 - 207 p.