

Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe



**FASE 02 - PLANEJAMENTO
VOLUME 02
ESTUDOS AMBIENTAIS**

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Governador: Tasso Ribeiro Jereissati

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Secretário: Hypérides Pereira de Macêdo

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Presidente: Francisco Lopes Viana

Diretoria de Planejamento

Joaquim Guedes Correia Gondim Filho

Diretoria de Estudos e Projetos

Francisco de Assis de Souza Filho

Este Projeto foi financiado pelo Banco Mundial / PROURB-RH

Gerente dos Programas Especiais do Banco Mundial

Francisco José Coelho Teixeira

Gerente Adjunto dos Programas Especiais do Banco Mundial

Ramón Flávio Rodrigues

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO JAGUARIBE

PLANEJAMENTO

APRESENTAÇÃO

O Governo do Estado do Ceará cõnscio da importância da água na vida de todos, bem como das restrições e diferenças dos fatores climáticos do semi-árido nordestino, em 1987 criou a Secretaria dos Recursos Hídricos com o intuito de desenvolver uma política abrangente com ações voltadas para o equacionamento desta problemática, de forma a promover a infra-estrutura hídrica necessária ao desenvolvimento econômico, assim como a gestão racional da água em congruência com a preservação de meio ambiente, visando a melhoria da qualidade de vida do povo cearense.

A Política Estadual de Recursos Hídricos alcança parte significativa de seus objetivos com a edição do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, desenvolvido para planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, o uso múltiplo, o controle, a conservação, a proteção e a preservação dos recursos hídricos do referido rio.

Na elaboração do Plano foi, de forma inédita, introduzido o moderno conceito de gestão participativa, no qual o Comitê da Bacia Hidrográfica foi responsável, através de inúmeros seminários, pela definição das demandas de cada setor envolvido, bem como pela aprovação das diversas propostas de utilização racional da água.

O Plano apresenta o Estudo em 3 fases, caracterizadas por: a) Diagnóstico, contendo os estudos de base de hidrologia, os estudos de demanda, o balanço entre a oferta e a demanda, os estudos ambientais e complementares; b) Planejamento, que aborda a definição das demandas para os diversos setores, medidas de proteção ambiental e gestão de águas; c) Programas de Ação, que estabelecem as intervenções para a conservação ambiental, o abastecimento dos núcleos urbanos, o monitoramento dos sistemas, a conservação da água e o programa de estudos e projetos.

A COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, na qualidade de agência gestora das águas do Estado do Ceará, tem o prazer e privilégio de disponibilizar o Plano de Gerenciamento das Águas da Bacias do Rio Jaguaribe, que tem como características singulares a busca do atendimento das demandas até o ano 2030 a partir das ofertas atuais e o incremento por ampliação e integração da oferta hídrica, e importação de águas de outras bacias e da legitimação dos usos da água objeto de intensas discussões com os usuários da água na Região Metropolitana, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável e com água garantida nos próximos trinta anos.

Francisco Lopes Viana

Presidente da COGERH

EQUIPE DE ELABORAÇÃO

ENGESOFT - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/C LTDA

Coordenador Geral:

Eng° Civil João Fernandes Vieira Neto
M.Sc. Planejamento dos Recursos Hídricos, UFRGS

Equipe Técnica:

Eng° Civil José Nilson Bezerra Campos
Doutor em Recursos Hídricos, Colorado State University.

Eng^a Civil Laurinda Lilia Sales Furtado
M.Sc. Recursos Hídricos, UFC

Eng^a Civil Eveline Alves de Queiroz
M.Sc. Hidráulica e Saneamento, USP

Eng^a Civil Sílvia Rodrigues Franco
M.Sc. Recursos Hídricos, UFC

Eng^a Civil Ticiania Marinho de Carvalho Studart
Doutora em Recursos Hídricos, UFC

Bel. Computação Márcio de Araújo Botelho
M.Sc. Geoprocessamento, UNICAMP

Economista Raimundo Eduardo Silveira Fontenele
Doutor em Economia, Universidade de Paris

Geólogo Itabaraci Nazareno Cavalcante
Doutor em Hidrogeologia, IG/USP

ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DA COGERH

Presidente da Comissão:

Eng° Civil Francisco de Assis de Souza Filho
M.Sc. Hidráulica e Saneamento

Membros:

Eng° Agrícola Paulo Miranda Pereira
M.Sc. Engenharia Agrícola

Eng° Civil Francisco José Coelho Teixeira

Sociólogo João Lúcio Farias de Oliveira
M.Sc. Sociologia



ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	1
CONTEÚDO DO VOLUME	4
MAPA DE LOCALIZAÇÃO	6
1. MEDIDAS DE PROTEÇÃO DE MANANCIAIS	8
<i>1.1. Introdução</i>	<i>9</i>
<i>1.2. Arcabouço Conceitual de Poluição:</i>	<i>9</i>
1.2.1. Poluição Natural,	10
1.2.2. A Poluição Industrial:	10
1.2.3. Poluição Urbana:	10
1.2.4. Poluição Agropastoril:	10
<i>1.3. Os Reservatórios Superficiais Como Fonte de água</i>	<i>10</i>
1.3.1. Histórico da Formação dos Mananciais de Água no Nordeste:	11
<i>1.4. Os Açudes e a Prática das Culturas de Vazante:</i>	<i>12</i>
1.4.1. Mudanças nas Técnicas de Exploração Agrícola.....	15
1.4.2. A Agricultura Tradicional e os Recursos Naturais:	15
1.4.3. A Agricultura Tradicional das Vazantes:.....	16
1.4.4. A Agricultura Tecnificada:	16
1.4.5. Nova Prática das Culturas de Vazante:	16
1.4.6. O Caso da Bacia do Lima Campos	17
<i>1.5. A Proteção dos Mananciais na lei</i>	<i>19</i>
1.5.1. A Proteção das Águas na Constituição Estadual:	19
1.5.2. A Proteção dos Mananciais no Código Florestal:	20
1.5.3. A Proteção das Águas na Lei Estadual 10.148	21
<i>1.6. A Proteção dos Mananciais e a Gestão das Águas</i>	<i>21</i>
1.6.1. O Disciplinamento dos Usos das Vazantes:.....	23
1.6.2. Elaboração de Um Diagnóstico Agropastoril:	23
1.6.3. O Estabelecimento de Análises Sistemáticas de Qualidade Das Águas.....	24
1.6.4. Estabelecimento de Um Programa de Avaliação e Controle de Efluentes Domésticos e Industriais;	24
<i>1.7. Conclusões</i>	<i>26</i>
2. AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE REUSO DAS ÁGUAS	27

2.1. Considerações Gerais	28
2.2. Reuso de Águas em Irrigação	30
2.2.1. Qualidade da Água para Irrigação	31
2.2.2. Tratamento a Ser Aplicado ao Esgoto.....	35
2.2.3. Culturas a serem Irrigadas com Esgotos Tratados	37
2.2.4. Desempenho das Culturas.....	38
2.2.5. Métodos de Irrigação	40
2.2.6. Impactos Ambientais e Medidas de Controle	41
2.3. Reuso de Águas na Bacia do Rio Jaguaribe	42
2.3.1. Justificativa.....	42
2.3.2. Produção de Esgotos.....	44
2.3.3. Áreas a Irrigar com Esgoto	48
2.3.4. Sistemas de Tratamento de Esgoto	50
2.3.5. Culturas as Serem Utilizadas	51
2.3.6. Projeto Piloto	52
A N E X O S	54

CONTEÚDO DO VOLUME

CONTEÚDO DO VOLUME

Este documento, Volume 2 - Estudos Ambientais, faz parte da Fase de Planejamento, do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, elaborado pela ENGESOFT – Engenharia e Consultoria Ltda., desenvolvido no âmbito do Contrato 042/97, PROURB-CE firmado entre a Consultora e a COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Este Volume apresenta-se dividido em dois capítulos, os quais abordam, respectivamente, os assuntos relacionados às medidas de proteção dos mananciais propostas para a bacia do rio Jaguaribe, como também, apresenta uma avaliação das possibilidades de reuso das águas.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

1. MEDIDAS DE PROTEÇÃO DE MANANCIAIS

1. MEDIDAS DE PROTEÇÃO DE MANANCIASAIS

1.1. INTRODUÇÃO

A proteção dos mananciais de águas constitui-se em um importante instrumento de gestão ambiental e da qualidade das águas. Como citado por Perry e Vanderklein (1996)⁽¹⁾, a maneira como a sociedade administra a qualidade da água é um reflexo dos processos econômicos, culturais e políticos dentro da sociedade. Complementando o raciocínio, eles afirmam que em muitos casos os mesmos enfoques são usados em diferentes nações para alcançar fins inteiramente diferentes. Em outros casos, diferenças nas tradições administrativas podem fazer com que dois países que tenham os mesmos objetivos em qualidade de água adotem práticas radicalmente diferentes para implementá-los.

Os procedimentos de decisões de gerenciamento de qualidade das águas devem emanar de um contexto de objetivos orientados para o uso. Três conceitos básicos deram base embasaram o desenvolvimento deste estudo:

1. conceito de objetivos orientados para o uso;
2. conceito de que o gerenciamento de qualidade das águas refletem os processo políticos, econômicos e culturais dentro da sociedade
3. A particularidade e a vulnerabilidade dos regimes hidrológicos do Semi-Árido Nordeste.

O estudo foi desenvolvido com a seguinte organização: inicialmente foi abordada a ocupação dos sertões e a formação dos mananciais de água; depois descreveu-se o processo inicialmente adotado no manejo dos reservatórios e a criação da prática de formação de vazantes; em seguida analisou-se a mudança nas práticas de culturas e a necessidade de proteção dos reservatórios; fez-se em seguida uma análise dos procedimentos que podem resultar em melhoria da gestão da qualidade das águas e finalmente apresenta-se um resumo das conclusões.

1.2. ARCABOUÇO CONCEITUAL DE POLUIÇÃO:

O conceito de poluição tem sido objeto de muitos estudos e classificações. Qualquer estudo de preservação da qualidade está associado a estudos de fontes de poluição. Segundo Derísio (1992)⁽²⁾ a poluição das águas origina-se basicamente de quatro fontes:

⁽¹⁾ Perry, James e Vanderklein, Elizabeth. *Water Quality : Management of a Natural Resource*. Blackwell ScienceMassachussets, USA. 1996.

⁽²⁾ Derísio, José Carlos. *Introdução ao Controle da Poluição Ambiental* .CETESB. São Paulo, 1992.

1.2.1. Poluição Natural,

Ocorre por processos independentes da atividade humana. como a decomposição de vegetais e animais mortos, a salinização de solos.

1.2.2. A Poluição Industrial:

É ocasionada por resíduos dos processos industriais. Em regiões desenvolvidas constitui-se no fator mais significativo. Em ecossistemas vulneráveis, como o semi-árido, mesmo em pequena quantidade pode afetar seriamente o ecossistema. São exemplos de indústrias poluidoras:

- a - usinas de açúcar e álcool;
- b - abatedouros e frigoríficos;
- c - curtumes;
- d - têxteis
- e - outras.

1.2.3. Poluição Urbana:

É a proveniente da concentração de habitantes em cidades gerando esgotos domésticos; efluentes de aterros sanitários; águas de cemitérios.

1.2.4. Poluição Agropastoril:

É decorrente das atividades de agricultura e agropecuária, que podem ocasionar a alimentação dos corpos de água com defensivos agrícolas, fertilizantes, excrementos de animais e erosão dos solos.

As condições particulares do ecossistema Semi-Árido tornam necessárias abordagens também específicas. A maior parte das águas, com um padrão de garantia aceitável, para uso em irrigação e abastecimento de cidades são decorrentes de reservatórios superficiais. Por sua vez o processo de exploração desses reservatórios foi baseado em culturas de vazantes. Então decidiu-se dar ênfase a estes dois pontos específicos.

1.3. OS RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS COMO FONTE DE ÁGUA

O regime hidrológico dos rios do Semi-Árido Nordeste tornaram as populações altamente dependente da presença dos denominados açudes. Estes constituem-se nos principais mananciais de água para a irrigação e o abastecimento de águas de muitas cidades do interior cearense.

Desse modo, o estudo de proteção dos manancias de água deve iniciar pelo entendimento da cultura local de manejo e uso desses açudes.

1.3.1. Histórico da Formação dos Mananciais de Água no Nordeste:

A história da ocupação dos sertões cearenses e nordestinos está diretamente relacionada com o seu clima. A ocupação se deu inicialmente em uma faixa do litoral onde se podia obter água subterrânea com relativa facilidade para as demandas de então e a pluviosidade é bem maior e melhor distribuída que nos sertões.

Por sua vez, a agressividade das caatingas aliada à inexistência de rios perenes inibia aos colonizadores a adentrarem aos sertões de uma forma mais intensiva. O crescimento das populações no litoral no exercício de diferentes atividades econômicas levou ao conflito entre criadores de gado e plantadores de cana de açúcar. No início do século XVIII uma carta Régia proibiu a criação de gado em uma faixa contida desde o litoral até 10 léguas (60 km) em direção aos sertões. A partir de então a pecuária passou a desempenhar importante papel no desenvolvimento dos sertões. A cultura do algodão, introduzida em meados daquele século complementava as atividades econômicas.

Mesmo com a introdução dessas atividades econômicas, a ocorrência frequente de secas limitava o crescimento dos sertões. Em meados do século XIX, decorreram 32 anos sem a interrupção por uma seca mais severa. Nesse período, cresceram população humana e rebanhos sem que houvesse um crescimento correspondente das infra-estruturas hídrica e viária. O resultado foi uma população altamente vulnerável. Em 1877 a região foi atingida por uma intensa seca que persistiu até 1879. Nesses três anos aconteceu uma grande mortandade de pessoas e de gado. Há quem estime quem morreram cerca de 500.000 pessoas no Nordeste.

A calamidade sensibilizou a população brasileira e teve início uma discussão sobre o caminho a adotar na solução definitiva do problema das secas. Havia duas linhas preponderantes: os que defendiam a transposição de águas do São Francisco como a única maneira de solucionar o problema e os que defendiam a construção de reservatórios e perfuração de poços para a criação de reservas confiáveis em água.

Saiu vencedora a tese da açudagem que tinha entre seus defensores o Eng^o Arrojado Lisboa, primeiro Diretor Geral do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) criado em 1909. A partir de então houve uma aceleração do processo de formação da rede de açudagem.

Para entender o aspecto cultural relativo aos açudes vale a pena transcrever trechos do artigo Açudes do Dr. Felipe Guerra publicado no ano de 1902 no Diário de Natal. No primeiro trecho ele procura retratar a pouca ambição dos sertanejos e a convivência resignada com as adversidades climáticas:

“Com limitadas aspirações, sem as necessidades que a civilização cria, habitando centro de escassa população, desconhecendo os estímulos da concorrência, os nossos antepassados restringiam-se a criar gado em campos vastos com escravos superior às necessidades dos serviços, pouco explorando a agricultura e, uma vez por ano, enviando seus comboios às salinas, onde compravam a quarenta réis a carga , que era permutada por uma de rapadura ou farinha, no Crato ,Ceará. ”

Em vários trechos do Artigo o Dr. Felipe Guerra, aponta a açudagem como a principal solução para o problema das secas. Um trecho em que ele se torna mais enfático ele afirma:

“É pela construção de açudes que devemos pugnar, bradar, erguer uma propaganda tenaz, ampla até a convicção aos que duvidam, energia aos fracos, estímulo aos descuidosos.

- *Qual a única medida capaz de salvar o sertão?*
- *A açudagem.*
- *Qual o emprego de capital de renda certa e infalível?*
- *O açude*
- *Como garantir-nos contra as secas?*
- *Construindo açudes*
- *Qual a fortuna material que devemos legar aos filhos?*
- *Um bom açude.”*

As opiniões do Dr. Felipe Guerra refletem idéias que eram defendidas por muitos outros estudiosos das secas do início do século retratando a tese do grande valor dado aos açudes pelos sertanejos de uma maneira geral.

1.4. OS AÇUDES E A PRÁTICA DAS CULTURAS DE VAZANTE:

A prática das culturas de vazantes já é relatada em muitos documentos históricos na civilização egípcia que utilizava as terras descobertas pelo rio Nilo para cultivarem suas lavouras. A afirmação histórica de que o Egito é uma dádiva do rio Nilo está inserida em muitos trabalhos que tratam sobre águas. O aproveitamento, para fins hidroagrícola, de solos férteis e úmidos que aparecem durante o abaixamento de águas de rios e lagos, é de alguma maneira intuitivo àqueles que vivem da agricultura.

No Nordeste a ocupação da região das caatingas só foi possível com a construção de reservatórios-barragens. O peculiar regime hidrológico da região, com rios intermitentes com estações úmidas de cerca de quatro meses de duração e estações secas de cerca de oito meses fazem com que o período de enchimento e esvaziamento dos reservatórios, em anos normais, sejam bastante conhecidos. Dessa forma, uma das primeiras ações dos sertanejos que viviam as margens dos reservatórios foi tirar vantagem do processo de esvaziamento dos açudes com a denominada cultura de vazante. Uma análise bibliográfica nos documentos do Nordeste Brasileiro permitem avaliar como se deu o processo.

Felipe Guerra (1912)⁽³⁾ descreve a cultura de vazante como *“o plantio e a cultura do solo, sem dependência de chuvas, refrescado pela água vertente do açude, pela irrigação, ou nos lugares alagados, à proporção que ficam à descoberto, produzem quase tanto quanto as plantações de inverno, abrigadas contra a eventualidade das chuvas, de verão, de cheias e até mesmo menos sujeita à destruição de lagartas.”*

Já em 1915 em um discurso afirmava Arrojado Lisboa: “A lavoura de vazante emprega um processo de rega inteiramente peculiar ao Nordeste e desconhecido em todas as outras partes do mundo. É a cultura que o sertanejo faz no leito do rio e nas margens dos açudes à medida que o nível da água vai baixando, onde se aproveita não só a umidade profunda do terreno mas ainda o limo fertilizante que fica depositado com o recuo das águas. . Os rios correm de três a cinco meses por ano. Feito isto secam na superfície mas conservam por bastante tempo um lençol de água que caminha, que se escoar, renovando até a água dos poços ou talhados. Também no açude, quando a água se retira da superfície, ainda continua em profundidade mantendo o nível do reservatório. Pois é no próprio leito do rio e no fundo do açude que o sertanejo faz suas cultura de legumes, a sua plantação anual, que deve estar terminada no inverno, antes da descida da corrente ou da subida d'água da represa.”

As idéias da cultura de vazantes foram implantadas junto com a política de exploração dos açudes públicos a qual tinha dois segmentos:

1. as bacias hidráulicas com faixas secas e vazantes que eram arrendadas pelo DNOCS a famílias pobres;
2. as bacias de irrigação, pertencentes a particulares e parcialmente por eles exploradas

⁽³⁾ Guerra, Felipe. *Açudes*. In: *Seccas contra as Seccas*. Coleção Mossoroense vol XXII Escola Superior de Agricultura de Mossoró.

Segundo Duque (1952)⁽⁴⁾, a lavoura de vazante se constitui em um sistema permanente de cultivo de plantas precoces como arroz, batata, feijão e milho. Em condições originais, da primeira metade do século, o manejo se dava de forma ecológica. Duque (op.cit.) descrevia: *"A inundação periódica da faixa de vazante, cobrindo a terra com uma lâmina de água de alguns centímetros até alguns metros elimina as ervas daninhas, aduba-a com uma porção de lodo e esterco que vêm arrastados pela águas para dentro do açude aí se depositam quando, se restabelece o pH alcalino clareando a água. O arroz, planta semi-aquática é a principal cultura alimentícia da vazante."*

"O equilíbrio da fertilidade dos solos de vazantes é mais fácil e prático comparado com o da lavoura de inverno e com o da cultura regada".

O prestígio da prática da cultura de vazante na primeira metade do século, pode ser refletido pela afirmação de Guimarães Duque: *"Comendo os 'legumes' de inverno, colhidos na faixa seca, enraizando o algodão, aproveitando a vazante, balanceando a sua ração coma carne do pescado do açude, a família do rezeiro está fixada no sertão"*.

As opiniões de Guimarães Duque eram validadas pelos dados estatísticos da produção dos açudes públicos do DNOCS.

Tabela 1.4.1: Produção dos açudes públicos do DNOCS(Serviço Agroindustrial)no ano de 1952.

Lavoura	Área Explorada (hectares)	Produção (quilogramas)
Lotes secos	11.374	13565438
Vazantes	4.349	14945649
Irrigação	4621	11045661
Total	19344	39556748

Fonte: Duque(1980)⁽⁴⁾

Nota-se que as culturas de vazantes predominavam em produção e produtividade. Todavia, a partir das décadas 60 e 70 com a intensificação da política de irrigação, estas relações mudaram substancialmente em favor da produção das áreas irrigadas.

⁽⁴⁾ Duque, José Guimarães *Solo e Água no Polígono das Secas*. Coleção Mossoroense Volume CXLII 1980.

Toda essa prática, válida para o ambiente da primeira metade do século, foi incorporada à cultura do sertanejo. Todavia as mudanças nas tecnologias de irrigação, as ocupações das áreas de montante dos açudes foram se somando e já começam a ter reflexo na qualidade das águas acumuladas em reservatórios.

1.4.1. Mudanças nas Técnicas de Exploração Agrícola

Para entender a necessidade de um disciplinamento das culturas de vazante, é interessante uma análise da evolução do processo de exploração agrícola ao longo do século. A análise apresentada aborda desde as condições de uma exploração natural em que os agricultores praticavam para subsistência até a fase atual de uma agricultura intensiva e irrigada. A análise é desenvolvida para os solos não alagados e complementada para os solos de vazante. Discorrem-se a seguir sobre quatro pontos:

- A agricultura tradicional e os recursos naturais
- A Agricultura Tradicional de vazantes;
- A Agricultura Tecnificada
- A Agricultura Intensificada
- A Agricultura de Vazantes Atual

1.4.2. A Agricultura Tradicional e os Recursos Naturais:

Na agricultura tradicional o processo de trabalho rural se dá inteiramente em harmonia com o ecossistema. No modelo tradicional, o sistema de produção é equilibrado do ponto de vista ecológico. O uso do solo se dá de forma não intensiva (Abreu, 1994)⁽⁵⁾ ficando inativo parte do ano pois as culturas são praticadas durante o período de chuva. O conhecimento dos agricultores sobre as condições ambientais, adquiridos ao longo dos anos, são transmitidos de geração a geração.

No modelo tradicional a lógica da exploração é determinada pelo conhecimento dos recursos naturais e pelas possibilidades concretas da utilização dos mesmos.

Não se conheciam agrotóxicos, fertilizantes, e os agricultores praticamente não se referiam a problemas de pragas e doenças nas culturas cultivadas. A conclusão é que na agricultura tradicional a produção agrícola não destrói os recursos naturais e que os desgastes provocados estão compatíveis com a capacidade de recomposição do meio.

⁽⁵⁾ Abreu, Lucimar Santiago. *Impactos Sociais e Ambientais na Agricultura* EMBRAPA, Brasília 1994

No outro lado, este tipo de produção não consegue proporcionar aos seus praticantes a acumulação de capitais para vencer anos climatologicamente desfavoráveis.

1.4.3. A Agricultura Tradicional das Vazantes:

A lógica da produção agrícola nas vazantes tradicionais, praticadas no início do século, assemelha-se à agricultura tradicional de subsistência.

Nos anos bons a prática adotada pelos arrendatários das vazantes era bastante adaptada aos ecossistemas. No período das chuvas, praticava-se a agricultura natural de subsistência nas denominadas áreas de sequeiro. Nesse período os solos das vazantes eram inundados pelos reservatório e fertilizados naturalmente. No segundo semestre, quando os reservatórios esvaziavam os agricultores aproveitavam-se da umidade deixada no solo e praticavam a agricultura nessas áreas. Tratava-se de uma prática com harmonia com o ecossistema

1.4.4. A Agricultura Tecnificada:

Esse tipo de exploração agrícola acontece em função do desenvolvimento do País gerando demanda de produtos agrícolas para indústrias e abastecimento dos grandes centros urbanos. Os agricultores dependem do mercado para a aquisição de instrumentos de produção. Esta agricultura caracteriza-se pela introdução da mecanização e pelo uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos.

Os principais impactos deste tipo de agricultura no meio ambiente são:

1. Rotura do equilíbrio natural do ecossistema ;
2. Uso intensivo de agrotóxicos provocando intoxicações em trabalhadores rurais;
3. controle de pragas com agrotóxicos gerando espécies resistentes e desaparecimento de espécies úteis ;
4. A provocação de distúrbios na estrutura do solo causada pela mecanização.

Há no grupo social uma nova visão do meio natural. A intervenção do homem nos recursos naturais com vistas ao novo processo de produção se dá a partir de ações planejadas fora dos seus ambientes. O conhecimento empírico obtido ao longo de gerações passa a ser insuficiente.

1.4.5. Nova Prática das Culturas de Vazante:

A evolução no processo da agricultura tradicional para a agricultura tecnificada teve influência direta na agricultura de vazantes. Os vazanteiros também passaram a utilizar defensivos agrícolas, adubos químicos e, em alguns casos como o das áreas de montante do açude Lima Campos, uma irrigação complementar.

Por sua vez todo esse processo tem se dado sem um maior controle dos usos de agrotóxicos nem avaliação das consequências. Um estudo de caso no açude Lima Campos (Furtado, 1997)⁽⁶⁾ pode ser um bom referencial para definir algumas práticas de proteção das águas acumuladas em reservatórios superficiais.

1.4.6. O Caso da Bacia do Lima Campos

O Açude Lima Campos foi projetado e construído pelo DNOCS durante os anos de 1932 e 1933, quando o Nordeste enfrentava mais um episódio de seca. O reservatório com capacidade de 66 milhões de metros cúbicos tem uma bacia tributária de 354 km² formada pelo riacho São João. O aproveitamento do açude foi projetado, como a prática de então, com diferentes utilizações a montante e a jusante. A montante, na bacia hidráulica, foram instalados os vazanteiros, que recebiam uma área úmida ao longo da linha de nível máximo do lago, e uma área de sequeiro, nas partes mais altas do contorno. A jusante, na denominada bacia de irrigação, instalou-se um posto agrícola, gerenciado pelo DNOCS e construiu-se um canal de irrigação que permitia aos particulares o aproveitamento de suas terras.

Os terrenos das vazantes são planos de maneira que o abaixamento das águas do açude resulta no descobrimento de vastas áreas úmidas propícias para aproveitamento agrícola.(Figura 1.4.6.1)



Figura 1.4.6.1 Canal principal que atende parcialmente a Bacia Hidráulica do Lima Campos

⁽⁶⁾ Furtado, Laurinda Lilia Sales. *Conflitos e Ineficiências no Manejo das Águas do Sistema Orós-Lima Campos*. Dissertação de Mestrado. CT/Universidade Federal do Ceará., Fortaleza, 1997

Logo a jusante do Lima Campos, apresenta-se uma vasta planície aluvial formada pelo rio Salgado, com área bruta de cerca de 10.000 ha. As disponibilidades do Lima Campos eram bastantes inferiores às necessidades em água para implantar um perímetro de irrigação.

O açude Orós foi construído pelo DNOCS no período de 1958 a 1962 motivado pela severa seca de 1958. O Projeto do Orós incluiu a construção de um túnel - canal, calado à cota 189, para alimentação do açude Lima Campos e, através dessa, permitir a irrigação das várzeas da Planície do Icó. (Figura 1.4.6.2). Vale salientar que esta ligação era um projeto antigo com um trecho em canal e o túnel concluídos no início da década de 30.



Figura 1.4.6.2 Trecho central do túnel de ligação entre os açude Orós e Lima Campos (trecho atravessando uma serra).

A ligação Orós Lima Campos é formada por três trechos distintos. O primeiro, denominado canal de acesso, tem uma extensão de 1384 metros; o trecho central é formado por 1584 metros de túnel atravessando um serrote que forma divisor entre as duas bacias; o trecho final, denominado canal de fuga tem uma extensão de 1160 metros.

A transferência de águas do Orós para o Lima Campos, através do túnel, deu origem a um novo manejo das áreas de montante. A existência de um canal, com carga hidráulica para domínio das terras plantadas, deu origem à prática da irrigação por inundação. Com água farta e barata, os vazanteiros passaram a praticar a irrigação por inundação.

Desta maneira, no atual momento pratica-se nas vazantes de Lima Campos uma agricultura tecnicada e intensiva nas terras das vizinhanças do lago. As áreas de montante de Lima Campos então estão sujeitas a:

Uso de defensivos agrícolas e fertilizantes químicas;

Práticas de mecanização;

Efluentes de usos domésticos a partir das casas dos vazanteiros.

Vale salientar que embora a população e irrigantes estejam conscientes dos riscos do mau uso dessas práticas, não existe um programa de acompanhamento e controle das mesmas.

O Projeto Lima Campos, por suas peculiaridades, pode ser objeto de um estudo piloto da avaliação dos impactos das novas tecnologias de irrigação.

1.5. A PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS NA LEI

No aspecto legal apresenta-se a seguir uma compilação de alguns pontos considerados importantes para o entendimento do processo de proteção dos mananciais de água e para o estabelecimento de programas de ações a serem apresentados na parte subsequente do Plano de Gerenciamento do Jaguaribe.

1.5.1. A Proteção das Águas na Constituição Estadual:

A Constituição de estado do Ceará, promulgada em 05 de outubro de 1989 apresenta vários artigos sobre a proteção da qualidade das águas continentais e do meio ambiente. Podem ser citados os seguintes Artigos.

ART. 265, A Política de desenvolvimento urbano , executados pelos poderes Públicos Estadual, e Municipal, adotará na forma de Lei estadual, as seguintes providências:

V proibição a indústrias, comércio, hospitais e residência de despejarem , nos mangues, lagos e rios do estado, resíduos químicos e orgânicos não tratados.

VII - proibição do uso indiscriminado de agrotóxicos de qualquer espécie nas lavouras, salvo produtos liberados por órgãos competentes.

ART. 270 - O Estado estabelecerá um plano plurianual de saneamento com a participação dos Municípios, determinando diretrizes e programas, atendidas as particularidades das bacias hidrográficas e os respectivos recursos hídricos.

A Constituição trata do assunto até de uma maneira mais detalhada do que seria esperado de uma Constituição Estadual. Esta característica reflete um momento brasileiro onde se escrevia simultaneamente a Constituição em todas as unidades da federação, logo em seguida à promulgação da Constituição Federal. Ressalte-se que aquele momento brasileiro - finais dos anos 80 - representava o crescimento na preocupação com a água e o meio ambiente.

1.5.2. A Proteção dos Mananciais no Código Florestal:

O Código Florestal brasileiro instituído através da Lei federal 4.771 de 15 de setembro de 1965 estabelece áreas de preservação através do Art. 2º. A Lei referenciada foi objeto de nova redação através da Lei 7.803, de 18 de julho de 1989 publicada no Diário Oficial da União em 20 de julho 1989.

Art. 2º. - Consideram-se de preservação permanente, pelo efeito desta lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas :

a) ao longo dos rios ou de qualquer outro curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura seja:

- 1) de 30 (trinta) metros para cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- 2) de 50 (cinquenta) metros para cursos d'água que tenham de 10 (dez) metros a 50 (cinquenta) metros de largura;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais ;

Parágrafo Único - No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.

Dessa Forma o Código Florestal considera como área de preservação permanente as áreas situadas ao lado dos reservatórios artificiais - açudes. Dessa forma as áreas de vazante tradicionalmente exploradas com agricultura foram incluídas com áreas de preservação permanente pelo Código Florestal. Vale contudo ressaltar que a prática de vazantes, com o arrendamento das terras ao redor dos reservatórios, data do início do século enquanto o Código Florestal, na redação apresentada, data de 1989.

1.5.3. A Proteção das Águas na Lei Estadual 10.148

A Lei 10.148 de 02 de dezembro de 1977 dispõe sobre a preservação e o controle dos recursos hídricos existentes no estado do Ceará. Essa Lei deixa clara a preocupação do Governo Estadual em preservar a qualidade das águas continentais do Estado. Quando foi sancionada as atividades de monitoramento e fiscalização foram definidas como de competência da Superintendência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (SUDEC) vinculada à Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Ceará.

No Título III., Artigo 11.a Lei atribui as competências da SUDEC,

- I- estabelecer e executar planos e programas de atividade de preservação e controle da poluição das águas;
- III - programar e realizar coleta de amostras, exames de laboratório, análise de resultados, necessários à avaliação da qualidade dos recursos hídricos;
- VII - fiscalizar as fontes de poluição, públicas ou particulares ;
- X - efetuar o enquadramento dos corpos de água na respectiva classificação.

Salienta-se que muitas das atribuições da SUDEC foram transferidas para a SEMACE. Observe-se que a Lei de 1977 tem 22 anos e o enquadramento dos corpos de água ainda não foi executado. Não se deve contudo considerar esta não execução como uma falha. Trata-se de um processo complexo, envolvendo aspectos técnicos ainda não dominados totalmente e também condicionantes políticos conflitantes.

Resumo das Proteção dos Mananciais nas Leis

No aspecto Legal, muito já foi feito com vistas à proteção dos mananciais de água. Esta assertiva é válida a níveis estaduais e federais. Todavia, há ainda muita deficiência na transformação dessas leis em práticas institucionais.

1.6. A PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS E A GESTÃO DAS ÁGUAS

A qualidade da água pode ser avaliada por suas características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de naturezas física, química e biológica. Quando essas características são mantidas dentro de certos padrões, estabelecidos pela sociedade, a água pode ser aproveitada com um dado uso.

A Organização Mundial de Saúde sugere três formas básicas para obtenção de dados de qualidade de águas:

- Monitoramento,
- Vigilância
- Estudo especial

O monitoramento consiste em um levantamento sistemático de dados de qualidade em locais selecionados para atender os objetivos do uso e permitem acompanhar a evolução da qualidade de água ao longo do tempo.

A vigilância consiste em observar as ações praticadas na bacia hidrográfica de interesse, com ênfase naquelas que podem interferir significativamente com a qualidade das águas dos mananciais.

O estudo especial consiste em uma campanha, com duração determinada, desenvolvida para atender objetivos específicos.

Mota (1997)⁽⁷⁾ relaciona diversas práticas da engenharia que se adotadas podem prevenir significativamente o agravamento da qualidade das águas.

- Planejamento territorial considerando os aspectos ambientais,: zoneamento urbano, implantação de faixas de proteção às margens dos corpos de água; disciplinamento do uso e ocupação dos solos;
- Controle do desmatamento, recuperação de áreas degradadas e promoção do desmatamento
- proteção do sistema de drenagem natural
- Controle do nível de impermeabilização dos solos;
- Controle da erosão dos solos;
- Execução de estação de tratamento de esgotos domésticos e industriais;
- levantamento e controle dos impactos ambientais de obras, tais como: barragens, usinas hidrelétricas, estradas, sistemas de irrigação, distritos industriais, estações de tratamento e outros.
- Compatibilização dos usos múltiplos da água - abastecimento humano e industrial, irrigação, produção de energia, recreação, preservação da fauna e da flora, navegação, diluição de despejos - de modo a garantir os requisitos de quantidade e qualidade necessários a cada utilização.

Particularmente para a bacia do Jaguaribe são importantes as seguintes ações:

⁽⁷⁾ MOTA, s. Introdução à Engenharia Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro 1997.

- Disciplinamento do uso das vazantes
- Desenvolvimento de diagnósticos agropastoris
- Estabelecimento de um sistemático plano de coleta e análises de águas;
- Estabelecimento de um programa de avaliação e controle de efluentes domésticos e industriais;
- Incentivo a Planos Locais de Águas

1.6.1. O Disciplinamento dos Usos das Vazantes:

O uso das vazantes já está incorporado à cultura do Nordeste. Muitas vazantes já vêm sendo exploradas há quase um século. O ato de "proibir" as vazantes não seria de fácil viabilização política e poderia gerar graves problemas sociais.

Por outro lado, a mudança nas tecnologias agrícolas já não permitem que se deixe as vazantes sem um maior disciplinamento, como ocorria no início do século. Por exemplo: não são conhecidos estudos sistemáticos de avaliação de usos de pesticidas e herbicidas nas áreas de montante dos reservatórios.

Dessa forma, um Plano de Gerenciamento de uma bacia hidrográfica poderia propor possíveis ações para permitir identificar com que a atividade seja, ainda por algum tempo, praticada sem por em riscos os usuários das águas dos mananciais.

1.6.2. Elaboração de Um Diagnóstico Agropastoril:

Os fatores mais importantes no desenvolvimento do diagnóstico agropastoril da bacia tributária a um dado manancial são: aplicação de praguicidas em áreas agrícolas; excrementos dos animais; aplicação de fertilizantes e erosão dos solos.

Os corpos de água mais vulneráveis à poluição por processos de origem agropastoril, devem ser objetos de diagnósticos agropastoril juntamente com o programa de disciplinamento do uso e ocupação dos solos.

Um diagnóstico agropastoril bem feito deve propiciar o conhecimento como : a situação sócio-econômica da região; avaliação de possíveis aplicações de praguicidas, em níveis nocivos, e sua influência nos mananciais; conhecimento dos níveis admissíveis de praguicidas nos mananciais, considerando-se para os reservatórios do Semi-Árido, a forte sazonalidade.

Derísio (1992)⁽²⁾ recomenda a obtenção de uma série de informação in loco dentre as quais:

- partículas ou gotículas de formulações levadas à deriva pelo vento na ocasião das aplicações;
- carreamento superficial dos praguicidas depositados no solo, pelas águas de chuva e de irrigação;
- lavagem dos equipamentos de aplicações;
- lançamento dos restos de formulações;
- aplicação de defensivos quanto à época oportuna e recomendação aceitável;
- sistemática de utilização das áreas de cultivo às margens dos reservatórios e rios com culturas que não exijam o uso de praguicidas;

Na fase de programa seria conveniente um maior detalhamento de um programa de diagnóstico agropastoril com o estabelecimento de regras para uso e controle de aplicação.

As bacias hidrográfica e hidráulica do açude Lima Campos poderiam ser tomadas como projeto piloto de um diagnóstico agropastoril. Nesta bacia já foi constatado que agricultores da bacia hidráulica fazem uso de praguicidas no desenvolvimento de suas culturas. Dessa forma seria uma boa prática uma avaliação de seus usos e de suas consequências.

1.6.3. O Estabelecimento de Análises Sistemáticas de Qualidade Das Águas

A amostragem estatística se constitui na ferramenta para estimar grandezas que não é prático contá-las na totalidade. Para ser válida a amostra deve ser representativa da população. Vários fatores são importantes para o estabelecimento de um plano amostral para coleta de águas com vistas ao controle da qualidade das águas.

As etapas necessárias à avaliação da qualidades das águas de um manancial podem devem seguir as seguintes etapas:

- definição dos objetivos da amostragem;
- seleção dos parâmetros e locais de coleta;
- fixação do número de amostras e da frequência de amostragem;
- seleção dos métodos analíticos
- seleção dos métodos de coleta e preservação das amostras;
- aplicação dos métodos de controle de qualidade dos dados.

1.6.4. Estabelecimento de Um Programa de Avaliação e Controle de Efluentes Domésticos e Industriais;

O desenvolvimento de planos de fortalecimento dos centros urbanos, de cidades no interior do estado, têm como impacto o aumento da taxa de consumo urbano e, como consequência, o aumento dos efluentes. Essa equação ainda não está devidamente equacionada para o caso específico do Semi-Árido e seus rios intermitentes.

Vários problemas ambientais podem ser causados por lançamento de esgotos em corpos de água. Segundo Mota (1997)⁽⁷⁾ os principais impactos são: 1) redução do oxigênio dissolvido, com impactos sobre os organismos aeróbios e conseqüentes desequilíbrios ecológicos; 2) aumento da demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que estima a quantidade de oxigênio a ser utilizada pelos microorganismos durante o processo de oxidação aeróbia da matéria orgânica; 3) eutrofização caracterizada pelo crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas. As águas paradas dos reservatórios dos rios intermitentes são particularmente favoráveis à eutrofização.

Na bacia do rio Jaguaribe vários pontos críticos merecem uma análise mais profunda. Podem ser citados:

- 1 - A cidade de Iguatu cujos efluentes escoam diretamente para o açude Orós. Por se tratar de um reservatório de grande volume de água o problema não atingiu ainda níveis críticos. Todavia, à medida que a demanda das águas do Orós aumenta, aumenta também a probabilidade do reservatório permanecer longos períodos de tempo com pouco volume armazenado. Quando estas situações vierem a ocorrer no futuro, é de se esperar um acentuado decaimento da qualidade das água daquele reservatório. Para uma correta avaliação dos riscos de ocorrência dessas situações seria importante uma gestão integrada quantidade - qualidade com o conhecimento dos padrões de qualidade dos efluentes que adentram o reservatório.
- 2 - Efluentes das cidades de Senador Pompeu e Quixadá que podem ser acumulados nas águas do açude Banabuiú. O problema é semelhante ao do Orós e deve ser tratado de maneira semelhante porém com dados específicos.
- 3 - Problemas de pequenos reservatórios: Em escala reduzida, o problema de concentração de poluentes e matéria orgânica em pequenos reservatórios do sertão cearense, pode ser encontrado quase que todos os anos no final do segundo semestre. Muitos pequenos corpos de água que abastecem pequenas populações que habitam em suas redondezas, tornam-se imprestáveis para consumo humano.

4 - Um exemplo de problema de concentração de poluentes a níveis intoleráveis nos reservatórios está acontecendo atualmente (fevereiro de 1999) na cidade de Alto Santo. A concentração de poluentes é de tal modo elevada que a CAGECE não consegue prover um tratamento eficiente. Mesmo assim, a CAGECE continua fornecendo a água pela rede de abastecimento pública. Segundo informações conseguidas com os moradores da cidade, as águas recebidas na rede pública, só se prestam para limpeza dos aparelhos sanitários. As águas para beber, cozinhar e higiene pessoal são compradas de caminhões pipas.

1.7. CONCLUSÕES

Os estudos desenvolvidos durante o desenvolvimento do presente Plano de Gerenciamento de Águas mostraram que os aspectos ligados à qualidade das águas estão a requerer maiores esforços. Vários fatores apontam nessa direção, dentre esses estão:

- 1) aumento do numero de cidades com rede de abastecimento público de água resultante em uma indução do aumento da taxa de consumo por pessoa;
- 2) aumento do número de reservatórios pequenos e grandes que resultam em uma menor vazão de sangria da bacia hidrográfica e em conseqüente decréscimo da função de lavagem dos corpos de água.
- 3) aumento de consumo das águas em grandes reservatórios como o Orós fazem com que os períodos nos quais os açudes permanecem com pouco volume estocado se tornem mais freqüentes.

Dessa forma, o estudo concluiu pelo delineamento de uma série de medidas e programas de ações a serem formulados e detalhados na terceira fase do presente plano constituindo-se na fase de estabelecimento de programas de ações.

- Disciplinamento do uso das vazantes
- Desenvolvimento de diagnósticos agropastoris
- Estabelecimento de um sistemático plano de coleta e análises de águas;
- Estabelecimento de um programa de avaliação e controle de efluentes domésticos e industriais;
- Incentivo a Planos Locais de Águas

2. AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE REUSO DAS ÁGUAS

2. AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE REUSO DAS ÁGUAS

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O reuso de águas é uma prática que tem sido adotada em várias partes do mundo, embora ainda não seja muito utilizada no Brasil.

Os esgotos tratados devem ser considerados como um recurso a ser usado pelo homem, devendo a sua utilização integrar uma política de gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, constituindo, além de outros benefícios, uma alternativa para o aumento da disponibilidade de água, principalmente em regiões onde há carência da mesma.

Várias são as formas de reuso de águas que têm sido adotadas: irrigação de culturas, de parques e de campos esportivos; uso industrial; dessedentação de animais; uso recreacional; uso doméstico (jardinagem, lavagem de veículos, descarga de vasos sanitários); aquacultura; recarga de aquíferos subterrâneos; manutenção de vazões mínimas em cursos d'água; combate a incêndios, entre outros.

Os reusos de água podem ser classificados como:

- Reuso indireto: recarga de aquíferos, lançamentos em recursos hídricos superficiais, regularização de cursos d'água.
- Reuso direto: irrigação, dessedentação de animais, aquacultura, indústrias, doméstico, etc.

Na prática, embora de forma não planejada e sem controle, tem ocorrido o reuso indireto, através dos lançamentos de esgotos, tratados ou não, nas coleções superficiais e subterrâneas de água

O reuso de águas é uma prática indicada para regiões áridas e semi-áridas, devido as seguintes vantagens:

- Aumento da oferta de água.
- Suprimento de água durante todo o ano;
- Possibilidade de utilizar-se a água disponível para fins onde há necessidade de melhor qualidade, como o abastecimento humano.
- Evita-se o lançamento de efluentes em cursos d'água com vazões pequenas ou nulas, reduzindo-se os riscos de poluição.

- Aproveitamento dos nutrientes existentes no esgoto, diminuindo ou mesmo eliminando o uso de fertilizantes artificiais.
- Adição da matéria orgânica contida no esgoto, ao solo, contribuindo para a conservação do mesmo e a prevenção da erosão.
- Contribui para o aumento da produção de alimentos, quando usado em irrigação ou piscicultura, resultando em benefícios econômicos e sociais.
- Aumento das áreas verdes, parques e campos de esporte.

A utilização de esgotos tratados constitui uma medida efetiva de controle da poluição da água e uma alternativa para o aumento da disponibilidade de água em regiões carentes de recursos hídricos.

Com a sua utilização, evita-se ou reduz-se o lançamento de esgotos em corpos d'água. Os esgotos, mesmo tratados, oferecem riscos de poluição, os quais são maiores onde há pouca ou nenhuma água para diluí-los.

O aproveitamento das águas residuárias significa um aumento na oferta de água para diversos fins, liberando os recursos hídricos disponíveis para utilização em outros usos.

Em 1958, as Nações Unidas estabeleceram que **"nenhuma água de melhor qualidade deve ser utilizada em um uso que suporte um nível de qualidade inferior, a não ser que haja excesso da mesma"**.

Nas regiões semi-áridas, como no Nordeste brasileiro, há escassez de água, havendo necessidade de se incorporar outros recursos para substituí-la em alguns usos. As águas residuárias surgem, então, como uma alternativa de suprimento de água para diversos fins, desde que sejam adotados os necessários cuidados para reduzir os riscos que possam resultar da sua utilização.

Os Governos devem, portanto, desenvolver esforços no sentido de encontrar as melhores formas de aproveitamento das águas residuárias, definindo uma política de uso e controle das mesmas, dentro de um amplo programa de gestão de recursos hídricos.

As águas residuárias devem, assim, ser consideradas como um recurso hídrico a ser utilizado para diversos fins.

2.2. REUSO DE ÁGUAS EM IRRIGAÇÃO

Entre as formas de reuso de água, a irrigação surge como uma das mais indicadas para regiões semi-áridas, principalmente porque:

- A irrigação é uma atividade que faz uso de grande quantidade de água, nem sempre disponível nessas regiões.
- As águas residuárias podem ser aplicadas na irrigação de vários tipos de cultura, dependendo do grau de tratamento adotado para os esgotos.
- Existem tratamentos de esgotos que proporcionam a seus efluentes características compatíveis com o seu uso para irrigação até de culturas alimentícias ingeridas cruas.
- Efluentes de estações de tratamento de esgoto com menor eficiência na remoção de poluentes podem ser usados para a irrigação de muitos tipos de culturas, desde que algumas medidas de controle sejam adotadas.
- Esgotos de origem doméstica contêm nutrientes e matéria orgânica, que são necessários às culturas e ao solo, reduzindo-se, com o seu uso, a utilização de fertilizantes e adubos.
- A aplicação de esgotos tratados em irrigação evita que os mesmos sejam lançados em mananciais com baixa ou mesmo nula capacidade de diluição e autodepuração. Os esgotos, mesmo tratados a nível secundário, ainda oferecem risco de poluição. Em épocas de estiagem, o lançamento de efluentes em cursos d'água intermitentes resulta no escoamento somente de esgotos em suas calhas.

A utilização de águas residuárias em irrigação deve ser feita considerando alguns aspectos:

- qualidade desejada para o efluente a ser usado;
- tipo de tratamento a ser aplicado ao esgoto bruto;
- seleção das culturas a serem irrigadas;
- técnicas de irrigação a serem utilizadas;
- medidas de controle ambiental a serem adotadas.

2.2.1. Qualidade da Água para Irrigação

A qualidade da água a ser aplicada depende do tipo de cultura a ser irrigada, das características do solo, do tipo de sistema de irrigação a ser usado e dos riscos ambientais que podem resultar da utilização de esgotos tratados.

A Organização Mundial da Saúde, estabeleceu, em 1987, diretrizes para a qualidade microbiológica das águas residuárias a serem utilizadas na irrigação, em função dos tipos de culturas, das condições de reuso, dos grupos de pessoas expostas e dos sistemas de tratamento de esgoto. Estas diretrizes estão indicadas na Tabela 2.2.1.

A Resolução Nº 20, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), ao definir as diferentes classes para as águas brasileiras, estabeleceu critérios para as águas destinadas à irrigação, conforme mostrado na Tabela 2.2.2.

A água para irrigação deve ser analisada quanto à sua salinidade e quanto ao teor de sódio. Águas com elevados teores de sais afetam o crescimento das plantas e provocam a salinização do solo, tornando-o improdutivo. Altos teores de sódio provocam alterações na estrutura dos solos, diminuindo a sua permeabilidade, influenciando na drenagem das águas e aumentando, assim, o risco de salinidade.

A salinidade da água é geralmente determinada através da Condutividade Elétrica, enquanto o teor de sódio é avaliado por meio da Relação de Adsorção de Sódio (RAS). As águas para irrigação são classificadas como C_iS_j , sendo que, quanto maiores os valores de i e j , mais elevados os riscos de salinidade e de diminuição da permeabilidade.

O Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos estabeleceu faixas limites para Condutividade Elétrica e RAS, em função dos riscos de salinidade e de redução de permeabilidade, as quais estão indicadas na Tabela 2.2.3.

Tabela 2.2.1. Qualidade Microbiológica para o Uso de Águas Residuárias na Agricultura

CONDIÇÃO DE REUSO	GRUPO EXPOSTO	NEMATÓIDES INTESTINAIS ^b (ovos / l) ^c	COLIFORMES FECALIS (Nº / 100 ml) ^d	TRATAMENTO NECESSÁRIO
A: Irrigação de culturas consumidas cruas, campos desportivos e parques ^{e=f}	Trabalhadores, consumidores, público	≤ 1	≤ 1.000	Lagoas de estabilização em série Projetadas para alcançar a qualidade microbiológica requerida, ou tratamento equivalente
B: Irrigação de cereais, culturas para industrialização, forrageiras e árvores	Trabalhadores	≤ 1	na	Retenção em lagoas de estabilização durante 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais
C: Irrigação localizada das culturas da categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público	Nenhum	na	na	Pré-tratamento requerido pela tecnologia de irrigação, porém não inferior à sedimentação primária

FONTE: HESPANHOL, 1997¹

Observações:

- a) Em casos específicos, fatores epidemiológicos, sócio-culturais e ambientais locais devem ser considerados, podendo esses critérios ser modificados.
- b) *Ascharis*, *Trichuris* e *ancilóstomo*
- c) Durante o período de irrigação. Média aritmética.
- d) Durante o período de irrigação. Média geométrica.
- e) Um critério mais restrito (200 coliformes fecais por 100 ml) é indicado para gramados públicos, tais como os gramados de hotéis, com os quais as pessoas podem ter contato direto.
- f) No caso de plantas frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes das frutas serem colhidas, e nenhuma fruta deve ser apanhada do chão. Irrigação por aspersão não deve ser usada.

¹ HESPANHOL, I. Wastewater as a Resource. IN: HELMER, R. & HESPANHOL, I, ed. **Pollution Control**, London, E & FN Spon, 1997.

g) na - não aplicável.

Tabela 2.2.2. Condições sanitárias para as águas destinadas à irrigação, de acordo com a Resolução N° 20 / 86, do CONAMA

CLASSE / TIPO DE USO	CONDIÇÃO SANITÁRIA
Classe 1 - águas destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.	As águas não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas.
Classe 2 - águas destinadas à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas.	Não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.
Classe 3 - águas destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.	Número de coliformes fecais até 4.000 por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

Tabela 2.2.3. Riscos de salinidade e de diminuição da permeabilidade de águas para irrigação.

SALINIDADE (micromhos/cm, 25 °C)	RISCO DE SALINIDADE
Menor que 250	Baixo (C ₁)
Entre 250 e 750	Médio (C ₂)
Entre 750 e 2.250	Alto (C ₃)
Acima de 2.250	Muito Alto (C ₄)

RELAÇÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO (RAS)	RISCO DE DIMINUIÇÃO DA PERMEABILIDADE
Menor que 10	Baixo (S ₁)
De 10 a 18	Médio (S ₂)
De 18 a 26	Alto (S ₃)
Maior que 26	Muito Alto (S ₄)

Outros constituintes químicos podem acumular-se nas plantas e no solo, causando riscos à saúde humana e animal e danos às plantas, devendo, portanto, ser limitados. A seguir, na Tabela 2.2.4 estão relacionados os limites máximos para teores de substâncias potencialmente prejudiciais, em águas de irrigação, de acordo com a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), do Rio de Janeiro.

Tabela 2.2.4. Limites máximos para teores de substâncias potencialmente prejudiciais em água de irrigação (FEEMA) RJ

Constituinte	Valor Máximo (mg/l)
Alumínio	5,00
Amônia	0,50
Arsênio	0,10
Bário	1,00
Berílio	0,10
Boro	0,75
Cádmio	0,01
Chumbo	0,10
Cianeto	0,20
Cobalto	0,20
Cobre	1,00
Cromo	0,05
Estanho	2,00
Fenóis	0,001
Ferro	5,00
Flúor	1,40
Lítio	2,50
Manganês	0,20
Mercúrio	0,002
Molibidênio	0,01
Níquel	0,50

Constituinte	Valor Máximo (mg/l)
Nitrato	10,00
Nitrato	1,00
Selênio	0,01
Zinco	5,00

O cloro, presente em dosagens elevadas (acima de 5 mg/l), pode causar prejuízos às plantas, quando o líquido é aspergido sobre a folhagem. Em efluentes de estações de tratamento de esgoto que utilizam desinfecção, as dosagens de cloro residual são, geralmente, baixas, não alcançando níveis prejudiciais.

2.2.2. Tratamento a Ser Aplicado ao Esgoto

O tratamento a ser aplicado ao esgoto, para fins de reuso, dependerá da qualidade desejada para o efluente, a qual será função do tipo de cultura a ser irrigada.

No caso da irrigação de culturas ingeridas cruas, como hortaliças e frutas, há necessidade de um tratamento que resulte num efluente com a qualidade microbiológica recomendada pela OMS - Organização Mundial de Saúde, qual seja, média aritmética de ovos de helmintos no máximo igual a um por litro e média geométrica do Número Mais Provável de coliformes fecais por 100 ml igual ou inferior a 1.000. Ainda segundo a OMS, o NMP de coliformes fecais por 100 ml deve ser de, no máximo, duzentos, para irrigação de gramados de uso público.

Essa qualidade microbiológica não é normalmente encontrada em efluentes de estações de tratamento convencional de esgoto (tratamento secundário), mas somente quando as mesmas contêm unidade terciária adicional para remoção de microrganismos. O esgoto doméstico bruto contém entre 10^7 a 10^9 coliformes fecais por 100 ml. Sistemas convencionais de tratamento não conseguem remover os coliformes fecais de modo a se alcançar o limite máximo de 1.000 CF / 100 ml, estabelecido pela OMS. Mesmo as estações de tratamento secundário acrescidas de desinfecção com cloro nem sempre alcançam os padrões da OMS, principalmente com relação à remoção de ovos de helmintos.

As lagoas de estabilização em série constituem sistema adequado para se obter efluentes com qualidade para reuso em irrigação, principalmente em regiões de clima quente, e onde haja disponibilidade de terreno a custo razoável.

Sistemas integrados por lagoas de estabilização anaeróbia, facultativa e de maturação, com um tempo de detenção variando de 10 a 50 dias (dependendo da temperatura), podem produzir efluentes que alcançam as recomendações da Organização Mundial da Saúde, em termos de bactérias e helmintos (HESPANHOL, 1997)¹.

A qualidade do efluente, em termos bacteriológicos, depende do número de lagoas de maturação, como indica a Tabela 2.2.5. Quanto maior o número de lagoas de maturação, melhor a remoção de coliformes fecais e de helmintos.

Tabela 2.2.5. Remoção de coliformes fecais e nematóides intestinais em cinco lagoas de estabilização, no Nordeste do Brasil (Temperatura média de 26 °C)

AMOSTRA	TEMPO DE DETENÇÃO (dias)	COLIFORMES FECALIS / 100 ml	NEMATÓIDES INTESTINAIS (ovos/l)
Esgoto bruto	-	$4,6 \times 10^7$	804
Efluente da lagoa:			
Anaeróbia	6,8	$2,9 \times 10^6$	29
Facultativa	5,5	$3,2 \times 10^5$	1
Maturação nº 1	5,5	$2,4 \times 10^4$	0
Maturação nº 2	5,5	450	0
Maturação nº 3	5,8	30	0

FONTE: MARA & SILVA, 1986²

Levantamento realizado por NOGUEIRA (1999)³, em um sistema de lagoas em série, composto por uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e uma lagoa de maturação, em Fortaleza, obteve uma média geométrica de $9,9 \times 10^3$ coliformes fecais por 100 ml, e de zero ovos de helmintos por litro, no efluente final (Ver Anexo3).

² MARA, D. D. & SILVA, S. A. Removal of intestinal nematode eggs in tropical wate stabilization ponds. **J. Trop. Med. And Hyg.**, 89 (2), 71-74, 1986.

³ NOGUEIRA, V. L. M. **Caracterização de um Sistema de Lagoas de Estabilização numa Estação de Tratamento de Esgotos Domésticos em Escala Real, em Fortaleza, Ceará.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 1999.

Já os estudos realizados junto às lagoas de estabilização do Distrito Industrial de Maracanaú (uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e três lagoas de maturação), de julho a dezembro de 1997, determinaram uma média de 14 coliformes fecais por 100 ml, no efluente final, significando uma remoção de 99,99999 % em relação ao esgoto bruto afluente (SILVA, 1998)⁴ (Anexo 4).

As lagoas de estabilização em série constituem, portanto, um sistema indicado para tratamento de esgotos quando se deseja um efluente de boa qualidade microbiológica para reuso, sendo uma alternativa indicada para as cidades do interior do Estado, principalmente devido a:

- disponibilidade de terrenos de baixo custo, nas vizinhanças das cidades;
- baixos custos de construção, operação e manutenção;
- nenhum consumo de energia;
- grande remoção de cargas orgânicas e de microrganismos;
- capacidade de tratar ampla variedade de resíduos domésticos, industriais e agrícolas.

2.2.3. Culturas a serem Irrigadas com Esgotos Tratados

A definição dos tipos de culturas a serem irrigadas com águas residuárias depende das características do local (condições climáticas, tipos de solos) e da qualidade do efluente.

Culturas alimentícias consumidas cruas precisam ser irrigadas com águas contendo teores de microrganismos de acordo com o recomendado pela Organização Mundial de Saúde. Gramados de uso público também devem ser irrigados com águas de qualidade adequada. Já outras culturas, tais como cereais, forrageiras, árvores e outras plantas não produtoras de alimentos, podem ser irrigadas com efluentes de qualidade microbiológica inferior

Algumas culturas são mais sensíveis aos sais do que outras. Efluentes de estações de tratamento de esgoto podem conter teores mais ou menos elevados, dependendo das características do líquido afluente.

⁴ SILVA, F. J. A. da. **Diretrizes Básicas para o Reuso dos Efluentes do Sistema de Lagoas de Estabilização do Distrito Industrial de Maracanaú.** Fortaleza, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC, 1998. (mimeografado)

Análises efetuadas no efluente da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus Universitário do Pici, em Fortaleza, do tipo lodos ativados, determinaram uma água classificada como C_2S_1 , ou seja, com médio risco de salinidade e baixo risco de sódio (BEZERRA, 1997)⁵. Esta mesma classificação foi obtida para a água potável fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE.

Já as determinações feitas por NOGUEIRA³, no sistema de lagoas de estabilização do Conjunto Habitacional Parque Fluminense, em Fortaleza, determinaram um efluente classificado como C_3S_2 , indicando alto risco de salinidade e médio risco de sódio. Quanto à salinidade, este líquido não deve ser usado em irrigação em solos com drenagem deficiente e somente em culturas com alta tolerância ao sal. Com relação ao sódio, o efluente deve ser usado em solos de textura grossa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade.

A salinidade dos efluentes das estações de tratamento de esgoto depende das características do líquido que é tratado. Esgotos domésticos geralmente não contêm teores elevados de sais, a não ser que a água distribuída à população tenha alta salinidade. Nos períodos de estiagem, é comum ocorrer um aumento da salinidade da água, nos açudes, como consequência da evaporação, o que resulta em maior quantidade de sais no esgoto.

Águas com salinidade média ou alta devem ser usadas com cuidado, adotando-se um bom sistema de drenagem, para evitar o acúmulo de sais no solo, e utilizando-se culturas mais resistentes.

Algumas culturas são mais tolerantes aos sais, como o algodão, sorgo, soja, beterraba, couve, espinafre e algumas forrageiras. Outras, são medianamente tolerantes, como o arroz, milho, mamona, amendoim, girassol, tomate, batata, cenoura, repolho, cana de açúcar.

2.2.4. Desempenho das Culturas

A presença de nutrientes e matéria orgânica nos esgotos domésticos tratados resulta em benefícios para as culturas, melhorando o seu desempenho.

⁵ BEZERRA, F. C. L. **Reuso Planejado de Águas Residuárias em Irrigação. Uma Alternativa para o Estado do Ceará.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 1997.

A melhoria de fertilidade do solo reflete-se na maior produtividade das culturas. Estudos desenvolvidos na Universidade da Pennsylvania, Estados Unidos, mostraram aumentos nas produções de culturas irrigadas com esgoto tratado, comparadas com as irrigadas com água em condições normais, da ordem de 300 % para o feno e de 50 % para o milho.(POUND E CRITES, 1993)⁶.

Pesquisa realizada em Fortaleza, em 1980, utilizando a irrigação de sorgo com água de poços e com efluente tratado com características de esgoto doméstico, mostrou um crescimento mais rápido e teores mais elevados de proteínas no grão e na palha, nas plantas irrigadas com esgoto (MOTA, 1980)⁷.

Estudo realizado por MONTE et al. (1986)⁸, em Portugal, utilizando milho, sorgo e girassol, concluiu que a produtividade das culturas irrigadas com águas residuárias tratadas é muito semelhante à produtividade daquelas irrigadas com água para abastecimento e fertilizadas com adubos comerciais. De acordo com esses pesquisadores, a reutilização das águas residuárias tratadas, devido ao seu alto teor de nutrientes, pode constituir prática economicamente atraente, mesmo em casos em que haja disponibilidade de água natural.

As Tabelas 2.2.4.1 e 2.2.4.2 mostram os desempenhos das culturas de sorgo e algodão irrigadas com esgoto tratado na Estação de Tratamento do Campus do Pici e com água de abastecimento fornecida pela CAGECE, em pesquisa realizada por BEZERRA⁵, entre 1995 e 1996. Para as duas culturas, observa-se um melhor desempenho quando foi utilizado o esgoto tratado.

Tabela 2.2.4.1. Características do sorgo irrigado com esgoto tratado e com água, em Fortaleza, Ceará. 1995 / 1996.

CARACTERÍSTICAS	PARCELAS IRRIGADAS COM ESGOTO	PARCELAS IRRIGADAS COM ÁGUA
Altura média (m)	1,40	1,00
Florescimento (dias)	53	70
Produção de grãos (Kg/ha)	3.535	605
Massa verde (t/ha)	9,56	2,48
Massa seca (t/ha)	4,64	1,08
Proteína bruta (%)	1,58	1,86

FONTE: BEZERRA. 1997⁵

⁶ POUND, C. E. & CRITES, R. W. **Wastewater treatment and reuse by land application**. Vol. 1. Washington, D.C., Environmental Protection Agency, 1993.

⁷ MOTA, F. S. B. **Aplicação de Esgoto Doméstico em Irrigação**. Tese para Seleção de Professor Titular. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1980.

⁸ MONTE et al. Estudo de Metodologias de Reutilização de Efluentes de Esgotos Urbanos em Irrigação. IN: II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, ABES / APRH, Salvador, Bahia, 1986.

Tabela 2.2.4.2. Características do algodão irrigado com esgoto tratado e com água, em Fortaleza, Ceará. 1995 / 1996.

CARACTERÍSTICAS	PARCELAS IRRIGADAS COM ESGOTO	PARCELAS IRRIGADAS COM ÁGUA
Produção (Kg/ha)	506	340
% Fibra	35,1	30,3
Produção fibras (Kg/ha)	177,61	103,02
Peso médio do capulho (g)	4,2	3,8
Peso 100 sementes (g)	8,4	7,7
Comprimento médio fibra (cm)	30,7	27,5

FONTE: BEZERRA. 1997⁵

2.2.5. Métodos de Irrigação

O esgoto tratado pode ser usado em irrigação utilizando-se os diversos métodos disponíveis, quais sejam: irrigação por aspersão; irrigação superficial (inundação, sulcos, gotejamento); irrigação sub-superficial.

A escolha do método a ser utilizado depende de diversos fatores: características do efluente a ser usado; tipo de cultura a ser irrigada; características do solo; condições climáticas; topografia do terreno; custos do sistema; familiaridade dos usuários com o método a ser adotado.

A irrigação por aspersão pode aumentar os riscos de contaminação, devido ao contato do líquido com a folhagem e os frutos, e a possibilidade do transporte de aerossóis contendo microrganismos, para áreas vizinhas, podendo contaminar os trabalhadores e pessoas residentes nas proximidades.

Culturas que se desenvolvem rentes ao solo podem ser contaminadas por esgotos tratados usados na irrigação superficial, o que também pode ocorrer com frutos que caíam no solo.

A irrigação localizada, tipo gotejamento, apresenta a vantagem de restringir a aplicação do líquido nas zonas das raízes das plantas, diminuindo os riscos de contaminação das plantas e frutos e dos trabalhadores e vizinhança. No entanto, estes sistemas requerem tratamentos que promovam uma maior remoção de sólidos que possam causar o entupimento dos orifícios através dos quais a água é aplicada ao solo.

A definição do método de irrigação a ser usado depende, portanto, principalmente da qualidade do esgoto tratado a ser utilizado, dos tipos de culturas a serem irrigadas, da localização do sistema e das medidas de controle adotadas para diminuir os riscos de contaminação dos trabalhadores e moradores vizinhos.

2.2.6. Impactos Ambientais e Medidas de Controle

A utilização de esgoto tratado em irrigação pode resultar em alguns impactos ambientais, principalmente os relacionados com:

- alterações das características do solo;
- efeitos sobre a vegetação;
- problemas sanitários: riscos de contaminação das culturas, dos trabalhadores, consumidores e moradores vizinhos;
- poluição de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Conforme já comentado, a aplicação de águas residuárias domésticas no solo pode resultar no aumento da sua fertilidade, devido à presença de nutrientes, bem como na melhoria de suas características físicas, como consequência da matéria orgânica existente no líquido.

No entanto, se o efluente tiver salinidade elevada ou alta Relação de Adsorção de Sódio (RAS), pode ocorrer a salinização do solo, com prejuízos ao desenvolvimento das culturas. Este é um aspecto que deve ser cuidadosamente avaliado em regiões semi-áridas, onde o risco de salinização do solo como resultado da prática de irrigação é maior.

Efluentes que tenham valores elevados de salinidade e de RAS devem ser usados em solos bem drenados, com culturas tolerantes aos sais e adotando-se práticas especiais de manejo, como boas condições de lixiviação e de drenagem e adição de matéria orgânica.

Os microrganismos patogênicos presentes nos efluentes podem acumular-se nas plantas e no solo, causando a contaminação de verduras, hortaliças, frutas e outros produtos alimentícios.

Os trabalhadores ou pessoas que se utilizam das áreas irrigadas (parques e gramados, por exemplo) podem também ser contaminados pelos microrganismos presentes no líquido utilizado na irrigação.

O carreamento de aerossóis resultantes da aplicação do líquido, especialmente em sistemas que utilizam aspersores, pode contaminar áreas adjacentes, causando danos à população da vizinhança.

Segundo HESPANHOL¹, não há evidência epidemiológica de que aerossóis de sistemas de irrigação por aspersão tenham causado riscos significantes de contaminação por patogênicos de pessoas residentes próximas de campos irrigados com esgoto. Entretanto, com o objetivo de permitir uma margem razoável de segurança e para minimizar os incômodos causados por odores, uma distância mínima de 100 (cem) metros deve ser mantida entre as áreas irrigadas e as residências e estradas.

O reuso da água em irrigação pode ocasionar a poluição de águas superficiais e subterrâneas, através do escoamento ou infiltração do líquido aplicado. Devem ser tomados cuidados para evitar que isso ocorra, principalmente através da adoção de afastamentos adequados para os mananciais e para o lençol freático. Sistemas de irrigação com esgoto tratado não devem situar-se próximos de mananciais utilizados para abastecimento humano.

Para evitar a proliferação de insetos, deve-se evitar os empoçamentos das águas e, se necessário, utilizar as medidas usuais de combate aos mesmos.

No caso da irrigação de pastagens, deve-se suspender a aplicação do líquido duas semanas antes dos animais terem acesso ao local.

Se for utilizada a irrigação de plantas frutíferas, também deve ser cessada a aplicação do líquido duas semanas antes dos frutos serem colhidos.

A área onde for utilizada a irrigação com esgotos tratados deve ser isolada, evitando-se o acesso de estranhos. A população da vizinhança deve ser devidamente esclarecida sobre as práticas utilizadas. Sinalizações de advertência devem ser adequadamente colocadas.

Os trabalhadores das áreas irrigadas com esgoto devem ser treinados e orientados sobre os riscos de contaminação e sobre as medidas de proteção a serem adotadas. Essas pessoas devem usar vestimenta adequada, botas, luvas, de modo que sejam minimizados os riscos de infecções.

Um programa de monitoramento da qualidade do ambiente deve ser desenvolvido nos sistemas de irrigação com efluentes, bem como devem ser adotadas medidas de acompanhamento epidemiológico dos trabalhadores, consumidores e residentes nas proximidades.

2.3. REUSO DE ÁGUAS NA BACIA DO RIO JAGUARIBE

2.3.1. Justificativa

O reuso de águas é uma prática ainda não utilizada de forma planejada, no Estado do Ceará. Embora existam algumas ações isoladas, esta prática ainda não é adotada observando os critérios técnicos necessários, especialmente quando de sua utilização em irrigação. Algumas indústrias utilizam a reciclagem de águas, constituindo, porém, soluções privadas restritas a determinadas fábricas.

Na bacia do Rio Jaguaribe, assim como em todo o Estado, esta prática deve ser incentivada, levando-se em conta que as águas residuárias tratadas podem ser consideradas como recursos hídricos colocados à disposição da população, para alguns usos, especialmente para a irrigação.

Com isso, os escassos recursos hídricos existentes, ou que venham a ser alocados, podem ter outros usos, tais como o abastecimento humano e industrial, a recreação e a dessedentação de animais.

São muito poucos os municípios que dispõem de sistemas coletores de esgoto, na Bacia do Rio Jaguaribe, conforme levantamento feito na fase de Diagnóstico. Na verdade, somente nos municípios de Iguatu, Juazeiro do Norte, Limoeiro do Norte e São João do Jaguaribe, existem redes de esgotamento sanitário, atendendo pequena parcela da população.

No entanto, o Governo do Estado desenvolve um programa de saneamento em todo o Estado, devendo dotar vários municípios com sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários.

No caso dos sistemas já existentes, bem como nos que forem implantados, um dos problemas é a destinação dos efluentes das estações de tratamento. Sabe-se que, embora seja removida grande parte dos poluentes, o efluente de uma estação de tratamento de esgoto é um líquido que pode ainda oferecer riscos ambientais, inclusive de contaminação da população que tenha contato com o mesmo.

Os lançamentos dos efluentes das estações de tratamento de esgoto em corpos d'água intermitentes ou com vazões pequenas podem resultar em problemas sanitários, uma vez que os mananciais não terão capacidade de depurar esses líquidos.

O reuso desses efluentes constitui, assim, uma medida de controle da poluição dos recursos hídricos e deve ser incentivado como forma de garantir outros usos para a água disponível.

Mesmos nos cursos d'água que sejam perenizados, nem sempre as vazões mínimas são suficientes para promoverem a autodepuração das cargas poluidoras presentes nos esgotos, ficando ressaltada, portanto, a necessidade e importância da utilização das águas residuárias.

Embora existam várias formas de reuso, a irrigação constitui uma das mais indicadas para o interior do Estado do Ceará, considerando a escassez das precipitações pluviométricas e, conseqüentemente, de suprimento de água para este fim, bem como a necessidade de ampliar-se as áreas irrigadas.

Assim, neste Plano, será dada ênfase à utilização de águas residuárias tratadas na irrigação, embora outras práticas de reuso sejam recomendadas, como a reciclagem nas indústrias com grande consumo de água e elevada produção de esgotos. Nestes casos, ficará a cargo da iniciativa privada a adoção de práticas de reutilização de águas residuárias.

Os efluentes de estações de tratamento de esgoto contêm matéria orgânica e nutrientes, os quais contribuem para melhorar a qualidade do solo e, conseqüentemente, a produção agrícola, com menor uso de fertilizantes artificiais. Isso constitui uma vantagem a mais da utilização de águas residuárias tratadas em irrigação.

2.3.2. Produção de Esgotos

A Tabela 2.3.2.1. contém a produção anual de esgotos dos núcleos urbanos com população acima de 1.000 habitantes, na bacia em estudo, por sub-bacias, para o ano de 1996.

O cálculo das vazões de esgoto foi feito considerando um consumo *per capita* de água igual a 90 l/hab/dia, para as sedes municipais, e de 80 l/hab/dia, para os distritos, e admitindo uma razão esgoto/água igual a 0,8.

Tabela 2.3.2.1. Produção anual de Esgoto nos núcleos urbanos com população acima de 1.000 habitantes, na Bacia do Rio Jaguaribe, por sub-bacia. 1996.

MUNICÍPIO/DISTRITO	SUB-BACIA	POPULAÇÃO (1.000 habitantes)	PRODUÇÃO DE ESGOTO (m ³ /ano)
Acopiara (sede)	Alto Jaguaribe	16.429	431.754
Aiuaba (sede)	Alto Jaguaribe	1.966	51.666
Altaneira (sede)	Alto Jaguaribe	3.137	82.440
Antonina do Norte (sede)	Alto Jaguaribe	3.697	97.157
Araripe (sede)	Alto Jaguaribe	3.989	104.831
Brejinho	Alto Jaguaribe	1.427	37.502
Pajeú	Alto Jaguaribe	1.425	37.449
Arneiroz (sede)	Alto Jaguaribe	1.741	45.753
Assaré (sede)	Alto Jaguaribe	6.731	176.890
Campos Sales (sede)	Alto Jaguaribe	13.999	367.893
Carius (sede)	Alto Jaguaribe	3.688	96.920
Catarina (sede)	Alto Jaguaribe	4.641	121.966
Farias Brito (sede)	Alto Jaguaribe	4.011	105.409
Cariutaba	Alto Jaguaribe	1.304	34.269
Iguatu (sede)	Alto Jaguaribe	50.355	1.323.330
José de Alencar	Alto Jaguaribe	2.013	52.902
Jucás (sede)	Alto Jaguaribe	6.351	166.904
Nova Olinda (sede)	Alto Jaguaribe	5.299	139.258
Orós (sede)	Alto Jaguaribe	10.046	264.009
Guassossê	Alto Jaguaribe	2.265	59.524
Palestina	Alto Jaguaribe	1.110	29.171
Parambu (sede)	Alto Jaguaribe	8.529	224.142
Potengi (sede)	Alto Jaguaribe	3.339	87.749
Quixelô (sede)	Alto Jaguaribe	3.703	97.315
Saboeiro (sede)	Alto Jaguaribe	4.175	109.719
Salitre (sede)	Alto Jaguaribe	3.250	85.410
Santana do Cariri (sede)	Alto Jaguaribe	4.177	109.771
Tarrafas (sede)	Alto Jaguaribe	1.454	38.211
Tauá (sede)	Alto Jaguaribe	20.733	544.863
Santa Tereza	Alto Jaguaribe	1.319	30.812
Aracati (sede)	Baixo Jaguaribe	32.824	862.614
Fortim (sede)	Baixo Jaguaribe	2.937	77.184

MUNICÍPIO/DISTRITO	SUB-BACIA	POPULAÇÃO (1.000 habitantes)	PRODUÇÃO DE ESGOTO (m ³ /ano)
capuí (sede)	Baixo Jaguaribe	4.560	119.837
Itaiçaba (sede)	Baixo Jaguaribe	3.565	93.688
Jaguaruana (sede)	Baixo Jaguaribe	11.042	290.184
Palhano (sede)	Baixo Jaguaribe	3.578	94.030
Quixerê (sede)	Baixo Jaguaribe	4.202	110.429
Lagoinha	Baixo Jaguaribe	3.309	86.961
Russas (sede)	Baixo Jaguaribe	26.614	699.416
Flores	Baixo Jaguaribe	2.976	78.210
Banabuiú (sede)	Banabuiú	5.316	139.705
Boa Viagem (sede)	Banabuiú	16.174	425.053
Ibicutinga (sede)	Banabuiú	2.751	72.296
Itatira (sede)	Banabuiú	997	26.201
Madalena (sede)	Banabuiú	3.955	103.938
Mombaça (sede)	Banabuiú	12.579	330.576
Monsenhor Tabosa(sede)	Banabuiú	6.450	169.506
Morada Nova (sede)	Banabuiú	23.947	617.501
Aruaru	Banabuiú	4.026	105.803
Pedra Branca (sede)	Banabuiú	9.760	256.493
Mineirolândia	Banabuiú	3.510	92.243
Santa Cruz do Banabuiu	Banabuiú	1.316	34.585
Piquet Carneiro (sede)	Banabuiú	3.318	87.197
Ibicuã	Banabuiú	1.476	38.790
Quixadá (sede)	Banabuiú	38.343	1.007.654
Choró	Banabuiú	1.309	34.401
Juatuma	Banabuiú	1.434	37.686
Quixeramobim (sede)	Banabuiú	22.298	585.991
São Miguel	Banabuiú	1.383	36.346
Senador Pompeu (sede)	Banabuiú	11.869	311.989
Bonfim	Banabuiú	1.274	33.481
Alto Santo (sede)	Médio Jaguaribe	3.802	99.917
D.Irapuan Pinheiro (sede)	Médio Jaguaribe	728	19.132
Ererê (sede)	Médio Jaguaribe	1.788	45.989
Iracema (sede)	Médio Jaguaribe	6.906	181.490
Ema	Médio Jaguaribe	899	23.626
Jaguaretama (sede)	Médio Jaguaribe	6.436	169.138

MUNICÍPIO/DISTRITO	SUB-BACIA	POPULAÇÃO (1.000 habitantes)	PRODUÇÃO DE ESGOTO (m ³ /ano)
Jaguaribara (sede)	Médio Jaguaribe	3.283	86.278
Jaguaribe (sede)	Médio Jaguaribe	14.958	393.096
Feiticeiro	Médio Jaguaribe	1.488	39.105
Nova Floresta	Médio Jaguaribe	1.285	33.770
Limoeiro do Norte (sede)	Médio Jaguaribe	25.918	681.125
Milhã (sede)	Médio Jaguaribe	3.418	89.825
Pereiro (sede)	Médio Jaguaribe	4.323	113.609
Potiretama (sede)	Médio Jaguaribe	1.701	44.702
S. João do Jaguaribe (sede)	Médio Jaguaribe	2.642	69.432
Solonópole (sede)	Médio Jaguaribe	4.736	124.462
Tabuleiro do Norte (sede)	Médio Jaguaribe	12.697	333.677
Olho D'água da Bica	Médio Jaguaribe	1.560	40.997
Abaiara (sede)	Salgado	2.419	63.571
Aurora (sede)	Salgado	7.548	198.362
Ingazeiras	Salgado	1.402	36.845
Baixio (sede)	Salgado	2.117	55.634
Barbalha (sede)	Salgado	27.197	714.736
Iara	Salgado	1.056	27.752
Brejo Santo (sede)	Salgado	18.393	483.368
Caririaçu (sede)	Salgado	7.080	186.062
Cedro (sede)	Salgado	10.925	287.109
Crato (sede)	Salgado	71.716	1.884.697
Lameiro	Salgado	5.312	139.599
Muriti	Salgado	5.774	151.741
Ponta da Serra	Salgado	1.630	42.837
Granjeiro (sede)	Salgado	994	26.122
Icó (sede)	Salgado	19.122	502.526
Lima Campos	Salgado	2.307	60.628
Ipaumirim (sede)	Salgado	4.127	108.458
Felizardo	Salgado	1.198	31.483
Jardim (sede)	Salgado	5.180	136.130
Jati (sede)	Salgado	2.798	73.531
Juazeiro do Norte (sede)	Salgado	179.345	4.713.186
Lavras Mangabeira (sede)	Salgado	8.998	236.467
Amaniutuba	Salgado	2.232	58.657

MUNICÍPIO/DISTRITO	SUB-BACIA	POPULAÇÃO (1.000 habitantes)	PRODUÇÃO DE ESGOTO (m ³ /ano)
Mauriti (sede)	Salgado	8.736	229.582
Palestina do Cariri	Salgado	2.606	68.486
Umburanas	Salgado	1.174	30.853
Milagres (sede)	Salgado	9.083	238.702
Missão Velha (sede)	Salgado	10.017	263.246
Jamacaru	Salgado	1.403	36.847
Penaforte (sede)	Salgado	3.369	88.538
Porteiras (sede)	Salgado	3.967	104.253
Umari (sede)	Salgado	2.303	60.523
Várzea Alegre (sede)	Salgado	15.511	407.629
TOTAL		1.018.270	28.360.136

2.3.3. Áreas a Irrigar com Esgoto

Observando a Tabela 2.3.2.1, constata-se que o esgoto produzido pelos núcleos urbanos da Bacia do Rio Jaguaribe alcança, para os dados populacionais de 1996, um volume total anual de 28.360.136 m³. Este volume de águas residuárias pode ser considerado como um recurso hídrico adicional para uso em irrigação.

Adotando-se um consumo médio de água, na irrigação, de 18.000 m³/ha/ano (0,57 l/s/ha), determina-se que seria possível irrigar 1.575,6 ha, com o esgoto produzido nas áreas urbanas da bacia em estudo.

A Tabela 2.3.3.1 indica as áreas totais que poderiam ser irrigadas com esgoto, na Bacia do Rio Jaguaribe, para diferentes níveis de atendimento com serviço de esgotamento sanitário à população urbana.

Tabela 2.3.3.1. Área que poderia ser irrigada com esgoto dos núcleos urbanos com população acima de 1.000 habitantes, na Bacia do Rio Jaguaribe, para diversos níveis de atendimento com sistema de esgoto. 1996.

Nível de Atendimento com Sistema de Esgoto	Produção de Esgoto (m ³ / ano)	Área a Irrigar (ha)
100 %	28.360.136	1.575,6
80%	22.688.108	1.260,5
70%	19.852.095	1.102,9
60%	17.016.081	945,3
50%	14.180.068	787,8
30%	8.508.041	472,7
20%	5.672.027	315,1

A Tabela 2.3.3.2 apresenta as áreas possíveis de serem irrigadas com efluentes das estações de tratamento das trinta maiores cidades da bacia. Os esgotos destas cidades representariam uma disponibilidade total anual de 19.912.608 m³, que poderiam irrigar 1.106,0 ha, admitindo um consumo médio de 0,57 l/s/ha.

Observe-se que a contribuição de esgoto tende a aumentar com o crescimento da população, com o tempo, elevando-se, conseqüentemente, as áreas que poderão ser irrigadas com águas residuárias tratadas.

Tabela 2.3.3.2 Áreas que poderiam ser irrigadas com o esgoto das trinta maiores cidades da Bacia do Rio Jaguaribe. 1996.

Cidade	Sub-Bacia	Produção de Esgoto (m ³ / ano)	Área a Irrigar (ha)
Acopiara	Alto Jaguaribe	431.754	24,0
Campos Sales	Alto Jaguaribe	367.893	20,4
Iguatu	Alto Jaguaribe	1.323.330	73,5
Orós	Alto Jaguaribe	264.009	14,7
Parambu	Alto Jaguaribe	224.142	12,5
Tauá	Alto Jaguaribe	544.863	30,3
Aracati	Baixo Jaguaribe	862.614	47,9
Jaguaruana	Baixo Jaguaribe	290.184	16,1
Russas	Baixo Jaguaribe	699.416	38,8
Boa Viagem	Banabuiú	425.053	23,6
Mombaça	Banabuiú Banabuiú	330.576	18,4
Morada Nova	Banabuiú	617.501	34,3
Pedra Branca	Banabuiú	256.493	14,2
Quixadá	Banabuiú Banabuiú	1.007.654	56,0
Quiseramobim	Médio Jaguaribe	585.991	32,5
Senador Pompeu	Médio Jaguaribe	311.989	17,3
Jaguaribe	Médio Jaguaribe	393.096	21,8
Limoeiro do Norte	Salgado	681.125	37,8
Tabuleiro do Norte	Salgado	333.677	18,5
Barbalha	Salgado	714.736	39,7
Brejo Santo	Salgado	483.368	26,9
Cedro	Salgado	287.109	16,0
Crato	Salgado	1.884.697	104,7
Icó	Salgado	502.526	27,9

Cidade	Sub-Bacia	Produção de Esgoto (m ³ / ano)	Área a Irrigar (ha)
Juazeiro do Norte	Salgado	4.713.186	261,8
Lavras da Mangabeira	Salgado	236.467	13,1
Mauriti	Salgado	229.582	12,8
Milagres	Salgado	238.702	13,3
Missão Velha		263.246	14,6
Várzea Alegre		407.629	22,6
TOTAL	-	19.912.608	1.106,0

Embora a quantidade de águas residuárias não represente um valor tão significativo, considerando-se a demanda total de água para irrigação, deve-se observar que o reuso das mesmas significa uma forma de controle da poluição dos recursos hídricos, os quais nem sempre dispõem de vazões suficientes para depurar os efluentes das estações de tratamento de esgoto. Além disso, o reuso de esgotos domésticos em irrigação apresenta a vantagem de liberar a escassa água disponível para outros fins, bem como da adição de matéria orgânica e nutrientes ao solo, reduzindo-se ou evitando-se a utilização de adubação química e melhorando-se as características físicas do mesmo.

2.3.4. Sistemas de Tratamento de Esgoto

Vários tipos de tratamento podem ser utilizados para os esgotos da Bacia do Rio Jaguaribe, os quais apresentam diferentes resultados em termos de remoção de poluentes.

Maior ou menor exigência com relação à remoção de alguns constituintes do esgoto doméstico, em especial de microrganismos e ovos de parasitas, pode ser feita, dependendo, principalmente, dos tipos de culturas a serem irrigadas.

As lagoas de estabilização constituem um sistema de tratamento indicado para as cidades da Bacia do Rio Jaguaribe, considerando as condições climáticas favoráveis da região (insolação, temperatura, ventilação), a disponibilidade de terrenos a preços razoáveis e os baixos custos de implantação e operação das mesmas.

Conforme já ressaltado anteriormente, sistemas compostos por quatro lagoas de estabilização em série (01 anaeróbia, 01 facultativa e 02 de maturação) têm apresentado efluentes com qualidade microbiológica e parasitológica para uso em irrigação irrestrita, ou seja, atendendo às diretrizes da Organização Mundial de Saúde para aplicação em culturas consumidas cruas.

Sistemas com três lagoas de estabilização (anaeróbia + facultativa + de maturação) podem não resultar em efluente com características adequadas para irrigação irrestrita. No entanto, os efluentes desses sistemas podem ser usados na irrigação de muitas outras culturas.

Nos Anexos 3 e 4, apresentam-se dados de dois sistemas de lagoas de estabilização em série - ETE do Conjunto Habitacional Parque Fluminense, em Fortaleza, e ETE do Distrito Industrial de Maracanaú, os quais indicam as características dos efluentes das diversas unidades que compõem os sistemas (Ver, também, a Tabela 2.2.5).

Observa-se que, quanto maior o número de lagoas de maturação, mais elevada é a remoção dos microrganismos e de ovos de parasitas. Um sistema com três lagoas de maturação após as lagoas anaeróbia e facultativa pode alcançar remoção de 99,99999 % de coliformes fecais e 100 % de ovos de helmintos.

Outros sistemas de tratamento de esgotos domésticos normalmente utilizados - lodos ativados, filtros biológicos, reatores anaeróbios de manta de lodo, entre outros, podem alcançar índices elevados de remoção de coliformes (Ver Anexo 2). Esses tratamentos, embora não resultando em efluentes em condições de serem usados em irrigação irrestrita, podem ser utilizados quando as águas residuárias destinarem-se a culturas não consumidas cruas.

2.3.5. Culturas as Serem Utilizadas

Embora seja possível alcançar efluentes adequados à irrigação irrestrita, utilizando-se, principalmente, estações de tratamento de esgoto usando lagoas de estabilização em série com mais de uma lagoa de maturação, não se recomenda, numa etapa inicial, o uso de águas residuárias tratadas, para irrigação de culturas consumidas cruas, pelas seguintes razões:

- há, ainda, rejeição à prática do reuso, no país e no estado, havendo necessidade de um intenso trabalho de preparação da comunidade para esta atividade;
- as estações de tratamento de esgoto nem sempre têm operação e manutenção permanentemente adequadas, o que se reflete na qualidade dos efluentes, os quais podem não atender aos parâmetros de projeto;
- há necessidade de trabalhos em sistemas pilotos sobre reuso de águas em irrigação, de modo a se estudar as melhores técnicas a serem utilizadas, bem como as medidas a serem adotadas para a proteção das culturas, dos trabalhadores e da vizinhança.

Assim sendo, recomenda-se que nos sistemas de reuso de águas em irrigação a serem implantados na Bacia do Rio Jaguaribe, sejam utilizadas culturas tais como:

- forragens
- algodão

- coqueiro
- sorgo
- cana de açúcar
- árvores

2. 3.6. Projeto Piloto

Recomenda-se que seja implantado, na Bacia do Rio Jaguaribe, um Projeto Piloto de Reuso de Águas em Irrigação, o qual deverá servir de base para a realização de estudos sobre esta prática, considerando as características próprias da região, e no sentido de aplicá-la a outras áreas da bacia e do estado.

No Sistema Piloto deverão ser realizados estudos e pesquisas no sentido de obter-se informações sobre:

- qualidade das águas residuárias tratadas;
- técnicas de irrigação mais adequadas;
- tipos de culturas mais
quantidades de esgotos serem utilizadas;
- quantidades de nutrientes e matéria orgânica presentes nos efluentes;
- desenvolvimento das culturas;
- sobrevivência de microrganismos nas culturas e no solo;
- impactos da aplicação de esgotos sobre as características do solo;
- aspectos sanitários; impactos sobre os trabalhadores e vizinhança;
- padrões a serem adotados para reuso de águas em irrigação;
- outras informações necessárias ao aperfeiçoamento da prática de reuso.

O Projeto Piloto poderá ser executado em Juazeiro do Norte, onde já existe implantada uma estação de tratamento de esgotos composta de lagoas de estabilização em série.

A ETE de Juazeiro do Norte recebe, atualmente, os esgotos de uma população com 24.374 habitantes, o que representa uma contribuição de esgoto anual igual a 800.686 m³, suficiente para irrigar uma área estimada em 45 hectares.

Junto à ETE de Juazeiro do Norte existem áreas disponíveis para a execução de sistemas de irrigação, os quais serviriam de modelo para a implantação de unidades semelhantes em outros municípios da bacia, a medida que fossem sendo construídos sistemas de coleta e tratamento de esgotos domésticos.

Recomenda-se que seja estudado, também, no Sistema Piloto, o reuso de águas em piscicultura, utilizando-se, principalmente, a criação de peixes nas lagoas de maturação.

ANEXOS

Anexo 1 - Composição físico-química típica de esgoto bruto doméstico (em mg/l)

Constituinte	Concentração		
	Forte	Média	Fraca
Sólidos Totais	1.200	700	350
Sólidos Dissolvidos Totais	850	500	250
Sólidos Dissolvidos Fixos	525	300	145
Sólidos Dissolvidos Voláteis	325	200	105
Sólidos em Suspensão	350	200	100
Sólidos em Suspensão não Voláteis	75	50	30
Sólidos em Suspensão Voláteis	275	150	70
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias, 20°C)			
Carbono Orgânico Total	300	200	100
Demanda Química de Oxigênio	300	200	100
Nitrogênio Total	1.000	500	250
Nitrogênio Orgânico	85	40	20
Nitrogênio Amoniacal Livre	35	15	8
Fósforo Total	50	25	12
Fósforo Orgânico	20	10	6
Fósforo Inorgânico	5	3	2
Cloretos	15	7	4
Alcalinidade, em CaCO ₃	100	50	30
Graxa, Gordura	200	100	50
	150	100	50

FONTE: METCALF & EDDY. **Redes de Alcantarillado y Bombeo de Aguas Residuales**. Barcelona, Editora Labor S.A, 1985.

Anexo 2 - Eficiências dos sistemas de tratamento na remoção de algumas características do esgoto doméstico

Sistemas de Tratamento	Eficiência na remoção (%) de			
	DBO	N	P	Coliformes
Tratamento preliminar	0-5	~ 0	~ 0	~ 0
Tratamento primário	35-40	10-25	10-20	30-40
Lagoa facultativa	70-85	30-50	20-60	60-99
Lagoa anaeróbia - lagoa facultativa	70-90	30-50	20-60	60-99,9
Lagoa aerada facultativa	70-90	30-50	20-60	60-96
Lagoa aerada mist. completa - lagoa decant.	70-90	30-50	20-60	60-99
Lodos ativados convencional	85-93	30-40	30-45	60-90
Lodos ativados (aeração prolongada)	93-98	15-30	10-20	65-90
Lodos ativados (fluxo intermitente)	85-95	30-40	30-45	60-90
Filtro biológico (baixa carga)	85-93	30-40	30-45	60-90
Filtro biológico (alta carga)	80-90	30-40	30-45	60-90
Biodiscos	85-93	30-40	30-45	60-90
Reator anaeróbio de manta de lodo	60-80	10-25	10-20	60-90
Fossa séptica - filtro anaeróbio	70-90	10-25	10-20	60-90
Infiltração lenta	94-99	65-95	75-99	> 99
Infiltração rápida	86-98	10-80	30-99	> 99
Infiltração subsuperficial	90-98	10-40	85-95	> 99
Escoamento superficial	85-95	10-80	20-50	90 - > 99

FONTE: VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Vol. 1. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.

Anexo 3 - Valores médios dos parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e parasitológicos, do esgoto bruto e dos efluentes das lagoas de estabilização anaeróbia, facultativa e de maturação, da ETE do Conjunto Habitacional Parque Fluminense, em Fortaleza, Ceará (determinações feitas no período de 05.11.97 a 29.04.98)

Parâmetros	Esgoto bruto	Efluente da L. Anaerób.	Efluente da L. Facultat.	Efluente da L. Matur.
pH	7,03	7,00	7,63	8,06
Temperatura (°C)	30,5	30,4	30,9	30,6
DBO _{5, 20 °C} (mg/l)	440	143	95	61
DQO (mg/l)	559	239	213	187
Sólidos suspensos totais (mg/l)	340	138	184	139
Sólidos decantáveis (ml/l)	2,7	0,1	0,2	0,1
Condutividade elétrica (Ω/cm)	1.287	1.387	1.289	1.230
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	40,9	50,8	33,2	20,6
Nitrogênio nitrato (mg/l)	0,29	0,16	0,17	0,20
Fósforo total (mg/l)	7,6	7,3	7,8	7,8
Ortofosfato solúvel (mg/l)	4,6	4,5	2,5	2,8
Coliformes totais (NMP/100 ml)	1,2x10 ⁸	1,2x10 ⁷	4,6x10 ⁶	8,3x10 ⁶
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	3,9x10 ⁷	4,9x10 ⁶	2,1x10 ⁵	1,4x10 ⁴
Ovos de helmintos (nº ovos/l)	910	79	< 1	0
Clorofila a (µg/l)	-	-	1.190,3	1.003,9

FONTE: NOGUEIRA, V. L. M. Caracterização de um Sistema de Lagoas de Estabilização numa Estação de Tratamento de Esgotos Domésticos em Escala Real, em Fortaleza, Ceará. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 1999.

Anexo 4 – Eficiências na remoção de DBO, Sólidos Suspensos e Coliformes Fecais, na ETE do Distrito Industrial de Maracanaú, Ceará, composto de uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e três lagoas de maturação. Julho a Dezembro de 1997.

Parâmetro	Esgoto Bruto	Efluente Final	Remoção (%)
DBO _{5, 20 °C} (mg/l)	286	24	92
Sólidos Suspensos (mg/l)	231	69	70
Coliformes Fecais (células/100 ml)	9,2 x 10 ⁶	14	99,99999

FONTE: SILVA, F. J. A. da. Diretrizes Básicas para o Reuso dos Efluentes do Sistema de Lagoas de Estabilização do Distrito Industrial de Maracanaú. Fortaleza, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC, 1998. (mimeografado)

Anexo 5 - Classificação das águas para irrigação, em termos de riscos de salinidade e de sódio

PERIGO DE SALINIDADE (Em função da Condutividade Elétrica):

- C₁ (de 0 a 250 micromhos). Água de salinidade baixa** - Pode ser usada na irrigação da maioria das culturas, em quase todos os tipos de solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Há necessidade de alguma lixiviação, mas isso se consegue em condições normais de irrigação, com exceção feita aos solos de muito baixa permeabilidade.
- C₂ (de 250 a 750 micromhos). Água de salinidade média** - Pode ser usada sempre que haja um grau moderado de lixiviação. Sem necessidade de práticas especiais de controle da salinidade, pode-se, em quase todos os casos, produzir plantas moderadamente tolerantes aos sais.
- C₃ (de 750 a 2.250 micromhos). Água de salinidade alta** - Não pode ser usada em solos de drenagem deficiente. Mesmo nos de boa drenagem, pode-se necessitar de práticas especiais de controle da salinidade e se deve plantar somente os vegetais muito tolerantes aos sais.
- C₄ (acima de 2.250 micromhos). Água de salinidade muito alta** - Sob condições normais, não é apropriada para a irrigação. Ocasionalmente, pode ser usada em circunstâncias especiais, como em solos muito permeáveis com adequada drenagem, devendo aplicar-se um excesso de água para uma boa lixiviação e só plantar culturas altamente tolerantes aos sais.

PERIGO DE SÓDIO (Em função da Relação de Adsorção de Sódio - RAS):

- S₁ (de 0 a 10). Água com baixa quantidade de sódio** - Pode ser usada para a irrigação da maioria dos solos com pequena probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio intercambiável, embora as plantas sensíveis, como algumas fruteiras, possam acumular quantidades prejudiciais de sódio.
- S₂ (de 10 a 18). Água com média quantidade de sódio** - Só deve ser usada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade. Em solos de textura fina, o sódio constitui um perigo considerável, principalmente se eles têm uma alta capacidade de intercâmbio catiônico, baixa condição de lixiviação e não contêm gesso.
- S₃ (de 18 a 26). Água com alta quantidade de sódio** - Pode produzir níveis tóxicos de sódio intercambiável na maioria dos solos, havendo necessidade de práticas especiais de manejo, como boas condições de lixiviação e de drenagem e adição de matéria orgânica. Os solos com muito gesso podem não ser prejudicados. Esta água geralmente requer o uso de corretivos químicos para substituir o sódio intercambiável, embora tal prática possa não ser econômica quando a água é de salinidade muito alta.
- S₄ (acima de 26). Água com muito alta quantidade de sódio** - É água geralmente imprópria para a irrigação, exceto quando a salinidade é baixa ou média e a dissolução do cálcio do solo é alta ou a aplicação de gesso ou outro corretivo não seja antieconômica.

FONTE: DAKER, A. **A água na agricultura. Irrigação e Drenagem**. Vol. 3. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1976.

SUMÁRIO

DIAGNÓSTICO

VOLUME - 1 ESTUDOS DE BASE DE HIDROLOGIA

TOMO I - Atualização e Análise de Dados Hidrometeorológicos

Capítulo 1 – Atualização de Dados Hidrometeorológicos

Capítulo 2 – Análise de Consistência de Dados Pluviométricos e Fluviométricos

TOMO II - Estudos de Oferta Hídrica

Capítulo 1 – Estudos de Oferta Hídrica Superficial

Capítulo 2 – Estudos de Oferta Hídrica Subterrânea

TOMO III - Estudo do Impacto Cumulativo da Pequena Açudagem

Capítulo 1 – Estudo do Impacto Cumulativo da Pequena Açudagem

VOLUME - 2 ESTUDOS DE DEMANDA

Capítulo 1 – Introdução

Capítulo 2 – Demanda Hídrica para Abastecimento Humano

Capítulo 3 – Demanda Hídrica para Abastecimento Industrial

Capítulo 4 – Demanda Hídrica para Irrigação

Capítulo 5 – Demanda Hídrica Agregada

VOLUME – 3 ESTUDOS DE BALANÇO OFERTA x DEMANDA

Capítulo 1 – Consolidação da Oferta Hídrica na Bacia

Capítulo 2 – Consolidação da Demanda Hídrica na Bacia

Capítulo 3 – Balanço Oferta x Demanda

VOLUME – 4 ESTUDOS AMBIENTAIS

Capítulo 1 – Análise de Estudos de Impacto Ambiental

Capítulo 2 – Análise do Uso e Ocupação do Solo na Bacia

Capítulo 3 – Análise da Situação das Matas Ciliares

Capítulo 4 – Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais

Capítulo 5 – Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas

VOLUME – 5 ESTUDOS COMPLEMENTARES

Capítulo 1 – Resenha de Estudos Anteriores

Capítulo 2 – Metodologia de Avaliação do Custo da Água

Capítulo 3 – Avaliação do Custo pelo Uso da Água Bruta na Bacia do Jaguaribe

VOLUME - 6 ANEXOS

PLANEJAMENTO

VOLUME 1 - PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

- Capítulo 1 – Elaboração das Projeções de Demanda
- Capítulo 2 – Consolidação da Oferta Hídrica na Bacia
- Capítulo 3 – Balanço Oferta x Demanda

VOLUME 2 - ESTUDOS AMBIENTAIS

- Capítulo 1 – Medidas de Proteção de Mananciais
- Capítulo 2 – Avaliação das Possibilidades de Reuso das Águas

VOLUME 3 - ESTUDOS COMPLEMENTARES

- Capítulo 1 – Avaliação do Grau de Saturação da Açudagem na Bacia
 - Capítulo 2 – Estudo de Cheias no Vale do Jaguaribe
 - Capítulo 3 – Medidas de Gestão da Demanda
-

PROGRAMAS DE AÇÕES

VOLUME 1 – PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

- Capítulo 1 – Considerações Iniciais
- Capítulo 2 – Síntese dos Estudos Ambientais
- Capítulo 3 – Propostas de Conservação Ambiental
- Capítulo 4 – Aspectos Legais e Institucionais
- Capítulo 5 – Programas a Serem Desenvolvidos

VOLUME 2 – PROGRAMA DE ABASTECIMENTO DOS NÚCLEOS URBANOS

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – Programação de Investimentos
- Capítulo 3 – Estimativa de Custo por Adutora

VOLUME 3 – PROGRAMA DE MONITORAMENTO

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – Bases Conceituais do Monitoramento Proposto
- Capítulo 3 – Tratamento da Informação, Equipes, Recursos Materiais e Financeiros para o Monitoramento das Águas da Bacia
- Capítulo 4 – Programa de Monitoramento Quantitativo das Águas da Bacia
- Capítulo 5 – Programa de Monitoramento Qualitativo das Águas da Bacia

VOLUME 4 – PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – Programa de Cobrança
- Capítulo 3 – Sub-Programa de Hidrometração

VOLUME 5 – PROGRAMA DE ESTUDOS E PROJETOS

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – Estudos Ambientais
- Capítulo 3 – Recursos Para o Monitoramento das Águas da Bacia
- Capítulo 4 – Estudos e Projetos Específicos

VOLUME 6 – ANEXO : EIXO DE INTEGRAÇÃO JAGUARIBE - ICAPUÍ

