

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E**  
**MEIO AMBIENTE – PRODEMA**  
**MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**

**FRANCISCO CARLOS ANDRADE CISIAS**

**REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO CULTIVO DA MAMONA: UM ESTUDO DE**  
**CASO PARA O MUNICÍPIO DE PACATUBA-CE**

**FORTALEZA-CE**

**2009**

**FRANCISCO CARLOS ANDRADE CISIAS**

**REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO CULTIVO DA MAMONA: UM ESTUDO DE  
CASO PARA O MUNICÍPIO DE PACATUBA-CE**

Dissertação submetida à Coordenação de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Gestão Econômica de Recursos Naturais e Política Ambiental

Orientador: Prof. PhD. Ruben Dario Mayorga Mera

**FORTALEZA-CE**

**2009**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

C527r

Cisias, Francisco Carlos Andrade.

Reuso de águas residuárias no cultivo da mamona: um estudo de caso para o município de Pacatuba-Ce / Francisco Carlos Andrade Cisias. – 2009.

83 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2009.

Área de Concentração: Gestão econômica de Recursos Naturais e Política Ambiental.

Orientação: Prof. PhD. Ruben Dario Mayorga Mera.

1. Água- reuso. 2. Irrigação com águas residuais. 3. Mamona. 4. Lagoas de estabilização I. Título.

---

CDD 363.7

**FRANCISCO CARLOS ANDRADE CISIAS**

**REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO CULTIVO DA MAMONA: UM ESTUDO DE  
CASO PARA O MUNICÍPIO DE PACATUBA-CE**

Dissertação submetida à Coordenação de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Gestão Econômica de Recursos Naturais e Política Ambiental

Dissertação aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. PhD. Ruben Dario Mayorga Mera (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. José Carlos de Araújo  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Irla Vanessa Andrade de Sousa Ribeiro  
Universidade Estadual do Ceará – UECE

**DEDICO**

Aos meus familiares.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus familiares.

Aos professores Ruben Dario Mayorga Mera, José Carlos de Araújo, Irla Vanessa Andrade de Sousa Ribeiro pelas sugestões.

A José Ribeiro de Araújo Neto, graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem do IFCE, Campus Iguatu, (CE) pela sua colaboração na leitura da dissertação e acréscimos de informações importantes para o desenvolvimento do estudo de caso proposto neste trabalho.

A DigiNet, pela digitação da dissertação.

Ao Prof. Esp. José Maurício Santos da Silva, Professor efetivo da rede estadual de ensino público, pela sua contribuição na revisão do texto.

Ao Prof. Dr. Luís Camboim pelas orientações e normalização desta dissertação.

## RESUMO

CISIAS, Francisco Carlos Andrade, Universidade Federal do Ceará. Julho de 2009. **Reuso de águas residuárias no cultivo da mamona:** um estudo de caso para o município de Pacatuba-Ce. Orientador: Ruben Dario Mayorga Mera. Conselheiros: José Carlos de Araújo, Irla Vanessa Andrade de Sousa Ribeiro.

A crescente demanda por água doce relacionada com o crescimento populacional cada vez mais acelerado, e no atendimento às diversas atividades econômicas exercidas pelo homem, tem feito do reuso de águas residuárias um tema atual de grande importância, sobretudo no Estado do Ceará, onde este bem é escasso. A demanda de água para fins agrícolas no Brasil é cerca de 70% do total consumido atualmente, podendo chegar próximo dos 80% antes do término desta década. A mamona (*Ricinus communis Linn*) apresenta-se como uma alternativa de cultivo para a produção de biodiesel. Perante esta situação cabe o seguinte questionamento: é possível tornar mais vantajoso do ponto de vista econômico, social e ambiental, a prática do reuso de águas residuárias no cultivo da mamona, para a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e para o produtor agrícola, utilizando a Gestão Integrada de Recursos (GIR)? O objetivo geral da presente pesquisa consiste em fazer um estudo de caso aplicando o modelo GIR para a simulação do cultivo da mamona mediante o reuso de efluentes em Pacatuba-Ce. Utilizou-se como metodologia este modelo para simular a integração entre as vazões das lagoas de estabilização e seu emprego no campo. Para isto, realizou-se mapeamento com dados fornecidos pela CAGECE das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) compostas por lagoas de estabilização. Concluída esta etapa, foi realizado um estudo de caso para o município de Pacatuba utilizando-se da análise isolada e conjunta dos recursos necessários à produção de mamona, por meio do modelo GIR para a CAGECE e para o produtor agrícola. Foram avaliados ainda para o produtor agrícola os custos operacionais da mamona; os custos com energia elétrica e com o sistema de irrigação. Para a CAGECE, foram considerados os custos de implantação da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Pacatuba. Como resultado observa-se que, ao atuar de forma integrada com o produtor agrícola, a CAGECE aumenta a sua receita com a venda da água de reuso ao produtor interessado. Neste caso, a receita aumentaria em nove por cento, o que mostra consequente aumento da margem bruta, que seria de 11%. Consequentemente, para o produtor agrícola, o custo da água tornar-se-ia menor, pois a água bruta seria substituída por água de reuso, o que representaria um decréscimo de 50% com consequente aumento da margem bruta, cerca de meio por cento.

**Palavras - chave:** Reuso de águas. Cultivo da Mamona. Gestão Integrada de Recursos.

## ABSTRACT

CISIAS, Francisco Carlos de Andrade, Universidade Federal do Ceará. (2009) **Reuse of wastewater in the cultivation of castor-oil plant:** a case study for the city of Pacatuba. Adviser: Ruben Dario Mayorga Mera. Council members: José Carlos de Araújo and Irla Vanessa Andrade de Sousa Ribeiro.

The demand of water for farming in Brazil is currently approximately 70% of the total consumed, projected to reach close to 80% before the end of this decade. The growing demand for fresh water, related to the currently accelerated population growth and with the requirements of the various economic activities, has made the reuse of wastewater a current topic of great importance, also in the Brazilian state of Ceará, where water is scarce. Water scarcity adds interest to drought resistant crops, such as the castor-oil plant (*Ricinus communis Linn*), whose beans are raw material for the manufacture of biodiesel. Considering this, we could ask: is it possible to increase the economic, social and environmental benefit of wastewater reuse in the cultivation of the castor oil plant, for the State Sanitation Company (Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE) and for the farmers, using the Integrated Resource Management (IRM)? The overall objective of this research is to make a case study using the IRM model to simulate the production of castor beans by reusing wastewater in Pacatuba, Ceará, Brazil, simulating the integration of the process of wastewater stabilization ponds and the use of the outflow in the cultivation of the castor oil plant. To achieve this, a mapping with the data provided by CAGECE was achieved considering the Wastewater Treatment Plants (WWTPs). After this step, we performed a case study for the city of Pacatuba, applying analysis to the (isolated and combined) resources needed for the production of castor beans, especially for the farmers and for CAGECE applying the IRM to castor oil plant cultivation. We also evaluated operating costs (for the farmers) of castor oil plant cultivation, such as electricity and irrigation system. For CAGECE, we considered the costs of setting up the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Pacatuba. We observed that, when acting in integration with the farmer, the CAGECE increases its revenue from the sale of reused water to the farmers. In this case, revenue would increase by 9%, which implies an increase in gross margin, which would be about 11%. Therefore, for the farmer, the cost of water would be reduced, because the bulk water would be replaced by reuse water, which would represent a decrease in water cost of 50%, with a consequent increase in gross margin by approximately 0.5%.

**Keywords:** Reused water. Castor beans culture. Integrated Resource Management.



## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b>	Lagoas utilizadas na ETE do município de Pacatuba.....	47
<b>TABELA 2</b>	Capacidade das unidades de tratamento .....	61
<b>TABELA 3</b>	Custo operacional de produção da mamona.....	63
<b>TABELA 4</b>	Custos com energia elétrica na produção de mamona.....	63
<b>TABELA 5</b>	Margem bruta no sistema de forma isolada.....	64
<b>TABELA 6</b>	Margem bruta no sistema de forma integrada .....	64
<b>TABELA 7</b>	Margem bruta no sistema de forma isolada.....	65
<b>TABELA 8</b>	Margem bruta no sistema de forma integrada .....	66
<b>TABELA 9</b>	Custos de implantação da ETE de Pacatuba e do projeto de reuso .....	67

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	Fluxograma da composição de um esgoto sanitário.....	18
<b>FIGURA 2</b>	Diagrama básico da GIR.....	40
<b>FIGURA 3</b>	Localização geográfica do município de Pacatuba-CE.....	46
<b>FIGURA 4</b>	Módulos para reuso de efluentes tratados em Pacatuba-CE.....	48
<b>FIGURA 5</b>	Lagoa facultativa II de Pacatuba-CE.....	48
<b>FIGURA 6</b>	Visão das lagoas de maturação I e II da ETE de Pacatuba-CE.....	48
<b>FIGURA 7</b>	Lagoa facultativa I de Pacatuba-CE.....	49
<b>FIGURA 8</b>	Visão das lagoas de maturação I e II da ETE de Pacatuba-CE.....	49
<b>FIGURA 9</b>	Caixa de areia para a retirada de resíduos sólidos em Pacatuba-CE.....	50
<b>FIGURA 10</b>	Municípios com ETES de lagoas de estabilização no Ceará. ....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
An	Anaeróbia
ANA	Agência Nacional das Águas
BAC	Bacia do rio Acaraú
BAJ	Bacia do Alto rio Jaguaribe
BBA	Bacia do rio Banabuiú
BBJ	Bacia do Baixo rio Jaguaribe
BCL	Bacia do rio Curu e Litoral
BME	Bacia Metropolitana
BPA	Bacia do rio Parnaíba
BSA	Bacia do rio Salgado
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CF	Coliformes Fecais
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CT	Coliformes Totais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DI	Distrito Industrial
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETEs	Estações de Tratamento de Esgotos
Fac	Facultativa
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GIR	Gestão Integrada de Recursos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGP-M (FGV)	Índice Geral de Preços do Mercado da Fundação Getúlio Vargas
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
Mat	Maturação
MTN	Metropolitana Norte
OAM	Operação e Manutenção
Petrobrás	Petróleo Brasileiro S/A
pH	Potencial Hidrogeniônico
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SIDI	Sistema Integrado do Distrito Industrial
SOBER	Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural
SS	Sólidos Suspensos
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UN	Unidade de Negócio
UNESP	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	15
<b>2.1</b>	<b>Escassez de água</b> .....	15
<b>2.2</b>	<b>Águas residuárias e poluição</b> .....	17
2.2.1	Classificação dos esgotos .....	17
2.2.2	Composição do esgoto sanitário .....	18
2.2.3	Poluição por esgotos .....	18
<b>2.3</b>	<b>Lagoas de estabilização</b> .....	19
2.3.1	Lagoas anaeróbias .....	23
2.3.2	Lagoas facultativas .....	24
2.3.3	Lagoas de maturação .....	25
<b>2.4</b>	<b>Reuso de águas</b> .....	27
<b>2.5</b>	<b>Irrigação com efluentes domésticos</b> .....	32
<b>2.6</b>	<b>Cultura da mamona</b> .....	36
<b>3</b>	<b>MARCO TEÓRICO DA GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS</b> .....	38
<b>3.1</b>	<b>Conceito de Gestão Integrada de Recursos (GIR)</b> .....	38
<b>3.2</b>	<b>Desenho da Gestão Integrada de Recursos</b> .....	39
<b>3.3</b>	<b>Modelagem da Gestão Integrada de Recursos</b> .....	41
<b>3.4</b>	<b>Avaliação de alternativas segundo a Gestão Integrada de Recursos</b> .....	43
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	44
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	45
<b>4.2</b>	<b>Fonte de dados</b> .....	50
<b>4.3</b>	<b>Método de análise</b> .....	51
4.3.1	Análise tabular .....	51
4.3.2	Análise descritiva .....	51
4.3.3	Gestão Integrada de Recursos (GIR) .....	52
<b>4.4</b>	<b>Técnicas de pesquisa</b> .....	52
4.4.1	Estudo de caso .....	53
4.4.1.1	Uso da água de forma isolada .....	55
4.4.1.2	Uso da água segundo o modelo de gestão integrada .....	56
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	59

<b>5.1</b>	<b>Cenário atual das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) compostas por lagoas de estabilização no Ceará .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2</b>	<b>Sistema isolado e segundo a Gestão Integrada de Recursos (GIR) para a CAGECE e para o produtor agrícola .....</b>	<b>62</b>
5.2.1	Análise do sistema de forma isolada para a CAGECE.....	64
5.2.2	Análise do sistema de forma integrada para a CAGECE .....	64
5.2.3	Análise do sistema de forma isolada para o produtor agrícola.....	64
5.2.4	Análise do sistema de forma integrada para o produtor agrícola .....	65
<b>5.3</b>	<b>Análise dos custos de implantação da ETE de Pacatuba para a CAGECE.....</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>68</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, em virtude do crescimento acelerado da população mundial associado às diversas atividades exercidas pelo homem, o consumo de água doce duplica a cada vinte e cinco anos. Este fato exige que se dê uma maior atenção para o atendimento das diferentes necessidades de uso da água por causa da sua escassez. Assim, o colapso do abastecimento de água potável nos grandes centros urbanos já se torna visível e tem despertado a defesa do seu reuso ou reaproveitamento.

Contudo, organismos patogênicos e compostos orgânicos presentes na água de efluentes, associado aos custos financeiros necessários para o tratamento, fazem do reuso potável uma alternativa que não garante proteção a saúde dos consumidores, além de não apresentar viabilidade econômica para o abastecimento ao público. Porém, estes efluentes quando empregados em atividades como irrigação e/ou indústrias em geral possibilitam uma significativa preservação da água dos mananciais para fins mais nobres, como o do abastecimento humano.

Países como Austrália, Israel, Estados Unidos, México e Peru (Souza, 2006) já realizam com sucesso experiências com o reuso de águas residuárias no intuito de se evitar o desperdício.

No Brasil, o reuso de águas residuárias nos canaviais para atender a agroindústria canavieira, juntamente com trabalhos realizados por universidades e centros de pesquisa, deixa claro o potencial do reuso de águas residuárias no cultivo da mamona (*Ricinus communis L.*) para fins energéticos, na fabricação de biodiesel.

Em regiões que apresentam condições edafoclimáticas adversas — como é o caso do semi-árido do Nordeste brasileiro, o qual é caracterizado por escassos recursos perenes de água doce —, a água disponível deve ter seu emprego priorizado no abastecimento humano. A irrigação de espécies não destinadas à alimentação, como é o caso da mamona, não deve concorrer com esse uso prioritário.

Proporcionar o reuso de água residuária é do mais alto interesse estratégico em políticas públicas tendo em mente a busca do desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada da mamona. Por ser o esgoto tratado um componente de valor econômico, social e ambiental importante e estratégico para a produção desta oleaginosa, contribui para reduzir a pressão sobre o recurso (água) que no nordeste brasileiro, e especialmente no Estado do Ceará, é caracterizado pela escassez.

Neste ínterim, para a ocorrência da agricultura irrigada, produtores agrícolas necessitam efetuar o pagamento de tarifas pelo uso da água bruta necessária a irrigação de suas culturas. Em todo o país, empresas de água e esgoto lançam de forma permanente águas residuárias, tratadas ou não, em mananciais públicos, ocasionando poluição e desperdício.

Perante esta situação cabe o seguinte questionamento: é possível tornar mais vantajoso do ponto de vista econômico, social e ambiental, a prática do reuso de águas residuárias no cultivo da mamona, para a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), e o produtor agrícola, utilizando a Gestão Integrada de Recursos (GIR)?

A hipótese desta pesquisa é de que, por meio da Gestão Integrada de Recursos (GIR) a prática do reuso de águas residuárias no cultivo da mamona pode ser mais vantajosa do ponto de vista econômico, social e ambiental para as partes envolvidas. Neste sentido, tanto para a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará como para o produtor agrícola interessado há vantagens.

O objetivo geral do trabalho consiste em fazer um estudo de caso utilizando-se do modelo de Gestão Integrada de Recursos (GIR) para a simulação do cultivo da mamona por meio do reuso de efluentes em Pacatuba-Ce.

Como objetivos específicos o presente estudo quer:

- Rever a literatura sobre o reuso de águas no cultivo da mamona para embasamento teórico da pesquisa a partir de um levantamento bibliográfico.
- Identificar as Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) do Estado do Ceará que utilizam lagoas de estabilização, para a determinação das áreas irrigáveis com base em suas vazões e da projeção de empregos diretos gerados pelo cultivo da mamona no campo;
- Comparar a viabilidade financeira do reuso de efluentes entre a CAGECE e o produtor agrícola levando-se em consideração o recurso água como determinante e sua influência sobre o social e o ambiental por intermédio da Gestão Integrada de Recursos (GIR).

A presente pesquisa possui natureza aplicada. Sua forma de abordagem é quali-quantitativa com objetivos descritivo e explicativo. Tem como procedimentos técnicos características de uma pesquisa bibliográfica em seus três primeiros capítulos e um estudo de caso nos quarto e quinto capítulos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A água, um bem imprescindível para a vida, tem sido alvo de muitas discussões por diversos segmentos da sociedade. Sua importância frente à sobrevivência humana e demais espécies na Terra tem despertado uma preocupação muito forte nos dias atuais, pois está se tornando cada vez mais escasso este bem natural, e quando o assunto é água potável e água doce a inquietação a este respeito é ainda maior.

Tendo em mente estes fatos vividos no mundo, no Brasil, no Nordeste e especificamente no Ceará, o presente capítulo traz as principais considerações da literatura que envolve a escassez de água, águas residuárias, poluição, lagoa de estabilização, o reúso de águas, irrigação com efluentes domésticos e a cultura da mamona neste contexto.

### 2.1 Escassez de água

Para se falar sobre a escassez da água é importante observar primeiro o que vem a ser disponibilidade hídrica. Levando em consideração tanto águas superficiais como subterrâneas Vieira a define como sendo “a quantidade de água, efetivamente disponível, de forma duradoura ou permanente [...]” (2000, p. 25).

De acordo com Mota (2002, p. 53) ao entendermos a água em seu valor total

[...] a quantidade de água disponível em nosso planeta é muito superior à necessária aos diversos usos da população. No entanto, a distribuição de água é muito desigual e, na maioria das vezes, não está de acordo com a distribuição da população.

No mundo, regiões áridas e semiáridas apresentam como particularidade a má distribuição de água. De acordo com Tundisi (2003 apud SOUZA, 2006), nessas regiões constata-se uma disponibilidade hídrica de menos de 1.000m<sup>3</sup>/ano/pessoa.

O Brasil concentra aproximadamente 8% da reserva mundial de água doce “[...] sendo que 80% destes encontram-se na Região Amazônica e os restantes 20% concentram-se nas regiões onde vivem 95% da população brasileira.” (SANTOS; MANCUSO, 2003, p. 4). Afirmam ainda que, em se tratando de escassez de água, dois aspectos devem ser considerados: disponibilidade e uso pretendido. Como exemplo, os autores citam a comparação entre o consumo rural e o urbano. No primeiro tipo, perde-se água por



evaporação e poluição. No segundo, embora a água não seja perdida termina fortemente poluída.

É imprescindível o uso racional da água. O destino da água em domicílios no país, cerca de 200 litros diários, é: de 27% para o consumo relacionado à ingestão humana — cozinhar e beber água —, 25% para higiene do corpo — banho e escovar os dentes —, 12% para a lavagem de roupa; 3% para outros fins como, por exemplo, lavagem de carro, e finalmente, 33% utilizado para descarga de banheiro. Isso mostra que, tanto nas cidades como nas indústrias se existirem duas redes de água, fazendo-se o reuso da “água cinzenta” — resultante de lavagens e banho — para descarga de latrinas, pode-se economizar 1/3 de toda água (UNIAGUA, 2003).

O Nordeste, por exemplo, ocupa 18,27% do território brasileiro, com uma área de 1.561.177,8 km<sup>2</sup>. Deste total, 962.857,3 km<sup>2</sup> situam-se no Polígono das Secas, conforme delimitado em 1936, por meio da Lei 175, e revisado em 1951, abrangendo oito Estados nordestinos – com exceção do Maranhão –, e uma área de 121.490,9 km<sup>2</sup> em Minas Gerais<sup>1</sup>. Já o Semi-Árido ocupa 841.260,9 km<sup>2</sup> de área no Nordeste e outros 54.670,4 Km<sup>2</sup> em Minas Gerais, caracterizando-se por apresentar reservas insuficientes de água em seus mananciais (SILVA, 2003).

Ainda segundo o mesmo autor, estudos recentes indicam que antes mesmo da ocupação humana no Nordeste brasileiro a seca já castigava esta região, ou seja, este fenômeno já vem ocorrendo no lugar há milhares de anos. Pode-se constatar tal fato observando-se que em alguns rios do Estado do Ceará, por exemplo, foram encontrados vestígios de barragens muito antigas, caracterizando e mostrando o interesse do homem nativo em represar a água dos rios para sua sobrevivência.

No caso específico do Ceará, sabe-se que em períodos prolongados de estiagem, “[...] um grande número de comunidades rurais, distantes das principais fontes hídricas e não conectadas à rede de abastecimento, são supridas por água de qualidade duvidosa transportada através de carros-pipa [...]” (BARBOSA, 2000, p. 02).

Neste sentido, percebe-se que a água, de bem inesgotável, passou a ser vista como bem escasso. Assim, de acordo com Menezes Junior (2003), apesar das dificuldades naturais características da região, sua boa distribuição deve ser feita no intuito de cumprir a relação oferta *versus* demanda.

---

<sup>1</sup>A atuação da SUDENE se estende também às áreas sujeitas repetidamente aos efeitos das secas.

## 2.2 Águas residuárias e poluição

Define-se água residuária ou esgoto, como o líquido conduzido por canalizações de esgotamento das comunidades, apresentando características variáveis, em função da sua origem, da hora de produção ou amostragem, da extensão da rede coletora e do estado de conservação da mesma (AISSE, 2000).

Levando-se em consideração tal definição pode-se dizer, conforme Pescod (1992 apud NEVES, 1999, p. 05), que

[...] o nível de consumo de água em uma comunidade afetará o volume da água residuária, verificando-se que águas residuárias fortes são tipicamente produzidas em áreas com pouca água [...] [e que] em países de regiões áridas e semi-áridas, com pouca precipitação e baixos níveis de água subterrânea, a água residuária é somente, às vezes, diluída pelo escoamento superficial da chuva ou água subterrânea infiltrada.

Entende-se, desta forma, que a água residuária possui caracterização peculiar ligada ao escoamento em forma de esgoto ou é resultante do escoamento natural de águas da chuva.

### 2.2.1 Classificação dos esgotos

De acordo com Aisse (2000) e Daltro Filho (2004), os esgotos podem ser classificados de acordo com a sua origem. Desta forma, os autores listam os seguintes tipos de esgoto:

- Sanitário, comum ou doméstico — Este tipo possui origem na habitação pelas diversas atividades do homem, tais como: aparelhos sanitários, cozinhas, lavagem de roupa, etc.;
- Industrial — Tipo que é compreendido pelos rejeitos líquidos da atividade industrial;
- Esgoto de indústria agrícola — Classificado como tipo compreendido por rejeitos líquidos de origem industrial no processamento de produtos agropecuários;
- Pluvial — Tipo originário da coleta da precipitação atmosférica e lavagem de ruas; e,
- Comercial — Possuidor das mesmas características do esgoto sanitário, este tipo é originado no dia-a-dia do comércio, de escritórios, de repartições públicas etc.

Para Aisse (2000), dificilmente uma rede transportará apenas um tipo de esgoto, haja vista que entre esgotos urbanos sempre há uma parcela de contribuição industrial. Estes, por sua vez, podem transportar resíduos sanitários provenientes de trabalhadores da indústria.

### 2.2.2 Composição do esgoto sanitário

Segundo Daltro Filho (2004), a composição geral de um esgoto sanitário foi possível ser identificada graças ao trabalho realizado por Tebbutt, em 1970, ilustrada na Figura 1 a seguir:

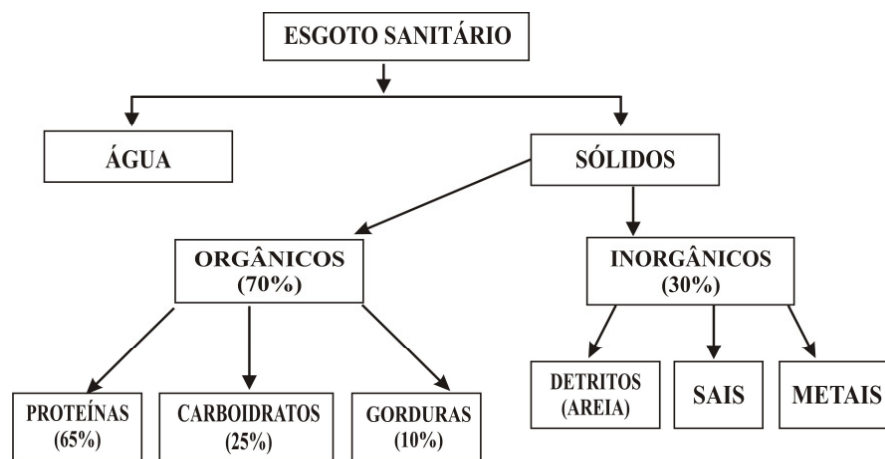


Figura 1 – Fluxograma da composição de um esgoto sanitário.  
Fonte: Tebbutt (1970, apud DALTRO FILHO, 2004, p. 138).

### 2.2.3 Poluição por esgotos

Tanto nas grandes cidades, quanto em municípios menores, o sistema de esgotos é o principal poluidor dos rios, nascentes e reservas florestais, associando-se a isto os danos por ele causados à saúde pública (UNIAGUA, 2003).

Conforme Cynamon (1993) afirma, as crescentes concentrações humanas têm despejado volumes cada vez maiores de esgotos sanitários no ambiente, o que causa e agrava processos poluidores e contaminantes. Pode-se constatar que no Brasil

[...] a cobertura da rede de água chega a 90% da população, mas somente 49% dos habitantes são servidos por redes de esgoto. Da percentagem de esgoto que é coletado, somente 8% são adequadamente tratados antes de serem lançados em um corpo d'água. Tem-se que aproximadamente 20 milhões de metros cúbicos de esgoto sem tratamento são diariamente lançados no mar e nos rios, contribuindo

assim para a diminuição da qualidade das águas superficiais brasileiras (LINO, 2002; SILVA *et al.*, 2003 apud SOUZA, 2006, p. 25).

De acordo com Bezerra (1997), a forma mais adotada de dar destinação final aos resíduos líquidos produzidos pelas cidades do Ceará é a simples transferência dos despejos aos corpos de água receptores mais próximos, o que, em pouco tempo revela a sua precariedade, demonstrando que

[...] o esgoto é rejeitado pela qualidade e não pela quantidade de suas impurezas. Tanto assim, que seu teor médio de substâncias em suspensão, em estado coloidal e dissolução é cerca de 50 vezes menor que o teor médio de sais existentes na água do mar. Acontece que, neste, se destacam substâncias inertes, com acentuada predominância de cloreto de sódio (sal de cozinha), enquanto no esgoto é a matéria orgânica em decomposição a principal responsável por suas características indesejáveis (Idem, p. 07).

Para Bezerra (2000), a maior oferta de água potável no interior do Ceará, em virtude de ações do governo estadual, aliado aos incentivos para a implantação de novas indústrias nas principais cidades, tem acarretado em aumento da vazão de esgoto sanitário e incremento de esgoto industrial. O que nestas localidades, tem se transformado em um problema sério de poluição do meio ambiente.

### **2.3 Lagoas de estabilização**

De acordo com Soares (1996 apud CARVALHO 1997) em países como o Brasil — lugar em que se observa a escassez de recursos financeiros —, é de importância estratégica a adoção de tecnologias que ofereçam alternativas mais apropriadas à realidade sócio-econômica vigente. Observando-se essa condição torna-se importante a percepção de que, também, os custos envolvidos na implantação de novas formas não convencionais de tratamento de água pode significar redução de investimento financeiro por parte do governo. Assim, tendo o Nordeste do país como exemplo vê-se que o

[...] tratamento convencional por lodos ativados e filtros biológicos aeróbios é, muitas vezes, inapropriado por causa dos altos custos de operação e manutenção, além da necessidade de mão-de-obra especializada, o que dificulta o emprego destas tecnologias (Idem p. 02-03).

Com isso, tem havido um crescimento no uso de lagoas de estabilização, consideradas na atualidade como a melhor opção para o tratamento de esgotos domésticos de pequenas comunidades, principalmente em países de características tropicais como o Brasil,

embora se saiba que este fato também ocorre em países de clima temperado como, por exemplo, na Alemanha e na França.

Segundo Uehara e Vidal (1989 apud ARAÚJO, 1999, p. 20) lagoas de estabilização são definidas como

[...] corpos de água lânticos, construídos pelo homem e destinados a armazenar resíduos líquidos de natureza orgânica, esgoto sanitário bruto e sedimentado, despejos industriais orgânicos e oxidáveis ou águas residuárias oxidadas.

De acordo com Souza e Leite (2002 apud SOUZA, 2006, p. 26) as lagoas de estabilização possuem

[...] configurações retangulares ou quadradas, construídas por escavações rasas, cercadas de taludes de terra. O tratamento de esgotos ocorre de forma natural por meio de processos físicos, químicos e biológicos. Os principais microrganismos presentes nas lagoas são bactérias, algas e protozoários, sendo que as bactérias são as principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica solúvel presente no esgoto.

Pode-se ver que o melhor método para que se produza um esgoto cujo tratamento seja economicamente aceitável está no uso de lagoas de estabilização. De acordo com Hespanhol (2004) citado por Freitas (2004) o preço da água tratada para o agricultor deve ser de no máximo R\$ 0,70/m<sup>3</sup>. Além do que, este modelo de processo de tratamento de água pode ser usado para a irrigação irrestrita, com seu uso sendo liberado inclusive para vegetais, além de ser econômico, por ser um processo que não usa energia nem equipamentos.

De acordo com Araújo *et al.*, (2005) tal procedimento é indicado para regiões de clima tropical por apresentarem disponibilidade de terrenos e temperaturas que favorecem ao seu desempenho durante o tratamento. Além de se caracterizar fortemente pelo uso de mão-de-obra barata e abundante (McGARRY; PESCOD, 1970 apud FONTGALLAND, 1990).

Em termos de remoção de microrganismos patogênicos e de nutrientes eutrofizantes, as lagoas de estabilização se constituem de/nos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes com maior eficiência. Nas palavras de Paganini (2003, p. 341) vê-se que “[...] dependendo da disponibilidade de área, a disposição no solo dos efluentes dessas unidades é uma opção adequada à realidade de grande parte do território brasileiro”, o que demonstra ser uma condição favorável à população.

De acordo com Carvalho (1997, p. 03), “as lagoas de estabilização têm sido largamente empregadas no Nordeste brasileiro, como uma alternativa tecnológica que pode atender à maioria das exigências da legislação ambiental vigente, no tocante ao tratamento de esgotos”.

Estudos realizados no período compreendido entre julho e dezembro do ano de 1997 junto ao sistema de lagoas de estabilização do Distrito Industrial (DI) de Maracanaú, que é “composto por uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e três lagoas de maturação, apontaram no efluente final uma média de 14 coliformes fecais por 100 ml” (PROSANEAMENTO..., 2002, p. 30), se encontrando assim, em conformidade com a quantidade aceitável para o uso na irrigação, tendo uma taxa de remoção que é superior a 99% em relação ao esgoto bruto afluente (Idem).

O emprego de lagoas de estabilização apresenta como principais vantagens os aspectos que representam

[...] simplicidade de construção, operação e manutenção; baixo custo de operação e manutenção comparado com os outros métodos; capacidade para suportar grandes variações de cargas orgânicas e hidráulicas; e grande eficiência na remoção de matéria orgânica. Como desvantagens, podem ser citadas: necessidade de grandes áreas para sua implantação; uma possível liberação de maus odores caso sejam mal projetadas; e elevado crescimento de algas, podendo causar sérios prejuízos à vida aquática, caso o efluente seja lançado em corpos receptores (SOUZA, 2006, p. 27).

Embora o sistema de tratamento de esgotos composto por lagoas de estabilização do tipo facultativa e de maturação necessite de grandes áreas de ocupação e de movimentos de terra significativos, este se apresenta como a alternativa que requer menor composição de custos. Isto, considerando-se a implantação e operação durante o horizonte de projeto de vinte anos, indicando, portanto, sua vantagem em termos econômicos.

Assim, trazendo esta realidade para o município de Pacatuba, local de estudo da presente pesquisa, pode-se dizer que este sistema se apresenta como o mais indicado para o tratamento dos esgotos domésticos gerados por esta cidade. Neste sentido, o uso de lagoas de estabilização deve ocorrer por sua simplicidade operacional e de manutenção em face das características regionais que impossibilitam o emprego de mão-de-obra especializada, e os limitados recursos de manutenção (PROSANEAMENTO..., 2002).

Diferentemente dos processos de tratamento biológicos mais compactos (lodo ativado, filtro biológico, etc.), o desempenho das lagoas de estabilização é mais dependente das condições ambientais locais, o que não significa que, depois de construída, a lagoa possa ser deixada sem cuidados operacionais.

A operação deve ser voltada para o sentido de contornar os problemas causados pelas adversidades naturais. Desta forma, as principais diretrizes para uma boa operação de um sistema de lagoas são caracterizadas pela (1) não permissão do ingresso e acúmulo de sólidos que possam formar espuma na superfície; por (2) remoção das camadas de algas

flutuantes na superfície juntamente com outras; e pela (3) medição das vazões nas horas determinadas e com precisão.

Quanto à manutenção é necessário inspecionar periodicamente os taludes, verificando se há (1) deslizamentos, rachaduras e erosão; (2) limpeza dos taludes internos com relação à vegetação; e (3) se existe danos causados no talude por roedores (PROSANEAMENTO..., 2002).

Devem-se mencionar ainda dois aspectos importantes nos serviços de operação e manutenção:

#### 1. Controle de odores:

Para Bezerra (1997, p. 25), “deve-se levar em consideração o sentido predominante dos ventos, ao localizá-las. Recomenda-se que não sejam construídas próximas a (sic) áreas residenciais, devendo ficar, pelo menos, 500 metros de distância”. Desta maneira, uma lagoa bem operada tendo seu processo de digestão anaeróbia em pleno funcionamento, não causará odores (PROSANEAMENTO..., 2002).

#### 2. Acúmulo de lodo e sua remoção:

No processo de remoção do lodo, é importante que este não seja totalmente removido, mas que seja mantido um volume mínimo (5 a 10%) para que, após a limpeza, o processo anaeróbio se inicie sem problemas de operação. Este fato se explica da seguinte forma: por conter grande população de bactérias anaeróbias, o lodo serve de semente para outro ciclo operacional da lagoa anaeróbia. A posterior disposição dos sólidos removidos das lagoas será feita no campo agrícola ou em aterro (Idem, p. 33).

Sobre dificuldades encontradas neste sistema observam-se que há indicações em termos construtivos e operacionais. Assim, os

[...] principais problemas construtivos e operacionais apontados em relatórios da CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), que não diferem de outros analisados, são: grande quantidade de areia no interior da lagoa, nas proximidades da tubulação de entrada, por falhas ou deficiências operacionais da caixa de areia devido as (sic) variações de vazão que ora provocam sedimentação de material orgânico, ora o arraste do material sedimentável; negligência do operador; surgimento de vegetação nos taludes (as placas de proteção do talude freqüentemente deslocam-se); infiltrações (e “revenge”) nos taludes; acúmulo demasiado de materiais flutuante e dificuldades de disposição final quando removido; grandes variações de vazão durante as chuvas, devido ao lançamento de águas pluviais nas redes (ANDRADE NETO, 1997, p. 178).

As lagoas de estabilização são classificadas de acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

De acordo com Santiago (1999), em geral, existem vários tipos de lagoas, entretanto há três tipos que se sobressaem: a primeira é a anaeróbica, a segunda é a facultativa e a terceira é a de maturação.

Para Sousa e Leite (2002 apud SOUZA, 2006, p. 27), no tratamento de esgotos sanitários “[...] usa-se uma lagoa anaeróbia seguida de uma facultativa e, quando se pretende reduzir organismos patogênicos, utilizam-se lagoas de maturação, costumeiramente, duas lagoas em série”.

Segundo Folegatti (2004 apud FREITAS, 2004) no reúso (sic) agrícola, a inclusão ou não do tratamento terciário depende do tipo de cultura a ser irrigada e do sistema de irrigação a ser utilizado. Observa-se, portanto, que, para o reaproveitamento de água por intermédio das lagoas de estabilização com esta característica, existe como exigência a especificidade de que o contexto em que a cultura agrícola local se insere e os processos de irrigação no manuseio desta cultura estejam interligados.

### 2.3.1 Lagoas anaeróbias

Operando com altas cargas orgânicas, geralmente, as lagoas anaeróbias agem como unidade primária do sistema de tratamento de esgotos e baseiam-se na digestão anaeróbia ou ausência de oxigênio. Neste sentido, são projetadas para remover Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sup>2</sup>), primeiramente por intermédio da remoção e subsequente digestão de matéria orgânica em suspensão. “A lagoa anaeróbia não depende da ação fotossintética das algas, podendo assim ser construída com uma profundidade maior que os outros tipos de lagoas.” (MARA *et al.*, 1992; SANTIAGO, 1999 apud SOUZA, 2006, p. 28). Servem para acumular lodo e manter condições anaeróbias.

Bezerra (1997) afirma que, a partir da decomposição anaeróbica da matéria orgânica obtém-se como resultado a formação de bolhas de gás. Dentre os produtos finais gasosos observados neste processo estão o metano e o dióxido de carbono.

Observa-se com isto, que, se comparado ao aeróbio, o tratamento anaeróbio apresenta duas principais vantagens: a primeira é a baixa produção de lodo biológico e a

---

<sup>2</sup>A DBO corresponde à fração biodegradável dos compostos presentes na amostra, que é mantida cinco dias a uma temperatura constante de 20°C.



segunda é a não necessidade de equipamento de aeração. Como desvantagens estão: (1) a estabilização incompleta, que requer como consequência um segundo estágio com tratamento aeróbio, e (2) a temperatura necessária para o desencadeamento do processo de forma satisfatória, sendo que esta temperatura influencia no tratamento, pois

[...] abaixo de 10°C (temperatura crítica para metanogênese), uma pequena digestão ocorre e as lagoas anaeróbias atuam como base de sedimentação. As cargas orgânicas de lagoas anaeróbias em climas quentes não ultrapassam 100 g.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>, quando um período de detenção de 2-4 dias é necessário, dependendo da composição da água residuária. (MARA *et al.*, 1992, SANTIAGO, 1999 apud SOUZA, 2006, p. 28).

O emprego das lagoas anaeróbias têm se dado no tratamento de esgotos com altos valores de DBO, como os domésticos e industriais orgânicos. Dentre estes estão os de matadouros, laticínios, bebidas etc. (VON SPERLING, 2002 apud SOUZA, 2006).

De acordo com Souza (2006, p. 28), as lagoas anaeróbias possuem a seguinte eficiência de remoção:

- DBO – 70 a 90%
- Nitrogênio – 30 a 50%
- Fósforo – 20 a 60%
- Coliformes – 60 a 99,9%

### 2.3.2 Lagoas facultativas

As lagoas facultativas apresentam como característica o fato de serem a variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização (VON SPERLING, 2002 apud SOUZA, 2006). “Operam em condições intermediárias entre os processos aeróbios e anaeróbios [...]” (BEZERRA, 1997, p. 26). Para Yanez (1993 apud ARAÚJO, 1999) é, indiscutivelmente, o tipo mais utilizado em nível mundial.

Segundo Von Sperling (2002 apud SOUZA, 2006, p. 28), o emprego de lagoas facultativas apresenta como vantagens a grande simplicidade e a confiabilidade da operação. No entanto, como desvantagem apresenta a lentidão do processo de tratamento, “[...] necessitando de longos tempos de detenção para que as reações se completem, o que implica em grandes requisitos de área.” Estes tempos, variam entre 15 e 45 dias em “[...] função da

cinética de remoção da DBO e do regime hidráulico da lagoa.” (NOGUEIRA, 1998; VON SPERLING, 1996; YÁNEZ, 1993 apud ARAÚJO, 1999, p.25). Em regiões de clima quente podem ser adotados períodos menores. Ao contrário, espaços maiores de detenção hidráulica podem ser observados em locais que apresentam esgotos concentrados, isto é, aqueles determinados pela baixa vazão per capita e que por consequência apresentam alta DBO (Idem).

De acordo com Souza (2006, p. 29), as lagoas facultativas possuem a seguinte eficiência de remoção:

- DBO – 70 a 85%
- Nitrogênio – 30 a 50%
- Fósforo – 20 a 60%
- Coliformes – 60 a 99%

É importante também se observar que há uma diferenciação interior encontrada nas lagoas facultativas. Esta é composta por zonas em que acontecem transformações peculiares. Dessa maneira, tem-se que nas lagoas facultativas há a formação de

[...] três zonas: (1) a zona superficial, onde as bactérias aeróbias e as algas vivem em simbiose que decompõem a matéria orgânica, produzindo principalmente gás carbônico, que serve de nutriente às algas, que pela ação do sol, transformam o gás carbônico em hidratos de carbono, através da fotossíntese, liberando oxigênio que se dissolve na água, e é utilizado pelas bactérias para oxidar a matéria orgânica; (2) uma zona anaeróbia no fundo, onde há acumulação de sólidos (lodo) que são decompostos por microrganismos anaeróbios; e (3) uma zona intermediária que é parte aeróbia e parte anaeróbica, onde os resíduos orgânicos são decompostos por bactérias facultativas que convertem a matéria orgânica tanto na presença como na ausência de oxigênio (METCALF e EDDY, 1991 apud SOUZA, 2006, p. 29).

### 2.3.3 Lagoas de maturação

Também chamadas lagoas de polimento, possuem empregabilidade no tratamento terciário de efluentes. Segundo Bezerra (1997, p. 28), têm como finalidade “[...] trazer melhoria na qualidade do efluente de uma lagoa secundária ou de outros processos de tratamento [...].”

De acordo com Von Sperling (2002 apud SOUZA, 2006, p. 29), “o objetivo principal da lagoa de maturação é a remoção de organismos patogênicos.” Nessas, condições ambientais adversas tais como radiação ultravioleta, elevado Potencial Hidrogeniônico (pH),

elevado oxigênio dissolvido, fazem com que ovos de helmintos e cistos de protozoários tendam a sedimentar. Estas lagoas

[...] constituem um pós-tratamento de processos que objetivam a remoção da DBO, sendo usualmente projetadas como uma série de lagoas, ou como uma lagoa única com divisões por chicanas. A eficiência na remoção de coliformes é elevadíssima (VON SPERLING, 2002 apud SOUZA, 2006, p. 29).

Pode-se confirmar esta afirmação a partir de Souza (2006, p. 29), que apresenta para a lagoa de maturação a seguinte eficiência de remoção:

- DBO – 90%
- Nitrogênio – 30 a 50%
- Fósforo – 20 a 60%
- Coliformes – 99,9%

Segundo Mara e Pearson (1986 apud SANTIAGO, 1999, p. 27) o tamanho e a quantidade de

[...] lagoas de maturação vão controlar a qualidade do efluente final da série de lagoas. Essas lagoas são aeróbias, com profundidade variando entre (1-2 m), tendo como função a remoção de patógenos e nutrientes (N e K). O tempo de detenção (5-15 d) é necessário para que o número de coliformes fecais (CF) alcance os padrões de descarga para propostas de reuso na irrigação e na aquicultura.

De acordo com Jordão e Pessoa (1995), as lagoas de estabilização nem sempre têm como objetivo a remoção da DBO ou da Demanda Química de Oxigênio (DQO), interessando muitas vezes apenas a remoção de organismos coliformes. Modernamente as lagoas devem cumprir dois objetivos: a proteção ambiental, por meio da remoção da DBO; e a proteção da saúde pública, a partir da remoção de organismos patogênicos.

Ainda conforme os mesmos autores, atualmente as lagoas de estabilização se aplicam em outro campo muito importante que é o preparo do efluente para uso em agricultura ou aquicultura. Isto porque as diretrizes atuais observadas e estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) sobre a

[...] qualidade microbiológica de efluentes tratados usados em irrigação de culturas consumidas cruas, bem como em campos esportivos ou parques públicos, nos casos em que existem grupos de trabalhadores ou consumidores ou público expostos, (sic) deve ser inferior a 1000 CF/100 ml como média geométrica, e indicam que uma série de lagoas de estabilização pode alcançar esta qualidade microbiológica. Os

limites estabelecidos na Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente para águas da Classe 2, irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, fixam: em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais,  $\leq 1000$  CF/100 mL, e  $\leq 5000$  CT<sup>3</sup>/100 mL (Idem, p.519).

Em relação à realidade do Estado do Ceará especificamente observa-se que a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) adota como parâmetros: para anaeróbias, altura (h) entre 2 e 4 m e tempo de detenção (td) de 1 a 5 dias; para facultativas, td = 4 a 10 dias e h = 1,0 a 1,5m; para lagoas de maturação td = 7 dias e h = 1,0 a 1,5 m (ANDRADE NETO, 1997).

Conforme dados da CAGECE, pode-se perceber que em sistemas separados como os de conjuntos habitacionais de Fortaleza funciona a contento. Nestas condições tem-se que a capacidade de produzir efeitos satisfatórios das lagoas de estabilização, de acordo com Andrade Neto (1997, p.198), gira em torno de “[...] 87% na remoção de DBO e 97% na remoção de SS<sup>4</sup>. Lagoas em série (três conjuntos, séries Fac<sup>5</sup> + Mat<sup>6</sup> + Mat ou An<sup>7</sup> + Fac + Mat + Mat + Mat) é, em média, 92% na remoção de DBO e 96% na remoção de SS.”

## 2.4 Reuso de águas

O fato de que sem água não existe vida nos dá a certeza de que este recurso apresenta-se como uma necessidade básica indispensável à sobrevivência das espécies e por consequência, da humanidade. No entanto, trata-se de um bem finito. Além disso, de acordo com Machado (2004), hidrólogos e demógrafos têm detectado que o consumo humano de água doce tem duplicado a cada 25 anos devido ao crescimento acelerado das populações.

Nos grandes centros urbanos, o colapso do abastecimento já se torna visível. Segundo Souza (2006), em muitos países, este crescimento da população e das atividades econômicas, tem ocasionado de forma acelerada, condições de escassez de água. Esta situação tem impactado de tal forma, que se faz necessário o estabelecimento de limites para o desenvolvimento econômico dos mesmos. Assim, se fazem necessárias alternativas que possibilitem um consumo racional e sustentável da água, e dentre estas, destaca-se o seu reuso.

---

<sup>3</sup> CT: Coliformes Totais

<sup>4</sup>SS: Sólidos Suspensos

<sup>5</sup>Fac: Facultativa

<sup>6</sup>Mat: Maturação

<sup>7</sup>An: Anaeróbia

Reuso é o processo pelo qual se utiliza a água por mais de uma vez, tratada ou não, para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não. A produção de água residuária tratada dá-se em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e pode ser utilizada para inúmeras finalidades, como geração de energia, refrigeração de equipamentos, em processos industriais, em prefeituras e entidades que usam a água na lavagem de ruas e pátios, no setor hoteleiro, irrigação/rega de áreas verdes, desobstrução de rede de esgotos e águas pluviais e lavagem de veículos (MACHADO, 2004).

Segundo Westerhoff (1984 apud BREGA FILHO e MANCUSO, 2003, p. 26), o reuso de água pode ser classificado em duas grandes categorias, a saber: potável e não potável. De acordo com os mesmos:

[...] por sua praticidade e facilidade, essa classificação [...] foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), seção São Paulo, tendo sido amplamente divulgada em sua série “Cadernos de Engenharia Sanitária e Ambiental” em 1992.

Com isto, têm-se os seguintes tipos de reuso da água:

**Reuso potável direto:** quando o esgoto depois de recuperado por intermédio de tratamento avançado passa a ser reutilizado diretamente no sistema de água potável.

**Reuso potável indireto:** quando o esgoto depois de tratado, é lançado em águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e utilização como água potável.

**Reuso não potável para fins agrícolas:** embora ocorra como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, esta modalidade tem por finalidade a irrigação de plantas alimentícias e não alimentícias, além de ser aplicável na dessedentação de animais.

**Reuso não potável para fins industriais:** quando o esgoto é utilizado industrialmente em refrigeração, águas de processo, em caldeiras etc.

**Reuso não potável para fins recreacionais:** esta modalidade é de uso exclusivo para irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e no enchimento de lagoas destinadas a ornamentação ou recreação etc.

**Reuso não potável para fins domésticos:** caso em que o reuso serve para rega de jardins residenciais, descargas sanitárias e utilização da água em grandes edifícios.

**Reuso para manutenção de vazões:** este tipo promove de forma planejada a utilização de efluentes tratados. Tem com o objetivo a diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.

**Aquicultura:** modalidade que se utiliza dos nutrientes presentes nos efluentes tratados para a produção de peixes e plantas aquáticas com o objetivo de obter alimentos e/ou energia.

**Recarga de aquíferos subterrâneos:** quando estes aquíferos são recarregados com efluentes tratados, de forma direta, pela injeção sob pressão, ou indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

A partir desta classificação pode-se perceber que autores como Brega Filho e Mancuso (2003, p. 28), afirmam que “o reúso (sic) de água para manutenção de vazões de cursos de água, aquíicultura e recarga de aquíferos são classificações complementares às de Westerhoff [...]”

Para Felizatto (2001, p. 02), alguns cientistas consideram que o reuso de águas residuárias faz parte de um assunto muito mais amplo e genérico de estudos que é a “minimização do uso de recursos naturais.” Outros incluem a prática do reuso de água como parte da filosofia do desenvolvimento sustentável.

Machado (2004), por exemplo, diz que o aumento da demanda por água tem feito do reuso planejado um tema atual e de grande importância. O que deve ser considerado como parte de uma atividade abrangente de gestão integrada, ou seja, o uso da água de forma racional ou eficiente, compreendendo o controle de perdas e desperdícios, e uma diminuição da produção de efluentes e do consumo de água.

De acordo com Machado (2004) existe uma vantagem imensa na utilização da água de reuso. Para ele, esta é uma forma de se manter a preservação da água potável em níveis de exclusividade de uso somente no atendimento de necessidades que exigem a sua potabilidade, como por exemplo, para o abastecimento humano.

Assim, efluentes de estações de tratamento podem ser utilizados na irrigação, na piscicultura, em indústrias, ou para outros fins, o que viabiliza a liberação da água dos mananciais para usos nos quais há a necessidade de uma qualidade melhor deste líquido precioso (MOTA, 2000).

Compreende-se com isto, que, por ser uma medida de eficiência positiva para a resolução do problema de abastecimento de água, o reúso proporciona um ganho econômico com a redução na captação, na quantidade de químicos para seu tratamento e no lançamento de efluentes (MACHADO, 2004). Ainda conforme este autor pode-se citar como exemplo o projeto desenvolvido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), a qual fornece água de reúso com preço mais barato para a indústria, e assim, torna disponível a água de boa qualidade para o consumo doméstico.

Felizatto (2001) esclarece que tendo como foco o impacto ambiental, o reúso de águas residuárias vem a ser uma alternativa que minimizaria a contaminação das águas subterrâneas e superficiais, já que ao se fazer o reúso daquelas águas ocorre, por consequência, uma redução na demanda por água de mananciais. Segundo o mesmo autor, observa-se que, com o efeito

[...] dessa última medida, a diminuição da água captada, deve ser avaliada por seu principal impacto agregado, que é a redução no consumo de energia elétrica necessário para recalque e transporte da água. Nesse sentido, o reúso (sic) da água não considera somente a sua reutilização para o abastecimento doméstico, industrial, agrícola e pecuário, mas também pondera a diluição dos despejos nos corpos d'água receptores, o uso de cursos de água receptores para abastecimento (reúso indireto), a navegação desportiva e comercial, as atividades de recreação e desportos, a pesca recreativa, esportiva e comercial, e a geração de energia hidrelétrica. Nesse aspecto, o reúso de água deve sempre estar na pauta das atividades de gestão dos recursos hídricos, cumprindo seu papel importante na fase do planejamento da bacia hidrográfica (SOUZA, 1997 apud FELIZATTO, 2001, p. 02).

Mota (2000) afirma que em nível mundial o poder público tem incentivado estudos com o reúso de águas no intuito de suprir carências para os mais diversos fins. Diz também que em algumas regiões do globo marcadas pela escassez de tão precioso recurso, autoridades responsáveis pelo abastecimento de água potável têm buscado no reúso uma forma de resolver não só a questão do abastecimento, mas de redução de custos.

De acordo com Hespanhol (2003), as atividades de reúso praticadas atualmente no Brasil encontram-se desvinculadas de qualquer orientação política, institucional, legal ou regulatória no sentido de que haja o estabelecimento de programas para os projetos existentes. Dessa maneira vê-se que os

[...] programas de controle de poluição e de usos integrados de recursos hídricos nas bacias hidrográficas onde estão sendo implementados, não empregam tecnologia adequada para os tipos específicos de reuso implementados e não incluem as salvaguardas necessárias para preservação ambiental e proteção da saúde pública dos grupos de risco envolvidos. Adicionalmente, não são formulados com base em análises e avaliações econômico-financeiras e não possuem estruturas adequadas de recuperação de custos (Idem, 2003, p. 89).

No Ceará, dentre os municípios com potencial para a prática do reuso, destacam-se Aquiraz e Pacatuba. O primeiro dispõe de um centro de pesquisa sobre tratamento de esgotos e reuso de águas. Com isto, objetiva “[...] desenvolver um centro de referência de experimentação e difusão de tecnologia de reúso (sic) para a região Nordeste, buscando oferecer suporte técnico e ampla divulgação de práticas de reúso (sic) [...]” (MENEZES *et al.*, 2007, p.175). O segundo caracteriza-se como um município que possui projeto de tratamento associado ao projeto de reuso em escala real.<sup>8</sup> Possui uma ETE projetada para a prática do reuso com potencial para o desenvolvimento de culturas em seus módulos acoplados.

Para Hespanhol (2003) uma cultura e uma política de conservação da água devem ser incentivadas em todos os setores da sociedade. Além disso, sabe-se que

[...] o reúso (sic) consciente e planejado de águas de baixa qualidade – águas de drenagem agrícola, águas salobras, águas de chuva e, principalmente, esgotos domésticos e industriais –, constitui o mais moderno e eficaz instrumento de gestão para garantir a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos nacionais (Idem, 2003, p. 38-39).

Para este autor, a importância desses recursos hídricos não convencionais para o Brasil, é de grande importância tanto para regiões semi-áridas quanto para aglomerações metropolitanas, já que são considerados como locais em que a oferta de água se tornou antieconômica.

A partir destas afirmações apresentadas pode-se dizer, portanto, que o reuso de águas constitui uma prática de grande valor potencial para o país tanto em termos econômicos, e principalmente, quanto à preservação de mananciais ao longo do território nacional.

---

<sup>8</sup>Informação verbal fornecida por Castro, supervisor de Esgotos e Meio Ambiente da Unidade de Negócios da Bacia Metropolitana (UNBME) da CAGECE, em Fortaleza, em abril de 2008.



## 2.5 Irrigação com efluentes domésticos

A presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos na água dos efluentes, associada aos custos dos sistemas de tratamento que seriam necessários para o seu manuseio, torna o reuso potável uma alternativa que não apresenta a garantia de proteção para a saúde, além de levar a uma inviabilidade econômica do abastecimento público. Deste modo, as águas provenientes de esgotos tratados serviriam para um planejamento sustentável dos recursos hídricos com a finalidade, sobretudo para a irrigação (MACHADO, 2004).

Os esgotos são aplicados no solo desde a antiguidade, o que os caracteriza em uma prática não recente de escoamento de águas não potável. Segundo Mota (1980, p. 07) tem-se

[...] notícia da utilização deste processo em Atenas, Grécia, no período antes de Cristo. Na Alemanha, registra-se o uso desta prática em 1559, em Bunzilau. Na Europa, a utilização de esgoto em pequenos sistemas de irrigação desenvolveu-se a partir do século XVIII, enquanto que nos Estados Unidos da América isto aconteceu a partir de 1870.

Esta prática tornou-se mais popular em fins do século XIX e início do século XX.

Entretanto,

[...] com o desenvolvimento de modernos sistemas de tratamento das águas residuárias e da preocupação com a contaminação por microrganismos, (sic) houve significativa redução do uso destas águas para fins de irrigação, tornando-se menos popular e, praticamente, desaparecendo por completo logo após a Primeira Guerra Mundial (STEIN e SCHWARTZBROD, 1990 apud SOUZA, 2006, p. 34).

Assim, segundo Braile (1979 apud BEZERRA, 1997, p. 03), esta se constitui na “forma mais antiga de disposição e depuração controlada dos esgotos, e a que teve aplicação por longo período.”

Atualmente, a agricultura no Brasil depende de um suprimento de água elevado, cerca de 70%, podendo chegar a 80% até o final desta década. (HESPANHOL, 2003). Devido a este fator, a sustentabilidade da produção agrícola não poderá ser mantida sem a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais e do desenvolvimento de novas fontes de suprimento (MACHADO, 2004).

De acordo com Freitas (2004), a água, seja ela qual for, pode ser reutilizada tendo-se em mente que esta não oferece riscos à saúde, contanto que seja tratada de forma adequada obedecendo-se ao seu tipo e ao fim para o qual está sendo direcionada. Em relação à

agricultura, por exemplo, o reuso mais viável economicamente para esta atividade é o do esgoto doméstico.

Esta é uma condição favorável para culturas irrigáveis, já que, segundo Folegatti (apud FREITAS 2004, *passim*), a água residuária doméstica contém 99% de água, e a fração restante é constituída por sólidos orgânicos e inorgânicos, que podem estar em suspensão ou dissolvidos, e também por microorganismos.

Além destas condições observa-se que há uma contribuição importante para a irrigação de culturas quanto ao uso de esgotos. Segundo Hespanhol (2003, p. 58-59) apontam-se os seguintes fatores que têm contribuído e vêm contribuindo, nas duas últimas décadas, para um aumento significativo neste sentido:

- a dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
- o custo elevado de fertilizantes;
- a segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;
- os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- a aceitação sociocultural da prática do reúso (sic) agrícola;
- o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco desta prática.

Ainda de acordo com este autor, percebe-se que esgotos aplicados no solo contribuem para o controle da poluição, além de se apresentarem como uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semi-áridas, trazendo com isso, benefícios econômicos, ambientais e de saúde pública.

Os benefícios econômicos do reuso de água para fins agrícolas estão relacionados ao “[...] aumento da área cultivada e da produtividade agrícola, os quais são mais significativos em áreas onde se depende apenas de irrigação natural, proporcionada pelas águas de chuvas [...]” (HESPANHOL, 2003, p. 59).

Dentre os benefícios ambientais e de saúde pública do reuso de água para fins agrícolas, segundo o mesmo autor destacam-se os seguintes:

- a minimização das descargas de esgotos em corpos de água;
- a preservação dos recursos subterrâneos, principalmente em áreas em que a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos;

- a conservação do solo, pela acumulação de húmus, e o aumento da resistência à erosão;
- o aumento da concentração de matéria orgânica do solo, possibilitando maior retenção de água;
- a contribuição, principalmente em áreas carentes, para o aumento da produção de alimentos, elevando, assim, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reuso.

Pode-se ver então, que para Hespanhol (2003), esses benefícios são proporcionados utilizando-se de sistemas em que o reuso seja feito de forma adequada, ou seja, devem ser planejados e administrados. No entanto, a implantação de projetos de sistemas de forma inadequada — além da ocorrência de deficiências operacionais —, pode provocar alguns efeitos negativos sobre o ambiente (Idem).

Segundo Snel (2002 apud SOUZA, 2006, p. 33-34) tais efeitos são:

- o risco à saúde dos irrigadores e comunidades em contato prolongado com esgoto não tratado e que consomem vegetais irrigados com esgoto;
- a contaminação de aquíferos (nitratos);
- a acumulação de poluentes químicos no solo (metais pesados);
- a criação de habitat para diversos vetores; e
- o excessivo crescimento de algas e vegetação em canais de distribuição do esgoto (eutrofização).

De acordo com Hespanhol (2003, p. 62), a contaminação por nitratos, de aquíferos subterrâneos, utilizados para abastecimento de água

[...] ocorre quando uma camada insaturada, altamente porosa, se situa sobre o aquífero, permitindo a percolação de nitratos. Entretanto, se existir uma camada profunda e homogênea capaz de reter nitratos, a possibilidade de contaminação é bastante pequena. A assimilação de nitrogênio pelas culturas reduz a possibilidade de contaminação por nitrato, mas isso depende das taxas de assimilação pelas plantas e das taxas de aplicação de esgotos no solo.

Com relação à acumulação de poluentes químicos no solo, Foster *et al.* (1994 apud HESPANHOL, 2003, p. 62) informam que, “[...] dependendo das características dos esgotos, a prática da irrigação por longos períodos pode levar à acumulação de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, e ao aumento significativo de salinidade em camadas insaturadas [...]”.

Para que se evite essa possibilidade, Hespanhol (2003) afirma que os esgotos utilizados na irrigação devem possuir origem predominantemente doméstica, além do emprego de um sistema adequado de drenagem cujo objetivo é o de minimizar o processo de salinização de solos irrigados com este tipo de esgoto. Outro ponto a ser considerado diz respeito ao período de aplicação de esgotos no solo. Observa-se, neste caso, que

[...] a aplicação de esgotos por períodos muito longos pode levar à criação de *habitats*, propícios à proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como mosquitos e algumas espécies de caramujos. Nesse caso, devem ser empregadas técnicas integradas de controle de vetores, para proteger os grupos de risco correspondentes (Idem, p. 62-63).

Além disto, sabe-se que a utilização de águas residuárias em irrigação deve considerar os seguintes aspectos:

[...] a seleção das culturas a serem irrigadas, a qualidade desejada para o efluente a ser utilizado e, por conseguinte, o tipo de tratamento a ser aplicado ao esgoto bruto, as técnicas de irrigação a serem utilizadas e, finalmente, as medidas de controle ambiental e política de gestão a serem adotadas (PROSANEAMENTO..., 2002, p. 29).

Com isso, confirma-se o que diz Pescod (1988, p.23) a este respeito, pois segundo este autor “a qualidade exigida dos efluentes dependerá da cultura ou culturas a serem irrigadas, das condições do solo e do sistema de irrigação adotada [...]”<sup>9</sup>

Segundo Souza (2006, p. 35), “a utilização de esgotos sanitários em irrigação, após tratamento ou ‘*in natura*’, é uma prática antiga e corrente em diversos países”, como por exemplo, na Austrália, em Israel, nos Estados Unidos da América do Norte, no México e no Peru. Dentre estes países se constata que experiências

[...] realizadas no México mostram que ela pode se constituir num caminho para o aumento da produtividade das culturas. Este fato foi demonstrado pelo uso de água residuária, constituída de uma mistura de descarga doméstica, industrial e de chuva, para a irrigação de uma área de 8.500 ha. Para tanto, a água aplicada sofreu um tratamento primário avançado. Com este processo, as características da água reutilizada não provocaram efeitos negativos e a produtividade das plantas mostrou melhores níveis (JIMÉNEZ-CISNEROS, 1995 apud SOUZA, 2006, p. 35).

---

<sup>9</sup> The required quality of effluent will depend on the crop or crops to be irrigated, the soil conditions and the system of irrigation adopted [...].

Segundo Paterniani, apud Freitas (2004), no Vale de Mesquital, México, esgotos aplicados na irrigação fizeram a renda agrícola aumentar de praticamente zero no início do século passado até cerca de quatro milhões de dólares por hectare em 1990.

Na Índia, estudos demonstraram aumento na produção agrícola com o uso de águas residuárias, pela presença de nutrientes como nitrogênio e fósforo nessas águas.

Em Braunschweig, República Federal da Alemanha, há quase 100 anos são utilizadas águas residuárias na produção de culturas, com a inclusão, em 1954, de 300 ha irrigados por aspersão. “As águas residuais foram entregues a 300 agricultores através de 100 km de tubulação enterrada [...]” (AYERS e WESTCOT, 1991 apud SOUZA, 2006, p. 36).

De acordo com Folegatti (2004 apud FREITAS, 2004) no Brasil, é sabido que a agroindústria da cana de açúcar já reutiliza água residuária. Além disto, universidades e centros de pesquisas já estão desenvolvendo experimentos com água reutilizada para avaliar seu potencial na agricultura irrigada.

Estados como Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco já implantaram projetos, que têm como foco a irrigação do capim elefante com efluentes domésticos, sem nenhum tratamento e sem nenhuma forma de proteção à saúde pública dos grupos envolvidos (HESPANHOL, 2003).

Em Pacatuba - CE, uma proposta de reuso de efluentes domésticos traz intrínseca uma série de benefícios sociais e econômicos, uma vez que no município ocorrem solos em quantidade abundante e em qualidade elevada de potencial agrícola, que poderão proporcionar significativo retorno econômico com baixos custos de produção, quando destinados à irrigação (PROSANEAMENTO..., 2002).

## **2.6 Cultura da mamona**

De acordo com Alves, Sobrinho e Carvalho (2004), conhecida popularmente como mamona, mamoneira, rícino, carrapateira ou palma-criste, essa xerófila originária da Ásia, pertence à família das *Euphorbiáceas*, possui porte arbustivo e é bastante tolerante à escassez de água, não suportando excesso de umidade (no solo e no ar) nem ventos fortes.

A mamona é exigente em calor e luminosidade, necessitando de pelo menos 12 horas de sol por dia. É planta esgotante do solo e exigente em elementos nutritivos. Seu sistema radicular abundante e profundo facilita o arejamento nas camadas do solo, o que resulta em melhora de suas propriedades físicas (Idem).

A mamoneira é encontrada em praticamente todos os países tropicais e subtropicais, podendo ser silvestre ou cultivada. É planta bastante heterogênea, pois possui extensa variação no tamanho, forma e cor das plantas, bem como variação no tamanho e cor das sementes e deiscência das cápsulas. Suas sementes são produzidas em racemos, ou cachos de cápsulas. As cápsulas são espinhosas, contendo três sementes cada. As sementes se apresentam sarapintadas para a extensa variedade, tendo com frequência tonalidades de castanho escuro cobrindo tons de castanho claro (KIRK *et al.*, 1979 apud SOUZA, 2006).

Já na era colonial brasileira, utilizava-se de óleo da mamona na lubrificação de engrenagens e mancais dos engenhos de cana (BELTRÃO, 2004 apud SOUZA, 2006).

Sua exploração comercial se dá entre as latitudes 40° N e 40° S. Com grande capacidade de adaptação, pode ser encontrada em todo o Brasil, porém, nem todos os Estados cultivam a mamona comercialmente. Encontrando no Nordeste condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, como calor e luminosidade, conseguiu disseminar-se por quase toda a região (ALVES; SOBRINHO; CARVALHO, 2004).

Segundo Beltrão *et al.* (2003 apud SOUZA, 2006) as condições ambientais ideais para o seu desenvolvimento são: temperatura média, variando entre 20 e 30° C, elevada insolação e umidade relativa do ar baixa para a maior parte do seu ciclo, menor que 60%. De acordo com Beltrão, Silva e Melo (2002 apud ALVES; SOBRINHO; CARVALHO, 2004), a altitude deve ser entre 300 e 1.500 metros, com solos bem drenados e porosos e pH entre 5,8 e 6,5.

Amorim Neto *et al.* (2001 apud SOUZA, 2006, p. 61 – 62), afirmam que “pluviosidades entre 600 e 700 mm proporcionam rendimentos superiores a 1500 Kg/ha, sendo viável economicamente em áreas onde a precipitação pluvial mínima esteja entre 400 e 500 mm.”

Portanto, em termos de uso de água infere-se que a mamona é uma cultura possuidora de vantagens em seu manuseio e cultivo. Este fato ocorre devido à maior exigência de água pela planta somente no início da sua fase vegetativa, produzindo-se economicamente em áreas que apresentam precipitação pluvial mínima, que de acordo com Azevedo e Lima (2001) citado por Souza (2006) fica em torno de 400 mm até o início da fase de floração.

### 3 MARCO TEÓRICO DA GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS

O presente capítulo apresenta como tópico principal o marco teórico a respeito da Gestão Integrada de Recursos. Nos tópicos a seguir é feita a sua inclusão e descrição como um dos objetivos específicos desta pesquisa.

Assim, o presente texto traz considerações importantes para a sua fundamentação teórica. Neste sentido, podem ser encontrados argumentos que versam desde o conceito de GIR, passando pelo desenho deste modelo de gestão, sua modelagem e indo até uma avaliação conforme os preceitos da GIR.

#### 3.1 Conceito de Gestão Integrada de Recursos (GIR)

De acordo com Reis, Fadigas e Carvalho (2005), a GIR objetiva, por meio do estabelecimento de alianças e parcerias, alcançar vantagens na implantação e operação de componentes da infra-estrutura e/ou serviços tendo em mente a garantia da competitividade econômica e a viabilidade do investimento. Assim, partes viáveis da infra-estrutura podem ser associadas a outras que, sozinhas, seriam economicamente inviáveis, porém, socialmente necessárias.

A GIR tem em sua meta a eficiência econômica e financeira na implantação da infra-estrutura. Por isto, identifica dentre as diversas demandas por serviços, os mais rentáveis, os mais necessários do ponto de vista social e uma “[...] possível associação entre parceiros e componentes da infra-estrutura que possam suprir tais serviços [...]” (Idem p. 331). Esta associação é orientada a partir da identificação da sinergia (construtiva ou operativa) entre esses componentes, assim como entre os investidores e beneficiados.

Este modelo de gestão deve perseguir a sustentabilidade dos investimentos aportados. Deve ser alcançada por meio da autonomia econômica dos empreendimentos. Com isto, o setor público deve intervir somente nos casos em que determinados componentes da infra-estrutura se mostrem não rentáveis, mas que sejam socialmente necessários.

Além do aspecto social, deve-se levar em consideração o critério ambiental. Neste sentido, conforme Gimenes *et al.* (2000) estruturas associadas podem levar a uma redução de impactos sobre o meio ambiente, pois numa estrutura integrada, isto é, que viabiliza mais de um tipo de serviço, apresenta diminuição dos impactos se comparada entre outras separada para provisão dos mesmos serviços. Desta maneira, o governo pode atuar de forma a

estabelecer parceria, incentivos, subsídios, criação de mecanismos etc., por meio de agências regulatórias que deverão dar prioridade aos interesses coletivos resguardando os dos entes participantes do projeto.

A operacionalização da GIR parte da harmonização de duas concepções: a) a visão empresarial, considerando-se a atuação dos investidores para a realização do lucro; e b) a visão institucional, priorizando-se interesses coletivos e a atuação dos agentes reguladores dos serviços de infraestrutura.

Segundo Gimenes *et al.* (2000) a GIR apresenta como principal vantagem tornar investimentos agregados viáveis em vários aspectos, tais como: econômico, social, ambiental, político e tecnológico que, se considerados de forma isolada, seriam inviáveis em algumas destas vertentes.

Portanto, pode-se dizer que o conceito de GIR está diretamente ligado a questões de interesse público no sentido em que esta se faz necessária como resultado de políticas públicas, aplicadas para o desenvolvimento sustentável de pessoas e regiões sob os mais diferentes aspectos.

### **3.2 Desenho da Gestão Integrada de Recursos**

De acordo com Reis *et al.* (2005), na associação dos componentes da infraestrutura, para que se garanta a autonomia do investimento, o primeiro aspecto a ser analisado deve ser o econômico. Concluída a identificação dos componentes mais viáveis do ponto de vista econômico, o próximo passo será a análise social para os menos rentáveis. Em ambos os casos, deve-se identificar o tipo de atuação para cada caso (dos setores privado e público).

Então, analisam-se os possíveis mecanismos compensatórios. Após a identificação dos componentes mais rentáveis e dos mais necessários socialmente, deve-se buscar a sinergia entre suas características construtivas ou operativas.

Ao final destas etapas, identificam-se possíveis associações de componentes da infra-estrutura que se pretendem implantar em determinado local para seus possíveis parceiros. Assim, conforme as características do empreendimento

[...] e dos possíveis parceiros, deve-se escolher ou propor a melhor forma de associação entre estes, compondo a etapa de definição do tipo de parceria. Deve-se então verificar as possíveis vantagens da GIR nos aspectos: econômico, social e ambiental, verificando sua consistência perante os aspectos político e tecnológico (Idem, p. 332).



Essa proposta da GIR pode ser mais bem visualizada no diagrama da Figura 2 a seguir. Na ilustração, a presença e desdobramento do leque de opções em que se distribuem os componentes da infraestrutura.

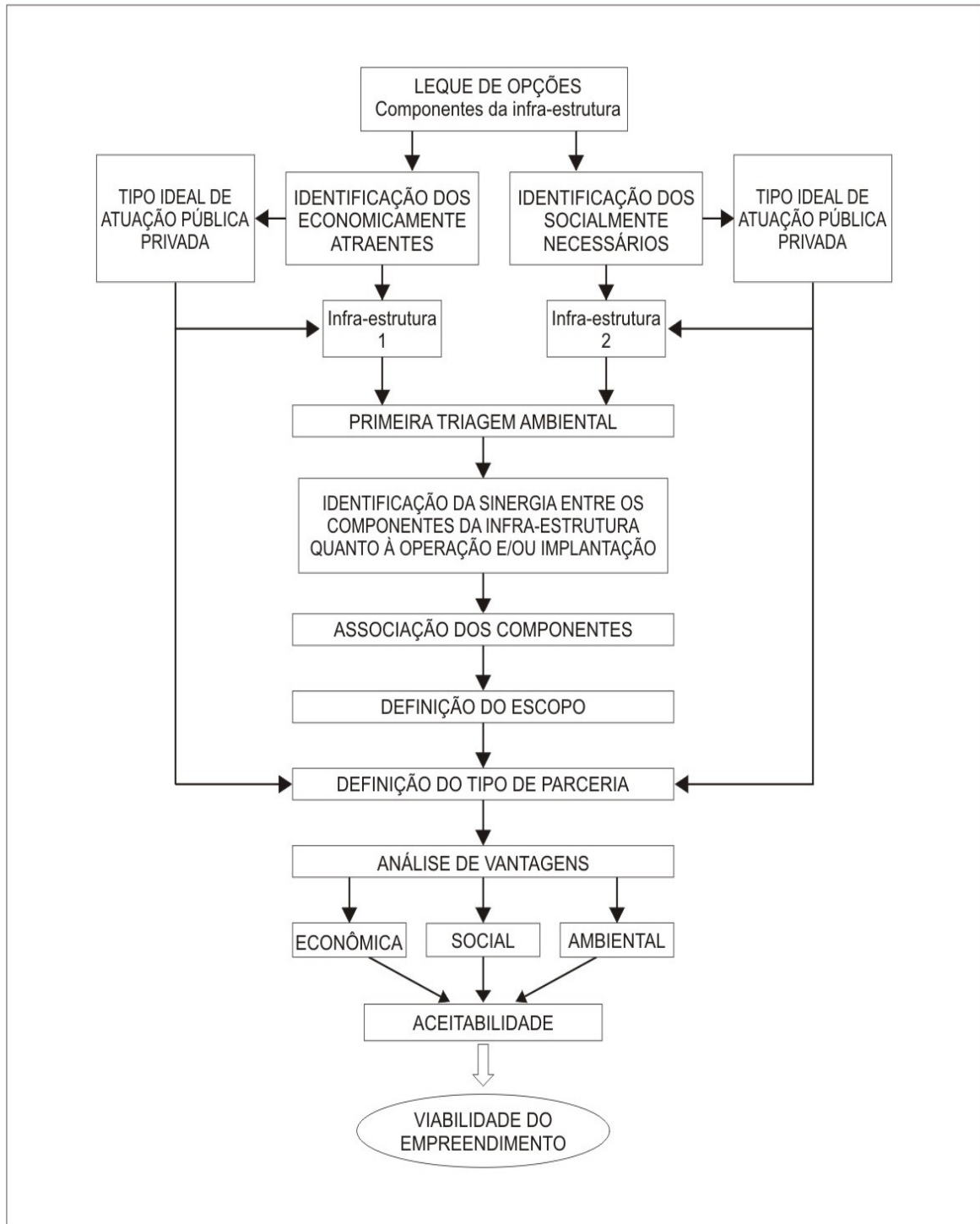


Figura 2 – Diagrama básico da GIR.  
Fonte: Reis, Fadigas e Carvalho (2005).

### 3.3 Modelagem da Gestão Integrada de Recursos

A modelagem da gestão integrada de recursos pode ser mais bem compreendida a partir da descrição de cada etapa indicada no diagrama anterior segundo Reis *et al.* (2005) Desta forma têm-se as seguintes considerações:

**Leque de opções:** refere-se à escolha dos componentes básicos da infra-estrutura balizada segundo os objetivos sociais, ambientais, econômicos, políticos e tecnológicos que se pretende alcançar na região.

**Análise dos componentes da infra-estrutura economicamente atraentes:** corresponde ao estudo minucioso para o planejamento da infraestrutura de uma forma empresarial com vistas ao desenvolvimento sustentável, sendo, desta forma, necessária para a descoberta da viabilidade econômica dos componentes existentes no contexto em que se pretende inseri-los, juntamente com a análise de custos que incidem sobre cada agente participante do processo.

**Análise dos componentes socialmente necessários:** embora todos os componentes sejam necessários do ponto de vista social, nesta análise devem ser identificados aqueles da infraestrutura cujas necessidades se sobrepõem a interesses comerciais, pois se faz necessária a participação do setor público para alterar o ambiente desfavorável ao investimento privado.

**Definição do tipo de atuação privada e pública:** esta definição ocorre baseada no tipo de infra-estrutura, nas condições do mercado, no nível de desenvolvimento do local, e a partir das características básicas do serviço (por exemplo, se é de prestação obrigatória por parte do governo) etc.

Diferentemente da atuação tradicional dos setores público e privado, dos quais aquele se mostra ineficiente em investir e administrar os componentes da infra-estrutura, e este, indiferente às necessidades sociais, pois se preocupa apenas com o retorno do capital, a proposta da GIR é a de que cada setor participe de acordo com sua competência. Com isto, acredita-se que a junção entre ambos viabilize componentes que hoje são inviáveis às vistas do setor privado.

O Estado, por seu turno, deve atuar como ente regulador, incentivando a participação do setor privado na infra-estrutura e estabelecendo critérios ambientais e sociais de acordo com o desenvolvimento sustentável. Deve também atuar, quando conveniente, como financiador.

Os teóricos desta área destacam a importância da participação da sociedade no processo de planejamento, por meio de auditorias públicas.

Ao setor privado, por outro lado, cabe atuar como investidor e gerenciador da infra-estrutura, proporcionando a esta um caráter competitivo e economicamente sustentável. Assim como é de sua responsabilidade, também, garantir a qualidade dos/nos serviços prestados, eficiência na operação e o acesso dos grupos mais carentes.

**Identificação da sinergia (construtiva e/ou operativa) entre os componentes da infra-estrutura:** esta é uma parte do processo em que um único empreendimento pode ser o resultado da conexão de diversos componentes da infra-estrutura. Devem-se levar em consideração as características próprias de construção e estruturas associadas desses componentes no processo de conexão para a construção ou operação, pois a sinergia construtiva

[...] se apresenta nos casos em que a estrutura necessária para um determinado empreendimento é a mesma, ou então proporciona condições para construção de outro empreendimento. A sinergia operativa pode se dar pela compatibilização de diferentes usos de recursos ou estruturas comuns a diferentes componentes (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 334).

**Definição do escopo:** trata-se da determinação de quais componentes se pretende associar, de acordo com uma análise prévia, no intuito de identificar a viabilidade econômica, social e ambiental, e de acordo com a sinergia entre os componentes e objetivos que se pretende alcançar.

**Definição do tipo de parceria:** ação baseada nos interesses econômicos e estratégicos dos investidores.

**Análise de vantagens:** estudo em que devem ser analisadas vantagens obedecendo à seguinte ordem: sob a ótica econômica, social e ambiental. Para cada ótica prevista deve-se levar em consideração que:

1. A análise sob a ótica econômica deve ser a primeira a ser satisfeita, pois caso não haja condições para a sua viabilidade, a sustentabilidade do investimento ficará comprometida.
2. Em seguida vem a análise do ponto de vista social, pois a infra-estrutura tem o papel de atender também aos interesses sociais, garantindo ao mesmo tempo o acesso dos mais pobres e o retorno do capital investido, “[...] sob pena de que, caso contrário, não haverá infra-estrutura disponível, o que é, reconhecidamente, fator de degradação social [...]” (Idem, p.335).
3. E finalizando, a análise ambiental, já que o meio ambiente depende do sucesso dos dois anteriores, pois, caso contrário, haverá atuação humana predatória e destrutiva.

**Aceitabilidade:** Nesta etapa há o desafio de tornar a sustentabilidade aceitável, pois esta implica em inúmeras mudanças no sentido de harmonizar aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Com isso, infere-se que estes aspectos podem ser de mudança de atitude, de comportamento, de padrão de vida, de investimento, de regulação, de punições, de restrições e de incentivos. Todos aptos a gerar oposição intensa por parte de alguns segmentos da sociedade, tornando-os assim inaplicáveis enquanto fundamentos da Modelagem de Gestão Integrada.

### **3.4 Avaliação de alternativas segundo a Gestão Integrada de Recursos**

Na avaliação de alternativas segundo a GIR, de maneira genérica, pode-se considerar como a melhor alternativa aquela que, conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2005, p. 336):

- apresente a maior autonomia financeira em relação ao capital público, que seja de preferência totalmente privada e autônoma. (sem subsídios);
- garanta o acesso aos serviços por todas as classes sociais;
- remunere o capital investido de forma atrativa e sustentável à ampliação dos serviços por parte do setor privado;
- apresente uma estrutura administrativa enxuta e níveis de eficiência elevados;
- esteja voltada à preservação do meio-ambiente.

Assim, de acordo com estes autores, tais conceitos são genéricos, pois se aplica a qualquer componente da infra-estrutura. Contudo, “[...] a análise detalhada de cada um depende do tipo de componente e suas características, bem como das particularidades da região de implantação e das soluções propostas [...]” (REIS *et al.* 2005, p. 336).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O mapeamento das ETEs compostas por lagoas de estabilização no Ceará foi realizado com base em levantamento feito a partir de dados fornecidos pela CAGECE.

As áreas irrigáveis em ha, mencionadas na Tabela 2, foram calculadas com base em uma constante, encontrada em Ribeiro Filho (1966 apud BELTRÃO, 2004), a partir da qual foram levadas em consideração: a necessidade da mamoneira em mm/mês, as vazões em L/s. Os empregos diretos da tabela 2 foram calculados com base em dados de Moreira, Mera e Mayorga (2008) publicados no XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.

Para a produtividade da mamona foi considerado o valor mínimo citado por Beltrão (2004), haja vista que se buscou a verificação da menor margem bruta para o produtor agrícola.

Foi considerada a receita de esgoto e o custo de Operação e Manutenção (OAM) da CAGECE para o mês de junho de 2008.

Como não é objetivo deste trabalho, a inclusão de custos operacionais (despesas de custeio de lavoura e de pós-colheita), de energia elétrica e de irrigação da mamona serão mencionados apenas com a função de esclarecer a importância dos mesmos na verificação do custo total com a produção da mamona. Haja vista que tais custos estão incluídos de maneira obrigatória no sistema de forma isolada, e integrada para os produtores interessados. Assim, em atendimento a um dos objetivos específicos deste trabalho, considerou-se apenas a identificação do recurso água como fator determinante.

De acordo com o Prosaneamento..., (2002), o método de irrigação a ser utilizado é definido em função de uma série de fatores, a começar pelo tipo de cultura e custos requeridos. A partir deste fato, propõe-se para este trabalho a irrigação realizada por aspersão convencional, pois se apresentou como a melhor opção devido ao menor custo de implantação. Situação observada por uma pesquisa de mercado realizada no ano de 2007 em lojas especializadas em irrigação.

Para o cálculo da água bruta e o seu custo, foi utilizado o valor referente ao consumo de 6.000 m<sup>3</sup>/mês até 11.999 m<sup>3</sup>/mês, fornecido pela COGERH, considerado suficiente para um pequeno produtor (BRASIL, 2009). Usou-se este valor porque a

implantação de uma quantia a ser cobrada para a bacia metropolitana ainda se encontra em discussão, não existindo desta feita, a cobrança para o uso da água bruta em Pacatuba.<sup>10</sup>

Com o valor da vazão da ETE de Pacatuba pode-se calcular a área irrigável. Para tanto foram feitas as seguintes suposições:

Ciclo chuvoso = 3 meses

Quantidade de água necessária para a mamona =  $800 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$ .

Para o cálculo do valor anual da quantidade de água multiplica-se o valor por 12, obtendo-se como resultado o seguinte:

Quantidade de água necessária para a mamona =  $800 \times 12 = 9.600 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ .

Levou-se em consideração para este cálculo Ribeiro Filho (1966 apud Beltrão, 2004).

Vale ressaltar que  $9.600 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$  foi corrigido (multiplicado) pelo seguinte fator que depende do ciclo chuvoso.

Durante o ciclo chuvoso, não foi necessária a irrigação, portanto somente nos nove meses de estiagem foi utilizada a água de reuso.

O fator de correção foi:  $9/12 = 0,75$ .

A quantidade de água de reuso necessária nos nove meses de estiagem foi:

Quantidade de água necessária para a mamona =  $9.600 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano} \times 0,75$

A ETE de Pacatuba, juntamente com o produtor agrícola, foi analisada de forma isolada e segundo o modelo da Gestão Integrada de Recursos para ativar uma possível sinergia do ponto de vista econômico, social e ambiental entre os mesmos.

#### **4.1 Caracterização da área de estudo**

A área de estudo compreende os municípios do Estado do Ceará que dispõem de Estações de Tratamento de Esgotos compostas por lagoas de estabilização, com ênfase para Pacatuba, município em que se deu este estudo, integrante da região metropolitana de Fortaleza – RMF que possui o projeto de tratamento associado ao projeto de reuso em escala real, com 100% do efluente gerado.

---

<sup>10</sup> Informação verbal fornecida por Sales, analista de Gestão em Recursos Hídricos da COGERH, em Fortaleza, em setembro de 2009.

Pacatuba possui área absoluta de 132,43 km<sup>2</sup> e área de 0,09% em relação ao total do Estado do Ceará. Com uma altitude de 65,4 m, possui distância em linha reta da Capital de 31 km (IPECE<sup>11</sup>, 2007).

O Município apresenta clima tropical quente e úmido com pluviosidade anual média de 1479,5 mm, temperatura média que varia entre 26° a 28° e período chuvoso de janeiro a maio. O relevo de Pacatuba faz parte dos tabuleiros pré-litorâneos, maciços residuais e depressões sertanejas. Seus solos são majoritariamente podzólico vermelho-amarelo. Sua vegetação faz parte da Caatinga arbustiva densa, floresta subcaducifólia tropical pluvial e floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular (IPECE, 2007).



Figura 3 – Localização geográfica do município de Pacatuba-CE.

Fonte: IPECE/SUDENE/IBGE.

No mapa da Figura 3 pode ser observado que Pacatuba está localizada na porção Nordeste do Estado do Ceará. O município apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 03° 59' 03" S; 38° 37' 13" W. Possui os seguintes limites: ao Norte com os municípios de Itaitinga, Fortaleza e Maracanaú; ao Sul com os municípios de Guaiúba e Itaitinga; a Leste com Itaitinga e a Oeste com os municípios de Maracanaú, Maranguape e Guaiúba.

O município de Pacatuba possui um sistema de tratamento de esgotos composto de duas lagoas facultativas em paralelo, três de maturação em série e quinze módulos de

<sup>11</sup> IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará)

disposição no solo, com dimensões de 25m x 45m, destes, nove já foram construídos (existentes) e prontos para serem utilizados pela prática do reuso (ver Figura 4). No entanto, cada módulo possui dimensões muito pequenas para o cultivo que está sendo proposto (mamona), servindo apenas como experimento. Porém, no futuro, agricultores terão o direito de utilizar-se desta mesma água para o cultivo em áreas externas à ETE de Pacatuba, podendo pagar pela mesma um valor pré-estabelecido, além de arcar com os custos do sistema de irrigação e dos relativos à energia necessária para o bombeamento.<sup>12</sup>

Assim, foi considerada a título de exemplo, uma área maior e, portanto, externa ao projeto de reuso. O valor da área foi calculado a partir da vazão anual de esgoto da ETE de Pacatuba. As dimensões das lagoas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Lagoas utilizadas na ETE do município de Pacatuba

<b>Lagoa</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Dimensões do fundo (m)</b>
Facultativa A	1,5	50 x 145
Facultativa B	1,5	50 x 145
Maturação A	1,5	45 x 135
Maturação B	1,5	45 x 135
Maturação C	1,5	45 x 135

Fonte: CAGECE (2008).

<sup>12</sup>Informação verbal fornecida por Castro, supervisor de Esgotos e Meio Ambiente da Unidade de Negócios da Bacia Metropolitana (UNBME) da CAGECE, em Fortaleza, em abril de 2008.





Figura 4 - Módulos para reúso de efluentes tratados em Pacatuba-CE – 02/07/2008.  
Fonte: CAGECE (2008).

Nas Figuras 5 e 6 lagoas de estabilização dos tipos facultativa e maturação localizadas na Av. Edson Queiroz, s/n — estrada de Pacatuba para Itaitinga, próximo às margens do riacho Pacatuba, em trecho a jusante da área urbana do município de Pacatuba.



Figura 5 - Lagoa facultativa II de Pacatuba-CE – 02/07/2008.  
Fonte: CAGECE (2008).



Figura 6 - Visão das lagoas de maturação I e II da ETE de Pacatuba-CE – 02/07/2008.  
Fonte: CAGECE (2008).

Na Figura 7, vê-se a lagoa de estabilização do tipo facultativa localizada no município de Pacatuba.



Figura 7 - Lagoa facultativa I de Pacatuba-CE – 02/07/2008.  
Fonte: CAGECE (2008).

Na Figura 8, lagoas de estabilização do tipo maturação localizada no Município de Pacatuba.



Figura 8 - Visão das lagoas de maturação I e II da ETE de Pacatuba-CE – 02/07/2008.  
Fonte: CAGECE (2008).

O esgoto, antes de ser tratado em lagoas de estabilização, recebe tratamento preliminar executado pelos seguintes equipamentos: gradeamento, caixa de areia e calha Parshall (ver Figura 9).



Figura 9 - Caixa de areia para a retirada de resíduos sólidos em Pacatuba-CE – 02/07/2008.  
Fonte: CAGECE (2008).

O efluente final da ETE de Pacatuba é lançado no Riacho Pacatuba. Possui uma vazão média estimada de 14 L/s.

#### 4.2 Fonte de dados

Durante a pesquisa, como fonte, foram utilizados dados secundários embasados em informações colhidas a partir de documentos pertencentes à CAGECE (2007) relativos às vazões de esgotos da ETE de Pacatuba. Este procedimento teve a finalidade de calcular as áreas irrigáveis que tiveram como suporte as águas de vazão, bem como conhecer dados referentes a receitas e custos da Companhia durante o ano de 2008.

Feito isto, dados de Moreira *et al.* (2008) serviram de base para o cálculo do número estimado de empregos diretos gerados a partir da implantação das áreas irrigáveis.

Estudos publicados por AGRICULTURA... (2008) e Gargantini e Hernandez (2003) serviram de base para o cálculo estimado do número total de empregos gerados a partir da agricultura familiar, utilizando-se as vazões consideradas.

Os dados sobre despesas de produção da mamona foram fornecidos pela Petrobrás (2003 apud ALVES *et al.* 2004).

O custo operacional da mamona, que inclui despesas de custeio da lavoura e despesas pós-colheita foi fornecido pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2008).

Os dados relativos à energia elétrica foram fornecidos pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos – DIEESE (2007), bem como pesquisadores e autores de diversos trabalhos, tais como: Ribeiro Filho (1966 apud BELTRÃO, 2004); Alves *et al.* (2004).

### **4.3 Método de análise**

O método de análise utilizado na pesquisa teve como fundamento as afirmações de Lakatos e Marconi (1991). De acordo com estes autores pode-se dizer que método “[...] é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros –, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.” (p. 83) Situação trabalhada com exaustão e detalhes nesta pesquisa.

Assim, baseado nestas afirmações, a presente pesquisa empregou como método a análise tabular, a descrição e o estudo da Gestão Integrada de Recursos (GIR) como se pode constatar nos itens a seguir.

#### **4.3.1 Análise tabular**

Trata-se de um método estatístico sistemático, que apresenta dados dispostos em colunas verticais ou fileiras horizontais, obedecendo a uma classificação dos objetos ou materiais da pesquisa. Apresenta a vantagem de auxiliar na apresentação dos dados, já que facilita, ao leitor, na compreensão e interpretação rápida do conjunto de dados. No entanto, possui como principal propósito facilitar o investigador na “[...] distinção de diferenças, semelhanças e relações, por meio da clareza e destaque que a distribuição lógica e a apresentação gráfica oferecem às classificações [...]” (LAKATOS; MARCONI, 1991, p. 169).

#### **4.3.2 Análise descritiva**

De acordo com Gil (2002), este tipo de análise possui o objetivo de descrever as características de determinada população ou fenômeno ou ainda, estabelecer relações entre variáveis.

### 4.3.3 Gestão Integrada de Recursos – GIR

No Estudo de caso proposto foi estudada a gestão integrada das águas residuárias. Estas, por sua vez, são provenientes de lagoas de estabilização para o cultivo da mamona por meio de um sistema de irrigação.

Neste modelo foi proposta a atuação conjunta do Estado, a partir da interação entre a CAGECE e os produtores rurais interessados.

Desta forma, foram analisados as receitas, os custos e a margem bruta para a ETE e para o produtor rural de forma isolada e de forma integrada segundo a GIR. Posteriormente, as duas situações foram comparadas e observadas com o objetivo de se encontrar possíveis vantagens de cada arranjo.

## 4.4 Técnicas de pesquisa

De acordo com Lakatos e Marconi (1991, p. 174), técnica é um conjunto de “[...] preceitos ou processos de que se serve uma ciência ou arte; é a habilidade para usar esses preceitos ou normas, a parte prática.” Neste sentido, embasado nestas afirmações o presente estudo utilizou-se de técnicas de pesquisa referentes à pesquisa bibliográfica e documental.

Sobre a pesquisa bibliográfica é importante relatar que esta, também chamada de fontes secundárias, consiste em toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo. Neste trabalho teve como finalidade “[...] colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto [...]” (LAKATOS; MARCONI, 1991, p. 183). Objetivo alcançado neste trabalho, já que as fontes a partir das quais foi embasado permitiu o contato direto do pesquisador com dados reais e bem fundamentados.

Assim, as fontes bibliográficas mencionadas nesta dissertação foram utilizadas para informar a respeito de escassez de água, de águas residuárias, de poluição, do reuso de águas, de irrigação com efluentes domésticos, de mamona e de GIR. Buscou-se, com isto, o aprofundamento do conhecimento sobre todos os tópicos envolvidos e incluídos na pesquisa a partir de livros, periódicos, dissertações e sítios de *internet*.

A respeito da pesquisa documental é importante observar-se que se trata de um tipo de pesquisa em que a fonte de coleta de dados se restringe a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina fontes primárias conforme Lakatos e Marconi (1991). Tendo



em mente estas características, o presente estudo obteve informações que foram disponibilizadas a partir de fontes relativas às Estações de Tratamento de Esgotos de todo o Estado do Ceará, tendo sido visto as tabelas de vazão, fotografias da ETE de Pacatuba, dados relativos a receitas, custos e investimentos da CAGECE.

#### 4.4.1 Estudo de caso

A CAGECE adota para o tratamento dos esgotos do município de Pacatuba uma ETE localizada fora da zona urbana, em área favorável à sua construção, quer pela ausência de núcleos habitacionais, quer pela topografia adequada à construção do sistema de lagoas de estabilização, além da proximidade com o Riacho Pacatuba, que serve de corpo receptor dos efluentes depois de tratados (PROSANEAMENTO..., 1997).

Para a ocorrência da agricultura irrigada, o produtor agrícola necessita efetuar o pagamento de tarifas para a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), para obtenção de uma determinada vazão de água bruta, além de dispor de equipamentos adequados ao tipo particular de cultura.

Para a CAGECE tornar-se-ia mais viável do ponto de vista econômico a venda dos efluentes tratados, ao descarte nos mananciais monitorados pela COGERH. Para a Companhia de Gestão seria mais vantajoso, do ponto de vista ambiental, o não lançamento de águas residuárias em seus mananciais.

No entanto, para que isto ocorra, é necessário que as águas das lagoas de estabilização sejam redirecionadas a uma determinada área de cultivo, necessitando apenas a ocorrência de uma demanda por parte dos produtores agrícolas adjacentes. Dessa forma, o produtor agrícola pagaria um valor mais viável pela água proveniente da ETE<sup>13</sup> mais próxima, abandonando o valor pago pelo uso de águas brutas.

Mesmo assim, é necessário que se entenda que a CAGECE é uma Sociedade de Economia Mista, assim, não pode simplesmente fornecer água sem ônus ao produtor, mesmo que seja a água caracterizada como de reuso. Com isto, a relação entre a Companhia de água e o produtor particular teria que ser por meio de pagamento pelo uso do bem público (água).

Ocorre que, atualmente, o produtor, mesmo com o seu interesse a este respeito, fica isolado. Deste modo, não adquire o direito de utilização da água de reuso, pois ainda não existe na planilha de serviços da CAGECE a possibilidade de pagamento por este bem.

---

<sup>13</sup> ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

Além disto, o uso desta água não é amparado por contrato, cujo teor pudesse estabelecer, por exemplo, as formas de utilização da água de reuso para a não ocorrência de problemas causados pelo seu uso indevido, o que poderia vir a causar danos ambientais e à saúde dos beneficiados.

Assim, a única forma de obtenção desta água seria pela distribuição de maneira viável para os produtores. Isto ocorreria por meio de convênio entre a CAGECE e uma associação de produtores interessados no fornecimento da água. Significa dizer que, atualmente, somente uma associação de pessoas poderia adquirir esse direito, fato que não seria possível para um produtor agrícola isolado. Com isto, a associação de produtores só poderia dispor do esgoto tratado se este fosse utilizado em cultivos dentro dos módulos anexos a uma ETE. Condição vista, no Estado do Ceará, por exemplo, apenas no município de Pacatuba.

Atuando de forma isolada, a CAGECE lança águas residuárias em mananciais da COGERH de forma permanente, contribuindo assim, para a ocorrência de poluição e desperdício deste recurso. Além disso, o produtor agrícola paga a COGERH pelo recebimento da água bruta necessária à irrigação de culturas, ou seja, de um lado acontece o desperdício dos efluentes pela CAGECE, além da poluição dos mananciais, do outro, o produtor agrícola é onerado pelo custo de uso da água bruta, acarretando uma menor margem bruta.<sup>14</sup>

Sabendo-se destes fatos, o presente capítulo caracteriza-se por buscar as ETes do Estado do Ceará que fazem uso de lagoas de estabilização, tendo como meta a determinação de áreas irrigáveis a partir de vazões e da projeção de empregos diretos gerados com o cultivo da mamona no campo.

Além disso, o presente estudo fez a comparação da viabilidade financeira do reuso de efluentes entre a CAGECE e o produtor agrícola com suporte da GIR.

De acordo com Gil (2002), o estudo de caso é uma modalidade em que se realiza um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, no intuito de possibilitar um amplo e detalhado conhecimento. Nesse sentido, a presente pesquisa propõe como procedimento técnico um estudo de caso referente ao município de Pacatuba, no Estado do Ceará a respeito do reuso de águas no cultivo da mamona.

---

<sup>14</sup>Informação verbal fornecida por Castro, supervisor de Esgotos e Meio Ambiente da Unidade de Negócios da Bacia Metropolitana (UNBME) da CAGECE, em Fortaleza, em abril de 2008.

#### 4.4.1.1 Uso da água de forma isolada

Conforme mencionado na introdução do trabalho, o uso da água de forma isolada consiste no lançamento de águas residuárias em mananciais públicos de forma permanente contribuindo para a poluição e desperdício da mesma. Além disso, o produtor agrícola paga à COGERH pelo recebimento da água bruta necessária na irrigação de culturas. Com estes fatos em mente, seguiram-se o seguinte procedimento e cálculo durante o andamento da pesquisa:

##### Análise do sistema de forma isolada para a COGERH

$$R_{Ab} = P_{Ab} \times V_{Ab} \quad (1)$$

$$M_{b1C} = R_{Ab} \quad (2)$$

Observando-se que:

$R_{Ab}$  = Receita da água bruta (R\$/ano)

$P_{Ab}$  = Preço da água bruta (R\$/m<sup>3</sup>)

$V_{Ab}$  = Vazão de água bruta (m<sup>3</sup>/ano)

$M_{b1C}$  = Margem bruta 1 da COGERH (R\$/ano)<sup>15</sup>

##### Análise do sistema de forma isolada para o produtor agrícola

$$V_{Abir} = Q_{Abir} \times A_{ir} \quad (3)$$

$$Q_M = P_{rM} \times A_{ir} \quad (4)$$

$$R_M = P_M \times Q_M \quad (5)$$

$$M_{b1P} = R_M - (C_M + C_{Ag}) \quad (6)$$

Observando-se que:

$V_{Abir}$  = Vazão de água bruta necessária para a irrigação (m<sup>3</sup>/ano)

$Q_{Abir}$  = Quantidade de água bruta necessária para a irrigação (m<sup>3</sup>/ha/ano)<sup>16</sup>

<sup>15</sup> $M_{b1C}$  significa que esta margem refere-se ao sistema de forma isolada.

<sup>16</sup>800 m<sup>3</sup>/ha/ano x (12 - período chuvoso).



$A_{ir}$  = Área irrigada (ha)

$Q_M$  = Quantidade de mamona produzida (Kg/ano)

$P_{rM}$  = Produtividade da mamona (Kg/(ha/ano))<sup>17</sup>

$R_M$  = Receita da mamona (R\$/ano)

$P_M$  = Preço da mamona (R\$/Kg)<sup>18</sup>

$M_{b1P}$  = Margem bruta do produtor (R\$/ano)

$C_M$  = Custo de produção da mamona (R\$/ano)

$C_{Ag}$  = Custo da água bruta para o produtor (R\$/ano)<sup>19</sup>

#### 4.4.1.2 Uso da água segundo o modelo de gestão integrada

Conforme o modelo de Gestão Integrada de Recursos, efluentes tratados pela CAGECE não mais seriam lançados em mananciais da COGERH, pois estes seriam utilizados na agricultura irrigada. Com esta informação em mente seguiram-se os procedimentos abaixo:

##### Análise do sistema de forma integrada (GIR) para a ETE de Pacatuba

$$R_e = P_e \times V_e \quad (7)$$

$$M_{b2C} = R_e - C_e^{20} \quad (8)$$

Sendo:

$R_e$  = Receita do esgoto (R\$/ano)<sup>21</sup>

$P_e$  = Preço do esgoto (R\$/m<sup>3</sup>)

$V_e$  = Vazão de esgoto (m<sup>3</sup>/ano)

$M_{b2C}$  = Margem bruta 2 da CAGECE (R\$/ano)

$C_e$  = Custo de tratamento do esgoto para a CAGECE (R\$/ano)

##### Análise do sistema de forma integrada (GIR) para o produtor agrícola

$$V_{Arir} = Q_{Arir} \times A_{ir} \quad (9)$$

<sup>17</sup>Beltrão (2004).

<sup>18</sup>Dado fornecido por Amorim Neto, Araújo e Beltrão (2001) atualizado pelo IGP-M (2008).

<sup>19</sup> Preço da água x Volume de água necessário.

<sup>20</sup>  $M_{b2C}$  significa que esta margem refere-se ao sistema de forma integrada.

<sup>21</sup> Ano Base 2008.

$$Q_M = P_{rM} \times A_{ir} \quad (10)$$

$$R_M = P_M \times Q_M \quad (11)$$

$$M_{b2P} = R_M - (C_M + C_{Ar}) \quad (12)$$

Sendo:

$V_{Arir}$  = Vazão de água de reuso necessária para a irrigação ( $m^3$ /ano)

$Q_{Arir}$  = Quantidade de água de reuso necessária para a irrigação ( $m^3$ /ha/ano)

$A_{ir}$  = Área irrigada (ha) calculada com base em dados da CAGECE acompanhado de dados de Ribeiro Filho (1966) citado por Beltrão (2004).

$Q_M$  = Quantidade de mamona produzida (Kg/ano)

$P_{rM}$  = Produtividade da mamona (Kg/(ha/ano))<sup>22</sup>

$R_M$  = Receita da mamona (R\$/ano)

$P_M$  = Preço da mamona (R\$/Kg)<sup>23</sup>

$M_{b2P}$  = Margem bruta do produtor (R\$/ano)

$C_M$  = Custo de produção da mamona (R\$/ano)

$C_{Ar}$  = Custo da água de reuso (R\$/ano)

Observa-se que a viabilidade econômica para a ETE de Pacatuba foi estudada considerando-se os custos de implantação da ETE pela CAGECE e do projeto de reuso (ver Tabela 9). Para a análise da viabilidade econômica da ETE de Pacatuba foram considerados ainda os seguintes indicadores: investimento da ETE de Pacatuba (R\$); projeto de reuso (R\$); taxa efetiva de juros (% aa); vazão em  $m^3$ /h; vida útil em anos; custo de OAM<sup>24</sup> em R\$/ $m^3$ ; e custo de fornecimento de água em R\$/mês.

O valor referente à parcela do empréstimo foi obtido por meio das seguintes relações:

Juros = Investimento total x Taxa efetiva de juros x Prazo de pagamento

Valor a ser pago = Investimento total + Juros

<sup>22</sup>Beltrão (2004).

<sup>23</sup>Dado fornecido por Amorim Neto, Araújo e Beltrão (2001) atualizado pelo IGP-M (2008).

<sup>24</sup>OAM: Operação e Manutenção

Valor da parcela = Valor a ser pago / Prazo de pagamento

Para a obtenção dos resultados foi considerada a taxa efetiva de juros fixa. Na pesquisa ficou observado que se solicitado um prazo maior para a liquidação da dívida, poderia haver variações na taxa considerada. Entretanto, não foi objetivo deste trabalho analisar pormenorizadamente tais variações. O valor referente a essa parcela, deverá ser cobrado dos usuários do sistema de água e esgoto.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo traz dados avaliados a partir de uma contextualização inicial que mostra o cenário atual em que estão inseridas as ETEs, observando-se também o sistema de forma isolada e segundo a GIR para a CAGECE e para o produtor agrícola, seguido da análise de ambas as formas, e finalmente da análise de custos de implantação da ETE e do projeto de reuso do município de Pacatuba para a CAGECE.

### 5.1 Cenário atual das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) compostas por lagoas de estabilização no Ceará

O cenário atual das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) formadas por lagoas de estabilização no Ceará compõe-se de unidades distribuídas em Bacia do Alto Jaguaribe; Metropolitana; Acaraú; Banabuiú; Baixo Jaguaribe; Parnaíba; Curú e Litoral; Salgado. Estas bacias foram agrupadas em Sistemas Existentes; Sistemas em Execução; Sistemas em Projeto.

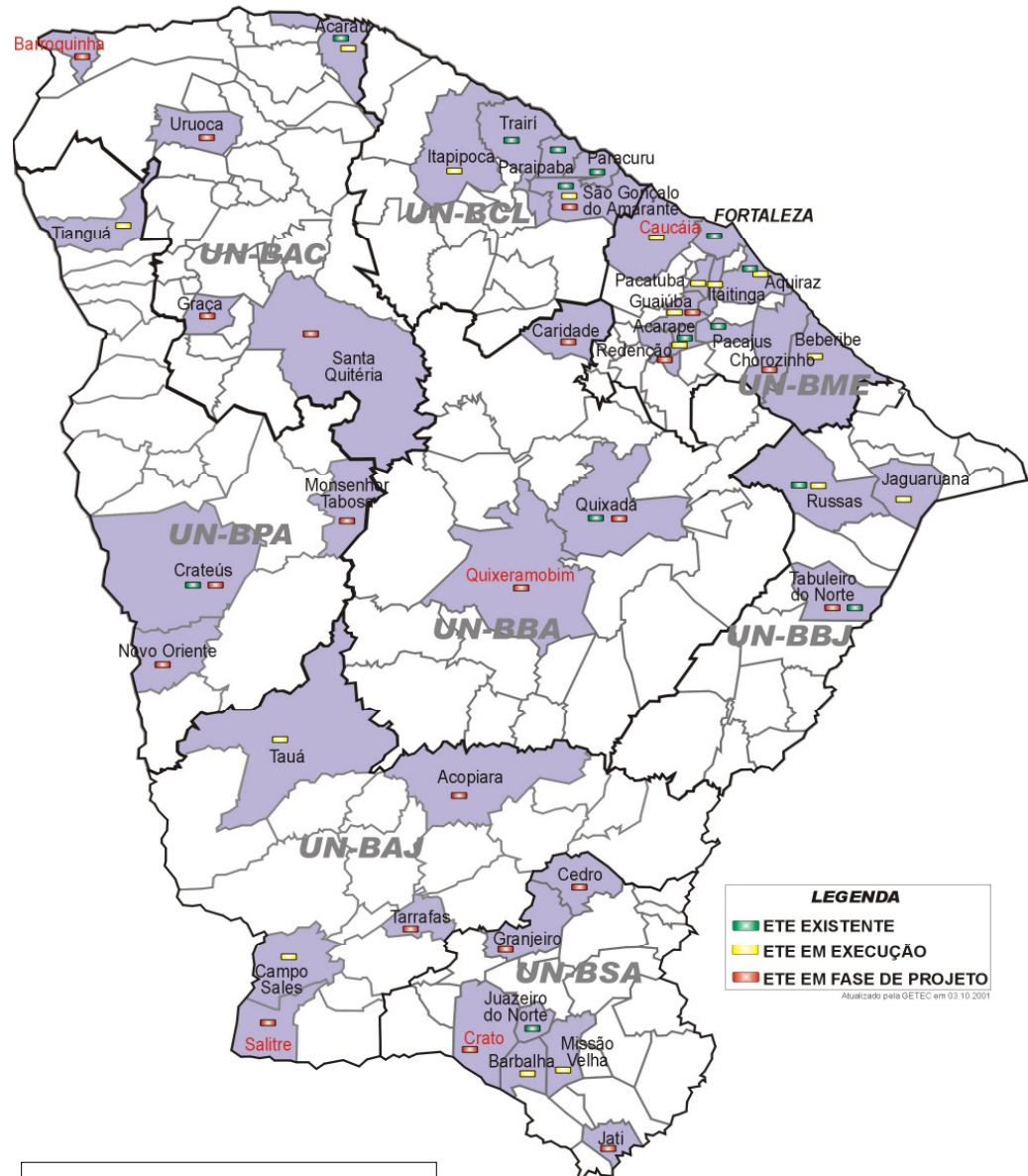
A Figura 10 ao lado mostra os municípios contemplados com Unidades de Tratamento de Esgotos compostas por lagoas de estabilização. Pode-se, então, perceber na ilustração que a configuração destas unidades reflete uma boa distribuição ao longo de todo o Estado. O que caracteriza a região como detentora de um potencial significativo de esgoto tratado pronto para a prática do reuso.

Mesmo assim, apesar de todo esse potencial, durante a pesquisa constatou-se que somente algumas destas unidades estão fazendo reutilização da água, a exemplo de Aquiraz e Quixadá, o que demonstra ser esta prática uma ação de reaproveitamento de águas ainda em fase de experimentação por parte tanto da CAGECE quanto dos produtores agrícolas espalhados por todo o Estado do Ceará.<sup>25</sup>

Em algumas localidades, seja pela relação custo-benefício, ou pelo fato de que o sistema de abastecimento de água e esgoto é administrado por uma empresa municipal, não estão visualizadas unidades de lagoas de estabilização.

---

<sup>25</sup>Informação verbal fornecida por Castro, supervisor de Esgotos e Meio Ambiente da Unidade de Negócios da Bacia Metropolitana (UNBME) da CAGECE, em Fortaleza, em abril de 2008.



UN – Unidade de Negócio  
 BAJ – Bacia do Alto rio Jaguaribe  
 BME – Bacia Metropolitana  
 BAC – Bacia do rio Acaraú  
 BBA – Bacia do rio Banabuiú  
 BBJ – Bacia do Baixo rio Jaguaribe  
 BPA – Bacia do rio Parnaíba  
 BCL – Bacia do rio Curu e Litoral  
 BSA – Bacia do rio Salgado

Figura 10 - Municípios com ETEs de lagoas de estabilização no Ceará.  
 Fonte: CASTRO *et al.* (2007).

A Tabela 2 a seguir mostra a capacidade de cada unidade (existentes, em execução e em projeto), sendo a utilização média de 62% (das existentes) em relação à sua capacidade de projeto.

Tabela 2 - Capacidade das unidades de tratamento

SISTEMAS EXISTENTES				
ITEM	UNIDADE DE NEGÓCIO	VAZÃO (L/s)	ÁREA IRRIGÁVEL (ha)	EMPREGOS DIRETOS <sup>26</sup>
01	Metropolitano	867	2.797	1678
02	UN <sup>27</sup> - MTN <sup>28</sup>	17	55	33
03	UN – BME – FORTALEZA	98	316	190
04	UN – BAC – SOBRAL	162	523	314
05	UN – BBA – QUIXADÁ	5	16	10
06	UN – BBJ – RUSSAS	97	313	188
07	UN – BAJ – IGUATU	37	119	71
08	UN – BPA – CRATEÚS	70	226	136
09	UN – BCL – ITAPIPOCA	103	332	199
10	UN – BSA – JUAZEIRO	186	600	360
<b>TOTAL</b>		<b>1.642</b>	<b>5.297</b>	<b>3.178</b>
SISTEMAS EM EXECUÇÃO				
01	UN – BCL – ITAPIPOCA	49	158	95
02	UN – BSA – JUAZEIRO	115	371	223
03	UN – BME – FORTALEZA	177	571	343
<b>TOTAL</b>		<b>341</b>	<b>1.100</b>	<b>660</b>
SISTEMAS EM PROJETO				
01	UN – BME – FORTALEZA	48	155	93
02	UN – BAC – SOBRAL	27	87	52
03	UN – BBA – QUIXADÁ	338	1.090	654
04	UN – BBJ – RUSSAS	36	116	70
05	UN – BPA – CRATEÚS	106	342	205
06	UN – BCL – ITAPIPOCA	67	216	130
07	UN – BSA – JUAZEIRO	146	471	283
<b>TOTAL</b>		<b>768</b>	<b>2.477</b>	<b>1.486</b>

Fonte: CAGECE (2007) adaptado pelo autor (2009).

Segundo Moreira *et al.* (2008) há uma projeção de 0,6 empregos diretos para cada hectare de área plantada com mamona (relativo ao cultivo). Para cada 1% de substituição do óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar, e para cada 0,1 emprego no campo/ha, é gerado 0,3 empregos na cidade/ha (AGRICULTURA..., 2008). Numa hipótese otimista de 6% de participação da agricultura familiar no mercado de biodiesel, seriam gerados nos sistemas de lagoas de estabilização do Ceará, em torno de 22 mil empregos, considerando-se o reuso da água nos sistemas existentes e a conclusão dos sistemas em execução e projetados.

Tomando-se por base a agricultura não irrigada que gera apenas 0,22 empregos diretos e 0,66 indiretos segundo estudos de Gargantini e Hernandez (2003), o cultivo da

<sup>26</sup> Empregos Diretos: 0,6 x área (ha)

<sup>27</sup> UN: Unidade de Negócio

<sup>28</sup> MTN: Metropolitana Norte

mamoneira plantada nestas condições de sequeiro geraria para a mesma área considerada anteriormente, em torno de oito mil empregos.

## **5.2 Sistema isolado e segundo a Gestão Integrada de Recursos (GIR) para a CAGECE e para o produtor agrícola**

A análise dos resultados foi executada fazendo-se uso de comparativos entre os dados obtidos para cada um dos integrantes do sistema. Essa análise apresentou diferenças para o produtor e para a CAGECE.

A vazão de água de reuso, em Pacatuba, fornecida pela CAGECE para a pesquisa foi de 441.504 m<sup>3</sup> / ano (CAGECE, 2007).

A quantidade de água de reuso necessária para o cultivo da mamona nos nove meses de estiagem foi 7.200 m<sup>3</sup>/ha/ano, total obtido por meio do seguinte cálculo: 9.600 m<sup>3</sup>/ha/ano x 0,75, em que 9.600 equivale a quantidade de água, visto em Ribeiro Filho (1966 apud Beltrão, 2004), para a irrigação da mamona; e 0,75 equivale ao fator de correção baseado no total de meses em que a mamona pode ser irrigada, razão entre o número de meses de estiagem (9) e o número de meses do ano (12).

Dividindo-se a quantidade de água de reuso produzida (441.504 m<sup>3</sup> / ano) pela quantidade de água necessária para a mamona (7.200 m<sup>3</sup>/ha/ano), obteve-se o valor da área a ser irrigável, neste caso, 61 ha.

Constatou-se também que, de acordo com pesquisa de mercado, o custo com o sistema de irrigação para os 61 ha seria de R\$ 29.306,25. Para o cultivo da mamona, foi assumido este valor.

Para o custo de OAM da mamona foi assumido o valor de R\$ 523,00/ha (PETROBRÁS, 2003 apud ALVES; SOBRINHO; CARVALHO, 2004) atualizado para R\$ 784,93/ha corrigido pelo IGP-M.

Conforme citado por Beltrão (2004), o valor referente à produtividade da mamona varia entre 3.500 e 5.000 kg/ha. Nos cálculos realizados, foi utilizado o valor mínimo, uma vez que esta é a situação de menor margem bruta para o produtor agrícola.

A receita financeira do esgoto para a CAGECE referente ao mês de junho do ano de 2008 foi de R\$ 16.471,28 (CAGECE - 2008). Esta receita não se deve à cobrança pelo fornecimento de águas residuárias, pois esta não existe de forma isolada, mas à cobrança da taxa de esgoto aos usuários, que é baseada no consumo de água.

No entanto, com o pagamento futuro de serviços pelo fornecimento de águas de reuso efetuado pelo produtor agrícola, a CAGECE aumentará a margem bruta com a inclusão desta receita para este fim específico.

O custo de OAM em dinheiro para a CAGECE referente ao sistema em questão no mês de junho do ano de 2008 foi de R\$ 3.431,42 (CAGECE, 2008).

O custo operacional (parcial) da mamona é apresentado na Tabela 3 a seguir. Os valores da Tabela 3 foram estimados para uma produtividade média de 1.200 Kg/ha. Também não foram consideradas depreciações de máquinas, pois estas eram alugadas, bem como os encargos sociais, uma vez que a mão-de-obra era temporária.

Tabela 3 – Custo operacional de produção da mamona

<b>CUSTO OPERACIONAL (PARCIAL) NA PRODUÇÃO DA MAMONA</b>	<b>(R\$/ha)</b>
<b>Despesas de custeio da lavoura</b>	
Aluguel-Operação com máquinas	481,50
Mão-de-obra temporária	722,50
Sementes	21,00
Defensivos	28,35
Outras despesas (análise do solo, sacaria, administrativa)	95,49
<b>Total</b>	<b>1.348,84</b>
<b>Despesas pós-colheita</b>	
Beneficiamento	30,60
Assistência técnica	27,83
<b>Total</b>	<b>58,43</b>

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2008).

Na Tabela 4 são apresentados os custos encontrados com o uso de energia elétrica na produção de mamona.

Tabela 4 – Custos com energia elétrica na produção de mamona

<b>Energia Elétrica</b>	<b>R\$ (IGP-M – FGV)<sup>29</sup></b>
Potência da bomba (W)	18.400,00
Horas funcionando (por dia)	10,00
Consumo de energia mensal (KWh)	5.520,00
Preço do KWh (RURAL)	0,21
<b>Total (R\$)</b>	<b>1.159,20</b>

Fonte: Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos – DIEESE (2007).

<sup>29</sup>Índice Geral de Preços do Mercado da Fundação Getúlio Vargas.



### 5.2.1 Análise do sistema de forma isolada para a CAGECE

Segundo Garcia (2006) embora a CAGECE não pague à COGERH por nenhum descarte de efluente, a companhia responsável pela distribuição de água e tratamento de esgoto cobra R\$ 1,92 (R\$ 2,38 corrigido pelo IGP-M<sup>30</sup> para 09/2008) por metro cúbico de efluente recebido.

Tabela 5 - Margem bruta no sistema de forma isolada

Receita do esgoto (R\$)	16.471,28
Custo de tratamento do esgoto (R\$)	3.431,42
Margem bruta (R\$)	13.039,86

Fonte: CAGECE (junho de 2008).

### 5.2.2 Análise do sistema de forma integrada para a CAGECE

Conforme se pode observar nos dados obtidos na Tabela 6 à frente é mais vantajoso, do ponto de vista econômico, para a CAGECE, o uso do sistema de forma integrada, pois este implica em aumento de receita, uma vez que a água de reuso pode ser vendida ao produtor a um custo menor do que a COGERH oferece.

Outra vantagem do sistema de gestão integrada está relacionada ao meio ambiente, uma vez que este não corre o risco de ser prejudicado pela poluição dos mananciais.

Tabela 6 – Margem bruta no sistema de forma integrada

Receita do esgoto (R\$)	16.471,28
Custo de tratamento do esgoto (R\$)	3.431,42
Receita da venda dos efluentes tratados (R\$)	1.475,71
Margem bruta (R\$)	14.515,57

Fonte: CAGECE (junho de 2008).

### 5.2.3 Análise do sistema de forma isolada para o produtor agrícola

A Tabela 7 mostra o balanço entre os custos e receita observados a partir da produção de mamona. Foram feitas simulações para vários valores de vazão de esgoto.

<sup>30</sup> IGP-M: Índice Geral de Preços do Mercado. Os dados corrigidos pelo IGP-M foram de iniciativa do autor da dissertação.

Aumentando-se a vazão (área irrigável), teve-se como consequência o aumento na razão entre a margem bruta e o custo.

Tabela 7 - Margem bruta no sistema de forma isolada

ITENS	VALORES
Tarifa pelo uso da água bruta (R\$/1000m <sup>3</sup> )	<b>6,72</b>
Quantidade de água necessária (m <sup>3</sup> /ha/ano)	7.200,00
Produtividade da mamona (Kg/ha/ano)	3.500,00
Área irrigada (ha)	61,00
Vazão de água necessária (m <sup>3</sup> /ano)	439.200,00
Preço da mamona (R\$/Kg)	1,25
Quantidade produzida (Kg/ano)	213.500,00
Receita da mamona (R\$/ano)	266.875,00
Custo de produção da mamona (R\$/ha/ano)	1.407,27
Custo da água bruta (R\$/ano) <sup>31</sup>	2.951,42
Margem bruta (R\$/ano)	262.516,31

Fonte: COGERH (2009); Ribeiro Filho (1966 apud Beltrão, 2004); Beltrão (2004); CAGECE (2008); Tecbio (2004 apud ALVES; SOBRINHO; CARVALHO, 2004); CONAB (2008).

#### 5.2.4 Análise do sistema de forma integrada para o produtor agrícola

Na Tabela 8 a seguir é apresentada a margem bruta obtida a partir da análise do sistema utilizado de forma integrada. Conforme pode ser observado, há a ocorrência de redução dos custos, pois com a sugestão de que o preço da água fosse menor, em torno de 50% do que o oferecido pela COGERH, os resultados mostraram que houve um aumento significativo no valor da margem bruta.

<sup>31</sup> Custo da água bruta = Preço da água bruta x Volume de água necessário

Tabela 8 – Margem bruta no sistema de forma integrada

ITENS	VALORES
Tarifa da água de reuso (R\$/1000 m <sup>3</sup> )	3,36
Quantidade de água necessária (m <sup>3</sup> /ha/ano)	7.200,00
Produtividade da mamona (Kg/ha/ano)	3.500,00
Área irrigada (ha)	61,00
Vazão de água necessária (m <sup>3</sup> /ano)	439.200,00
Preço da mamona (R\$/Kg)	1,25
Quantidade produzida (Kg/ano)	213.500,00
Receita da mamona (R\$/ano)	266.875,00
Custo de produção da mamona (R\$/ha/ano)	1.407,27
Custo da água de reuso (R\$/ano)	1.475,71
Margem bruta (R\$/ano)	263.992,02

Fonte: COGERH (2009); Ribeiro Filho (1966 apud Beltrão, 2004); Beltrão (2004); CAGECE (2008); Tecbio (2004 apud ALVES, SOBRINHO, CARVALHO, 2004); CONAB (2008).

Com estes dados, pode-se inferir, portanto, que, para o produtor, de acordo com a Gestão Integrada de Recursos, o custo da água torna-se menor. Para a CAGECE, a receita torna-se maior.

### 5.3 Análise dos custos de implantação da ETE de Pacatuba para a CAGECE

Os custos de implantação da ETE de Pacatuba e do projeto de reuso são apresentados na Tabela 9.

Conforme pode ser observado, o investimento total, que inclui a implantação da ETE de Pacatuba e do projeto de reuso foi de R\$ 4.618.399,94.

Considerando-se que este investimento seja executado por meio de empréstimos utilizando taxa de juros de 12 % ao ano, pode-se calcular o valor da parcela a ser paga pela CAGECE. Para tanto se considerou um prazo de dois anos necessários à finalização do pagamento.

Nos cálculos feitos durante o presente estudo, obteve-se como resultado um valor de R\$ 238.617,33, referente à parcela do empréstimo.

Tabela 9 – Custos de implantação da ETE de Pacatuba e do projeto de reuso

<b>ITENS</b>	<b>VALORES</b>
Investimento da ETE PACATUBA (R\$)	3.964.087,47
Projeto de reuso (R\$)	654.312,47
Investimento total (R\$)	4.618.399,94
Taxa efetiva de juros (aa)	0,12
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	50,4
Vida útil (anos)	20
Custo de OAM (R\$)	3.431,42
Custo de fornecimento de água (R\$/m <sup>3</sup> )	0,0693
Prazo de pagamento (anos)	2
Juros (R\$)	1.108.415,99
Valor a ser pago (R\$)	5.726.815,93
Valor da parcela (R\$)	238.617,33

Fonte: CAGECE, (2008).

## 6 CONCLUSÃO

Após o estudo feito pelo presente trabalho, para a simulação do cultivo da mamona por meio do reuso de efluentes em Pacatuba-Ce, utilizando-se do modelo de Gestão Integrada de Recursos (GIR), constatou-se que haveria vantagens do sistema de Gestão Integrada em relação ao sistema isolado para a CAGECE e para o produtor agrícola.

Durante a revisão bibliográfica e documental a respeito do reuso de águas, primeiro objetivo específico desse trabalho, observou-se que o aumento da procura por água doce e potável tem se tornado cada vez mais acelerado na atualidade, realidade que tem feito do reuso de águas residuárias tema de grande importância, também para o Estado do Ceará, onde este bem é escasso.

Na identificação das Estações de Tratamento de Esgotos do Estado do Ceará que utilizam lagoas de estabilização, para a determinação das áreas irrigáveis, com base nas vazões e da projeção de empregos diretos gerados pelo cultivo da mamona no campo, o presente estudo identificou, considerando-se os sistemas existentes, em execução e projetados, as Bacias de Juazeiro do Norte e Quixadá como sendo as que apresentam maior potencial de reuso das águas no estado e, conseqüentemente, maior potencial na geração de empregos com o plantio da mamoneira utilizando-se água de reuso.

Tendo sido feita a comparação entre a viabilidade financeira do reuso de efluentes entre a CAGECE e o produtor agrícola, em atendimento ao último objetivo específico, o presente estudo observou que, pelo modelo de Gestão Integrada de Recursos, a água bruta passaria a ser substituída parcialmente por água de reuso, com qualidade inferior, aumentando a margem bruta para o agricultor, ou seja, agindo de forma integrada, surgiria uma nova receita, constituída pelo uso dos efluentes tratados (água de reuso) ao produtor agrícola que, se somada à receita anterior, implicaria em aumento da margem bruta.

Agindo de forma isolada, observa-se na pesquisa que o produtor pagaria pelo uso da água bruta fornecida pela COGERH um valor superior ao que ele teria de pagar se agisse de forma integrada a companhia de água. Conseqüentemente, o custo da água bruta seria maior. Doutro modo, vê-se que, ao agir de forma integrada com a CAGECE, considerando-se uma queda de 50% no preço de água reutilizada, haveria uma queda no custo da água de reuso, com aumento da margem bruta para a CAGECE.

Com isso, verifica-se que a hipótese do trabalho, de que, por meio da GIR a prática do reuso de águas residuárias representa vantagens do ponto de vista econômico,

social e ambiental para as partes envolvidas, foi confirmada. Ou seja, tanto para a CAGECE como para o produtor agrícola envolvido existem vantagens neste sentido. Pelo modelo de GIR, a COGERH deixa de obter o ganho financeiro proveniente do fornecimento da água bruta para o produtor agrícola. No entanto, há notável ganho ambiental, haja vista não mais existir o descarte de efluentes por parte da CAGECE em mananciais da COGERH.

A simulação para o cultivo da mamona, com o reuso de águas residuárias, apresentou um ganho de 0,5 % e 11% para o produtor agrícola e para a CAGECE nessa ordem respectivamente.

Portanto, conclui-se que a água residuária deveria ser reaproveitada em, por exemplo, cultivos agrícolas, tendo em mente ser vantajosa, esta prática do ponto de vista econômico, social e ambiental para a COGERH, para a CAGECE e para o produtor agrícola, utilizando a GIR.

## REFERÊNCIAS

AGRICULTURA familiar, emprego e o lado social do biodiesel. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/social/aspectos-sociais.htm>>. Acesso em: 27 dez. 2008.

AISSE, Miguel Mansur. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

ALVES, Maria Odete; SOBRINHO, José Narciso; CARVALHO, José Maria Marques de. **Possibilidades da mamona como fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel no Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ARAÚJO, Germário Marcos *et al.* Avaliação do potencial do reúso das águas residuárias tratadas, provenientes do sistema de lagoas de estabilização de Ponta Negra em Natal – RN. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. p. 1-11. Disponível em: <<http://www.usp.br/cirra/arquivos/CongressoABES/II-171.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2007.

ARAÚJO, Lúcia de Fátima Pereira. **Lagoas de estabilização na região metropolitana de Fortaleza – RMF: qualidade e potencialidade de reúso do efluente final**. 1999. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Igp-m**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/?CORRECAO>>. Acesso em: 28 set. 2008.

BARBOSA, Cláudio Pacheco. **Avaliação dos custos de água subterrânea e de reúso de efluentes no Estado do Ceará**. 2000. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo. **Sistema de produção de mamona em condições irrigadas: considerações gerais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2004/DOC132.PDF>>. Acesso em: 30 set. 2008.

BEZERRA, Francisco César Lima. **Reuso planejado de águas residuárias em irrigação: uma alternativa para o Estado do Ceará.** 1997. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

BEZERRA, Francisco César Lima. Reuso planejado de águas residuárias em irrigação. *In:* \_\_\_\_\_. **Reúso de águas:** a experiência da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2000. cap. 2, p. 31-55.

BRASIL. **Decreto nº 29.373, de 08 de agosto de 2008.** Regulamenta o Art. 7º da Lei nº 11.996 de 24 de Julho de 1992 e suas alterações posteriores, no tocante à cobrança pelo uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e dá outras providências. Disponível em: <[http://portal.cogerh.com.br/categoria3/legislacao-estadual/copy\\_of\\_decreto-no28-300-de-30-de-junho-de-2006](http://portal.cogerh.com.br/categoria3/legislacao-estadual/copy_of_decreto-no28-300-de-30-de-junho-de-2006)>. Acesso em: 14 set. 2009.

BREGA FILHO, Darcy; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. Conceito de reúso de água. *In:* \_\_\_\_\_. **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. cap. 2, p. 21-36.

CARVALHO, Maria Ester de. **Avaliação do desempenho das lagoas de estabilização do sistema integrado do distrito industrial (SIDI) de Maracanaú-CE, tratando água residuária composta (doméstica e industrial).** 1997. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

CASTRO, Francisco José Ferreira de. *et al.* Volumes de efluentes tratados em lagoas de estabilização para reuso no Ceará. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/II-447.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Custo de produção estimado para a mamona. Safra 2008/09. Safra da seca.** Irecê, BA. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custodeproducao\\_safradaseca.xls](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custodeproducao_safradaseca.xls)>. Acesso em: 28 set. 2008.

CYNAMON, Szachna Elias. Água – passado, presente e futuro. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 1993, Natal. **Anais ...** Natal: ABES, 1993. p. 622-628.

DALTRO FILHO, José. **Saneamento Ambiental:** doença, saúde e saneamento da água. São Cristóvão: Editora UFS; Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 2004.



DIEESE - Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. As tarifas de energia elétrica no Brasil: sistemática de correção e evolução dos valores. **Nota Técnica**, n. 58, p. 8-12, 2007. Disponível em <<http://www.dieese.org.br/notatecnica/notatec58TarifaEnergia.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2008.

FELIZATTO, Mauro Roberto. ETE CAGIF: projeto integrado de tratamento avançado e reúso direto de águas residuárias. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. p. 1-17. Disponível em: <<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/aresidua/brasil/ii-081.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2007.

FONTGALLAND, Guido. **A preservação dos recursos hídricos, através do tratamento do esgoto doméstico de pequenos centros urbanos, utilizando lagoas de estabilização.** 1990. 283 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1990.

FREITAS, Ana Carolina. **Regulamentação para reuso da água deve sair em outubro.** Campinas, 26 jul. 2004. Disponível em: <<http://www.abcon.com.br/news.php/131>>. Acesso em: 8 jun. 2007.

GARCIA, Rodrigo Fernandes. **Aspectos jurídicos da cobrança pelo uso da água.** 2006. Disponível em: <[http://www.abdir.com.br/doutrina/ver.asp?art\\_id=192&categoria=Ambiental](http://www.abdir.com.br/doutrina/ver.asp?art_id=192&categoria=Ambiental)>. Acesso em: 28 set. 2008.

GARGANTINI, Paulo Eduardo; HERNANDEZ, Fernando Braz Tangerino. Desenvolvendo com a agricultura irrigada e o agronegócio. **Unesp**, Ilha Solteira, 27 dez. 2008. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/ji18062003.htm>>. Acesso em: 27 dez. 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIMENES, André Luiz Veiga *et al.* A abordagem da gestão integrada de recursos na integração da energia elétrica à agricultura.. *In*: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Proceedings online...** Available from: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022000000100016&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000100016&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em: 07 dez. 2008.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. *In*: \_\_\_\_\_. **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. cap. 3, p. 37-95.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil básico municipal 2007**: Pacatuba. 2007. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/PBM\\_2007/Pacatuba.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/PBM_2007/Pacatuba.pdf)>. Acesso em: 3 abr. 2008.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

MACHADO, Carlos José Saldanha. Reuso da água doce. **Revista Eco 21**, v. 14, n. 86, jan. 2004. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/artigos/reuso.html>>. Acesso em: 8 jun. 2007.

MENEZES, Maria Amélia S. *et al.* O centro de pesquisa sobre tratamento de esgotos e reúso de águas. *In*: \_\_\_\_\_. **Reuso de águas em irrigação** e piscicultura. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, 2007. cap. 7, p. 175-185.

MENEZES JUNIOR, Francisco Almino Leite de. **Secas hidrológicas no semi-árido brasileiro**: o papel da variabilidade dos deflúvios anuais. 2003. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

MOREIRA, José César Pontes; MERA, Ruben Dario Mayorga; MAYORGA, Maria Irles de Oliveira. **Análise revisional de estudos do cultivo da mamona na região dos Inhamuns, no estado do Ceará**. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. Disponível em: <[www.sober.org.br/palestra/9/951.pdf](http://www.sober.org.br/palestra/9/951.pdf)>. Acesso em: 25 dez. 2008.

MOTA, Francisco Suetônio Bastos. **Aplicação de esgoto doméstico em irrigação**. 1980. 125 f. Tese (Livre Docência) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1980.

MOTA, Suetônio (Org). **Reúso de Águas**: a experiência da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2000.

MOTA, Suetônio. Água: controle do desperdício e reúso. *In*: \_\_\_\_\_. **Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza, 2002. p. 53-67. (Série debates, 24)

NEVES, Carlos Adriano da Cruz. **Aspectos sanitários do reúso de água na agricultura.** 1999. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

PAGANINI, Wanderley da Silva. Reúso de água na agricultura. *In:* \_\_\_\_\_. **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. cap. 10, p. 339-401.

PESCOD, M. B. Effluent quality health criteria for irrigation reuse. *In:* ARAR, Abdullah; BISWAS, Asit K. Treatment and reuse of wastewater. United Nations: FAOUN, 1988.

PROSANEAMENTO: readequação do projeto executivo do sistema de esgotamento sanitário – 1ª Etapa – Pacatuba/CE – memorial descritivo. Ceará, 2002.

PROSANEAMENTO: sistema de esgotamento sanitário da cidade de Pacatuba. Ceará, 1997.

REIS, Lineu Belico dos; FADIGAS, Eliane A. Amaral; CARVALHO, Cláudio Elias. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável.** Barueri: Manole, 2005.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA (UNIAGUA). **Reuso da água.** 2003. Disponível em: <[http://www.uniagua.org.br/public\\_html/website/default.asp?tp=3&pag=reuso.htm](http://www.uniagua.org.br/public_html/website/default.asp?tp=3&pag=reuso.htm)>. Acesso em: 8 jun. 2007.

SANTIAGO, Rejania Gomes. **Avaliação da qualidade do efluente final do sistema de lagoas de estabilização do SIDI, visando ao uso na agricultura.** 1999. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

SANTOS, Hilton Felício dos; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. *In:* \_\_\_\_\_. **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. cap. 1, p. 1-19.

SILVA, Ozéas Jordão da. **A escassez de água no semi-árido brasileiro,** Campina Grande, maio 2003. Disponível em: <[http://www.icb.ufmg.br/big/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/Minicruso/aescassez.pdf](http://www.icb.ufmg.br/big/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Minicruso/aescassez.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2007.

SOUZA, Neyliane Costa de. **Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização.** 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

VIEIRA, Vicente P. P. B. *et al.* **A água e o desenvolvimento sustentável no nordeste.** Brasília: IPEA, 2000.

## ANEXOS

## ANEXO A – Sistemas existentes

Cidade	Local	Tipo	VAZÃO (L/s)			
			Projeto	Medida	Estimada	
Fortaleza/RMF/GETES	Conj. Araturí	Lagoa	44		39	
	Conj. José Walter	Lagoa	84	10	10	
	Conj. Ceará	Lagoa	92		82	
	Conj. Esperança	Lagoa	27		24	
	SIDI	Lagoa	523		464	
	Conj. Jereissati III	Lagoa	15		14	
	Conj. João Paulo II	Lagoa	12		11	
	Conj. São Cristovão	Lagoa	33		30	
	Conj. Nova Metrópole	Lagoa	63		56	
	Conj. Palmeira	Lagoa	36	18	18	
	Conj. Parque Fluminense	Lagoa	9		8	
	Conj. Lagamar	Lagoa	29	26	26	
	Conj. Tupamirim	Lagoa	8	7	7	
	CAUCAIA	Sede Municipal	Lagoa	104		50
	CAUCAIA	Planalto Caucaia	Lagoa	12		11
	Conj. Parq. Tabapuá	Lagoa	8		7	
	Conj. São Francisco	Lagoa	9		8	
	Conj. Res. Guadalajara	Lagoa	3		2	
	TOTAL	-	1.111	61	867	
<b>UN – MTN</b>						
	Conj. Parque Tabapuá	Lagoa	8		7	
	Conj. São Francisco	Lagoa	9		8	
	Guadalajara	Lagoa	3		2	
	TOTAL	-	20		17	
<b>UN – BME</b>						
ACARAPE	Sede Municipal	Lagoa	20		9	
AQUIRAZ	Sede Municipal	Lagoa	69		33	
AQUIRAZ	Vila Prata II	Lagoa	3		2	
PACAJÚS	Sede Municipal	Lagoa	8		4	
GUAÍUBA	Sede Municipal	Lagoa	48		23	
PACATUBA	Sede Municipal	Lagoa	29		14	
BARREIRA	Sede Municipal	Lagoa	6		3	
EUSÉBIO	Sede Municipal	Lagoa	16		8	
BEBERIBE	Sede Municipal	Lagoa	5		2	
BEBERIBE	Choró	Lagoa	1		0	
	TOTAL	-	205		98	
<b>UN – BAC – SOBRAL</b>						
ACARAÚ		Lagoa	27		13	
ACARAÚ	Sede Municipal	Lagoa	107		52	
BARROQUINHA	Sede Municipal	Lagoa	9		5	
BARROQUINHA	Bitupitá	Lagoa	6		3	
BELA CRUZ	Sede Municipal	Lagoa	52		25	
CARIRÉ	Sede Municipal	Lagoa	16		8	
COREAÚ	Sede Municipal	Lagoa	18		9	
COREAÚ	Araquém	Lagoa	3		2	
COREAÚ	Ubauna	Lagoa	6		3	
FORQUILHA	Sede Municipal	Lagoa	22		11	
GRAÇA	Sede Municipal	Lagoa	10		5	

## ANEXO A – Sistemas existentes

Continuação

Cidade	Local	Tipo	VAZÃO (L/s)		
			Projeto	Medida	Estimada
GRAÇA	Lapa	Lagoa	3		1
URUOCA	Sede Municipal	Lagoa	11		5
URUOCA	Campanário	Lagoa	41		20
	TOTAL	-	331		162
<b>UN – BBA - QUIXADÁ</b>					
QUIXADÁ	Campo Novo	Lagoa	10		5
	TOTAL	-	10		5
<b>UN – BBJ – RUSSAS</b>					
RUSSAS	Sede Municipal	Lagoa	97		47
TABULEIRO DO NORTE	Sede Municipal	Lagoa	36		17
NOVA JAGUARIBARA	Sede Municipal	Lagoa	38		33
	TOTAL	-	171		97
<b>UN – BAJ – IGUATU</b>					
CAMPOS SALES	Sede Municipal	Lagoa	34		16
CATARINA	Sede Municipal	Lagoa	14		7
SALITRE	Sede Municipal	Lagoa	8		4
TARRAFAS	Sede Municipal	Lagoa	4		2
ACOIARA	Sede Municipal	Lagoa	17		8
	TOTAL	-	77		37
<b>UN – BPA - CRATEÚS</b>					
CRATEÚS	Sede Municipal	Lagoa	83		40
GRAÇA	Sede Municipal	Lagoa	9		4
GRAÇA	Lapa	Lagoa	3		1
NOVO ORIENTE	Sede Municipal	Lagoa	37		18
PORANGA	Sede Municipal	Lagoa	14		7
	TOTAL	-	146		70
<b>UN – BCL - ITAPIOCA</b>					
PARACURU	Sede Municipal	Lagoa	35		17
PARAIPABA	Sede Municipal	Lagoa	16		8
S. G. DO AMARANTE	Pecém	Lagoa	20		10
TRAIRÍ	Sede Municipal	Lagoa	12		6
ITAPIOCA	Sede Municipal	Lagoa	101		49
ITAPIOCA	Barrento	Lagoa	3		2
ITAPIOCA	Marinheiro	Lagoa	3		2
ITAPIOCA	Baleia / Pedrinha	Lagoa	3		1
S. G. DO AMARANTE	Lagoinha	Lagoa	9		4
CROATÁ	Sede Municipal	Lagoa	8		4
	TOTAL	-	210		103
<b>UN – BSA – JUAZEIRO</b>					
JUAZEIRO	Malvas	Lagoa	242		116
BARBALHA	Sede Municipal	Lagoa	95		46
GRANJEIRO	Sede Municipal	Lagoa	5		4
GRANJEIRO	Serrinha	Lagoa	4		2
MISSÃO VELHA	Sede Municipal	Lagoa	20		18
	TOTAL	-	366		186
	<b>TOTAL GERAL</b>		<b>2.647</b>	<b>61</b>	<b>1.642</b>

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE (2007).

**ANEXO B – Resumo dos sistemas existentes**

ITEM	UNIDADE DE NEGÓCIO	VAZÃO DE ESGOTO (L/s)		VAZÃO DE ESGOTO (m <sup>3</sup> /dia)	
		PROJETO	ESTIMADA	PROJETO	ESTIMADA
01	<b>Metropolitano</b>	1.111	867	95.990	74.909
02	<b>UN – MTN</b>	20	17	1.728	1.469
03	<b>UN – BME – FORTALEZA</b>	205	98	17.712	8.467
04	<b>UN – BAC – SOBRAL</b>	331	162	28.598	13.997
05	<b>UN – BBA – QUIXADÁ</b>	10	5	864	432
06	<b>UN – BBJ – RUSSAS</b>	171	97	14.774	8.381
07	<b>UN – BAJ – IGUATU</b>	77	37	6.653	3.197
08	<b>UN – BPA – CRATEÚS</b>	146	70	12.614	6.048
09	<b>UN – BCL – ITAPIPOCA</b>	210	103	18.144	8.899
10	<b>UN – BSA – JUAZEIRO</b>	366	186	31.622	16.070
<b>TOTAL</b>		<b>2.647</b>	<b>1.642</b>	<b>228.701</b>	<b>141.869</b>

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE (2007).

**ANEXO C – Sistemas em execução**

Cidade	Local	Tipo	VAZÃO (L/s)	
			Projeto	Estimada
<b>UN – BCL - ITAPIOCA</b>				
ITAREMA	Sede Municipal	Lagoa	40	19
S. G. DO AMARANTE	Lagoinha	Lagoa	9	4
	TOTAL	-	49	23
<b>UN – BSA - JUAZEIRO</b>				
BARBALHA	Sede Municipal	Lagoa	95	46
MISSÃO VELHA	Sede Municipal	Lagoa	20	10
	TOTAL	-	115	56
<b>UN - BME</b>				
ACARAPE	Sede Municipal	Lagoa	29	14
BEBERIBE	Choró	Lagoa	2	1
CAUCAIA	B. Jurema	Lagoa	5	2
GUAÍUBA	Sede Municipal	Lagoa	30	14
ITAITINGA	Sede Municipal	Lagoa	62	30
PACATUBA	Sede Municipal	Lagoa	49	24
	TOTAL	-	177	85
	<b>TOTAL GERAL</b>		<b>341</b>	<b>164</b>

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE (2007).



**ANEXO D – Resumo dos sistemas em execução**

ITEM	UNIDADE DE NEGÓCIO	VAZÃO DE ESGOTO (L/s)		VAZÃO DE ESGOTO (m <sup>3</sup> /dia)	
		PROJETO	ESTIMADA	PROJETO	ESTIMADA
01	<b>UN – BCL – ITAPIPOCA</b>	49	23	4.234	1.987
02	<b>UN – BSA – JUAZEIRO</b>	115	56	9.936	4.838
03	<b>UN – BME - FORTALEZA</b>	177	85	15.293	7.344
<b>TOTAL</b>		<b>341</b>	<b>164</b>	<b>29.462</b>	<b>14.170</b>

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE (2007).

## ANEXO E – Sistemas em projeto

Cidade	Local	Tipo	VAZÃO (L/s)	
			Projeto	Estimada
<b>UN – BAC - SOBRAL</b>				
SANTA QUITÉRIA	Sede Municipal	Lagoa	27	13
	TOTAL	-	27	13
<b>UN – BBA - QUIXADÁ</b>				
CARIDADE	Sede Municipal	Lagoa	69	33
QUIXADÁ	Sede Municipal	Lagoa	190	91
QUIXERAMOBIM	Sede Municipal	Lagoa	79	38
	TOTAL	-	338	162
<b>UN – BBJ - RUSSAS</b>				
TABULEIRO DO NORTE	Sede Municipal	Lagoa	36	17
	TOTAL	-	36	17
<b>UN – BPA - CRATEÚS</b>				
CRATEÚS	Sede Municipal	Lagoa	64	31
CRATEÚS	Fátima	Lagoa	24	11
MONSENHOR TABOSA	Sede Municipal	Lagoa	18	9
	TOTAL	-	106	51
<b>UN – BCL - ITAPIOCA</b>				
CROATÁ	Santa Terezina	Lagoa	1	1
CROATÁ	São Roque	Lagoa	2	1
ITAREMA	Sede Municipal	Lagoa	40	19
ITAREMA	Almofala	Lagoa	5	3
S. G. DO AMARANTE	Sede Municipal	Lagoa	19	9
	TOTAL	-	67	33
<b>UN – BSA – JUAZEIRO</b>				
CRATO	Sede Municipal	Lagoa	89	43
CEDRO	Sede Municipal	Lagoa	29	14
JATI	Sede Municipal	Lagoa	19	9
GRANJEIRO	Sede Municipal	Lagoa	5	2
GRANJEIRO	Serrinha	Lagoa	4	2
	TOTAL	-	146	70
<b>UN – BME</b>				
CHOROZINHO	Sede Municipal	Lagoa	16	8
REDENÇÃO	Sede Municipal	Lagoa	32	16
	TOTAL	-	48	24
	<b>TOTAL GERAL</b>		<b>768</b>	<b>370</b>

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE (2007).

**ANEXO F – Resumo dos sistemas em projeto**

ITEM	UNIDADE DE NEGÓCIO	VAZÃO DE ESGOTO (L/s)		VAZÃO DE ESGOTO (m <sup>3</sup> /dia)	
		PROJETO	ESTIMADA	PROJETO	ESTIMADA
01	<b>UN – BME – FORTALEZA</b>	48	24	4.147	2.074
02	<b>UN – BAC – SOBRAL</b>	27	13	2.333	1.123
03	<b>UN – BBA – QUIXADÁ</b>	338	162	29.203	13.997
04	<b>UN – BBJ – RUSSAS</b>	36	17	3.110	1.469
05	<b>UN – BPA – CRATEÚS</b>	106	51	9.158	4.406
06	<b>UN – BCL – ITAPIPOCA</b>	67	33	5.789	2.851
07	<b>UN – BSA - JUAZEIRO</b>	146	70	12.614	6.048
<b>TOTAL</b>		<b>768</b>	<b>370</b>	<b>66.355</b>	<b>31.968</b>

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE (2007).

**ANEXO G – Resumo geral do sistema de esgoto**

ITEM	UNIDADE DE NEGÓCIO	VAZÃO DE ESGOTO (L/s)		VAZÃO DE ESGOTO (m <sup>3</sup> /dia)	
		PROJETO	ESTIMADA	PROJETO	ESTIMADA
01	Sistema Existente	2.647	1.642	228.701	141.869
02	Sistema em Execução	341	164	29.462	14.170
03	Sistema em Projeto	768	370	66.355	31.968
<b>TOTAL</b>		<b>3.756</b>	<b>2.176</b>	<b>324.518</b>	<b>188.006</b>

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE (2007).