

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

GEÓRGIA KARÊNIA RODRIGUES MARTINS MARSICANO DE MELO

**QUALIDADE DA ÁGUA DO MÉDIO CURSO DO RIO BODOCONGÓ/PB UTILIZADA PARA
IRRIGAÇÃO: ANÁLISE À LUZ DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

CAMPINA GRANDE – PB

2011

GEÓRGIA KARÊNIA RODRIGUES MARTINS MARSICANO DE MELO

**QUALIDADE DA ÁGUA DO MÉDIO CURSO DO RIO BODOCONGÓ/PB UTILIZADA PARA
IRRIGAÇÃO: ANÁLISE À LUZ DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baraculhy

CAMPINA GRANDE – PB

2011

GEÓRGIA KARÊNIA RODRIGUES MARTINS MARSICANO DE MELO

**QUALIDADE DA ÁGUA DO MÉDIO CURSO DO RIO BODOCONGÓ/PB UTILIZADA PARA
IRRIGAÇÃO: ANÁLISE À LUZ DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

APROVADO EM: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baracuh
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Dr. Howard William Pearson
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB

Para Antônio Elias, meu filho, com a certeza de que as horas que lhe foram subtraídas com a execução do presente trabalho serão bem recompensadas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, amigo incondicional, com quem aprendi a compartilhar medos, fraquezas e todos os obstáculos dessa jornada, na certeza de que Ele não me abandona.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços para transformar desejos em realidade, mesmo que em muitas oportunidades, não concordassem com eles.

Ao meu esposo, Wagner, pela companhia, auxílio e pela paciência constante; por entender minhas escolhas, comprovando que a experiência de amar e ser amado é, sobretudo, uma experiência de respeito.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais pela oportunidade de realização deste curso e a CAPES, pela concessão da bolsa.

Aos coordenadores do Programa Pós Graduação em Recursos Naturais, Prof^o Dr. Pedro Vieira e Prof^o Dr. José Dantas Neto e a Cleide dos Santos, Secretária do Programa.

Ao meu Orientador, Prof^o Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy e às professoras Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima e Dra. Annemarie Konig pelas orientações e disponibilização de material para a pesquisa.

Ao professor Jógerson Pinto e aos alunos das disciplinas de Gestão Ambiental e Legislação Ambiental do curso de Engenharia Agrícola, que possibilitaram a execução do estágio de docência.

Aos examinadores, Prof^a Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima e Prof^o Dr. Howard William Pearson, pelas valiosas contribuições para a finalização do trabalho.

Aos amigos, Silvana Fernandes Neto e Bruno Soares de Abreu, sem os quais a pesquisa de campo não seria possível. A Silvana, especialmente, pelo companheirismo e atenção prestada durante a pesquisa e redação final da Dissertação.

Aos amigos, Talden Farias, Morgana Raposo Pereira, Kettrin Farias e Euler Soares Franco, pelas colaborações acadêmicas e, sobretudo, pela amizade.

*Se o homem é um gesto
água é história.*

*Se o homem é um sonho
água é o curso.*

*Se o homem é um povo
a água é o mundo.*

*Se o homem é para lembrar
água é memória.*

*Se o homem está vivo
Água é vida.*

*Jose Manuel Serrat,
El hombre y el agua*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Estrutura Organizacional do SISNAMA..... | 09 |
| Figura 2 Estrutura Organizacional do SINGREH..... | 10 |
| Figura 3 Características de qualidade da água..... | 21 |
| Figura 4 Médio curso do Rio Bodocongó..... | 41 |
| Figura 5 Pontos de coleta de água para análise..... | 42 |
| Figura 6 Uso da água do Rio para dessedentação de animais..... | 45 |
| Figura 7 Irrigação de milho às margens do rio..... | 45 |
| Figura 8 Irrigação de capim às margens do rio..... | 43 |
| Figura 9 Ponto P01..... | 48 |
| Figura 10 Ponto P02..... | 50 |
| Figura 11 Ponto P03..... | 52 |
| Figura 12 Ponto P04..... | 54 |
| Figura 13 Barramento do Rio..... | 56 |
| Figura 14 Volume de água após o ponto P04..... | 56 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 Classificação da salinidade de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05..... | 22 |
| Tabela 2 Eficiência esperada nos tipos de tratamento incorporados em uma ETE..... | 37 |
| Tabela 3 Critérios recomendados pela OMS (1989)..... | 38 |
| Tabela 4 Critérios recomendados pela OMS (2006)..... | 39 |
| Tabela 5 Coordenadas dos pontos de coleta..... | 42 |
| Tabela 6 Distâncias dos pontos de coleta até a ETE..... | 42 |
| Tabela 7 Parâmetros de qualidade da água analisados..... | 47 |
| Tabela 8 Resultados da análise do ponto P01..... | 49 |
| Tabela 9 Resultados da análise do ponto P02..... | 51 |
| Tabela 10 Resultados da análise do ponto P03..... | 53 |
| Tabela 11 Resultados da análise do ponto P04..... | 55 |
| Tabela 12 Parâmetros de Nitrogênio de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 | 59 |
| Tabela 13 Parâmetros de Nitrogênio de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 | 59 |
| Tabela 14 Parâmetros de Fósforo de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 | 60 |
| Tabela 15 Parâmetros de Fósforo de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 | 60 |
| Tabela 16 Condutividade | 72 |
| Tabela 17 Turbidez | 72 |
| Tabela 18 pH e Temperatura..... | 72 |
| Tabela 19 Sólidos sedimentáveis | 72 |
| Tabela 20 Coliformes termotolerantes..... | 73 |
| Tabela 21 Helmintos..... | 73 |
| Tabela 22 Oxigênio Dissolvido..... | 73 |
| Tabela 23 DBO ₅ BRUTA..... | 73 |
| Tabela 24 Nitrogênio..... | 74 |
| Tabela 25 Nitrito..... | 74 |
| Tabela 26 Nitrato | 74 |
| Tabela 27 Fósforo | 76 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 Curva de concentração do Nitrito..... | 74 |
| Gráfico 2 Concentração do Nitrito..... | 74 |
| Gráfico 3 Curva de concentração do Nitrato..... | 75 |
| Gráfico 4 Concentração do Nitrato..... | 75 |
| Gráfico 5 Curva de Concentração do Fósforo..... | 76 |
| Gráfico 6 Concentração do Fósforo Total..... | 76 |
| Gráfico 7 Concentração do Fósforo Solúvel..... | 76 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA - Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba
ANA – Agência Nacional de Águas
APHA - American Public Health Association
CAGEPA - Companhia de Abastecimento de Água e Esgotos da Paraíba
CF - Constituição Federal
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM - Conselho de Proteção Ambiental
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE - Estação de Tratamento de Esgotos
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
OD – Oxigênio Dissolvido
OMS - Organização Mundial de Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
pH – Potencial Hidrogeniônico
PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SDT – Sais Dissolvidos Totais
SEMARH – Secretaria Extraordinária de Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais
SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNRH – Sistema Nacional de Recursos Hídricos
SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente
USEPA - U. S. Environmental Protection Agency
WHO - World Health Organization

MELO, Geórgia Karênia Rodrigues Martins Marsicano de. **Qualidade da Água Utilizada na Irrigação de Culturas às Margens do Médio Curso do Rio Bodocongó/PB: análise à luz da legislação ambiental**. 2011, 94p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande.

RESUMO

A exploração desordenada dos recursos hídricos vem paulatinamente agravando o problema da disponibilidade de água, tornando imprescindível a necessidade de reduzir a poluição hídrica e de buscar alternativas viáveis de aumento da oferta de água de modo a redefinir a utilização desse recurso. O uso de águas residuárias é uma alternativa viável para minimizar o problema da escassez hídrica, isso porque, a sua utilização nos possibilita inúmeros benefícios pois as águas tidas como de segunda qualidade podem ser utilizadas de forma benéfica para diversas finalidades, haja vista que, os usos menos exigentes podem ser atendidos com água de qualidade inferior ao passo que aumentará a disponibilidade hídrica, possibilitando ainda uma oferta maior de água de boa qualidade e diminuição da poluição. Por meio do reuso da água, há a possibilidade de tratar os efluentes e descarregá-los de forma planejada nos corpos hídricos para que sejam utilizados de diversos modos. Assim, a água proveniente de reuso pode ser utilizada para irrigação paisagística, irrigação de campos para cultivos, usos industriais, recarga de aquíferos, usos urbanos não-potáveis e outros usos diversos como a aquicultura, construção civil, dentre outros. Conforme cada destinação do reuso, a água deve apresentar determinadas características relativas à sua qualidade. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece padrões gerais nacionais de qualidade de água e determina que caberá ao órgão ambiental estabelecer outros específicos conforme a realidade local. Na Paraíba não há definição de uma classe específica ou um padrão de qualidade de água adequada à situação de intermitência dos rios, o que além de prejudicar as ações de gestão, impossibilita também ações fiscalizatórias efetivas. O objetivo deste trabalho foi investigar se a qualidade da água utilizada na irrigação das culturas às margens do médio curso do Rio Bodocongó/PB obedece aos parâmetros gerais exigidos pela legislação nacional e pelas recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS) para uso de águas residuárias na agricultura. A metodologia utilizada no presente trabalho foi o estudo de caso que se deu a partir da análise de um único caso, de estrutura global e cuja coleta de dados ocorreu por meio de pesquisa bibliográfica, de campo e experimental. Concluiu-se que a qualidade da água no médio curso do Rio Bodocongó/PB de acordo com os parâmetros legais analisados, é inadequada para irrigação no período de intermitência, havendo a necessidade de intervenção do Poder Público local para regulamentar essa prática, já que na localidade não há outros reservatórios de água disponíveis para irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Água Residuária. Agricultura. Parâmetros legais.

ABSTRACT

The disorderly exploitation of water resources has gradually worsened the issue of water availability, considering the essential need to reduce water pollution, well as seeking viable alternatives to increase the water supply to redefine this resource use. The residuary waters use is a viable alternative to minimize issue regards water scarcity. Thus, its use enables us countless benefits considering even second quality waters in which may be beneficially used for a variety of purposes, concerning that less demanding uses can be attended with lower quality water increasing its availability, enabling a larger supply of good quality water to reducing pollution. By reusing water, there is the possibility of treating effluents to discharge it in a designed way in water bodies that are used in diverse ways. Furthermore, reused water can be destined to landscape irrigation, fields for crops irrigation, industrial uses, aquifers recharge, urban non-potable uses and other uses as diverse as aquaculture, construction, among others. As each reuse destination, the water must have certain characteristics relating to quality. CONAMA [National Environmental Council] Resolution no. 357/05 establishes national water's general quality standard which determines the environmental agency to establish other specific local realities. There is no specific standard definition in Paraíba, nor adequate water quality due to the intermittent rivers situation. Besides affecting management actions, it also turns effective actions inspection impossibility. This study addressed to investigate whether the water quality used for crops irrigation on the banks of the middle course of Bodocongó's river follows the general parameters required by national legislation and the recommendations of the World Health Organization [WHO] for wastewater use in agriculture. The methodology follows a case study on the analysis of a single case, the overall structure and the data was collected through scientific literature, field and experimental search. Finally, it was concluded that water quality in the middle course of Bodocongó's river in accordance with the legal analysis is unsuitable for irrigation during the period of intermittency claiming for Local Government assistance to regulate this practice, since in location there are no other available water reservoirs for irrigation.

KEY WORDS: Wastewater. Agriculture. Legal parameters.

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA REGULAMENTAÇÃO DO USO DAS ÁGUAS NO BRASIL..... | 4 |
| 2.2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS..... | 12 |
| 2.2.1 ASPECTOS LEGAIS..... | 13 |
| 2.2.2 INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS..... | 15 |
| 2.3 ASPECTOS LEGAIS SOBRE O CONTROLE DE DESPEJO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS NO MEIO AMBIENTE NO ESTADO DA PARAÍBA..... | 17 |
| 2.4 QUALIDADE DA ÁGUA..... | 18 |
| 2.4.1 PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA..... | 20 |
| 2.5 REÚSO DE ÁGUA..... | 26 |
| 2.5.1 CONTEXTO HISTÓRICO..... | 27 |
| 2.5.2 CONCEITO E TIPOS DE REÚSO DE ÁGUA..... | 28 |
| 2.5.3 LEGISLAÇÃO SOBRE REÚSO DE ÁGUAS EM NÍVEL MUNDIAL E LOCAL..... | 29 |
| 2.6 CARACTERIZAÇÃO DO REGIME HÍDRICO DOS RIOS INTERMITENTES..... | 32 |
| 2.7 QUALIDADE DA ÁGUA NA AGRICULTURA..... | 33 |
| 2.7.1 PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO..... | 34 |
| 2.7.2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS..... | 35 |
| 2.7.3 DIRETRIZES DA OMS PARA USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA AGRICULTURA..... | 38 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 41 |
| 3.1. ÁREA DE ESTUDO..... | 41 |
| 3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 43 |
| 3.2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA..... | 43 |
| 3.2.2 PESQUISA DOCUMENTAL..... | 43 |
| 3.2.3 PESQUISA DE CAMPO..... | 44 |
| 3.2.4 PESQUISA EXPERIMENTAL..... | 44 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 45 |
| 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 65 |
| 6 REFERÊNCIAS | 67 |
| APÊNDICE A Resultados das Análises de Condutividade, Turbidez, Sólidos Sedimentáveis, pH e Temperatura..... | 72 |
| APÊNDICE B Resultados das Análises de Coliformes Termotolerantes, Helmintos, Oxigênio Dissolvido e | |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| DBO ₅ Bruta..... | 73 |
| APÊNDICE C Resultados das Análises dos Compostos de Nitrogênio..... | 74 |
| APÊNDICE D Resultados das Análises de Fósforo..... | 76 |
| ANEXO A Informações prestadas pela CAGEPA sobre o tratamento de esgotos na área de estudo..... | 77 |

1. INTRODUÇÃO

O processo de transformação da natureza iniciou-se concomitantemente à existência humana na Terra, o que significa dizer que o processo de degradação dos recursos naturais se confunde com a própria existência do ser humano.

Com a Revolução Industrial e o aperfeiçoamento de meios técnicos, o homem passou a interferir de forma mais incisiva no equilíbrio dos recursos naturais, que, associados ao acelerado crescimento populacional, passaram a ameaçar cotidianamente a própria existência humana.

A preocupação com os riscos ambientais advindos da exploração irracional dos recursos fez com que as diversas áreas da ciência desenvolvessem esforços colimando evitar ou minimizar a degradação ambiental e a escassez de recursos naturais, isso porque a vida sobre a terra depende por completo do consumo energético e de bens ambientais como a água.

Considerado como um dos maiores problemas ambientais que afligem a humanidade, nada parece-nos pior do que a possibilidade de escassez completa de água de qualidade; e é a exploração desordenada dos recursos hídricos, seja nas simples atividades domésticas ou naquelas de produção e consumo de bens e serviços, que vem paulatinamente agravando o problema da disponibilidade de água.

De acordo com dados apresentados pelo Comitê de Desertificação da ONU durante a “Segunda Conferência Internacional: Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semi-áridas” ocorrida em agosto de 2010 em Fortaleza, no Ceará, atualmente pelo menos 1 bilhão de pessoas em todo o mundo sofrem com a escassez de água e esse problema afeta diretamente a saúde das populações e reduz o potencial produtivo e econômico de regiões áridas e semi-áridas, exigindo a adoção de medidas urgentes a fim de evitar o desperdício e melhorar o aproveitamento desse recurso natural.

Com efeito, o valor desse bem tende a ficar cada vez mais alto, tomando premente a necessidade de reduzir a poluição hídrica e de buscar alternativas viáveis de aumento da oferta de água de modo a redefinir a utilização desse recurso, haja vista que a conjuntura atual exige cada vez mais a busca por metodologias de trabalho que induzam a um aumento da disponibilidade de água ao mesmo tempo em que considere também a qualidade da água disponível e seus múltiplos usos.

No Brasil existem padrões gerais de qualidade da água para os múltiplos usos, inclusive para a agricultura, estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que regulamentou inclusive o descarte dos efluentes no meio ambiente. Nas atividades agrícolas, os padrões de qualidade da água para irrigação são estabelecidos a partir de diretrizes emanadas da Organização Mundial de Saúde (OMS), embora essas recomendações sejam apenas de caráter orientativo. Além disso, existem outras classificações atribuídas por autores, a exemplo da classificação oferecida por Ayers & Wescot (1991), que estabelece padrões de qualidade de água para a irrigação

levando em conta a quantidade de sais dissolvidos, de sódio, a presença de íons tóxicos, os potenciais riscos para a cultura a ser irrigada e o pH (LIMA, MEIRA FILHO, FURTADO, LUCENA, 2008).

O Rio Bodocongó, área de estudo do presente trabalho, nasce no município de Puxinanã/PB; corta o Município de Campina Grande/PB no sentido norte-sul, passa pelos municípios de Queimadas/PB e Caturité/PB, até desembocar no Rio Paraíba, no município de Barra de Santana/PB.

A pesquisa foi realizada no Médio Curso do Rio Bodocongó, onde recebe maior carga de efluentes provindos da Estação de Tratamento de Esgotos da área urbana do município de Campina Grande.

O município de Campina Grande situa-se entre o litoral e o sertão, no agreste paraibano, com isto, apresenta um clima, do tipo equatorial semi-árido. Por estar localizada também em uma região alta, beneficia-se de temperaturas mais baixas e de uma ótima ventilação, o que proporciona um clima ameno e agradável em todos os meses do ano. A temperatura média anual oscila em torno dos 23,3°C, podendo atingir 30°C nos dias quentes, e 15°C nas noites frias do ano. A umidade relativa do ar, na área urbana, varia entre 75 a 83%. As baixas temperaturas são registradas entre os meses de maio a agosto e as altas ocorrem de janeiro a março e de outubro a dezembro, (INMET, 1992).

Entre dezembro e março, é comum ocorrer chuvas de grande intensidade com pequena duração. Nos períodos de chuvas intensas, abril a agosto, a precipitação pluviométrica chega a atingir, em média 520,55 mm.

Em Campina Grande o Rio Bodocongó recebe em todo o percurso lançamentos de esgotos predominantemente domésticos de diversos bairros, provenientes tanto de ligações da rede coletora de esgotos quanto de ligações clandestinas na rede pluvial bem como de áreas não atendidas por sistemas de esgotamento sanitário (MAGALHÃES, 2000) até chegar a Estação de Tratamento de Efluentes da Companhia de Abastecimento de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) no Bairro da Catingueira, onde o esgoto recebe tratamento e é despejado novamente nesse curso d'água.

A Estação de Tratamento de Esgotos da Catingueira foi construída em 1969 para atender a demanda de esgotos resultado do crescimento urbano e industrial do município. Inicialmente, foi construída para depurar os efluentes até o ano de 1980 e uma população de 260.000 habitantes, e, numa segunda etapa, haveria a duplicação de sua capacidade com o sistema funcionando com grade, caixa de areia e lagoas de estabilização aeradas (FERREIRA, 2003). No entanto, o sistema de aeração está desativado há alguns anos (OLIVEIRA, 2002) e a ETE funciona apenas com o tratamento preliminar para a remoção de materiais sólidos grosseiros e areia em duas lagoas de estabilização em série com profundidades de 3,5 metros (TAVARES, 2005).

Após o tratamento, os efluentes são lançados diretamente no rio e, em consequência, o trecho situado à jusante, no médio curso do Rio Bodocongó, encontra-se bastante poluído pois no período de estiagem os esgotos de Campina Grande chegam a representar a quase totalidade da sua vazão (MAGALHÃES, *op. cit.*). Apesar da baixa qualidade de suas águas, o rio é um importante recurso hídrico para a população que habita nas proximidades, pois em muitos pontos é o único disponível.

No Médio Curso do Rio Bodocongó/PB, a utilização de águas de qualidade inferior na agricultura ocorre de forma indiscriminada porque parte dos efluentes do município de Campina Grande são enviados à Estação de Tratamento de Efluentes no bairro da Catingueira e são despejados no corpo receptor de onde é retirada diretamente a água para irrigar as culturas produzidas às suas margens e para outros usos.

Essa utilização da água é feita sem levar em consideração o fato de que o Rio Bodocongó por ser intermitente tem o seu regime hídrico alterado em determinadas épocas do ano e o seu fluxo de água praticamente desaparece em muitos pontos durante o período de estiagem. Com efeito, apesar da Resolução CONAMA 357/05 determinar que caberá ao órgão ambiental competente estabelecer padrões e critérios específicos de acordo com a realidade local, não há ainda a definição de uma classe específica ou um padrão de qualidade de água para os rios intermitentes na Paraíba, o que além de prejudicar as ações de gestão, impossibilita também ações fiscalizatórias mais efetivas e coerentes com as realidades locais.

Portanto, a relevância da pesquisa se justifica porque a utilização da água naquela área não submete-se a fiscalização dos órgãos ambientais nem tampouco há qualquer orientação aos agricultores acerca dos cuidados para sua utilização. Além disso, o seu uso inadequado pode causar impactos negativos na saúde dos agricultores, da população que vive às margens do curso d'água, dos consumidores e do meio ambiente, visto que, a água residuária é um eficiente veículo para disseminação de doenças e a sua disposição de maneira inadequada pode causar contaminação do solo e dos lençóis subterrâneos. Por outro lado, em muitas localidades a água deste rio é o único recurso hídrico disponível, razão pela qual é necessária a busca de soluções que possibilitem o uso adequado da água.

Assim, este estudo teve como propósito, investigar se a qualidade da água no médio curso do Rio Bodocongó/PB atende aos parâmetros legais ambientais para o cultivo agrícola durante o período de estiagem. Como objetivos específicos a pesquisa em tela tratou de analisar a legislação ambiental que versa sobre a utilização das águas; os padrões de qualidade de água estabelecidos pelas recomendações da Organização Mundial de Saúde para utilização de águas residuárias na agricultura; analisar a qualidade da água do médio curso do Rio Bodocongó no período de estiagem e por fim, investigar se a qualidade de água da área de estudo no período de intermitência do rio obedece aos parâmetros de qualidade de água exigidos pela legislação ambiental para irrigação das culturas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Cada atividade desempenhada pelo homem gera efluentes que, direta ou indiretamente, atingem os corpos de água, comprometendo sua qualidade, o que restringe o uso dessa água como fonte de abastecimento.

Para Mierzwa & Hespanhol (2005) a demanda de água para as mais diversas atividades humanas tornou premente a necessidade de reutilizar as águas servidas. Tanto países desenvolvidos quanto aqueles em desenvolvimento enfrentam situações semelhantes no que diz respeito a demanda de água, sendo que nas regiões áridas e semi-áridas, a disponibilidade limitada de água constitui obstáculo importante ao seu desenvolvimento.

Nas regiões áridas e semi-áridas a situação é preocupante porque a pouca disponibilidade de água é um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, o que faz com que as entidades de gestão dos recursos hídricos pesquisem constantemente alternativas que auxiliem ou complementem a pequena disponibilidade de água (HESPANHOL, 2003).

O Relatório global *World Water Vision*, do World Water Council, foi ainda mais claro em seu resumo: “Há uma crise de água atualmente. Mas a crise não consiste na insuficiência de água para satisfazer nossas necessidades. Ela resulta da má gestão dos recursos hídricos, prejudicando gravemente milhões de pessoas - e o meio ambiente”. Temos água suficiente, mas precisamos geri-la melhor precisamos aprender com os erros do passado (LOMBORG, 2002, p. 190).

Diante dessa situação se faz necessário o desenvolvimento de políticas públicas e culturas dentro da sociedade que induzam a uma maior conservação da água, de modo que a utilização dos recursos ainda disponíveis seja sustentável.

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA REGULAMENTAÇÃO DO USO DAS ÁGUAS NO BRASIL

Para Benjamim (1999) a história da legislação ambiental no Brasil pode ser dividida em três fases ou momentos distintos: uma fase da exploração desregrada, a fase fragmentária e a fase holística.

Pela classificação trazida por este autor, a primeira fase, que é de exploração desregrada, ocorre entre o descobrimento do Brasil e os primeiros anos do século XX. Neste período registra-se a forte influência portuguesa para a formação da história ambiental brasileira e que teve repercussão no modelo de pensamento ecológico concebido e existente ainda hoje no Brasil. A segunda fase, chamada por Benjamim (*op. cit.*) de fragmentária, tem como marco a difusão mundial do pensamento ecológico. Este mesmo autor defende que a terceira fase denomina-se holística e caracteriza-se pela visão do meio ambiente como um conjunto integrado.

Nesta fase, houve a solidificação do pensamento jurídico ambiental no sentido de preservação do meio ambiente como um sistema ecológico integrado (onde as partes – os bens ambientais – são protegidas a partir do todo) e com autonomia valorativa (por ser, em si mesmo, um bem jurídico). O bem jurídico, cuja tutela é visada, engloba um complexo conjunto de inter-relações, onde a

proteção isolada de uma de suas parcelas não impede o desequilíbrio do todo e sua conseqüente degradação (ALMEIDA, 2002).

Farias (2009) aponta que provavelmente seja mais adequado tratar esses momentos históricos como fase fragmentária, fase setorial e fase holística visto que na fase denominada por Benjamim (*op. cit.*) de “exploração desregrada” existe uma legislação esparsa e na fase fragmentária a legislação ambiental se apresenta com um viés econômico. Os dois autores concordam quanto a terceira fase como sendo holística. Não obstante, adota-se aqui a classificação oferecida por Farias (*op. cit.*) dividindo os momentos históricos em fase fragmentária, setorial e holística, cuja descrição se faz de forma pormenorizada a seguir.

Nesta primeira fase fragmentária que vai do descobrimento do Brasil até 1930, não havia qualquer preocupação ou interesse com o meio ambiente, exceto pela proteção a alguns recursos naturais, dentre os quais não se incluía a proteção à água. As normas jurídicas vigentes tinham o único objetivo de assegurar a preservação dos recursos que tinham valor econômico de interesse para a expansão ultramarina, a exemplo do pau-brasil e outras riquezas florestais (FARIAS, *op. cit.*).

Por volta de 1534 o rei de Portugal enviou ao Brasil uma esquadra liderada por Martim Afonso de Souza. Esta expedição tinha o objetivo de proteger o comércio de pau-brasil dos corsários franceses e de tentar encontrar ouro nas terras recém-descobertas. Foram criadas as vilas de São Vicente, Santo Antônio da Borda do Campo e São Paulo. Entretanto, essas expedições além de não obterem o sucesso esperado tinham um alto custo para a Coroa Portuguesa. Assim, diante desse fracasso, o rei português resolveu conceder direitos de propriedade das faixas de terras na costa brasileira, iniciando a destruição da mata atlântica e demonstrando o seu interesse meramente utilitarista cujo objetivo era o de exaurir os recursos naturais existentes na terra recém-descoberta, com o intuito de fomentar a economia da metrópole e concebendo a ocupação indígena como um dos componentes integrantes de sua propriedade (DEAN, 1996).

Na época do descobrimento, as “Ordenações Afonsinas” eram a legislação vigente em Portugal. As Ordenações Afonsinas em poucos dispositivos tratavam de questões ambientais e não há sequer menção a proteção jurídica das águas.

Já nas Ordenações Manuelinas, editadas em 1521, a legislação ambiental teve previsão mais detalhada “a exemplo da proibição da comercialização das colméias, sem a preservação das abelhas ou da caça dos animais como coelhos, lebres e perdizes, com instrumentos que pudessem denotar crueldade” (FARIAS, 2009, p. 28) ao introduzir o conceito de zoneamento ambiental, a teoria da reparação do dano ecológico determinando o valor da indenização de acordo com a valia da árvore (ALMEIDA, 2002).

As Ordenações Filipinas, editadas quando o Brasil estava sob o domínio espanhol, foram as primeiras a trazer algum dispositivo que encontrasse relação com a proteção das águas quando ao fornecer o conceito de poluição,

“proibiu a qualquer pessoa jogar material que pudesse matar os peixes e sua criação ou sujar as águas dos rios e das lagoas.” (ALMEIDA, *op. cit.*).

No fim do século XVII, o Governador-Geral, representante da Coroa Portuguesa no Brasil Colônia, assinou um Regimento contendo diversos dispositivos de natureza ambiental acerca de distribuição de terras, extração da madeira do pau-brasil, exploração de minas de ouro, prata e de salitre, pesca de baleias (ALMEIDA, *op. cit.*).

No final do Século XVIII foram proibidas sesmarias nas terras litorâneas aos mares e rios, onde houvesse madeira de construção, cabendo à Coroa Portuguesa a propriedade das terras não ocupadas. Importante ressaltar que são desse período os primeiros dispositivos relativos a proteção florestal que hoje denominamos de “áreas de preservação permanente” pois nesse final de século XVIII a Coroa mandou expedir cartas régias aos governadores das capitânicas ordenando a proteção da vegetação localizada perto dos mares ou nas margens dos rios, a demarcação e reforma da administração dos terrenos das matas, a criação de normas para evitar procedimentos arbitrários sobre o corte de árvores nas propriedades. Essas limitações impostas pelo Estado, embora tivessem uma razão meramente econômica, indiretamente protegiam os recursos hídricos através da proteção da vegetação existentes no entorno dos reservatórios (DEAN, *op. cit.*). O documento datado de 17 de novembro de 1805 cuja ementa se descreve abaixo, trata-se de ofício enviado pelo então governador da capitania de Pernambuco,

[...] no qual expressa sua preocupação com a devastação das matas de pau-brasil, que ele credita ao contrabando, à expansão das lavouras de algodão e, principalmente, ao não cumprimento das leis que controlavam essas atividades, citando como exemplo as cartas de foral descumpridas. Para ajudar na solução desse problema, enviou um projeto com medidas para preservar o pouco de mata que ainda restava, dividido em três partes: 1º, Proibir o corte do pau-brasil nas capitânicas de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande sob pena de três meses de prisão e multa de cinqüenta a quatrocentos mil réis. Caso o réu não tivesse condição de arcar com a multa, a pena seria de um a dois anos de reclusão na ilha de Fernando de Noronha. 2º, Ordenar ao juiz conservador das matas que iniciasse, imediatamente, a demarcação e o tombamento das árvores de pau-brasil. 3º, Devido a pouca oferta e à distância das matas de pau-brasil, ele sugere que, ao invés de cortar e transportar as toras, seja feita a extração apenas da tinta nas próprias matas. (ARQUIVO NACIONAL, 2010).

No entanto, segundo Almeida (*op. cit.*) a legislação suplementar extravagante as normas jurídicas nesse período eram editadas várias vezes e versando sobre o mesmo assunto o que foi, certamente, um dos motivos pelos quais era tão inoperante, além de ser esparsa, confusa e mal sistematizada o que, a grosso modo, não difere muito da legislação ambiental existente até os dias atuais. Não obtendo a coação desejada com a edição da norma jurídica, a autoridade legal lançava mão da mesma norma, porém com outra terminologia legislativa, agravando as penas pecuniária e corporal, esta última ligada à pessoa do infrator e à sua respectiva classe social.

Com a independência do Brasil e a promulgação da Constituição Imperial em 1824 foi determinada a edição de um Código Civil e um Criminal porque apesar da independência do reino de Portugal, as Ordenações Filipinas ainda vigoravam devido à inexistência de uma legislação brasileira.

A Constituição Imperial não trouxe qualquer dispositivo sobre a tutela ambiental, mas o Código Penal de 1890 trazia em seu texto dispositivo acerca da proteção das águas. O Art. 162 daquele diploma legal determinava que “corromper ou conspurcar a água potável de uso comum ou particular, tornando-a impossível de beber ou nociva à saúde. Pena: prisão celular de 1 (um) a 3 (três) anos.”

A Constituição Republicana de 1891 também não trouxe qualquer dispositivo sobre questões relativas aos recursos hídricos. Nesta fase fragmentária verifica-se que não havia uma preocupação direta com os recursos naturais, mas apenas com alguns de interesse econômico a exemplo do pau-brasil.

A fase setorial se destaca pelo início do controle legal das atividades exploratórias, mas ainda sem qualquer intuito preservacionista.

O Código Civil de 1916¹, embora fizesse menção à água trouxe regulação do direito de uso desse recurso apenas no que diz respeito ao direito de vizinhança e na utilização da água como um bem de domínio privado e de valor econômico limitado. Segundo esse diploma legal, a água poderia ser utilizada desde que fossem resguardados os direitos de vizinhança.

A Constituição Federal de 1934 trouxe em seu art. 5º, inciso XIX, alínea “j” dispositivos constitucionais de cunho ambiental dispondo que “compete privativamente à União: [...] XIX - legislar sobre [...] j) bens do domínio federal, riquezas do subsolo, mineração, metalurgia, águas, energia hidrelétrica, florestas, caça e pesca e a sua exploração”.

Verifica-se que o interesse constitucional por tutelar a gestão dos recursos hídricos deu-se apenas a partir do crescimento da demanda por energia elétrica, pois estabeleceu no artigo 119 que o aproveitamento industrial das águas e da energia hidráulica dependeria de autorização ou concessão federal, na forma da lei.

Ato contínuo foi editado o Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934, denominado Código de Águas, que definiu os tipos de água, critérios de aproveitamento além de dispor sobre a contaminação dos corpos hídricos e foi o primeiro diploma legal que disciplinou o aproveitamento industrial das águas no Brasil. No entanto, esse Código atribuía competência ao Ministério da Agricultura para a tutela dos recursos hídricos, o que deixou claro que havia a preocupação eminentemente agrícola (MILARÉ, 2007).

Apointa Milaré (2007) que o Código de Águas atendendo ao que dispunha a Constituição supracitada, foi editado com vistas a possibilitar o aproveitamento industrial das águas e, sobretudo, da energia hidráulica. Naquela oportunidade, o Brasil deixava de ser um país essencialmente agrícola e a indústria expandia-se, e era necessário disciplinar os serviços públicos de luz e força, até então concedidos por Municípios e por Estados.

No tocante ao domínio das águas o Código de 1934 classificava as águas como águas públicas de uso comum, águas comuns e águas particulares. As águas públicas de uso comum eram os mares territoriais, inclusive

¹ Art. 563. O dono do prédio inferior é obrigado a receber as águas que correm naturalmente do superior. Se o dono deste fizer obras de arte, para facilitar o escoamento, procederá de modo que não piore a condição natural e anterior do outro. Art. 568. Serão pleiteadas em ação sumária as questões relativas à servidão de águas e às indenizações correspondentes.

golfos, baías, enseadas e portos, as águas interiores correntes ou dormentes, navegáveis ou fluviáveis, as águas correntes ou braços de quaisquer correntes públicas, que, desembocando em outra, tomam-na navegável ou fluviável e as fontes e reservatórios públicos.

As águas públicas eram de domínio da União, dos Estados e dos Municípios. Eram municipais as águas contidas nos seus limites, estaduais as que serviam de limite a dois ou mais Municípios ou percorressem territórios de dois ou mais Municípios e da União as águas marítimas, as situadas nos antigos Territórios e as que servissem de limites de Estados ou do País, ou proviessem ou se dirigissem de um Estado para outro.

As águas comuns eram as correntes não navegáveis, nem fluviáveis. Essas águas não eram objeto de domínio, mas consideradas bens de todos. Águas públicas eram as águas navegáveis ou fluviáveis, o que explica a ênfase dada pelo Código de Águas à navegação. As demais eram comuns, sem dono; poucas e insignificantes eram as águas particulares, que eram as nascentes e demais águas contidas em terrenos particulares que não fossem comuns ou públicas (MILARÉ, 2007).

O Código de Águas também dispunha sobre águas subterrâneas, mas, posteriormente, essa matéria ficou disciplinada no Código de Mineração que classificou as águas subterrâneas como jazida mineraria e determinou que seriam regidas por lei especial.

A implementação do Código de Águas no que diz respeito às águas de domínio da União ficou sob a responsabilidade do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica –DNAEE, compartilhada com o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas –DNOCS. Nas águas de domínio dos Estados essa competência era exercida com a constituição de órgãos para aplicar o Código de Águas, e seus atos mais importantes eram as autorizações para a derivação de águas e as concessões para o aproveitamento de energia hidrelétrica, sendo que estas eram de exclusiva competência da União. A gestão das águas, nesta época, limitava-se à gestão de sua quantidade, sem preocupação com a sua qualidade.

A Constituição Brasileira de 1937 em nada inovou no tratamento dado as questões relativas aos recursos hídricos apenas repetindo o que dispunha as anteriores no tocante à competência da União para legislar e à exploração econômica das águas.

A Constituição de 1946 incluiu nos artigos 34 como bens da União “os lagos e quaisquer correntes de água em terrenos do seu domínio ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limite com outros países ou se estendam a território estrangeiro, e bem assim as ilhas fluviais e lacustres nas zonas limítrofes com outros países” e no artigo 35 como bens do Estado “os lagos e rios em terrenos do seu domínio e os que têm nascente e fez no território estadual”.

Embora existissem disposições acerca do tratamento dado aos recursos hídricos, notamos que até aqui não há qualquer intenção de proteção do meio ambiente, permanecendo a preocupação com a competência para explorar economicamente os recursos naturais.

Assim, na falta de disposição legal que amparasse o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, o legislador do Código Penal de 1940 associou a proteção aos recursos hídricos com o direito à saúde pois não se podia

assegurá-la num ambiente degradado. Dispôs o art. 271 que “corromper ou poluir água potável de uso comum ou particular, tomando-a imprópria para o consumo ou nociva à saúde. Pena: reclusão de 2 (dois) a 5 (cinco) anos. Se o crime é culposo – pena: detenção de 2 (dois) meses a 1 (um) ano”

Registra-se que a questão da necessidade de gestão dos recursos naturais de forma sustentável tomou uma dimensão internacional a partir das discussões do Clube de Roma, criado em 1968, que primeiro preocupou-se com o estabelecimento de critérios para utilização dos recursos hídricos pois até então nada existia nesse sentido.

No entanto, temos como marco da preocupação em tomo da preservação dos recursos naturais a Conferência de Estocolmo, ocorrida em 1972, que registrou o começo da preocupação do sistema político com as questões ecológicas. Nesta década assistimos à emergência e expansão das agências estatais de meio ambiente, assim como do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e na década seguinte, já aparecem os partidos verdes tendo um expressivo papel na institucionalização das questões ambientais (LEIS, 1995).

No tocante a gestão de águas especificamente, podemos destacar a Conferência das Nações Unidas sobre Água ocorrida em 1977 em Mar Del Plata, Uruguai, que lançou as bases para a tomada de posição da comunidade internacional em relação aos recursos hídricos, em razão da poluição e pela iminente escassez (VARGAS, 2000).

No Brasil, a Lei 6.938, de 31.08.1981 que disciplinou a Política Nacional do Meio Ambiente e instituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), integrado por órgãos federais, estaduais e municipais, responsáveis pela proteção ambiental.

A estrutura do SISNAMA está representada na Figura 1 a seguir:



Figura 1. Estrutura Organizacional do SISNAMA. Fonte: arquivo próprio, 2011.

O órgão superior desse Sistema é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), ao qual compete, entre outras atribuições, “estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos”. No exercício de sua competência, o CONAMA editou a Resolução nº. 20, de 18.06.1986, que inaugurou, no âmbito nacional, a gestão da qualidade das águas.

Com a Constituição Federal de 1988 todas as águas tornaram-se públicas. Os antigos proprietários de poços, lagos ou qualquer outro corpo de água passaram à condição de meros detentores dos direitos de uso dos recursos hídricos caso obtenham a necessária outorga prevista em lei.

A Constituição Federal repartiu a gestão de recursos hídricos com a divisão dos domínios das águas entre a União, os Estados e o Distrito Federal, deixando a competência para legislar sobre o assunto sob o domínio apenas da União.

A Constituição Federal de 1988 também previu em seu artigo 21, XIX a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SINGREH. Em 1991 o SINGREH passou pelo processo de regulamentação com o encaminhamento ao Congresso Nacional de projeto de lei dispondendo sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH (ANA, 2010).

A estrutura do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SINGREH é a seguinte:

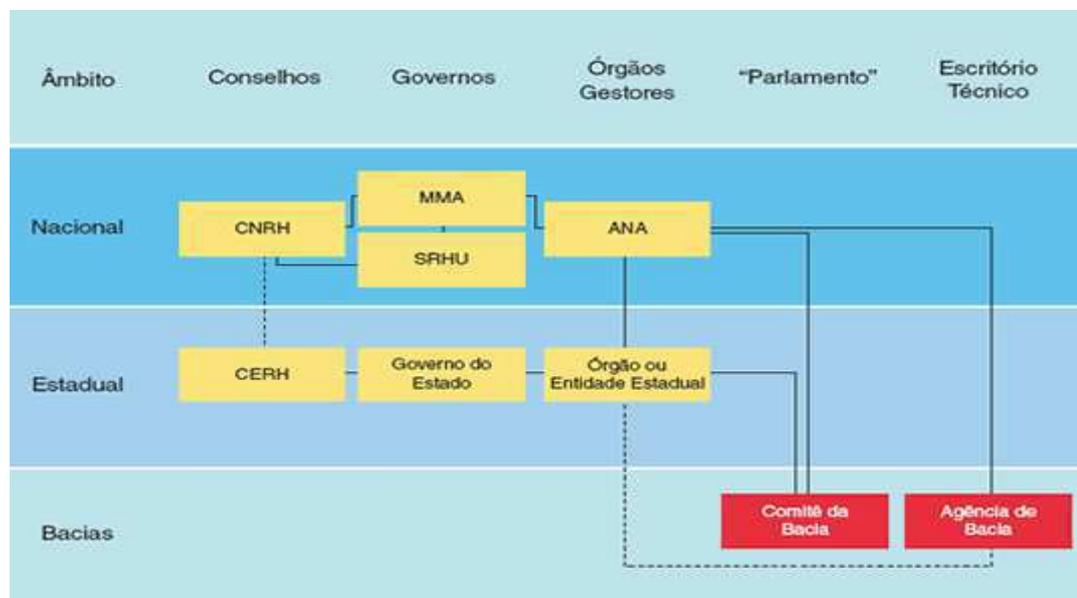


Figura 2. Estrutura Organizacional do SINGREH. Fonte: ANA, 2010.

No âmbito dos Estados, cada um ficou responsável por disciplinar a gestão de águas com a edição das leis que fossem necessárias. Na Paraíba, por exemplo, a questão ficou disciplinada através da Lei 6.308/96 que tratou da gestão dos recursos hídricos, a Lei 7.779/05 que criou a Agência Estadual de Águas (AESA) além de outros instrumentos legais que posteriormente modificaram em parte essas leis.

Outros dispositivos legais a exemplo do art. 21, XII, alínea “b” da Constituição Federal, também demonstram a preocupação com a exploração energética dos recursos, deixando um pouco de lado a prioridade que deve girar em torno da gestão adequada com vistas a buscar um desenvolvimento sustentável.

Em junho de 1992 durante a ECO-92 quando foi adotada a Agenda 21, documento internacional consistente de um programa de ação em termos de preservação dos recursos naturais mas sem força de norma internacional obrigatória, que estabeleceu que cada país deve se comprometer a refletir, global e localmente, sobre a forma pela qual governo, empresas, organizações não-governamentais e sociedade civil poderiam cooperar na busca de soluções para os problemas sócio-ambientais (MACHADO, 2005).

No tocante aos recursos hídricos, a agenda 21 brasileira dedicou seu capítulo 18 à “Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos”. Era o primeiro passo na gestão dos recursos hídricos no Brasil.

Registre-se que o estado de São Paulo em 1991, foi o primeiro a possuir uma política de recursos hídricos, que estabeleceu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em seguida, foram editadas as leis estaduais de recursos hídricos nos estados do Ceará (1992), Santa Catarina (1994), Rio Grande do Sul (1994), Bahia (1995), Rio Grande do Norte (1996) e Paraíba (1996).

Por muito tempo, a Resolução 20/1986 foi o instrumento legal utilizado para disciplinar a dinâmica de utilização das águas, até a promulgação da Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

A Resolução CONAMA 20/1986 foi revogada pela 357 de 17 de março de 2005; esta última trata da classificação das águas de acordo com suas utilizações e respectivos padrões de qualidade. Esta norma classifica as águas doces, salobras e salinas no território nacional, definindo os padrões de qualidade de cada uma dessas classes, segundo os seus usos preponderantes.

Pela Resolução citada, o enquadramento dos corpos de água nessas classes é feito nos níveis de qualidade que deveriam ter para garantir os usos a que se pretende destiná-los, o que exige um controle de metas visando a atingir, de modo gradual, os objetivos do enquadramento. Os usos definidos nessa Resolução não abrangem todos os usos possíveis das águas, mas apenas os específicos, que exigem água de determinada qualidade.

Nos seis anos após a edição da Lei 9.433/97 diversos estados e o Distrito Federal instituíram suas políticas estaduais de recursos hídricos. Outro ponto a ser destacado é de que o avanço das legislações estaduais ocorreu primeiro em locais onde já eram identificados conflitos relacionados à disponibilidade de água, causados por restrições quantitativas e/ou qualitativas, iniciando-se o processo pelas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, expandindo-se posteriormente para as regiões Centro-Oeste e Norte.

Com a edição da Lei nº 9.433 em janeiro de 1997 instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos e criando o SINGREH, regulamentou-se o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Saliente-se que nessa

oportunidade, como a maioria das políticas de recursos hídricos estaduais precederam a política nacional, esta foi meramente um reflexo do que muitos Estados já haviam disciplinado.

O avanço da edição de leis estaduais de gestão dos recursos hídricos posteriores à política nacional ocorreu tomando por base o modelo estabelecido pela Lei 9.433/97 já pautada nos modelos de políticas estaduais que lhe antecederam, o que merece uma certa crítica vez que se de um lado contribuiu sob o aspecto de alinhar-se técnica e ideologicamente, de outro, trouxe dificuldades para sua implementação pois cada um dos biomas nacionais tem suas peculiaridades próprias, não havendo como conceber uma política idêntica para Estados como o Amazonas e a Paraíba, por exemplo.

Em fevereiro de 2002 durante o II Fórum Mundial Social, ocorreu também o seminário “Um Mundo Sustentável é Possível” em Porto Alegre, Brasil, discutiu também questões essenciais para a proteção dos recursos hídricos. Em abril de 2002 ocorreu o “Dialogo entre Tomadores de Decisão sobre Gestão Sustentável da Água – prioridades para estruturas políticas e melhores práticas” na Suíça.

Nesse último, foram apresentadas propostas pelas organizações não-governamentais participantes com foco na bacia hidrográfica e na proteção dos recursos hídricos e o seu acesso as populações mais carentes tendo em vista ser o acesso à água um direito fundamental do ser humano.

Em 28 de julho de 2010 a Organização das Nações Unidas em sua 64ª sessão reconheceu o acesso à água como direito humano fundamental. O Brasil votou a favor sob o argumento de que o direito à água e ao saneamento está ligado aos direitos à vida, à saúde, à habitação e à alimentação.

Com efeito, considerando que o artigo 5º da Constituição Federal em seu § 3º, através de modificação introduzida pela Emenda Constitucional nº. 45 prevê a possibilidade de que os tratados e convenções que versem sobre direitos humanos sejam aprovados nas Casas do Congresso Nacional em dois turnos e por três quintos dos votos dos respectivos membros, tendo a partir daí *status* de Emenda Constitucional; logo, sendo o Brasil signatário deste documento, e após o procedimento legal cabível, constará do nosso ordenamento jurídico o acesso à água como direito humano fundamental.

2.2. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Os primeiros sistemas de gestão de águas de que se tem registro ocorreram na Roma Antiga quando os romanos deixaram de retirar água diretamente do Rio Tigre e construíram inicialmente o aqueduto de *Acqua Appia*, passando nos anos seguintes a construção de outros aquedutos, o que resultou em uma rede hidráulica para abastecimento daquela cidade. Nas situações de crise de abastecimento de água, acredita-se que havia os caçadores de águas responsáveis pela procura de água em quantidade e de qualidade para o abastecimento hídrico. E assim, de acordo com a demanda, os romanos foram desenvolvendo sistemas de organização dos recursos hídricos (CAMPOS, 2001).

Em 97 a. C. Julius Frontinus VI foi nomeado pelo imperador para o cargo de Comissário de Águas de Roma, passando a ser o responsável por gerir um complexo sistema de captação de água em fontes afastadas para distribuição em reservatórios existentes ao longo da cidade. Já naquela época,

Os usos da água eram divididos em classes: *nomine Caesari*, *privatis* e *usus publici*. A classe *usus publici* era subdividida em *castra*, *opera publica*, *munera* e *lacus*. As águas *nomine caesari* destinavam-se ao palácio imperial e aos prédios diretamente sob o controle do imperador. As águas *privati* destinavam-se a particulares por concessão do Imperador (*beneficio principis*) e estavam sujeitas ao pagamento de uma taxa. As águas *usus publici*, destinavam-se a prédios públicos, a balneários, instalações militares e para-militares, fontes ornamentais e reservas de emergência (CAMPOS, 2001, p. 21).

Para este autor, muitas estruturas ainda utilizadas na modernidade utilizam técnicas similares ao sistema de gestão de água observados na antiguidade romana. No período pós Idade Média criou-se a cultura de pavor à água e inexistência de qualquer hábito de higiene; a água praticamente foi substituída por perfumes. Nesse período não houve desenvolvimento de nenhuma técnica de gestão de recursos, situação essa que veio a modificar-se apenas no período posterior a Revolução Industrial (CAMPOS, *op. cit.*).

Com o desenvolvimento industrial e a conseqüente exploração dos diversos recursos naturais aliados ao crescimento e concentração das populações nas cidades bem como a falta de um sistema de esgotamento sanitário adequado poluiu sobremaneira os reservatórios de água, diminuindo a oferta desse recurso.

Buscando resolver ou mesmo minimizar o problema, desenvolveu-se um sistema de gestão do abastecimento das cidades a partir da captação das águas brutas diretamente dos reservatórios e sua adução aos pontos de consumo, tratamento das águas com o objetivo de melhorar suas características tomando-as próprias para o consumo, distribuição das águas tratadas, coleta de esgoto através de uma rede de tubulações e tratamento do esgoto para ser recebido em condições adequadas pelo receptor final (CAMPOS, *op. cit.*).

Mais tarde, a partir das discussões em torno da preservação dos recursos naturais e da construção da noção de desenvolvimento sustentável, passou-se a discutir de forma mais ampla a necessidade de práticas aptas a garantir a gestão dos recursos hídricos de forma sustentável.

2.2.1 ASPECTOS LEGAIS

Vimos em linhas anteriores que o Código de Águas, foi o primeiro diploma legal a tratar sobre o regime jurídico das águas no Brasil definindo os tipos de água, critérios de aproveitamento além de dispor sobre a contaminação dos corpos hídricos e disciplinar o aproveitamento industrial das águas.

Mais tarde, a Lei 6.938, de 31.08.1981 que disciplinou a Política Nacional do Meio Ambiente e instituiu o SISNAMA, integrado por órgão federais, estaduais e municipais, responsáveis pela proteção ambiental (ANTUNES, 2005). O órgão superior desse Sistema é o CONAMA, ao qual compete, de acordo com o que dispõe a Lei nº.

6.938/81, entre outras atribuições, “estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos” No exercício de sua competência, o CONAMA editou a Resolução 20, de 18.06.1986, que inaugurou, no âmbito nacional, a gestão da qualidade das águas.

A Constituição Federal deu status de bem público aos recursos hídricos e, mais tarde, a edição da lei 9433/97 impôs a necessidade de serem editadas várias normas regulamentadoras, o que, em grande parte, ainda não ocorreu. No entanto, a sua edição alterou profundamente a disciplina da aplicação do Código de Águas que inclusive, teve muitos dos seus dispositivos revogados.

Como parte da regulamentação necessária à execução da Política Nacional de Recursos Hídricos, foi promulgada a Lei 9.984, de 17.07.2000, que criou a ANA, como entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e integrante do SNRH. E, por sua vez, o Dec. 3.692, de 19.12.2000, que contempla a estrutura organizacional e operacional da ANA.

A CF ao estabelecer em seu art. 22, inciso IV que caberia privativamente a União legislar sobre águas definiu que apenas ao legislador federal caberia instituir os fundamentos atinentes ao gerenciamento dos recursos hídricos. Assim, apenas a gestão é que é descentralizada e não a competência para legislar, que continua centralizada e nas mãos da União. De acordo com o art. 22, parágrafo único, apenas a edição de uma lei complementar poderá autorizar os Estados a legislarem em matéria de recursos hídricos.

Um aspecto destacado por Milaré (2007) refere-se ao fato de que embora a CF considere os usos múltiplos das águas, ainda permanece a preocupação com o aproveitamento energético dos recursos hídricos visto que o art. 20, parágrafo primeiro daquele diploma legal dispõe que

É assegurada, nos termos da lei, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração.

A Política Nacional de Recursos Hídricos nos trouxe uma forma de gestão da água baseada no planejamento e manejo desses recursos de forma integrada, participativa e descentralizada, o que demonstra que as realizações do Brasil são significativas na área de gestão dos recursos hídricos e isso o tem colocado como inovador nessa matéria. Em termos de Política Nacional de Recursos Hídricos, o Brasil tem um dos regimes jurídicos mais avançados do mundo.

A Lei 9433/97 que dispõe sobre a gestão dos recursos hídricos envolve a implementação de normas internas de gestão e conservação, considerando a água como bem ambiental limitado e dotado de valor econômico, assegurando que sua gestão deva proporcionar o uso múltiplo das águas, e estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade territorial e a descentralização para a concretização de Políticas Nacionais de Recursos Hídricos.

2.2.2 INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com o art. 5º da Lei 9433/97, são instrumentos de gestão dos recursos hídricos: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os *Planos de Recursos Hídricos*, de acordo com o art. 6º da Lei 9.433/97, são planos diretores cujo objetivo é fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Já a *outorga dos direitos de uso da água*, segundo art. 11 da Lei 9.433/97, objetiva assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é

O instrumento legal disponibilizado ao Estado pela Lei n.º 9.433/97 como meio de intervenção na sociedade, na economia, e no meio ambiente, no tocante à utilização das águas, com o fito de diminuir as ações danosas, ou, ainda, através dos valores arrecadados, realizarem políticas de reparação dos danos já causados, e evitar o abuso da utilização deste bem público pertencente a todos (SILVA, 2010, p. 72).

O *Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos* que de acordo com o art. 25 da Lei 9.433/97, é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

O *enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes da água* tem o objetivo de garantir às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que foram destinadas e reduzir os custos de combate a poluição hídrica através de ações preventivas permanentemente. Segundo o art. 10 da Lei 9.433/97 “as classes de corpos d’água serão estabelecidas pela legislação ambiental”.

Para Machado,

[...] o termo estabelecer as classes de corpos de água significa, numa primeira fase, dar as características de cada classe e, numa segunda fase, constatar as características existentes de um corpo hídrico na classe devida. A classificação das águas é o reconhecimento da diferença e multiplicidade de usos desse recurso. Os usos pretendidos vão ser discutidos e apontados no Plano de Recursos Hídricos. Esse plano dirá que para tal seguimento de corpo de água, tributário, sub-bacia e/ou bacia hidrográfica, pretende-se o enquadramento numa determinada classe (2005, p. 453).

Vale ressaltar que, embora não tenha sido mencionado expressamente como instrumento da política nacional de recursos hídricos nem disponha de regulamentação, o *reúso de água* é um importante instrumento de

gestão visto que possibilita o uso múltiplo deste recurso, e um dos fundamentos desta política é o de que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas (art. 1º, inciso IV, Lei 9.433/97).

No entanto, a regulamentação adequada esbarra em duas situações, a saber: a primeira, depende da instituição de uma Lei Complementar que autorize os Estados a legislar em matéria de competência privativa da União e, na segunda situação, definir se o reúso de água será tratado como recurso hídrico ou à luz da legislação que versa sobre saneamento básico. Na primeira situação, vejamos o que diz o art. 22 da Constituição Federal:

Art. 22 - Compete privativamente à União legislar sobre:

IV - águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão; Parágrafo único - Lei complementar poderá autorizar os Estados a legislar sobre questões específicas das matérias relacionadas neste artigo.

Assim, de acordo com o dispositivo legal supra, apenas mediante Lei Complementar os Estados estarão autorizados a legislar sobre águas, caso o reúso seja considerado recurso hídrico, que é a segunda situação; isso porque, a disposição de efluentes é assunto afeto às questões de saneamento básico que são regidas inclusive por política própria, A Política Nacional de Saneamento Básico disciplinada pela Lei 11.445/07.

À primeira vista, poderia parecer mais adequado que o reúso fosse tratado como matéria referente ao saneamento básico, no entanto, para um melhor esclarecimento, trazemos à baila a diferença entre água e recurso hídrico.

“Água” é, em resumo, um mineral presente no meio ambiente nos estados sólido, líquido e gasoso, que se renova pelos processos físicos do ciclo hidrológico; é um recurso natural essencial à vida e a existência de todos os seres vivos (TUNDISI, 2003).

Já o vocábulo “recurso hídrico” refere-se à água quando dotada de valor econômico, consoante definido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, em seu art. 1º, cuja utilização atualmente depende de outorga do Poder Público, além do pagamento de certa quantia pelo usuário desse recurso. Para Granziera “recurso hídrico é bem de valor, à medida que há interesse sobre ele. Tomando-se escasso, esse valor passa a ter caráter econômico” (2006, p. 57).

Com efeito, o reúso deve ser reconhecido como instrumento de gestão que visa reduzir o gasto de água potável aumentando a sua disponibilidade para usos mais nobres, e deve por consequência, ser reconhecido como recurso hídrico, embora de qualidade inferior, vez que, após o seu tratamento e disposição adequada, terá a mesma utilidade do recurso hídrico “água”, no entanto, para fins menos restritivos.

Um passo dado para o reconhecimento do reúso de água como instrumento de gestão dos recursos hídricos foi a edição pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direito não potável de água. Essa resolução autoriza os Estados a elaborarem critérios próprios, obedecida a resolução supra.

2.3 ASPECTOS LEGAIS SOBRE O CONTROLE DE DESPEJO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS NO MEIO AMBIENTE NO ESTADO DA PARAÍBA

O Decreto n.º 21.120 de 20 de junho de 2000 regulamentou a Lei N.º 4.335, de 16 de dezembro de 1981, modificada pela Lei 6.757, de 08 de julho de 1999, que dispõe sobre a prevenção e controle da poluição ambiental no Estado da Paraíba.

De acordo com o art. 2º deste Decreto, a Política Estadual do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no Estado, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança e a proteção da dignidade da vida humana, atendidos os princípios constantes da política ambiental estadual e federal, dentre eles, a ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, para as presentes e futuras gerações, tendo em vista o uso coletivo e o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais.

Dentre os objetivos da Política, está o estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo dos recursos ambientais (art. 3º) competindo ao Conselho de Proteção Ambiental (COPAM), criado nos termos do Art. 228 da Constituição Estadual, observada a política de desenvolvimento econômico e social do Governo do Estado da Paraíba, atuar na prevenção da poluição e controle da utilização racional dos recursos ambientais através do estabelecimento de normas e critérios para licenciamento ambiental de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras a serem concedidas por seu intermédio ou pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), conforme for o caso, respeitados os princípios e limites estabelecidos pelo CONAMA e pela legislação federal.

Além disso, é atribuição do COPAM estabelecer através de deliberação de seus membros, normas e padrões de emissão de poluentes e de qualidade ambiental para o Estado, respeitada a legislação federal que regula a espécie.

O referido Decreto considera, dentre outras diversas atividades que utilizam recursos ambientais e são efetiva ou potencialmente poluidoras, os sistemas públicos ou privados de tratamento ou disposição final de resíduos líquidos bem como os serviços de limpeza de fossas, coleta, transporte e disposição final de lodos ou materiais retidos em estações de tratamento de efluentes, bem como dispositivos de tratamento de água, esgoto sanitário, ou de resíduos líquidos industriais, o que significa que as atividades prestadas pela CAGEPA submetem-se ao licenciamento ambiental daquele órgão.

A SUDEMA atua como órgão técnico do COPAM e exerce a fiscalização do cumprimento da legislação referente ao controle da poluição no território do Estado da Paraíba.

Já a Política de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba é implementada pela AESA criada pela Lei nº 7.779 de 07 de julho de 2005, a quem compete o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais de domínio do Estado da Paraíba, de águas originárias de bacias hidrográficas localizadas em outros Estados que lhe

sejam transferidas através de obras implantadas pelo Governo Federal e, por delegação, na forma da Lei, de águas de domínio da União que ocorrerem em território do Estado da Paraíba.

A atuação da AESA obedece aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos instituída pela Lei Estadual nº 6.308, de 02 de julho de 1996 e pela Lei Federal de Recursos Hídricos nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Lei Estadual nº 6.636 de 19 de junho de 1998 definiu o Sistema de Regulamentação e Controle do Serviço Estadual de Saneamento e suas condições operacionais. Segundo o art. 1º desta lei, compete à Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais, a Regulamentação, Controle e Fiscalização do Serviço Estadual de Saneamento e à Secretaria da Infra-Estrutura, a Operação e Manutenção dos Sistemas Estaduais de Saneamento.

Por esta Lei, a outorga concedida à CAGEPA, empresa de economia mista especialmente instituída como companhia de abastecimento de água e esgotos pela Lei 3.459, de 31 de dezembro de 1966, que vigorava por tempo indeterminado, passou a vigorar pelo prazo de 20 (vinte) anos a contar da data de assinatura do contrato pelo Secretário da Infra-estrutura, representando o Poder Concedente, ouvida a Procuradoria Geral do Estado e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, na forma da Lei Federal 8.987, de 13 de janeiro de 1995.

Com a criação da AESA, esta ficou vinculada à Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH ou à Secretaria que vier a sucedê-la, e as competências relativas à gestão de recursos hídricos que eram desta secretaria passaram para a AESA.

Embora a Resolução nº. 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos atribua a competência aos órgãos ambientais gestores dos recursos hídricos para administrar a prática e estabelecer as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso, não há atuação da AESA no tocante ao gerenciamento da utilização de águas residuárias no Estado da Paraíba, haja vista que, não existe atualmente, nenhuma norma que regulamente a utilização dessas águas enquanto recursos hídricos, embora as diversas legislações prevejam o uso múltiplo das águas e a gestão dos recursos hídricos deva ser integrada.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

As preocupações em torno das questões ambientais e da necessidade de controle da poluição causada sobre os recursos naturais, a que se convencionou denominar de ambientalismo, remontam ao século XIX, no entanto, apenas após a II Guerra Mundial começa a aparecer de forma mais significativa.

Nesta época, a degradação ambiental iniciada na Revolução Industrial e agravada pelo modelo de crescimento econômico ocidental apresentava como fatores responsáveis o crescimento exponencial de população, a

expectativa de vida maior, o grande consumo de energia, a demanda maior e por alimentos variados, o desenvolvimento de novas tecnologias e serviços em todos os setores da economia.

A Conferência de Estocolmo registrou o começo da preocupação do sistema político com as questões ecológicas visto que os países desenvolvidos optaram pela elaboração e aplicação de políticas que objetivassem o controle da poluição. Nesta década houve uma expansão das agências estatais de meio ambiente, assim como do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e na década seguinte, já aparecem os partidos verdes tendo um expressivo papel na institucionalização das questões ambientais (PHILIPPI JR. & SILVEIRA, 2005).

O Estado então viu-se obrigado a planejar as ações de gestão ambiental ao regulamentar as formas de controle da poluição por meio de legislação, fiscalização do cumprimento das normas e aplicação de sanções cabíveis ao não cumprimento das obrigações previstas. Essas normas inerentes ao planejamento ambiental vão desde a tutela constitucional constante do art. 225, incisos III, IV e bem como pela legislação infraconstitucional, onde destacam-se os instrumentos contidos na Lei 6.938/81 a exemplo do zoneamento ambiental, licenciamento ambiental, avaliação de impactos ambientais e o estabelecimento dos padrões de qualidade ambiental (LEITE, 2004), como veremos a seguir.

Especialmente na segunda metade do século XX, muitas foram as transformações produzidas pelo desenvolvimento da humanidade que melhoraram as condições de saúde pública e estas condições estiveram relacionadas diretamente com o conjunto de fatores econômicos, sociais e ambientais implementados nesse período. Tiveram papel primordial os esforços governamentais para melhorar as condições ambientais, o aperfeiçoamento dos sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário, coleta e disposição adequada de resíduos sólidos (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*).

O crescimento da economia trouxe um crescimento exponencial da população, em especial nos países em desenvolvimento, a expectativa de vida cresceu, aumentou o consumo de energia e a demanda por alimentos, além do aparecimento de uma gama de produtos e serviços em todos os setores da economia (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*). “Graças aos avanços tecnológicos o homem estabeleceu uma relação ilimitada com os recursos naturais que o rodeiam.” (MELO, 2009, p. 36). Esse crescimento gerou várias formas de degradação ambiental.

Mas, nesse mesmo período, e resultado de uma brusca modificação nos hábitos de consumo, aumentou a demanda por recursos naturais, especialmente por água, cujo consumo no período de 1900 a 1995 aumentou seis vezes, mais do que o dobro da taxa de crescimento da população, fazendo com que quase metade da população mundial enfrente problemas de escassez de água, principalmente no que se refere ao consumo de águas superficiais (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*).

O desenvolvimento tecnológico também trouxe outro problema grave: foram se alterando as características físico-químicas dos resíduos com a criação de novos compostos químicos e mais uma vez surgiu a necessidade por novas tecnologias de tratamento que respondessem às inovações e novas formas de atuação do poder público frente a questão da poluição ambiental. Segundo Philippi Jr. & Silveira:

As políticas iniciais de controle da poluição nortearam-se na aplicação de mecanismo que agissem principalmente na regulação da externalidade, minimizando-a sentido de preservar, principalmente no caso dos recursos hídricos, a qualidade dos corpos de água. Ficou a cargo do estado regular as formas iniciais de controle por meio de legislação, fiscalização de cumprimento das normas e aplicação das sanções cabíveis (2005, p. 423).

O Poder Público passou a atuar de forma mais incisiva a partir da instituição de políticas ambientais que passaram a nortear-se pelo estabelecimento de mecanismos de controle da poluição ambiental. Estes mecanismos de controle da poluição tem como base o princípio jurídico e econômico de comando e controle:

Esse princípio pressupõe que o Estado irá estabelecer padrões e metas de despoluição que, por sua vez, devem ser buscados pelos atores públicos e privados por meio da imposição de fiscalização e da aplicação de multas e sanções coercitivas. Essa forma de fazer o controle da poluição surgiu e evoluiu no seio dos organismos estatais internacionais e nacionais (PHILIPPI JR. & SILVEIRA, *op. cit.*, p. 425).

O mecanismo de comando e controle se expressa fundamentalmente através dos padrões de qualidade ambiental, do licenciamento e do zoneamento ambiental. Desta feita, os padrões de qualidade ambiental são

[...] normas regulamentadoras, nas quais os atores devem atingir metas de poluição por meio da imposição de fiscalização e da aplicação de multas e sanções coercitivas. A legislação ambiental fixa esses padrões, pressupondo que a manutenção dos ambientes naturais e antrópicos, dentro de certos limites de qualidade ambiental, resulte em condições de desenvolvimento social (PHILIPPI JR. & SILVEIRA, *op. cit.*, p. 425).

No presente trabalho, optamos por nos ater apenas aos padrões de qualidade ambiental, que é o que interessa ao nosso objeto de estudo visto que as Resoluções do CONAMA baseiam-se nesse tipo de comando para estabelecer os padrões de qualidade de água.

2.4.1 PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA

Segundo Philipi Jr. & Silveira (*op. cit.*) conceito de qualidade do meio ambiente é subjetivo porque contém em si um juízo de valor sobre condições temporais e espaciais de uma determinada realidade ambiental. Este mesmo autor defende que o conceito de qualidade da água é determinado por uma gama de fatores complexos e que uma das maneiras de conceituar a qualidade da água é associando esse conceito ao uso que se faz do recurso, pois a qualidade da água passa do conceito bom e ruim para o conceito de adequada ou inadequada sempre em razão do uso.

Para Sperling (2005, p. 16) “o estudo da qualidade da água é fundamental tanto para se caracterizar as conseqüências de uma determinada atividade poluidora quanto para se estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso da água.” A qualidade de água é alterada de acordo com a sua utilização.

Com efeito, de acordo com o uso a água pode ser (SPERLING, *op. cit.*):

- a) Bruta – água retirada diretamente de um rio, lago, ou lençol subterrâneo sem qualquer tratamento.
- b) Tratada – a água que após captação, passa por um tratamento até ficar adequada aos usos a que se destina.
- c) Usada (esgoto bruto) – água que após sua utilização sofre modificações em sua qualidade, transformando-se em um despejo líquido.
- d) Esgoto tratado – é o efluente que recebeu tratamento antes de ser despejado no corpo receptor.
- e) Água pluvial – é a água que escoar no solo e incorpora novos constituintes e é coletada em sistemas de drenagem pluvial antes de ser lançada no corpo de água.
- f) Corpo receptor - água pluvial e o efluente tratado atingem o corpo receptor onde a água volta a sofrer outras alterações em sua qualidade em razão da diluição
- g) Água de reúso – água que ao atender determinadas condições, pode ser utilizada na agricultura, para usos de qualidade de água menos exigente e para usos industriais.

A água possui determinadas características que determinam sua qualidade; são características químicas, físicas e biológicas. A Figura 3 adiante representa bem essas características:

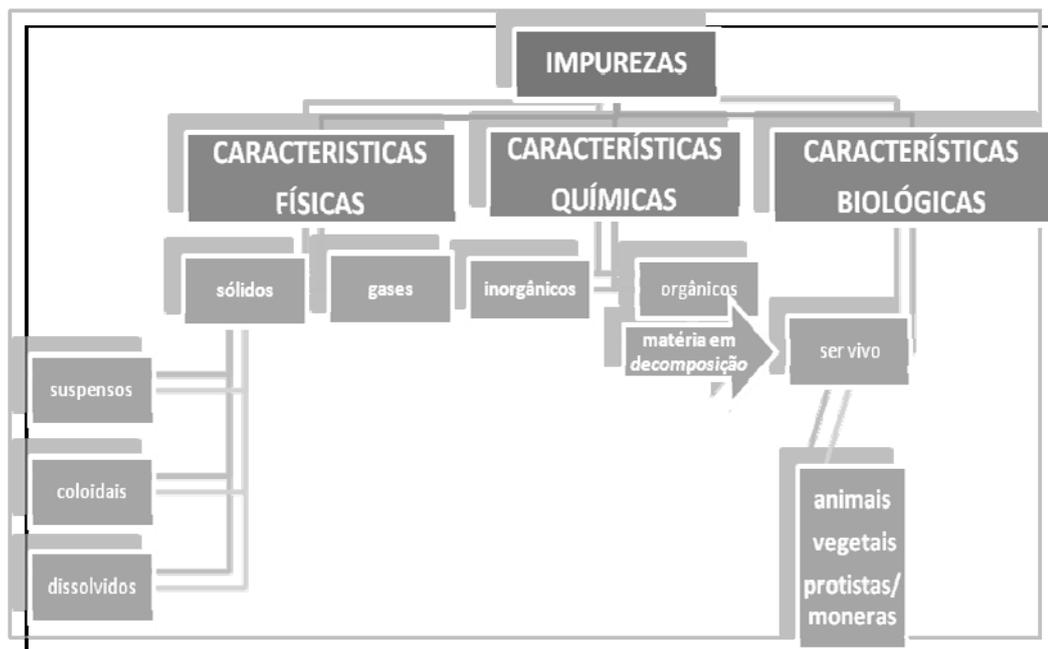


Figura 3. Características de qualidade da água. **Fonte:** SPERLING, 2005.

Com efeito, a qualidade da água é aferida a partir de parâmetros que expressam bem as características acima apontadas. São parâmetros de caráter geral e servem para determinar qualidade de qualquer tipo de água, seja de abastecimento, residuária, de mananciais ou de corpos receptores. Esses parâmetros são os padrões de qualidade de água.

Os padrões de qualidade referentes à potabilidade da água são disciplinados pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e a Resolução nº. 357/05 do CONAMA determina os padrões de qualidade de água e os padrões de lançamento de efluentes, além disso, quando necessário, os Estados devem editar seus padrões de qualidade de água adequados à realidade local, observado o que dispõe a legislação federal.

A Portaria 518/04 estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. No entanto, não será aqui abordada detalhadamente porque não faz parte do objeto deste trabalho, que será norteador pelas disposições das Resoluções do CONAMA e das normas emanadas pela OMS acerca da utilização de águas residuárias na irrigação.

A Resolução CONAMA 357/2005 define as águas de acordo com o grau de salinidade. As águas doces são as com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ (meio por mil), são salobras as águas com salinidade superior a 0,5 ‰ (meio por mil) e inferior a 30 ‰ (trinta por mil) e salinas, as águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰ (trinta por mil).

Para identificar o teor de salinidade e o enquadramento da água conforme a resolução estudada pode ser utilizada a Tabela a seguir:

Tabela 1. Classificação da salinidade de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05 **Fonte:** LOPES, 2005.

| Resolução 357/05 CONAMA | Salinidade |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Classificação da água | SDT |
| Água doce | ≤ 500 mg/L |
| Água salobra | 500 a 30.000 mg/L |
| Água salina | ≥ 30.000 mg/L |

As águas doces, salobras e salinas são classificadas a partir da definição de padrões de qualidade de cada uma dessas classes, segundo os seus usos preponderantes, visto que, o enquadramento dos corpos de água em classes é feito nos níveis de qualidade que deveriam ter para garantir os usos a que se pretende destiná-los, o que exige um controle de metas visando a atingi-los, de modo gradual, os objetivos do enquadramento.

Sendo assim, as águas doces são classificadas como:

- a) De classe especial, as águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. As águas de classe especial não podem ser destinadas para reúso, por serem consideradas para águas para usos mais nobres.
- b) De classe 1 as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme disposto na Resolução CONAMA nº. 274, de 2000, à

irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

c) De classe 2, são as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aqüicultura e à atividade de pesca.

d) De classe 3 as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário; e a dessedentação de animais.

e) De classe 4 as águas que podem ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

As águas doces de classe 1 deverão observar como condições de qualidade de água: a não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido; deverão estar virtualmente ausentes quaisquer materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos e graxas, substâncias que comuniquem gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis.

Na hipótese de existirem coliformes termotolerantes, para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA no 274, de 2000.

Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

As águas salinas são classificadas em:

a) De classe especial as águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

b) De classe 1 as águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000, à proteção das comunidades aquáticas; e à aqüicultura e à atividade de pesca.

c) De classe 2: águas que podem ser destinadas à pesca amadora; e à recreação de contato secundário.

d) De classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

As águas salobras, por sua vez, são assim classificadas:

a) De classe especial as águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

- b) De classe 1 as águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000, à proteção das comunidades aquáticas, à aqüicultura e à atividade de pesca, ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado, e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
- c) De classe 2 são as águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário.
- d) De classe 3 as águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Não obstante a classificação do CONAMA acima estabeleça qualidade de água para irrigação as águas doces de classe 1, 2 e 3 e as águas salobras de classe 1, existem outras classificações de águas para este mesmo uso, a exemplo da classificação oferecida por Ayers & Wescot (1991). De acordo com Lima, Meira Filho, Furtado e Lucena (2008), Ayers & Wescot (1991) consideram para qualificar a água própria para irrigação, a concentração de sais, sódio, a presença de íons tóxicos, os riscos e o pH. Essa classificação considera os efeitos potenciais de uma irrigação a longo prazo, “sobre o rendimento e a qualidade da produção agrícola, bem como as mudanças no meio ambiente e nas características físico-químicas do solo” (LIMA, MEIRA FILHO, FURTADO, LUCENA, 2008, p. 58) e qualifica a água em três grupos: sem restrição ao uso, com restrição suave a moderada e uso com restrição severa.

O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica e poderá também estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

A resolução CONAMA 357/05 também estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos. Estes somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, sendo permitido ao órgão ambiental competente o estabelecimento de outros padrões ou condições de caráter mais restritivo tendo em vista as condições ambientais locais.

Mediante fundamentação técnica, o órgão ambiental competente poderá também exigir o emprego da melhor tecnologia disponível para o tratamento de efluentes dependendo das condições do curso de água superficial.

Excepcionalmente, o órgão ambiental poderá autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos, desde que observados os seguintes requisitos: (a) comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado; (b) atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias; (c) realização de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), às expensas do empreendedor responsável pelo

lançamento; (d) estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.

O art. 26 desta resolução estabelece a competência comum dos órgãos ambientais federal, estadual ou municipal para, mediante norma específica ou dentro do procedimento de licenciamento ambiental, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 34 da Resolução 357/05, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas pelo enquadramento para o corpo de água.

No caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente exigirá, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor.

O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura. Sob pena de nulidade da licença expedida, o empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias, entre aquelas previstas nesta Resolução para padrões de qualidade de água, que poderão estar contidas no seu efluente.

A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação. Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.

Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados. Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente atender às condições e padrões de lançamento de efluentes, não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência, e, quando necessário, atender a outras exigências aplicáveis.

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos na referida Resolução sem prejuízo de outras exigências cabíveis. O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

O lançamento de efluentes deve observar as seguintes condições: pH entre 5 a 9; temperatura inferior a 40°C, deverá exceder a 3°C na zona de mistura; os materiais sedimentáveis devem obedecer ao limite de 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff.

Quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, o órgão ambiental poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras consequências, acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos ou inviabilizar o abastecimento das populações. Os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial.

Esta Resolução define também que para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.

2.5 REÚSO DE ÁGUA

Em escala mundial, a água potável, apesar de sua importância para a sobrevivência dos seres vivos, é um recurso cada vez mais escasso, seja pelo crescimento da população e das atividades econômicas, seja pela redução da oferta de água, especialmente em razão da poluição dos mananciais.

Diante do crescente processo de escassez de água, o valor desse bem tende a ficar cada vez mais alto, tomando premente a necessidade de reduzir a poluição hídrica e buscar alternativas viáveis de aumento da oferta de água de modo a redefinir a utilização desse recurso.

É nesse cenário que se insere o reúso de água como uma das alternativas mais viáveis para minimizar o problema da escassez hídrica, isso porque, a utilização das águas residuárias nos possibilita inúmeros benefícios: as águas tidas como de segunda qualidade podem ser utilizadas de forma benéfica para diversas finalidades, haja vista que, os usos menos exigentes podem ser atendidos com água de qualidade inferior ao passo que aumentará a disponibilidade hídrica, possibilitando ainda uma oferta maior de água de boa qualidade, diminuição da poluição, entre outros.

Por meio do reúso da água, há a possibilidade de tratar os efluentes e descarregá-los de forma planejada nos corpos hídricos para que sejam utilizados de diversos modos. A água proveniente de reúso pode ser utilizada para irrigação paisagística, irrigação de campos para cultivos, usos industriais, recarga de aquíferos, usos urbanos não-potáveis e outros usos diversos como a aquíicultura, construção civil, entre outros.

Conforme cada destinação do reúso, a água deve apresentar determinadas “características físicas, químicas e biológicas que garantam a segurança dos usuários, a qualidade do produto final e a integridade dos componentes com os quais entrará em contato” (MIERZWA & HESPANHOL, 2005, p. 12) inclusive porque a mesma água pode ser destinada a mais de um tipo de reúso.

As águas denominadas de qualidade inferior e utilizadas para o reúso são as provenientes de esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras, posto que são consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos.

A grande vantagem do reúso é a diminuição da demanda sobre os mananciais devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior, mas que atenderá de forma satisfatória o uso a que se destina sem necessariamente desperdiçar água apta a usos mais nobres.

Com efeito, considerando os múltiplos usos da água reciclada, a sua utilização para qualquer finalidade proporciona um custo menor, já que a água de primeira qualidade ficará disponível para usos mais nobres.

A utilização de águas residuárias é um importante instrumento de gestão ambiental, inclusive já utilizado em muitas localidades, embora careça de regulamentação. Assim, as possibilidades e formas potenciais de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, que vão desde a decisão política até os fatores ambientais, econômicos, sociais e culturais de cada região (MIERZWA; HESPANHOL, *op. cit.*).

2.5.1 CONTEXTO HISTÓRICO

O reúso de água na agricultura não é uma prática nova. Segundo Bernardi (2003) existem relatos de reúso de água na Grécia Antiga. Alguns países europeus a exemplo da Alemanha em 1531, Escócia em 1650, França em 1868 e Inglaterra em 1870, utilizavam a disposição de esgotos no solo como forma de descarte do efluente (BERNARDI, *op. cit.*).

Para Paganini (2003) as iniciativas para despoluição do rio Tâmesa (Inglaterra) em meados de 1850 que contribuíram para utilização de esgotos para fins agrícolas a partir da implantação do “sistema separador absoluto, direcionando as águas de chuva para os cursos d’água e os esgotos para *os landfarms*” (PAGANINI, 2003, p. 338). A técnica foi disseminada nos Estados Unidos e na Europa e é tida como uma das formas mais praticadas e bem sucedidas de tratamento e disposição final dos esgotos advindos da atividade urbana.

Nos Estados Unidos o reúso é ainda uma prática bastante difundida. Na Califórnia utiliza-se água residuária bruta na agricultura desde 1890, vindo apenas a ser uma prática regulamentada a partir de 1978 (MARQUES, 2004), a partir do estabelecimento de requisitos gerais para o reúso potável indireto por meio da recarga de aquíferos, os quais estão sendo atualizados para garantir que um aquífero que recebeu água de reúso atenda ao padrão de potabilidade e não exija tratamento posterior antes do consumo.

Na Flórida os distritos de gerenciamento das águas do Estado são obrigados a identificar quais as áreas tem ou terão problemas com o abastecimento de água nos próximos 20 anos, devendo elaborar para tais situações estudos de viabilidade da implantação de ETE’s para utilização dos efluentes. No Texas, a prática de reúso é muito comum, tanto que há legislação disciplinando tanto os cursos de água, os aquíferos profundos e superficiais e direitos de propriedade sobre usos úteis da água captada. A vazão dominante dos rios naquele Estado advém do reúso, especialmente nos períodos de seca (BERNARDI, *op. cit.*).

Segundo Léon & Cavallini (1999) a Tunísia pratica o reúso há algumas décadas como estratégia da política de recursos hídricos nacional. Naquele país, mesmo havendo proibição do uso de águas residuárias na cultura de vegetais consumidos crus, há a diluição dos esgotos em água de poço e utilização na irrigação.

Uma prática de reúso de água que merece destaque é o uso de águas residuárias na agricultura do Vale do Mezquital no México. No início do século XX essa região era castigada pela falta de água de qualidade e a renda obtida por meio da agricultura era quase inexistente porque recebeu água sem tratamento durante décadas. A partir da criação de um sistema de tratamento da água do esgoto vinda da Cidade do México, a agricultura irrigada com água de reúso transformou uma área sem grandes perspectivas em um eficiente exemplo de geração de renda para a população local (LÉON & CAVALLINI, *op. cit.*).

Em Israel e no Líbano o reúso de efluentes tem sido uma alternativa para reduzir o consumo de água na agricultura. O índice de esgoto aplicado na irrigação em Israel é de aproximadamente 75% do volume gerado (WHO, 2006) tanto que o reúso de água em Israel se transformou em política nacional desde 1955 (FIESP, 2010).

No Brasil, o reúso de águas já ocorria nos engenhos de cana-de-açúcar, a partir do uso do efluente das destilarias de álcool para irrigar as plantações de cana (SOUSA NETO, 2009).

De acordo com Sousa Neto (2009) e Philipi Jr. (2003) a utilização de águas residuárias no Brasil de forma institucionalizada ocorreu com a construção da Estação de Tratamento de Esgotos Dr. João Pedro Jesus Netto, inaugurada em 1934 em São Paulo.

A partir daí, diversas outras estações foram sendo construídas ao longo dos anos no Brasil, mesmo a mercê de uma regulamentação pública nacional, tanto que, em alguns estados foram elaboradas normas para utilização dessas águas por companhias de abastecimento, a exemplo da SABESP, que tem estabelecidos seus próprios parâmetros de análise da qualidade das águas residuárias de acordo com o uso a que essas águas se destinam.

2.5.2 CONCEITO E TIPOS DE REÚSO DE ÁGUA

Reúso de água é definido como

[...] o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas (MANCUSO & BREGA FILHO, 2003).

Segundo Mierzwa & Hespanhol (*op. cit.*) o Brasil apresenta diversas formas potenciais de reúso de água. No entanto, para a necessidade atual, os usos mais significativos são o reúso urbano, industrial, agrícola e o reúso associado à recarga artificial de aquíferos.

O reúso de água, particularmente os de águas provenientes de esgotos, apresenta as seguintes vantagens:

[...] propicia o uso sustentável dos recursos hídricos, minimiza a poluição hídrica nos mananciais, estimula o uso racional de águas de boa qualidade, permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes, possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica, provoca aumento da produtividade agrícola, gera aumento da produção de alimentos, permite maximizar a infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida (BERNARDI, 2003, p.12).

O reúso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta e por meio de ações planejadas ou não. O reúso é indireto e não planejado da água quando esta, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada (HESPANHOL, *op. cit.*). O reúso é indireto e planejado quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, para algum uso benéfico (HESPANHOL, *op. cit.*).

Nessa hipótese deve existir um controle para que o efluente tratado esteja sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reúso objetivado (MANCUSO & BREGA FILHO, *op. cit.*). O reúso direto planejado das águas ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga para o local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente (HESPANHOL, *op. cit.*).

2.5.3 LEGISLAÇÃO SOBRE REÚSO DE ÁGUA EM NÍVEL MUNDIAL E LOCAL

Em muitos países o reúso de água já é uma prática regulamentada. Nos Estados Unidos, por exemplo, a primeira norma de reúso entrou em vigor no ano de 1918, no Estado da Califórnia. Em 1970 o Código de Águas deste mesmo estado determinou que deveria ser empreendido todo esforço para realizar o tratamento de esgotos e o reúso de água com o fim de suprir as demandas e em 1972, foi promulgado o Ato Federal de Controle de Poluição das Águas trazendo a obrigatoriedade de recuperar e manter a qualidade das águas nacionais promovendo a descarga zero de poluentes nos cursos d'água onde as atividades de navegação, natação e pesca possam ser realizadas (BARBOSA, 2007).

Em 1992 a Agência de Proteção Ambiental Americana e a Agência Americana de Desenvolvimento Internacional publicaram diretrizes para Reuso de Água: *Guidelines for Water Reuse*, com o fim de estabelecer um padrão nacional de legislação para a prática do reúso. Estas diretrizes foram revisadas em 2004 (USEPA, 2011).

Em 2002, o Departamento de Proteção Ambiental da Flórida lançou o Código de Boas Práticas para Água de Reuso, estabelecendo neste uma gama de princípios, dentre eles: a importância da saúde pública, controle do processo de reúso e monitoramento da qualidade, conservação do recurso natural, notificação pública e educação e manutenção preventiva (BARBOSA, 2007).

Em se tratando de reuso de água, os Estados Unidos tem uma legislação avançada, pois diversos estados buscam promover o uso da água reciclada, limitando a quantidade de água disponível para a população ao mesmo tempo em que restringem o despejo de efluentes nos corpos hídricos. Até o ano de 2003, 25 estados americanos já dispunham de legislação regulamentando o reuso de água (BARBOSA, 2007).

Em Israel foi publicada norma permitindo reuso de efluentes na agricultura em 1965. Na Coreia a instalação de sistemas de reuso foi estabelecida em norma no ano 1991, no entanto, essa instalação não era obrigatória, vindo a ser apenas em 2001, quando tomou-se uma exigência legal para todas as construções acima de 60.000m² (BARBOSA, 2007).

Entre os países integrantes da União Européia, a regulamentação do reuso não é uniforme. A Espanha possui uma legislação nacional e normas regionais, mas não há um padrão estabelecido. A França possui uma recomendação nacional emanada do Conselho Superior de Higiene Pública da França. A Itália possui também uma lei nacional de 1976 e uma lei promulgada no ano seguinte que a complementa estabelecendo critérios, metodologias e padrões gerais de tecnologias para reuso (SOUSA, 2008).

A Austrália possui várias diretrizes para reuso de água, tanto a nível nacional quanto estadual, fruto de várias atualizações feitas na década de 90 para melhorar a qualidade da água descartada pelas estações de tratamento. Desde 1956 a África do Sul implementou políticas de reuso através do Ato da Água, uma ferramenta legislativa criada com esse fim (SOUSA, 2008).

Sobre a regulamentação do reuso de água na agricultura pelo Brasil Sousa, Haandel, Cavalcanti & Figueiredo dizem que

No Brasil não existem normas nem critérios próprios para reuso de água de qualidade inferior, apesar da utilização de esgotos domésticos na agricultura ser uma prática milenar realizada em todos os continentes. Para o uso adequado de esgotos na irrigação se faz necessário o seu tratamento para, além de garantir a qualidade higiênica, corrigir certas características indesejáveis tais como: alta concentração de solos e matéria orgânica putrescível (2008).

Para Hespanhol (*op. cit.*), a regulamentação desta espécie de reuso deverá ser elaborada de modo a considerar: a necessidade de que se estabeleçam códigos e padrões associados ao reuso; a criação de uma nova instituição para operacionalizar e fiscalizar o reuso ou a delegação de poderes a uma instituição já existente, atribuição de competências às agências locais e nacionais associadas ao setor de recursos hídricos, estabelecendo inclusive a cooperação mútua entre essas agências, garantir o direito dos usuários inclusive no que pertine ao acesso e apropriação dos esgotos, a regulamentação pública desses esgotos e a questão da posse da terra na qual será desenvolvido o reuso.

A resolução nº 54 do CNRH que trata de diretrizes gerais para o reuso, estabelece para esta prática:

- Definições de água residuária, reuso de água, água de reuso, reuso direto de água, produtor, distribuidor e usuário de água de reuso.

- As modalidades de reúso direto não potável de água, autorizando o reúso para fins urbanos, agrícolas e florestais, para fins ambientais, industriais e na aquicultura.
- As modalidades de reúso podem ser empregadas simultaneamente em uma mesma área.
- As diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso serão estabelecidos pelos órgãos competentes.
- Os órgãos integrantes do SINGREH, no âmbito de suas respectivas competências, avaliarão os efeitos sobre os corpos hídricos decorrentes da prática, devendo estabelecer instrumentos regulatórios e de incentivo para as diversas modalidades de reúso.
- Pelos artigos 5º e 11, o uso de águas residuárias está sujeito a outorga e o produtor, o distribuidor e o usuário da água de reúso direto não potável sujeita-se a concessão da respectiva licença ambiental, quando exigida, assim como do cumprimento das demais obrigações legais pertinentes.
- O art. 6º estabelece que os Planos de Recursos Hídricos, observado o exposto no art. 7º, inciso IV, da Lei no 9.433, de 1997, deverão contemplar, entre os estudos e alternativas, a utilização de águas de reúso e seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica.
- Os Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos deverão incorporar, organizar e tornar disponíveis as informações sobre as práticas de reúso necessárias para o gerenciamento dos recursos hídricos.
- Cabe aos Comitês de Bacia, na proposição dos mecanismos de cobrança e aplicação dos recursos da cobrança, a criação de incentivos para a prática de reúso; e integrem, no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, a prática de reúso com as ações de saneamento ambiental e de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Na ausência do Comitê, a responsabilidade caberá ao respectivo órgão gestor de recursos hídricos.
- De acordo com o art. 9º, a execução do reúso de água deverá ser informada, quando requerida, ao órgão gestor de recursos hídricos, para fins de cadastro, devendo contemplar, no mínimo: identificação do produtor, distribuidor ou usuário; localização geográfica da origem e destinação da água de reúso; especificação da finalidade da produção e do reúso de água; e vazão e volume diário de água de reúso produzida, distribuída ou utilizada.
- Deverão ser incentivados e promovidos programas de capacitação, mobilização social e informação quanto à sustentabilidade do reúso, em especial os aspectos sanitários e ambientais.

Uma outra resolução que data de 16 de dezembro de 2010 mas ainda não foi publicada, estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, conforme foi definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005. Esta última resolução dispõe que:

- As características físicas, químicas e biológicas para a água em todos os tipos de reúso para fins agrícolas e florestais deverão atender os limites definidos na legislação pertinente.

- A caracterização e o monitoramento periódico da água de reúso serão realizados de acordo com critérios definidos pelo órgão ou entidade competente, recomendando-se observar a natureza da água de reúso, a tipologia do processo de tratamento, o porte das instalações e vazão tratada, a variabilidade dos insumos, as variações nos fluxos envolvidos e o tipo de cultura.
- Ao produtor da água de reúso caberá a responsabilidade pelas informações constantes de sua caracterização e monitoramento.
- A aplicação de água de reúso poderá ser condicionada, pelo órgão ou entidade competente, à elaboração de projeto que atenda os critérios e procedimentos por estes estabelecidos.
- O reúso para fins agrícolas e florestais não pode apresentar riscos ou causar danos ambientais e a saúde pública.
- As concentrações recomendadas de elementos e substâncias químicas no solo, para todos os tipos de reúso para fins agrícolas e florestais, são os valores de prevenção que constam da legislação pertinente.
- A caracterização e o monitoramento periódico do solo que recebe a água de reúso serão realizados de acordo com critérios definidos pelo órgão ou entidade competente.
- Qualquer acidente ou impacto ambiental decorrente da aplicação da água de reúso que possa comprometer os demais usos da água no entorno da área afetada deverá ser informado imediatamente ao órgão ou entidade competente e ao respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica, pelo produtor, manipulador, transportador e ou responsável técnico.
- Os métodos de análise para determinação dos parâmetros de qualidade da água e solo devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria.

No entanto, como esta última resolução não está em vigência e ainda que estivesse, não estabelece parâmetros de qualidade de água de reúso, sendo determinado na Resolução nº 54 que os parâmetros devem ser os constantes da legislação pertinente, são utilizados no presente trabalho, os padrões de qualidade de água da Resolução nº. 357/05 do CONAMA, que estabelece a qualidade de água através do enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes como norte para regular a utilização de água para as diversas atividades e, em particular, para o uso dessas águas na agricultura, considerando também as recomendações da Organização Mundial de Saúde.

2.6 CARACTERIZAÇÃO DO REGIME HÍDRICO DOS RIOS INTERMITENTES NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA

Vimos em linhas anteriores que as legislações, apesar de estarem direcionadas para o estabelecimento de uma base de riscos aceitáveis prevendo uma referência comum para o estabelecimento de normas e padrões de

qualidade de água para os mais diversos usos, sempre recomenda-se que devem ser consideradas como variáveis as condições locais do meio no qual serão utilizadas a água.

A área objeto de estudo localiza-se na região semi-árido paraibano. Esta região possui regime pluviométrico irregular, seus solos são rasos, com ocorrência de vegetação do tipo Xerófila, resistente a longos períodos de estiagem; são zonas de caatingas, seridó, carrasco e agreste. Nessa região há uma enorme deficiência hídrica, com pouca ou nenhuma chuva na maioria dos meses do ano, o que se constitui num fator limitante para o desenvolvimento da economia local.

Na década de 70, Furtado (1967) já abordava em seu discurso a questão da vulnerabilidade da economia ao fenômeno das secas, inclusive Vidal, ao tratar dessa visão de Furtado, diz que

O tipo da economia da região semi-árida é particularmente vulnerável a esse fenômeno das secas. Uma modificação na distribuição das chuvas ou uma redução no volume destas que impossibilite a agricultura de subsistência bastam para desorganizar toda a atividade econômica. A seca provoca, sobretudo, uma crise da agricultura de subsistência. Daí, suas características de calamidade social (2010, p. 197).

Para Maltchik

A principal característica hidrográfica do brasileiro é o caráter intermitente de seus rios. Esta característica está diretamente relacionada com a precipitação da região. Os rios e riachos são irregulares, onde o fluxo de água superficial desaparece durante seu período de estiagem. O domínio dos rios intermitentes está associado aos limites do clima (2010, p. 2).

Em razão da deficiência hídrica e da necessidade de buscar alternativas que possibilitem a utilização da água de forma racional e sustentável, muitos estudiosos apontam o reúso como forma de atenuar o problema da escassez de água no semi-árido.

A resolução CONAMA 357/05 estabelece nos artigos 11 e 12 que o Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou tomá-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica bem como poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência. Tais dispositivos aplicam-se a situação de intermitência dos rios, no entanto, dependem de regulamentação da autoridade ambiental local, o que na Paraíba ainda não ocorreu.

2.7 QUALIDADE DA ÁGUA NA AGRICULTURA

É fato notório que a agricultura hoje não mais se resume ao aumento da produção apenas por meio da expansão de terra cultivada; depende do suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem que critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implementados em

curto prazo. A grande questão posta aos órgãos de gestão dos recursos hídricos é a controvérsia existente entre oferta *versus* demanda de água para o atendimento das crescentes necessidades da agricultura irrigada (HESPANHOL, *op. cit.*).

No Brasil a ANA (2008), indica que a maior demanda de água é da agricultura, seguida pelo abastecimento humano e industrial. De acordo com Mierzwa & Hespagnol (*op. cit.*) o uso consuntivo de água para agricultura irrigada no nosso país é de 70% enquanto os outros 30% destinam-se aos usos domésticos e industriais em frações iguais. A estimativa era de que em 2010 este uso de água para agricultura irrigada aumente até 80%, o que aumentaria também os conflitos já existentes na maioria das bacias hidrográficas, especialmente nas bacias onde há desenvolvimento agrícola, escassez de água e crescimento urbano significativo.

Com efeito, a atividade agrícola utiliza uma grande quantidade de água, no entanto, essa atividade pode suportar águas de menor qualidade do que alguns setores da indústria e o uso doméstico, razão pela qual exista uma forte tendência no sentido de encontrar na agricultura a solução dos problemas relacionados com o descarte ecologicamente correto dos efluentes.

É óbvio que as águas advindas de esgotos de origem urbana não devem ser utilizadas na irrigação de forma indiscriminada pois exigem diretrizes especiais para estimar seus efeitos para a saúde humana e o meio ambiente porque podem contaminar o ar, os solos e as plantas (AYERS&WESCOT,1991). Por outro lado, defende Bernardi que

Apesar dessas águas serem consideradas “poluídas”, as águas servidas contêm nutrientes que beneficiam o solo. Em geral, o setor agrícola dispense vultuosos recursos em fertilizantes químicos para compensar as necessidades das culturas em nitrogênio, fósforo e potássio, que estão contidos em grandes quantidades nas águas servidas de origem urbana ou doméstica. Estudos realizados na Califórnia, Israel e Portugal têm demonstrado que diversas culturas irrigadas com águas servidas requerem pouca ou nenhuma complementação adicional de fertilizantes químicos ou orgânicos (2003, p. 26).

Com efeito, ainda que existam preocupações em termos de saúde pública e para o meio ambiente, se houver uma utilização adequada através da obediência aos padrões técnicos estabelecidos, esse uso será benéfico para a preservação dos recursos naturais.

2.7.1 PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Apesar de tratarmos no presente trabalho especificamente da análise dos padrões legais de qualidade de água, convém salientar que, tecnicamente, o que irá determinar a qualidade de água para a agricultura é o tipo de cultura a ser irrigada e a técnica adotada (COSTA, *op. cit.*), de modo que, os padrões de qualidade de água próprios para a irrigação devem considerar também: aspectos relativos ao solo, ao desenvolvimento da cultura (salinidade, infiltração, toxicidade e concentração de alguns compostos químicos que interferem no desenvolvimento do vegetal); efeitos

sobre os equipamentos de irrigação pois dependendo do teor de contaminantes presentes na água pode haver dano, corrosão do material ou incrustação; e os efeitos sobre a saúde pois a má qualidade da água pode propiciar ambientes próprios para o desenvolvimento de vetores de doenças através da passagem das propriedades da água para o solo, pela infiltração, através do acúmulo de água nos drenos, pelos fertilizantes, pesticidas e inseticidas degradantes (COSTA, *op. cit.*).

Mas, para autorizar o uso de águas advindas de esgotos na irrigação deve-se analisar primeiro suas características microbianas e bioquímicas segundo as normas de saúde pública, tendo em vista o tipo de cultura, o solo, o sistema de irrigação e a forma em que o produto será consumido. Somente depois de verificar que estas águas reúnem as condições específicas pelas normas de saúde pública, deve-se considerar a avaliação em termos de seus componentes químicos (AYERS&WESCOT, *op. cit.*).

O sucesso da utilização de esgotos nas atividades agrícolas dependem da resolução de três questões fundamentais: quais os objetivos do sistema e a disposição no solo em estudo? Quais as características dos esgotos ou do efluente a ser utilizado? Quais as condições e as características de solo, clima e localização geográfica do empreendimento? (PAGANINI, 2003).

Os métodos de disposição de esgotos no solo dividem-se em irrigação, percolação-infiltração e escoamento à superfície, no entanto, para o nosso trabalho importa apenas o método de irrigação, que é o utilizado em culturas a partir de águas advindas de efluentes. A irrigação, portanto, pode ocorrer através de sistemas diferentes: aspersão, sulcos, inundação e gotejamento (PAGANINI, *op. cit.*).

Irrigação por aspersão ocorre quando há a condução da água “em tubulações pressurizadas e aplicação no solo sob a forma de gotas, por aspersores” (PAGANINI, *op. cit.*, p. 346). A irrigação por sulcos e canais ocorre por gravidade, quando o transporte da água até a planta se dá pelos canais e a irrigação por infiltração nos sulcos. A irrigação por inundação se dá, como o próprio nome diz, pela inundação do terreno. A irrigação por gotejamento ocorre através de tubos com furos em toda a sua extensão (PAGANINI, *op. cit.*).

2.7.2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Em regra, a utilização de águas residuárias para as mais diversas atividades inclusive para a agricultura, só pode ocorrer após o esgoto receber o tratamento adequado para remoção de poluentes que afetam a saúde e o meio ambiente.

Segundo Sperling (1996) Henze (1995) e Metcalf & Eddy (1991) *apud* Philipi Jr. e Malheiros,

[...] os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos como proteínas, carboidratos e lípidios; sólidos inorgânicos como amônia, nitrato, ortofosfatos; microrganismos como bactérias, fungos, protozoários, vírus, helmintos (2005, p. 195).

O tratamento de águas residuárias ocorre através de processos físicos, químicos e biológicos que são associados, compondo o sistema de tratamento de águas residuárias. Os processos físicos consistem de gradeamento, mistura, sedimentação, flotação e filtração. Os processos químicos são métodos de tratamento onde há a remoção ou conversão dos poluentes através da adição de produtos químicos ou estabelecimento de reações químicas como desinfecção e precipitação. Os processos biológicos, por sua vez, provocam a “estabilização da matéria orgânica no qual os microrganismos se alimentam, convertendo a matéria orgânica em gases, água e outros compostos inertes, além de tecido celular biológico que decanta como lodo” (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*, p. 205).

Os processos biológicos também podem ser utilizados para remover nutrientes como nitrogênio e fósforo, dentre outros.

Para Philippi Jr. & Malheiros (*op. cit.*) a adoção de um sistema de tratamento de águas residuárias para utilização posterior, visa atender a condições de ordem sanitária, estética e socioeconômica. Sanitária porque o tratamento dos esgotos deve obter um nível de eficiência apto a atender aos padrões ambientais estabelecidos de modo a evitar problemas de saúde pública ou contaminação do meio ambiente. Estético porque o combate ao processo de eutrofização dos corpos hídricos é importante para garantir o uso que se objetiva para o recurso, bem como importa para assegurar que as atividades de lazer e pesca sejam executadas de maneira satisfatória. E, por fim, socioeconômico porque o lançamento de esgotos sem tratamento é um potencial causador de poluição significativa no meio ambiente por conta dos impactos à saúde aumentando a demanda por serviços médicos e inviabilizar o uso desse recurso na agricultura.

Assim, o Sistema de Tratamento de Águas Residuárias é “o conjunto de obras, equipamentos e serviços que têm por função a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final das águas residuárias de modo a proteger a saúde pública, atender os padrões legais existentes e proteger o meio ambiente” (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*, p. 205).

Para Costa (*op. cit.*) o tratamento das águas residuárias se dá a partir de quatro níveis: preliminar, primário, secundário e terciário.

No tratamento preliminar ocorre a remoção de poluentes possíveis de causar problemas operacionais ou aumento dos serviços de manutenção em equipamentos e instalações da Estação de Tratamento. Em geral, nesse tratamento preliminar há utilização de gradeamento do material sólido existente no esgoto, há a caixa de remoção de areia, óleos e graxas (COSTA, *op. cit.*).

No tratamento primário, há a remoção de parte dos sólidos em suspensão sedimentáveis e parte da matéria orgânica através do processo de peneiramento e sedimentação. Pode incluir tanque de decantação primário ou tanque séptico (COSTA, *op. cit.*).

O tratamento secundário tem a função de remover principalmente matéria orgânica e sólidos em suspensão e dissolvidos. Nesse nível de tratamento, pode ser adotada a desinfecção através de processos de tratamento biológicos, como lodo ativado, lagoas de estabilização, filtro biológico, dentre outros (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*).

O tratamento terciário objetiva a eficiência na remoção de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio que contribuem para a eutrofização do ambiente aquático, e para a remoção de compostos tóxicos ou não biodegradáveis que não puderam ser eliminados pelo tratamento secundário. O tratamento terciário se dá em geral através de troca iônica, osmose reversa, ultrafiltração, ultravioleta, ozonização ou adsorção em leito de carvão ativado (TELLES & COSTA, 2007).

Quanto a melhor opção pelo sistema de tratamento adotado, as lagoas de estabilização são consideradas como o mais vantajoso tipo de tratamento, apesar de ocupar grandes terrenos para instalação, sua operação e a manutenção tem custo menor e eficiência garantida; dentre elas, apenas as lagoas aeradas é que possuem o custo adicional de energia para alimentação dos aeradores e serviços de manutenção (PAGANINI, *op. cit.*). Para Paganini,

As lagoas de estabilização são os sistemas de tratamento de esgotos sanitários e efluentes mais eficientes, em termos de remoção de microorganismos patogênicos e de nutrientes eutrofizantes. 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 aumento da extensão das terras áridas e a escassez de fertilizantes em âmbito mundial apontam para o aproveitamento dos nutrientes contidos nos esgotos, em vez de sua simples rejeição. Um aspecto, entretanto, que merece atenção é a limitação do emprego de lagoas para o tratamento de esgotos e subsequente descarte em corpos de água de superfície. Essas unidades recebem DBO “morta”, trazida pelos esgotos, e transformam-na em DBO “viva”, que são as algas. Ao serem lançadas em corpos d’água que não tenham condições de mantê-las vivas, poderão morrer e transformar-se em DBO “morta” novamente, dando início à digestão anaeróbia com a liberação posterior de nutrientes eutrofizantes para o meio ambiente (*op. cit.*, p. 341).

As lagoas de estabilização são lagos construídos artificialmente para o tratamento de efluentes. Nessas lagoas, o tratamento se faz por processos físicos, biológicos e bioquímicos; são os processos de autodepuração ou estabilização (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*).

As lagoas de estabilização podem ser de cinco tipos: anaeróbia, aeróbia, facultativa, aerada e de maturação, e podem funcionar isoladamente ou em conjunto, conforme as características do efluente e a eficiência requerida. A Tabela abaixo indica a estimativa de eficiência esperada nos diversos tipos de tratamento incorporados em uma Estação de Tratamento de Esgotos:

Tabela 2. Estimativa da eficiência esperada nos diversos tipos de tratamento incorporados em uma Estação de Tratamento de Esgotos. **Fonte:** adaptado de COSTA, 2007.

| Tipo de tratamento | Matéria orgânica (% remoção de DBO) | Sólidos em suspensão (% remoção SS) | Nutrientes (% remoção de nutrientes) | Bactérias (% remoção) |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Preliminar | 5–10 | 5–20 | Não remove(*) | 10–20 |
| Primário | 25–50 | 40–70 | Não remove(*) | 25–75 |
| Secundário | 80–95 | 65–95 | Pode remover | 70–99 |
| Terciário | 40–99 | 80–99 | Até 99 | Até 99,999 |

Nas lagoas anaeróbias ocorrem processos de fermentação anaeróbia, não existindo oxigênio dissolvido (OD) abaixo da superfície. São dimensionadas em geral para receber carga orgânica elevada, no entanto, possui baixa eficiência na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o que exige a utilização de outra lagoa como complementação do tratamento: uma lagoa facultativa. Nesta última, ocorrem simultaneamente processos de fermentação anaeróbia, oxidação e redução fotossintética das algas. As lagoas aeróbias, por sua vez, são mais rasas e permitem a entrada de luz solar; elas estabilizam a DBO aerobiamente, e o oxigênio é fornecido pelas algas e pela ação do vento pelo espelho d'água da lagoa (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*).

Nas lagoas aeradas a introdução do oxigênio ocorre de forma mecanizada, podendo funcionar como lagoa aeróbia ou facultativa. Nas lagoas de maturação ocorre o tratamento terciário para a remoção de compostos que contêm nitrogênio, fósforo e coliformes (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, *op. cit.*), isto é, servem como tratamento complementar de efluentes de outros sistemas de tratamento.

2.7.3 DIRETRIZES DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE PARA USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA AGRICULTURA

Em 1989 a Organização Mundial de Saúde estabeleceu os critérios básicos para a proteção dos grupos de risco, associados a esquemas de qualidade de água para uso na irrigação e recomendou as diretrizes mostradas na Tabela 3, adiante.

Tabela 3. Critérios recomendados pela OMS (1989) para utilização de esgotos na agricultura⁽¹⁾ Fonte: WHO (2010).

| Categoria | Tipos de Irrigação e Cultura | Grupos de Risco | Nematóides Intestinais (Ovos/L) ⁽²⁾ | Coliformes Fecais (Org/100ml) ⁽³⁾ | Processo de Tratamento |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | Irrigação irrestrita (Culturas consumidas cruas, campos de esportes, parques e jardins). | Agricultores, consumidores, público em geral. | <1 | <1.000 | Lagoas de estabilização em série, ou tratamento equivalente em termos de remoção de patógenos |
| B | Cereais, culturas industrializadas, forragens, pastagens e árvores. ⁽⁴⁾ | Agricultores | <1 | Sem recomendação | Lagoas de estabilização com 8-10 dias de TDH ou remoção equivalentes de helmintos e coliformes termotolerantes |
| C | Irrigação localizada de plantas da categoria B na ausência de riscos para agricultores e público em geral. | Não aplicável | Não aplicável | Não aplicável | Pré-tratamento de acordo com o método de irrigação, no mínimo sedimentação primária |

(1) Em casos específicos as presentes recomendações devem ser adaptadas a fatores de ordem ambiental, social, cultural e epidemiológica.

(2) Média aritmética durante o período de irrigação.

(3) Média geométrica durante o período de irrigação.

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

Nas recomendações acima, do ano de 1989, é vedada a utilização do método de irrigação por aspersão pela possibilidade de contaminação do ar e das culturas. Na hipótese de a irrigação ser de plantas frutíferas, recomenda-se que as mesmas sejam colhidas com intervalo de duas semanas entre a suspensão da irrigação e a colheita, não podendo nenhum fruto, ser apanhado do chão. Observam-se ainda critérios rigorosos para irrigação irrestrita quanto à remoção de helmintos, no entanto, os critérios são menos exigentes para indicadores de qualidade microbiológica e omissos em relação aos vírus e protozoários. Essas recomendações foram modificadas em 2006.

As modificações ocorridas em 2006 estabelecem parâmetros de acordo com a qualidade de água requerida para irrigação e os níveis toleráveis de contaminação, considerando como variáveis o nível de exposição, o tipo de tratamento empregado para remoção dos patógenos, o nível tecnológico disponível e o tipo de cultura. As recomendações atuais estão descritas na Tabela 4, a seguir:

Tabela 4. Critérios recomendados pela OMS para utilização de esgotos na agricultura. **Fonte:** WHO (2010).

| Categoria da irrigação | Opção ⁽¹⁾ | Tratamento de esgotos e remoção de patógenos (log ₁₀) ⁽²⁾ | Qualidade do efluente | |
|------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|
| | | | E. coli 100ml ⁻¹ (3) | Ovos de helmintos L ⁻¹ (4)(5) |
| Irrestrita | A | 4 | ≤ 10 ³ | |
| | B | 3 | ≤ 10 ⁴ | |
| | C | 2 | ≤ 10 ⁵ | |
| | D | 4 | ≤ 10 ³ | ≤ 1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ |
| Restrita | E | 6 ou 7 | ≤ 10 ¹ ou ≤ 10 ⁰ | |
| | F | 4 | ≤ 10 ⁴ | |
| | G | 3 | ≤ 10 ⁵ | |
| | H | <1 | ≤ 10 ⁶ | |

(1) Combinação de medidas de proteção à saúde.

(A): cultivo de raízes e tubérculos; (B): cultivo de folhosas; (C): irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo; (D): irrigação localizada de plantas que se desenvolvem rentes ao nível do solo; (E): qualidade de efluentes alcançável com o emprego de técnicas de tratamento tais como tratamento secundário + coagulação + filtração + desinfecção; qualidade dos efluentes avaliada ainda com o emprego de indicadores complementares (por exemplo: turbidez, SST, cloro residual); (F): agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva; (G): agricultura de alto nível tecnológico e, altamente mecanizada; (H): técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógeno (por exemplo: tanques sépticos ou reatores UASB) associada ao emprego de técnicas de irrigação com elevado potencial de minimização da exposição (irrigação subsuperficial).

(2) remoção de vírus que associada a outras medidas de proteção à saúde corresponderia a uma carga de doenças virais tolerável _ 10-6 DALY ppa e riscos menores de infecções bacterianas e por protozoários. (3) Qualidade do efluente correspondente à remoção de patógenos indicada em (2). (4) No caso de exposição de crianças (15 anos) recomenda-se um padrão e, ou, medidas complementares mais exigentes: _ 0,1 ovo/L, utilização de equipamentos de proteção individual, tratamento quimioterápico. No caso da garantia da remoção adicional de 1 log10 na higiene dos alimentos pode-se admitir _ 10ovos/L. (5) Média aritmética em pelo menos 90% do tempo, durante o período de irrigação. A remoção requerida de ovos de helmintos (log10) depende da concentração presente no esgoto bruto. Com o emprego de lagoas estabilização, o tempo de detenção hidráulica pode ser utilizado como indicador de remoção de helmintos. No caso da utilização de técnicas de tratamento mais complexas (opção E), o emprego de outros indicadores (por exemplo: turbidez _ 2uT) pode dispensar a verificação do padrão ovos de helmintos. No caso de irrigação localizada, em que não haja contato da água com as plantas e na ausência de riscos para os agricultores (por exemplo: opção H) o padrão ovos de helmintos poderia ser dispensável.

Verifica-se que a OMS recomendou valores menos restritos para ovos de helmintos, indicando valores menor ou igual a 1 ovo/L para todas as categorias, inclusive para as culturas restritas. No entanto, para categoria A

(cultivo de raízes e tubérculos) verifica-se valor menor ou igual a 1000UFC/100mL e para as categorias B, C e D, os valores são mais flexíveis, com 10^4 , 10^5 e 10^3 respectivamente para contaminação por *E. Coli*.

Para Batista

[...] os critérios da OMS encontram-se centrados no emprego de lagoas de estabilização e no entendimento de que, neste caso, o padrão (1 ovo de nematóides/L) serve como indicadores da remoção dos demais organismos sedimentados (outros helmintos e protozoários), enquanto o padrão (1.000 CF/100ml) é indicativo da inativação de bactérias patogênicas e vírus. Para a irrigação restrita (culturas processadas industrialmente, cereais, forragens, pastagens e árvores) não é exigido sequer padrão bacteriológico. Os grupos de riscos a serem protegidos com a observação dos critérios de qualidade propostos são: na irrigação irrestrita, os agricultores, os consumidores e o público em geral; e na irrigação restrita, os agricultores (2008, p. 45)

Segundo Hespanhol (op.cit.) as recomendações fixadas pela OMS são diretrizes de natureza meramente orientativa e por essa razão não são estabelecidas com a finalidade de aplicação direta e absoluta em todos os países porque apesar de estarem direcionadas para determinação de uma base de riscos aceitáveis prevendo uma referência comum para o estabelecimento de normas e padrões, devem ser consideradas como variáveis as condições locais do meio no qual serão utilizadas a água.

Como visto em linhas anteriores, no Brasil, a Resolução 357/05 é que dispõe sobre as normas que determinam os padrões de lançamento de efluentes e enquadramento dos corpos d'água, classificando os recursos de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas e com a destinação desse recurso (FINK& SANTOS, 2003).

Sendo assim, as águas doces de classe 1 são destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. As da classe 2, destinam-se à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto. As águas doces de classe 3 destinam-se à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras. Não há indicação de utilização das águas de classe especial nem de águas de classe 4 na irrigação de culturas.

A irrigação com águas salobras é permitida com as águas de classe 1, desde que para irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Portanto, para utilização de águas residuárias na agricultura de acordo com a legislação atualmente existente, a qualidade da água deve estar enquadrada nas classes previstas pela Resolução do CONAMA nº. 357/05, observando no que couber, o que dispõe a Resolução CONAMA nº 274, bem como, às recomendações da Organização Mundial de Saúde acima citadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Rio Bodocongó situa-se na região do semi-árido paraibano, no Sudeste do Estado da Paraíba sendo contribuinte da bacia do médio Paraíba. Tem uma bacia com área de 981 km² e nasce no município de Puxinanã/PB; corta o Município de Campina Grande/PB no sentido norte-sul, passa pelos municípios de Queimadas/PB e Caturité/PB, até desembocar no Rio Paraíba, no município de Barra de Santana/PB.

O curso do Rio na área de estudo está delimitado na **Figura 4** abaixo:

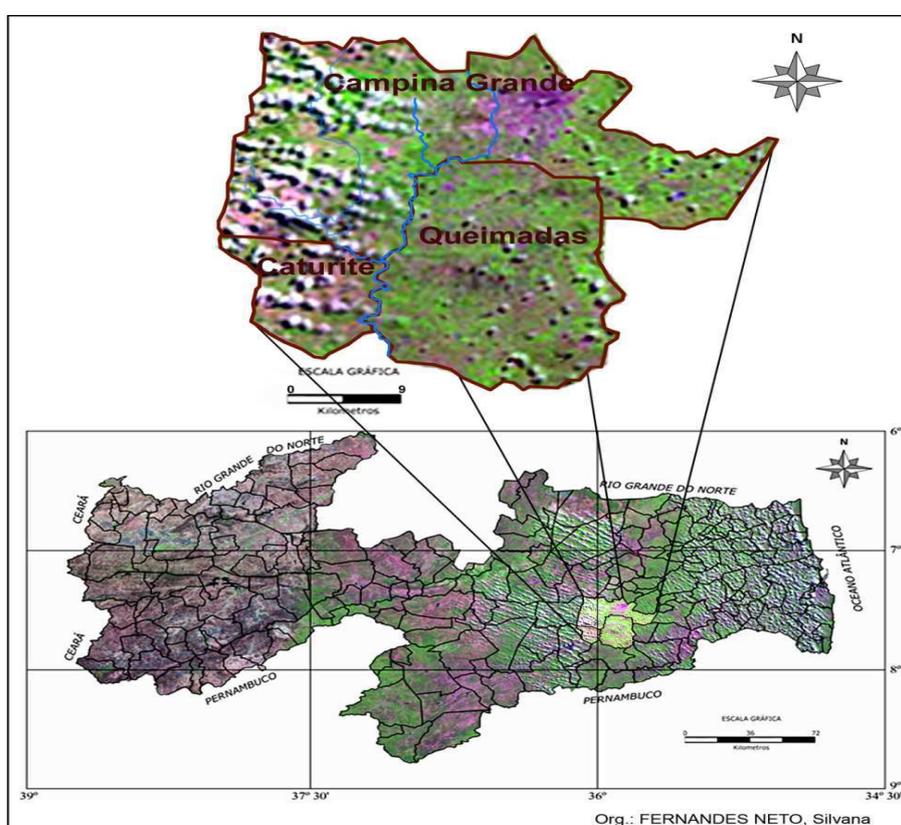


Figura 4. Médio Curso do Rio Bodocongó. Org: FERNANDES NETO, 2010.

Este rio possui uma extensão de cerca de 75 km. O clima predominante da região é o quente, com irregularidade de chuvas que ocorrem em geral de 4 a 5 meses por ano, o que caracteriza esse rio e seus afluentes como intermitentes (MAGALHÃES, 2000).

Os pontos de coleta de água estão marcados na **Figura 5** abaixo e são representados pelas coordenadas a seguir:

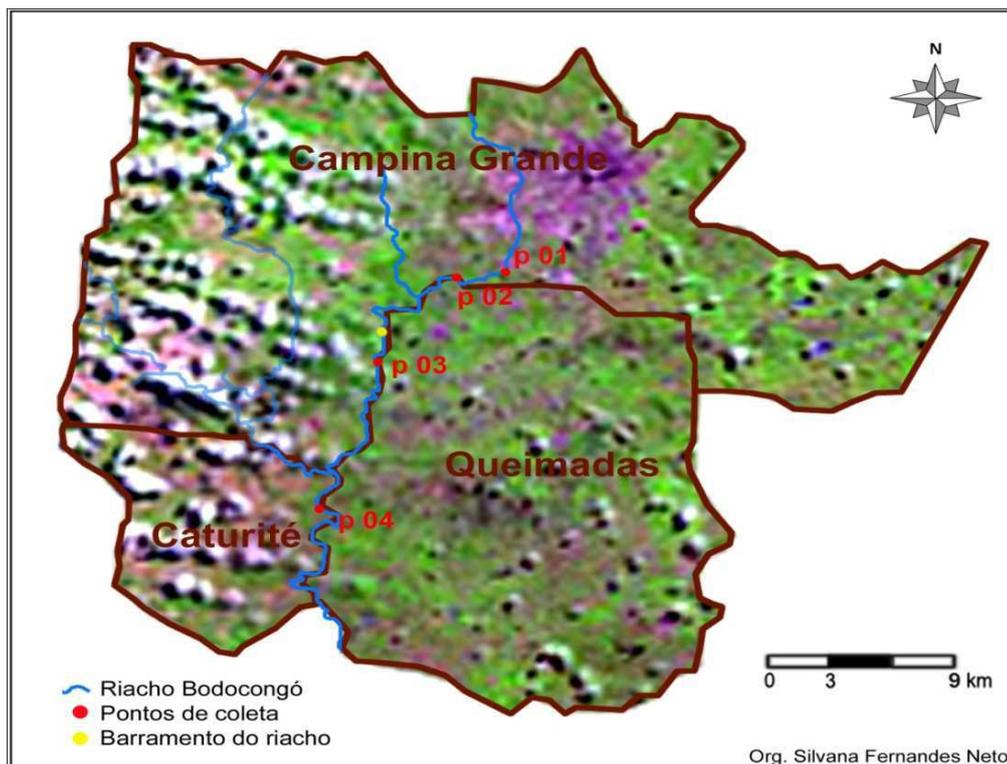


Figura 5. Pontos de coleta de água para análise. Org.: FERNANDES NETO, 2010.

Tabela 5. Coordenadas dos pontos de coleta de água.

| PONTO | LATITUDE | LONGITUDE |
|-------|---------------|----------------|
| P01 | 7°16'47.45" S | 35°55'34.83" O |
| P02 | 7°16'47.60" S | 35°56'45.83" O |
| P03 | 7°19'31.55" S | 35°58'50.78" O |
| P04 | 7°24'06.76" S | 36°00'31.94" O |

Tabela 6. Distâncias dos Pontos de coleta de água até a entrada da ETE.

| Ponto | Distância do Ponto até a ETE ² |
|-------|-------------------------------------------|
| P01 | 1600m |
| P02 | 4200m |
| P03 | 15900m |
| P04 | 31800m |

²Distâncias mensuradas pelo leito do Rio.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa desenvolvida está classificada como Estudo de Caso que é definido como a “pesquisa que se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo” (SEVERINO; 2007, p. 121). Para Martins & Theófilo (2009) Estudo de Caso é estratégia de pesquisa que exige uma abordagem qualitativa do problema. Assim, quanto a abordagem do problema, a pesquisa em apreço é qualitativa e quanto aos objetivos, é descritiva.

A presente pesquisa cujo objetivo geral foi investigar se a qualidade da água utilizada na irrigação de culturas cultivadas às margens do Rio de Bodocongó no período de intermitência do rio obedece aos parâmetros exigidos pela legislação ambiental, seguirá a metodologia de estudo de caso proposta por Yin (1990) segundo o qual o estudo se dará a partir da análise de um único caso, de estrutura global e cuja coleta de dados, que ocorrerá por meio de pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e experimental, está delineada a seguir.

3.2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica, enfatizando a legislação vigente a respeito do tema de pesquisa. A pesquisa bibliográfica incluiu livros, artigos de revistas e de periódicos especializados, textos obtidos pela Internet, dissertações e teses cujo objeto de pesquisa incluísse a qualidade de água e seus padrões e o uso de águas residuárias na agricultura.

A bibliografia abarcou ainda o direito constitucional, o direito ambiental e a gestão dos recursos hídricos, a economia, as políticas públicas, a geografia, a história ambiental, as engenharias agrícola e ambiental, e as ciências que têm relação com questões ambientais relativas ao objeto de estudo proposto.

3.2.2 PESQUISA DOCUMENTAL

A pesquisa documental ocorreu a partir da análise da legislação sobre reúso de água criada pelo CNRH. Ato contínuo, junto à SUDEMA e AESA, buscou-se esclarecer se há alguma lei ou norma administrativa que estabeleça parâmetros específicos de qualidade de água adequados à realidade local, conforme determina a legislação. Além disso, foi encaminhado requerimento à CAGEPA com o objetivo de que aquela empresa esclarecesse qual o tipo de tratamento empregado na ETE da Catingueira e se há dados sobre a qualidade da água após receber o tratamento. Foi requerida ainda autorização para visita e registro fotográfico da ETE, mas tal solicitação não foi autorizada.

3.2.3 PESQUISA DE CAMPO

Quanto à pesquisa de campo, foram feitos registros fotográficos dos pontos de coleta de água, das atividades encontradas na área com utilização da água do Rio Bodocongó. Foi coletada água em quatro pontos do médio curso do Rio Bodocongó.

3.2.4 PESQUISA EXPERIMENTAL

A pesquisa experimental consistiu da análise da água coletada com o objetivo de aferir sua qualidade de acordo com as especificações contidas nas Resoluções 357/05 e nas recomendações estabelecidas pela OMS.

De acordo com a legislação analisada no presente estudo, só é permitida a utilização de efluentes para reúso de água após o tratamento adequado de acordo com o uso a que a água se destinar, e quanto a esse aspecto, as águas do ponto **P02**, **P03** e **P04** receberam tratamento prévio. No entanto, apesar do ponto de coleta **P01** localizar-se antes da ETE este efluente é utilizado para irrigação mesmo sem o devido tratamento, razão pela qual analisamos também a qualidade da água neste ponto.

A análise da água foi realizada entre os dias 09 e 13 de dezembro de 2010 pelo Laboratório do PROSAB na cidade de Campina Grande/PB.

A metodologia APHA (1998) foi a utilizada para análise dos parâmetros de qualidade da água.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização da pesquisa de campo e coleta de água para análise foram identificados usos para dessedentação de animais (**Figura 6**) e para irrigação de milho (**Figura 7**) irrigação de capim (**Figura 8**).



Figura 6. Uso da água do rio para dessedentação de animais. Fonte: arquivo próprio, 9/12/2010



Figura 7. Irrigação de milho às margens do rio. Fonte: arquivo próprio, 9/12/2010



Figura 8. Irrigação de capim às margens do Rio. **Fonte:** arquivo próprio, 9/12/2010

No entanto, de acordo com MAGALHÃES (2000) o Rio Bodocongó em toda a sua extensão e nas diversas épocas do ano, é usado de forma múltipla: para irrigação irrestrita (alface, coentro, couve, repolho, feijão, tomates) e de forrageiras (capim elefante), lavagem de roupas, fabricação de tijolos e recreação de contato primário.

Na área de estudo, verificamos a existência do reúso de água de forma direta, antes que o esgoto passe pela Estação de Tratamento (Ponto **P01**), e de forma indireta e não-planejada, pois quando o esgoto passa pelo tratamento (Pontos **P02**, **P03** e **P04**) e é despejado no Rio Bodocongó, é utilizado pela população ribeirinha sem nenhum controle.

A determinação da classe de água da área objeto de estudo foi realizada pelo parâmetro de salinidade, que foi medida através da condutividade elétrica. Segundo Paganini (*op. cit.*) a água pode conduzir corrente elétrica tanto quanto maior for a concentração de eletrólitos, o que se relaciona diretamente com a concentração de sais solúveis. Com efeito, quanto maior a condutividade da água, maior a concentração de sais. Assim, a unidade de medida da salinidade pode ser calculada em dS/m (deciSimen por metro) ou em $\mu S/cm$ (microSimen por centímetro).

Para determinar a salinidade, os valores relativos a condutividade elétrica foram convertidos para mg/l de SDT de acordo com a equação $SDT (mg/l) = \mu S/cm \times 0,64$ (PAGANINI, *op. cit.*).

O parâmetro de salinidade foi medido com o objetivo de classificar a água em doce, salobra ou salgada. Dessa classificação, dependeram os demais parâmetros de qualidade de água previstos na Resolução CONAMA 357/05.

Conforme o art. 2º desta Resolução, são doces as águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ (meio por mil); são salobras as águas com salinidade superior a 0,5 ‰ (meio por mil) e inferior a 30 ‰ (trinta por mil) e salinas as águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰ (trinta por mil).

Neste particular, é importante dizer que apesar da Resolução supracitada considerar como água salobra aquela que apresenta um teor de sais dissolvidos totais (SDT) acima de 500 mg/l até 30.000 mg/l, a classificação de Ayers & Wescot (1991) , comumente utilizada pelos profissionais da área agrícola, determina que no tocante a quantidade de SDT, a concentração entre 450 a 2000 mg/l indica que a água analisada apresenta uma restrição de grau leve a moderado para uso na irrigação.

Dito isto, conclui-se que a água analisada é qualificada como água salobra nos termos da resolução referida e de acordo com esta, apenas as águas salobras de classe 1 são próprias para irrigação após receber tratamento convencional ou avançado.

Assim, conforme a classe de água indicada, foram selecionados como parâmetros:

Tabela 7. Parâmetros de qualidade da água.

| Parâmetros Físicos | Parâmetros Químicos | Parâmetros Microbiológicos |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Temperatura | Ph | Helmintos |
| Turbidez | Oxigênio Dissolvido | Coliformes termotolerantes |
| Sólidos Sedimentáveis | Fósforo Total | |
| Materiais Flutuantes | Nitrogênio | |
| | Condutividade | |
| | DBO ₅ Bruta | |

De acordo com os parâmetros de qualidade de água constantes da Tabela acima, no ponto de coleta P01 (**Figura 9**) foram encontrados os seguintes resultados:

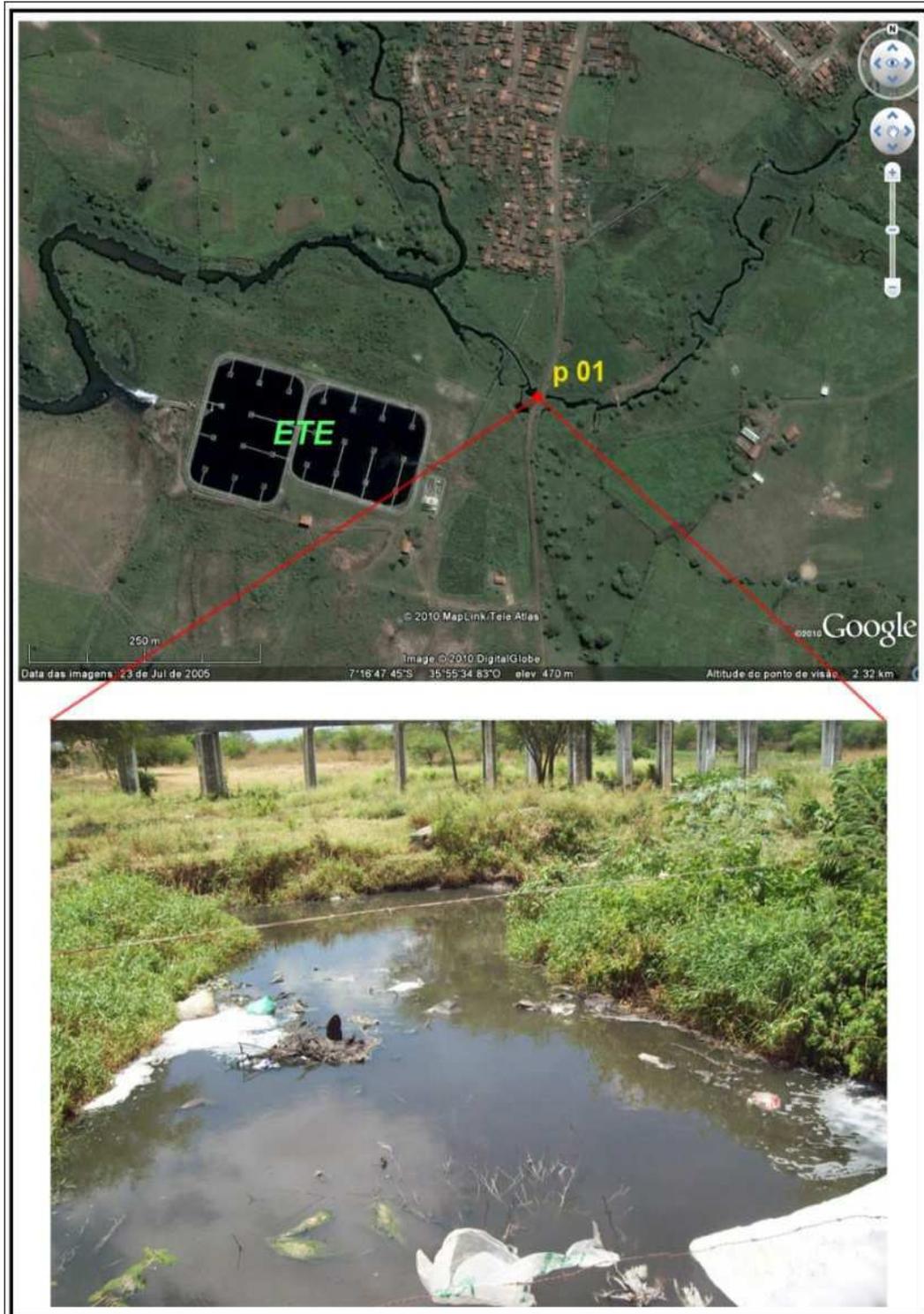


Figura 9. Ponto 1 (P01). Fonte: arquivo próprio, 9/12/2010

Tabela 8. Resultados das análises do ponto **P01**.**PONTO P01**

Condutividade: 1042,0 $\mu\text{s/cm}$.

Salinidade: 666,88 mg/l.

Sólidos sedimentáveis: 70 ml/l.

Materiais flutuantes: virtualmente presentes.

Turbidez: 39,4 UNT

Temperatura: 27,0 °C

Coliformes termotolerantes: 3.500.000 NMP/100 ml.

Helmintos: 268,00 ovos/l

pH: 7,04

Oxigênio Dissolvido: 7,3 mgO₂/l

DBO₅ Bruta: 10,61 mgO₂/l

Nitrogênio amoniacal total: 50,4 mg/l

Nitrito: 0,121 mg/l

Nitrato: 0,089 mg/l

Fósforo total: 0,025 mg/l

No ponto de coleta P02 (**Figura 10**) foram encontrados os seguintes resultados:

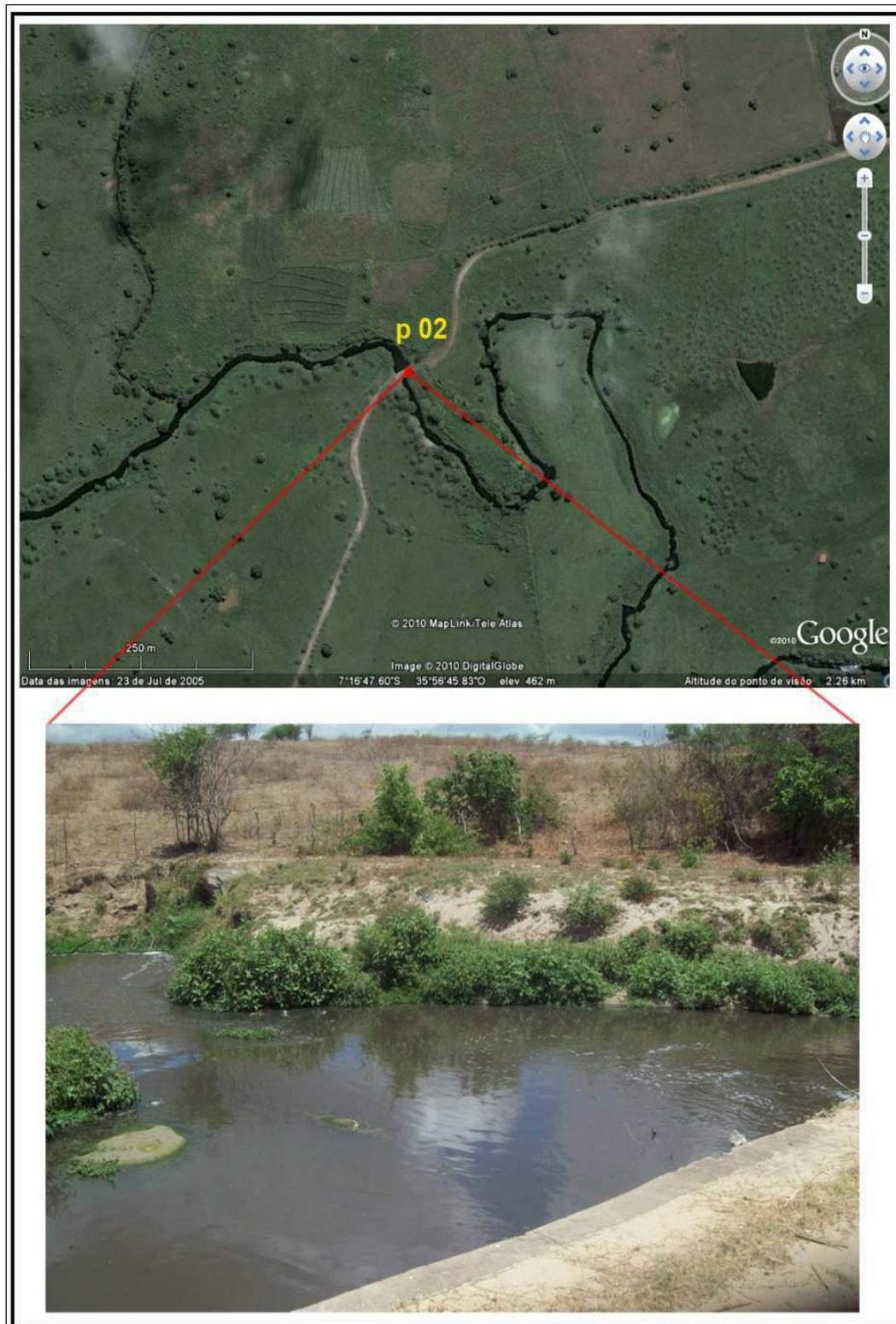


Figura 10. Ponto 2 (P02) Fonte: arquivo próprio, 9/12/2010

Tabela 9. Resultados de Análise da Qualidade da Água do Ponto P02.**PONTO P02**

Condutividade: 976 $\mu\text{s}/\text{cm}$

Salinidade é de 624,64 mg/l.

Sólidos sedimentáveis: 0,5 ml/l.

Materiais flutuantes: virtualmente ausentes.

Turbidez: 12,1 UNT

Temperatura: 29,0 °C

Coliformes termotolerantes: 3.100.000 NMP/100ml.

Helmintos: 166,67 ovos/l

pH: 7,41

Oxigênio Dissolvido: 8,6 mgO₂/l

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅ Bruta): 9,80 mgO₂/l

Nitrogênio amoniacal total: 43,7 mg/l

Nitrito: 6,0 mg/l

Nitrato: 996,0 mg/l

Fósforo total: 5,39 mg/l

No ponto de coleta **P03** (Figura 11) foram obtidos como resultados:

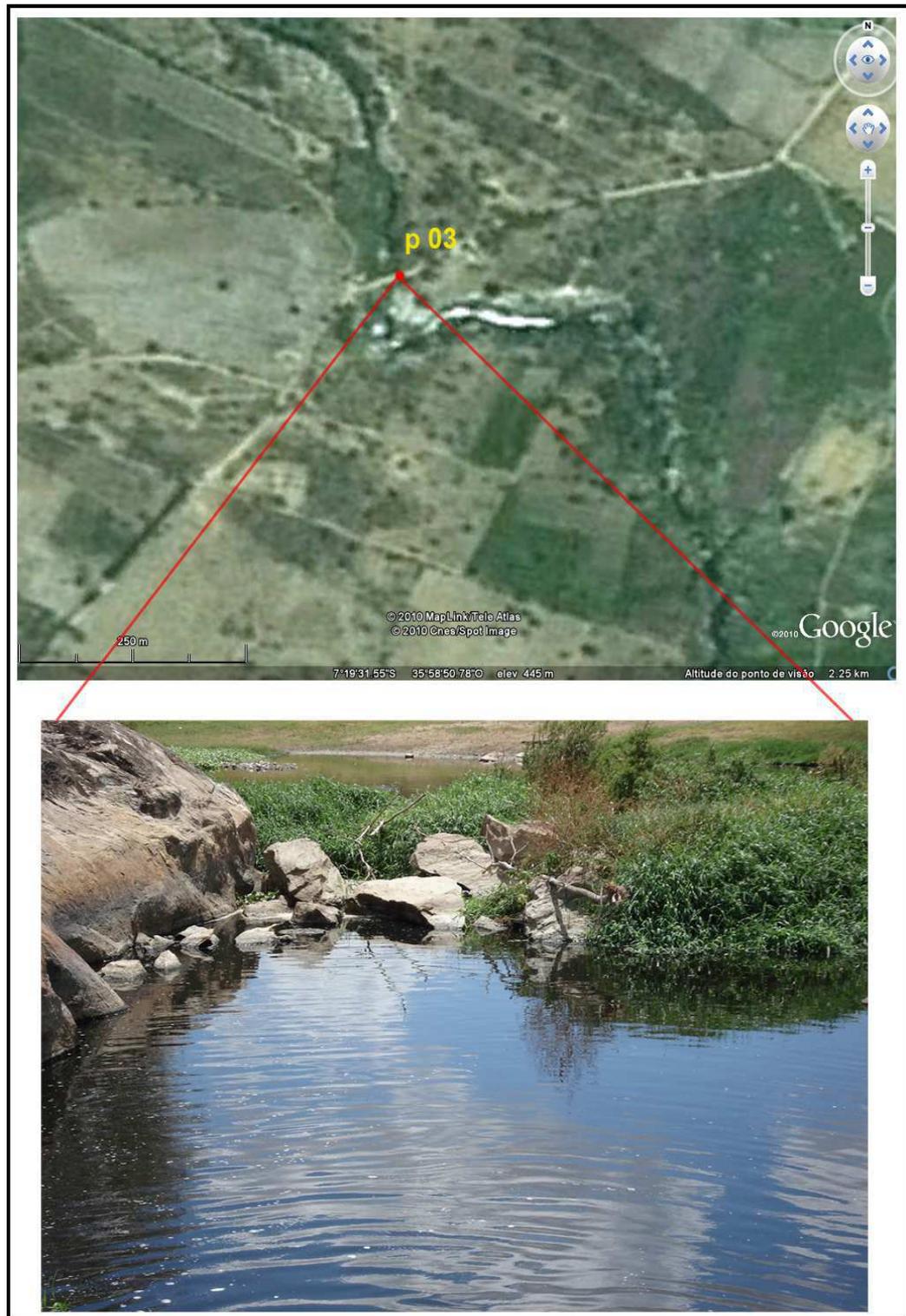


Figura 11. Ponto 3 (P03) Fonte: arquivo próprio, 9/12/2010.

Tabela 10. Resultados da Análise de Qualidade de Água do Ponto P03.**PONTO P03**

Condutividade: 982,6 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Salinidade: 628,86 mg/l.

Sólidos sedimentáveis: 0,6 ml/l.

Materiais flutuantes: virtualmente presentes.

Turbidez: 19,5 UNT

Temperatura: 29,0 °C

Coliformes termotolerantes: 80.000,00 NMP/100ml.

Helmintos: 85,33 ovos/l

pH: 7,66

Oxigênio Dissolvido: 7,98 mgO₂/l

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅ Bruta): 10,60 mgO₂/l

Nitrogênio amoniacal total: 35,8 mg/l

Nitrito: 192,5 mg/l

Nitrato: 781,0 mg/l

Fósforo total: 0,388 mg/l

E, por fim, no ponto de coleta **P04** (Figura 12) os dados encontrados foram:

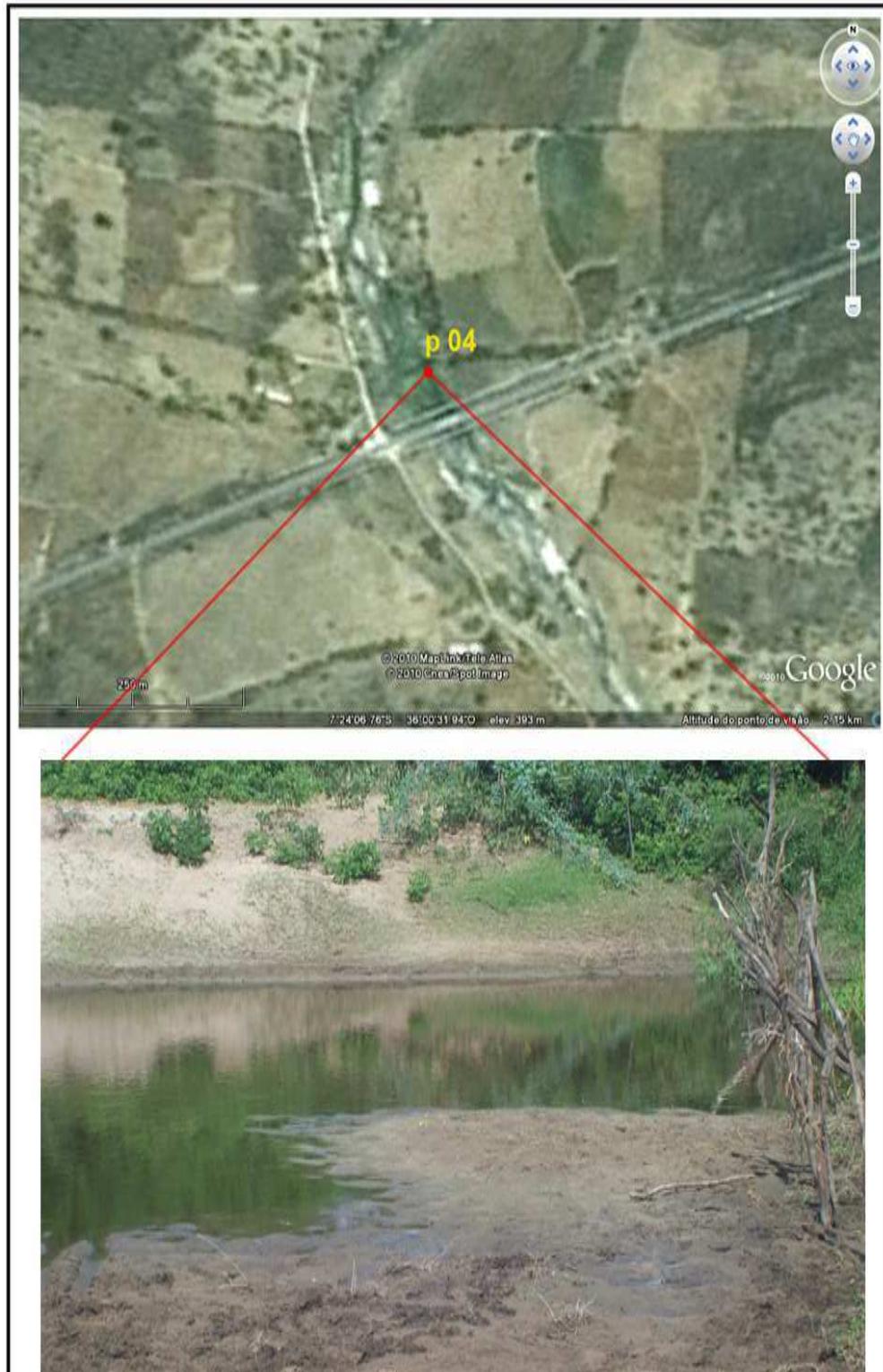


Figura 12. Ponto 4 (P04) Fonte: arquivo próprio, 9/12/2010

Tabela 11. Resultados da Análise de Qualidade da Água do Ponto P04.**PONTO P04**

Condutividade: 870,0 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Salinidade: 556,80 mg/l.

Sólidos sedimentáveis: 1,5 ml/l.

Materiais flutuantes: virtualmente presentes.

Turbidez: 20,8 UNT

Temperatura: 29,8 °C

Coliformes termotolerantes: 33.500 NMP/100ml

Helmintos: 133,33 ovos/l

pH: 6,41

Oxigênio Dissolvido: 7,5 mgO₂/l

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅ Bruta): 10,69 mgO₂/l

Nitrogênio amoniacal total: 2,8 mg/l

Nitrito: 6,0 mg/l

Nitrato: 973,5 mg/l

Fósforo total: 0,025 mg/l

Antes do ponto **P02**, cerca de 10 Km de distância da ETE, foi identificado um barramento do Rio Bodocongó, conforme figura abaixo:

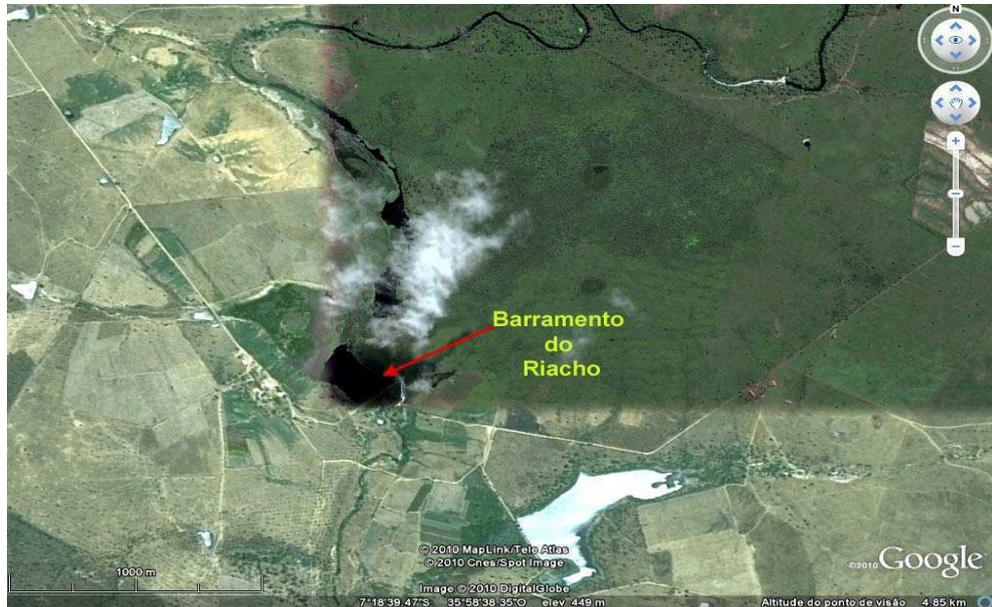


Figura 13. Barramento do Rio. Fonte: Google.

Após o barramento há uma diminuição considerável da vazão, mesmo sendo possível ainda a coleta de água em mais dois pontos abaixo, no ponto **P04** o volume de água é menor e mais adiante o rio é praticamente seco, o comprova a sua característica intermitente.



Figura 14. Volume de água após o ponto P04. Fonte: arquivo próprio, 9/12/2010

No tocante aos resultados obtidos na presente pesquisa à luz da Resolução 357/05 do CONAMA, vemos que quanto aos **materiais sedimentáveis**, a resolução analisada determina que o limite tolerável deve ser de até 1 ml/l

em teste de 1 hora em método do cone Imhoff. No ponto **P01** o resultado é muito superior ao permitido, 70,0 ml/l. Nos pontos **P02** e **P03** a água atende ao padrão de materiais sedimentáveis, no entanto, no ponto **P04** não, pois a concentração é de 1,5 ml/l.

Verificou-se a presença de materiais flutuantes no ponto **P01** e ausência nos pontos **P02**, **P03** e **P04**, conforme exigem os arts. 14, inciso I, alínea “b”, art. 16, inciso I, alínea “b” e art. 17, inciso I, alínea “b” da resolução supracitada.

Quanto a **turbidez**, a Resolução 357/05 do CONAMA admite para águas salobras de classe 1 turbidez virtualmente ausente. A turbidez é a interferência da passagem de luz através da água, conferindo-lhe aparência turva. O que origina a turbidez são as partículas de rocha, argila, algas e outros microorganismos, despejos domésticos, industriais, erosão (SPERLING, 2005). Em todas as amostras a turbidez ficou abaixo do limite previsto pela Resolução, inclusive, até para águas doces os valores encontrados ficaram abaixo do limite de 100 UNT.

Segundo a Resolução CONAMA nº. 357/05, a água advinda de efluentes deve observar **temperatura** inferior a 40°C, isso porque o aumento de temperatura aumenta as reações químicas, físicas e biológicas, aumentando a solubilidade e a taxa de transferência dos gases, o que causa odores desagradáveis (SPERLING, 2005). Na área de estudo verificou-se que a temperatura da água nos pontos de coleta obedece aos parâmetros gerais em todos os pontos, pois a temperatura do efluente oscila entre 27,0°C no ponto **P01**, 29,0°C nos pontos **P02** e **P03**, e 29,8°C no ponto **P04**.

No tocante aos **parâmetros microbiológicos**, a Resolução CONAMA 357/05 determina que as águas salobras de classe 1 utilizadas para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100ml. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 ml. A densidade de coliformes é expressa como Número Mais Provável (NMP) de coliformes por 100 ml.

As amostras analisadas apresentaram como resultados para o ponto **P01** a quantidade de **3.500.000 NMP/100 ml**, no ponto **P02 3.100.000 NMP/100 ml**, no ponto **P03 80.000,00 NMP/100 ml** e no ponto **P04 33.500 NMP/100 ml**, portanto, em nenhum dos pontos, a água coletada atende aos parâmetros previstos na legislação.

Importa ressaltar que, segundo Hespanhol (*op. cit.*) nos esgotos brutos há de 10^7 a 10^9 coliformes por 100 ml e os dados encontrados demonstram que o tratamento atualmente empregado é pouco eficaz se comparado com a contaminação do esgoto bruto, e quanto aos parâmetros estabelecidos pela Resolução, a remoção de coliformes exige um tratamento mais avançado.

Quanto ao padrão de **helmintos**, a Resolução CONAMA 357/05 não estabelece parâmetro, mas a OMS recomenda um limite menor ou igual a um ovo de helminto por litro.

Os dados apresentados na análise de água apontaram no ponto **P01 268,00 ovos de helmintos por litro**, no ponto **P02 166,67 ovos de helmintos por litro**, no ponto **P03 85,33 ovos de helmintos por litro** e no ponto **P04 133,33 ovos de helmintos por litro**, o que indica que de acordo com as recomendações da OMS, a água não é própria para utilização na irrigação.

Quanto aos parâmetros químicos, deve observar **pH de 6,5 a 8,5** para água salobra de classe 1. O pH encontrado nas amostras enquadra-se nos parâmetros previstos na Resolução CONAMA 357/05 para águas salobras de classe 1 em todos os pontos.

Quanto ao **oxigênio dissolvido**, para águas salobras de classe 1, em qualquer amostra, não pode ser inferior a **5 mgO₂/l**. Em todas as amostras, o oxigênio dissolvido está acima dos padrões exigidos pela Resolução n.º. 357/05, de modo que atende ao parâmetro.

Quanto ao parâmetro de **DBO**, o seu cálculo tem como objetivo medir a poluição orgânica das águas residuárias. Para as águas salobras a Resolução n.º. 357/05 não estabelece limite de DBO, mas apenas para águas doces. Entretanto, como a análise foi realizada em águas residuárias e a quantificação deste parâmetro é relevante pois determina quanto de oxigênio será requerido para decompor a matéria orgânica, os valores de DBO encontrados foram os seguintes: no ponto **P01 10,61 mgO₂/l**; no ponto **P02 9,80 mgO₂/l**; no ponto **P03 10,60 mgO₂/l** e no ponto **P04 10,69 mgO₂/l**.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 1, a DBO 5 dias a 20°C deve estar até 3 mgO₂/l; para águas de classe 2 a DBO 5 dias a 20°C deve estar até 5 mgO₂/l e para águas de classe 3 a DBO 5 dias a 20°C deve estar até 10 mgO₂/l.

Os valores de DBO encontrados nas amostras evidenciam que a água em nenhuma das amostras, encontra-se dentro do padrão mesmo para águas doces. No tocante ao parâmetro para águas de classe 3, no ponto **P02** encontra-se dentro do padrão previsto, mas fora dos padrões previstos para classe 1 e 2 de água doce.

No entanto, a carga de DBO encontrada nos pontos **P01**, **P03** e **P04** determinam que a água está fora dos padrões admitidos pela resolução supracitada mesmo para águas de classe 3, sendo, portanto, imprópria para o uso a que se destina na área de estudo.

O parâmetro de **Nitrogênio**, que, segundo Mancuso (*op. cit.*), se apresenta na forma do elemento N, possuindo cerca de 15 a 50 mg/l, sendo 40% desse valor sob a forma de nitrogênio orgânico e 60% sob a forma de nitrogênio amoniacal. Este último, dependendo do pH, pode aparecer sob a forma de amônia livre (NH₃) ou combinada (NH₄⁺). A origem da contaminação do efluente por proteínas e outros compostos biológicos, nitrogênio de composição celular de outros microorganismos, despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes (SPERLING, 2005).

Nos esgotos domésticos brutos há concentração de compostos de nitrogênio que se lançados no corpo receptor podem causar alguns problemas ao corpo hídrico, dentre eles eutrofização e consumo excessivo do oxigênio

dissolvido (SPERLING, *op. cit.*). Com efeito, o tratamento de efluentes visa, dentre outras funções, modificar a forma pela qual o nitrogênio se apresenta.

A transformação de nitrogênio amoniacal em nitritos e nitratos pode eliminar o efeito tóxico da amônia e reduzir o consumo de oxigênio, no entanto, não reduz a possibilidade de eutrofização do corpo hídrico (MANCUSO, *op. cit.*).

Mancuso (*op. cit.*) recomenda que a remoção de nitrogênio seja determinada em função das condições do corpo receptor e, para água de reúso, dependendo do uso a que esta se destinar, pode haver a necessidade de remoção de parte ou da totalidade dos compostos de nitrogênio.

De acordo com o Art. 8º, § 6º da Resolução CONAMA 357/05, “para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.” Assim, a resolução CONAMA 357/05 estabelece como parâmetros de quantidade de **Nitrogênio (N)** para águas de classe 1, 2 e 3 os seguintes:

Tabela 12. Parâmetros de compostos de nitrogênio de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 1 e 2.

| | |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nitrato | 10,0 mg/L N |
| Nitrito | 1,0 mg/L N |
| Nitrogênio amoniacal total | 3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5 |

Tabela 13. Parâmetros de compostos de nitrogênio de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 3.

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nitrato | 10,0 mg/L N |
| Nitrito | 1,0 mg/L N |
| Nitrogênio amoniacal total | 13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0 mg/L N, para pH > 8,5 |

Analisando os dados apresentados na análise de água com o que estabelece a Resolução CONAMA 357/05, vemos que a quantidade de nitrogênio amoniacal total, nitritos e nitratos, mesmo após o esgoto receber tratamento, é muito superior ao estabelecido pela resolução objeto de análise, de modo que, em mais um parâmetro, a água do corpo hídrico objeto de estudo, não obedece a legislação em nenhum dos pontos de coleta.

Quanto a concentração de **Fósforo (P)**, a Resolução CONAMA 357/05 estabelece como parâmetros para águas de classe 1 e 2 e 3:

Tabela 14. Parâmetros de Fósforo de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 1 e 2.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Fósforo total (ambiente lântico) | 0,020 mg/L P |
| Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) | 0,025 mg/L P |
| Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) | 0,1 mg/L P |

Tabela 15. Parâmetros de Fósforo de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 3.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Fósforo total (ambiente lântico) | 0,05 mg/L P |
| Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) | 0,075 mg/L P |
| Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) | 0,15 mg/L P |

Quanto ao **Fósforo**, verificou-se que de acordo com os parâmetros presentes na Resolução estudada, a sua concentração é muito superior ao limite máximo estabelecido.

Ficou comprovado através das análises da água coletada, que os padrões gerais previstos pela Resolução CONAMA n.º. 357/05 e pelas Recomendações da OMS não se aplicam à realidade local na época de estiagem pelas seguintes razões:

- a) A água de esgotos ainda que passe por estação de tratamento, não tem uma remoção satisfatória de poluentes, o que indica que o tratamento atual é insuficiente para garantir a remoção desejada;
- b) Ainda que só tenham sido observadas irrigação de culturas forrageiras e milho as recomendações atuais da OMS admitem um limite de contaminação por helmintos menor ou igual a um ovo de helminto por litro e os dados apresentados na análise de água apontaram que não há remoção de helmintos num limite tolerável;
- c) A água analisada atende a Resolução CONAMA n.º. 357/05 nos padrões de Turbidez, Sólidos Sedimentáveis em duas das amostras, DBO Bruta para águas doces de classe 2 e 3, mas, apenas no segundo ponto de coleta de água; Oxigênio Dissolvido atende ao parâmetro em todas as amostras; não há presença de materiais flutuantes nas amostras **P02, P03 e P04**; Temperatura e Ph mostraram-se adequados em todas as amostras.
- d) O número de coliformes termotolerantes, nitrogênio e fósforo ultrapassa em muito o limite previsto na Resolução CONAMA 357/05. Quanto ao nível de contaminação por nitrogênio e fósforo, embora estejam fora do padrão da resolução, o que vai indicar a sua remoção é o tipo de cultura a ser irrigada.

Convém esclarecer que, na presente pesquisa, os parâmetros químicos analisados não corresponderam a totalidade daqueles estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, até porque os parâmetros microbiológicos já indicam a inadequação da água coletada para irrigação se forem observadas as recomendações presentes nesta Resolução e nas Recomendações da OMS.

Quanto à vazão do corpo de água, em razão do período de seca, representa praticamente a totalidade dos efluentes que saem da ETE. Analisando esse dado com o que determina a Resolução CONAMA 357/05, não há qualquer restrição imposta pelo órgão ambiental estadual ou medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, no que diz respeito ao lançamento de efluentes que possam, dentre outras conseqüências, acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos ou inviabilizar a utilização da água pela população ribeirinha.

Outro fato importante é o de que a referida resolução determina que os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial. Essa determinação também não é respeitada, pois embora os esgotos despejados no corpo receptor sejam predominantemente de origem doméstica, não há um controle dos efluentes advindos dos serviços de saúde.

A Resolução 357/05 determina também que para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais. Não há qualquer deliberação nesse sentido.

Na Paraíba não há ainda norma que discipline os padrões de qualidade de água adequados à realidade local, nem tampouco para uso de águas residuárias, como também não há fiscalização que monitore o despejo de efluentes no corpo receptor com base nos padrões estabelecidos pelas normas gerais.

Há um monitoramento feito pelo mesmo ente público que detém a concessão para abastecimento de água e saneamento que é a CAGEPA. Essa empresa faz o controle de qualidade da água no tocante apenas aos parâmetros de DBO e coliformes termotolerantes.

Em consulta a esta empresa foi informado que a Estação de Tratamento de Efluentes da Catingueira que despeja os esgotos no corpo hídrico em estudo funciona ainda com o projeto original, estando em pleno funcionamento apenas as lagoas de estabilização sem os aeradores, pois os mesmos estão com defeito por deficiência na manutenção. A referida empresa apresentou como dados a remoção média de DBO no percentual de 71,0% e de coliformes termotolerantes, 86,67%, tendo informado ainda que foram construídas outras duas lagoas: uma lagoa facultativa e uma lagoa de maturação, mas que por questões burocráticas, estas novas lagoas não estão em funcionamento ainda.

Hespanhol (*op. cit.*) considera como grupos de risco no reúso de água para fins agrícolas os consumidores de culturas, carne e/ou leite originários de campos irrigados com água residuária, trabalhadores agrícolas e suas famílias, quaisquer pessoas que manuseiem ou transportem o produto da irrigação, populações localizadas próximo aos campos irrigados, quando a irrigação se dá por aspersão.

Nas áreas irrigadas, observamos a presença de alguns trabalhadores rurais sem uso de equipamentos de proteção individual necessários. Quanto, aos demais componentes dos grupos de risco apontados, verifica-se que qualquer pessoa está sujeita a enquadrar-se na condição de consumidor de produto advindo daquela localidade, vez que, além de ter sido encontrado culturas de milho e capim, foi observado também a existência de gado nas

propriedades rurais locais, o que inclui a possibilidade de que o milho e o leite ali produzido seja consumido tanto pela população local quanto nas áreas urbanas circunvizinhas.

Como medidas preventivas para minimizar os potenciais riscos acima demonstrados, HESPANHOL (*op. cit.*) indica o tratamento adequado dos esgotos, a seleção de culturas em que a irrigação com água de reúso é recomendada e restrição das demais, utilização de técnicas adequadas para utilização dessa água na agricultura e controle da exposição dos grupos de risco.

Para o grupo de risco “consumidores”, aconselha-se o cozimento adequado da carne, leite e vegetais, o consumo de carne apenas com recomendação da vigilância sanitária, a adoção de medidas domésticas de higiene pessoal e alimentar e a promoção de campanhas de educação ambiental (HESPANHOL, *op. cit.*).

Para o grupo de risco “trabalhadores rurais, famílias e manuseadores de culturas” (HESPANHOL, *op. cit.*), é importante interromper a irrigação das frutíferas duas semanas antes da colheita e não permitir a colheita dos frutos caídos no chão; a utilização, no perímetro da área irrigada, de sinais indicativos de que a água é advinda de esgotos; uso de calçados e luvas apropriados; promover imunização contra febre tifóide, hepatites A e B e tratamentos para prevenção de infecções por helmintos. As populações que vivem próximo aos campos irrigados devem conservar uma distância mínima de 100 metros entre os campos irrigados, casas e estradas (HESPANHOL, *op. cit.*).

Quanto ao método de irrigação utilizado na área estudada, predomina a irrigação por inundação e por sulcos, embora tenha sido encontrado um ou outro local onde há irrigação por aspersão, o que, segundo a literatura consultada (PAGANINI, *op. cit.*) não é recomendado porque na irrigação com água de reúso pelo método de aspersão há riscos diretos de contaminação por microorganismos já que a água entra em contato direto com a planta que será consumida direta ou indiretamente.

Durante o período em que ocorreu a pesquisa, o índice pluviométrico foi inferior se comparado aos outros meses do ano. Segundo dados da AESA (2011) obtidos na estação de monitoramento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em Campina Grande/PB, em todo o mês de dezembro de 2010, choveu 37,2 milímetros; no entanto, considerando que a pesquisa ocorreu nos primeiros dez dias daquele mês, temos dados do mês de novembro, em que choveu 4,2 milímetros, e do mês de outubro de 2010, no qual o índice pluviométrico foi de 16,2 milímetros. Assim, considerando que o índice pluviométrico anterior à coleta de água foi inferior em relação aos demais meses do ano, temos que a água coletada apresentou pouca diluição, possivelmente comprovando que a água em outros momentos no mesmo período, não apresentaria uma modificação significativa dos dados, razão pela qual, optou-se por analisar a água coletada em uma única oportunidade, dentro do período considerado seco e de intermitência do Rio.

Comparando os dados obtidos na presente pesquisa com dados obtidos em pesquisa realizada no ano 2003 (TAVARES, 2005) quando foi feita análise da água no mesmo ambiente, entre os meses de julho e novembro daquele ano, quando o regime de chuvas é maior, a água residuária advinda da ETE do Bairro da Catingueira apresentou concentração de coliformes termotolerantes em torno de 50.000 UFC/100ml, comprovando que mesmo

durante o período considerado chuvoso, o tratamento empregado não permite uma redução de coliformes de acordo com os parâmetros definidos pela Resolução 357/05 do CONAMA, nem tampouco pela recomendação da OMS vigente à época da pesquisa.

Nesta mesma pesquisa, verificou-se dados de condutividade elétrica entre 1,5 e 1,68 dS/cm, pH entre 6,0 e 8,5, considerado dentro do limite recomendado para irrigação; concentrações de amônia de 44,1 a 60,7 mgNH₃/l, nitrato entre 0,5 e 1,5 mg/l, fósforo total entre 6,5 a 7,9 mg/l (TAVARES, 2005). Portanto, naquela época, os padrões de salinidade indicavam uma água salobra e com remoção de nitrogênio e fósforo muito aquém do limite recomendado pela Resolução CONAMA 357/05.

Naquela oportunidade, não foram identificadas concentrações de ovos de helmintos, o que denotou uma remoção de 100% desses patógenos. De acordo com a pesquisa, isso justifica-se pelo tempo de detenção hidráulica (TDH) que quando é superior a 15 dias garante uma sedimentação dos ovos de nematóides intestinais nos reatores (TAVARES, 2005).

Segundo Marques (2004) a época chuvosa em Campina Grande tem início entre fevereiro e março prolongando-se até os meses de julho a agosto, sendo junho e julho tradicionalmente os meses de maior índice pluviométrico. O período seco se inicia em setembro, sendo mais crítico o período entre esse mês e o mês de novembro, considerado como o mais seco do ano. A precipitação pluviométrica é de aproximadamente de 764 mm anuais na região. Constatou-se na presente pesquisa, que a situação climática apontada é similar, visto que no ano de 2010 a precipitação pluviométrica identificou uma média de 669,1 mm (AESAs, 2011).

Uma outra pesquisa realizada também no mesmo ambiente, entre os períodos de fevereiro a novembro de 2003, estabelecendo uma periodicidade de 100 dias de uma coleta para a outra, identificou pH estável em 7,05, condutividade elétrica variando entre 1654 µS/cm na primeira amostra, 1642 µS/cm na segunda e 1686 µS/cm na terceira amostra, o que comparando com os dados atuais, denotou uma salinidade mais acentuada na água obtida em 2003, mas ainda podendo ser considerada a água como salobra.

Nesta última pesquisa também não foram identificados ovos de helmintos, no entanto, a concentração de coliformes termotolerantes foi de 85.000 UFC/100ml na primeira coleta, 290.000 UFC/100 ml na segunda coleta e 115.000 UFC/100 ml na terceira coleta. O Oxigênio Dissolvido apresentou dados entre 1,3 a 2,0 mg/l, enquanto a DBO variou de 48 mg/l na primeira análise, 35 mg/l na segunda análise e 64 mg/l na terceira análise. A concentração de amônia apresentada foi de 49,5 mgNH₃/l, 52 mgNH₃/l e 46mgNH₃/l, respectivamente. O fósforo total variou de 6,0 mgP/l na primeira análise, 5,8 mgP/l na segunda e 5,3 mgP/l na terceira análise (MARQUES, 2004).

Se comparados os dados obtidos nas pesquisas anteriores com os obtidos na presente, verifica-se que embora as concentrações de cada um dos parâmetros variem de um período a outro, tanto a água coletada nos meses chuvosos quanto no período seco não é adequada de acordo com o que dispõe a Resolução 357/05 do CONAMA nem na Recomendação da OMS, e a situação atual no tocante a concentração de helmintos é mais grave visto que nas pesquisas anteriores a água apresentava remoção de 100% enquanto na água coletada na presente pesquisa foi

identificada uma concentração de helmintos muito superior ao que admite a OMS atualmente para irrigação de qualquer tipo de cultura.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da presente pesquisa foi possível concluir que pelos parâmetros de qualidade de água da Resolução CONAMA 357/05 e das recomendações da OMS analisados, a água do Rio Bodocongó é imprópria mesmo para a irrigação das culturas forrageiras e milho, que foram as culturas encontradas no período em que ocorreu a pesquisa.

Portanto, pode-se afirmar que, os padrões gerais de qualidade de água existentes e objeto de análise, não são suficientemente adequados à realidade da área de estudo, primeiro porque não estabelecem padrões específicos para regulamentar a utilização de águas de baixa qualidade no período de intermitência do rio - quando não há praticamente diluição dos resíduos e a vazão de água é quase que a totalidade do esgoto - o que exige um tratamento mais avançado e o estabelecimento de padrões mais restritos para utilização da água para os usos a que se destina.

Além disso, a comparação obtida a partir de pesquisas anteriores no mesmo ambiente, comprova que mesmo em períodos chuvosos, quando há diluição dos esgotos, a qualidade da água não atende aos padrões gerais.

No entanto, como os padrões de qualidade a serem estabelecidos pelo órgão ambiental local devem ser mais restritos em razão do que dispõe o art. 11 da Resolução CONAMA 357/05, e não se pode cogitar de uma flexibilização destes, devem ser estabelecidas outras medidas com vistas a assegurar o atendimento aos padrões gerais, no entanto, respeitando as condições ambientais da área de estudo, haja vista que, apesar de não atender ao que estabelece a legislação atual, a água do Rio Bodocongó é em muitos pontos o único recurso hídrico disponível para os múltiplos usos pela população ribeirinha.

Sugerimos que a legislação a nível local estabeleça a obrigatoriedade de adoção pela CAGEPA de um tratamento avançado para o efluente, que garanta uma remoção de helmintos e coliformes num limite tolerável, proporcionando uma qualidade de água adequada aos diversos usos na área e não que comprometa a saúde da população e o meio ambiente.

É indispensável o estabelecimento de padrões específicos para água salobra, já que, segundo pesquisas (AMBIENTE BRASIL, 2011), a água do semi-árido é considerada uma das mais salgadas do mundo. Dessa forma, os padrões exigidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces, devem constar também na análise de qualidade da água salobra.

Para análise da qualidade de água salobra destinada à irrigação, deve constar um parâmetro mais adequado no tocante ao teor de salinidade, isso porque o parâmetro presente na Resolução CONAMA 357/05 é omissivo com relação à quantidade de sais permitida na atividade agrícola, pois apesar desta norma considerar como água salobra aquela que apresenta um teor de SDT entre 500 mg/l até 30.000 mg/l, a classificação de Ayers & Wescot (1991), é mais específica quando determina que no tocante a quantidade de SDT, a concentração deve estar entre 450 a 2000 mg/l para que a água analisada apresente uma restrição de grau leve a moderado, sendo, portanto, própria para uso na irrigação.

A regulamentação do reuso agrícola a nível local deve também conter disposição obrigando os órgãos ambientais competentes a cobrar providências do responsável pelo descarte do efluente que é a CAGEPA e exigir desta empresa que apresente relatório periódico dando conta da situação de funcionamento da ETE naquela área, da origem do esgoto que é recebido pela estação e da qualidade da água que dela sai e é despejada no Rio Bodocongó.

O monitoramento periódico da qualidade da água deve ser posto em prática, já que é uma exigência contida na Resolução CONAMA 357/05.

O Poder Público deve também utilizar-se da educação ambiental enquanto instrumento de defesa do meio ambiente, responsabilizando-se pela orientação adequada sobre as condições para utilização da água residuária pela população de modo a garantir o mínimo de exposição aos riscos ambientais advindos desta utilização.

6 REFERÊNCIAS

- (AESAs) Agência Estadual de Águas. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do> Acesso em: 10 de março de 2011.
- (AESAs) Agência Estadual de Águas. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarChuvasAnuaisAnterior>. Acesso em: 10 de março de 2011.
- (ANA) Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/> acesso em: 25 de março de 2010.
- ALMEIDA, Caroline Corrêa de. Evolução histórica da proteção jurídica das águas no Brasil. Jus Navigandi, Teresina, ano 7, n. 60, nov. 2002. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=3421>>. Acesso em: 22 de março de 2010.
- AMBIENTE BRASIL. **Programa Água Doce beneficia comunidades no semi-árido brasileiro**. Disponível em: <http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2006/12/29/28661-programa-agua-doce-beneficia-comunidades-no-semi-arido-brasileiro.html> Acesso em: 30 de março de 2011.
- ANTUNES, Paulo de Bessa. **Política nacional do meio ambiente – PNMA: comentários à Lei 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Rio de Janeiro: Lúmen Júris, 2005.
- ARQUIVO NACIONAL. **Pau-Brasil: do estanco à extinção**. In **História Luso-Brasileira**. Disponível em: <http://www.historiacolonial.arquivonacional.gov.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=838&sid=104> Acesso em: 22 de março de 2010.
- APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 20th Washington D. C. 1998.
- AYERS, R.S./WESCOT, D.W., **A qualidade da água na agricultura: Estudos FAO irrigação e drenagem**. Vol.29. Campina Grande, UFPB, 1991.
- BARBOSA, Erivaldo Moreira. **Introdução ao Direito Ambiental**. Campina Grande: Editora UFCG, 2007.
- BARBOSA, Fernanda Leite. **Regulamentação Do Reúso Da Água Em Refinarias – Análise Do Modelo Americano E Perspectivas Para O Cenário Nacional**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético), UFRJ, 2007.
- BATISTA, Rogaciano Cirilo. **Avaliação Emergética Da Cultura Do Algodão Colorido Irrigado Com Água Residuária Em Ambiente Semi – Árido**. Tese de Doutorado em Recursos Naturais – Centro de Tecnologia em Recursos Naturais: UFCG, 2008.

- BENJAMIN, Antônio Herman V. **Introdução ao direito ambiental brasileiro**. Revista de Direito Ambiental. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, abril-junho 1999. v. 14. Ano 4. p. 49.
- BERNARDI, Cristina Costa. **Reúso de água para irrigação**. Monografia de Especialização *lato sensu* em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada. Universidade de Brasília: 2003.
- BREGA FILHO, Darcy. MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **Conceito de reúso de água**. In MANCUSO, Pedro Caetano Sanches, SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água**. - São Paulo: Manole, 2003.
- CAMPOS, Nilson. **Gestão de Águas: princípios e práticas**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos: Fortaleza, 2001.
- COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Qualidade de água**. In TELLES, Dirceu D'Alkmin. COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Reúso de Água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher, 2007.
- COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Água: matéria-prima primordial à vida**. In TELLES, Dirceu D'Alkmin. COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Reúso de Água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher, 2007.
- CUNHA, L. O. e. Disponível em: http://www.ipv.pt/millennium/Millennium25/25_25.htm Acesso em: 16 de fevereiro de 2010.
- DEAN, Warren. **A ferro e fogo: a historia da devastação da mata atlântica** – São Paulo: Cia. Das Letras, 1996.
- FARIAS, Talden. **Introdução ao Direito Ambiental**. – Belo Horizonte: Del Rey, 2009.
- FERREIRA, Olga Eduarda. **Efeitos da Aplicação de Água Residuária Doméstica Tratada e Adubação Nitrogenada na Cultura do Algodão Herbáceo e no Meio Edáfico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Federal de Campina Grande, 2003.
- FIESP. Manual de Conservação e Disponível em: www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf Acesso em: 27 de janeiro de 2010.
- FINK, Daniel Roberto. SANTOS, Hilton Felício dos. **A legislação de reúso de água**. In MANCUSO, Pedro Caetano Sanches, SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água**. - São Paulo: Manole, 2003.
- FURTADO, Celso. **Uma política de desenvolvimento econômico para o Nordeste**. 2. ed. Recife: Sudene, 1967.
- HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In MANCUSO, Pedro Caetano Sanches, SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água**. - São Paulo: Manole, 2003.

- HESPANHOL, Ivanildo. **Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos**. In MANCUSO, Pedro Caetano Sanches, SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água**. - São Paulo: Manole, 2003.
- INMET. Relatório anual do Instituto Nacional de Meteorologia - 1991. INMET, 1992.
- LEIS, Héctor Ricardo; D'AMATO, José Luiz. **O Ambientalismo Como Movimento Vital: Análise De Suas Dimensões Histórica, Ética e Vivencial**. In A outra face da Terra: movimentos sociais contra a nova ordem global, 1996.
- LÉON, S.G. CAVALLINI, J.M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande, UFPB, 1999.
- LIMA, Vera Lúcia Antunes. MEIRA FILHO, Abdon da Silva. FURTADO, Dermeval Araújo. LUCENA, Luiz Felipe de Almeida. **Água na Agricultura**. In LIMA, Vera Lúcia Antunes. CHAVES, Lúcia Helena Garófalo. **Qualidade da Água: leis, qualidade, recomendações**. Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008.
- LOMBORG, Bjorn. **O ambientalista cético: revelando a real situação do mundo**. 6 ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.
- LOPES, Alexandre Vasconcelos Gomes. **Caracterização Química das Águas Subterrâneas do Aquífero Fissural do Município de Igaraci-PE**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal de Pernambuco, 2005.
- MACHADO, Paulo Affonso. **Direito Ambiental Brasileiro**. 13 ed. – São Paulo: Malheiros Editores, 2005.
- MAGALHÃES, Nilana Fernandes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). **Avaliação dos Impactos Decorrentes do Uso das Águas do Baixo Rio Bodocongó (PB) em Áreas Irrigadas**. Universidade Federal de Campina Grande, 2000.
- MALTCHIK, L. **Ecologia de Rios Intermitentes Tropicais**. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/limnologia/Perspectivas/arquivo%20pdf/Capitulo%205.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2010.
- MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MARQUES, Blake Charles Diniz. **Estudo do Potencial Produtivo do Capim Elefante Sob Diferentes Lâminas com Água Residuária Tratada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Federal de Campina Grande, 2004.
- MELO, Geórgia Karênia Rodrigues Martins Marsicano de. **Aplicação do princípio da precaução ao caso dos transgênicos**. In Revista Fórum de Direito Urbano e Ambiental, ano 8, n. 45, maio/junho, 2009.

- MIERZWA, José Carlos, HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: uso racional e reúso.** - São Paulo: Oficina de textos, 2005.
- MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco.** 3. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2004.
- OLIVEIRA, A. **Observações sobre o desempenho das ETE's de Campina Grande e Monteiro, PB.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande, 2002.
- PAGANINI, Wanderley da Silva. **Reúso de água na agricultura.** In MANCUSO, Pedro Caetano Sanches, SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água.** - São Paulo: Manole, 2003.
- PHILIPPI JR., Arlindo. Reúso de água: uma tendência que se firma. In MANCUSO, Pedro Caetano Sanches, SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água.** - São Paulo: Manole, 2003.
- PHILIPPI JR., Arlindo. SILVEIRA, Vicente Fernando. **Controle da Qualidade das Águas.** In **Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2005.
- PHILIPPI JR., Arlindo. MALHEIROS, Tadeu Fabrício. **Águas Residuárias: visão de saúde pública e ambiental.** In **Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2005.
- SANTOS, Hilton Felício dos. MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial.** In MANCUSO, Pedro Caetano Sanches, SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água.** - São Paulo: Manole, 2003.
- SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico.** 23 ed. São Paulo: Cortez Editora, 2007.
- SILVA, Aluska Suramma Cordeiro. **O Direito Fundamental de Acesso à Água e a Cobrança pelo Uso da Água Bruta. Monografia de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Direito), Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas (FACISA), 2010.
- SOUSA, José Tavares de. HAANDEL, Adrianus Cornelius Van. CAVALCANTI, Paula Frassinetti Feitosa. FIGUEIREDO, Ana Mitchielle Fernandes de. **Tratamento de esgoto para uso na agricultura do nordestino.** Disponível em: http://www.universoambiental.com.br/novo/artigos_lei.php?canal=1&canallocal=1&canalsub2=1&cid=9. Acesso em 27 de outubro de 2008.
- SOUSA, Andrea Françoise Sanches de. **Diretrizes Para Implantação De Sistemas De Reuso De Água Em Condomínios Residenciais Baseadas No Método APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – Estudo de Caso Residencial Valville I.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento Ambiental), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

- SOUSA NETO, João Batista de. **Reúso de Água: Aspectos Jurídicos e Socioambientais no Estado da Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, 2009.
- SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- TAVARES, Tatiana de Lima. **Reúso Controlado de Água na Irrigação de Alface**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Federal de Campina Grande, 2005.
- TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo: Editora Rima, 2003.
- UFSC. Centro de Disseminação de Informações para a Gestão de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <http://www.caminhodasaguas.ufsc.br/historico-novo>. acesso em: 16 de fevereiro de 2010.
- (USEPA) U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Laws & Regulations**. Disponível em: <http://www.epa.gov/epahome>. Acesso em 10 de março de 2011.
- VARGAS, Éverton Vieira. Água e Relações Internacionais. In Revista Brasileira de Política Internacional. Ano 2000, Volume 43, nº 001. Brasília, Brasil. Disponível em: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/358/35843110.pdf>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2010.
- VIDAL, Francisco Carlos Baqueiro. **A problemática do nordestino à luz de Celso Furtado: permanência da pobreza estrutural**. Disponível em: http://www.centrocelsofurtado.org.br/adm/enviadas/doc/25_20060805142021.pdf Acesso em: 10 de junho de 2010.
- (WHO) WORLD Health Organization. **Guidelines for the safe use of wastewater**. Disponível em: <http://www.who.int/publications/en/>. Acesso: 10 de junho de 2010.
- YIN, Robert K. **Case Study Research: design and methods**. EUA: Sage Publications, 1990.

APÊNDICE A Resultados das Análises de Condutividade, Turbidez, Sólidos Sedimentáveis, pH e Temperatura.

Tabela 16. Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

09/12/2010

| | |
|-----------|--------|
| Ponto P01 | 1042,0 |
| Ponto P02 | 976,0 |
| Ponto P03 | 982,6 |
| Ponto P04 | 870,0 |

Tabela 17. Turbidez (UNT)

09/12/2010

| | |
|-----------|------|
| Ponto P01 | 32,8 |
| Ponto P02 | 12,1 |
| Ponto P03 | 19,5 |
| Ponto P04 | 20,8 |

Tabela 18. pH e Temperatura.

| | pH | TEMPERATURA |
|------------|-----------|-----------------|
| 09/12/2010 | (Inicial) | Temperatura(°C) |
| Ponto P01 | 7,04 | 27,0 |
| Ponto P02 | 7,41 | 29,0 |
| Ponto P03 | 7,66 | 29,0 |
| Ponto P04 | 6,41 | 29,8 |

Tabela 19. Sólidos sedimentáveis em cone de Imhoff

| 09/12/2010 | S.SED. | m/l |
|------------|--------|---------|
| Ponto P01 | 1l | 70 ml/l |
| Ponto P02 | 1l | 0,5ml/l |
| Ponto P03 | 1l | 0,6ml/l |
| Ponto P04 | 1l | 1,5ml/l |

APÊNDICE B Resultados das Análises de Coliformes Termotolerantes, Helmintos, Oxigênio Dissolvido e DBO₅ Bruta.

Tabela 20. Coliformes termotolerantes.

| | 09/12/2010 | | |
|-----------|-------------|----------|-----------|
| | Nº COLÔNIAS | DILUIÇÃO | RESULTADO |
| Ponto P01 | 70 | 1,00E-03 | 3,50E+06 |
| Ponto P02 | 62 | 1,00E-03 | 3,10E+06 |
| Ponto P03 | 16 | 1,00E-02 | 8,00E+04 |
| Ponto P04 | 67 | 1,00E-01 | 3,35E+04 |

Tabela 21. Helmintos.

| | 09/12/2010 | | | Nº de ovos contados (ovos/l) | RESULTADO |
|-----------|-----------------------|------------------|------------------------|------------------------------|-----------|
| | Vol. Amostra (litros) | Vol. Câmera (ml) | Vol. Centrifugado (ml) | | |
| Ponto P01 | 5 | 0,30 | 3,0 | 134,0 | 268,00 |
| Ponto P02 | 5 | 0,30 | 2,5 | 100,0 | 166,67 |
| Ponto P03 | 5 | 0,30 | 2,0 | 64,0 | 85,33 |
| Ponto P04 | 5 | 0,30 | 2,5 | 80,0 | 133,33 |

Tabela 22. Oxigênio Dissolvido.

| 09/12/10 mgO ₂ /L | |
|------------------------------|------|
| Ponto P01 | 7,3 |
| Ponto P02 | 8,6 |
| Ponto P03 | 7,98 |
| Ponto P04 | 7,5 |

Tabela 23. DBO₅ BRUTA

| 09/12/2010 | Oxigênio dissolvido - OD | | | | | |
|------------|--------------------------|------------|----------|------|-------|----------------------------------------|
| | FD | OD inicial | OD Final | | média | DBO ₅ (mgO ₂ /l) |
| Ponto P01 | 1,5 | 7,3 | 0,13 | 0,12 | 0,23 | 10,61 |
| Ponto P02 | 1,5 | 6,76 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 9,80 |
| Ponto P03 | 1,5 | 7,23 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 10,60 |
| Ponto P04 | 1,5 | 7,25 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 10,69 |

Observação: A análise de DBO foi realizada pelo método do eletrodo.

APÊNDICE C Resultados das Análises dos Compostos de Nitrogênio

Tabela 24. Nitrogênio.

| 09/12/2010 | VH ₂ SO ₄ (TKN) | VH ₂ SO ₄ (amônia) | Vamostra (ml) | TKN mgNH ₃ | Amônia mgNH ₃ | Nitrog. Org. mgNH ₃ |
|------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Ponto P01 | 9,0 | 50,0 | 50 | 58,8 | 50,4 | 8,4 |
| Ponto P02 | 8,9 | 7,8 | 50 | 49,8 | 43,7 | 6,2 |
| Ponto P03 | 7,0 | 6,4 | 50 | 39,2 | 35,8 | 3,4 |
| Ponto P04 | 1,5 | 0,5 | 50 | 8,4 | 2,8 | 5,6 |

Tabela 25. Nitrito

| | leitura (y) | Nitrito (mgN/l) (X) |
|-----------|-------------|---------------------|
| Ponto P01 | 0,354 | 0,121 |
| Ponto P02 | 0 | 6,0 |
| Ponto P03 | 0,373 | 192,5 |
| Ponto P04 | 0 | 6,0 |

Gráfico 1. Curva de Concentração de Nitrito.

| conc. | curva |
|-------|-------|
| 30 | 0,07 |
| 60 | 0,135 |
| 90 | 0,22 |
| 120 | 0,315 |
| 150 | 0,37 |

Gráfico 2. Concentração de Nitrito.

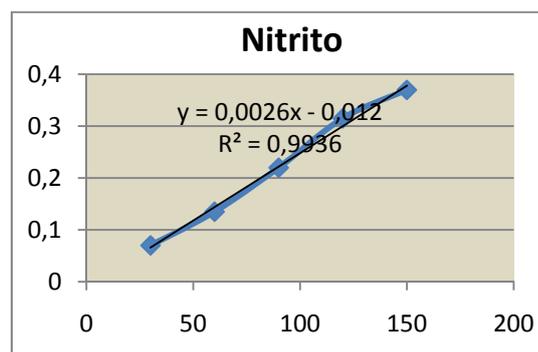
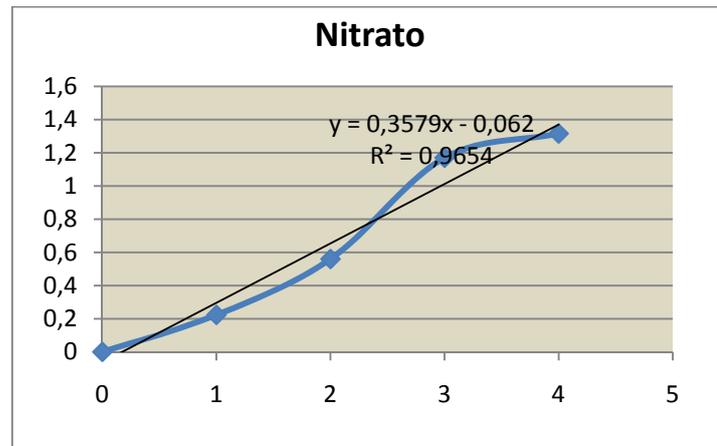


Tabela 26. Nitrato

| | Diluição | leitura (y) | | Nitrato (mgN/l) (X) |
|-----------|----------|-------------|-------|------------------------|
| Ponto P01 | 5 | 0,396 | 1,98 | 0,089 |
| Ponto P02 | 5 | 0,396 | 1,98 | 996,0 |
| Ponto P03 | 5 | 0,31 | 1,55 | 781,0 |
| Ponto P04 | 5 | 0,387 | 1,935 | 973,5 |

Gráfico 3. Curva de Concentração de Nitrato.

| conc. | curva |
|-------|-------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0,223 |
| 2 | 0,56 |
| 3 | 1,17 |
| 4 | 1,316 |

Gráfico 4. Concentração de Nitrato.

APÊNDICE D Resultados das Análises de Fósforo

Tabela 27. Fósforo.

| 09/12/2010 | Absob (PT) | P total (X) | Absorb(P-orto) | |
|------------|------------|-------------|----------------|------|
| Ponto P01 | 0,715 | 6,38 | 0,386 | 5,53 |
| Ponto P02 | 0,368 | 5,39 | 0,305 | 4,59 |
| Ponto P03 | 0,388 | 5,68 | 0,367 | 5,50 |
| Ponto P04 | 0,025 | 0,42 | 0,003 | 0,15 |

Gráfico 5. Curva de Concentração de Fósforo.

| conc. | total | orto |
|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,133 | 0,123 |
| 4 | 0,266 | 0,256 |
| 6 | 0,418 | 0,404 |
| 8 | 0,554 | 0,541 |

Gráfico 6. Concentração de Fósforo Total.

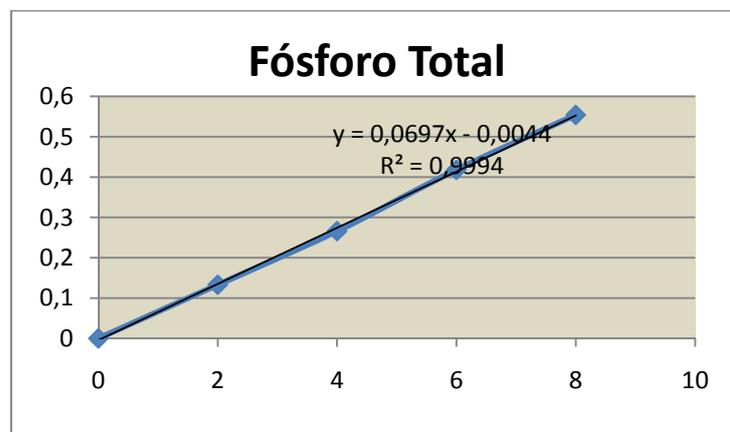
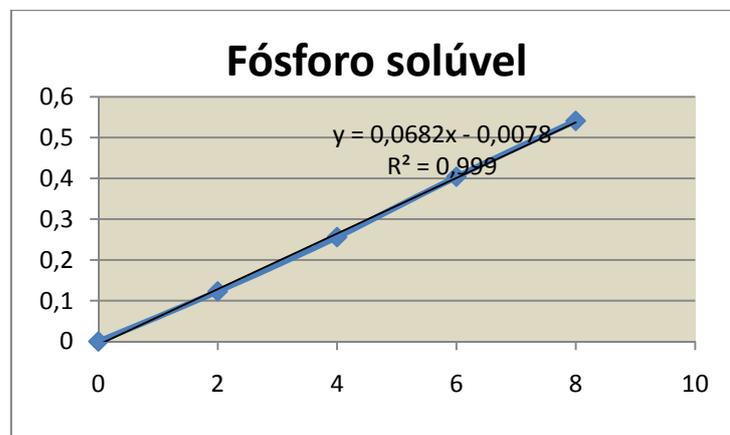


Gráfico 7. Concentração de Fósforo Solúvel.



ANEXO A Informações prestadas pela CAGEPA sobre o tratamento de esgotos na área de estudo.



CAGEPA
COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA

CARTA DOM N.º 006/2011

João Pessoa, 21 de janeiro de 2011.

A Sua Senhoria, a Senhora
Geórgia Karênia Rodrigues Martins Marsicano de Melo
Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais
Universidade Federal de Campina Grande- UFCG
Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58.109-970- Campina Grande- Pb

Assunto: Informação sobre tratamento de esgotos de Campina Grande.

Prezada Docente,

Em atendimento a correspondência encaminhada a esta Empresa, datada de 11 de janeiro do corrente ano, solicitando informações sobre o tratamento dos esgotos efetuados em Campina Grande, apresentamos a seguir os seguintes esclarecimentos:

- Os esgotos recebidos na ETE são de origem predominantemente doméstica. Existem, de forma pontual, alguns lançamentos de origem industrial;
- O tratamento é de origem biológica, através de lagoa de estabilização do tipo anaeróbia. O sistema atual de tratamento está preste a ser alterado, uma vez que está praticamente concluído o projeto de ampliação e melhoria do todo o sistema;
- O efluente da ETE, na situação atual, apresenta redução média de DBO e de coliformes termotolerantes de 71,0% e 86,67%, respectivamente;
- Quanto a visita a ETE, sugerimos efetuar quando o sistema novo estiver em operação.

Sem mais para o momento, colocamo-nos a disposição para outros esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,

Eng. Marco Túlio Zirpoli
Diretor de Operação e Manutenção