



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

ROMÉRCIA BATISTA DOS SANTOS

**INTERFACE ÁGUA E SAÚDE:
CORRELAÇÃO COM ATIVIDADES AGROINDUSTRIAIS DESENVOLVIDAS EM
UM PERÍMETRO IRRIGADO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

POMBAL - PB

2013

ROMÉRCIA BATISTA DOS SANTOS

**INTERFACE ÁGUA E SAÚDE: CORRELAÇÃO COM ATIVIDADES
AGROINDUSTRIAIS DESENVOLVIDAS EM UM PERÍMETRO IRRIGADO NO
SIEMIÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do Título de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

Orientadora: Prof. Dra. Roberlúcia Araújo Candeia

POMBAL - PB

2013

ROMÉRCIA BATISTA DOS SANTOS

**INTERFACE ÁGUA E SAÚDE: CORRELAÇÃO COM ATIVIDADES
AGROINDUSTRIAS DESENVOLVIDAS EM UM PERÍMETRO IRRIGADO NO
SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação aprovada em 20/12/2013

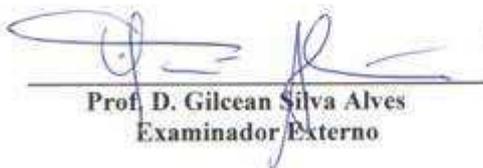
BANCA EXAMINADORA



Prof.ª D.ª Sc. Roberlúcia Araújo Candeia
Orientadora



Prof.ª D.ª Sc. Alfredina dos Santos Araújo
Examinadora Interna



Prof. D. Gilcean Silva Alves
Examinador Externo

POMBAL – PB

2013

Aos meus filhos, Thauã e Thiago.

**“Amor que não se mede,
que não se repete...”**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á DEUS, por ter me concedido a vida, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente;

RECONHEÇO que não estaria aqui hoje sem os ensinamentos dos meus pais, Eufrásio dos Santos e Gilka Batista dos Santos;

Agradeço a minha família, irmãos e sobrinhos pelo incentivo e apoio;

Ao meu companheiro Santino Lacerda, por me apoiar sempre, estar ao meu lado, vibrar com minhas conquistas. Pelo amor!

A Universidade federal de Campina Grande e ao programa de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar pela oportunidade de realização do curso;

A minha orientadora, Profa Dra Roberlúcia Candeia, pela pessoa especial que é, por nossa amizade, pelas suas valiosas e construtivas orientações, por me receber de portas abertas todas as vezes que precisei, pela paciência, calma e sabedoria ao lidar comigo nas discussões, pelo extremo apoio e ensinamentos ministrados, além de todo o acompanhamento no desenvolvimento deste trabalho. Meu eterno agradecimento;

Ao Professor Dr. Gilcean da Silva Alves pela amizade, ensinamentos e sugestões emitidas em momentos importantes e conclusivos;

Ao Coordenador e Técnico do Laboratório de Bromatologia do IFPB - Campus de Sousa, Damião Junior Gomes, por compartilhar do seu imenso conhecimento sobre o assunto e, nos ajudar de forma incondicional nas análises das amostras;

Aos professores, Dr Ferreira Júnior e Dr. Moisés Queiroz, que participaram da banca de qualificação e que muito contribuíram com ricas sugestões para este trabalho;

Aos professores Dra Alfredina dos Santos Araujo e Dr Gilcean da Silva Alves, que, gentilmente, aceitaram o convite para compor a banca avaliadora;

Aos Docentes do Programa de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais, pelos conhecimentos partilhados, os quais contribuíram para meu crescimento pessoal e acadêmico;

Ao Prof. Dr. José Wanderley pela presteza e disponibilidade na revisão do presente trabalho e pelas palavras de apoio e incentivo;

A Prof Dra Alfredina, pela grande ajuda na realização das primeiras coletas junto ao CVT/UFCG. Estendo meu agradecimento a todos os alunos pesquisadores dessa unidade;

Aos técnicos da Secretaria de Saúde de Sousa - PB, Maria de Lourdes Leite de Lima, Francisca Lopes de Almeida e Euricélio, por disponibilizarem os dados necessários para realização deste estudo;

Aos colegas do Mestrado em Sistemas Agroindustriais pelo companheirismo, espírito de solidariedade e novas amizades construídas e pelos bons momentos compartilhados;

Ao Sr. João, canoeiro do Perímetro, pelas tantas idas e vindas. Meu muito obrigado!

Aos funcionários do DNOCS pelo apoio no trabalho de campo e nas informações oficiais fornecidas e necessárias a concretização desse trabalho;

Aos moradores do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB que colaboraram de forma humilde e generosa;

Aos alunos do PIVIC/UFCG, Francisco Gilmário e John Kennedy, pela forte contribuição de forma especial nesse trabalho.

Aos amigos e colegas da ETSC/UFCG, que me apoiaram nas difíceis horas que passei durante a realização desse mestrado. Valeu!

E por fim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram com fornecimento de dados, indicações bibliográficas e abertura de portas institucionais, permitindo que essa pesquisa fosse viabilizada.

Muito Obrigada!!!

SANTOS, R. B. **Interface Água e Saúde: Correlação com Atividades Agroindustriais Desenvolvidas em um Perímetro Irrigado no Semiárido Paraibano**. 2013. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar. Pombal - PB.

RESUMO

O presente trabalho propôs correlacionar atividades agroindustriais com a saúde humana e ambiental, tendo o Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB, como local de estudo. Para isto analisou-se a água bruta e tratada oriunda do referido perímetro, através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, como objeto maior de investigação. A pesquisa caracteriza-se de natureza quantitativa, qualitativa e descritiva. Foram georreferenciados oito pontos de amostragem, sendo que quatro pontos foram de água bruta e quatro de água tratada. As coletas foram realizadas em 2012, durante seis meses, considerando abril, maio e junho como período de inverno e, outubro, novembro e dezembro como época de seca. Fez-se também um levantamento dos indicadores básicos das condições sanitárias e socioambientais que refletem diretamente na saúde humana e no ecossistema. Os resultados físico-químicos e microbiológicos foram avaliados com base nas legislações vigentes. Assim, foi possível constatar que tanto as amostras da água bruta e tratada, em relação aos atributos físico-químicos, estes se mantiveram dentro dos limites permitidos (Res. CONAMA 375/05 e Portaria MS nº2914/11, respectivamente). Os resultados microbiológicos constataram presença de coliformes, de presença total e termotolerantes para as amostras de água bruta, em ambos os períodos de inverno e verão. O critério de balneabilidade para estas mesmas águas apresentaram aspectos satisfatórios para o ponto A3 e A4 (ver pontos de análise) e impróprias para os pontos A6 e A8 (Res. CONAMA 274/2000). Assim, as águas tratadas revelaram focos de contaminação microbiológica em todos os pontos, observadas as delimitações da Portaria MS 2914/2011, pela presença de coliformes totais. As amostras de águas tratadas revelaram que nos núcleos habitacionais II e III (NHII-2 e NHIII-2) apontaram valores de Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes elevados, acreditando-se que tal contaminação esteja atribuída à má manutenção da rede hidráulica, e/ou higienização ineficiente. É importante informar que a média de chuvas no ano de 2012, período da pesquisa, foi abaixo do esperado, contribuindo para um decréscimo significativo em relação ao volume total em metros cúbicos (m³) do açude de São Gonçalo. Tal situação é preocupante, pois, a diminuição das águas é um indicador de eutrofização. Após análise, foi possível concluir que tais situações, como, por exemplo, o abastecimento e tratamento de água, destino dos dejetos e dos resíduos sólidos, refletem uma condição de pré-disposição da população as doenças como também podem comprometer as atividades agroindustriais desenvolvidas no perímetro irrigado em estudo.

Palavras-chave: Açude de São Gonçalo – PB, Qualidade da água, Agroindústria, Impacto Ambiental, Saúde Pública.

SANTOS , R. B. **Interface Water and Health: Correlation with Agribusiness Activities Developed in a Semiarid Irrigated Perimeter in Paraíba.** 2013. Dissertation (Master in Agribusiness Systems) University of Federal of Campina Grande, Center for Science and Agrifood Technology. Pombal - PB .

ABSTRACT

This paper proposed agribusiness activities correlate with human and environmental health, and the Irrigated Perimeter of São Gonçalo - PB, as a study. For this we analyzed the raw and treated water coming from said perimeter, through physical, chemical and microbiological parameters, such as increased under investigation. The research is characterized quantitative, qualitative and descriptive nature. Eight sampling were geocoded, and four points were raw water and treated water four. The collections were made in 2012, for six months, for April, May and June as period and reverse, October, November and December as the dry season. And he made a survey of the basic indicators of health and environmental conditions that directly influence human health and the ecosystem. The physico-chemical and microbiological outcomes were assessed based on the current legislation. Thus, it was found that both samples of raw water and treated in relation to physico-chemical properties, these remained within permitted limits (CONAMA Resolution 375/05 and MS Portaria No. 2914/11, respectively). The microbiological results found presence of coliforms, total and thermotolerant presence for raw water samples, in both winter and summer periods. The criteria for bathing waters showed satisfactory these same aspects for the A3 and A4 point (see point analysis) and unfit for A6 and A8 points (CONAMA Resolution 274/2000). Thus, the treated water showed foci of microbial contamination at all points, observing the boundaries of the MS 2914/2011, by the presence of total coliforms. Samples of treated water showed that the housing units II and III (and NHIII-2 NHII-2) showed values of more than Probable Number (MPN) of total coliforms and thermotolerant high, it is believed that such contamination is attributed to poor maintenance the hydraulic network, and / or inefficient cleaning. It is important to mention that the average rainfall in 2012, survey period, was lower than expected, contributing to a significant decrease in the total volume in cubic meters (m³) Açude of São Gonçalo. This situation is worrying because, with the decrease of water promotes the process of eutrophication. After analysis of the indicators, it was concluded that such situations, for example, the supply and treatment of water, Sewage facilities and solid waste, reflect a pre-condition to the population as diseases can also compromise the agribusiness activities developed in the irrigated area under study.

Keywords: Açude of São Gonçalo - PB, Water Quality, Agribusiness, Environmental Impact Assessment, Public Health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4. 1. Mapa dos Corpos Hídricos Superficiais do Estado da Paraíba (a), e mapa da localização do Açude de São Gonçalo-PB (b).	41
Figura 4. 2. Ilustrações dos pontos de coletas selecionados neste estudo.	45
Figura 5. 1 Variação do volume em milhões de m ³ correspondente ao açude de São Gonçalo-PB.....	50
Figura 5. 2 Valores médios referente ao pH de cada amostra compreendendo os períodos chuvoso (a) e seco (b).....	55
Figura 5. 3 Valores médios referente à condutividade elétrica, em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, correspondente a cada amostra compreendendo os períodos chuvoso (a) e seco (b).	57
Figura 5. 4 Valores médios referente ao oxigênio dissolvido, em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, correspondente a cada amostra compreendendo os períodos chuvoso (a) e seco (b).	59
Figura 5. 5 Valores médios referentes à turbidez, em UT, correspondente a cada amostra compreendendo aos períodos - chuvoso (a) e seco (b).	61
Figura 5. 6 Índices de Coliformes Totais NMP/100mL, para as amostras de águas brutas.	64
Figura 5. 7 Índices de Coliformes Termotolerantes NMP/100mL, para as amostras de águas brutas.	64
Figura 5. 8 Alguns Impactos ambientais ocasionado por ações antrópicas no Açude de São Gonçalo (a) e Canais de irrigação (b).....	66
Figura 5. 9 Índices de Coliformes Totais NMP/100mL, para as amostras de águas tratada.....	71
Figura 5. 10 Índices de Coliformes Termotolerantes NMP/100mL, para as amostras de águas tratada.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 4. 1 Georeferenciamento dos locais (Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB).	44
Tabela 4. 2 Síntese das metodologias e dos equipamentos utilizados nas Análises Físico químicas.	47
Tabela 5. 1 Análises Físico Químicas para águas bruta (Açude de São Gonçalo - PB) no Perímetro Irrigado em estudo.	52
Tabela 5. 2 Análises Físico Químicas para águas tratada (núcleos urbano e habitacional) do Perímetro Irrigado em estudo.	53
Tabela 5. 3 Parâmetros Microbiológicos correspondentes às águas bruta e tratada (consumo humano) do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB.	63
Tabela 5. 4 Caracterização do Tipo de Abastecimento e Tratamento de Água no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, PB.	72
Tabela 5. 5 Formas utilizadas pela população para o destino do lixo, fezes e urina .	73
Tabela 5. 6 Casos de diarreia registrados em 2011, 2012 e 2013 no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB	75

LISTA DE QUADRO

Quadro 3. 1 Classificação para águas doces - Resolução CONAMA 357/05.28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANA	Agencia Nacional das Águas
APHA	Standard Methods for the Examination of Water and Wastwater
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CCTA	Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CF	Coliforme Fecal
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba.
COMECA	Cooperativa Mista dos Irrigantes e Empresários em Ciências Agrárias
CT	Coliforme Total
Cto	Coliforme Termotolerante
DAESA	Departamento de Águas, Esgotos E Saneamento Ambiental.
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EC	Caseína Enzimática
EJA	Educação de Jovens e Adultos
EMB	Eosina Azul de Metileno
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESF	Estratégia Saúde da Família
ETEs	Estação de Tratamento de Esgotos
Etp	Evapotranspiração Potencial
GPS	Sistema de Posicionamento Global
H ⁺	Hidretos
IFOCS	Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas

IFPB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
IOCS	Inspetoria de Obras Contra as Secas
LST	Caldo Lauril Sulfato Triptose
m ³	Metros Cúbicos
MDDA	Monitoramento das Doenças Diarreicas Agudas.
mg.L ⁻¹	Miligrama por Litro
mL	Mililitro
Mm	milimetro
MS	Ministério da Saúde
NaOH	Hidróxido de Sódio
NMP	Número Mais Provável
NTU	Nephelometric Turbidity Units
°C	Grau Celsius
OD	Oxigênio Dissolvido
OH ⁻	Hidroxila
OMS	Organização Mundial da Saúde
PB	Paraíba
PCA	Ágar Padrão para Contagem
PEA	População Economicamente Ativa
Ph	Potencial Hidrogeniônico
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAG	Sistema Agroindustrial
SIAB	Sistema de informação de Atenção Básica
SUS	Sistema Único de Saúde
SUVALE	Superintendência do Vale do São Francisco
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
CVBB	Caldo Verde Brilhante Bile

VM	Vermelho de Metila
VMP	Valores Máximos Permitidos
VP	Voges-Proskauer
WHO	World Health Organization
$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	Microsiemens por Centímetro

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE QUADRO.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 Água, Semiárido e Meio Ambiente: diálogos necessários.....	19
3.2 A Água na agricultura	23
3.2.1 Atividades Agroindustriais: possibilidades de impactos ambientais e sanitários	25
3.3 Qualidade da Água	27
3.4 A Água e sua Relação com a Saúde Humana	31
3.4.1 Caracterização Epidemiológica das Doenças Diarreicas de Veiculação Hídrica.....	36
4 METODOLOGIA.....	39
4.1 Indicadores Básicos das Condições Sanitárias e Sócio Ambientais relevantes à Saúde.....	39
4.2 Caracterização da Área de Estudo	40
4.2.1 Aspectos Socioeconômicos, Clima, Geologia e Vegetação.....	42
4.3 Amostragem e Coletas	43
4.3.1 Procedimento de Coletas das Amostras	46
4.4 Caracterização.....	47
4.4.1 Análises Físico Químicas.....	47
4.4.2 Análises Microbiológicas	48
4.4.2.1 Análise Quantitativa e Qualitativa de Coliformes Totais e Termotolerantes (Tubos Múltiplos).....	48

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1 Parâmetros Físico Químicos.....	51
5.1.1 Potencial Hidrogeniônico	54
5.1.2 Condutividade Elétrica.....	56
5.1.3 Oxigênio Dissolvido.....	58
5.1.4 Turbidez	59
5.2 Parâmetros Microbiológicos.....	62
5.3 Indicadores Básicos das Condições Sanitárias e Sócio Ambientais Relevantes à Saúde	72
6 CONCLUSÃO.....	76
7. REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

A agricultura, por ser uma das atividades que mais consome água no mundo, também é responsável por grande parte da contaminação ambiental, pois produz uma extensa variabilidade de poluentes. Os impactos ambientais relacionados aos agentes poluidores (dejetos humanos, lixo, venenos, efluentes agrícolas e industriais) e uso intensivo do solo para o modelo agrícola oriundo da Revolução Verde (dependência química e de biotecnologia, mecanização, irrigação, monocultura e concentração de terras) afetam negativamente a disponibilidade de água para consumo humano além de promover uma forte degradação ambiental (AUGUSTO *et al*, 2012).

Assim sendo, a água está diretamente ligada à sobrevivência da natureza, proporcionando melhorias nas condições econômicas, sociais e comunitárias. Entretanto, é fundamental que a água, no caso de consumo humano, apresente condições físicas, químicas e microbiológicas dentro dos limites estabelecidos por legislação vigente para a sua utilização. O melhor método, entendemos, de assegurar água adequada para consumo humano, consiste em formas de proteção, evitando as contaminações que podem ocorrer e a exposição das pessoas a riscos de doenças (ZANCUL, 2006).

Por esta linha de pensamento, segundo Fonseca (2004), a saúde se vincula diretamente com o ambiente, que deve ser entendido como a interação da sociedade com a natureza, de forma indissociável, pois as condições e/ou alterações do meio natural só significam para o homem quando passam a ser por ele percebidas ou quando afetam o seu modo de vida.

Deste modo, a relação entre saúde e ambiente, por ser complexa, pode ser avaliada, segundo diferentes dimensões, pode ser vista como uma “relação de causa e efeito em que determinados condicionantes associados à falta de saneamento, acabam gerando efeitos negativos na saúde” (BRASIL, 2004).

De acordo com Augusto *et al* (2012), o Brasil é considerado o maior depositário natural de águas doces do planeta, mesmo assim, são visíveis e graves os problemas sociais relacionados com a água, que vai desde situações de carência absoluta até o desperdício franco; passando por problemas de baixa qualidade por contaminação orgânica e química.

Até chegar ao consumo humano, a água percorre um longo caminho, podendo sofrer efeitos diversos de poluição e contaminação, seja por ação antropogênica ou mesmo natural, tornando-se meio de transporte de vários tipos de contaminação. Caso seja utilizada em condições inadequadas pode apresentar muitos riscos à saúde. Por exemplo, em águas que recebem esgotos domésticos com grande quantidade de nutrientes orgânicos, podem ser encontradas bactérias do grupo coliforme, como a *Escherichia coli*. A presença deste microrganismo na água pode indicar risco potencial à saúde, uma vez que, o mesmo é proveniente do intestino grosso do homem e de animais homeotérmicos, indicando assim contaminação fecal, isto acontece também com outras bactérias como os estreptococos fecais, e também vírus intestinais como o causador da hepatite A ou poliomielite (GREENBERG *et al.*, 1992).

Sob esta ótica, doenças de veiculação hídrica, principalmente as enfermidades diarreicas estão diretamente relacionadas com a qualidade da água de consumo humano e são causadas, principalmente, por microorganismos patogênicos de origem entérica excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes (AMARAL *et al.*, 2003).

No Brasil, as Portarias nº 518/ 2004 e nº 2914/2011, ambas do Ministério da Saúde, juntamente com a Resolução CONAMA nº 357/2005, estabelecem procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e define seu padrão de potabilidade, especificando valores máximos permitidos para parâmetros físico-químicos, e indicadores bacteriológicos de contaminação fecal.

Segundo Diniz e Barbosa (2008), a situação das águas no interior do estado da Paraíba, região considerada uma das mais pobres do Brasil, é bastante precária. Os rios e açudes, em geral, recebem esgotos domésticos e industriais devido à escassez de redes coletoras e de estações de tratamentos de esgotos (ETEs), assim como, carregamento de resíduos líquidos das áreas agrícolas adjacentes. A contaminação microbiológica das águas é decorrente dessa situação, como consequência ocorre o aumento das doenças infecciosas de veiculação hídrica, principalmente as doenças diarreicas que são endêmicas nestas localidades com falta de saneamento básico.

Nesta perspectiva, o presente trabalho objetiva correlacionar atividades agroindustriais com saúde humana, através do diagnóstico da qualidade da água superficial utilizada para consumo, irrigação e lazer, através do açude de São Gonçalo – PB utilizada para consumo, irrigação e lazer, foco maior da nossa investigação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Correlacionar atividades agroindustriais com saúde humana através do diagnóstico da qualidade da água superficial do açude de São Gonçalo – PB.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar possíveis impactos ambientais ocasionados por atividades agroindustriais que incidem na saúde humana;
- Mapear os pontos de retirada de amostras de águas (bruta e tratada) no Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB;
- Quantificar através dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos a água bruta e tratada, com base nas normas vigentes brasileiras;
- Realizar levantamento de indicadores básicos das condições sanitárias e sócio ambiental através de dados secundários obtidos no sistema de informação da Secretaria Municipal de Saúde de Sousa, PB;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Água, Semiárido e Meio Ambiente: diálogos necessários

A região semiárida do Brasil abrange 969.589,4 km², correspondendo a quase 90% da Região Nordeste. Apresenta, pois, períodos de secas intercalados com chuvas de alta intensidade e má distribuição. A precipitação média se encontra numa amplitude que varia de 268 a 800 milímetros (mm) anuais, distribuídos durante três a cinco meses, com elevadas taxas de evapotranspiração, em média 2.000 mm por ano, proporcionando déficit de umidade no solo durante a maioria dos meses (SILVA *et al*, 2006).

Os elementos ambientais, destacados dentre outros fatores, dificultam a manutenção de uma atividade agrícola sustentável e o desenvolvimento local. As secas periódicas tornam vulneráveis os sistemas hídricos, com fortes impactos negativos sobre milhares de famílias. Grande parte da Região Nordeste brasileira convive, historicamente, com o problema da seca, que abrange a maior parte do Sertão e do Agreste (SUASSUNA, 2005).

Segundo Targino e Moreira (2006):

Não obstante as secas continuarem semeando sofrimento e morte na sua passagem, os seus impactos hoje são bastante diferenciados dos registrados anteriormente, quando a seca constituía-se em uma calamidade tanto econômica quanto social, pois a agricultura era a principal fonte de renda e de ocupação de uma população que era preponderantemente rural e que se encontrava isolada dos principais núcleos urbanos, situados no litoral do Nordeste. Hoje a agropecuária só representa cerca de um décimo do produto regional e ocupa aproximadamente três décimos da População Economicamente Ativa (PEA) regional. Por outro lado, os meios de comunicação permitem o socorro às populações vitimadas sem haver necessidade dos grandes deslocamentos em condições extremamente precárias em direção ao litoral, quando parcela significativa era vitimada na longa caminhada pela fome, pela sede quando não pelas epidemias que se abatiam sobre uma população extremamente debilitada. Hoje, embora a seca continue a afetar a produção agropecuária e, em consequência, a população trabalhadora rural da região semiárida, os efeitos da seca assumem uma nova face: o colapso do sistema de abastecimento d'água das cidades. Essa nova faceta é tão mais importante à medida do

crescimento significativo do grau de urbanização da população da região semiárida. Não é à toa que, nas últimas secas, parte considerável dos recursos foi destinada à construção de adutoras.

Diante deste cenário, o maior desafio a ser enfrentado pela humanidade neste século, talvez não seja a escassez de água, mas um adequado gerenciamento dos recursos hídricos no âmbito global e regional, de forma integrada, consciente e participativa, envolvendo todos os atores do processo, iniciando-se com a educação ambiental em todos os setores (BRITO, MOURA, GAMA, 2007).

Segundo Machado (2002), a noção de gestão integrada dos recursos hídricos assume várias dimensões e envolve diferentes e complexas conotações: 1) considerar os diversos processos de transporte de massa de água do ciclo hidrológico; 2) a água é um recurso de usos múltiplos; 3) está em constante inter-relacionamento com outros elementos do mesmo ecossistema (solo, flora, fauna); 4) envolve coparticipação de gestores, usuários e população no planejamento e na gestão desses recursos e, finalmente, deve atender aos anseios da sociedade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Assim, a gestão integrada da qualidade e quantidade da água no Semiárido nordestino demanda atenção por ser a água um fator limitante para o desenvolvimento social e econômico. Visando reduzir a vulnerabilidade climática a que esta região está submetida, medidas alternativas têm sido desenvolvidas para tentar amenizar ou mitigar os efeitos das secas prolongadas.

Em razão da adversidade climática, a região foi alvo da atenção governamental ao longo da história, desde a Independência. A intenção oficial sempre gravitou em torno da missão de melhorar a vida do homem sertanejo na sua difícil lida com as vicissitudes climáticas. Ao longo do século XX foram criados órgãos para lidar com a questão da seca, programas foram elaborados e obras executadas. Entretanto, regra geral, os resultados ficaram aquém das expectativas e a vida pouco mudou no Semiárido (VASCONCELOS, 2009).

O quadro resultante da combinação da incapacidade do poder público de alterar substancialmente a situação do semiárido de um lado; e do outro os interesses clientelistas de grupos políticos locais que se beneficiavam dos programas e obras do governo para minorar os efeitos da seca foi bem descrito por Celso Furtado e por ele batizado de “indústria da seca”. (CASTRO, 2011).

Desde meados do século XIX, a irrigação vem sendo considerada uma técnica alternativa do homem do campo para facilitar o acesso de água na lavoura, principalmente durante o período de estiagem (CASTRO, 2011). Os projetos públicos de irrigação são empreendimentos de infraestrutura implantados pelo poder público, particularmente, de aproveitamento dos recursos hídricos para atividades agrícolas, agropecuárias e agroindustriais da iniciativa privada, mediante licitação pública, cujo objetivo é incrementar a agricultura irrigada em consonância com as áreas de sequeiro aumentando-se, desta forma, a produção, a produtividade e, conseqüentemente a oferta de trabalho e a geração de renda (ARAUJO *et al.*, 2011).

A construção de açudes de grande porte no Nordeste brasileiro se iniciou na época do segundo império, intensificando-se a partir de 1944/1945 quando houve um grande e drástico período de estiagem (CARNEIRO; CAMPOS, 2006). A primeira obra pública de captação e armazenamento de água no semiárido - o açude do Cedro, no município de Quixadá, no Ceará - só veio a ser concluída em 1906.

Pontualmente, a agricultura praticada no Nordeste do Brasil sofreu transformações em setores isolados, principalmente no que se refere ao aproveitamento dos vales úmidos e dos leitos dos rios. Duas instituições públicas contribuíram fortemente para a viabilidade da exploração destes vales úmidos, com a introdução da tecnologia de irrigação e drenagem advindas de outros países. A Superintendência do Vale do São Francisco – SUVALE, atualmente denominada de Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF), criada pela Constituição Federal, e a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), criada em 1909, posteriormente denominada de Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) e atualmente Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) (ALBUQUERQUE; MONTE; PAULA, 2010).

Essas entidades foram responsáveis pelos primeiros e mais abrangentes estudos realizados sobre os recursos naturais do Nordeste, bem como pelas primeiras experiências de irrigação postas em prática no Semiárido nordestino. Esse programa favoreceu a criação dos chamados “perímetros irrigados”, áreas que buscam aproveitar as potencialidades hídricas existentes após as políticas de açudagem e de montagem da infraestrutura necessária ao desenvolvimento e, desse modo, possibilitar melhores condições de vida aos sertanejos (RAMOS FILHO, MOREIRA, MOUTINHO, 2005).

Na região do Semiárido brasileiro, os açudes tem grande importância econômica e social, pois nos períodos de estiagem, toda atividade humana depende desses mananciais e suas águas passam a serem utilizadas para múltiplos usos, tais como irrigação, dessedentação de animais, consumo humano e piscicultura. (CEBALLOS, 1995).

Com o objetivo de transformar a agricultura tradicional em empresarial rural, integrando a agricultura nordestina à indústria, vários perímetros irrigados foram implantados em todo o Nordeste brasileiro a partir da década de 70, para que se pudessem satisfazer as necessidades de exportação e consumo das grandes cidades que necessitam de suprimentos periódicos de alimentos (NETO *et al*, 2012).

Ainda mais, no Semiárido paraibano muitos pequenos a médios perímetros irrigados usam como fonte hídrica açudes de pequeno a médio porte, como também poços aluviais, aproveitando o potencial hídrico dos aquíferos aluviais. Reveste-se da maior importância, otimizar o uso destes recursos hídricos superficiais e subterrâneos face às peculiaridades da região tais como, períodos sem chuva e altas taxas de evaporação, fazendo com que o uso da água do reservatório deva ser usado o mais rápido possível. No entanto, muitas vezes, as reservas subterrâneas não são capazes de suprir a requerida demanda hídrica requerida. Portanto, o aproveitamento do uso da água tanto do reservatório superficial como do subterrâneo, deve possibilitar fazer uma previsão de que culturas devem ser irrigadas e as suas respectivas áreas cultivadas, além da avaliação de quanto de água será usado e de qual manancial ela será captada, é de fundamental importância para os produtores (CURI; CURI; ALMEIDA, 2002).

Evidentemente, irrigar não é apenas levar água de açudes ou de poços por meio de canos à lavoura. É necessário ajustar a quantidade de água fornecida de acordo com as necessidades hídricas dos vegetais, levando em consideração as características do solo e clima locais, tais como suas potencialidades e suas fragilidades, além de analisar a qualidade da água utilizada na irrigação. Segundo QUEIROZ *et al.* (2005) tanto o excesso quanto a escassez de água são fatores que afetam, de maneira marcante, o rendimento das lavouras irrigadas e, conseqüentemente, o retorno econômico desse sistema de produção.

Por esta linha de pensamento, segundo LIMA *et al.* (2001) o desenvolvimento da agricultura paraibana tem se mostrado significativo, principalmente, na Bacia do Rio Piranhas (Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB), tornando-se assim um

componente de ampla importância econômica para a região, visto que sua produção é fonte de renda para inúmeras famílias, como também é responsável por parte do fornecimento de frutas para grandes centros urbanos do país.

3.2 A Água na agricultura

Diversas atividades humanas, dentre elas, a agricultura, a indústria, a mineração, o descarte de resíduos humanos, o crescimento demográfico, a urbanização e as mudanças climáticas, tem impacto sobre a qualidade da água. Durante muitos anos, os problemas de impactos ambientais, decorrentes do desenvolvimento econômico, foram considerados como um “mal necessário”, justificados por benefícios proporcionados ao progresso (BARBOSA, BARATA, HACON, 2012).

Segundo estudos de Pinheiro e Carvalho (2010), a agricultura é o setor que mais consome água, utilizando, aproximadamente, 70% das reservas globais de águas aproveitáveis. O Brasil possui cerca de 12% da água disponível no planeta, mas desperdiça em torno de 40% do total utilizado. Por outro lado, cerca de 45 milhões de brasileiros não têm acesso aos serviços de água tratada e 96 milhões não dispõem de serviços de esgoto sanitário. Da água consumida no país 51% vêm dos rios, porém, de forma contraditória, 92% dos esgotos sanitários e industriais são lançados, sem nenhum tratamento, nestes mesmos rios.

Já, segundo. Sousa *et al* (2012), os recursos hídricos vêm enfrentando sérios problemas ocasionados, principalmente, pelos avanços na agricultura, sendo necessárias soluções eficazes. Uma das práticas para minimizar os impactos ambientais, de modo mais específico, seria a utilização de sistemas de irrigação mais eficientes, visando prontamente à máxima produção econômica e fisiológica. Neste panorama, a agricultura irrigada surge como alternativa para a sustentabilidade econômica das atividades agrícolas, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde este recurso se torna um fator limitante.

A produção agrícola moderna faz uso intensivo de equipamentos e técnicas, tais como máquinas e insumos que lhe permite maior rendimento no processo produtivo. Assim, modernização da agricultura seria sinônimo de mecanização e tecnificação da lavoura. No entanto, isto não se restringe aos equipamentos usados

e sim, deve levar em conta todo o processo de modificações ocorrido nas relações sociais de produção. A verdade é que a modernização da agricultura segue os moldes capitalistas e tende a beneficiar apenas determinados produtos e produtores, fortalecendo assim, a monocultura. Com a modernização ocorre o que vários autores denominam de “industrialização da agricultura”, tornando-a uma atividade nitidamente empresarial, abrindo um mercado de consumo para as indústrias de máquinas e insumos modernos (TEIXEIRA, 2005).

O potencial de contaminação dos cursos de água é extremamente elevado quando se tem uma agricultura intensiva com utilização excessiva de fertilizantes e agrotóxicos em solos pouco profundos e de alta declividade, ou seja, em ambientes ecologicamente frágeis (MERTEN; MINELLA, 2002), especialmente durante o período de intensa precipitação pluviométrica (TAKEDA; FUKUSHIMA; SOMURA, 2009).

O Semiárido é a região brasileira que mais utiliza água para a irrigação de produtos agropecuários. Os produtos e serviços do Sistema Agroindustrial (SAG) são inteiramente dependentes da disponibilidade de água, ou seja, torna-se imperativo que haja garantia de suprimentos de água dentro das dimensões quantitativas, qualitativas, temporais e espaciais. Para serem competitivas as atividades agroindustriais devem utilizar a água de forma sustentável e isso significa utilizar racionalmente a água. As ações do SAG sobre a água têm um custo que deve ser pago pelos segmentos que o compõem e por toda a sociedade (PINHEIRO, CARVALHO, 2010).

Uma das consequências da irrigação é a contaminação de rios e córregos e da água subterrânea. O excesso de água aplicada à área irrigada, que não é evapotranspirada pelas culturas, retorna aos rios e córregos por meio do escoamento tanto superficial quanto subsuperficial ou vai para os depósitos subterrâneos, por percolação profunda, arrastando consigo sais solúveis, fertilizantes (nitrogênio, potássio e nitratos), resíduos de defensivos e herbicidas, elementos tóxicos, sedimentos, dentre outros. Sem dúvida, a contaminação dos recursos hídricos tem causado sérios problemas ao suprimento de água potável, tanto no meio rural como nos centros urbanos. A contaminação de rios e córregos é mais rápida e acontece imediatamente após a aplicação da água na irrigação por superfície, ou seja, por sulco, faixa e inundação (BERNARDO, 2008).

3.2.1 Atividades Agroindustriais: possibilidades de impactos ambientais e sanitários

O processo de desenvolvimento econômico tem sido apontado como um dos principais determinantes da degradação ambiental e mudança dos perfis da saúde da população humana, sendo que suas transformações no espaço social são decorrentes das atividades produtivas realizadas, historicamente, na sociedade. Estas, por sua vez, estão distribuídas diferentemente, de modo especial nas áreas metropolitanas ou rurais. (CAMARA *et al*, 2003).

As atividades agroindústrias são definidas como as atividades econômicas de industrialização ou beneficiamento de produtos agropecuários que geram valor agregado a tais produtos. A característica principal desta atividade é a conservação, transformação, enriquecimento ou conservação das matérias primas agrícolas para destinação aos mercados (NAIME; CARVALHO; NASCIMENTO, 2009).

As principais transformações ocorridas na agricultura mundial tiveram início com a Revolução Verde após o fim da Segunda Guerra Mundial, e seguiu com as mudanças mais recentes a partir do início da década de 90, marcada pela globalização econômica e pela constituição de grandes empresas agroindustriais e varejistas que controlam o mercado mundial (NUNES, 2007).

Nos países onde a economia é mais avançada, a agricultura tem características diferenciadas. Destaque-se, assim, que o desenvolvimento das atividades agrícolas baseia-se tanto em grandes unidades de produção altamente tecnificadas, quanto em pequenas unidades produtivas familiares, que usam, de forma mais eficiente, os recursos naturais disponíveis, a tecnologia e o trabalho.

A agricultura irrigada é uma das atividades humanas mais antigas e sempre causou impactos aos recursos naturais quando manejada de forma inadequada, tais agressões advêm da falta de um conhecimento maior sobre a dinâmica dos sistemas naturais, especialmente quando nos referimos às potencialidades e fragilidades de cada área utilizada.

A degradação ambiental causada pela agricultura irrigada pode ser notada desde o início de seu uso, como na civilização mesopotâmica que há milhares de anos salinizou boa parte do solo de seu território (NETO *et. al.*, 2012).

Os principais impactos ambientais negativos gerados pela irrigação são: alterações na qualidade do meio ambiente; movimentação de material particulado do solo; contaminação dos recursos hídricos com agroquímicos; redução da disponibilidade hídrica para outros setores, como consumo humano; salinização, e a desertificação, que se constituem nos problemas mais sérios que os irrigantes enfrentam, especialmente em regiões de clima seco (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006)

Na década de 50 iniciou-se, no Brasil, o processo de modernização do campo, que se acentuou a partir da década de 70, principalmente nas regiões Sul e Sudeste; e expandiu-se para outras regiões. Esse processo trouxe um considerável aumento na produção agrícola, acentuando a exportação e contribuindo para um crescimento da economia nacional. Porém, se apresentou de maneira excludente, beneficiando apenas parte da produção, em especial aquela destinada para exportação, atendendo ao interesse da elite rural. Além disso, causou grandes impactos ambientais em decorrência do uso de produtos tóxicos sem os cuidados necessários, além de contribuir para o desemprego no campo e conseqüente êxodo rural (TEIXEIRA, 2005).

Gradativamente, a década de 70 foi marcada pela chamada “industrialização da agricultura”, sendo esta cada vez mais subordinada à indústria e, conseqüentemente, a uma maior dependência da natureza ao capital (TEIXEIRA, 2005). Destaque-se que, segundo Brum (1988), as principais razões da modernização da agricultura consistem na elevação da produtividade do trabalho visando o aumento do lucro; redução dos custos unitários de produção para vencer a concorrência; necessidade de superar os conflitos entre capital e o latifúndio, visto que a modernização levantou a questão da renda da terra e possibilitou a implantação do complexo agroindustrial no país.

Os avanços tecnológicos que permitem explorar os recursos naturais disponíveis trouxeram grandes mudanças no manejo agrícola, e, conseqüentemente, muito benefícios aos seres humanos. Juntamente com essas mudanças surgiram os desequilíbrios ambientais. A utilização inadequada dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, viola os ecossistemas naturais, prejudica ou mesmo destrói suas capacidades de autorregulação, resultando em progressiva diminuição da biodiversidade, aumento da degradação ambiental e redução da qualidade de vida (BECHARA *et al*, 2007).

A contaminação por efluentes industriais é decorrente das matérias primas e dos processos industriais utilizados, podendo ser complexa, devido à natureza, concentração e volume dos resíduos produzidos. A legislação ambiental tem estabelecido regras para o lançamento de efluentes industriais e a tendência é de existir um maior controle sobre esses poluentes. Os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais (GBUREK; SHARPLEY, 1997).

Tanto a qualidade, como a quantidade da água, são de grande importância para a agricultura irrigada. No entanto, segundo Krause e Rodrigues (1998), o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Para evitar problemas futuros, deve existir um planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível das águas, de acordo com a sua qualidade (VASCONCELOS *et al*, 2009).

Em relação à qualidade físico-química, as águas que se destinam à irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos, considerados importantes na determinação da qualidade agronômica das mesmas, sendo eles: salinidades, sodicidade e toxicidade de íons. Marouelli; Silva; Silva. (2001) afirmam que é de grande importância analisar e fazer o controle sanitário de águas utilizadas para irrigação, como prevenção para saúde pública, pois muitas vezes essas apresentam-se contaminadas por organismos patogênicos e que os alimentos em especial aqueles consumidos na forma crua, quando irrigados com tais águas, podem servir de veículo para transmissão de várias doenças aos consumidores.

3.3 Qualidade da Água

A água é um recurso natural importantíssimo para todos. Sem ela, seria impossível a vida do homem, dos animais e das plantas. A água pode ser usada de várias formas, como por exemplo: abastecimento humano e animal, geração de energia elétrica, abastecimento industrial, diluição de esgotos, irrigação, navegação, pesca, lazer e desporto. Apesar de sua importância, os corpos de água estão sendo contaminados sistematicamente por diversas fontes, tais como o lixo industrial,

doméstico, e os esgotos que são lançados sem o devido tratamento. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, os rios brasileiros recebem um volume de substâncias poluentes quatro vezes maior que sua capacidade natural de conservação (ALMEIDA, 2004).

A qualidade da água depende diretamente do uso a que destinada. Ao avaliar a qualidade de uma água deve-se associar tal uso aos requisitos mínimos exigidos para cada tipo de aplicação. Tendo em vista que, a qualidade desejável da água é em função do seu uso previsto, a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005) classifica as águas doces e seus usos de acordo com o Quadro 3.1 a seguir:

Quadro 3. 1 Classificação para águas doces - Resolução CONAMA 357/05.

CLASSES	USOS PREVISTOS
ESPECIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano com desinfecção; • Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
1	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; • 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; • Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; • 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; • Aquicultura e a atividade de pesca.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; • Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • Pesca amadora; • Recreação de contato secundário; • Dessedentação de animais.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação; • Harmonia paisagística

A diminuição da quantidade e da qualidade da água potável a níveis que comprometam até mesmo a sobrevivência humana é um problema cada vez mais próximo. É possível observar sua contaminação em áreas urbanas e rurais, pois há uma concepção errônea por parte das populações de que as reservas de água são infinitas, principalmente por aqueles que a obtêm com facilidade. Há bastante tempo, a comunidade científica coloca o tema da escassez e contaminação de águas em destaque, uma destas ocasiões foi na Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente humano (MAIA, GUEDES, 2011).

De acordo com Melo (2005), a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos atua como fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade. Entretanto, atender a esta demanda tornou-se um dos maiores desafios do homem na atualidade. Nas últimas décadas, o crescimento populacional, a urbanização, a intensificação das atividades industriais e agrícolas têm sido responsáveis pela deterioração da qualidade da água, que vem se agravando com o passar dos anos.

Na direção dos direitos humanos, Rattner (2010), coloca-nos um quadro de crise da água e apresenta algumas estimativas preocupantes: a proporção de pessoas vivendo em países que sofrem cronicamente de escassez de água, que chegava a 8% (500 milhões) na virada do século, deverá subir para 45% (quatro bilhões) em 2050.

No Brasil, o problema da escassez de água com qualidade se dá principalmente pela má distribuição da água e da população, pela falta de um tratamento adequado das águas servidas e pela pouca sensibilização dos consumidores das águas sobre a importância de racionalizar o uso e preservar este recurso. Em conjunto, as reservas brasileiras de água potável estão diminuindo (CASALI, 2008).

A escassez de água representa importante entrave no desenvolvimento social e econômico das populações rurais e, dentre elas, as do Semiárido nordestino, em virtude de condições climáticas e geomorfológicas dessa região. Por ser um elemento estratégico e fundamental para o desenvolvimento rural sustentável dessa região, é fundamental que a água esteja disponível não só em quantidade, mas também em qualidade.

Os problemas qualitativos dos recursos hídricos pela contaminação agravaram-se durante as décadas passadas e muitos ainda vêm se perpetuando. A qualidade da água pode ser utilizada como diagnóstico do estado de preservação do ambiente, sendo possível, a partir de sua análise, determinar o grau de erosão do solo, os lançamentos orgânicos, a poluição por esgotos e, também, a poluição atmosférica. A importância da qualidade das águas faz das bacias hidrográficas unidades de planejamento de gestão ambiental (MOISEENKO, 2005).

A má qualidade da água pode contribuir com processos de degradação, ocasionando a salinização ou sodificação do solo. Problemas como estes podem reduzir a produtividade de uma área ou mesmo torná-la improdutivo. Dentro de uma visão sistêmica este impacto ambiental pode levar a insustentabilidade dos agroecossistemas da região, ocasionando assim impactos sociais negativos sobre a população residente no local (MOURA *et al.* 2011).

No Semiárido brasileiro os reservatórios são, muitas vezes, as únicas fontes de água na maior parte do ano, atendendo a múltiplos usos como abastecimento doméstico, irrigação, dessedentação de animais, piscicultura, etc. Na Paraíba, os perímetros irrigados são de fundamental importância socioeconômica, pois fornecem água e dão suporte aos agroecossistemas, através da irrigação, além de ter outros usos como recreação, pesca e uso doméstico.

Indicadores de desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2004), mostram que na área rural nordestina, apenas 22,7% da população tem acesso ao fornecimento de água por sistemas de abastecimento coletivo e 58% coleta água para beber e para o uso diário de poços, nascentes e açudes. Essas fontes representam grave risco à saúde e contribuem com a manutenção dos ciclos endêmicos de doenças infecciosas de veiculação hídrica.

Para o gerenciamento dos reservatórios de água é essencial monitorá-lo, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade da água e que permitam inferir sobre possíveis fontes de poluentes que possam prejudicar o uso a que estes reservatórios são destinados.

A qualidade da água está fortemente ligada à saúde pública e aos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. A falta desses serviços causa grave consequências aos seres humanos, sendo a água uma das principais veiculadoras de doenças (CESA; DUARTE, 2010). A proliferação de doenças ocorre pela ausência de serviços de esgotamento sanitário, obrigando a

população a escolher outras formas de eliminar seu esgoto doméstico. Desta forma, a população descarta o esgoto (muitas vezes sem tratamento prévio) na rede pluvial ou nos rios e arroios, açudes, ou ainda, diretamente no solo. Esse tipo de procedimento acarreta muitos problemas à própria população, diminuindo sua qualidade de vida (VIDAL, 2011).

Conforme relatos de Geldreich; Craun (1996) as enfermidades diarreicas constituem uma das mais graves ameaças para a saúde da população infantil e são responsáveis por altas taxas de mortalidade em países subdesenvolvidos. Tais enfermidades estão entre as cinco principais causas de mortes em crianças com menos de um ano nessas regiões.

3.4 A Água e sua Relação com a Saúde Humana

A água é um recurso essencial à vida, indispensável para a humanidade, para os outros organismos e para a manutenção das funções e da integridade dos ecossistemas (MENDES, 2010). É a substância mais abundante do planeta, embora disponível em diferentes quantidades e lugares. Somente cerca de 3% da água do planeta é doce, sendo que destes, 75% estão alocados nas calotas polares e 10% em aquíferos subterrâneos (TUNDISI, 2005). O uso que se faz deste recurso pode produzir consequências indesejáveis, tanto ao ambiente como um todo, quanto à saúde humana. A ocupação humana, por seu turno, influencia nesta qualidade, por meio do lançamento inadequado de resíduos líquidos e sólidos nos rios, da retirada da vegetação ripária e da construção das edificações sobre as margens, entre outros fatores. Esta situação contribui para a existência de condições de risco que vão influenciar no padrão e nível de saúde da população (CESA; DUARTE, 2010).

Os efeitos e riscos à saúde humana decorrentes dos impactos ambientais de um empreendimento deveriam ser considerados em todo o processo de licenciamento ambiental de suas atividades e operações. Mas, na prática, esses aspectos são mal avaliados, e, por vezes, nem são contemplados, pois apesar da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) levar em consideração os aspectos relativos ao ambiente físico, biótico, e socioeconômico, não explicita os potenciais impactos à saúde da população estabelecida em sua área de influência (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001).

O termo risco é definido como a probabilidade de ocorrência de efeito adverso a um organismo, sistema ou população, causado sob circunstâncias específicas, devido à exposição a um agente. Assim, a avaliação de risco é definida como o processo que permite a caracterização quantitativa ou qualitativa e previsão/estimativa de efeitos adversos potenciais à saúde de determinada população, sistema ou organismo decorrentes da exposição a perigos de distintas naturezas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

A água de consumo humano segura é definida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como a água que durante o seu uso não representa nenhum risco significativo para a saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004). A persistência e o desenvolvimento de microrganismos nas águas são afetados por uma variedade complexa de fatores físicos, químicos e biológicos (ANDERSON, WHITLOCK; HARWOOD, 2005). Deste modo, é importante avaliar sistematicamente as condições ambientais nas áreas de captação e a sua ação na contaminação microbiológica (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

No Brasil, apesar do licenciamento ambiental e da AIA, instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, representarem um marco histórico para a prevenção e controle dos impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento, ainda há a necessidade de estruturação sistemática da participação do setor saúde neste processo, através da criação de instrumentos que contribuam para induzir as empresas a mitigar e compensar seus impactos à saúde da população (BARBOSA; BARATA; HACON, 2012).

Para Augusto *et al* (2012), é amplo o conhecimento e as discussões em relação à importância da água, os indicadores de acesso e qualidade, o papel decisivo desta no desencadeamento direto e indireto de uma grande quantidade de patologias e no condicionamento da mortalidade geral e, em especial a infantil, na maioria dos países em desenvolvimento, etc. No entanto, o despertar da água como um direito humano fundamental e a preocupação com a edição de legislações para salvaguardar a qualidade e o acesso a esse elemento natural, mediante políticas públicas, são questões recentes.

Segundo Zancul (2006), a qualidade de vida dos seres humanos está diretamente relacionada à água, que é utilizada principalmente para ingestão direta, preparo de alimentos, higiene pessoal e de utensílios. As inadequadas condições de saneamento, sobretudo nas áreas rurais e nos subúrbios das grandes cidades,

associadas à falta de conhecimento da população, aumentam a prevalência de doenças transmitidas pela água, principalmente em crianças e jovens, interferindo em seu desenvolvimento físico e mental. As doenças parasitárias diminuem o rendimento escolar, a produtividade no trabalho e são responsáveis por grande parte dos recursos utilizados em assistência médica (JOVENTINO *et al*, 2010).

Deste modo, a relação entre saúde e ambiente, por ser complexa, pode ser avaliada segundo diferentes dimensões e pode ser vista como uma “relação de causa e efeito em que determinados condicionantes associados à falta de saneamento, acabam gerando efeitos negativos na saúde” (BRASIL, 2004).

A qualidade da água pode ser definida, para fins específicos, como o conjunto de características físicas, químicas e biológicas adequadas à sua utilização para determinado fim. Para cada uso da água é necessário estabelecer as exigências relativas à sua qualidade, isto é, definir parâmetros de qualidade e estabelecer os seus valores-limite (MENDES, 2010).

O Decreto-Lei 236/98, de 1 de agosto do Ministério do Meio Ambiente define quatro tipos principais de utilização da água: águas para consumo humano, águas para suporte de vida aquícola, águas balneares e águas de rega.

Destaque-se também, que as águas para consumo humano são águas doces que podem ter origem em águas superficiais, em águas subterrâneas ou em águas de abastecimento. As águas para suporte de vida aquícola são águas superficiais, doces ou salobras, continentais ou litorais, destinadas à produção de peixe (águas piscícolas) ou de bivalves (águas conquícolas). As águas balneares são águas doces lólicas e lânticas, comumente designadas de correntes e paradas, assim como a água do mar e as águas estuarinas, que se encontrem classificadas como águas balneares ou, não estando classificadas, onde o banho não esteja interdito e seja habitualmente praticado por um número considerável de banhistas (aproximadamente 100/dia, durante a época balnear). A água de rega é água superficial ou subterrânea ou água residual, que vise satisfazer ou complementar as necessidades hídricas das culturas agrícolas ou florestais (artigo 3º do Decreto-Lei 236/98).

Atualmente, no Brasil, os padrões de potabilidade de águas para o abastecimento público estão estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), do Ministério do Meio Ambiente, principalmente pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos

d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e de outras providências. Em sua seção I, a Resolução 357 classifica as águas doces em classes 1, 2 e 3, de acordo com sua utilização, para as águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com tratamento simplificado, convencional ou avançado, respectivamente (CONAMA, 2005).

O consumo de águas dentro dos padrões de potabilidade adequados é, deveras, uma questão relevante de saúde pública no Brasil, além de se constituir uma ação eficaz na prevenção de doenças veiculadas pela água. Algumas epidemias de doenças gastrointestinais têm como fonte de infecção a água contaminada (ZIMMERMANN, GUIMARÃES, PERALTA-ZAMORA, 2008).

Poluir os corpos d'água significa, então, atentar contra todas as formas de vida. Desse modo, é responsabilidade de cada pessoa, principalmente daquelas que detêm cargos de poder e decisão, zelar pela qualidade da água. A saúde humana está associada a um suprimento de água potável segura, adequada, acessível e confiável.

Para o ser humano, a água é uma necessidade primordial, mas também pode ser veículo de dor e morte. Para prevenir ou controlar a disseminação de muitas enfermidades, dentre elas a diarreia, que é uma causa relevante de morbidade e mortalidade na maioria dos países em desenvolvimento, é necessário que a população tenha acesso à água com qualidade e quantidade adequadas.

A água é ingerida pelo homem em maior quantidade que todos os outros alimentos reunidos e é, também, a sua principal excreção. Este contato com a água justifica e explica a facilidade com que macro ou microrganismos atingem o homem e nele se desenvolvem, quando outros fatores coadjuvantes são favoráveis à sua sobrevivência, desenvolvimento ou multiplicação (TOMINAGA; MÍDIO, 1999).

De acordo com Buss; Batista; Nessimian, (2003) a principal fonte de água para abastecimento são os rios. Porém, esses corpos d'água estão sujeitos a inúmeras perturbações e a biota aquática reage a esses estímulos, sejam naturais, sejam antrópicos.

Em trabalho recente Martins; Froehner (2008) relatam que lançamento de esgotos sanitários é uma das formas mais comuns de poluição das águas, gerando impactos como: contaminação microbiológica, alteração da biodiversidade, aporte de matéria orgânica, trazendo como consequências: eutrofização, deposição de

resíduos no sedimento dos mananciais e várias enfermidades. Por esses motivos, torna-se fundamental o monitoramento das bacias hidrográficas, principalmente aquelas cujas águas são destinadas ao consumo humano.

As doenças relacionadas com a água são classificadas em doenças de veiculação hídrica e doenças de origem hídrica. As doenças de veiculação hídrica geralmente são causadas por microorganismos patogênicos presentes nas fezes humanas e de animais, que contaminam a água ao entrar em contato com ela. Neste caso, a água atua como veículo do agente infeccioso. Essas doenças geralmente causam problemas no aparelho gastrointestinal e são causadas por bactérias, vírus, protozoários e helmintos (VERTONI; GALLO, 1994). Estas são transmitidas basicamente pela rota fecal-oral (AMARAL *et al*, 2003)

As doenças de origem hídrica são aquelas causadas por substâncias químicas, orgânicas ou inorgânicas, presentes na água em concentrações inadequadas. Essas substâncias podem ser originárias do próprio manancial ou resultarem de poluição. Alguns exemplos dessas doenças são: saturnismo (provocada pelo excesso de chumbo na água), a meta-hemoglobinemia (altas concentrações de nitrato) e outras doenças com efeito a curto ou longo prazo (VERTONI; GALLO, 1994).

Estudos de Diniz; Barbosa (2008) e de Ceballos *et al* (2003) na zona rural do estado da Paraíba, mostraram elevada contaminação fecal das águas de pequenos barreiros, olhos d'água e açudes usados para beber sem tratamento prévio e para usos domésticos em geral.

A presença de coliformes nem sempre indica a obrigatoriedade de existência de agentes patogênicos e, conseqüentemente, a ocorrência de doenças. Em determinadas concentrações, deve ser encarada como um sinal de alerta, indicando a possibilidade de poluição ou contaminação fecal, principalmente quando ocorrem bruscas variações do número de coliformes e *Escherichia coli* (CAMARGO; PAULOSSO, 2009).

A *Escherichia coli*, principal agente etiológico de infecções entéricas causada pela água e alimentos contaminados, principalmente em grupos populacionais que não dispõem de sistema de saneamento, ou se apresentam vulneráveis como os idosos e crianças imunocomprometidos (VASCONCELOS *et al*, 2010), é o indicador

de contaminação de origem fecal mais comumente utilizado, pois ocorre em grande número na microbiota intestinal de humanos e animais (AMARAL *et al.*, 2003).

O número de coliformes termotolerantes em um manancial é um ótimo indicador de contaminação recente, oriunda principalmente de despejo de esgoto doméstico, além da presença de animais próximos às margens do manancial, demonstrando condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, sendo um risco para a saúde pública (RODRIGUES; JORGE, BUENO, 2009). Também para Bassoi; Guazelli (2004), a existência de coliformes na água é um importante indicador de que organismos patogênicos podem estar presentes, favorecendo a transmissão de doenças por veiculação hídrica.

3.4.1 Caracterização Epidemiológica das Doenças Diarreicas de Veiculação Hídrica

Na metade do século XIX, ocorreram avanços na compreensão da relação entre água contaminada e doenças, destacando-se o trabalho do epidemiologista John Snow, que, em 1855, provou que um surto de cólera em Londres estava associado a poços de abastecimento público contaminados por esgotos. Mais tarde, em 1880, Louis Paster, demonstrou pela Teoria dos Germes como organismos microscópicos (micróbios) poderiam transmitir doenças por meio da água (FREITAS; FREITAS, 2005).

Estima-se que 80% de todos os agravos, e mais de um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento, sejam causados pelo consumo de água contaminada e, em média, até um décimo do tempo produtivo de cada pessoa se perde devido a doenças relacionadas à água (ASSUNÇÃO FILHO *et al*, 2010).

As doenças diarreicas têm sido utilizadas como indicador epidemiológico, com a atenção de estudiosos e das autoridades sanitárias em todo o mundo (QUEIROZ, HELLER, SILVA, 2009). A diarreia aguda (DDA) é uma doença que se caracteriza pela diminuição da consistência das fezes e/ou aumento no número de evacuações, e em geral, é autolimitada, tendendo a curar-se espontaneamente num período de até 14 dias (QUEIROZ, 2006). Além disso, a diarreia infecciosa afeta de forma dramática a saúde das crianças, gerando sobrecarga considerável aos serviços hospitalares, sendo considerado este fato como inaceitável por ser uma doença

prevenível através da garantia de condições básicas de vida. A prevalência da diarreia em menores de dois anos, em áreas que possuem Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS) e Estratégia Saúde da Família (ESF) são maiores na região Norte do Brasil, com 9,8% e 8,8% de incidência, respectivamente. No Nordeste, a segunda região brasileira com maior número de casos de diarreia detectados, em 2002, apresentou incidência de 6,9% e 7,9% nas áreas que possuem PACS e ESF, respectivamente (JOVENTINO *et al*, 2010).

O Relatório conjunto da Organização Mundial da Saúde e *The United Nations Children's Fund* (WHO/UNICEF, 2010) afirma que o impacto das doenças diarreicas em crianças é maior que o impacto combinado do vírus da Síndrome Humana de Imunodeficiência Adquirida (HIV/AIDS), tuberculose e malária e que a prestação de melhores serviços de saneamento e de água potável pode reduzir as doenças diarreicas em cerca de 90%. De cerca de sete bilhões de pessoas no planeta, esta mesma fonte informa que mais de 2,6 bilhões não dispõem de saneamento básico e cerca de 900 milhões de pessoas não utilizam uma fonte adequada de água potável (PAULA; SILVA, 2012). De cerca de sete bilhões de pessoas no planeta, esta mesma fonte informa que mais de 2,6 bilhões não dispõem de saneamento básico e cerca de 900 milhões de pessoas não utilizam uma fonte adequada de água potável.

O número de mortes por diarreia pode ser evitado, através de melhorias de abastecimento de água bem como de saneamento, pois através disso pode-se ter uma redução na exposição de agentes patogênicos que causam diarreias. A qualidade da água bem como sua quantidade suficiente é de suma importância para a melhoria de vida da população (ROUQUAYROL, 2003).

Diante da propagação das doenças diarreicas por todo o Brasil, o Ministério da Saúde adotou medidas de vigilância epidemiológica recomendadas pela OMS, entre elas, o monitoramento regular de ecossistemas aquáticos e de certos alimentos com maior risco de contaminação, em especial, os pescados (peixes, crustáceos e os moluscos bivalves) (WHO 1993).

Com o objetivo de monitorar a demanda espontânea das doenças diarreicas agudas que buscam atendimento nas Unidades de Saúde (US), o Brasil instituiu, por meio do Ministério da Saúde, o Programa de Monitorização das Doenças Diarreicas Agudas (MDDA). Associado a esse programa, foi implantado o Programa de Controle e Vigilância da qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIÁGUA).

O MDDA busca detectar alterações no comportamento das diarreias em cada área, possibilitando serem tomadas medidas de prevenção e controle dessas doenças. Permite, ainda, traçar o perfil da incidência de casos de diarreias, por semana epidemiológica no país, atuando como programa sentinela. Portanto, fornece dados para o setor de saneamento de cada estado, quanto ao estabelecimento das áreas prioritárias de atuação, à qualidade dos serviços de saneamento e saúde prestados e, ainda, pode contribuir na avaliação da influência das ações de saneamento na qualidade de vida das populações (QUEIROZ, HELLER, SILVA, 2009).

O Programa de Vigilância Ambiental em Saúde relacionada a Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIÁGUA), foi instituído por meio da Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (Brasil, 2004). Tem como objetivo desenvolver ações de vigilância em saúde ambiental relacionadas à qualidade da água para consumo humano, que garantam à população o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente. Esse sistema de vigilância epidemiológica é centrado em doenças de notificação compulsória, com relação à transmissão hídrica, as quais são: cólera, hepatite, diarreia, gastroenterite de origem infecciosa presumível, febre tifoide e paratifoide ou outras doenças diarreicas e infecciosas intestinais.

As dificuldades para investigar as doenças diarreicas agudas decorrem de sua elevada incidência e do incorreto entendimento, de parte da população e dos profissionais que atuam na saúde pública, de que é “normal” a ocorrência da diarreia no Brasil. Acredita-se que o número de casos é bem superior ao divulgado oficialmente, pois há uma deficiência no registro de dados, uma vez que não se trata de uma condição de doença, cuja notificação é compulsória. A notificação eventual associada ao tratamento caseiro gera a subnotificação, mascarando o número/dados das ocorrências de adoecimento por diarreia (QUEIROZ, HELLER, SILVA, 2009).

4 METODOLOGIA

A pesquisa contemplou os seguintes métodos: qualitativo (levantamento bibliográfico), quantitativo (experimental) e descritivo. As medidas experimentais referentes aos parâmetros físicos químicos e microbiológicos foram analisadas em triplicata, sendo considerada a média aritmética. Tabularam-se os dados obtidos pelo Programa Excel, sendo confeccionadas figuras objetivando uma melhor visualização dos resultados. Compararam-se os resultados através dos limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/05 e Portaria MS nº 2914/11.

Os experimentos do presente estudo foram realizados no Laboratório de Química do Centro de Formação de Professores da UFCG/CFP (Câmpus de Cajazeiras), Laboratório de Hidrologia e Análise de água do UFCG/CCTA (Câmpus Pombal) e Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal da Paraíba (Câmpus Sousa).

4.1 Indicadores Básicos das Condições Sanitárias e Sócio Ambientais relevantes à Saúde

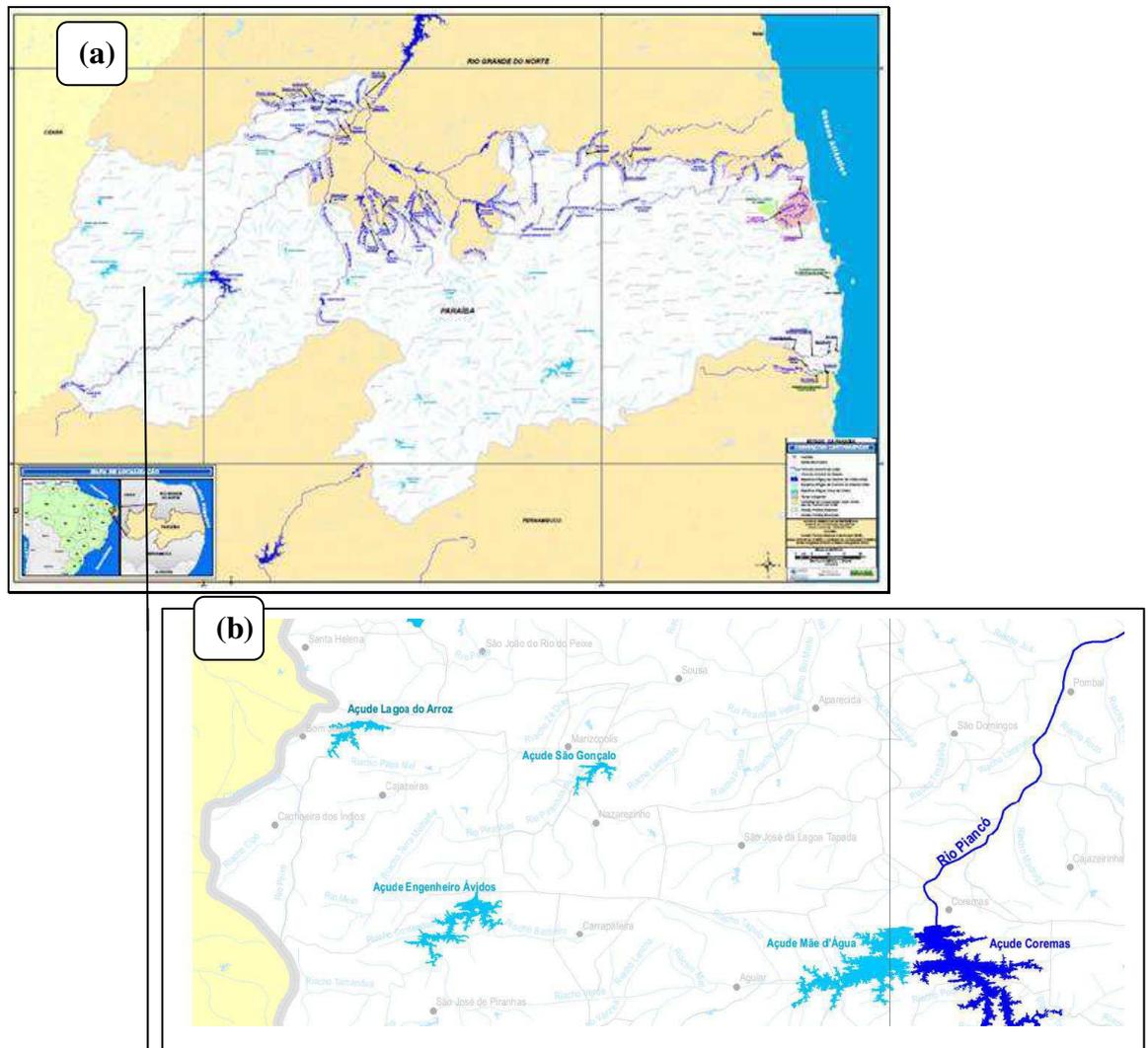
De acordo com os dados secundários oficiais registrados na Secretaria de Saúde do Município de Sousa-PB, especificamente, na Coordenação de Vigilância Epidemiológica e Ambiental, como também na Coordenação da Atenção Básica, através do Sistema de Informação de Atenção Básica do Município (SIAB), realizaram-se estudos descritivos com abordagem quantitativa, considerando informações relativas ao tipo de abastecimento e tratamento da água utilizada pelas famílias, assim como o destino do lixo, fezes e urina de acordo com o SIAB. Através da Coordenação Epidemiológica e Ambiental coletou-se o número de episódios diarreicos nos anos 2011, 2012, 2013. Com isto, buscou-se traçar possíveis associações da qualidade da água com a saúde humana através do número de eventos diarreicos registrados. .

4.2 Caracterização da Área de Estudo

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo foi construído em 1972, com a finalidade de explorar as terras no cultivo de lavouras de subsistência, perenização, irrigação e abastecimento d'água de Sousa - PB, enquanto, os serviços de administração, operação e manutenção da infraestrutura de uso comum foram implementados a partir de 1973 (DNOCS, 1996). O Perímetro, (coordenadas geográficas 06° 47'S e 38° 15'W), está situado na mesorregião do sertão paraibano, na bacia hidrográfica do Alto Piranhas, sub-bacia do Rio Piranhas, no oeste paraibano do nordeste brasileiro, situado à margem da BR 230, a 15 km do município de Sousa, distando 444 km da cidade de João Pessoa, capital do Estado (Figura 4.1 a).

No interior dessa área, distribuem-se completo ou parcialmente, os municípios: Aparecida, Bonito de Santa Fé, Cajazeiras, Carrapateira, Marizópolis, Monte Horebe, Nazarezinho, Pombal, São Domingos de Pombal, São José da Lagoa Tapada, São José de Piranhas e Sousa (Figura 4.1b).

Figura 4. 1. Mapa dos Corpos Hídricos Superficiais do Estado da Paraíba (a), e mapa da localização do Açude de São Gonçalo-PB (b).



FONTE: Agência Nacional das Águas (ANA), 2013.

Todo o Perímetro Irrigado tem suprimento d'água através do Açude de São Gonçalo cuja capacidade é de 44.600 milhões de m³. A água é distribuída entre os lotes dos colonos através de uma rede de canais de irrigação num total de 104.641 metros além do abastecimento humano do distrito de São Gonçalo, Sousa, Marizópolis e Nazarezinho; tem uma área de 5.290 ha, mas atualmente só é utilizada cerca de 3.212 ha, sendo 2.412 ha irrigáveis, e 800 ha área de sequeiro. Atualmente, a área está distribuída em: 2.412 ha para os irrigantes; 128 ha para o Câmpus do IFPB; 303 ha para a COMECA (Cooperativa Mista dos Empresários em

Ciências). As atividades antrópicas vêm causando grandes impactos e vários problemas de saúde a população (GURJÃO *et al*, 2009).

4.2.1 Aspectos Socioeconômicos, Clima, Geologia e Vegetação

A infraestrutura do perímetro é composta por canais principais e secundários, os quais conduzem a água até os limites dos lotes. O processo de captação é feito diretamente na tomada d'água do reservatório e conduzida por canais principais, norte e sul. O canal norte tem 13,57km de extensão e vazão de 1,8m³/s, ao passo que o canal sul tem 10,14Km de extensão e vazão de 2,4m³/s (FREITAS, 2012).

O sistema de irrigação predominante em 83,88% dos lotes é o gravitário, enquanto no restante da área a irrigação (16,12%) é feita por microaspersão. As culturas predominantes são banana, coco, goiaba, maracujá, arroz, feijão, milho, tomate de mesa, algodão herbáceo e capim de corte. A pecuária bovina (leiteira e de corte) e a reprodução de bovinos e ovinos são também praticadas (NETO *et al*, 2012).

O clima de São Gonçalo é caracterizado como semiárido quente (do tipo Bsh na classificação climática de Köppen-Geiger), caracterizado pela escassez e irregularidade de chuvas, assim como, forte evaporação por conta das altas temperaturas. As temperaturas médias variam, com mínimas de 22 °C e máximas de 38 °C. A estação chuvosa dura apenas cinco meses, entre janeiro e maio, estabelecendo um longo período de estiagem nos meses restantes do ano, pluviometria média de 800 mm anual, enquanto a evaporação chega a ultrapassar os 3 000 milímetros (mm)². A umidade relativa do ar é de 61 %, sendo mais elevada nos meses mais chuvosos, podendo chegar a níveis críticos nos meses mais secos.(DNOCS, 1996)

Atualmente, é possível verificar algumas degradações ambientais em torno do Perímetro Irrigado tais como: emissão de esgotos residenciais para áreas próximas as margens do açude; algumas áreas degradadas pela intensa exploração agropecuária; alto índice de desmatamento da mata ciliar; uso de agrotóxico pela população ribeirinha; emissão de esgotos residenciais das cidades de Nazarezinho e

Marizópolis, através de riacho que deságua no Açude de São Gonçalo, dessedentação animal, dentre outros.

4.3 Amostragem e Coletas

Tendo em vista, uma extensão considerável do Perímetro, estabeleceu-se 05 locais de amostragem, distribuídos em 17 pontos:

L. 01: Açude de São Gonçalo (08 pontos distribuídos próximos a: bomba de captação para a tubulação da CAGEPA, bomba de captação para os canais de irrigação (I e II), zona de recreação, zona de deságue de esgotos e meio do Açude);

L. 02: Núcleo Urbano (03 pontos distribuídos em Residência, Escola Municipal e PSF);

L. 03: Núcleo Habitacional I (02 pontos: Residência e Escola Estadual);

L. 04: Núcleo Habitacional II (02 pontos: Residência e Escola Estadual);

L. 05: Núcleo Habitacional III (02 pontos: Residência e Escola Estadual).

Todos os pontos de amostragem foram monitorados com intervalos de 30 em 30 dias, perfazendo um período de 06 meses. Sendo que foram coletadas amostras no período chuvoso (Abril, Maio e Junho); e de estiagem (seca): Outubro, Novembro e Dezembro. Dentre os 17 pontos coletados, foram selecionados para análises e discussões neste trabalho apenas 08 pontos, conforme Tabela 4.1. Os critérios adotados para esta escolha basearam-se nos seguintes fatores:

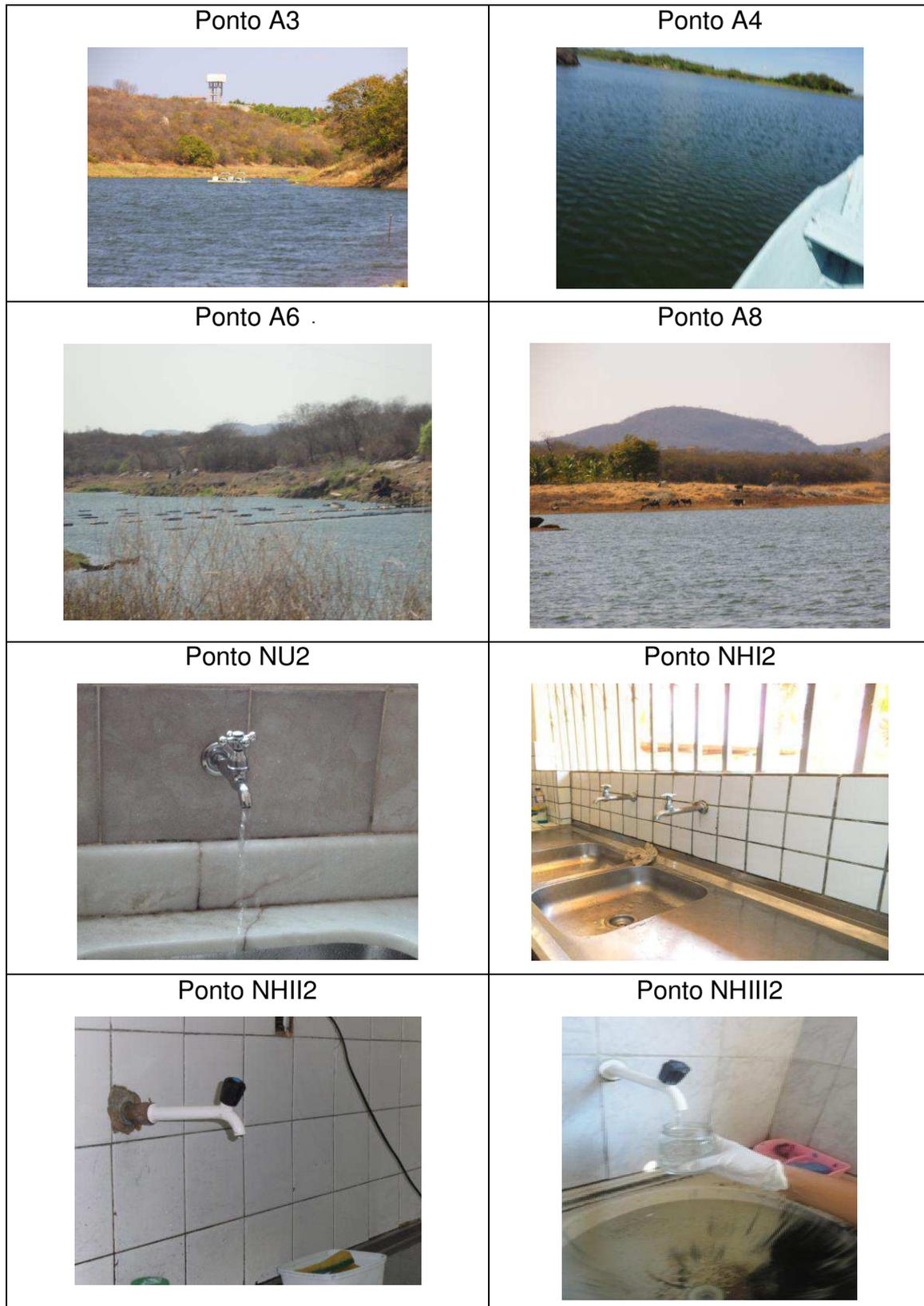
- Açude - área de deságue de esgoto, de irrigação, de recreação e lazer;
- Núcleos urbano e habitacionais – Escolas de Ensino Fundamental, Médio e EJA por tratar-se de estabelecimentos cuja população (faixa etária: 6 a 45 anos) é mais susceptível a doenças de veiculação hídrica.

As amostragens foram coletadas no período da manhã (das 07:00 às 11:00 horas) com temperaturas variando entre 26 e 31°C. Foram seis coletas diferentes datadas em: 16 de abril, 22 de maio, 12 de junho, 11 de outubro, 26 de novembro e 17 de dezembro de 2012. Todos os pontos foram georeferenciados com o auxílio de GPS (Sistema de Posicionamento Global) de marca Garmin, GPSmap 76CSx.

Tabela 4. 1 Georeferenciamento dos locais (Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB).

Código da Amostra	Localização do Ponto de Amostragem	Coordenadas geográficas
A3	Próximo a Bomba do Canal de irrigação I	S: 06°50'421" W: 38°19'095"
A4	Próximo a Bomba do Canal de irrigação II	S: 06°50'464" W: 38°18'376"
A6	Área de deságue de esgoto	S: 06°50'858" W: 38°20'313"
A8	Área de Recreação e lazer	S: 06°50'525" W: 38°18'343"
NU2	Escola Municipal	S: 06°50'224" W: 38°18'377"
NHI2	Escola Estadual de Ensino Fundamental	S: 06°48'568" W: 38°18'187"
NHII2	Escola Estadual de Ensino Fundamental	S: 06°49'441" W: 38°15'582"
NHIII2	Escola Estadual de Ensino Fundamental	S: 06°48'303" W: 38°14'421"

Figura 4. 2. Ilustrações dos pontos de coletas selecionados neste estudo.



FONTE: ARQUIVO PESSOAL, 2012.

4.3.1 Procedimento de Coletas das Amostras

a) Retiradas das Amostras no Açude:

As amostras foram coletadas a seis metros aproximadamente da margem, procurando não revolver o fundo e evitando os remansos e as áreas de água estagnada. Segurando o frasco de polietileno pelo fundo, em posição invertida, submergindo por completo, direcionando-o em sentido contracorrente e paralelo à lâmina superficial.

b) Retirada das Amostras de Água de Consumo na Torneira:

Antes da retirada da amostra da água de consumo, procedeu-se a lavagem das mãos com água e sabão e aplicação de álcool gel, como também, a utilização de luvas de procedimento. Em seguida, foi realizada a assepsia na torneira com um pedaço de algodão embebido em álcool 70%. Após, abriu-se a torneira, para escoamento da água por dois a três minutos, com o intuito de liberar alguma impureza presente na tubulação e/ou descarga de água parada, e só então, procedeu-se a coleta da amostra.

Coletas para Análise Físico-química:

As amostras foram coletadas em recipientes adequados e esterilizados, cuja capacidade foi de 1 L, e em seguida identificou-se e acondicionou-se cada amostra, em caixa térmica, ao abrigo da luz e calor até chegarem ao laboratório. O acondicionamento foi próximo de 10 °C até a chegada ao laboratório.

Algumas análises possuem período máximo de conservação entre coleta e análise, uma vez que, podem ocorrer precipitações de hidróxidos metálicos, ou formar complexos; determinadas substâncias podem volatilizar e dentre outras ocorrências. Neste caso, foram adotados métodos específicos para conservação das amostras, com a finalidade de manter as condições similares do ponto de amostragem. Como por exemplo, nas amostras de água de consumo utilizou-se 2 gotas de tiosulfato de sódio para conservação destas até a chegada ao laboratório.

Coletas para Análise Microbiológica:

As amostras foram retiradas utilizando recipientes adequados (frascos de polietileno com capacidade de 250 mL, de boca larga e tampa hermética), sendo utilizados apenas 100mL da amostra coletada. Estes foram lavados, empacotados, selados com papel Graff, e esterilizados em autoclave a 121°C por 30 minutos. No instante da coleta da amostra, os frascos foram devidamente identificados e acondicionados ao abrigo da luz e calor, até chegarem ao laboratório. A temperatura da caixa térmica foi de aproximadamente 10°C.

4.4 Caracterização

4.4.1 Análises Físico Químicas

As metodologias adotadas em cada análise são as recomendadas no Standard methods for the Examination of water and wastewater (APHA, 2005). Os parâmetros físicos e químicos analisados seguem apresentados conforme Tabela 4.2.

Tabela 4. 2 Síntese das metodologias e dos equipamentos utilizados nas Análises Físico químicas.

Variáveis	Métodos	Equipamentos	Referências
pH	Potenciométrico	pHmetro portátil digital, marca MS – Tecnopon Instrumentação, modelo mPA-210P	(APHA 2005)
Condutividade Elétrica	Eletrodo de platina $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 25 °C	Condutivímetro portátil digital, marca Hanna.	(APHA 2005)
Oxigênio Dissolvido (OD)	Eletrométrico	Microprocessor Dissolved Oxygen Meter Portátil digital, marca Hanna, modelo H19146	(APHA 2005)
Turbidez	Nefelométrico (NTU)	Turbidímetro portatil digital, marca Policontrol, modelo AP 2000.	(APHA 2005)

4.4.2 Análises Microbiológicas

Para as análises microbiológicas referentes aos Coliformes totais e termotolerantes, seguiram-se os métodos padronizados do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Os parâmetros microbiológicos estudados foram: análise quantitativa mensal de coliformes totais e termotolerantes, e qualitativa mensal de coliformes totais e termotolerantes.

4.4.2.1 Análise Quantitativa e Qualitativa de Coliformes Totais e Termotolerantes (Tubos Múltiplos)

a) Teste presuntivo – em três alíquotas de três diluições (10 mL, 1 mL e 0,1 mL) da amostra foram inoculadas em uma série de cinco tubos (10^0 , 10^{-1} , 10^{-2}) de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) por diluição, com pipeta esterilizada. Os primeiros cinco tubos, o Caldo LST era com concentração dupla. Todos os tubos continham um tubo de Durham invertido para visualizar a produção de gás através da formação de bolhas. O LST contém lactose e a observação de crescimento de bactérias do grupo dos coliformes causa turvação no meio com formação de gás, detectado em tubos de Duhran, após 24-48h de incubação a 35 °C, considerada suspeita de presença de coliformes.

b) Teste confirmativo – nesta etapa de confirmação dos coliformes totais e termotolerantes efetuou-se alçada a partir de cada tubo suspeito. Com a alça de platina previamente flambada e fria, retirou-se de todos aqueles positivos em LST (formação de bolha ou turvação) uma porção da amostra e transferiu-se para os tubos contendo o meio de cultura Verde Brilhante Bile 2% (VB), procedimento esse chamado de repicagem e inoculou a 35°C por 24 à 48 horas e caldo EC (Caseína Enzimática), sendo estes acondicionados em um banho-maria a 44,5°C por 24 horas. A observação de crescimento com produção de gás nos tubos VB, após 24 – 48h de incubação a 35°C foi considerada confirmativa da presença de coliformes totais. E crescimento com produção de gás nos tubos EC, após 24h de incubação a 45 °C foi considerada confirmativa para presença de coliformes termotolerantes.

c) Teste final *E Coli* – Os tubos de EC positivos para coliformes termotolerantes são suspeitos da presença de *E Coli*. Para a confirmação, uma alçada de cada tubo, foi estriada em uma placa de Petri contendo Agar EMB (Eozina Azul de Metileno), meio seletivo diferencial para distinguir *E. Coli* dos demais coliformes termotolerantes. As colônias desenvolvidas com características típicas foram todas isoladas para as seguintes provas bioquímicas: Teste do Indol, Citrato de Simmons, Teste de Vermelho de Metila e Voges-Proskauer.

As colônias típicas para *E. Coli* foram transferidas para Agar Padrão para Contagem (PCA) inclinados e incubados a 35°C por 24 horas. Em cada cultura positiva realizou as provas bioquímicas.

Para o teste de Citrato de Simomons, inoculou-se uma alçada com incóculo leve da cultura de PCA para a rampa dos tubos de Agar Citrato de Simmons e incubo-os a 35°C por 4 dias. Após foram feitas as leituras. Foram considerados positivos os meios que originalmente eram verdes e se tornaram azul intenso. Os negativos permaneceram com a cor original.

Para o teste do Indol procedeu-se da seguinte maneira: uma colônia leve proveniente de cada PCA foi inoculada em caldo Triptona e incubada a 35°C por 24 horas. Passado este período, foram adicionadas 2 gotas do reagente de Kovacs a cada tubo e levemente agitados. Aqueles que apresentaram uma coloração avermelhada na superfície do líquido eram considerados positivos. Para os negativos, esta coloração era amarela, ou seja, a cor do reagente.

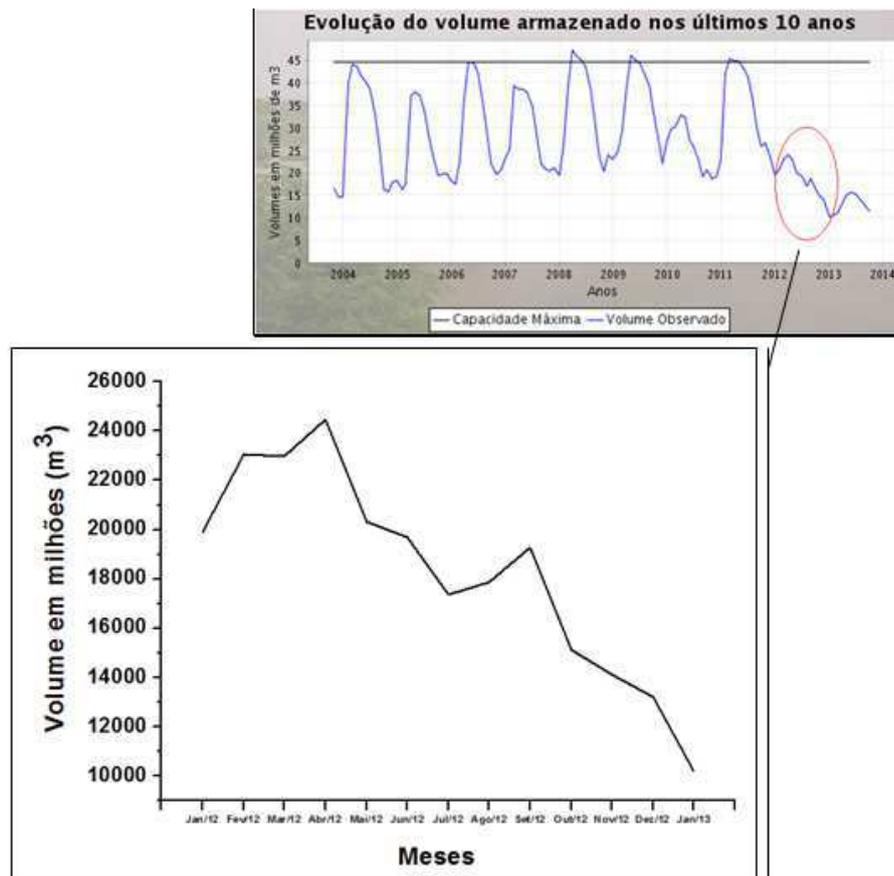
No teste de Vermelho de Metila (VM), inoculou-se uma alçada advinda do PCA para o Caldo VM e incubou a 35°C por 48 horas. Logo, foram adicionadas 5 gotas de uma solução de vermelho de metila, observando imediatamente se o meio adquire uma coloração vermelha (teste positivo) ou amarela (teste negativo).

O teste de Voges-Proskauer (VP) foi semelhante ao anterior, a alçada foi inoculado em Caldo VP e incubado nas mesmas condições, porém, após foi adicionado 0,6mL de uma solução de alfa-fenol a 5% e agitou-o. Depois foi adicionado 0,2mL de uma solução de NaOH a 40% e agitou. Após uma hora observou-se o desenvolvimento de uma cor vermelha ou róseo (teste positivo).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente apresentamos o comportamento volumétrico do açude São Gonçalo em 2012, visto que tal parâmetro interfere nos atributos físico, químico e microbiológico. A capacidade máxima do referido açude é de 44.600.000 m³ de água, e este em 2012 apresentou um decréscimo bastante significativo em relação ao seu volume total em metros cúbicos (m³), conforme ilustrado na Figura 5.1, assumindo valor mínimo em torno de 13.234.440 m³ no mês de dezembro, perfazendo 29,70 % do seu volume total (AESAs, 2013). Pode ser observado ao longo dos 10 anos, um histórico do armazenamento do seu volume em milhões m³, por sua vez, é notório que a região estudada encontrava-se no período de estiagem, e que seu manancial (açude de São Gonçalo) estava abaixo de sua capacidade máxima.

Figura 5. 1 Variação do volume em milhões de m³ correspondente ao açude de São Gonçalo-PB.



FONTE: Banco de dados da AESA-PB/2013.

5.1 Parâmetros Físico Químicos

A caracterização do ambiente aquático em estudo foi realizada com base nas determinações de temperatura, pH, condutividade, turbidez e oxigênio dissolvido, a fim de fornecer informações relevantes à qualidade da água superficial do açude de São Gonçalo-PB e nos núcleos urbanos e Habitacionais. Os resultados obtidos seguem expostos nas Tabelas 5.1 e 5.2, respectivamente.

Tabela 5. 1 Análises Físico Químicas para águas bruta (Açude de São Gonçalo - PB) no Perímetro Irrigado em estudo.

Valores de Água Bruta				A3							A4						
	Parâmetro	Unidades	VMP*	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Média	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Média
	pH		6,0-9,0	7,4	7,7	7,5	8,3	7,9	7,0	7,6	7,5	7,2	7,3	8,0	8,0	7,8	7,6
	Temperatura	(°C)	-	28	30	27	31	27	27	28,3	27	30	27	30	27	27	28
	Condutividade	$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	-	169,1	181,6	251,0	213,0	180,0	240,0	225,7	227,1	181,9	222,0	215,0	257,0	217,0	220
	Oxigênio Dissolvido	mg.L^{-1}	>5,0	2,9	6,9	7,3	7,3	7,2	7,3	6,5	2,4	7,5	6,9	7,0	7,4	7,4	6,4
	Turbidez	UT	Máx. 100	3,0	3,0	4,5	3,0	2,7	3,7	3,3	3,3	4,7	5,2	2,5	3,1	3,2	3,7
				A6							A8						
	Parâmetro	Unidades	VMP*	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Média	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Média
	pH		6,0-9,0	7,8	8,0	8,3	8,3	8,2	8,2	8,1	7,3	7,5	7,4	7,7	7,7	7,6	7,5
Temperatura	(°C)	-	30	31	30	31	31	31	30,7	30	31	30	31	30	30	30,3	
Condutividade	$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	-	224,0	230,0	257,0	205,0	244,0	230,0	231,7	175,0	202,0	216,0	208,0	188,0	210,0	199,8	
Oxigênio Dissolvido	mg.L^{-1}	>5,0	7,5	7,5	8,9	7,5	7,7	7,4	7,8	7,2	7,2	7,1	7,2	7,5	7,2	7,2	
Turbidez	UT	Máx. 100	3,4	5,5	5,2	4,0	4,0	4,4	4,4	3,0	3,5	3,4	2,1	2,0	3,0	2,8	

VMP* = Valores Máximos Permitidos. Estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 5. 2 Análises Físico Químicas para águas tratada (núcleos urbano e habitacional) do Perímetro Irrigado em estudo.

Valores de água tratada				NU2							NHI2						
	Parâmetros	Unidades	VMP*	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Média	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Média
	pH		6,0-9,5	7,6	7,8	7,3	7,7	7,5	7,4	7,6	7,7	7,5	7,4	7,5	7,7	7,4	7,5
	Temperatura	(°C)	-	26	26	26	26	27	30	26,8	30	27	27	27	30	27	28
	Condutividade	µS/cm ⁻¹	-	209,0	182,2	235,0	180,0	202,0	203,0	201,9	155,0	202,0	213,0	211,0	163,0	213,0	192,8
	Turbidez	UT	Máx. 5,0	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	2,7	0,7	2,1	0,3	0,3	2,1	1,4
Valores de água tratada				NHII2							NHIII2						
	Parâmetros	Unidades	VMP*	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Média	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Média
	pH		6,0-9,5	8,0	8,1	8,1	8,1	8,0	7,7	8,0	7,8	8,0	7,7	7,8	8,0	7,8	7,9
	Temperatura	(°C)	-	31	29	29	29	31	30	29,8	30	30	30	30	30	31	30,2
	Condutividade	µS/cm ⁻¹	-	171,0	209,0	209,0	209,0	171,0	209,0	196,3	225,0	202,3	248,0	230,0	202,0	226,0	222,2
	Turbidez	UT	Máx. 5,0	1,8	1,1	1,8	0,8	0,5	0,2	1,0	2,3	1,4	1,8	0,8	0,4	0,8	1,3

VMP*= Valores Máximos Permitidos. Estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

5.1.1 Potencial Hidrogeniônico

O Potencial hidrogeniônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas presente na solução em estudo. Este é determinado pela quantidade de hidretos (H^+ - meio ácido) ou hidroxilas (OH^- - meio básico), existente no meio líquido. O pH pode ser influenciado por uma série de fatores, cuja origem pode ser antrópica (despejos industriais e domésticos) ou natural (tais como, fragmentação das rochas, absorção dos gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese). Seu valor pode indicar possíveis distribuições de formas livres e ionizadas de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos, sendo então, considerado um parâmetro importante para as águas de consumo humano (APHA, 2005).

Para águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações (BRASIL, 2006). A água para consumo humano deve assumir padrão de potabilidade, ou seja, deve ser tratada, limpa e estar livre de qualquer contaminação, seja de origem microbiológica, química, física ou radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana (BRASIL, 2005). O pH é um dos padrões de potabilidade, devendo as águas para abastecimento público apresentar valores entre 6.0 e 9.5, de acordo com a nova Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

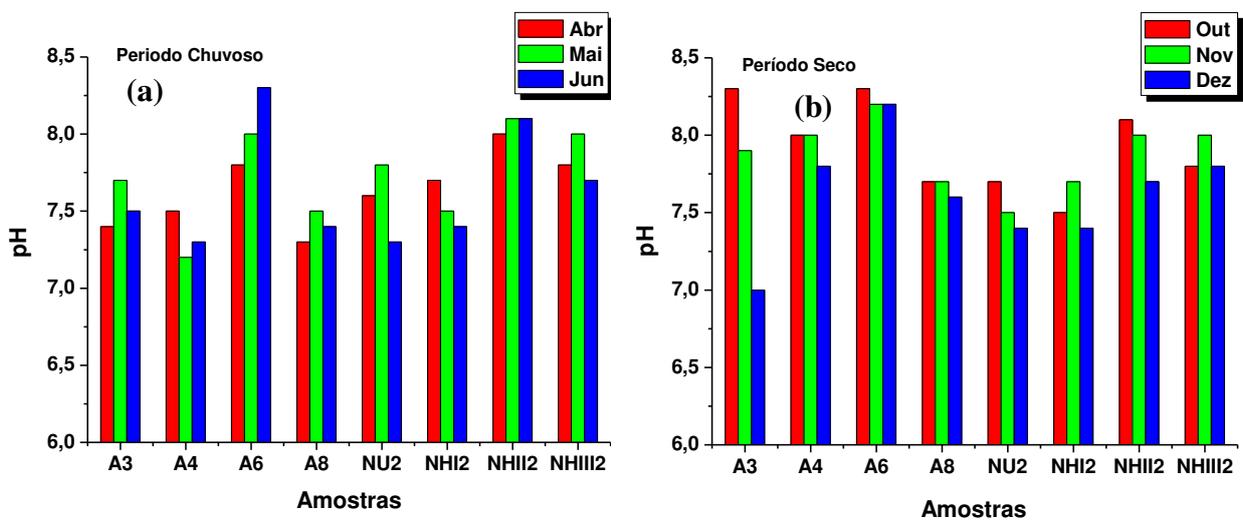
Os valores do pH nos pontos estudados oscilaram de acordo com os períodos chuvoso e seco. Podemos inferir que, diante dos dados apresentados na Tabela 5.1, todos os pontos coletados no açude (A3, A4, A6 e A8), estão dentro dos limites permitidos pela legislação vigente, indicando alcalinidade nestas. Segundo a resolução CONAMA nº 357/2005, o açude de São Gonçalo classifica-se como água doce de classe 1. Os resultados das amostragens variaram de 7.2 a 8.3, visto que, no ano do referido estudo, não obtivemos chuvas significativa que repercutisse no aumento do volume do açude (conforme índice de volume apresentado na Figura 5.1). No entanto, verificando a Figura 5.2 a e b, é possível observar uma pequena elevação nos meses de outubro, novembro e dezembro, principalmente em outubro mostrando águas bastante alcalinas.

Segundo BARBOSA (2002), no caso do Semiárido brasileiro, cuja precipitação é menor que a evaporação, é comum encontrar valores de pH superiores a oito. Nota-se que na época seca, os valores chegam a quase 8,0 devido à menor concentração de água. Já de acordo com relatos de Ceballos (1995), a diminuição do pH no período chuvoso, está associado à diluição dos carbonatos e bicarbonatos, e introdução de CO₂ atmosférico com águas de chuvas, acidificando levemente a água.

O ponto A6 revelou intervalo de variação de pH entre 7,8 a 8,3 indicando que este ponto de amostragem no açude tem característica bastante alcalino em relação aos demais, devido está situado próximo ao local fortemente impactado com descargas de material orgânico de área de deságue de esgotos.

Em relação ao pH das águas destinadas ao abastecimento público (NU2, NHI2, NHII2, NHIII2), Figura 5.2 a e b, todas as amostras atenderam ao padrão de potabilidade estabelecido vigente - Portaria MS nº 2914/11, com intervalos entre 7,3 a 8,1.

Figura 5. 2 Valores médios referente ao pH de cada amostra compreendendo os períodos chuvoso (a) e seco (b).



5.1.2 Condutividade Elétrica

Este parâmetro expressa a capacidade de condução de corrente elétrica de sais dissolvidos e ionizados presentes na água, e é adotado como um dos atributos de avaliação de qualidade. A condutividade elétrica (CE) é um forte indicativo de índices de salinidade na água. Borges (2009) em estudos realizados aponta contaminação nos rios e lagos, por descargas de efluentes industriais e domésticos, os quais podem ter em sua constituição material orgânico, o qual sofre decomposição e liberam íons na água, além de sais.

A CE da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH estão compreendidos nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são H^+ e OH^- (SILVA, GALVÍNIO, ALMEIDA, 2010).

Os íons originam-se da dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais (AYRES; WESTCOT, 1991). Em ambientes que estão impactados a condutividade elétrica apresentam valores superiores a $100 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (CETESB, 2005), podendo atingir valores de $1000 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ em corpos d'água receptores de levadas cargas de efluentes domésticos e industriais (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005).

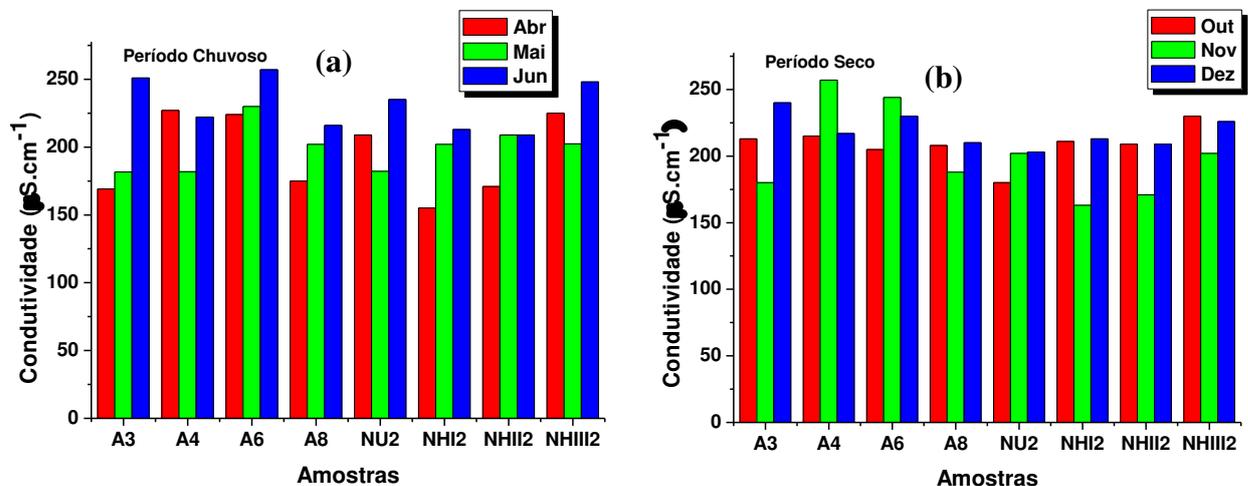
De acordo com este contexto, a condutividade elétrica nas amostras de água do Açude de São Gonçalo assumiram valores entre $169,1$ a $257 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ com média de $211,2 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (período chuvoso) e de 180 a $257 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ com média de $217,1 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (período seco). O valor mínimo da condutividade elétrica foi encontrado no ponto A3 com $169,1 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, e o valor máximo foi detectado nos pontos A4 e A6, ambos com valores de $257 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (Tabela 5.1). A Resolução CONAMA nº 357/05 e a Portaria MS nº 2914/11 não estabelecem limites para o parâmetro condutividade. Sabe-se que, a condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, onde altos valores podem indicar características corrosivas à mesma (VALLE JUNIOR *et al*, 2012). Além de também inferir indiretamente a concentração de poluentes, revelando que o ambiente pode estar impactado, provavelmente devido à emissão de esgoto doméstico no local (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

Para a irrigação, o principal problema do excesso de sais na água é que após a deposição dos íons no solo e com a evaporação da água se tem o acúmulo dos íons, podendo resultar em salinização do solo (AYRES; WESTCOT, 1991).

Sabe-se que no período do estudo (2012), a região não obteve precipitação pluviométrica significativa, sendo constatado decréscimo considerável no nível do açude de São Gonçalo – PB. Deste modo, a falta de precipitação de chuvas, associado ao aumento da evapotranspiração, pode ter sido uma das causas de aumento dos valores de condutividade nos últimos meses de coletas. Tal situação pode ser comparada ao estudo realizado em um reservatório de abastecimento do Estado de Pernambuco, em que se constatou valores de condutividade elétrica ligeiramente maior no período seco (MENDES, CHAVES, CHAVES, 2008).

Em relação às amostras de água tratada, o intervalo de variação fora de 155 a 248 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, com média de 205 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (período chuvoso) e de 163 a 230 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, com média de 201,4 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (período seco). O valor mínimo da condutividade elétrica (CE) foi encontrado no ponto NHI2 com 155 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ durante o período considerado chuvoso e o valor máximo foi encontrado no ponto NHIII2 com 248 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ durante o período de estiagem.

Figura 5. 3 Valores médios referente à condutividade elétrica, em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, correspondente a cada amostra compreendendo os períodos chuvoso (a) e seco (b).



5.1.3 Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio Dissolvido (OD) é um dos principais parâmetros para controle dos níveis de poluição das águas, pois tem a finalidade de avaliar as condições aeróbicas num curso d'água que recebe material poluidor, onde os principais responsáveis pela elevação do consumo de oxigênio dissolvido são os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica (VALLE JUNIOR, 2012).

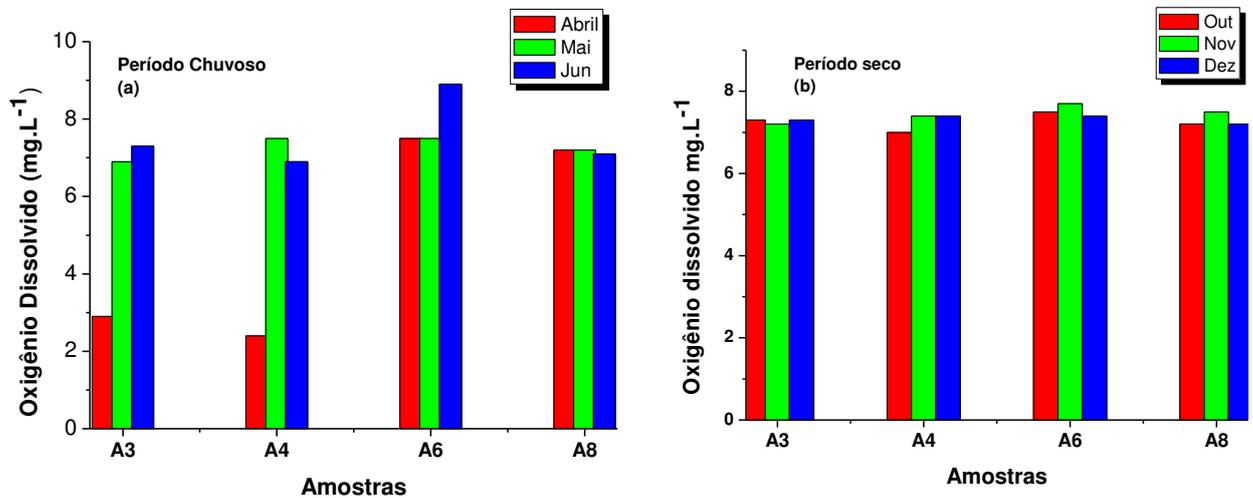
O oxigênio se dissolve nas águas naturais provenientes da atmosfera, devido à diferença de pressão parcial. Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Este fenômeno ocorre em maior extensão em águas poluídas ou, mais propriamente, em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados leva à liberação de sais minerais no meio, especialmente em nitrogênio e fósforo que são utilizados como nutrientes pelas algas (TEODORO; SANTOS, 2011).

A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura. Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica. A decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água e, dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios conforme estudos de Sousa; Bacicurinski; Silva (2010).

Os teores de oxigênio dissolvido na água do açude de São Gonçalo apresentados na Tabela 5.1 e na Figura 5.4 a e b, aponta valor máximo de $8,9 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto A6 em Junho, e valor mínimo de $2,4 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto A4 no mês de abril. Pode-se afirmar que, a concentração de oxigênio foi mais elevada no período considerado de época seca do que na época de chuva. No entanto, é importante frisar que no ano de 2012 os índices de precipitação pluviométrica no açude de São Gonçalo, não foram significativos, e, portanto, os teores de oxigênio dissolvido no açude foram crescentes no decorrer da estiagem. Acredita-se que, a elevação do oxigênio dissolvido ao longo dos meses em estudo pode estar associada à

introdução de descarga de esgoto doméstico no açude, bem como a dessedentação de animais.

Figura 5. 4 Valores médios referente ao oxigênio dissolvido, em mg.L^{-1} , correspondente a cada amostra compreendendo os períodos chuvoso (a) e seco (b).



5.1.4 Turbidez

A turbidez da água está associada principalmente à presença de materiais sólidos em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), da matéria orgânica e inorgânica, dos organismos microscópicos e algas, os quais têm origem no solo; na mineração; nas indústrias; ou no esgoto doméstico, lançados no manancial sem tratamento e que diminuem a claridade e reduzem a transmissão da luz no meio (MEDEIROS *et al.*, 2009).

Segundo Campos *et al* (2003), esse parâmetro também pode reduzir a eficiência da cloração, pela proteção física que pode propiciar aos microorganismos evitando contato direto com os desinfetantes, além de transportar matérias orgânicas capazes de causar sabor e odor indesejáveis, podendo assim, comprometer não só a qualidade sensorial da água como também representar risco à saúde do consumidor, diminuindo a efetividade da cloração e propiciando o desenvolvimento de microorganismos.

Quantitativamente, este fenômeno pode ser expresso em termos de coeficiente de dispersão ou alguma unidade empírica, como a turbidez

nefelométrica. Quanto maior for à quantidade de material em suspensão na água, mais turva ela estará (BARCELOS *et al.*, 2012).

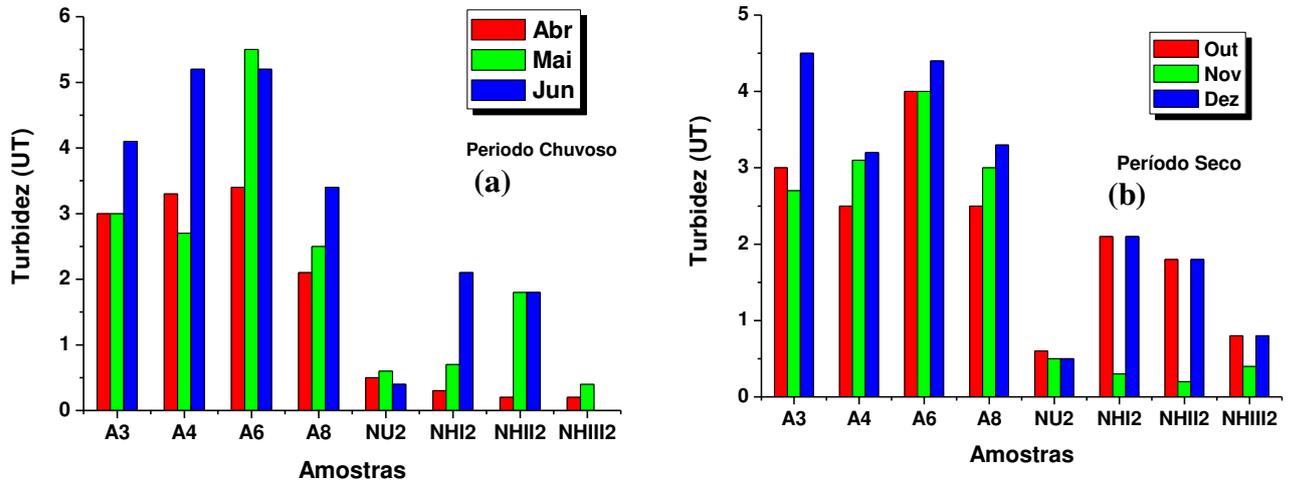
Recentemente, a turbidez vem despertando mais interesse no controle de qualidade da água, considerando-se sua associação com alguns patógenos (FIGUEIREDO *et al.*, 2009). Na agricultura a turbidez da água está muito ligada a sólidos totais dissolvidos e sólidos em suspensão provenientes de enxurradas e movimentações de terra (dragagens, desaterros).

A turbidez é a expressão desta propriedade óptica e é indicada em termos de unidades de turbidez (NTU – Nephelometric Turbidity Unit). Segundo a OMS, o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT ou 5 UT.

Com base nos resultados de turbidez (Tabelas 5.1 e 5.2), é possível constatar variações nos pontos coletados no açude (água bruta), entre o intervalo de 3,0 a 5,5 UT com média de 3,97 UT (período chuvoso), e de 2,0 a 4,4 UT com média de 3,14 UT (período seco). Os menores valores encontrados desse parâmetro foram nos pontos A3 e A8, correspondente a 3,0 UT, e o máximo de 5,5 UT no ponto A6, durante o período de chuvas. Já em relação ao período de seca, os valores foram: 2,0 UT no ponto A8 e 4,4 no ponto A6 UT, respectivamente mínimo e máximo (Figura 5.5 a e b).

Segundo Lima *et al.* (2001), os valores de turbidez podem variar sazonalmente, de acordo com a atividade biológica na coluna de água e escoamento superficial do solo. De modo que, não se constataram variações significativas nos resultados de turbidez referentes às águas do açude de São Gonçalo. E, em todo o período de coleta, compreendido entre os meses de abril a dezembro de 2012, tais resultados foram abaixo do limite especificado pela Resolução CONAMA 357/05, ou seja turbidez inferior a 100 UT.

Figura 5. 5 Valores médios referentes à turbidez, em UT, correspondente a cada amostra compreendendo aos períodos - chuvoso (a) e seco (b).



Para as amostras referentes às águas tratadas (Figuras 5.5a e 5.5b), os resultados apontam que, no período de chuva, os valores de turbidez ocorreram entre 0,4 a 2,7 UT com média de 1,43 UT. E no período de seca, estes assumiram intervalos de 0,2 a 2,1 UT, com média de 1,07 UT. O valor mínimo foi encontrado no ponto NHII2 com 0,2 UT durante o período de estiagem e o valor máximo foi encontrado no ponto NHI2 com 2,7 UT (período chuvoso).

Sabe-se que, valores de turbidez abaixo de 5,0 UT são os aceitáveis em água para consumo humano, segundo a Portaria MS nº 2914/11. No entanto, é recomendável que a turbidez seja a mais baixa possível. Contudo, muitos autores têm criticado estes valores, propondo que o limite seja abaixo de 1,0 UT para que o tratamento da água tenha maior efeito. Por ser um método de fácil determinação e de medição em tempo real, a turbidez pode ser utilizada como indicador potencial para doenças de veiculação hídrica (CASALI, 2008).

De acordo com os nossos resultados de turbidez, é possível verificar índices acima de 1,0 UT, tanto no ponto NHI2 e NHII2. Estes pontos correspondem a núcleos habitacionais mais desprovidos de infraestrutura e saneamento básico.

5.2 Parâmetros Microbiológicos

5.2.1 Coliformes Totais e Termotolerantes

As bactérias do grupo coliformes são caracterizadas como bacilos Gram-negativos, não esporulados, facultativos, que fermentam a lactose com produção de ácido e gás em um período de 48 horas a 35°C e 45°C. A presença deste grupo de bactérias em um corpo d'água indica a possibilidade de contaminação por bactérias patogênicas. Os coliformes termotolerantes consistem de um subgrupo das bactérias que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli* (*E. coli*), de origem exclusivamente fecal, que tem como habitat primário o intestino humano e de animais homeotérmicos (BRASIL, 2004).

Os Coliformes Totais (CT) e Termotolerantes (CTo) são indicadores de contaminação mais usados para monitorar a qualidade sanitária da água (BETTEGA *et al.*, 2006). Visto que, o número de coliformes termotolerantes em um manancial é um ótimo indicador de contaminação recente, oriunda principalmente de despejo de esgoto doméstico, além da presença de animais próximos às suas margens, demonstrando condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, sendo um risco para a saúde pública (CUNHA *et al.*, 2010).

Conforme resultados expressos na Tabela 5.3, pode-se observar que todas as amostras coletadas no açude (água bruta), pontos A3, A4, A6 e A8 apresentaram-se contaminadas por coliformes totais e coliformes termotolerantes, tanto no período chuvoso, compreendido entre abril a junho, como no de estiagem, compreendido de outubro a dezembro, o que a torna não adequada à ingestão humana, segundo Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde. Em relação à questão da balneabilidade, mais especificamente, água para fins de lazer, é possível perceber que há classificações diferentes conforme a Resolução nº 274, Art. 2º do CONAMA.

Tabela 5. 3 Parâmetros Microbiológicos correspondentes às águas bruta e tratada (consumo humano) do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB.

	Pontos de Amostragem	Coliformes Totais NMP/100mL						Coliformes Termotolerantes NMP/100mL					
		Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez	Abril	Mai	Jun	Out	Nov	Dez
Açude (água bruta)	A3	500	900	1600	900	900	900	220	900	<2,0	900	900	900
	A4	900	220	1600	1600	220	900	900	220	<2,0	900	220	900
	A6	900	1600	1600	1600	1600	1600	900	1600	1600	1600	1600	1600
	A8	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Núcleo Urbano e Habitacionais (Água de consumo)	NU2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
	NHI-2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
	NHII-2	1600	1600	1600	1600	1600	240	900	<2,0	<2,0	900	<2,0	14
	NHIII-2	1600	1600	1600	17	1600	1600	30	30	110	17	17	17

Nos canais de irrigação é possível relatar presença de coliformes totais e termotolerantes significativa. No ponto A3, próximo a bomba do canal de irrigação I, registrou-se variação de coliformes totais (CT) entre 500 a 1600 NMP/100mL no período chuvoso e 900 NMP/100mL em todas as coletas realizadas no período de estiagem (Figura 5.6); já em relação a presença de coliformes termotolerantes (CTo), os valores apresentados compreenderam o intervalo de <2,0 a 900 NMP/100mL no período de maior precipitação e de 900 NMP/100mL em todas as amostras, no período de maior estiagem (Figura 5.7).

Já no ponto A4, próximo à bomba do canal de irrigação II, os resultados apontaram coliformes totais entre 220 a 1600 NMP/100mL, nos períodos de inverno e verão, respectivamente (Figura 5.6). Já os valores referentes à quantidade de coliformes termotolerantes (Figura 5.7), as amostras inferiram índices de <2,0 a 900 NMP/100mL no período de maior precipitação e de 220 a 900 NMP/100mL no período seco.

As águas dos canais de irrigações de São Gonçalo-PB beneficiam várias culturas irrigadas, com destaque para o coco e banana. Estes canais são abertos e de fácil acesso. Acredita-se que tais contaminações de coliformes presentes nas águas dos canais, podem ser decorrentes de atividades ocorridas assiduamente no açude, como por exemplo, a dessedentação de animais, lazer e recreação, e lançamento de esgotos domésticos. Também é possível verificar presença de lixo doméstico dentro dos canais (Figura 5.8).

Figura 5. 8 Alguns Impactos ambientais ocasionado por ações antrópicas no Açude de São Gonçalo (a) e Canais de irrigação (b).



(a)



(b)

FONTE: Arquivo Pessoal (2012).

Segundo relatos de Cunha *et al* (2004), em estudo realizado sobre a variação espacial-temporal de parâmetros da qualidade da água em quatro rios estuarinos próximos às cidades de Macapá e Santana (AP) – Brasil, com enfoque especial na poluição microbiológica (coliformes termotolerantes – CT), delineada em pesquisa de campo ocorrida entre o período de setembro de 1999 a setembro de 2002, relata que o padrão de comportamento da concentração de coliformes totais, tendem a se tornar mais complexo com o efeito de precipitações pluviométricas do período de janeiro a abril.

Comparando os resultados nos pontos A3 e A4, percebe-se que não houve uma variação significativa entre eles. No período de inverno os valores de coliformes totais demonstram um discreto aumento, visto que tais resultados são esperados, pois, com a ocorrência de índice pluviométrico maior, podem ser carreados os microrganismos presentes no entorno dos mananciais, favorecendo uma possível contaminação. Estes resultados sugerem associações entre o aumento de

contaminação com incidência de chuva. Em relação aos coliformes termotolerantes (Figura 5.7), verifica-se que há um aumento destes microorganismos contaminantes no período de seca.

De acordo com Franco, Hernandez, Vanzela (2007), em seus estudos no qual avaliou a qualidade de água para irrigação utilizando o parâmetro oxigênio dissolvido e o uso de coliformes termotolerantes e totais como indicadores biológicos, no manejo de áreas irrigadas, na microbacia do Córrego Três Barras, Marinópolis, SP, com carga orgânica do tipo doméstica, cujo uso de água foram para o abastecimento público, irrigação e afastamento de efluentes, e constatou que na estação seca, com a redução do volume de água do manancial e o despejo de esgoto contendo compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e principalmente bactérias são observados aumento do número de coliformes termotolerantes. Essa característica microbiológica, nessa época, pode estar relacionada com o aumento do consumo de água superficial por parte dos irrigantes, devido à diminuição das chuvas neste período.

Diante deste relato, pode-se afirmar que no período de seca os índices de coliformes termotolerantes nos pontos A3 e A4 são elevados, e estes também corroboram com as constatações de Franco, Hernandez, Vanzela (2007), com o aumento do consumo de águas superficiais por parte dos irrigantes de São Gonçalo - PB.

No aspecto sanitário Marouelli *et al.* (2001) afirma que é de grande importância analisar e fazer o controle sanitário de águas utilizadas para irrigação, como prevenção para saúde pública, pois muitas vezes essas apresentam-se contaminadas por organismos patogênicos e os alimentos, em especial, aqueles consumidos na forma crua, quando irrigados com tais águas, podem servir de veículo para transmissão de várias doenças aos consumidores. Percebe-se que as águas dos pontos descritos apresentam-se contaminadas para fins de irrigação.

FRAVET (2006) analisou se a qualidade da água utilizada para a irrigação de hortaliças cultivadas na região de Botucatu-SP estava de acordo com o CONAMA, relatando os riscos que estas águas contaminadas podem causar à população humana. Foram entrevistados 27 produtores que atuavam na venda de hortaliças nas feiras livres. A pesquisa concluiu que 40% dos produtores utilizavam águas que ofereciam algum tipo de risco à saúde da população, em decorrência da presença de coliformes termotolerantes em valores acima do permitido.

Analisando o ponto A6, situado em área de deságue de esgotos, evidenciamos de acordo com Tabela 5.3, que houve uma variação de coliformes totais de 900 a 1600 NMP/100mL no período chuvoso e de 1600 NMP/100mL em todas as coletas realizadas no período de estiagem; já em relação a presença de coliformes termotolerantes, os valores apresentados nesse ponto, foram de 900 a 1600NMP/100mL no período de maior precipitação e de 1600NMP/100mL em todas as amostras, no período de maior estiagem. Nesse caso, tanto os valores de CT e CTo, no período de estiagem apresentaram-se maiores que os encontrados no período de elevado índice pluviométrico.

CARVALHO *et al* (2008) estudou os aspectos qualitativos da água do açude de Bodocongó em Campina Grande – PB, no período de 2006 a 2007 e após análises dos resultados encontrados, concluíram que o lançamento de esgoto doméstico e industrial sem tratamento é a principal fonte de poluição das águas desse manancial; aliados à contribuição de águas de lavagem de carros e da disposição inadequada de resíduos sólidos.

No açude de São Gonçalo-PB também foi possível constatar tal contaminação por microorganismos patogênico oriundo do impacto ambiental sofrido por estas águas através de deságue dos esgotos das cidades de Marizópolis e Nazarezinho, bem como presença de residências próximas as margens do açude (FREITAS, 2012). Outro fato a ser considerado é que a média de chuvas no ano de 2012, período da pesquisa, ficou abaixo do esperado, contribuindo para um decréscimo significativo em relação ao volume total em metros cúbicos (m³) do açude de São Gonçalo-PB, conforme ilustrado na Figura 5.1.

Segundo FREITAS (2012), tal impacto ambiental é preocupante, pois, toda essa poluição difusa e continua proporciona o processo de eutrofização, o qual ocorre em ecossistemas lênticos, que é o caso do reservatório em estudo.

No ponto A8, área de recreação e lazer, constatou-se os maiores índices microbiológicos em todas as amostras, perfazendo valores de Coliformes totais e termotolerantes, tanto no inverno, como no verão, 1600 NMP/mL (Figuras 5.6 e 5.7, respectivamente). Assim, essas proporções de coliformes, indicam que o ponto A8 está impróprio para recreação de contato primário, por não atender aos critérios estabelecidos para as águas próprias. Na localidade, há presença de resíduos sólidos e líquidos, inclusive esgotos sanitários capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável à recreação, de acordo com a resolução que trata sobre a

balneabilidade das águas, cuja condição de avaliação baseia-se nas categorias própria e imprópria.

De acordo com a Resolução CONAMA 274, de 29 de novembro de 2000, os padrões estabelecidos para as condições de balneabilidade das águas doces, baseiam-se em categorias, definidas de acordo com os teores de coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli*, conforme indicado na própria Resolução do CONAMA 357 de 2005, em que as águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias: Excelentes, muito boa, satisfatórias, imprópria.

Nos estudos de Lopes, Magalhães Junior, Pereira (2008) que monitoraram a Qualidade das Águas e Condições de Balneabilidade na Bacia do Ribeirão de Carrancas-MG, visando a investigação das condições locais de balneabilidade, especificamente da Cachoeira da Fumaça, detectaram a presença de coliformes fecais, cujos resultados excederam o limite de 1.000 NMP/100mL estabelecido pela Resolução CONAMA no 274 de 2000, classificando desta forma, o balneário como impróprio para atividades de recreação de contato primário. Tal fato pode estar relacionado ao lançamento de efluentes sem tratamento prévio a montante do balneário, bem como às atividades de pecuária na bacia, as quais, juntas, proporcionam uma maior concentração de material fecal nas águas do Ribeirão de Carrancas.

Sabe-se que a água tratada para consumo humano pode ser perfeitamente límpida, inodora e insípida e ainda constituir-se imprópria para o consumo humano, sem apresentar riscos à saúde, ou seja, para tornar-se potável a água deve ser tratada, limpa e sem contaminação (PEREIRA; CABRAL, 2008). Segundo a legislação brasileira, a água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras devem estar em conformidade com o padrão microbiológico estabelecido pelo Ministério da Saúde, com ausência de *E. Coli* e coliformes totais (BRASIL, 2011).

O tratamento da água em si não garante a manutenção da condição de potabilidade, podendo ocorrer contaminação entre o tratamento, distribuição e consumo, porém, visa reduzir a concentração de poluentes até o ponto em que não apresentem riscos para a saúde pública (AMARAL *et al*, 2003).

Diante desta contextualização, estudou-se a qualidade das águas de consumo humano (tratada) nas escolas públicas de Ensino Fundamental do Distrito

de São Gonçalo-Pb, cujos pontos de amostragem foram NU2, NHI2, NHII2 e NHIII2, coletadas nas torneiras das cozinhas dessas Escolas.

Os resultados microbiológicos apontaram que os pontos NU2 (Núcleo urbano do referido Distrito) e NHI2 (Núcleo Habitacional I), (ilustrados nas Figuras 5.9 e 5.10, respectivamente), apresentaram similaridades nos valores de NMP de coliformes totais e termotolerantes, nas duas estações do ano, registrando apenas <2,0 NMP/100mL. E foram realizados testes de ausência e presença de coliformes termotolerantes e estes deram positivos. Tanto a localidade NU2 como NHI2 possuem proximidades com a estação de tratamento de águas.

Nos pontos NHII-2 e NHIII-2, situados respectivamente nos núcleos habitacionais II e III, os resultados microbiológicos demonstraram não conformidades com as especificações vigentes Portaria MS nº 2914, uma vez que apontaram valores de NMP de coliformes elevados, conforme Figura 5.9 e 5.10. Acredita-se que a provável causa pode ser atribuída à má manutenção da rede hidráulica, que segundo informações de moradores locais, seriam antigas e deterioradas, e/ou de higienização ineficiente. Outro agravante pode ter relação com a construção da Rodovia da Produção, que no período do estudo, encontrava-se em obras, o que poderia proporcionar sérios impactos ao meio ambiente, bem como rompimento da rede de distribuição de água e de esgoto.

Pelos dados expressos na Tabela 5.3, foi possível verificar que houve uma discreta alteração desses resultados comparando os pontos NHII-2 e NHIII-2, em relação às estações climáticas. Os Coliformes totais se mantiveram com mesmo valor de 1600 NMP/100mL no período chuvoso, enquanto que no verão, observou-se que houve variação de 240 NMP/100mL a 1600NMP/100mL no ponto NHII-2 e de 17NMP/mL a 1600NMP/mL no ponto NHIII-2 (Figura 5.9). Já em relação aos coliformes termotolerantes, verificaram-se diferenças entre as estações climáticas, nos dois pontos monitorados os quais indicaram: no NHII-2, durante o inverno e verão, o resultado variou entre <2,0 NMP/100mL a 900NMP/mL, enquanto que no ponto NHIII-2, os números mostram que na estação chuvosa houve uma variação de 30NMP/100mL no período de maior precipitação, enquanto manteve uma constante de 17NMP/100mL, durante as três coletas realizadas nos meses de menor precipitação (Figura 5.10).

Figura 5. 9 Índices de Coliformes Totais NMP/100mL, para as amostras de águas tratada.

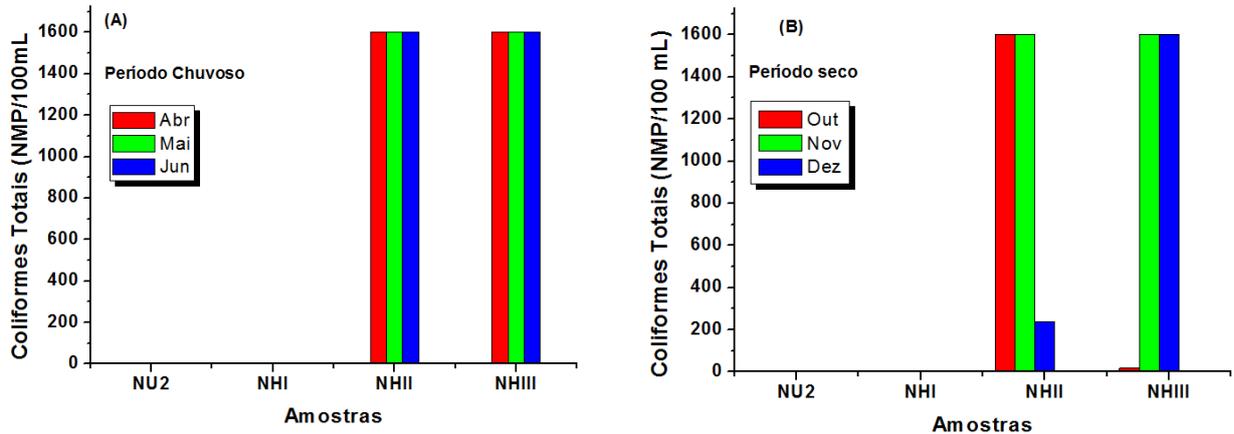
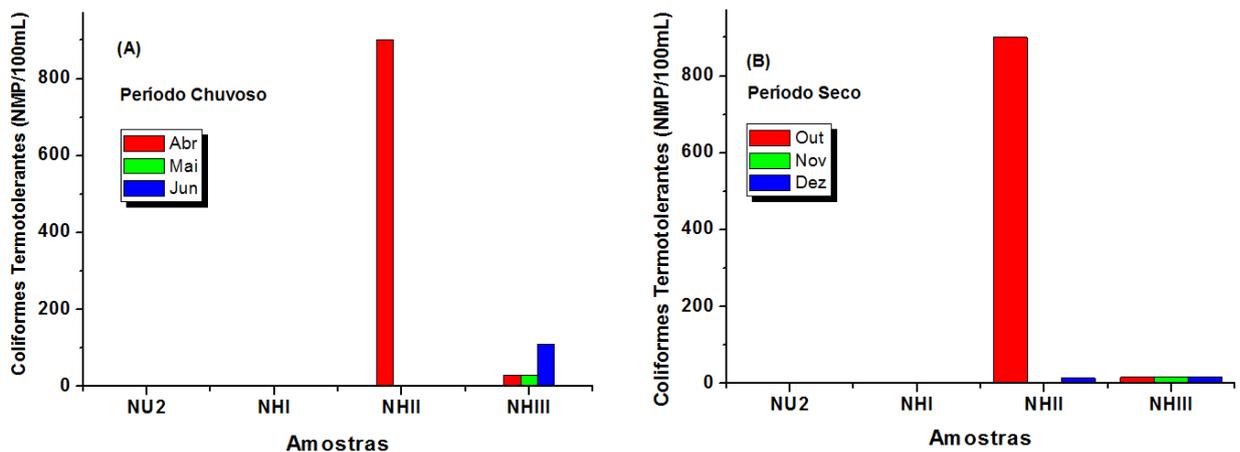


Figura 5. 10 Índices de Coliformes Termotolerantes NMP/100mL, para as amostras de águas tratada.



As águas tratadas analisadas nos pontos NHII-2 e NHIII-2 estão impróprias para consumo humano, pois foi detectada a presença de coliformes totais e termotolerantes na maioria delas. Assim, segundo os critérios de potabilidade, a presença de coliformes totais e termotolerantes na água tratada, torna-a imprópria para consumo humano. Conforme Brasil (2006), o tratamento da água em si não garante a manutenção da condição de potabilidade, podendo ocorrer contaminação entre o tratamento, distribuição e consumo.

Os resultados das análises estudadas nos pontos acima mencionados indicam um grave problema de contaminação, pois de acordo com a legislação vigente, há uma obrigatoriedade na ausência desses microorganismos (CT e CTo) para toda água de consumo humano. Já em relação à balneabilidade, podemos classificá-las em próprias e satisfatórias para recreação de contato primário, de acordo com Res nº 274/2000, Art. 2º do CONAMA.

5.3 Indicadores Básicos das Condições Sanitárias e Sócio Ambientais Relevantes à Saúde

De acordo com a Tabela 5.4 seguem tabulados dados secundários coletados na Secretária de Saúde do Município de Sousa – PB, junto a Coordenação de Sistema de Informação a Atenção Básica, por meio do SIAB, referente ao tipo de abastecimento e de tratamento de água no perímetro irrigado de São Gonçalo – PB. É importante ressaltar que a captação e o tratamento de águas para a população urbana do referido perímetro é realizado pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), entretanto após municipalização, a distribuição é de responsabilidade do Departamento de Águas e Esgotos e Saneamento Ambiental (DAESA).

Tabela 5. 4 Caracterização do Tipo de Abastecimento e Tratamento de Água no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, PB.

Famílias Cadastradas	Abastecimento de Água			Tratamento de Água			
	Rede Pública	Poço/Nascente	Outros	Filtração	Fervura	Cloração	Sem Tratamento
763	500	83	180	122	03	611	27
%	65,53	10,88	23,59	15,99	0,39	80,08	3,54

FONTE: SIAB, 2013

Das 763 famílias cadastradas no SIAB, 65,53% utilizam água da rede pública; 10,88% captam a água de poço/nascente e 23,59% de outras fontes; dessas famílias, 15,99% tratam a água consumida através da filtração, 0,39% fervem, 80,08% utilizam-se da cloração, enquanto 3,54% não tratam a água de consumo. Pode-se inferir que a maioria da população (65,53%) utiliza a rede pública para o

abastecimento de água e em relação ao tratamento utilizado, 80,08% da população faz uso da cloração como método de tratar a água. Ressalta-se que, a relação existente entre as formas de abastecimento e tratamento utilizado também determinam e influenciam a saúde humana. Constata-se que em proporções menores, 10,88% e 23,59%, alguns moradores utilizam outras formas de captação da água para consumo, como poço/nascentes e outros, respectivamente. Essas situações poderão facilitar a propensão de doenças diarreicas. Observa-se ainda que 15,99% das famílias utilizam a filtração como método de tratamento. No entanto, é importante ressaltar que essa prática não garante a total qualidade bacteriológica da água. A cloração é utilizada por 80,08% dos moradores da área estudada. Acredita-se que o uso de derivados clorados tem contribuído para o controle das doenças de veiculação hídrica e alimentar, segundo relatos da EMBRAPA (2006).

A Tabela 5.5, expõe as formas utilizadas pela população do local de estudo em relação ao destino do lixo, fezes e urina.

Tabela 5. 5 Formas utilizadas pela população para o destino do lixo, fezes e urina

Famílias Cadastradas	Destino das Fezes e Urina		Destino do Lixo			
	Fossa	Céu Aberto	Coleta Pública	Queimado/Enterrado	Céu Aberto	Esgoto
763	258	183	207	424	132	322
%	33,81	23,98	27,13	55,57	17,30	42,20

FONTE: SIAB, 2013

Observa-se pela Tabela 5.5 que das 763 famílias cadastradas, 33,81% utilizam a fossa para o destino das fezes e urina, enquanto 23,98% remetem os dejetos a céu aberto. É de suma importância frisar que o destino inadequado dos dejetos contribui para a contaminação de mananciais, e conseqüentemente para o surgimento de doenças parasitárias e intestinais, num contexto bastante desfavorável para a saúde humana e do ecossistema.

Portela *et al* (2011), realizou trabalho correspondente a uma revisão bibliográfica cujo objetivo foi encontrar evidências em trabalhos científicos sobre os riscos de saúde trazidos pela ausência de saneamento, principalmente as doenças diarreicas, que tem nas crianças as suas principais vítimas, e verificou que a associação entre a incidência de diarreias e destino dos dejetos foi mencionada em 41,8% dos estudos verificados nessa pesquisa.

Considerando ainda os resultados apresentados na Tabela 5.5, foi possível apontar em relação ao destino do lixo, que 27,13% recorrem à coleta pública, 55,57%, queimam ou enterram o lixo, 17,30% desprezam os dejetos a céu aberto e 42,20% utilizam a rede de esgotos para este fim. Tomando estes parâmetros, constata-se que a disposição inadequada de resíduos sólidos próximos aos cursos de água pode ser considerada um dos mais negativos impactos ambientais, podendo provocar, entre outras coisas, contaminação de corpos d'água, assoreamento, enchentes, proliferação de vetores transmissores de doenças, poluição visual, mau cheiro e contaminação do ambiente.

Destaque-se que o processo de queima do lixo não é um tratamento adequado, já que essa prática pode provocar incêndios, emissão de gases poluentes e perda das propriedades nutricionais do solo, podendo acarretar uma cascata de malefícios ao meio ambiente em questão.

Esses problemas apresentados são reforçados por Barcellos; Quitério (2006), em estudo realizado sobre a vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde (SUS). Os autores ressaltaram a exposição como objeto específico da vigilância ambiental em saúde, que deve ser tratada não como um atributo da pessoa, mas do conjunto de relações complexas entre a sociedade e o ambiente. Esse esforço pressupõe também a ampliação das ações ambientais coordenadas pelo setor saúde, que tem se mantido como parceiro de outros setores, principalmente nas ações de saneamento.

Os índices apresentados nas Tabelas 5.4 e 5.5 refletem uma condição de vulnerabilidade da população a fatores determinantes na disseminação de doenças diarreicas. Os dados apresentados na Tabela 5.6, relativa aos registros de casos de diarreia no Perímetro em estudo, durante os anos 2011, 2012 e 2013, revelaram que mesmo subnotificados, segundo informações da Coordenação de Vigilância Epidemiológica e Ambiental do Município de Sousa - PB, a intensa relação com os fatores de condições sanitárias, causadas principalmente pela falta de saneamento,

contribuem para o adoecimento da população, em especial as crianças. Acredita-se que tais episódios diarreicos estejam relacionados à qualidade da água, destino dos dejetos de forma inadequada, bem como dos resíduos sólidos.

Assim sendo, os possíveis impactos ambientais oriundos desses indicadores poderão comprometer as atividades agroindustriais desenvolvidas no perímetro irrigado em estudo.

Tabela 5. 6 Casos de diarreia registrados em 2011, 2012 e 2013 no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB

Anos	Faixa Etária				Total de Casos
	< 1	1 a 4	5 a 9	10 +	
2011	3	10	6	11	30
2012	1	9	5	14	29
2013	9	26	22	23	80

FONTE: Coordenação de Vigilância Epidemiológica e Ambiental – Sousa PB, 2013

6 CONCLUSÃO

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, os resultados permitem afirmar que:

1. Em relação à água bruta referente ao açude de São Gonçalo-PB, todas as amostras apresentaram resultados físico-químicos dentro dos limites vigentes (Resolução CONAMA 357/05). Entretanto, as análises microbiológicas indicaram que nos pontos A3 e A4, para o critério de balneabilidade, as águas foram consideradas satisfatórias; já os pontos A6 e A8, para este mesmo critério, as águas foram consideradas impróprias (Resolução CONAMA 274/2000);
2. As análises físico-químicas referentes às amostras de água tratada atenderam as especificações das legislações vigentes. Entretanto, as análises microbiológicas dessas águas revelaram que em todos os pontos há presença de coliforme total e termotolerantes.
3. Os indicadores básicos das condições sanitárias e socioambientais registrados no SIAB em relação ao Perímetro irrigado de São Gonçalo-PB revelaram situações pontuais que comprometem a saúde humana e ambiental, fatores decorrentes da má manipulação da água, destino inadequado dos dejetos e resíduos pelos habitantes residentes no perímetro.

Por conseguinte, a partir desta pesquisa, podem-se apontar situações impactantes decorrentes das atividades agroindustriais e pecuária dentre outras, tais como, emissão de esgotos residenciais para áreas próximas as margens do açude; alto índice de desmatamento da mata ciliar; emissão de esgotos residenciais das cidades de Nazarezinho e Marizópolis, através de riacho que deságua no açude de São Gonçalo; exploração para lazer de área de mata ciliar; processo de degradação acentuada na área do vertedouro do açude; e a construção da Rodovia da Produção, os quais poderão ser minimizados através de um plano de ação estratégico traçado pelos gestores com a intenção de reduzi-los. Isto pode gerar subsídio para implementar o MDDA, no sentido de intensificar medidas sanitárias

eficazes no combate e controle dos eventos diarreicos, como também reforçar um sistema de notificação e acompanhamento, evitando assim, a subnotificação.

7. REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Volumes Açudes. Disponível em: <http://www.site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAçude.do?metodo=selecionarMesEAnoVolumesMensais>. Acessado em: 12/04/2013.

Agência Nacional das Águas (ANA), biblioteca. 2013. Acessado em 05/05/2012. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>.

ALBUQUERQUE, J. A.; MONTE, F. S. S.; PAULA, L. A. M. Avaliação do programa de transferência da gestão em perímetros públicos de irrigação: o caso de morada nova. **Documentos Técnico- Científicos**, v.41, n.04, 2010.

ALMEIDA, M. B. **Avaliação da qualidade microbiológica da água e qualidade de vida: estudo do caso de Carretéis e arredores** – Itabaianinha – SE. Dissertação de Mestrado – NESA/UFS. São Cristóvão, 2004

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROA, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, Jaboticabal, São Paulo, v. 37, n.4, p. 510 – 4, 2003.

ANDERSON, K. L.; WHITLOCK, J. E.; HARWOOD, V. J. Persistence and differential survival of fecal indicator bacteria in subtropical waters and sediments. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, n. 6, p. 3041-3048, 2005.

APHA. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 21. ed. United States of América. American Public Health Association, 2005.

ARAÚJO, D. C. A.; DANTAS NETO, J.; LIRA, V. M.; LIMA, V. L. A. Avaliação dos custos de energia elétrica no contexto operação e manutenção dos projetos públicos de irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n.12, p.1, 2011.

ASSUNÇÃO FILHO, J. K. M.; JUSTINO, L. G. MELO FILHO, L. P.; ROLIM NETO, M. L.; BARROS JUNIOR, J. Relação Saúde Ambiental/Saúde humana: (Re) conhecendo o cenário do programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental, **Neurobiologia**, v.73, n.3, 2010.

AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, I. G. D.; NETO, H. F. C.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência e Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v.17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade de água na agricultura**, Campina Grande: UFPB, 1991 (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).

BARBOSA, E. M.; BARATA, M. M. L.; HACON, S. S. A saúde no licenciamento ambiental: uma proposta metodológica para a avaliação dos impactos da indústria de petróleo e gás. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.17, n.2, p. 299-310, 2012.

BARBOSA, J. E. L. **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictimeral/sazonal) e de espaço (vertical/horizontal) no Açude Taperoá II. Trópico semi-árido paraibano.** 2002, 208f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Departamento de Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP.

BARCELO, A. A.; CABRAL, J. B. P.; BRAGA, C. C.; ROCHA, I. R. Caracterizações Físicas e Químicas das águas dos afluentes da UHE CAÇU. **Revista Geonorte**, Amazonas, Edição especial, v. 3, n. 4, p 739-749, 2012.

BARCELLOS, C.; QUITÉRIO, L. A. D. Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no sistema único de saúde. **Rev. Saúde Pública**. v.40, n.1, p.170-7, 2006.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. Controle ambiental da água. In: PHILIPPI, J. R, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. Curso de Gestão Ambiental. Barueri: Manole, 2004. cap. 3, p. 53-99. In: CUNHA *et al*, Análise microbiológica da água do Rio Itanhém em Teixeira de Freitas - BA. **Revista Biociências**, UNITAU v.16, n.2, 2010 Disponível em: periodicos.unitau.br.

BECHARA, F. C.; CAMPOS FILHO, E. M.; BARRETO, K. D.; GABRIEL, V. A.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 9-11, 2007.

BERNARDO, S. IMPACTO AMBIENTAL DA IRRIGAÇÃO NO BRASIL. Palestra 2008. Disponível no site: http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec_2008/winotec2008_palestras/Impacto_ambiental_da_irrigacao_no_Brasil_Salassier_Bernardo_winotec2008.pdf. Acessado em: 10/06/20012.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Ed. UFV. 2006. 611p.

BETTEGA, J. M. P. R.; MACHADO, M. R.; BRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C. A. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciênc. Agrotec**. Lavras, v.30, n.5, p.950-54, 2006.

BORGES, D. V. C. **Avaliação da qualidade da água e ocorrência de cianobactérias do ribeirão do funil, Ouro Preto-MG.** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, OURO PRETO, MG. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica. Organização Pan- Americana da Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2004, 116 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria dos Recursos Hídricos, CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** 2005, p. 23.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004** Legislação de Potabilidade da água. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro. Petrolina: **Embrapa Semi-Árido**, 2007. cap. 1, p. 13-32. Disponível no site: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/catalogo/REC000gd3cztoj02wx5ok0rofsmqsyny0ll.html. Acessado em: 02/11/2013.

BRUM, Argemiro J. **Modernização da Agricultura – Trigo e Soja**, Petrópolis: Vozes, 1988.

BUSS, D. F.; BATISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n.2, p.465-473, 2003.

CAMARA, V. M.; TAMBELLINE, A. M. T; CASTRO H. A; WAISSMANN. Saúde ambiental e saúde do trabalhador: epidemiologia das relações entre a produção, o ambiente e a saúde. In Rouquariol M Z. Almeida filho N. **Epidemiologia e Saúde**, Rio de Janeiro: MEDSI; 2003. p 469-497.

CAMARGO, M. F.; PAULOSSO, L. V. Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda – MT. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 77-82, 2009.

CAMPOS, J. A. D. B.; FARACHE FILHO, A; FARIA, J. B. Qualidade da água armazenada em reservatórios domiciliares: parâmetros físico - químicos e microbiológicos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.1, p. 63-67, 2003.

CARNEIRO, F. M.; CAMPOS, R. T. Análise Ex Post do estudo de impacto ambiental: O caso do Açude atalho em Brejo Santo: Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, n. 2, 2006.

CARVALHO, A. P.; NETO, J. M. M.; LIMA. V. L. A.; SOUSA, R. F.; SILVA, D. G. K. C. Aspectos qualitativos da água do açude de Bodocongó em Campina Grande – PB. **Engenharia Ambiental**, Espírito santo do Pinhal, v. 5, n. 2, p. 094-109, 2008.

CASALI, C. A. **Qualidade da Água para Consumo Humano Ofertada em Escolas e Comunidades Rurais da Região Central do Rio Grande Do Sul**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, 2008.

CASTRO, C. N. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA)** - Número 02 – 2009

_____. **Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade do Projeto.** ISSN 1415-4765, JEL: Q2, Q25 TEXTO PARA DISCUSSÃO. (IPEA). Rio Janeiro, fevereiro de 2011.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do trópico semi-árido.** 1995. 192f. Tese (Doutorado do Instituto de Ciências Biomédicas II) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

CEBALLOS, B. S. O; SOARES, N. E. E.; MORAES, M. R; CATÃO, R. M. R.; KONIG, A. Microbiologic al aspects of an urban river used for unrestricted irrigation in the semi-arid region of north-east Brazil. **Water Science and Technology**, v. 47, n. 3.p. 51-57. IWA - International Water Association, London, UK, 2003.

CESA, M. V; DUARTE, G. M. A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica. **Geosul**, Florianópolis, v.25, n.49, p. 63-79, 2010;

CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. **RELATÓRIO TÉCNICO.** 2005, p.09.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). **Resoluções do Conama:** Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 13/07/2012.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). **Resoluções 27ª de 29 de novembro de 2000.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 13/07/2012.

CUNHA, A. H.; TARTLER, N.; SANTOS, R. B.; FORTUNA, J. L. Análise microbiológica da água do rio Intanhém em Terceira de Freitas – BA. **Revista biociências**, Itaú. v.16, n.2, 2010.

CUNHA, A. C; CUNHA, H. F. A.; BRASIL JUNIOR, A. C. P.; DANIEL, L. A.; SCHULZ, H. E. Qualidade Microbiologica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo amazonas: o Caso do Amapá. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.9, n. 4, p.322-28, 2004.

CURI, R. C; CURI, W. F; ALMEIDA, M. A. Alternativas de operação de perímetros irrigados com base no uso da água de reservatórios superficiais e subterrâneos. **XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.** 2002. Disponível em: aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/22716/14915. Acessado em: 31/10/2013.

Decreto Lei 236/98. **Ministério do Meio Ambiente.** 1998. Disponível no: <http://dre.pt/pdfgratis/1998/08/176A00.PDF>

DEPARTAMENTO NACIONAIS DE OBRAS CONTRA A SECA (DNOCS). Relatório do DNOCS. João Pessoa, 1996.

DINIZ, C. R.; BARBOSA, J. E. L. **Efeitos das ações antrópicas sobre a qualidade da água do Açude Novo**, Itatuba-PB, Brasil. 2008 Disponível em: www.iea.usp.br/waterlat/trabalhos/EFEITOS.pdf. Acessado em: 29/08/2012.

EMBRAPA. **Manual de editoração**. 2. ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: <<http://manual.sct.embrapa.br/editorial/default.jsp>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

FIGUEIREDO, V. B.; MEDEIROS, J. F.; ZOCOLER, J. L.; SOBRINHO, J. E. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola** Jaboticabal, v.29, n.2, p. 231-340, 2009.

FRANCO, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; VANZELA, L. S. **Utilização dos parâmetros coliformes totais e fecais e oxigênio dissolvido na avaliação da qualidade de água para irrigação na microbacia do córrego três barras, Marinópolis, SP**. Congresso Brasileiro de engenharia agrícola, Bonito-MG, 2007.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.10, n.4, p.993-1004, 2005.

FREITAS, M. I. A. **Sub Bacia do Alto Piranhas, Sertão Paraibano: Percepção ambiental e Perspectivas na Gestão dos Recursos Hídricos**. Dissertação. Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA. UFPB. João Pessoa – PB, 2012.

FONSECA, V. Clima e saúde humana. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Aracajú: UFA, 2004.

FRAVET, A. M. F. **Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu – SP e Saúde Pública**. Dissertação. Faculdade de Ciência Agrônômicas da UNESP. Botucatu – SP. 2006.

GBUREK, W. J.; SHARPLEY, A. N. Hydrologic controls on phosphorus loss from upland agricultural watersheds. **J. Environ. Qual.**, n. 27, p. 267-277, 1997.

GELDREICH, E. E.; CRAUN, G. F. Barreras múltiples para la protección y el tratamiento del abastecimiento de agua potable: um método probado de prevención de La propagación de las enfermedades transmitidas por el agua. In: **La Calidad del Agua Potable en America Latina: Ponderación de los Riesgos Microbiológicos contra los 10 Riesgos de los Subproductos de la Desinfección Química**. Washigton: Craun, G.F.; Castro, R., 1-6. ILSI Press, 1996.

GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. **American Public Health Standart Methods for the examination of water and wastewater**. 18ed. Victor graphics Inc., Baltimore, 1992.

GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola** – Química Ambiental. p. 19-30, 2001.

GURJÃO, K. C. O.; VIEIRA, H.; CAETANO, J. L.; BARBOSA, M. V.; RIBEIRO, S. N.; SILVA, R. R. Avaliação das Condições Ambientais do Açude de São Gonçalo-Pb. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2009.

JOVENTINO, E. S.; SILVA, S. F.; ROGÉRIO, R. F.; FREITAS, G. L.; XIMENES, L. B.; MOURA, E. R. F. Comportamento da diarreia infantil antes e após consumo de água pluvial em município do semiárido brasileiro. **Texto & Contexto - Enfermagem**, Florianópolis, v.19, n. 4, p. 691-9, 2010.

KRAUSE, G.; RODRIGUES, A. F. **Recursos hídricos do Brasil**. MMA –SRH. Brasília, 1998. 33p.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: Avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.10, n.3, p. 219-228, 2005.

LIMA, C. O.; BARBOSA, M. P.; LIMA, V. L. A.; SILVA, M. J. Uso de imagens TM/Landsat-5 e termometria na identificação e mapeamento de solos afetados por sais na região de Sousa-PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.361-363, 2001.

LOPES, F. W. A.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; PEREIRA, J. A. A. Avaliação da Qualidade das Águas e Condições de Balneabilidade na Bacia do Ribeirão de Carrancas-MG. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.13, n.4 p.111-120, 2008.

MACHADO, C. J. S. Por uma negociação sociotécnica na gestão integrada dos recursos hídricos. **ABRH-Notícias**, Porto Alegre, v. 7, p.20-21, 2002.

MAIA, J. L.; GUEDES, J. A. Percepção ambiental dos recursos hídricos no município de Francisco Dantas – RN. **Sociedade e território**, Natal, v 23, n 2, p. 90-106, 2011.

MARQUELLI, W. Q.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Irrigação por aspersão em hortaliças/qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília,DF: **Embrapa Informações Tecnológicas**, 2001. p 11.

MARTINS, R. F.; FROEHNER, S. Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n.8, p. 2020-2026, 2008.

MEDEIROS, G. A.; ARCHANJO, P; SIMIONATO, R; REIS, F. A. G. V. Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do córrego recanto, em americana, no Estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, v.28, n.2. 2009.

MELO, A. D. **Operação de reservatórios no Semi-árido considerando critérios de qualidade de água.** 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

MENDES, B. **Microbiologia da água.** In Ferreira, W. F. C, Sousa, J. C. F.; Lima, N. (coords.). Microbiologia. Lidel- Edições técnicas, Lda. Lisboa. 2010, 622 p..

MENDES, J. S; CHAVES, L. H. G; CHAVES, I. B. Qualidade de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Congo, PB. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 333-342, 2008.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.

MOISEENKO, T. I. Ecotoxicological approach to water quality assessment. **Water Resources**, v. 32, n. 2, p.163-174, 2005.

MOURA; R. S; HERNANDEZ, F. B. T; LEITE, M. A; FRANCO, R. A. M; FEITOSA, D. G; MACHADO, L. F. Qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do córrego do cinturão verde, município de ilha solteira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.5, n. 1, p.68–74, 2011.

NAIME, R. H; CARVALHO, S; NASCIMENTO, C. A. Avaliação da qualidade da água utilizada nas agroindústrias familiares do vale dos sinos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v.2, n.1, p. 105-119, 2009.

NUNES, S. P. O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a ideia de desenvolvimento rural. DESER BOLETIM ELETRONICO CONJUNTURA AGRICOLA DEPARTAMENTO DE ESTUDOS SOCIO ECONOMICOS DE ESTUDOS RURAIS Nº157, 2007.

NETO, N. F. S.; MACEDO, M. L. A.; ANDRADE, A. R. S.; FREITAS, J. C.; PEREIRA, E. R. R. Análise do perfil agrícola do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 155-172, 2012.

PAULA, E. C.; SILVA, L. P. Ambiente e Saúde: avaliação na microbacia da Serra Clara, Alto Sapucaí, Delfim Moreira, Minas gerais. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Rio Grande do Sul, v.4, n.14, p.53-68, 2012.

PEREIRA, I. V.; CABRAL, I. E. Diarreia aguda em crianças menores de um ano: subsídio para o delineamento do cuidar. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v.12, n.2, p. 224, 2008.

PINHEIRO, J. C. V; CARVALHO, R. M. Gestão dos recursos hídricos no sistema agroindustrial nordestino: uma abordagem teórica. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, G&DR**, Taubaté,SP, v. 6, n. 1, p. 52-72, 2010,

PORTARIA MS Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acessado em 01/08/2012.

PORTELA, R. A.; SOUTO, W. M. S; LEITE, V. D; TORQUATO, S. C. A incidência das doenças diarreicas e a sua relação com a ausência de saneamento: uma revisão bibliográfica. **Hygeia**, Uberlândia, v. 7, n.13, p.150-156, 2011.

QUEIROZ, J. R. M. **Água de consumo distribuída à população e ocorrência de diarreia: um estudo ecológico no município de Vitória – ES**. 2006. 131f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

QUEIROZ, J. T. M.; HELLER, L.; SILVA, S. R. Análise da correlação de ocorrência da doença diarreica aguda com a qualidade da água para consumo humano no município de Vitória-ES, **Saúde e Sociedade.**, São Paulo, v.18, n.3, p.479-489, 2009.

QUEIROZ, T. M; CARVALHO, J. A.; RABELO, G. F; ANDRADE, M. J. B. Avaliação de sistema alternativo de automação da irrigação do feijoeiro em casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p. 632-641, 2005.

RAMOS FILHO, H; MOREIRA, I. T; MOUTINHO, L. M. G. Projetos públicos de irrigação no semi-árido paraibano: migração, pobreza e exclusão social: um estudo dos casos de Condado e Santa Helena. Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. In: **XLIII CONGRESSO DA SOBER “Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial”**. Ribeirão Preto, Julho de 2005. Disponível no site: <http://www.sober.org.br/palestra/2/1010.pdf>. Acessado em: 02/11/2013.

RATTNER H. O desafio da água. Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Lideranças. 2010. Acessado em: 02/04/2011. Disponível em: <http://www.abdl.org.br/article/articleview/4170/1/97/>.

RODRIGUES, J. R. D. D.; JORGE, A. O. C.; BUENO, M. Avaliação da qualidade das águas de duas áreas utilizadas para recreação do rio Piracuama-SP. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 15, n.2, p. 88-94, 2009.

ROUQUAYROL, M. Z.; ALMEIDA FILHO, N. **Epidemiologia & Saúde**. 6ed. Rio de Janeiro, MEDSI, 2003, 708p.

SILVA, D. F.; GALVINCIO, J. D.; ALMEIDA, H. R. R. C. Variabilidade da qualidade de água na bacia hidrográfica do rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. **Qualit@S Revista Eletrônica**, v.9, n.3, 2010.

SILVA, M. M. A.; MEDEIROS, M. J. L.; SILVA, P. K.; SILVA, M. M. P. Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no

município de Alagoa Grande, PB. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, n. 1, p. 1519-5228, 2006.

SOUSA, C. F.; BACICURINSKI, I.; SILVA, E. F. F.; Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul no município de Taubaté-SP. **Revista Biociências**, Itaú, v.16, n.1, 2010. Disponível em periódicos. Unitau.br

SOUSA, J.; R.; M.; ALVINO, F.; C.; C.; WANDERLEY, J.; A.; C.; BRITO, M.; E.; B.; ARAÚJO FILHO, G.; D.; A.; Cultivo da melancia sob condições de déficit hídrico no semiárido paraibano, **Agropecuária científica no semiárido - ACCA**, Patos-PB, v. 8, n. 3, p. 37-44, 2012.

SUASSUNA, J. Potencialidades hídricas do Nordeste brasileiro. **Parcerias Estratégicas**, Brasília-DF, n. 20, p. 131-156, 2005.

TAKEDA, I.; FUKUSHIMA, A.; SOMURA, H. Long-term trends in water quality in an under-populated watershed and influence of precipitation. **Journal of Water and Environment Technology**, Vol. 7, No. 4, 2009.

TARGINO, I; MOREIRA, E. Estado e secas no Nordeste, IN: **Moreira, E (org). Agricultura familiar e desertificação**. João Pessoa: Editora Universitária, 2006.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas**. Três Lagoas-MS, v. 2, n. 2 – ano 2, 2005.

TEODORO, P. F; SANTOS, A. F. Qualidade da água da bacia do Rio das Pedras – Guarapuava (PR), baseado nos parâmetros que definem o Índice de Qualidade da Água (IQA). **Revistas. Unicentro**. 2011. Acessado em 23/06/2013. Disponível em: revistas.unicentro.br/index.php/guaiaraca/article/download/1129/1084.

TOMINAGA, M. Y; MIDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada, 1999. In: BEZERRA, N. S.; SOUSA, M. J. G.; PINHO, A. I. Análise microbiológica de água de cisternas na localidade Cipó dos Tomaz, município do Crato-CE. **Cadernos de Cultura e Ciência**, Crato, v.1, n.2, 2010.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2.ed. São Carlos Rima, IIE, 2005, 248p

VALLE JUNIOR, R. F; CANDIDO, G. H; NOGUEIRA, M. A. S; ABDALA, V. L. Monitoramento das variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais na bacia do Rio Uberaba – MG. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 05, n. 02, p. 150 – 163. 2012.

VASCONCELOS, F. R.; REBOUÇAS, R. H.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; SOUSA, O. V.; VIEIRA, R. H. S. F. Perfil de resistência antimicrobiana de *Escherichia coli* isoladas do Açude Santo Anastácio, Ceará, Brasil. **Revista Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.3, p.405-410, 2010.

VASCONCELOS, R. S.; LEITE, K. N.; CARVALHO, C. M.; ELOI, W. M.; SILVA, L. M. F.; FEITOSA, H. O: Qualidade da água utilizada para irrigação na extensão da microbacia do baixo Acaraú, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza v.3, n.1, p.30–38, 2009.

VIDAL, T. F. **Balanco de Macronutrientes no Açude Gavião/CE – uma nova abordagem**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE. 2011.

VERTONI, P. C.; GALLO, C. R. **Utilização de cloradores por difusão em poços rasos: cisternas para garantia da potabilidade da água**. Piracicaba: ESALC/USP; SEBRAE, 1994.66p.

ZANCUL, M. S. Água e saúde. **Revista Eletrônica de Ciências**. 2006. Acessado em: 15 Jun 2012. Disponível em: <http://cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art32/atualidades 2006>.

ZIMMERMANN, C. M; GUIMARÃES, O. M; PERALTA-ZAMORA, P. G. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n.7, p.1727-1732. 2008.

World Health Impact Assessment as part of Strategic Environmental Assessment. Geneva: World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe; 2010.

_____ Health Impact Assessment as part of Strategic Environmental Assessment. Geneva: World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe; 2004.

_____ Health Impact Assessment as part of Strategic Environmental Assessment. Geneva: World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe; 2001.

_____ World Health Organization (WHO). Health Impact Assessment as part of Strategic Environmental Assessment. Geneva: World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe; 1993.