

**UNIVERSIDADE TIRADENTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE**

**CARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DA BACIA  
COSTEIRA DO SAPUCAIA EM SERGIPE**

**ROSA CECÍLIA LIMA SANTOS**

Aracaju  
Fevereiro - 2016

**UNIVERSIDADE TIRADENTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE**

**CARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DA BACIA  
COSTEIRA DO SAPUCAIA EM SERGIPE**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Tiradentes como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Mestre em Saúde e Ambiente.

**ROSA CECÍLIA LIMA SANTOS**

**Orientadoras  
Maria Nogueira Marques, Dra.,  
Cláudia Moura de Melo, Dra**

Aracaju  
Fevereiro - 2016

***Este trabalho é dedicado aos meus pais***

***JOÃO VITOR SANTOS (In memoriam)***

***ZIUMAR MOURA LIMA SANTOS***

***Que me ensinaram a importância da simplicidade***

***da natureza no dia-a-dia de um ser humano feliz.***

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, pelo milagre da vida e pelas oportunidades que colocou em meu caminho, por me ter abençoado e sustentado em todos os momentos da minha vida. Obrigada por esse presente que agora me oferece. Obrigada pela graça que me destina. Por me ter proporcionado condições para a realização de mais uma etapa da minha vida.

À Profa. Dra. Maria Nogueira Marques, por ter me aceitado como orientanda, pela confiança na minha produção, pela orientação, ajuda, confiança e paciência. Digo sempre que tive muita sorte em escolhê-la como minha orientadora, pela paciência e ensinamentos acompanhados de tamanha humildade. Muito obrigada por tudo. Tenho a maior admiração a senhorita, tanto como profissional como pessoa. Obrigada por ter conseguido me ensinar Química.

À Profa. Dra. Cláudia Moura de Melo, pela orientação, confiança e paciência. Permitindo a minha continuação no mundo acadêmico, pelos ensinamentos e amizade.

Ao Professor Dr. Rubens Riscala Madie sua calma, seu jeito de falar e suas sugestões, que foram fundamentais para o meu crescimento intelectual e de vida.

À professora Dra. Andressa Coelho por participar da banca e pela ajuda e sugestões feitas.

Ao professor José do Patrocínio Hora por participar da banca e pelas sugestões.

Aos professores que gentilmente aceitaram meu convite para compor a minha banca avaliadora.

Ao Professor Dr. Ricardo Luiz Albuquerque Júnior, pela verdadeira amizade e auxílio no momento necessário, o qual é o responsável pelo meu seguir em frente, minha eterna gratidão.

Aos professores do Programa de Pós-graduação da Universidade Tiradentes, que contribuíram para minha formação, e a todos os funcionários do Campus Farolândia.

Ao professor Álvaro Silva Lima pelo apoio.

Ao professor Nelson de Sá, pela ajuda no laboratório.

Aos técnicos do Laboratório de Pesquisa em Alimentos, Roneval Felix e Paloma vocês são especiais.

Aos técnicos do Laboratório de Estudos Ambientais, Mayra, Danielli, Geiza e karoline.

A amiga Cassia do LEA obrigada por tudo, você é uma pessoa maravilhosa.

A dona Fátima senhora muito especial.

Aos técnicos do ITPS pelo apoio vocês são pessoas importantes.

Ao técnico da SRH Sergio você foi importante nesse estudo.

Aos amigos e amigas dos Comitês das Bacias Hidrográficas Japarutuba, Sergipe, Piauí e São Francisco, o convívio com vocês foi importante para os meus dias de estudo no mestrado, obrigada por tudo.

Aos colegas de mestrado, pelo convívio, o compartilhamento do conhecimento e companheirismo.

Aos amigos e amigas que construí no decorrer desses anos o meu muito obrigada.

Ao jovem Galileu que é muito especial, obrigada por tudo.

Aos moradores das comunidades pelas informações passadas, que foram valia para este trabalho.

Aos órgãos Públicos que forneceram gentilmente dados utilizados na presente pesquisa: SEMARH, IBGE, EMDAGRO, Prefeituras Municipais de Japarutuba, Pirambu e Pacatuba.

Aos funcionários e Alunos da Escola Municipal José Ferreira Carvalho vocês representam muito na minha jornada de trabalho e conhecimento

Meus agradecimentos à minha família, que contribuiu de forma primordial para minha formação.

Às minhas irmãs/amigas e aos amigos, Maria de Oliveira, Gildenilde Souza, Josely e Auréa, Elaine, Sonia Edilene, Purinha, Maria, Dona Fátima, Rosangela, Delma, Rosineide, Marileide, Denilza, Rita, Robson, Nivaldo, João Aquino, Lurdinha, Rosa Lucia, Andrea, Joana D'arc, Eduardo, Gorge e Alex pela amizade.

A minha irmã/amiga Josiene Lima pela amizade e colaboração em algumas etapas desse trabalho.

À minha amiga Helenice e Família pelo apoio no momento mais importante dessa dissertação, meu muito obrigada. A Barbara, pelo auxílio e dedicação nos trabalhos de campo e laboratório e pela amizade.

À minha Mãe Ziumar Moura Lima Santos, pela constante presença, amor e incentivo em todas as etapas da minha vida.

Aos meus filhos: Nilton, Roseany, Rosanny e Roseny, que em momentos de insegurança, deixei de dedicar-lhes minha companhia; vocês são meus eternos bebês e meus maiores bens, amo vocês.

Aos meus irmãos: Luzia, Neuza e Luciano obrigada pelo apoio que me foi dedicado.

Aos meus sobrinhos e netos/sobrinhos queridos, pela existência de vocês, que me fazem feliz.

Por fim, a todos que contribuíram por mais uma vitória.

# CARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DA BACIA COSTEIRA DO SAPUCAIA EM SERGIPE

## RESUMO

Com a expansão e intensificação das atividades humanas, os corpos hídricos estão sujeitos a sofrer alterações que podem comprometer a qualidade de suas águas. Por isso, torna-se importante o monitoramento qualitativo dos recursos hídricos, visando atender requisitos legais e garantir os usos previstos. Este estudo teve como objetivo caracterizar e monitorar a qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em coleta de dados, atividades de campo, laboratório e tratamento dos dados. As coletas foram realizadas em oito pontos, em período trimestral de agosto de 2014 a setembro de 2015. Na avaliação da qualidade da água, foi utilizado o Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico. Os resultados do Índice de Estado Trófico, ambos adotados pela Agência Nacional da Água. Sendo as análises das amostras realizadas de acordo com os procedimentos estabelecidos no Methods Standard, foram analisados os seguintes parâmetros: coliformes totais e termotolerantes, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total, temperatura, condutividade, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio e clorofila. Os resultados das amostras, classificam os corpos d'água em ótima, 2,5% aceitável e 95% boa. Desse modo, as águas estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA para águas doce classe 2. O resultado do Índice de Estado Trófico classificou as quarentas amostras como: 67% ultraoligotrófico, 20% oligotrófico, 2,5% mesotrófico, 7,5% eutrófico e 2,5% supereutrófico. Durante a realização das visitas foram feitos o levantamento do uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos com a realização de registro fotográfico. Os resultados mostram que dentre os principais usos e ocupação do solo e dos recursos hídricos na Bacia Costeira do Sapucaia, destacam-se a mineração, o cultivo de coco da Bahia com algumas áreas irrigadas, cana-de-açúcar, o abastecimento humano, a aquicultura, o turismo e o lazer.

**Palavras-chave:** Recursos Hídricos; Qualidade de Água; Meio Ambiente

## CHARACTERIZATION AND SOCIAL-ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE COASTAL BASIN OF SAPUCAIA IN SERGIPE

### ABSTRACT

With the expansion and intensification of the human activities, the water bodies are subject to suffer changes that might compromise the quality of their water. Therefore, it becomes important the qualitative monitoring of the water resources, to meet legal requirements and ensure the provided uses. The objective of this study was to characterize and monitor the quality of the water at the Coastal Basin of Sapucaia in Sergipe. The methodology used in this study employed data collection, field work, laboratory work and treatment of the data. The sampling took place in 8 distinct points, in a trimester basis, between August 2014 and September 2015. In the evaluation of the quality of the water, the Water Quality Index and the Trophic State Index, both adopted by the National Water Agency (ANA). The analysis of the samples was made according to the Methods Standards, and the parameters analysed were: total and thermotolerant coliforms, turbidity, pH, dissolved oxygen, total solids, total phosphorus, total nitrogen, temperature, conductivity, biochemical oxygen and chlorophyll demand. The sampling results classified the water bodies as excellent, 2,5% acceptable and 95% good. This way, the waters fit the standards required by the Resolution nº 357/2005 of CONAMA for class 2 fresh water. The result of the Trophic State Index classified the 40 samples as: 67% ultra-oligotrophic, 20% oligotrophic, 2,5% mesotrophic, 7,5% eutrophic and 2,5% super eutrophic. During the field visits, data was collected on the use and occupation of the soil and the hydric resources, by the employment of photographic registry. The results showed that, among the main uses of occupation of the soil, as the hydric resources in the Coastal Basin of Sapucaia, the ones that stood out were mining, the farming of coconut from Bahia with some irrigated perimeters, sugar cane for human use, aquaculture, tourism and leisure.

**Key-words:** Hydric Resources; Quality of Water, Environment

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1 Objetivo Geral .....	10
2.2 Objetivos Específicos .....	10
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
3.1 Bacia Hidrográfica .....	11
3.2 Água e Impactos Ambientais .....	13
3.3 Uso da Água e do Solo .....	18
3.4 Gestão dos Recursos Hídricos .....	21
3.5 Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento .....	24
<b>3.6 Índice de Qualidade de Água IQA</b> .....	<b>26</b>
3.6.1 Turbidez .....	27
3.6.2 Temperatura .....	28
3.6.3 Condutividade .....	28
3.6.4 Demanda Bioquímica de Hoxigênio .....	29
3.6.5 Fósforo .....	29
3.6.6 Nitrogênio .....	30
3.6.7 Oxigênio Dissolvido .....	31
3.6.8 pH .....	31
3.6.9 Sólidos Totais .....	32
3.6.10 Coliformes Termotolerantes .....	33
3.6.11 Clorofila a .....	33
<b>3.7 Índice do Estado Trófico (IET)</b> .....	<b>33</b>
<b>4. MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
4.1. Área de estudo .....	35
4.2 Coleta de Dados .....	38
4.2.1 Observação no Campo .....	38
4.2.2 Identificação dos Pontos de Coleta .....	39
4.3 Análise Química da Água .....	39
4.4 Índice de Qualidade de Água (IQA) .....	40
4.5 Índice de Estado Trófico (IET) .....	41
4.6 Elaboração de Mapas .....	44
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO I</b> .....	<b>44</b>
5.1 Nascentes .....	44
5.2 Aspectos socioambientais .....	47
5.3 Uso do Solo na Bacia .....	47
5.4 Uso da Água .....	57

5.5 Situação dos Ambientais da Bacia .....	61
5.6 Unidades de Conservação (UCs) na Área da BCS .....	62
5.7 Caracterização dos Pontos de Coletas.....	66
5.8 Registro Fotográfico .....	71
5.9 Pluviometria periodo de Estudo.....	80
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO II</b>	
6.1 Resultado das Análises Físico-Químico e Biológico .....	81
6.2 Temperatura .....	86
6.3 pH.....	86
6.4 Turbidez.....	87
6.5 Condutividade.....	89
6.6 Sólidos Totais .....	90
6.7 Oxigênio Dissolvido .....	91
6.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	92
6.9 Fósforo Total.....	94
6.10 Total.....	95
6.11 Clorofila a .....	96
6.12 Coliformes Termotolerantes.....	98
6.13 Aplicação dos índices para Avaliação da Qualidade da água .....	99
6.14 índice de Qualidade da Água – IQA da Bacia Costeira do Sapucaia.....	100
6.15 Índice de Estado Trófico – IET da Bacia Costeira do Sapucaia.....	102
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>103</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>104</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O volume de água doce na superfície da Terra é fixo, não podendo aumentar nem diminuir. A água recobre  $\frac{3}{4}$  da superfície da Terra com um percentual de 97,5% salgada, e 2,5% de água doce, a qual se apresenta sob forma facilmente utilizável pelo homem em rios e lagos. Sendo um dos elementos que compõem o universo, a que melhor simboliza a essência do homem constitui 70% do organismo, um elemento essencial a todas as formas de vida. Contudo, apesar de ser abundante no planeta, a água para uso humano existe em pequena disponibilidade (MAGALHÃES, 2004). Sabe-se que, os recursos hídricos além de atenderem o consumo humano são utilizados em inúmeras finalidades, destacando-se entre elas, o uso para a dessedentação de animais, irrigação, abastecimento público e múltiplo e variados usos na indústria (GUIMARAES; CARVALHO; SILVA, 2007).

A água no século passado era vista como um bem inesgotável, ao alcance de todos e sem qualquer valor económico para espécie humana. Todavia esta situação mudou drasticamente, ao crescimento populacional, que tornaram a água um recurso com valor económico e estratégico significativo. A água apesar de ser o composto mais abundante no Planeta, sua quantidade total é estimada em 1.360 milhões de Km<sup>3</sup>, deste uma pequena fração de água doce existente necessita de tratamento para cumprir com os parâmetros de qualidade atuais, antes ser de utilizada pelo homem (Fernandes, 2010).

O ser humano surgiu tardiamente na história do Planeta, entretanto tem sido capaz de modificar o meio ambiente para adaptá-lo a suas necessidades, desta forma ocasionando impactos, degradação da qualidade dos recursos hídricos, na biodiversidade da fauna e flora e no empobrecimento do solo. Os poluentes podem ser origem química, física ou biológica, sendo que em geral a adição de um tipo destes altera as características da água. As consequências de um determinado poluente dependem das suas concentrações, do tipo de corpo d'água que o recebe e dos usos da água. As águas doces podem ser consideradas os ecossistemas mais degradados do planeta, com mais perdas de espécies e habitat que qualquer outro ecossistema terrestre. Com a quantidade de intervenções antrópicas, esse recurso pode ser visto, como não renovável em alguns casos, e tonando em algumas regiões a água escassa (TUCCI 2008, 2010). Segundo Rijsberman (2006) é difícil determinar, se de facto existe escassez de água no planeta ou se o recurso está disponível, mas deveria ser utilizado de modo mais adequado. Em certas regiões ocorre a denominada "escassez hídrica qualitativa", em que a disponibilidade de água é afetada pela poluição química, microbiológica e térmica, passando a apresentar qualidade inadequada ao padrão requerido pela finalidade que se apresenta. Em tal situação, o corpo d'água está deteriorado, sendo prejudicial ou nocivo à saúde.

De acordo com Cosgrove e Rijsberman, (2000), o consumo de água aumentou seis vezes no século passado devido ao aumento da população mundial que triplicou. A qualidade da água torna-se um dos indicativos da qualidade da saúde humana, esses indivíduos dependendo do suprimento de água potável segura, adequada, acessível e confiável. Desse modo, a crescente demanda para todos os usos da água possibilitou e possibilita, a elaboração de políticas e legislações específicas, ao mesmo tempo em que consagraram a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Historicamente, a bacia hidrográfica tem sido adotada como uma unidade territorial para o gerenciamento dos recursos hídricos, pois possibilita uma perfeita interação entre os meios físico e biótico com as várias formas de usos da terra, assim como dos recursos naturais, dos quais os hídricos se destacam (Machado & Torres, 2012).

Lidar com a degradação dos corpos hídricos é uma probabilidade real em países com disponibilidade de água. Em termo de disponibilidade hídrica, o Brasil conta com 12% do total mundial dos recursos hídricos, entretanto, a distribuição espacial é desigual no território. Além da distribuição desigual, a carência de vigilância e cuidados, associado às heterogeneidades sociais, tanto na área urbana quanto na área rural. (MELO E SOUZA, *et al.*, 2009). Nos últimos 60 (sessenta) anos, foram acrescentados de um ciclo de poluição, com a utilização de mil litros de água, outros dez mil são poluídos, o que torna a água um recurso precioso. (BRASIL, 2011).

No Brasil, apesar do uso mais nobre dos recursos hídricos seja o consumo humano, os corpos hídricos de bacias hidrográficas têm apresentado progressiva degradação da qualidade de suas águas, muitas dessas ações antrópicas, são consequências da falta de informação (SOARES *et al.*, 2008). Estes acontecimentos ligados aos conflitos pelo uso da água, a exemplo dos barramentos dos cursos d'água na bacia, feitos ilegalmente por proprietários de terras, das retiradas de vazões de água com/sem outorga, da exploração mineral, e do lixiviamento de resíduos de agrotóxicos oriundos de cultivos agrícolas feitos nas margens ou no entorno dos rios, degradam os corpos d'água, tornando-se este um dos maiores desafios na atualidade. Dentre os vários ecossistemas do meio ambiente terrestre, o aquático é o mais importante e deve ser discutido de forma prioritária, pois a cada ano morrem cerca de 10 milhões de pessoas no mundo por beber água contaminada (VON SPERLING, 2007). Desta forma, a utilização dos recursos hídricos e a introdução de substâncias tóxicas pela agricultura nos corpos d'água têm demandado estudos de monitoramento e atenção especial dos gestores (MARQUES, *et al.*, 2012).

Os recursos hídricos brasileiros vêm sendo delineados e gerenciados pela Lei 9.433/1997, que institui a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Neste mesmo ano, o estado de Sergipe implantou a lei 3.870/97, que discorre acerca da Política Estadual de Recursos Hídricos, objetivando assegurar às atuais e futuras gerações, a disponibilidade

de água em padrões de qualidade e quantidade adequados aos respectivos usos. Atualmente de acordo com o Plano de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe de dezembro de 2012 e por meio da Resolução nº 25/5015 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, o Estado passa a possuir 08 (oito) Bacias Hidrográficas que são: as bacias do Rio São Francisco, Rio Vaza Barris, Rio Real, Rio Japarutuba, Rio Sergipe, Rio Piauí, Bacia Costeira do Sapucaia e Bacia Costeira Caueira Abais (SERGIPE, 2015).

Informação sobre a qualidade da água é essencial para que se conheça a conjuntura dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos na bacia hidrográfica e para que se planeje sua ocupação e seja cumprido o necessário controle deste (BRAGA *et al.*, 2006). Espera-se que, o trabalho ora desenvolvido seja utilizado no delineamento dos principais pontos de gestão de recursos hídricos na Bacia Costeira do Sapucaia, assim como dos possíveis conflitos socioambientais correlatados. A caracterização das bacias hidrográficas trinar-se um dos importantes levantamentos de análises hidrológicas, devido ao fato de apresentar dados importantes para o melhor atendimento da dinâmica ambiental local e/ou regional.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar a Bacia Hidrográfica Costeira do Sapucaia, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET), como o intuito de levantar informações para auxiliar na gestão da bacia hidrográfica.

### **2.2 Objetivos Específicos**

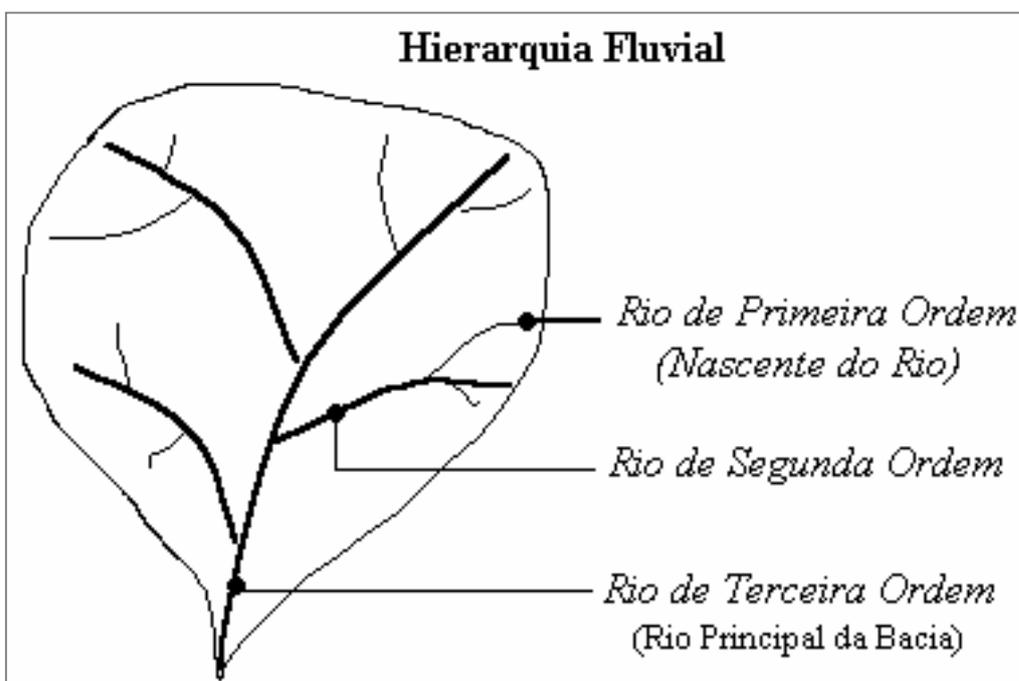
- Apresentar o uso e ocupação do solo da área da Bacia Hidrográfica Costeira do Sapucaia;
- Avaliar a qualidade da água dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica Costeira do Sapucaia mediante dados obtidos para os seguintes parâmetros de qualidade de água: pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos totais, clorofila-a, fósforo total, coliformes termotolerantes, nitrogênio, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio aplicando o Índice de Qualidade de Água – IQA.
- Determinar os Índices de Estado Trófico (IET) a partir do método proposto por Lamparelli (2004) e avaliar as variações do IET no período de estudo.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Bacias Hidrográficas

Segundo Christofolletti, (1980), a Bacia Hidrográfica é definida topograficamente como área drenada por um curso d'água ou por um sistema interligado de cursos d'água, tal que toda a vazão efluente seja descarregada por uma simples saída constituindo uma hierarquia fluvial (Figura 1)

**Figura 1.** Análise da Hierarquia Fluvial



Fonte: TUCCI, (1997)

Para Naghettini (2000), a Bacia Hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação em uma seção fluvial. Tundisi (2003) explana sua ideia de Bacia Hidrográfica, como uma unidade geofísica presente em todo território, e integra sistemas a montante, a jusante e as águas subterrâneas e superficiais pelo ciclo hidrológico.

A Bacia Hidrográfica é caracterizada como área de captação da água dimanada da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, o exutório, e compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único no exutório (TUCCI, 1997).

A bacia hidrográfica é definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação

através de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, ela faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída (Linsley e Franzini, 1978; Tucci, 1997). Isso significa que a bacia é o resultado da interação da água e de outros recursos naturais como: material de origem, topografia, vegetação e clima. Assim, um curso d'água, independentemente de seu tamanho, é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica (Brigante & Espíndola, 2003).

As Bacias hidrográficas são áreas de captação natural da água da chuva que corre por riachos e rios secundários, fazendo com que tal água saia em um único ponto, sendo de grande importância o estudo desta já que uma bacia hidrográfica não é um fator isolado, mas parte integrante de um meio ambiente de sociedade e natureza. Tais aspectos ajudam a justificar a importância dos trabalhos de pesquisa usando como recorte espacial as bacias hidrográficas, como menciona (SIQUEIRA e SILVA 2011) A bacia hidrográfica envolve ainda componentes estruturais e funcionais, processos biogeofísicos, econômicos e sociais, tornando-se assim uma unidade ideal para integrar esforços de pesquisa e gerenciamento, por isso vêm sendo utilizada como instrumento de percepção ambiental e atuando como um laboratório. Segundo Araújo (2010), as bacias hidrográficas são um conjunto de terras drenadas por um rio principal junto com os seus afluentes e que abriga naturalmente a existências de cabeceiras, divisores de água, cursos de água principais, afluentes e subafluentes, podendo ser principal, secundária ou terciária, costeira, central ou interior.

Para Lima e Zakia (2000), as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer alteração no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, ocasionará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da mudança e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

Assim, entende-se, por Bacias Hidrográficas, ambientes da superfície terrestre cujas áreas funcionam como receptores naturais das águas da chuva que é drenada das áreas mais altas para as mais baixas, seguindo uma hierarquia fluvial, até agrupar em um único ponto, formando um rio principal (POSTEL; THOMPSON, 2005).

A disponibilidade de água nas bacias hidrográficas “limpa” é um dos problemas mais importantes que a comunidade mundial está enfrentando, a qualidade da água não se refere ao grau de pureza absoluto ou próximo deste, mas sim a um padrão mais próximo possível do natural da água, ou seja, como ela se encontra nas nascentes, antes do contato do homem, mas simplesmente das características físico-químicas e biológicas e dependendo destas características são determinados diversos destinos para a água (MERTEN & MINELLA,

2002). A água é essencial para a existência e bem-estar do ser humano, devendo ser disponível em quantidade suficiente e de boa qualidade como garantia da manutenção da vida.

### **3.2 Águas e Impactos Ambientais**

A água elemento essencial para a formação e dinâmica dos solos, do clima, do funcionamento dos ecossistemas e da vida humana. Os recursos hídricos constituem habitat de incontáveis espécies; é indispensável para o funcionamento metabólico de todas as formas de vida e tem uma infinidade de usos como insumo direto ou indireto em tudo o que a humanidade utiliza e produz. A água homogeneiza quase todos os compostos químicos, especialmente os sais minerais nutrientes. Ao deslocar-se na superfície, transporta os compostos solubilizados, na superfície do solo, entre os poros do solo e nos cursos d'água, promovendo o funcionamento, pelo menos em parte, dos ciclos dos nutrientes. As características físicas da água são importantes para o ambiente. Devido ao seu elevado calor específico, é necessária muita energia para aquecê-la ou resfriá-la. A água é o elemento de ligação de todos os subsistemas ambientais. Qualquer degradação no ambiente causará desequilíbrios nos cursos d'água, trazendo consequências na disponibilidade e demanda, no equilíbrio dos ecossistemas, na manutenção da produção e na saúde da população (PRADO,2004).

Os elementos químicos presentes na água caracterizam-se por sua origem que geralmente está associada ao ciclo hidrológico, através de sua passagem pela natureza, carreando elementos do ar ou do solo. Também, de elementos provenientes da poluição causada pelo próprio homem. A contaminação química da água para consumo humano também pode ser ocasionada pela utilização das substâncias empregadas no seu tratamento resultando na formação de produtos secundários, alguns deles com potencial de risco para a saúde bastante significativa. As substâncias empregadas nas práticas de cultivo e controle de pragas da agricultura ou utilizadas no combate aos vetores de certas doenças também contribuem para a poluição das águas subterrâneas ou superficiais e são determinantes de sérios problemas de saúde. Ainda, destaca-se como elementos de poluição os despejos das indústrias e os poluentes das chaminés das fábricas quando carregados para os cursos de água (BARROS, 2008).

Para avaliar e entender o nível de degradação ambiental das bacias hidrográficas, do solo e dos corpos hídricos, em geral, será preciso entender o significado de "impacto ambiental" em toda a sua extensão. Segundo Coelho (2005), o termo "Impacto ambiental é o processo de mudanças sociais e ecológicas ocasionado por perturbações, tais como: ocupação e/ou construção de um objeto novo, moradias, uma usina, uma estrada ou uma

indústria no ambiente. Para Sánchez (2006), é uma alteração do meio ambiente provocada por ação humana, podendo ser benéfica ou adversa. Pode-se, então, postular que impacto ambiental pode ser causado por uma ação humana que implique: supressão de certos elementos do ambiente, destruição completa de hábitat.

Os impactos ambientais, sociais e econômicos da degradação da qualidade das águas se traduzem, entre outros, na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, no aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso industrial, na perda de produtividade na agricultura e na pecuária, na redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos (TUNDISI e MATSUMURA – TUNDISI, 2011).

Assim, o impacto provoca um dano, degradação, poluição e/ou contaminação da água. São alterações da sua condição natural, ao meio ambiente, envolvendo os corpos hídricos de uma forma geral no Brasil e no mundo. Então, atividade que provoca uma redução da disponibilidade hídrica que pode ser com relação à qualidade ou à quantidade, devido ao excesso na exploração dos mananciais de águas subterrâneas ou superficiais são consideradas impactantes. A redução via qualidade dá-se por meio da poluição dos mananciais, diminuindo as possibilidades de uso desses corpos hídricos. Sendo assim, para que se possa fazer a descontaminação desses ambientes necessita-se de tecnologias caras e sofisticadas (BARROS, 2008).

Para efeito da Resolução Conama Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

*I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*

*II - as atividades sociais e econômicas;*

*III - a biota;*

*IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*

*V - a qualidade dos recursos ambientais.*

Ações de origem antrópica afetam a integridade entre os rios e as áreas de drenagens de uma bacia hidrográfica. Destacam-se as ações, o desmatamento, o assoreamento, a poluição das águas e a depleção dos recursos hídricos para usos consultivos. Segundo

Stanford, *et al.*, (2014), alterações nos padrões de temperatura e precipitação podem resultar em impactos de curto prazo sobre a qualidade da água.

Um dos desafios para a gestão de bacias hidrográficas é a diversidade de fontes de poluição, à amplitude de áreas afetadas e à dificuldade de controle dessas fontes, que proporcionam efeitos intensos e persistentes sobre a integridade ambiental.

A história da humanidade está interligada à fixação de suas moradias às margens dos rios, utilizando esse recurso de forma predatória e insustentável. A exemplo, a civilização Egípcia que construíram suas moradias na planície fértil do rio Nilo condições essenciais para o desenvolvimento das atividades sociais (GUIMARAES, 2010).

Atualmente, o intenso uso dos recursos hídricos, pelos diversos ramos de atividades sociais e econômicas, dentre elas: a doméstica, agrícola e industrial, elevam o consumo de água, e a torna cada vez mais escassa, necessitando assim de um uso racional e equilibrado, de modo a garantir a sua conservação e sustentabilidade. A agricultura, em termos mundiais e responsáveis por cerca de 70% desse consumo, ocorrendo em certas situações um consumo bem maior em algumas regiões do globo (GUIMARAES, 2010). Os efluentes domésticos são formados por contaminantes orgânicos, nutrientes e microorganismos, que podem ser patogênicos. 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. Enquanto que os poluentes resultantes do escoamento superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais (MERTEN e MINELLA, 2002).

Na agricultura da cana-de-açúcar destaca-se, a produção de recursos energéticos de uso alimentar e animal, na produção de álcool combustível, renovável, substituindo em parte os derivados de petróleo, deste processo de produção do álcool, resulta a vinhaça, denominada também de vinhoto, vinhote, restilo, calda de destilaria, caxixi, garapão, tiborna, a depender da região é um subproduto do etanol (álcool), butanol e aguardente, com poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorrente da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além de elevada temperatura na saída dos destiladores. É considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, além de afugentar a fauna marinha que vem às costas brasileiras para procriação (MELLISSA et al. apud FREIRE e CORTEZ, 2000). As consequências da ação poluidora da vinhaça no meio ambiente são dramáticas e podem ser resumidas nas seguintes ordens: ambientais, sanitárias e econômica.

O uso direto da vinhaça como fertilizante é vantajoso devido à riqueza de matéria orgânica, potássio e enxofre. Porém, a vantagem adicional da concentração é que reduz os custos de transporte a grandes distâncias, principalmente quando a localização de destilarias é muito

afastada das áreas agrícolas. Além disso, a vinhaça concentrada adquire estabilidade biológica podendo ser armazenada por um longo período e aplicada ao solo quando necessário (REZENDE, 1984).

A degradação dos recursos hídricos, proveniente do deflúvio superficial agrícola e pecuária, ocorre, principalmente, devido ao aumento da atividade primária das plantas e algas em decorrência do aporte de nitrogênio e fósforo proveniente das lavouras e da produção animal em regime confinado. O desenvolvimento excessivo de algas e plantas reduz a disponibilidade de oxigênio dissolvido nas águas, afetando adversamente o ecossistema aquático e causando, mortalidade de peixes. Além dos impactos causados aos ecossistemas aquáticos, o aumento dos níveis de nutrientes na água pode comprometer sua utilização para abastecimento doméstico, devido a alterações no sabor e odor da água ou à presença de toxinas liberadas pela floração de alguns tipos de algas. Além das implicações causadas pelos nutrientes aos recursos hídricos, é necessário considerar, também, a contribuição dos agroquímicos e dos metais pesados (MANSO, 2005).

A poluição causada pelas atividades de pecuária em sistemas de confinamento, como a suinocultura, a pecuária de leite e a avicultura, tendem a crescer no Brasil, devido, principalmente, ao crescimento do consumo interno e da exportação de carne de aves e suínos. A atividades de pecuária, a que representa maior risco à contaminação das águas é a suinocultura, devido à grande produção de efluentes altamente poluentes produzidos e lançados ao solo e nos cursos de água sem tratamento prévio. O material produzido por sistemas de criação de suínos é rico em nitrogênio, fósforo e potássio, e seu material orgânico apresenta uma alta DBO, o fósforo é responsável pelo processo de eutrofização das águas e a DBO pela redução do oxigênio disponível. Já o nitrogênio oferece mais risco de contaminação da água subterrânea quando lixiviado. A utilização de dejetos de suínos como fertilizantes orgânicos também pode contribuir para a contaminação dos recursos hídricos se as quantidades aplicadas forem superiores à capacidade do solo e das plantas absorverem os nutrientes presentes nesses resíduos (EMBRAPA, 1998).

As táticas para redução da poluição devida às atividades agrícolas devem ter como meta a redução do deflúvio superficial, a redução do uso de agroquímicos e o manejo adequado dos efluentes produzidos pelos sistemas de criação de animais em confinamento. Já as práticas relacionadas com a redução do deflúvio superficial são baseadas na melhoria da qualidade da estrutura do solo e, conseqüentemente, na qualidade do sistema poroso. Isso possibilita que as taxas de infiltração se mantenham elevadas e, com isso, o volume escoado é reduzido. Além do controle do deflúvio através de práticas de manejo, é importante ficar atento ao manejo da zona ripária (a faixa de vegetação próxima aos rios) uma vez que o manejo dessa zona é extremamente importante para reduzir a carga poluente que é introduzida para os corpos de água através do deflúvio superficial (ZANINI, 2012)

Para cumprir essa função é necessária a manutenção ou recomposição da mata ciliar e o estabelecimento de uma faixa de vegetação densa junto a ela para servir de filtro dos poluentes transportados pelo deflúvio. O manejo dos dejetos proveniente de confinamentos torna-se fundamental para o planejamento e implantação de sistemas de confinamento, e a redução do uso de agroquímicos constituem práticas também essenciais para reduzir os problemas de poluição da água. Entretanto, é importante considerar que a poluição pode ocorrer de forma acentuada nas variáveis temporal, Andrade *et al.* (2010) aponta que no período seco devido aumento na evaporação das águas e redução da capacidade de diluição dos efluentes lançados e no período chuvoso ocorre a lixiviação. Segundo Damasceno *et al.* (2010) constataram em pesquisa sobre a qualidade da água do Rio Poty, em Teresina, PI, que os maiores índices de poluentes ocorreram no período seco devido ao aumento na evaporação das águas e redução da capacidade de diluição dos efluentes lançados, destacando que, a poluição das águas não se acentua apenas na variável temporal, mas também ao longo do espaço.

No Brasil, a preocupação que envolve a relação saúde e ambiente, com a poluição das águas está sendo objetos de estudos, pelo agravamento de doenças de origem hídrica e de óbitos relacionados com a água contaminada (AGENDA 21, 1996). Madruga *et al.*, (2008) destacam que um importante aspecto relacionado aos principais rios brasileiros refere-se à carga de poluentes recebidos de seus afluentes, principalmente os que atravessam perímetros urbanos. Assim, é dedutível que ação humana pode estar relacionada de forma direta nesse processo de degradação e destruição desses recursos hídricos, os quais são usados de forma indiscriminada e sem controle pela sociedade.

A poluição da água se dá por substâncias tóxicas ou mesmo lixo urbano e/ou industrial. Já a contaminação ocorre por bactérias, vermes, protozoários, ovos e larvas de seres vivos causadores de doenças. As bactérias constituem-se nos mais numerosos seres distribuídos na natureza, sendo os micro-organismos mais amplamente difundidos na água, estas apresentam formas resistentes, esporuladas, que podem permanecer inativas em condições inadequadas, podendo reativar-se com o retorno de condições propícias, são os principais agentes das doenças de veiculação hídrica. Estes organismos são úteis na degradação da matéria orgânica morta, no tratamento de águas residuais, no entanto, são mais conhecidas devido ao caráter patogênico de várias espécies que ocasionam doenças no homem, nos animais e nos vegetais. Outro tipo de contaminação relacionado com a água refere-se à presença de protozoários e helmintos causadores de infecções parasitárias no homem. A água tem ainda papel importante na transmissão de algumas doenças endêmicas, atuando como ambiente propício ao ciclo evolutivo de vetores responsáveis pela propagação da malária, dengue, filariose e febre amarela (BARROS, 2008).

A ausência de saneamento básico proporciona a disseminação de doenças de veiculação hídrica. Atualmente os problemas de saúde públicas mais comuns dos países possuem ligação com: a ingestão de água, no preparo dos alimentos, na higiene pessoal, na agricultura, na indústria e lazer, pelo contato direto, ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico ou por poluentes químicos e radioativos, geralmente efluentes de esgotos industriais, ou causados por acidentes ambientais. A presença de micro-organismos patogênicos na água indica sua contaminação a partir do solo, por descargas intencionais de esgoto ou liberados de matéria orgânica de animais em decomposição. A água tem papel importante na transmissão de algumas doenças endêmicas, atuando como ambiente propício ao ciclo evolutivo de vetores responsáveis pela propagação da malária, dengue, filariose e febre amarela (FUNASA, 2006). Melo *et al.*, (2013), diz que, cerca de 2,5 bilhões da população terrestre, abriga alguma espécie de parasita intestinal, sendo estes responsáveis por dois a três milhões de óbitos por ano. Esse cenário é decorrente, dentre diversos motivos da exploração demográfica, da falta de informação e gestão pública.

Assim, a água, por constituir-se um bem vital tanto em dimensão individual quanto coletiva, agravado pelo uso predatório e desigual, coloca para as atuais gerações a necessidade urgente de desenvolver mecanismos de gestão e conservação em todas as bacias hidrográficas (PONTES & SCHRAMM, 2004).

### **3.3. Uso da Água e do Solo**

Há registros do uso da água e da existência de canais de irrigação na Mesopotâmia e no Egito desde o ano 5.000 a.C. (antes de Cristo). O primeiro registro de represa construída em áreas urbanas data de 2.900 a. C., e foi construída pelo faraó Menes, na cidade egípcia de Memphis (BRASIL, 2011).

O abastecimento humano, dentre os vários usos da água, é considerado o prioritário e mais nobre. A qualidade de vida está diretamente ligada à água; ela é utilizada para o funcionamento adequado do organismo humano, preparo de alimentos, higiene pessoal e de utensílios; além do uso da água para irrigação de jardins, lavagem de veículos e pisos, tendo estes usos exigências menores por qualidade (ESTEVES, 1998; BRAGA *et al.*, 2002; REBOUÇAS, 2002).

Os recursos hídricos podem ser utilizados de distintas maneiras, atendendo a várias necessidades, sendo uma exigência importante não só do ponto de vista econômico, mas também do ponto de vista de abastecimento. No Brasil, os usos múltiplos desses recursos vêm sendo acentuados desde o início do século XX, com o ciclo da industrialização do País (BRAGA *et al.*, 2005). Os usos da água podem ser consultivos e não consultivos.

Entre os usos consultivos, destacam-se os destinados ao abastecimento humano, abastecimento industrial e irrigação (aspersão). Grande consumidora de água, as indústrias realizam a captação diretamente dos rios localizados próximos dos centros industriais ou por meio de poços profundos. Destaca-se ainda a captação de água para o abastecimento humano, quando grandes quantidades desta são retiradas dos mananciais. Estas retiradas são realizadas pelas Companhias de Abastecimento, sejam estatais ou sistemas municipais autônomos. Apesar da irrigação por aspersão ser o sistema de menor eficiência no fornecimento de água para as plantas, esta atividade ainda encontra-se incipiente. Nesse sentido, o uso consultivo é quando, durante a utilização, é retirada uma determinada quantidade de água dos mananciais e depois de aproveitada, uma quantidade menor e/ou com qualidade inferior é devolvida, ou seja, parte da água retirada é consumida durante seu uso (ZANINI, 2012).

Determinados usos dos recursos hídricos fazem com que parte da água que é utilizada não retorne ao corpo d'água do qual foi retirada, como a irrigação (parte da água fornecida é retirada para a constituição da vegetação ou sofre a evapotranspiração), o abastecimento urbano (existe perda de água no sistema de distribuição), e o abastecimento industrial (perdas no sistema de distribuição ou incorporação da água ao produto manufaturado). Esses usos consultivos conflitam com quaisquer outros usos em função da retirada da água que provoca no corpo d'água. (BRAGA et al., 2005).

Os usos não-consultivos são aqueles em que utilizam a água em seus próprios mananciais sem haver necessidade de retirá-la ou, após captada, retorna integralmente a seus mananciais. Entre os usos não-consultivos destacam-se os destinados à geração de energia elétrica, navegação, recreação, pesca e assimilação de efluentes, ou seja, a água não é consumida durante seu uso (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

Para a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água é um bem de domínio público e recurso natural limitado. Em situação de escassez dos recursos hídricos, estes têm uso prioritário para o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 2012). A gestão destes recursos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema, sendo que a gestão dos Recursos Hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, setor privado, dos usuários e das comunidades (BRAGA et al., 2005).

O uso e ocupação do solo é um tema muito debatido no meio acadêmico, devido às distintas problemáticas causadas ao meio ambiente. Assim, o estudo da maneira e ocupação do solo, consiste em buscar o conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem (GONTIJO, 2010). O equilíbrio dos sistemas hídricos de uma Bacia Hidrográfica depende do

manejo de suas terras. Assim, cada parcela de terra deve ser utilizada de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica, procurando preservar estes recursos para gerações futuras (VAEZA *et al.*, 2010).

O crescente uso de extensas terras na agricultura convencional ou industrial tem sido severamente questionado, por estar associado a uma série de problemas socioambientais. Nestas concentrações de terras estão localizados os mais relevantes problemas de degradação dos recursos naturais como: a erosão, contaminação de alimentos, o impacto sobre a saúde dos agricultores e dos consumidores, diminuição da biodiversidade, a perda de saberes tradicionais dos agricultores e o da pobreza rural (EGLER *et al.*, 2012).

Em terras onde prevalece um dos principais elementos da economia, a atividade agrícola, utilizam largamente os agrotóxicos como contribuintes para o rendimento agrícola, o qual contribui de forma cada vez mais marcante para a degradação da qualidade da água.

Marques *et al.* (2007) argumentam que os agrotóxicos são os poluentes do modelo de agricultura atual brasileiro, e que estes associados aos sedimentos, fertilizantes, adubo animal e outras fontes de matéria orgânica e inorgânica, lançados aleatoriamente atingem as fontes de água superficial e subterrânea durante todo o processo de escoamento. Assim, é fundamental o monitoramento dos corpos d'água.

A primeira fase da ocupação de um território é a remoção da vegetação que pode instalar na região um processo de erosão. O processo de erosão é mais rápido do que os processos de formação do solo, não permitindo que este se regenere. Dentre outros danos, a erosão causa: A perda do horizonte A, o assoreamento de cursos e corpos d'água, a degradação do solo. A erosão e o assoreamento trazem também como consequências uma maior frequência e intensidade de enchente e alterações ecológicas que afetam fauna e flora, perda de terras usadas para agropecuária na região inundada e pela diminuição da disponibilidade de emprego na área rural (SÃO PAULO, 1990). Segundo Guerra (1995), no processo de erosão ocorre a remoção de partículas é o transporte desse material, efetuado pelos agentes erosivos, e que nos ambientes tropicais é observado com maior frequência a erosão hídrica, com o processo de desagregação e transporte das partículas do solo pela ação das chuvas.

Estes processos são acentuados à medida que as manchas urbanas crescem desordenadamente e sem planejamento, com novas áreas sendo ocupadas a cada dia, aumentando a impermeabilização do solo pela pavimentação das ruas e lotes, construção de moradias e outras obras de infraestrutura. As principais alterações que a impermeabilização do solo, causa sobre o regime quantitativo das águas são: aumenta do escoamento Superficial, alteração do balanço hídrico, redução drástica da infiltração e a interceptação,

diminuição do nível do lençol freático e a redução do escoamento subterrâneo (FINOTTI *et al.*, 2009).

Outro impacto sobre o meio ambiente são as Mudanças Climáticas, estas podem modificando o equilíbrio climático da atmosfera terrestre, alterando ao aumento da temperatura. As alterações na dinâmica e intensidade de chuvas são uma das principais preocupações relacionada aos efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos (IPCC, 2007c).

Os eventos observados, no litoral norte de Sergipe na região da foz do rio São Francisco no município de Brejo Grande e do rio Japarutuba em Pirambu, mostram que algumas mudanças nos níveis de precipitação e barragens nos rios Japarutuba e São Francisco, já são uma realidade, e estão ocasionando perdas territoriais e econômicas. Tais problemas são em geral relacionados às práticas de ocupação desordenada do solo que caracterizam a maioria dos países em desenvolvimento (AGUIAR NETTO *et al.*, 2010).

### **3.4 Gestão dos Recursos Hídricos**

A Constituição de 1988 instituiu que as águas do Brasil são públicas e de domínio da União, modificando, em vários aspectos, o texto da lei de direito da Água, o Código de Águas, de 10 de julho de 1934. A partir de então, todos os corpos d'água passaram a ser domínio público. Porém, a gestão da gota d'água disponível deverá ser economicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente justa. Um grande problema no Brasil não é de legislação, mas de sua prática, do princípio da descentralização e ação participativa dos comitês de Bacia Hidrográfica. Logo, a água não pode ser usada livremente por cada indivíduo, como um bem privado (REBOUÇAS, 2004).

A Lei 9.433/1997 foi elaborada para assegurar a implementação do gerenciamento dos recursos hídricos, adotando-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento para a ordenação do espaço urbano e rural, de modo a preservar e conservar as bacias hidrográficas, para que garantam o uso da água aos setores urbano, industrial e agrícola. Mesmo com a aprovação da referida lei, em 1997, a situação das bacias hidrográficas brasileiras ainda não é a ideal, e apresentam problemas ambientais que causam impactos sobre a saúde pública, os ecossistemas aquáticos e terrestres e sobre a qualidade e a quantidade da água (BRASIL, 2005).

A referida lei, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, é um documento de fundamental relevância para a gestão das águas. Essa Política desdobra-se em fundamentos, objetivos, diretrizes de ação e instrumentos para a gestão do recursos

hídricos. Mudou o modelo para os usos múltiplos das águas e à participação popular na gestão desses recursos, reconhecendo que se trata de um bem finito, vulnerável e dotado de valor econômico (BRASIL, 2005).

Em Sergipe, nos termos de legislação infraconstitucional, o Estado foi pioneiro em relação à União. Constatou-se esta afirmação ao analisar o texto da Lei Estadual nº 3.595, de 19 de janeiro de 1995, atualmente revogada. A aludida Lei Estadual foi promulgada para disciplinar as diretrizes de gerenciamento dos recursos hídricos do Estado de Sergipe, estabelecidas na Constituição Estadual. A referida Lei guarda muitas semelhanças com a Lei 9.433 de 1997. Isso leva a afirmar que ela foi uma lei pioneira no Brasil na adoção de modelo da gestão hídrica, que só veio a ser consagrado no plano nacional em 1997 (XAVIER e BEZERRA, 2005).

A estrutura de gerenciamento hídrico delineada pela Lei Estadual nº 3.595 de 1995 possuía mecanismos que possibilitariam a realização de um gerenciamento capaz de promover a utilização racional dos recursos hídricos presentes no solo sergipano. Apesar de trazer um modelo de gestão avançado, com a promulgação da Lei Federal nº 9.433 de 1997 (Lei das Águas), algumas alterações precisaram ser realizadas, fazendo surgir a Lei Estadual nº 3.870, de 25 de setembro de 1997 (BRASIL, 2005).

A Lei Estadual 3.870/1997, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado de Sergipe, criou o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os mesmos aspectos, princípios e fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, considerando, ainda, a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação de políticas públicas e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 2005).

No âmbito nacional a Resolução Conama nº: 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de águas superficiais e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Entretanto, a resolução demanda a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução à qualidade das águas pelas autoridades competentes para as Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2005).

O capítulo II no art.3º da resolução nº 357/05, versa sobre a classificação dos corpos de água em “As águas doces, salobras e salinas. No território brasileiro, as águas são classificadas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes em treze classes de qualidade”. As águas doces são classificadas em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Já as águas salinas e salobras têm a mesma classificação, excetuando a classe 4. O parágrafo único do capítulo descreve que “As águas de melhor qualidade podem

ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes” (BRASIL, 2005).

As classes das águas e a destinação são classificadas de acordo com os usos múltiplos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Classe especial – destinado ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção.

Classe 1 – destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer.

Classe 2 - destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer.

Classe 3 – destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e a dessedentação de animais.

Classe 4 – destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e a dessedentação de animais.

O Estado de Sergipe conta também com decretos que auxiliam e regulamentam ações e uso da água: o Decreto nº 18.099, de 26 de maio de 1999, que dispõe sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH/SE, um órgão de coordenação, fiscalização e deliberação coletiva, e de caráter normativo; o Decreto nº 18.456, de 03 de dezembro de 1999, que regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos, de domínio estadual, de que trata a Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997; o Decreto nº 18.931, de 03 de julho de 2000, que corrige os valores de custos operacionais constantes do Anexo Único do Decreto anterior, de 03 de dezembro de 1999, de que trata a Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997; e, para finalizar, o Decreto nº 19.079, de 05 de setembro de 2000, que dispõe sobre a Regulamentação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNERH, de que trata a Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997 (SERGIPE, 2011).

Para dar o suporte financeiro necessário à implantação dos Planos de Bacia Hidrográfica, existe o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNERH). Futuramente, espera-se que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos venha a constituir uma importante parcela deste fundo. A cobrança insere-se na Política de Recursos Hídricos como um instrumento financeiro, destinado à realização dessa política. Todavia, não deixa de

ser um instrumento de controle, ao conferir à água um valor econômico, o que enseja o uso racional.

A cobrança possui três finalidades básicas: a didática, incentivar a racionalização e financiar todos os programas que estiverem contidos no plano, quer dizer, um instrumento de financiamento da recuperação ambiental dos recursos hídricos.

### **3.5 Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento**

A Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 15/10/2003, cria os espaços territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos”.

No Brasil, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), as unidades de planejamento de recursos hídricos são as 12 regiões hidrográficas: Amazônia, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Ocidental, Atlântico Sudoeste, Atlântico Sul, Paraguai, Paraná Tocantins-Araguais, Parnaíba, Uruguai, São Francisco. As bacias hidrográficas do Estado de Sergipe estão localizadas nas bacias do rio São Francisco e Atlântico Leste (BRASIL 2011).

O conceito de Bacia Hidrográfica como instrumento de gestão é aceito na literatura, visto que, esta unidade, territorial e ambiental caracteriza estruturas funcionais bem demarcadas. A Política Nacional de Recursos Hídricos, lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997), no seu artigo 1º, inciso I que se refere aos fundamentos, atesta que a unidade básica voltada para fins de aplicação da própria política nacional, é a bacia hidrográfica sendo a mesma também a base para a criação e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Deste modo, a Bacia Hidrográfica exerce um papel importante nas questões socioambientais, ou melhor, em uma paisagem geográfica complexa de interações naturais e antrópicas. Deve-se estudar Bacia Hidrográfica e compreendê-la, como: um sistema não-isolado, com relações de reciprocidade com os demais sistemas componentes terrestres e como um sistema aberto, porque ocorrem intensas trocas de energia e matéria (CHRISTOFOLETTI, 1979, 1980 e 1999),

As Bacias Hidrográficas apresentam uma grande diversidade em seus elementos naturais. Os problemas acometidos em uma bacia hidrográfica podem ser vistos em outras bacias. A intensa degradação dos ecossistemas face ao uso e ocupação do solo, água e

outros recursos naturais nos últimos anos, são razões para o surgimento do planejamento ambiental. Este com objetivo e necessidade de organizar e compatibilizar o uso e ocupação do solo com a proteção de ambientes ameaçados e de melhorar a qualidade de vida das populações (Santos, 2007).

Entretanto, é imprescindível considerar a bacia hidrográfica como uma unidade hidrogeomorfológica na qual os elementos são estreitamente interdependentes, ocorrendo mudança natural ou antrópica, essas produzem automaticamente uma adaptação do sistema de drenagem (Barbosa & Furrier, 2009).

A estrutura geomorfológica de uma Bacia Hidrográfica permite conhecer, avaliar seus diversos componentes e processos de interações. Podendo ser compreendida como uma célula básica da análise ambiental. Desta forma, a gestão e o instrumento que norteia as ações, de curto, médio e longo prazo, com vistas ao desenvolvimento sustentável (BOTELHO; SILVA, 2004).

A gestão dos recursos hídricos depende fundamentalmente de um planejamento dos recursos ambientais de subsídios confiáveis, tanto no que diz respeito à demanda como à oferta de água. A adoção de monitoramento das águas em uma Bacia Hidrográfica pode revelar informações da dinâmica e a forma de uso dos recursos naturais, pois os dados que se obtêm sobre uma bacia, podem ser imprevisíveis para que se evite ou atenua a degradação de seus elementos bióticos e abióticos (Santos, 2007). O nordeste Brasileiro sofre com a escassez dos recursos hídricos, e principalmente no que se diz respeito à qualidade dos corpos d'água, acentuado pela contaminação dos corpos de água por produtos agrícolas e industriais, quanto também pelo derramo indiscriminado e constante de efluentes domésticos não tratados, a gestão nem sempre eficaz (SODRÉ-NETO e ARAÚJO, 2008 a). Os estudos sobre bacias hidrográficas em Sergipe contribuem para o ordenamento e planejamento das ocupações desorganizadas.

As bacias hidrográficas no âmbito dos estudos ambientais podem ser utilizadas como unidades básicas de planejamento, pois representam a unidade geográfica que integram as características físicas, sociais e econômicas, e constituem-se em ecossistemas apropriados na avaliação dos impactos causados pela ação antrópica que podem causar instabilidades tanto no meio aquático quanto terrestre.

O avançar da gestão dos recursos hídricos, busca a consolidação da descentralização da governabilidade com a abordagem de bacias hidrográficas, com a interação entre disponibilidade/demanda, a população, a atividade econômica e o social, considerando o ciclo hidrológico, o qual é fundamental para o futuro. A gestão deve incluir ainda a valoração dos "serviços" dos ecossistemas aquáticos e dos recursos hídricos, baseada em um programa de monitoramento (BHAT IA, 2006).

Nos últimos anos, em virtude do acelerado crescimento urbano e industrial das cidades, tem aumentado substancialmente o aporte de cargas poluentes para os ecossistemas aquáticos costeiros, como lagoas, lagos e estuários. Estes servem como filtros de materiais continentais em direção ao mar, atuando como zonas de deposição para alguns compostos químicos. No entanto, é importante salientar que estes podem não ser depósitos definitivos, em virtude de alterações geoquímicas do meio sedimentar ou aquático, ou como resposta a processos erosivos que resultam em remobilizações dos materiais depositados (SANTOS, 2007).

### **3.6 Índice de Qualidade de Água IQA**

O controle da qualidade de um produto ou recurso natural tem como objetivo fundamental a qualidade de conformidade deste com normas e padrões pré-estabelecidos. Dessa forma, o controle dinâmico da qualidade de um bem natural, como o de um recurso hídrico, é o controle efetuado para instruir as decisões no sentido de manter a qualidade desejada deste recurso. Uma forma de obter comparabilidade e representatividade dos resultados na amostragem para o monitoramento da qualidade da água com a possibilidade de demonstrar ou comunicar os padrões de qualidade desta é a utilização de indicadores de qualidade (Marques, *et al.*, 2007b).

O Índice de Qualidade de Água (IQA) atualmente adotado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2014) e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2010) que é uma adaptação do índice de qualidade de água desenvolvido por Brown na década de 70 em parceria com a Fundação Sanitária Nacional dos Estados Unidos da América (NSF - National Sanitation Foundation). Esse contempla apenas nove parâmetros de qualidade (pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio, sólidos totais, coliformes termotolerantes, e demanda bioquímica de oxigênio) específicos para refletir as contaminações ocasionadas por lançamentos de esgotos domésticos e industriais.

Atualmente uma variedade de índices são utilizados, o IQA, assim como outros índices, tais como o Índice de Estado Trófico (IET), Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP) ou Índice de Contaminação por Tóxicos (CT) e outros, são compostos por parâmetros rigidamente estabelecidos em número e/ou tipo (ANA, 2014).

Índices de qualidade da água são instrumentos utilizados para determinar as condições da qualidade da água, e que apresenta uma unidade reprodutível de medida que responde às mudanças das principais características da água. Em outras palavras, sintetiza grandes quantidades de dados de qualidade da água em termos simples (por exemplo, excelente, bom, ruim, entre outros) e de fácil compreensão pública (BHARTI e KATYAL, 2011). A escolha do indicador a ser utilizado estará diretamente ligada ao tipo de

monitoramento a ser realizado, buscando sempre os que apresentam maiores chances de sucesso na caracterização das mudanças que ocorrem numa bacia hidrográfica.

Para Hermes *et al.*, (2006), os principais parâmetros físicos de qualidade das águas são (turbidez, temperatura, sólidos totais dissolvidos e dureza). Os químicos são: pH, metais (ferro e manganês), cloretos, nitrogênio (nutriente), fósforo (nutriente), oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micro poluentes orgânicos e micro poluentes inorgânicos como os metais pesados, que refletem, principalmente, a contaminação dos corpos d'água pelo lançamento de esgotos domésticos (PIASENTIN *et al.*, 2009).

As propriedades físicas da água, normalmente são de fácil determinação, sendo as principais: turbidez, temperatura e condutividade elétrica. Constituindo-se importantes na determinação da utilização da água (LARSEN, 2010).

### **3.6.1 Turbidez**

A turbidez corresponde a alteração na penetração da luz, provocada por partículas em suspensão. Este limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese, que por sua vez, reduz a reposição do oxigênio, representa o grau de alteração à passagem da luz através da água. (PINTO, 2003). A matéria em suspensão é composta por silte, argila, partículas finas de orgânicos e matéria inorgânica, compostos orgânicos solúveis, plâncton e outros organismos microscópicos. Os sólidos suspensos são os principais responsáveis pela turbidez causando difusão e a absorção da luz (CETESB, 2010).

O aumento da turbidez reduz as taxas de fotossíntese e prejudica a procura por alimento para algumas espécies, levando a um desequilíbrio na cadeia alimentar. Os sedimentos carregados aos corpos d'água podem transportar pesticidas, metais pesados e outros componentes tóxicos e sua deposição no fundo de rios e lagos prejudica as espécies bentônicas e a reprodução de peixes, além de causar assoreamento (BRITO, 2008; SÁ DE OLIVEIRA, 2012; CUNHA, 2013; SANTOS *et al.*, 2014). As alterações da dinâmica hidrossedimentométrica são consequência, relacionada às atividades humanas ou não (LUÍZÂ *et al.*, 2012).

Para Martins (2009), a matéria em suspensão é composta por silte, argila, partículas finas de orgânicos e matéria inorgânica, compostos orgânicos solúveis, plâncton e outros organismos microscópicos, essas partículas variam em tamanho e diâmetro. A turbidez controla o tipo e concentração de matéria em suspensão no referido meio, e limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio (LIMA, 2001).

### **3.6.2 Temperatura**

Os Recursos Hídricos sofrem variações de temperatura sazonalmente e, em alguns corpos d'água podem durar períodos de 24 horas, os lagos e reservatórios podem apresentar estratificação vertical da temperatura dentro da coluna de água (CHAPMAN, 1996). Atrélado a estas varrições, outros fatores como latitude, altitude, estação, hora do dia, circulação do ar, nebulosidade, fluxo e profundidade do corpo d'água, podem influenciar a temperatura da água do mesmo (ARAÚJO, *et al.*, 2007).

Os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água são afetados pela temperatura. Conforme aumenta a temperatura da água, a taxa de reações químicas geralmente aumenta juntamente com a evaporação e volatilização de substâncias da água. O aumento da temperatura também diminui a solubilidade dos gases em água, como a O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e outros. A taxa metabólica dos organismos aquáticos também está relacionada com a temperatura e, em águas quentes, as taxas aumentam a respiração levando ao aumento do consumo de oxigênio e aumento da decomposição da matéria orgânica. As águas superficiais a temperatura é de 0°C a 30°C (CAMPAGNATO, 2009). A elevação da temperatura também tem como consequência a intensificação da taxa de decomposição da matéria orgânica, aumentando a demanda bioquímica de oxigênio do ambiente aquático, sendo que liberações de nitrogênio e fósforo também são intensificadas pela lixiviação. Do ponto de vista físico, a temperatura é inversamente proporcional à concentração de oxigênio dissolvido, dessa forma no período mais quente acontece uma maior pressão no balanço de oxigênio dissolvido do sistema, tanto pela diminuição da solubilização dos gases quanto na intensificação dos processos de degradação, com um elevado grau de trofia.

A temperatura é a medição da intensidade de calor, a variação de temperatura em um corpo hídrico, normalmente, é um evento natural de acordo com variações sazonais e climáticas (ANA, 2015). Esta exerce uma influência sobre outras propriedades da água, ou seja, acelera reações químicas, diminui a solubilidade dos gases, acentua sensação de sabor e odor, atua no desempenho das unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração. Por isso, é importante conhecer a variação de temperatura do corpo hídrico estudado (CETESB, 2010).

### **3.6.3 Condutividade**

A Agência Nacional de Águas (ANA) define a condutividade, como a capacidade da água de transmitir corrente elétrica. Os sólidos dissolvidos são os constituintes responsáveis pela condutividade que pode ser utilizada como medida indireta da presença de sais (ANA,

2015). A Condutividade é expressa em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e é usada como uma das medidas da qualidade da água (LIMA, 2013).

### 3.6.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), gera indiretamente o agrupamento de matéria orgânica biodegradável mediante a demanda de oxigênio requerida por microorganismos via respiração (CETESB, 2010). Este parâmetro determina a quantidade do oxigênio dissolvido (OD) que é consumido pelos microrganismos aeróbios e facultativos no processo de oxidação da matéria orgânica biodegradável. Quanto mais elevado for a quantidade de matéria orgânica, mais OD será necessário para que os seres decompositores estabilizem a mesma (MOTA, 2003).

A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água, este em grande quantidade pode condicionar a morte dos organismos aeróbios de respiração subaquática (MARTINS, 2009).

Sperling (2006) escreve que, o despejo de origem orgânica, aumenta o DBO num corpo d'água, é que o aumento deste pode induzir a extinção do oxigênio, e conseqüentemente o desaparecimento dos peixes e outras formas de vida aquática. Para Martins (2009), a DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água, pode consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática.

### 3.6.5 Fósforo

O fósforo elemento necessário para plantas e animais, encontrado nos solos, águas naturais e todos os organismos vivos. Este elemento é assimilado pelo fitoplâncton, bactérias, plantas bêmicas e é remineralizado por atividades heterotróficas dos animais e microorganismos (CETESB, 2010). Um elemento essencial ao ciclo de vida aquática, sua concentração está relacionada ao nível de eutrofização dos rios e permite o cálculo do Índice de Eutrofização (IET), além de ser considerado um dos principais poluentes em áreas agrícolas (ALMEIDA *et al.*, 2012). Os compostos fosforados são nutrientes que influenciam o crescimento e o desenvolvimento de algas, como as espécies cianobactérias que produzem toxinas prejudiciais à saúde humana e animal (ALMEIDA *et al.*, 2012; CUNHA *et al.*; 2013a)

Fosfatos existem em três formas: ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta- e polifosfatos) e fosfato ligado organicamente à água ou a amostras naturais (AFKHAMI;

NOROOZ-ASL, 2009; PARRON; DAPHENE; PEREIRA, 2011). De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, o limite de fósforo total em água é de 0,10 mg/L.

O fósforo pode ser introduzido no meio ambiente por fontes naturais ou artificiais. As fontes naturais são as rochas e outros depósitos formados em idades geológicas passadas, às argilas possui grande importância em águas continentais tropicais pelo fato que a maioria destes corpos aquáticos recebe consideráveis aportes em suas bacias de drenagem. Muitas argilas apresentam grande capacidade de adsorção de fosfato, principalmente aquelas que têm na sua constituição, ferro e alumínio, como a hematita e a gipsita (Esteves, 1988, Ferreira *et al.*, 2005).

### 3.6.6 Nitrogênio

O Nitrogênio pode ter origem em proteínas, compostos biológicos, células e excrementos de animais. A forma predominante do nitrogênio pode informar o estágio da poluição. Na água pode estar sob as seguintes formas: nitrogênio molecular ( $N_2$ ), nitrogênio orgânico (dissolvido ou em suspensão), amônia (livre  $NH_3$  e ionizada  $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ) (CETESB, 2010). O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrada na água; valores superiores a  $5,0 \text{ mg. L}^{-1}$  demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte do nitrato são os dejetos humanos. Os nitratos estimulam o desenvolvimento das plantas e organismos aquáticos. O nitrito é encontrado em águas superficiais em pequena quantidade, devido a sua instabilidade na presença de oxigênio, a presença do íon nitrito indica processo biológico ativo, influenciado por poluição orgânica. Como todo nutriente, o nitrogênio pode causar superprodução de algas e cianobactérias nos corpos receptores dos efluentes de estações de tratamento de esgotos que não removem ou reduzem a quantidade desse elemento (TUNDISI, 2006).

Segundo Braga *et al.* (2005) em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água. E que as fontes de nitrogênio são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais (ANA, 2010).

### 3.6.7 Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio Dissolvido (OD) mede a concentração de oxigênio dissolvido na água em  $\text{mg.L}^{-1}$ . O oxigênio é um gás solúvel em água e a sua solubilidade depende da pressão (altitude), temperatura e sais dissolvidos.

Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais como o vinhoto, e outros. A morte de peixes em rios poluídos na grande maioria das vezes se deve à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas (CETESB, 2010).

A determinação do OD em um corpo d'água pode definir se há presença de poluição orgânica, pois a matéria orgânica é consumida pela oxidação química do oxigênio, bioquímica ou pela respiração de microorganismos (RIXEN *et al.*, 2012). Outro aspecto importante quanto ao consumo de OD, é que este apresenta um papel significativo no balanço de carbono em termos regionais e nos processos de degradação biológica da matéria orgânica proveniente das cabeceiras das bacias hidrográficas. Este parâmetro tem sido utilizado para a determinação do grau de poluição e de autodepuração em cursos d'água, sendo seu teor expresso em concentrações, quantificáveis e passíveis de modelagem matemática (SPERLING, 1996).

### 3.6.8 pH

O pH (potencial hidrogeniônico), uma grandeza que indica a intensidade da acidez ( $\text{pH} < 7,0$ ), neutralidade ( $\text{pH} = 7,0$ ) ou alcalinidade ( $\text{pH} > 7,0$ ) de uma solução aquosa, utilizado como uma das ferramentas mais importantes na análise de água, pois possui influência direta e indireta nos ecossistemas aquáticos, exercendo efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies (CETESB, 2010).

O pH delinea a quantidade de íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) contidos em uma solução. E em muitos rios este parâmetro pode variar entre 6 e 8, faixa esta satisfatória para a sobrevivência dos organismos aquáticos, o pH está intimamente relacionado também com o balanço de carbonatos na água sendo uma das forças motrizes que desencadeiam o fluxo de carbono na água e sua interação com o sedimento e a atmosfera. Além disso, apresenta variação significativa no ciclo hidrológico, tendendo a apresentar água mais ácida no período chuvoso e mais alcalina no período seco. O pH pode ser modificado por atuação natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou humana (despejos domésticos e industriais), e em uma variação brusca poucos organismos aquáticos irão sobreviver (BRITO, 2013).

Nas águas naturais, o pH geralmente varia de 5,5 a 9,5. Em casos de contaminação grave, o pH da água pode ficar abaixo de 4,0 ou superior a 11,0, podendo afetar a saúde do consumidor, causando irritação nos olhos, na pele e nas mucosas. Em águas que apresenta, baixos valores de pH, este pode contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações (BERNARDO e PAZ, 2008). É considerado um parâmetro de equilíbrio dos sistemas químicos e biológicos das águas naturais. Em águas superficiais o pH é influenciado por vários fatores, tais como, geologia da região e por possíveis focos de poluição, com lançamento de efluentes domésticos, agrícolas e principalmente industriais (NORONHA *et. al.*, 2010).

Segundo Libânio (2010), ainda que não conste implicações em termos de saúde pública com relação ao pH, e desconsiderando casos extremos, sua importância se manifesta em diversas vertentes da potabilização das águas para o consumo humano, relevante na desinfecção com compostos de cloro, na coagulação com sais de ferro e alumínio, no controle de corrosão das adutoras e redes de distribuição, e, obviamente, na manutenção da vida aquática.

### **3.6.9 Sólidos Totais**

Os sólidos totais ou resíduo total são compostos por substâncias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e ou inorgânica (PINHEIRO, 2008). Sólidos inorgânicos podem ser encontrados em águas naturais, como areia, silte e argila, assim como materiais orgânicos diversos como fibras vegetais, algas, bactérias, entre outros (BARBOSA, 2004). Esgotos domésticos e industriais, também são fontes de materiais em suspensão para corpos hídricos, pois, apresentam partículas sólidas em abundância. Já nas águas potáveis, a maior parte da matéria está na forma dissolvida, e consiste principalmente de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos (MARTINS, 2009). Dentre os impactos causados pela presença de sólidos na água, Barbosa (2004) destaca a aparência desagradável e o aumento da adsorção de agentes químicos ou biológicos.

Os sólidos totais nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação e secagem da amostra a uma temperatura entre 103 e 105°C durante um tempo fixado. Quando contém menos de 500 mg.L<sup>-1</sup> de sólidos dissolvidos é, em geral, satisfatória para uso doméstico e para muitos fins industriais. Com mais de 1000 mg.L<sup>-1</sup>, porém, a água contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades (CETESB, 2010).

### **3.6.10 Coliformes Termotolerantes**

É o grupo de bactérias originário predominantemente do intestino humano e de outros animais. A principal bactéria do grupo é *Escherichia coli*. Dentre os coliformes totais, as bactérias termotolerantes, abundantes em fezes humanas e animais, merecem destaque a *Escherichia coli*, cuja detecção laboratorial é simples e sua presença na amostra é garantia de contaminação fecal. A descarga de resíduos de esgotos é um dos mais importantes fatores que influenciam a qualidade da água, pois contém fezes humanas e microrganismos potencialmente patógenos e perigosos para a saúde humana quando ingeridos ou usados na preparação de alimentos (OSBILD, 2008).

A massa volumar do grupo de coliforme é um critério significativo do grau de poluição e, assim da qualidade sanitária. A detecção e enumeração do grupo coliforme tem sido usada como base para o monitoramento padrão da qualidade bacteriológica do suprimento da água (CETESB, 2010).

As bactérias são importantes indicadores de contaminação fecal para caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral, a presença destas na água de um rio significa que esse rio recebeu matérias fecais, ou esgotos (MARTINS, 2009). Os gestores utilizam desse indicador para informar à população a qualidade e às condições de balneabilidade (HERMES, *et al.*, 2006, CETESB, 2010).

### **3.6.11 Clorofila**

O agrupamento de clorofila na água está diretamente relacionado com a abundância de algas presentes no manancial. As características da qualidade da água determinam que espécies de algas estão presentes. Outros fatores como: temperatura, profundidade, pH, também influem nas espécies e no número de algas encontradas nos lagos (CETESB, 2010)

### **3.7 Índice do Estado Trófico (IET)**

O Índice do Estado Trófico - IET tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia a partir da avaliação da qualidade da água de um determinado corpo hídrico quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou aumento da infestação de macrófitas aquáticas., Facilitando, assim, informações, aos agentes de tomada de decisão e ao público, relativas ao estado ou à natureza na qual se encontra tal sistema ( OLIVEIRA *et al.*, 2007). O conhecimento do estado trófico dos corpos d'água é importante para o manejo sustentável dos recursos hídricos, permite apresentar as relações bióticas e abióticas desse ecossistema- (FARAGE *et al.* 2010)-

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET (P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila *a*, IET (CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas. Num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização encontra-se plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila *a* certamente coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo total. Já nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice relativo à clorofila *a* irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo total (CETESB, 2013).

Os principais efeitos da eutrofização na água são: danos à saúde humana, produção de macrofitas aquáticas, aflorações de algas, produção de toxinas na água, variação da concentração de oxigênio dissolvido, emissão de odores para a atmosfera, mortalidade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática, modificações na qualidade e quantidade de peixes, e contaminação da água destinada ao abastecimento público. A eutrofização dos corpos d'água provoca ainda o entupimento dos sistemas de filtragem e deficiência nas etapas de decantação e floculação das estações de tratamento de água, confere gosto e odor às águas de abastecimento público, reduz o fluxo de entrada de água em usinas hidroelétricas, inviabiliza a navegação e impede o uso para recreação. (ESTEVES, 2011).

A eutrofização pode ser benéfica, uma vez que é capaz de aumentar a produtividade primária, tornando o sistema ideal para a presença de consumidores, como zooplânctons, moluscos, crustáceos e peixes (PÁDUA, 2000).

Nos últimos anos, a eutrofização ocorre na natureza com bastante frequência atingindo lagos, represas, rios e águas costeiras de todo o planeta. Ocasionalmente principalmente pela ação humana, ao lançar nos corpos aquáticos grandes quantidades de matéria orgânica e poluentes sem nenhum tratamento prévio. O processo ocorre, maiormente em lagos e reservatórios, que são ambientes lênticos e em menor ocorrência nos lóticos (MACEDO & TAVARES, 2010).

Para Lamparelli, (2004); Mansor, (2005), outros fatores influenciam na eutrofização, a vazão, a profundidade do curso de água, a temperatura e que o processo de eutrofização pode chegar a um nível em que o manancial não possa mais ser utilizado para os diversos usos.

Segundo Thomann e Mueller, (1987); Von Sperling, (1995), as estratégias de controle usualmente adotadas podem ser classificadas em duas categorias amplas *medidas*

*preventivas* redução das fontes externas e as *medidas corretivas* processos mecânicos, processos químicos e processos biológicos. As medidas preventivas, as quais compreendem a redução do aporte de fósforo através de atuação nas fontes externas, podem incluir estratégias relacionadas aos esgotos ou à drenagem pluvial.

Distintos trabalhos assinalam a gravidade eutrofização, como por exemplo; Prairie *et al.* (1989); Dodson, *et al.* (2000); Masson *et al.* (2000). Vollenweider (1968) estabelece valores-limites de fósforo total e nitrogênio para a classificação de corpos de água, segundo os graus de trofia. Wetzel (1993) consideram que ambientes com concentrações médias de clorofila a superiores a 10 µg L<sup>-1</sup> são eutróficos.

## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 Área de Estudo

A área de estudo a Bacia Costeira do Sapucaia, é uma bacia hidrográfica recentemente descoberta e delimitada pelos técnicos da Secretaria de Estado de Sergipe do Meio Ambiente e Recursos hídricos, que durante a realização *in loco* de atividade de campo passaram a detectar que as águas desta bacia desaguam diretamente ao mar não contribuindo para outras bacias hidrográficas.

A Bacia Costeira do Sapucaia – BCS, situa-se no litoral norte do Estado de Sergipe, no Território Leste Sergipano entre os municípios de Japarutuba e Pirambu, e no Território Baixo São Francisco no município de Pacatuba, entre as bacias hidrográficas do rio São Francisco e rio Japarutuba. Os rios que constituem a Bacia Costeira do Sapucaia são Aningas e Sapucaia Figura 2 (SERGIPE, 2016). A Bacia Costeira do Sapucaia ocupa uma área de 118,33km<sup>2</sup>.

Para FONTES, (1984) e ALVES, (2010), a Bacia Costeira do Rio Sapucaia se caracteriza por apresentar clima subúmido, com índices pluviométricos concentrados no período outono-inverno e, uma pequena estação seca que se estende no período primavera-verão. As temperaturas médias oscilam entre 23°C e 28°, e a média anual é de 25°C.

Esta bacia hidrográfica constitui-se na formação geológica, representada pela Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas, caracteriza-se por litologias englobadas pelas Formações Superficiais Continentais Cenozóicas, compreendendo o Grupo Barreiras e depósitos quaternários aluviais, marinhos e eólicos (BRASIL, 1983; SANTOS *et al.*,1998).

Na geomorfologia, a Bacia Costeira do Sapucaia, destacam-se duas unidades: os Tabuleiros Costeiros e a Planície Costeira. Os Tabuleiros Costeiros se desenvolveram associados aos sedimentos do Grupo Barreiras e, apresentam variações altimétricas e morfológicas onde se destacam os topos, as vertentes e os vales. No alto e médio curso do

rio Sapucaia, as vertentes encontram-se dissecadas em colinas, morros e espigões. Os topos correspondem a superfícies horizontais e sub-horizontais, são alongados, recobertos por espraamentos arenosos; enquanto os vales são amplos, em forma de berço. A Planície Costeira é formada pela interação da dinâmica continental e marinha, tendo se desenvolvido sob as condições ambientais reinantes durante o Quaternário. Localmente, encontra-se composta por: terraços marinhos, cordões litorâneos, dunas costeiras e lençóis de areia (FONTES, 1984; ALVES, 2010).

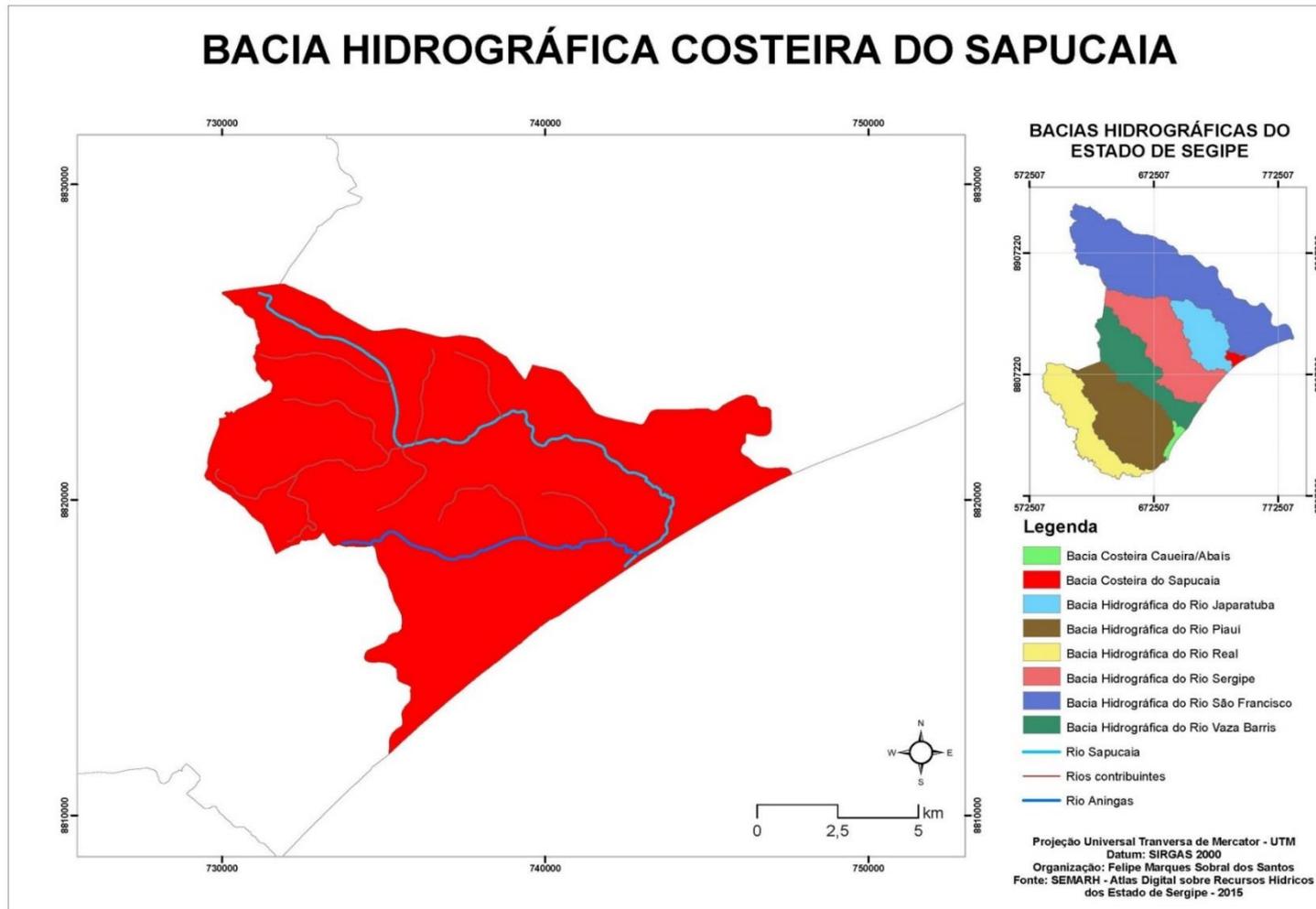
A rede de drenagem do Rio Sapucaia apresenta escoamento exorréico, exibindo um padrão misto, definido pela combinação de setores subparalelo e dendrítico. Os canais de 1ª ordem entalham os bordos dos Tabuleiros Costeiros. No médio curso deste rio, no ambiente dos tabuleiros, situa-se a Lagoa do Sangradouro. Os canais fluviais apresentam regime temporário ou perene, estando a maioria desprovida de mata ciliar, são estreitos e pouco profundos, apresentam sinuosidade, setores anastomosados e baixa potencialidade hídrica superficial. As margens são mal definidas. A foz da Bacia do Rio Sapucaia apresenta-se em barreta, caracterizada pela presença de sedimentos que migram, quando submetidos à ação dos processos dinâmicos, alterando suas características. A rede de drenagem desta bacia apresenta intensa ação antrópica interferindo no comportamento hidráulico dos canais (FONTES, 1984; ALVES, 2010).

O estudo das ramificações do sistema de drenagem, são relevantes para indicar a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Para tanto é necessário o conhecimento da ordem dos cursos d'água e a densidade de drenagem.

De acordo com Christofolletti, (1980), os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região.

Outro tipo de interferência é a declividade que controla a velocidade do escoamento superficial de um terreno. Tal fato influencia no tempo que levará a água de chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem as redes de drenagem das bacias.

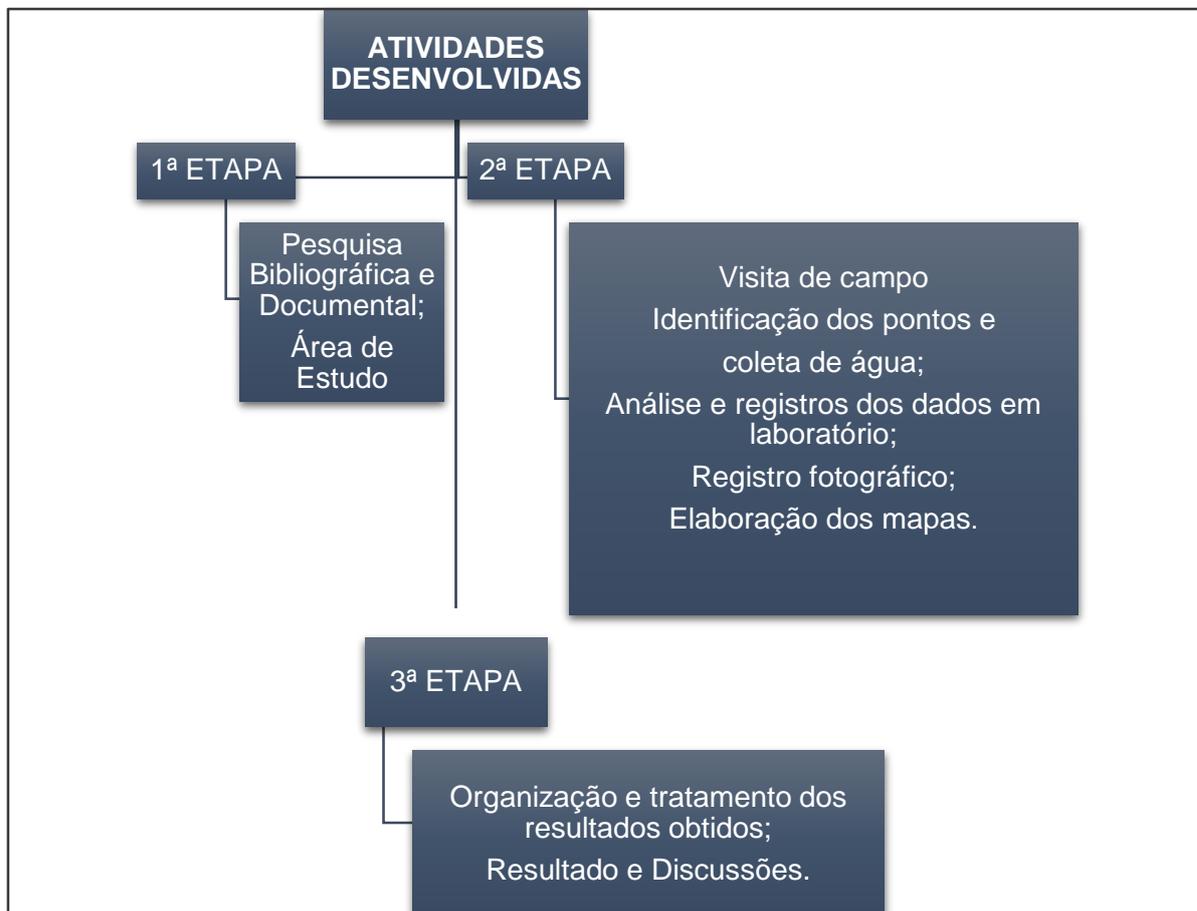
Figura 2. Mapa da localização da Bacia Costeira do Sapucaia



Fonte: ATLAS de Recursos Hídricos, SEMARH SE2015.

Em linhas gerais, a metodologia empregada seguiu as seguintes etapas apresentadas na Figura 3:

**Figura 3:** Fluxograma do resumo das etapas e atividades desenvolvidas no estudo



Fonte: autor, 2016

## 4.2 Coleta de Dados

### 4.2.1 Pesquisa Documental e Bibliográfica

Na realização da pesquisa bibliográfica e documental foram examinados, analisados teses, dissertações, artigos e documentos oficiais referentes ao objeto de estudo – foram realizadas visitas à Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe (SRH), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do Estado.

Para a caracterização socioambiental foram utilizadas fontes de dados primários e secundários. Procurou-se em artigos e dados referentes aos aspectos sociais: as atividades da população residente e os ambientes da flora e fauna da Bacia Costeira do Sapucaia.

#### **4.2.2 Observação no Campo**

Foram realizadas dez visitas de campo no período de 2014 e 2015, na região de estudo buscando conhecer a área de abrangência da Bacia Costeira do Sapucaia. As informações obtidas nos levantamentos de dados secundários foram complementadas com informações obtidas em visitas aos órgãos públicos Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO) e nos municípios de Pirambu, Pacatuba e Japarutuba. As visitas de campo são necessárias para reconhecimento da área.

As primeiras visitas de campo foram realizadas no mês de fevereiro de 2014 dias 18 e 20 de fevereiro, durante essas visitas buscou-se conhecer o perímetro da bacia, os recursos hídricos existentes. Durante a terceira e quarta visita foi observado e reconhecido as nascentes, os exutórios dos rios Sapucaia e Aningas, as lagoas e lagos existentes na área da Bacia Costeira do Sapucaia. Buscou-se durante essa visita determinar os pontos a serem realizados as coletas de água geofenciados. A quinta visita foi realizada nos povoados existentes na bacia, momento de interação pesquisador e população existente buscando dados novos sobre a área, estes importantes para detecção de indicadores de degradação/ou não dos corpos hídricos a serem analisados.

Para as coletas de água foram realizadas cinco visitas de campo durante os meses de agosto e novembro de 2014 e os meses de fevereiro, junho e setembro de 2015. Durante a realização de todas as visitas foram realizados registros fotográficos dos diversos ambientes na área de estudo.

#### **4.3 Identificação dos Pontos e Coleta de Água**

Os pontos de coleta de água, foram selecionados buscando contemplar os recursos hídricos na área de abrangência da Bacia Costeira do Sapucaia. Durante as visitas de campo foi percorrida toda a área da bacia com o auxílio de Técnicos da Superintendência dos Recursos Hídricos (SRH). Como instrumento na identificação dos pontos de coleta utilizou-se um GPS Garmin Etrex H 7262. No total foram selecionados 08 (oito) pontos de coleta de água em locais estratégicos (Tabela 1); a escolha desses locais justifica-se: pelo fácil acesso, proximidade aos aglomerados urbanos, atividades agropecuárias, piscicultura, minerações e utilização pela comunidade para a higiene pessoal e outros usos.

A escolha de pontos de coleta de água em área que o impacto antrópico e natural possa ocorrer é importante, pois são indicadores da degradação dos corpos hídricos, estes também foram um dos critérios de escolha dos pontos para a realização das coletas de água.

**Tabela 1.** Identificação dos pontos de Coleta de Água e Coordenadas Geográficas e altitude

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>UTM</b>	<b>UTM</b>	<b>Altitude</b>
P1	Ponte sobre o rio Aningas	770.869 W	8.881.856 S	26m
P2	Riacho afluente do rio Aningas	741.808 W	8.881.920 S	11m
P3	Rio Sapucaia na Reserva Santa Isabel	743.943 W	8.819.748 S	15m
P4	Lagoa Redonda	742.367 W	8.820.840 S	14m
P5	Rio Sapucaia/Lagoa do Sandradouro	741.907 W	8.821.568 S	16m
P6	Ponte sobre o rio Sapucaia	734.034 W	8.824.982 S	39m
P7	Nascente do rio Sapucaia	731.523 W	8.826.502 S	76m
P8	Confluência do rio Sapucaia com o rio Aningas	735.672 W	8.821.766 S	31m

As coletas de água foram distribuídas trimestralmente no período de agosto de 2014 a setembro de 2015, e para os procedimentos de coletas e armazenamento das amostras, utilizou-se o guia Prático de Coleta do LEA (ITP, 2014).

As amostras de água coletadas foram armazenadas em caixa térmica refrigerada, aproximadamente a 4°C (quatro graus Celsius), e não ultrapassaram seis horas até a chegada ao laboratório, com a finalidade de retardar a ação biológica e a hidrólise dos compostos químicos e complexos, reduzir a volatilidade dos constituintes e os efeitos de adsorção, e preservar os organismos, evitando alterações morfológicas e fisiológicas. Como instrumento para coleta, utilizou-se caixa térmica, vasilhames previamente esterilizados e apropriados para cada tipo de análise, pipeta, termômetro, reagentes fixadores e preservantes, pranchetas, planilhas e gelo.

Durante as coletas foram analisados in loco os parâmetros como pH, temperatura e turbidez com a utilização da Sonda Multiparâmetros, Modelo HI 9828, própria para análise ambiental. Para o registro fotográfico na área da BCS utilizou-se câmara fotográfica digital de 5.000 Pixels.

#### **4.4 Análise Química da Água**

Para a avaliação das amostras de água coletadas, utilizou-se parâmetros do Índice de Qualidade das Águas (IQA) e do Índice de Estado Trófico (IET):

As análises das águas coletadas nos corpos hídricos da Bacia Costeira do Sapucaia foram realizadas no Instituto de Tecnologia de Pesquisa - ITP: nos Laboratório de Ensaio Ambientais e Laboratório de Pesquisa e Alimentos (LEA e LPA). As determinações analíticas foram realizadas de acordo com os procedimentos estabelecidos no Standard Methods (APHA, 2012).

**Tabela 2.** Metodologia adotada para as análise dos parâmetros de qualidade de água, unidades de medidas e limite de quantificação do método.

Ensaio	Métodos	Unidade	LQ
Coliformes Totais	SMEWW 9221 A	-	-
Coliformes Termotolerantes	SMEWW 9221 B	-	-
DBO	SWEWW 5210 D	mg O <sub>2</sub>	-
Clorofila	SWEWW 10200 I	mg L	1,0
Sólidos Totais	SWEWW 2540 C	mg.L <sup>-1</sup>	-
Fósforo Total em P	SWEWW 4500 P	mg.L <sup>-1</sup>	0,010
Oxigênio Dissolvido	SWEWW 4500 O	mg.O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	-
Nitrogênio Total	SWEWW 450N	mg.L <sup>-1</sup>	-
Turbidez	SWEWW 2130 A	NTU	-

Fonte: APHA, 2012

#### 4.5 Índice de Qualidade de Água (IQA)

No Índice de Qualidade de Água é calculado um conjunto de nove (9) parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro é atribuído um peso, conforme apresentado na (Tabela 3), de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA (ANA, 2014; MARQUES *et al*, 2014).

**Tabela 3:** Peso relativos a cada parâmetro de IQA Fonte: ANA, 2014

Parâmetro	Peso W <sub>i</sub>
Oxigênio Dissolvido (mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,17
Coliformes fecais (NMP/100ml)	0,15
pH	0,12
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	0,10
Nitrogênio Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,10
Fósforo Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,10
Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (NTU)	0,08
Sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	0,08

Fonte: ANA, 2014.

O Índice de Qualidade Água (IQA), determinado pelo produtório ponderado dos pesos dos parâmetros descritos, a partir deste cálculo, é obtido um valor na escala entre 0 e 100. Esta escala é dividida em faixas às quais classificam a qualidade da água conforme Tabela 6 (ANA, 2014; MARQUES *et al*, 2014).

**Tabela 4.** Escala de valores de IQA e respectiva classificação de acordo com a adotada pela ANA.

CATEGORIA	VALORES
<b>ÓTIMA</b>	<b>80 ≤ IQA ≤ 100</b>
<b>BOA</b>	<b>52 ≤ IQA &lt; 79</b>
<b>ACEITÁVEL</b>	<b>37 ≤ IQA &lt; 51</b>
<b>RUIM</b>	<b>20 ≤ IQA &lt; 36</b>
<b>PÉSSIMA</b>	<b>0 ≤ IQA &lt; 19</b>

Fonte: ANA, 2014.

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro.

wi = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sendo *n* o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

#### 4.4.2 Índice de Estado Trófico (IET)

Atualmente a Agência Nacional de Água adota os cálculos Carlson (1977) modificados por Lamparelli (2004), que utilizam os parâmetros clorofila e fósforo total, para cálculos específicos em ambientes lóticos e lênticos utilizando as equações:

$$IET (PT) = 10x (6 - ((0,42 - 0,36 x (\ln PT)) / \ln 2)) - 20 \text{ Lótico} \quad (1);$$

$$IET (PT) = 10x (6 - ((1,77 - 0,42x (\ln PT)) / \ln 2)) \text{ Lêntico} \quad (2);$$

$$IET (CL) = 10x (6 - ((0,7 - 0,6 x (\ln CL)) / \ln 2)) - 20 \text{ Lótico} \quad (3);$$

$$IET (CL) = 10x (6 - ((0,92 - 0,34 x (\ln CL)) / \ln 2)) \text{ Lêntico} \quad (4)$$

$$IET = [IET(P) + IET (CL)]/2 \quad (5).$$

em que:

**IET (PT)** - índice de estado trófico do fósforo total, PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

**IET (CL)** - índice de estado trófico da clorofila, CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

ln: logaritmo natural.

Para a classificação deste índice, foram adotados os estados de trofia: Ultraoligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico conforme a tabela 5.

**Tabela 5:** Classificação do nível de trofia segundo o cálculo de Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004).

ESTADO TRÓFICO	VALORES
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$

Fonte: ANA, 2014.

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005) institui classes de qualidade de água para corpos de água de acordo com seus usos pretendidos, mas, não agrega essa condição aos níveis de trofia. O estado trófico é caracterizado e quantificado mediante variáveis. Uma das vantagens de se utilizar variáveis é facilitar a interpretação dos dados pelo público leigo, por representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinado de unidades de medidas diferentes (CESTEB, 2009).

No (Quadro 1), é apresentado um esquema simplificado da classe de trofia e as características de cada variável relacionadas diretamente com o processo de eutrofização das águas.

**Quadro 1:** Classes de estado trófico e características dos cursos d'água Fonte:

Estado trófico	Características dos corpos de água
Ultraoligotrófico	Com produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
Oligotrófico	Com baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, pela presença de nutrientes.
Mesotrófico	Com produtividade intermediária e possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Com alta produtividade e redução da transparência, afetados por atividades antrópicas, ocorrendo alterações indesejáveis na qualidade da água.

Supereutrófico	Com alta produtividade, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, com frequentes alterações indesejáveis na qualidade da água.
Hipereutrófico	Corpos de água afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

ANA, (2014).

#### 4.6. Elaboração de Mapas

Para compreender a espacialidade, foram confeccionados mapas, utilizando o Atlas de Recursos Hídricos, versão 2015, da Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos e dados do GPS.

Em se tratando de total, foram elaborados 6 (seis) mapas: Mapa da Bacia, Cobertura Florestal, Uso e Ocupação do Solo, Unidades de Conservação, Localização da BCS e Aglomerados Urbano.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Nascentes e Confluências

As nascentes são conceituadas como, “um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, integrando à rede de drenagem superficial”. Configuram-se como resultado de um conjunto de processos que envolvem desde a dinâmica hidrogeológica até aspectos geomorfológicos e antropogênicos da paisagem. São sistemas de importante na manutenção do equilíbrio hidrológico, geomorfológico, biológico e ambiental *lato sensu* das bacias hidrográficas. Entende-se por nascente o afloramento do lençol freático que vai dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d’água (regatos, ribeirões e rios). Entende-se por nascente o afloramento do lençol freático, que vai dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d’água (regatos, ribeirões e rios). Em virtude de seu valor inestimável dentro de uma propriedade agrícola, deve ser tratada com cuidado todo especial (FELIPPE, 2009).

. Entretanto, nas bacias hidrográficas do Brasil, as redes fluviais encontram-se intensamente modificadas de modo que as nascentes são drenadas ou aterradas, em sua maioria.

As Bacias Hidrográficas vêm sendo adotadas como áreas preferenciais para o planejamento dos recursos hídricos. Nas últimas décadas, com a modernização dos modelos

de gestão da água, o planejamento passou também a incorporar as questões de sustentabilidade.

Inicialmente, na Bacia Costeira do Sapucaia identificou-se as nascentes do rio Sapucaia e o rio Aningas (Figuras 4 e 5). A nascente do rio Sapucaia localiza-se no Povoado Porteiras, município de Japaratuba, utilizada como fonte de captação para o consumo humano, observa-se em seu entorno: uma pequena mata em degradação, um corredor para a dessedentação animal, agropecuária familiar, aglomerado urbano a uma distância de aproximadamente trezentos metros, pastagens.



**Figura 4.** Área da Nascente do rio Sapucaia no Povoado Porteiras.  
Fonte: autor, 2016.

A nascente do rio Aningas localiza-se entre os povoados Bebedouro e Aguilhadas no município de Pirambu, em uma fazenda as margens da Rodovia de acesso a Aracaju. Na área da nascente verifica-se existência de vegetação típica Restinga (campo e mata). A área é de difícil acesso. Apresentou pastagem, e é utilizada na dessedentação animal.



**Figura 5.** Área da Nascente do rio Aningas Povoado Bebedouro  
Fonte: autor, 2016.

As nascentes, cursos d'água e represas, embora sejam distintos entre si por várias particularidades quanto às estratégias de preservação, apresentam como pontos básicos comuns o controle da erosão do solo por meio de estruturas físicas e barreiras vegetais de contenção, minimização de contaminação química e biológica e ações mitigadoras de perdas de água por evaporação e consumo pelas plantas. O comportamento e características das nascentes são resultantes de infiltração em toda área de contribuição, e não apenas da área circundante da nascente.

Registrou-se ainda a confluência dos rios Sapucaia e Aningas (Figura 6) no estuário da bacia localizada na Reserva Santa Isabel, município de Pirambu/SE. Área de difícil acesso apresenta dunas e praia. As potencialidades paisagísticas da área surgem como um atrativo dentro do contexto turístico do Estado de Sergipe.

É notório que os turistas que visitam a área litorânea não tem obedecido a legislação vigente. As observações de campo demonstraram que os locais são utilizados sem nenhuma forma de controle ambiental, ocorrências de lixões nas margens dos leitos fluviais e vias de acesso.



**Figura 6:** Confluências dos rios Aningas e Sapucaia Foz do Rio Sapucaia  
Fonte: autor, 2016.

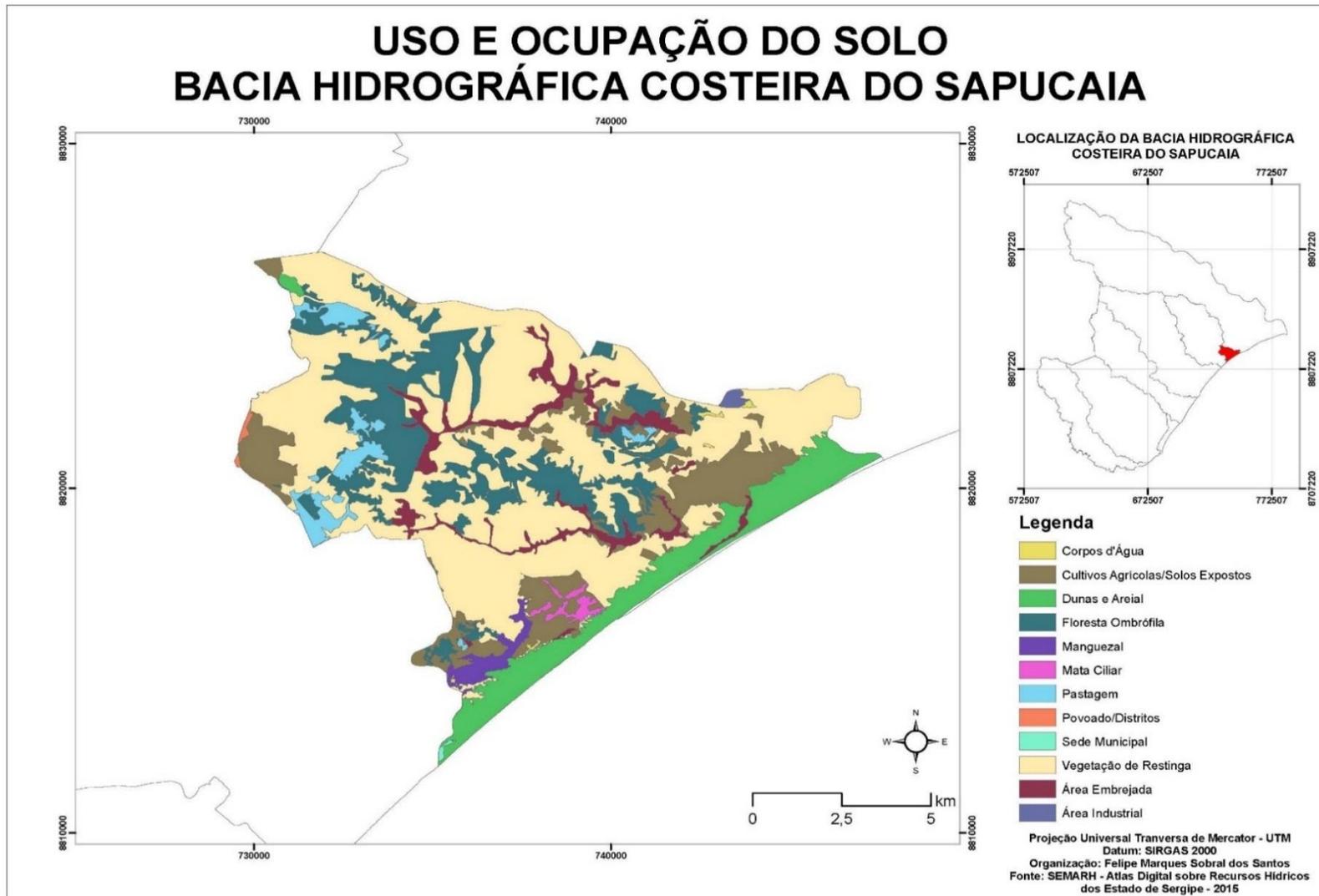
## **5.2. Aspectos socioambientais**

Os aspectos ambientais podem ser definidos como “elemento das atividades, produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”.

## **5.3 Uso do solo na Bacia**

O processo de uso e ocupação da Bacia Costeira do Sapucaia foi descrito na presente pesquisa com base em dados geomorfológicos do Atlas de Recursos Hídricos de Sergipe, tentando compreender como se deu a dinâmica da Bacia Hidrográfica em relação ao uso dos recursos naturais e a apropriação da paisagem. Fundamentado na caracterização dos componentes ambientais foi possível identificar algumas potencialidades e limitações da bacia em estudo. Nessa perspectiva, foram identificados na Bacia Costeira do Sapucaia: O Cultivo Agrícola, Solos Expostos, Dunas e Areial, Florestas Ombrófila, Manguezal, Mata Ciliar, Pastagem, Vegetação de Restinga e área embrejada (Figura 07).

Figura 7. Mapa do Uso e Ocupação do Solo da BCS.



Fonte: Atlas de Recursos Hídricos SEMARH SE 2015

Dentre as informações obtidas no mapa, é relevante destacar a predominância da vegetação Restinga. A formação vegetal da Restinga encontra-se onde predomina os solos arenoquartzosos, composta por espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas que podem alcançar até quinze metros de altura. Na área das dunas costeiras ativas a vegetação de Restinga é predominantemente arbustiva e arbórea (ALVES, 2010).

Neste estudo, na Bacia Costeira do Sapucaia, a Restinga tem sido intensamente devastada para atender aos diversos interesses econômicos, sendo frequentes na sua área os cultivos de coco da baía (*Cocos nucifera*), extração e areia e o extrativismo da madeira usada como lenhados.

#### A) Exploração de minério na área da Bacia Costeira do Sapucaia

Durante a pesquisa observou-se a extração de minérios pela Petrobrás, às margens do rio Sapucaia na Reserva Santa Isabel. Verificou-se ainda jazidas para extração de areia Belo Jardim e Limoeiro nas proximidades das nascentes do rio Sapucaia e Aningas. Vale ressaltar, que as jazidas dispõem de licenças ambientais para exploração da areia (Figuras 8 e 9).



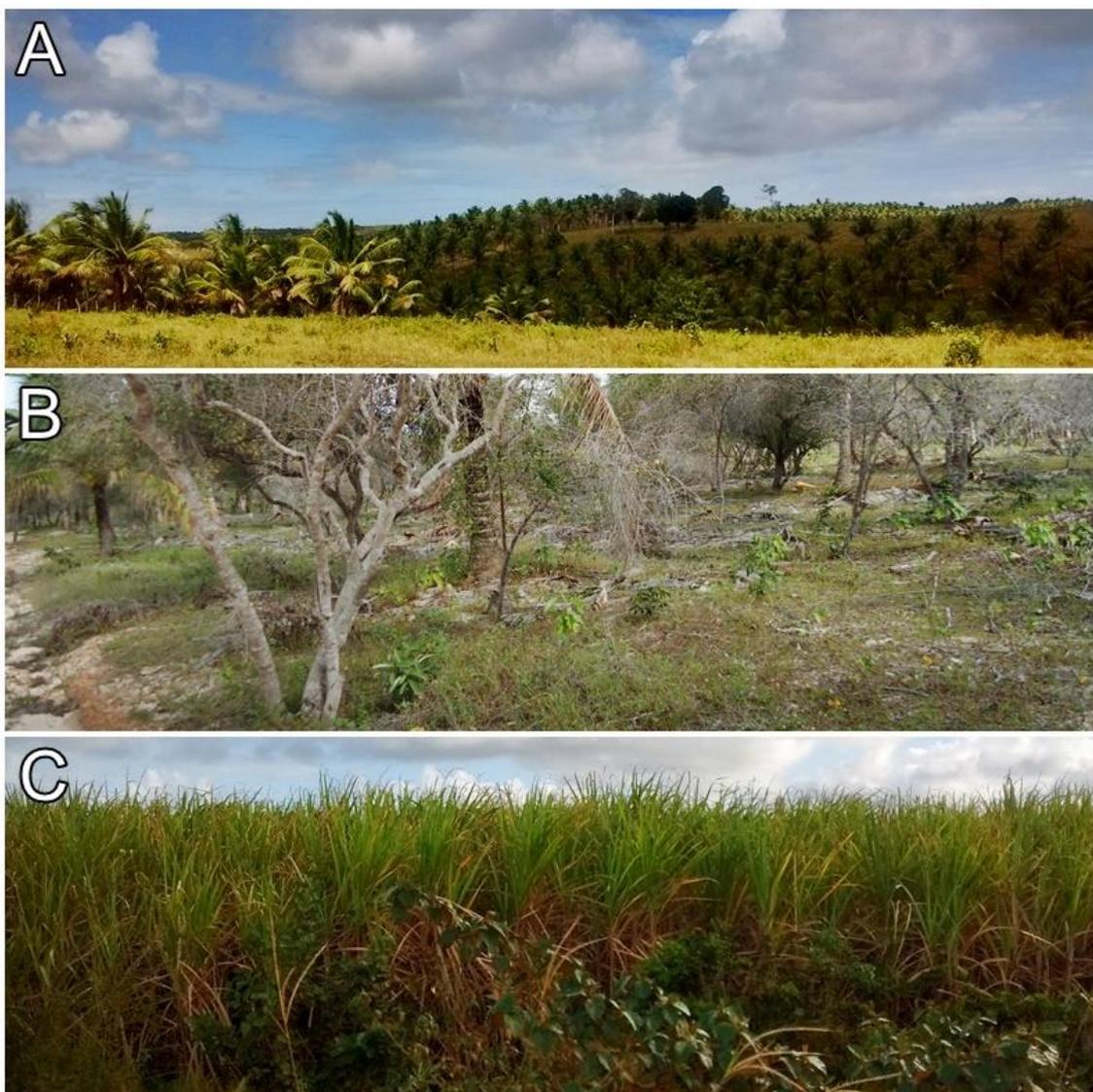
**Figura 8** Retirada de areia em jazida, local?????  
Fonte: Autor, 2016



**Figura 9** Extração de Petróleo, local????  
Fonte: autor, 2016.

## B) A agricultura

Um dos cultivos da agricultura desenvolvida na área da bacia predominante é o cultivo do coco da baía (*Cocos nucifera*), existente em quase todas as propriedades; observa-se a existência de plantio irrigado e, atualmente, está sendo introduzido o plantio de cana-de-açúcar. O extrativismo é uma prática da região com o beneficiamento do fruto da mangabeira, pelas associações existentes nas comunidades de Baixa Grande e Porteiras, proporcionando rentabilidade aos moradores. Com a prática dessa atividade as espécies nativas estão sendo preservadas nas pequenas propriedades. Outra pratica extrativista é a utilização do Ouricuri (MARTINS, 2000). O cultivo da cana-de-açúcar foi introduzido na região da bacia nesses últimos anos (Figura 10).



**Figura 10.** Figura A Plantação de coco; Figura B Produção de mangaba; Figura C Cultivo da cana de açúcar.

Fonte: autor, 2016.

A utilização do solo na agricultura na bacia traz consequências como: a perda da vegetação nativa e empobrecimento do solo entre outras, a retirada de areia traz consequência drástica para os recursos hídricos, pois as partículas são carreadas para os rios e também a perda da cobertura vegetal. Para o escoamento são necessárias estradas para o transporte da matéria prima, estes impermeabilizam o solo, provocando a perda da infiltração e um escoamento maior das águas pluviais aos rios (LOPES, 2008).

Na região, observam-se árvores nativas e plantio de mangabeiras, cujo fruto é comercializado pelos moradores em feiras dos municípios próximos. O fruto da mangabeira *Hancornia speciosa* é a mangada. Essa espécie de árvore rústica que pode chegar a dez metros de altura é típica do bioma Caatinga e pode ser encontrada no Cerrado.

Em Sergipe, encontra-se a espécie mangabeira em toda a extensão litorânea, comercializada pelos moradores que residem nessas localidades. O crescimento imobiliário vem transformando essas passagens com o desmatamento dessa espécie. Outro fato marcante na degradação desse ecossistema é a introdução do plantio de cana de açúcar que adentram cada vez mais os biomas do estado nas bacias hidrográficas dos rios Sergipe, Japarutuba e São Francisco, e atualmente na Bacia Costeira do Sapucaia (ALVES, 2010)

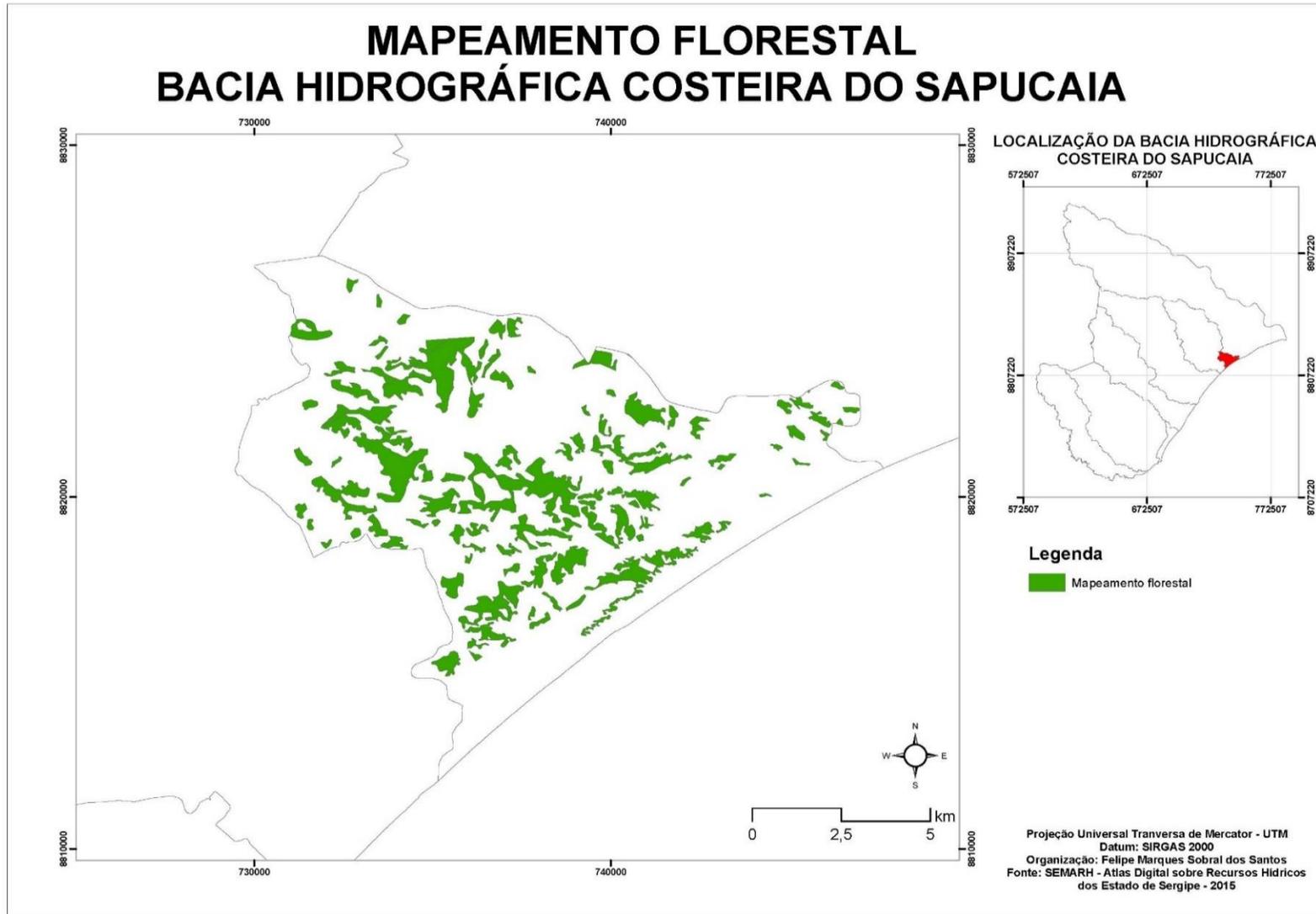
Segundo a presidente da Associação das Catadoras de Mangaba do Povoado Porteiras de Japarutuba, a coleta e produção de alimentos da mangaba, enfrenta dificuldades o acesso aos sítios com mangabeiras, que antes eram livres e, atualmente, os proprietários vendem os frutos.

### C) Cobertura Florestal

A cobertura florestal da Bacia Costeira do Sapucaia é observada de forma comprimida, conforme mostra o mapa floresta do ano de 2000 na Figura 10. A vegetação da bacia, nos dias atuais, é bastante modificada com o desmatamento para pastagens e plantio de coco da baía (*Cocos nucifera*). Observa-se que os recursos florestais estão sendo explorados de maneira lenta, assim com o passar dos tempos haverá necessidade de proteger o que restou, coibindo o desmatamento.

A cobertura vegetal característica do alto e médio curso do Rio Sapucaia é a Floresta Estacional Semidecidual, e manchas de Restinga, cuja ocorrência está condicionada pelas características do clima e das formações superficiais. No baixo curso, verifica-se presença de vegetação higrófila, principalmente, nas margens dos canais de drenagem. Vale registrar, que a vegetação da área em estudo sofre um intenso processo de antropização, conforme (Figura 11).

Figura 11. Mapa Florestal da Bacia Costeira do Sapucaia



Fonte: Atlas de Recursos Hídricos SEMARH SE, 2015

#### D) Os aglomerados Urbanos

Os aglomerados populacionais existentes na Bacia Costeira do Sapucaia, são um total de 11 (onze) povoados e um assentamento. Sendo três totalmente inseridos na bacia hidrográfica os povoados Aningas, Lagoa Redonda, Santa Isabel e os demais, parcialmente, Baixa Grande, Flexeiras, Alagamar, Lagoa Grande, Aguilhadas, São José da Caatinga, Bebedouro e Sapucaia (SERGIPE, 2012).

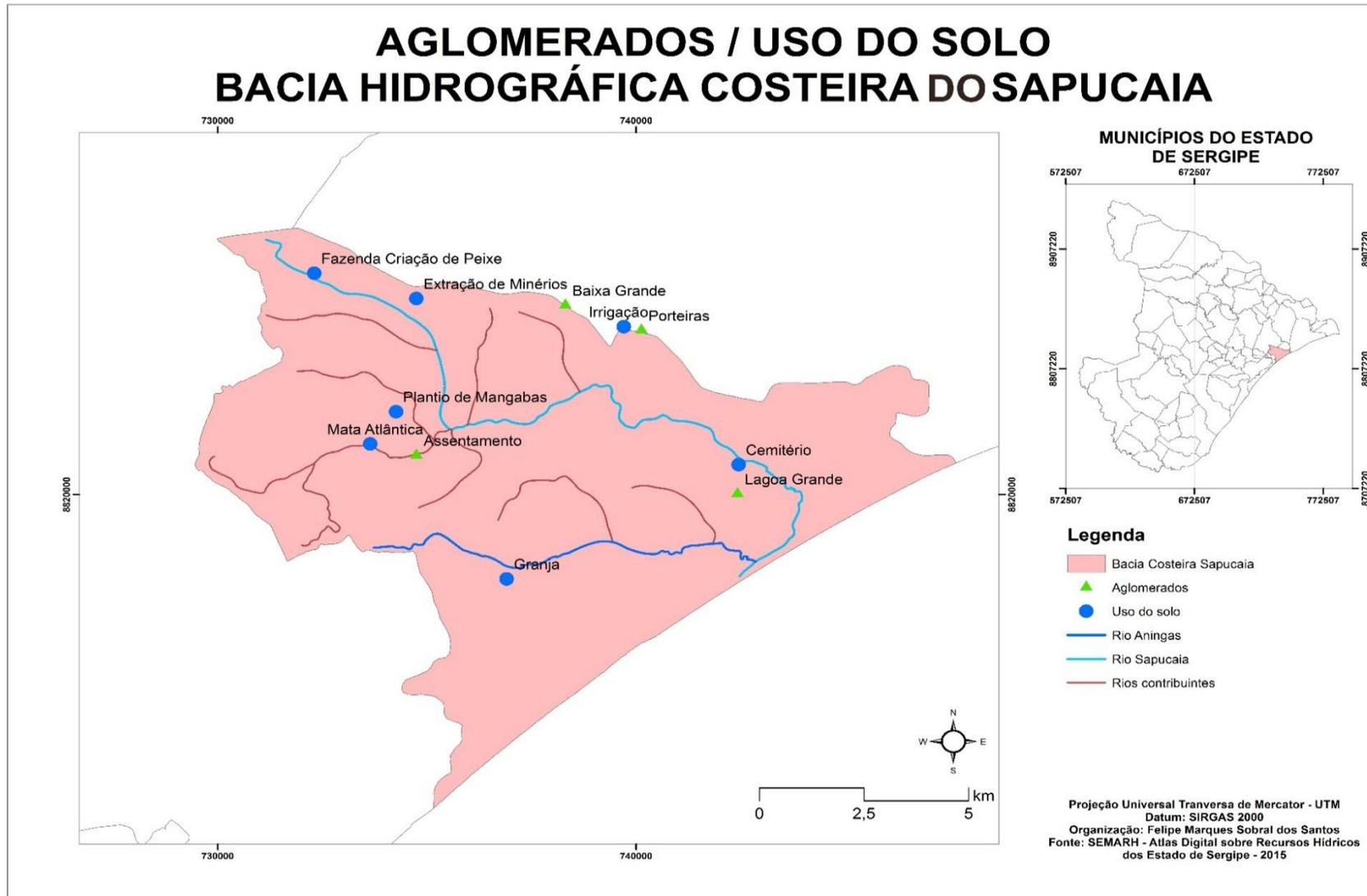
Os aglomerados populacionais localizados na área de drenagem da Bacia Costeira do Sapucaia pertencem aos povoados Aningas, Lagoa Redonda, Santa Isabel, Baixa Grande, Flexeiras, Porteiras e do Assentamento Padre Gerard, este criado em 2015 em homenagem ao ex-prefeito e Pároco Gerard Lothaire Jules Olivie do município de Japarutuba conforme figura 12. Observam-se nas comunidades inseridas alguns trechos com pavimentação de paralelepípedo, ausência de saneamento básico, pontos comerciais e a maioria das casas são de alvenaria, nestas também existem pequenas propriedades rurais, escolas, igrejas etc (SERGIPE, 2012).

As construções demandam áreas e com isso é necessário a retirada da vegetação. Outro fato que atingem os corpos d'água decorrente da urbanização é a construção de pavimentações que impermeabilizam e tendem a escoar com mais velocidade as precipitações para os rios, assim provocando o carreamento de partículas e efluentes.



+  
**Figura 12.** Aglomerado urbano dos povoados da Bacia Costeira do Sapucaia. Figura A Povoado Lagoa Redonda; Figura B Assentamento; Figura C Balneários Povoado Lagoa Redonda; Figura D Povoado Aningas; Figura E Povoado Porteiras.  
 Fonte: autor, 2016.

Figura 13. Mapa com a identificação de Aglomerados Urbanos e Uso do Solo da Bacia



Fonte: Atlas de Recursos Hídricos SEMARH SE 2015

## 5.4 Uso da Água

A Bacia Costeira do Sapucaia, área de estudo tem suas águas distribuídas em vários usos, e entre eles destaca-se para o abastecimento humano, uso doméstico piscicultura em barragens e tanques redes, dessedentação animal e para o lazer, este um ponto ápice da região, devido às belezas cênicas. (Figura 14)

Pode-se destacar como principais usos desse corpo hídrico, lavagens de roupas, utensílios domésticos e banho. Com esses usos, pode-se verificar a utilização e produtos de limpeza que degradam a qualidade da água por sua composição química. Sabe-se que a população inserida na bacia é abastecida de águas de origem superficiais e subterrâneas da própria BCS. A distribuição e tratamento é executada pela Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO.

O uso da água subterrânea para o abastecimento deve-se ao fato da vazão dos rios existentes estarem a baixo do necessário, para atender a demanda populacional. De acordo com o técnico da DESO, Januário, as águas dos poços subterrâneos são de ótima qualidade.

Uma comunidade que possui um sistema de abastecimento passa a oferecer qualidade de vida aos seus habitantes que fazem a utilização do mesmo. Os habitantes que utilizam corpos d'água sem tratamento adequados podem contrair doenças de veiculação hídrica. Isso não significa que a situação da bacia hidrográfica em estudo seja confortável, apenas se observa que a área onde é captada a água está livre de efluentes industriais e urbanos. Porém, a agricultura na atualidade, utiliza grande quantidade de agrotóxico que fica retida no solo, e é levada até os mananciais pelo escoamento superficial e também pode atingir as águas subterrâneas (SERGIPE, 2015).

As perdas de água devem ser analisadas desde o momento em que a água é captada na Bacia Hidrográfica, até a o final da rede de distribuição, quando chega ao consumidor. Essa situação aponta para a retirada de água em volume desnecessário. Convém ressaltar que, infelizmente, é o meio ambiente o maior prejudicado na relação homem/recurso natural.

Com base nessas informações confirma-se a necessidade de mudanças de atitudes, valores, de hábitos que despertem em cada cidadão da sociedade o sentimento de pertencer ao meio ambiente.



**Figura 14.** Uso da água. Figura A Utilização do rio para lavagem de roupa; Figura B Área de captação para abastecimento humano; Figura C Caixa D'água para abastecimento humano; Figura D Rio Sapucaia utilizado como balneário.  
 Fonte: autor, 2016

Constatou-se, que os usos dos componentes de uma bacia hidrográfica influenciam na qualidade e quantidade de suas águas. Tudo o que ocorre em uma bacia hidrográfica repercute em seu entorno. São as atividades antrópicas, as causadoras dos danos ambientais e são elas que requerem, a cada dia mais, recursos naturais (BUZELLI,2013).

As ações antrópicas vêm transformando a paisagem da Bacia Costeira do Sapucaia com construções de piscinas, represando o rio para ser utilizado neste ambiente durante o lazer, casas de veraneio, edificações para o turismo, bares, pousadas. Essas atividades acabam gerando resíduos sólidos, os quais, muitas vezes são depositados nos corpos d'água e na área do entorno (Figura 15). Algumas formas de utilização dos recursos hídricos têm ocasionado impactos ambientais.

O rio Sapucaia na localidade denominada Lagoa Redonda, é utilizado na produção de alimentos com a prática da piscicultura. Essa atividade é desenvolvida pelos moradores os quais fazem parte de uma cooperativa do povoado Lagoa Redonda.



**Figura 15.** Ações antrópicas na Bacia Costeira do Sapucaia. Figura A Balneário A no Povoado Lagoa Redonda; Figura B Afluente de margem direita do rio Sapucaia para abastecer Piscina; Figura C Lixo exposto e queimado no Povoado Lagoa Redonda. Fonte: autor, 2016.

Outro fator que impulsiona a ligação homem/natureza é a atividade produtiva. Na Bacia Costeira do Sapucaia, na região da Lagoa do Sangradouro no rio Sapucaia Figura 16, há gaiolas de engorda ou gaiolas flutuantes para a prática da piscicultura na região, existem aproximadamente 54 tanques-redes para produção de tilápias.

O lixo produzido em alguns povoados da bacia é coletado e levado para um lixão pelas Prefeituras Municipais de Japaratuba e Pirambu. Ainda em relação ao lixo é observado que a população realiza a queima.



**Figura 16.** Rio Sapucaia na localidade Lagoa do Sangradouro.  
Fonte: autor, 2016.

Com a expansão da pesca, na região, observou-se o represamento do rio para construção de tanques para a piscicultura (Figura 17).



**Figura 17.** Represamento do rio Sapucaia para piscicultura de tanques.  
Fonte: autor, 2016.

## 5.5 Situação dos Ambientais da Bacia

Os ambientes existentes na bacia podem ser observados como vegetação natural e exótica. O quadro ambiental da Bacia Costeira do Sapucaia não difere tanto da realidade das bacias que compõem as unidades de planejamento hídrico do Estado.

As demandas mais abusivas na exploração ambiental da bacia são: o cultivo do coco da baía (*Cocos nucífero*), com irrigação à introdução do plantio de cana-de-açúcar, cultivo e pesca em tanguês-redes a cada seis meses, consoante informado por um membro da Associação de Moradores do Povoado Lagoa Redonda que faz a vigilância dos tanques.

Outras situações existentes que atinge o ambiente são o desmatamento para o consumo doméstico e produção de carvão artesanal e a erosão dos solos com a retirada da cobertura vegetal para extração de areia. Essa problemática associada à pavimentação da Rodovia SE 100 em 2015, que demanda o aumento da área para a sua excursão, podem gerar degradação dos ambientes ainda preservados.

A poluição causada pelo uso inadequado do solo e dos recursos hídricos a exemplo da agricultura com uso de agrotóxico faz com que os problemas na área da BCS aumentem, porque as substâncias químicas são carregadas, contaminando os rios que formam a Bacia Hidrográfica.

Os defensivos agrícolas utilizados podem contribuir para a degradação da qualidade dos corpos hídricos. Esses estão entre os principais elementos lançados nos mananciais. Assim, um dos maiores desafios na gestão dos recursos naturais é conhecer o funcionamento dos ecossistemas existentes, monitorar a qualidade de suas águas e entender quais os fatores que afetam diretamente os corpos d'água. (MARQUES, 2007),

A situação ambiental da Bacia Costeira do Sapucaia não difere da realidade das bacias que compõem o quadro das unidades de planejamento hídrico do Estado. As demandas abusivas na exploração ambientais são: a pesca, o desmatamento e a erosão.

O uso inadequado do solo e dos recursos hídricos, a exemplo, da agricultura intensiva com uso de fertilizantes e agrotóxicos, futuramente podem levar à contaminação dos rios que formam a Bacia Costeira do Sapucaia, devido ao carreamento das substâncias e elementos químicos.

A retirada da vegetação nativa é prática abusiva com a queima da madeira para fabricação artesanal do carvão (Figura 18) na área da Bacia Costeira do Sapucaia. A manutenção da vegetação é fundamental para a preservação das características dos ambientes naturais das Bacias Hidrográficas. A definição das espécies e das comunidades dar-se em função da geologia da área. Braga, (2005) relata que existe a água e o ambiente floresta que se completam, e, ainda, a ausência de uma altera completamente a outra. Os biomas do Globo terrestre, registra essa relação, apontando a disponibilidade da água como controladora

do desenvolvimento das comunidades dos vegetais. Estes, variando de desertos e savanas, até as florestas tropicais úmidas, dependendo da distribuição sazonal da precipitação (KRAMER e BOYER, 1995).



**Figura 18.** Carvoaria na área da nascente do rio Sapucaia  
Fonte: autor, 2016.

A prática de retirada da vegetação nativa para a fabricação de carvão vivenciada na região da área da nascente dos rios Sapucaia e demais regiões.

## **5.6 Unidades de Conservação (UCs) na área da BCS**

Foram instituídas 03 (três) Unidades de Conservação na Bacia Costeira do Sapucaia (Figura 19), a saber: à Reserva Particular do Patrimônio Natural Dona Benta e seu Caboclo e a Área de Proteção Ambiental Litoral Norte classificadas como do tipo uso sustentável, criada pela portaria de nº 71 de 27 de agosto de 2010. A Área de Proteção Ambiental (APA), Litoral Norte, foi criada pelo decreto nº 22.995 de 09 de novembro de 2004, sendo gerenciada pelo Estado. A Reserva Biológica Santa Isabel criada pela Lei 11. 516 de 28 de agosto de 2007, área de proteção integral que tem por objetivo a preservação integral da biota, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural.

Na região norte do Estado de Sergipe, há Unidades de Conservação as quais possuem diagnósticos que não são dotados de planejamento a fim de a população local puder utilizá-los.

No ano de 2015, foi criado o Conselho Gestor da Reserva Biológica Santa Isabel, com a participação de representantes dos diferentes segmentos da sociedade civil, governamental e de pesquisa. Essa iniciativa é um grande avanço rumo a uma gestão participativa que pode trazer reflexos positivos para construção da Política Florestal do Estado. Todavia, para a administração eficiente dessas Unidades de Conservação, ainda há um longo caminho a ser percorrido. (ICNBio, 2015)

Oliveira (2004) aborda que as Unidades de Conservação, da bacia hidrográfica, carecem da exploração do potencial dos recursos naturais; tipo de vegetação, de relevo e de solo; condições climáticas; estado de regeneração da floresta, e do potencial fitogeográfico, considerando a capacidade de absorção e recuperação das agressões provocadas pela ação antrópica.

Segundo Silva (2012), os dois espaços territoriais Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) e a Reserva Biológica Santa Isabel (REBIO) ainda não dispõem de mecanismos de gestão ambiental, tais como plano de gestão e de manejo e zoneamento ecológico econômico, evidenciando fragilidade administrativa, estando as Unidades de Conservação sob consideráveis impactos.

A Reserva Biológica Santa Isabel é atualmente gerenciada pelo Instituto Chico Mendes de Biodiversidade e Conservação (ICMBIO). É imprescindível destacar que as Unidades de Conservação, com exceção da Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural, devem possuir uma zona de amortecimento (BRASIL, 2000).

De acordo com o Art 2º, inciso XVIII, da lei 9985 de 18 de julho de 2000, a zona de amortecimento é definida como o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas também estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o intuito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade. Contudo, estudo realizado, com o objetivo de identificar a atuação das comunidades locais na gestão e manejo da Reserva Biológica Santa Isabel, tem apontado que as ações de Educação Ambiental, quando existentes, são restritas aos colégios ou às atividades do Projeto TAMAR e raramente atingem a população dos povoados (MELO *et al*, 2013).

A Bacia Costeira do Sapucaia é contemplada com a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Dona Benta e Seu Caboclo, criada pela portaria de nº 71 de 27 de agosto de 2010. A Área de Proteção Ambiental (APA), Litoral Norte, criada pelo decreto nº 22.995 de 09 de novembro de 2004, e gerenciada pelo Estado.

Por fim, a Reserva Biológica Santa Isabel (Figura 19), criada pelo Decreto nº 96 999 de 20 de outubro de 1988, é uma área de proteção integral que engloba formação de restinga e outros ecossistemas costeiros, atualmente é gerenciada pelo Instituto Chico Mendes de Biodiversidade e Conservação (ICBIO).

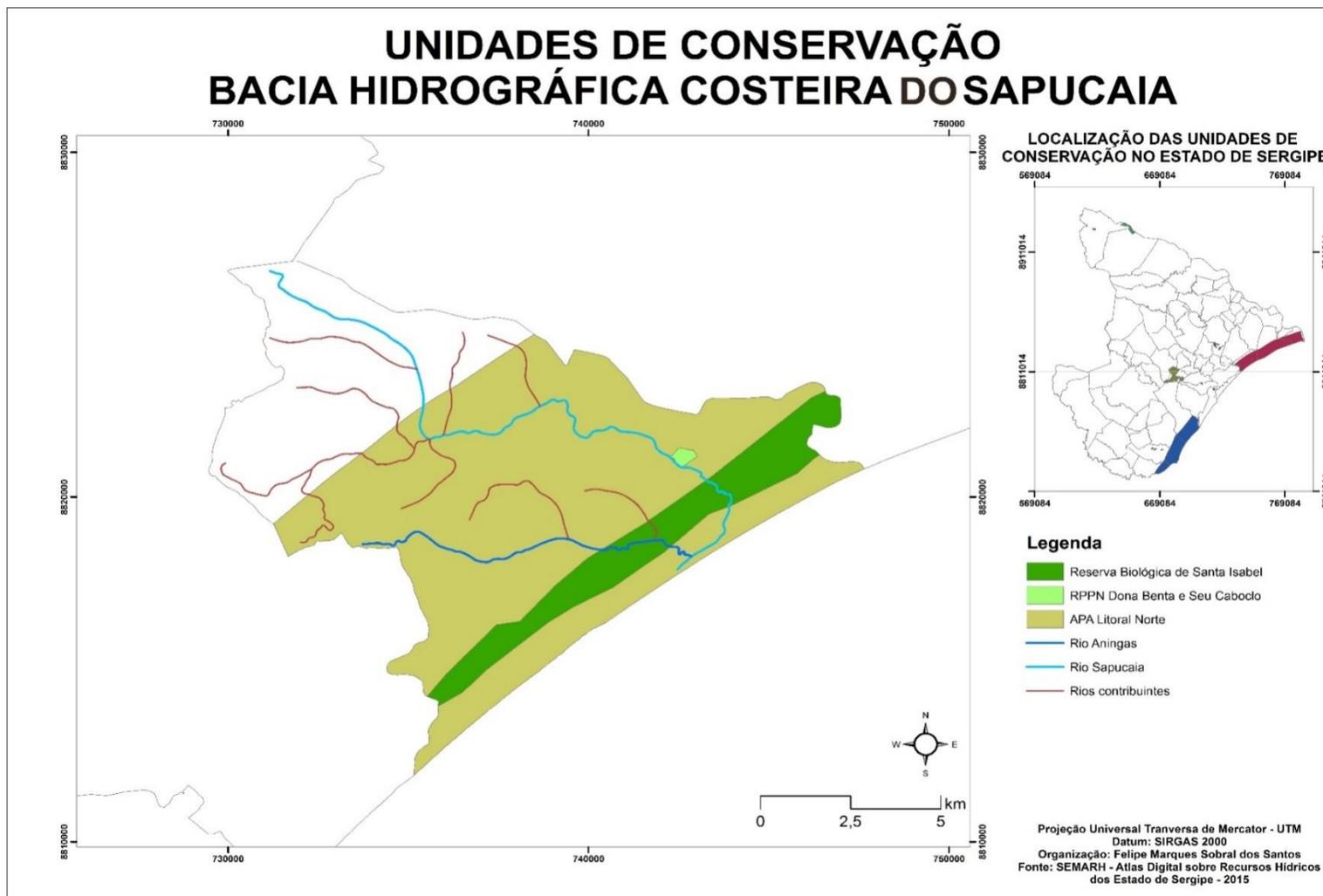
Destarte, as comunidades da Bacia Costeira do Sapucaia vivem dentro das áreas protegidas, havendo a necessidade de atentar-se quanto à necessidade de um planejamento de ações de cunho socioambiental e cultural na busca da sustentabilidade, haja vista a relação homem e natureza, acontecendo dentro da bacia hidrográfica; este deve estar direcionado à mudança de postura quanto à degradação dos recursos naturais, e à prática de educação ambiental, envolvendo a classe estudantil, moradores e visitantes. Observa-se na comunidade, o não conhecimento acerca da existência das Unidades de Conservação na região, fundamental na constituição de uma sociedade pluralista, democrática e sustentável.



**Figura 19.** Rio Sapucaia na Reserva Biológica Santa Isabel  
Fonte: autor, 2016.

A Figura 20 representa as Unidades de Conservação que fazem parte da BCS, para melhor reconhecimento da área.

Figura 20. Mapa das Unidades de Conservação da Bacia Costeira do Sapucaia



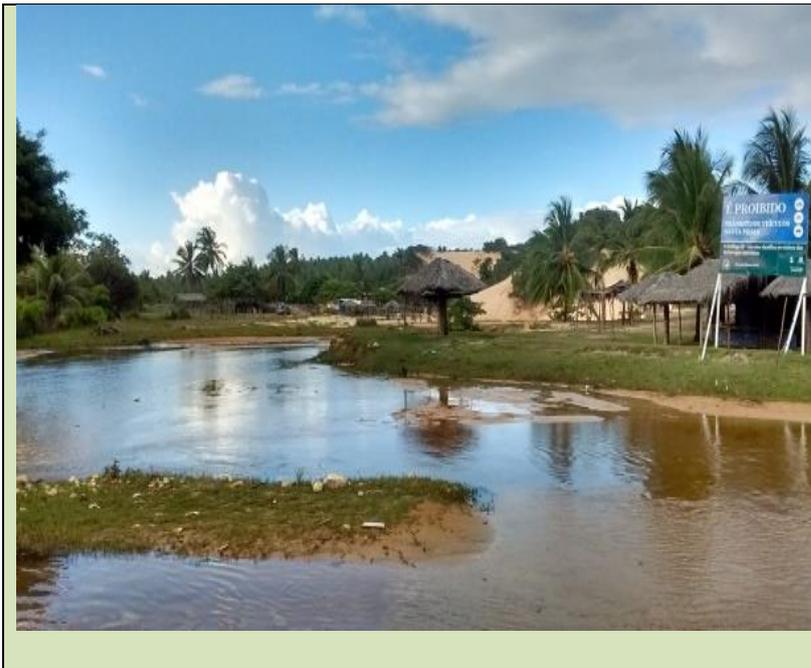
. Fonte: Atlas de Recursos Hídricos SEMARH SE 2015

## 5.7 Caracterização dos Pontos de Coletas

Durante as visitas de campo à Bacia Costeira do Sapucaia foram determinados oito pontos de coletas na área de drenagem da Bacia Hidrográfica; esses são descritos no Quadro 2, onde, é mostrada a identificação dos pontos e a utilização desses locais pelas comunidades residentes e os visitantes.

Quadro 2: Caracterização dos pontos de coletas

Imagens	Descrição
	<p>Ponto 1 - Rio Aningas Ponte sobre rio Aningas, localizado nas imediações do povoado Aningas; é utilizado como balneário e lavagem de roupas e higiene pessoal.</p> <p>Ausência de mata ciliar na margem direita o rio Aningas.</p>
	<p>Ponto 2 - Riacho Aningas – Contribuinte do rio Aningas fica localizado próximo ao povoado Aningas – Este rio serve de local para lavagem de roupas e higiene pessoal.</p>



Ponto 3 - Rio Sapucaia – Reserva Biológica Santa Isabel, serve como balneabilidade para turistas e população local. Local muito visitado pelos turistas e comunidade local.

Fonte: autor, 2015

Quadro 2: Caracterização dos pontos de coletas (continuação)

Imagens	Descrição
	<p>Ponto 4 - Lagoa Redonda – servido de balneabilidade, com construção em seu entorno de bares. Essa lagoa fica distante aproximadamente dez metros de um cemitério.</p>



Ponto 5 - Lagoa do Sangradouro – Rio Sapucaia – Nessa lagoa há prática da piscicultura, criação de Tilápia em tanques redes. Suas águas são utilizadas na irrigação de coqueiros e como balneabilidade.



Ponto 6 - Rio Sapucaia a jusante da nascente, local onde passa a tubulação Petrobrás SEAL; ao longo de suas margens forma-se área brejo, em seu leito, percebe-se o acúmulo de sedimentos oriundos da pavimentação para passagem dos ductos da Petrobras.



Ponto 7 - Nascente do Rio Sapucaia – área de captação para o abastecimento humano. Em seu entorno foi identificada produção caseira de carvão vegetal. Localizada no povoado Porteirias.

Fonte: autor, 2015

Quadro 2: Caracterização dos pontos de coletas (continuação)

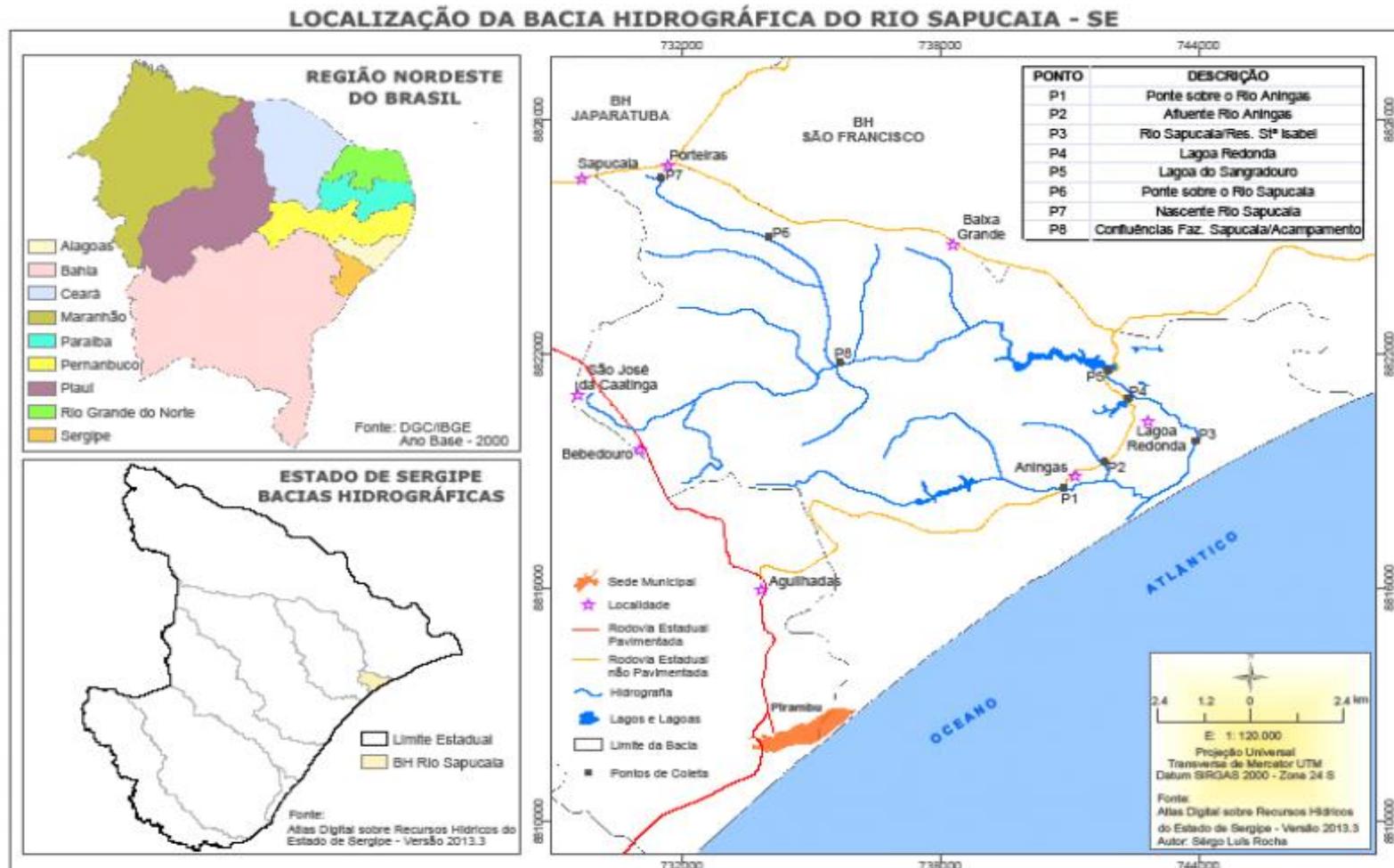
Imagens	Descrição
	<p>Ponto 8 - Confluência dos rios – Assentamento Padre Gerard na fazenda Sambaiba – Localizado à montante da nascente do rio Sapucaia, é uma área com mais de cinco rios de primeira ordem que confluem e são drenados para o ponto 6. Utilizado como local de banho e lavagem de roupa. Em seu entorno, existência de pastagem uma granja, uma piscina de alvenaria e construção de casas em sua extensão para os assentados.</p>

Fonte: autor, 2015

O mapa da Figura 21 representa a localização da Bacia Costeira do Sapucaia e a identificação dos pontos de coleta. Esses foram escolhidos nos locais onde os rios são perenes e sofrem ou não ações antrópicas.

Observa-se no mapa a inexistência de pontos de coleta no montante do rio Aningas, e de outros rios que compõem a Bacia Hidrográfica. Esse fato deve-se ao difícil acesso a essas áreas para realização de coletas, localizadas a uma distância considerável da rodovia de acesso.

Figura 21. Mapa de Localização dos pontos de coleta da Bacia Costeira do Sapucaia



Fonte: Atlas de Recursos Hídricos SEMARH SE 2015

## 5.8 Registro Fotográfico

O desequilíbrio causado nas paisagens pela degradação quer numa área de bacia hidrográfica ou em um de seus compartimentos, tais como: encostas, vales, meandros ou nascentes e mananciais, são em alguns casos irreversíveis e, provocam danos tanto para a natureza quanto para a sociedade centrada neste ambiente. A análise do ambiente de uma região permite identificar as potencialidades de uso (ou não uso), de ocupação, de vulnerabilidade, da dinâmica e da complexidade do ecossistema, levando à realização de ações que possibilitem a preservação e a conservação (MOULTON e SOUZA, 2006; MARTINI, 2012).

As atividades antrópicas alteram sensivelmente os ecossistemas naturais, essas alterações, quando ocorridas pelos diversos tipos de uso do solo de uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas monitorando a qualidade das águas superficiais.

A bacia hidrográfica, por ser um sistema vulnerável à ação humana e envolver tudo que está no entorno, as atitudes e atividades humanas não respeitam critérios ou limites físicos de bacias hidrográficas. Conforme Guerra (2010) o comportamento das condições naturais e das atividades humanas desenvolvidas nas bacias hidrográficas traduzem-se em mudanças significativas em qualquer dessas unidades e podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvida).

Durante a realização das dez visitas de campo foram realizados registros fotográficos e o georreferenciamento de paisagens. Esses buscando identificar indicadores de degradação na área no período de realização das coletas, gerando várias fotografias. O registro fotográfico auxilia na realização de comparação de dados de diferentes períodos visitados (Figuras 22 a 48).



Figura 22 Rodovia de acesso a Bacia Costeira do Sapucaia no Povoado Bebedouro  
Fonte: Autor, 2015



Figura 23 Pavimentação da Rodovia SE 100 Povoados Aguilhadas e Aningas Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 25 Supressão da vegetação para pavimentação da Rodovia SE 100 próximo ao Povoado Aningas Bacia Costeira do Sapucaia.  
Fonte: Autor, 2015



Figura 26 Trecho do Rio Aningas a montante do ponto de coleta P1 Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2014

Figura 27 Pavimentação da Rodovia SE 100 Povoado Aningas Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 28 Ponte sobre o Rio Aningas Rodovia SE 100 Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2014



Figura 29 Rodovia SE 100 Rio Aningas Estrada Povoado Aningas Bacia Costeira do Sapucaia  
**Fonte: Autor, 2015**



Figura 30 Rio Aningas Ponto 1 Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 31 Rio Aningas a jusante do Ponto 1 Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 32 Rodovia SE 100 Povoadado Aningas Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 33 Estrada SE 100 Riacho Aningas Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 34 Rio Sapucaia na Reserva Santa Isabel Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2014



Figura 35 Rio Sapucaia na Rodovia SE 100 Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2014



Figura 36 Rio Sapucaia no Balneário A Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2014



Figura 37 Rodovia SE 100 Duna próximo a Lagoa do Sangradouro Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2014



Figura 38 Rodovia SE 100 Supressão da Duna próximo a Lagoa do Sangradouro Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 40 Lagoa do Sangradouro Área de Captação para Irrigação na Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 41 Área irrigada plantação coco da baía Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 42 Gasoduto da Petrobrás SEAL Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 43 Riacho próximo ao Assentamento Padre Gerard Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 44 Estrada de acesso ao Assentamento Padre Gerard Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2015



Figura 45 Assentamento Padre Gerard Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2014



Figura 47 Bar a montante da Nascente do Rio Sapucaia Povoado Porteiros Bacia Costeira do Sapucaia

Fonte: Autor, 2015



Figura 48 Lagoa Azul na Unidade de Conservação Reserva Particular do Patrimônio Natural Dona Benta e seu Caboclo na Bacia Costeira do Sapucaia  
Fonte: Autor, 2014

A degradação apresentada é preocupante, pois, além do uso e ocupação da área não estarem de acordo com as leis ambientais para áreas de preservação é também uma falta de compromisso para com a preservação do manancial. A apropriação inadequada do homem na Bacia Costeira do Sapucaia, deixa sinais de fragilização no ecossistema existente.

Segundo Tucci (2002), a ação antrópica provoca transformações no sistema hidrológico e sobre a superfície de uma bacia hidrográfica. A introdução de superfícies impermeáveis na realização de rodovias diminui a infiltração e reduz a superfície de retenção, portanto tem-se uma diminuição do abastecimento do lençol freático, o que pode implicar na desperenização dos cursos d'água.

### **5.9 Pluviometria do período de Estudo**

A dinâmica pluviométrica de determinada localidade, é fator fundamental no planejamento da atividade do uso do solo. Neste contexto, cabe aqui observar que só se ter um bom conhecimento da dinâmica climática de determinada localidade a partir de um conjunto de dados diversificados e confiáveis. Os quais, podem dar aos pesquisadores a sustentação necessária aos seus estudos, que apoiados em um vasto campo teórico-conceitual criam condições para se chegar a construção de novos caminhos metodológicos que contribuam para o desenvolvimento da sociedade.

O período seco e úmido de uma bacia hidrográfica influencia nas variáveis de monitoramento da água. As informações meteorológicas, em relação as precipitações pluviométricas dos municípios de Japarutuba e Pirambu, região da Bacia Costeira do Sapucaia são apresentados na Tabela 6 e na figura 49, os quais, foram cedidos pelo Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO, 2015).

Tabela 6. Dados de Pluviosidade Média dos Municípios de Japarutuba e Pirambu 2014/2015.

Municípios	2014			2015	
	Agosto	Novembro	Fevereiro	Junho	Setembro
Japarutuba	201,5	101,7	51,5	303,6	44,2
Pirambu	78,7	145,1	81,7	270,2	43,7

Fonte: (EMDAGRO, 2015).

No período de amostragem, a precipitação pluviométrica alcançou pico de 303.6 mm no mês de junho no município de Japarutuba e 270,2 mm em Pirambu. O mês com menor volume de chuva foi setembro 44,2 mm no município de Japarutuba e 43,7 mm no município de Pirambu, ambos em 2015.

De posse dos dados mensais, construiu-se um gráfico para o melhor entendimento das precipitações, e correlaciona-los com os resultados das análises das amostras. A utilização dos dados pluviométricos são importantes para possíveis afirmações quanto a degradação ou não da água.

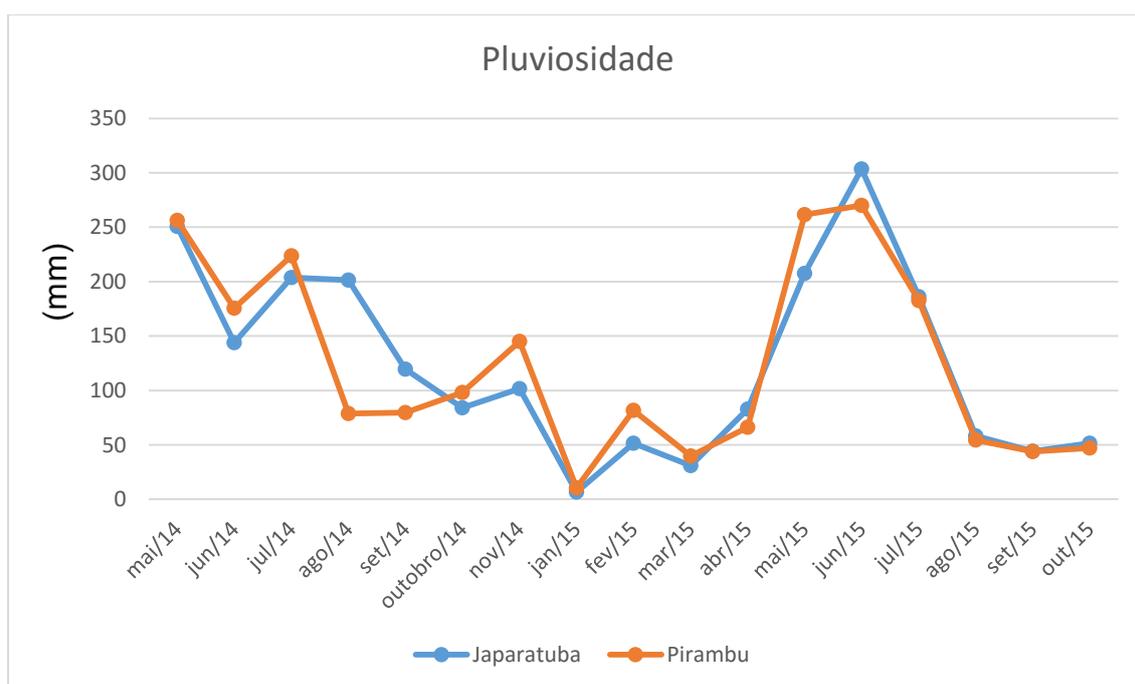


Figura 49: Dados Pluviométricos dos meses dos municípios de coleta anos 2014/2015.  
Fonte: autor, 2016.

Com base apenas na análise desse gráfico, pode-se afirmar que nos municípios de Japaratuba e Pirambu o volume precipitação no mês de janeiro ficou abaixo de 50 mm. Observa-se que durante os meses de junho e julho a precipitação ficou acima de 250 mm.

Os resultados obtidos mostram que os regimes de precipitação na Bacia Costeira do Sapucaia, apresentam um comportamento cíclico normal em relação

## **6 Resultado das Análises físico-químico e biológico**

Para avaliarmos a situação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia iremos comparar os resultados com os padrões da Resolução CONAMA 357/05, seção I das águas doces, no Art. 4º, na classe 2.

Os resultados das análises estão apresentados na tabela 6 do apêndice A. Na Tabela 7 é apresentada a estatística descritiva dos parâmetros analisados, onde, temos: média, desvio padrão, valores mínimos e máximos, bem como os valores estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357/05 para corpos de água, classes 1 e 2.

Tabela 7. Análise descritiva dos resultados dos parâmetros de qualidade de água, avaliados e comparados aos valores da Resolução COMANA n° 357/05

Ponto	Descrição	DBO (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrog Total (mg/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Condutividade (uS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Clorofila (ug/L)
	<b>Peso no IQA</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>		<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>			<b>0,08</b>	
	<b>*Classe 1</b>	<b>3</b>	<b>200</b>		<b>0,10</b>		<b>6,00</b>	<b>6 - 9</b>	<b>40</b>				
	<b>*Classe 2</b>	<b>5</b>	<b>1000</b>		<b>0,10</b>		<b>5,00</b>	<b>6 - 9</b>	<b>100</b>				
<b>P1</b>	<b>Media</b>	3,77	202,00	1544,00	0,05	0,03	7,05	5,73	5,58	25,76	2256,82	581,80	1,13
	<b>Desvio</b>	3,19	19,24	848,93	0,06	0,02	0,08	0,52	3,36	2,38	2939,32	560,56	0,27
	<b>Mínimo</b>	<1,6	170,00	320,00	<0,00 9	<0,01 1	6,94	5,38	0,08	22,70	67,00	33,00	0,70
	<b>Máximo</b>	7,46	220,00	2400,00	0,14	0,05	7,14	6,60	8,30	27,90	5542,00	1400,0 0	1,39
<b>P2</b>	<b>Media</b>	3,72	206,40	20622,00	0,33	0,17	8,01	5,64	6,95	25,76	2704,14	654,20	1,47
	<b>Desvio</b>	2,82	128,59	14201,04	0,24	0,14	0,66	0,91	4,07	2,00	3545,05	641,64	0,36
	<b>Mínimo</b>	<1,6	12,00	110,00	<0,00 9	<0,01 1	7,38	4,80	0,16	22,90	105,00	39,00	1,15
	<b>Máximo</b>	7,78	360,00	33000,00	0,53	0,25	8,70	7,16	10,10	27,30	7058,00	1500,0 0	2,06
<b>P3</b>	<b>Media</b>	4,13	172,00	1434,00	0,36	0,59	8,57	5,76	5,95	27,06	2431,90	922,60	1,85
	<b>Desvio</b>	2,72	37,01	1185,23	0,24	0,56	0,38	0,47	4,16	1,91	3247,71	590,74	0,92
	<b>Mínimo</b>	<1,6	130,00	220,00	<0,00 9	0,11	8,24	5,20	0,14	24,50	46,00	23,00	0,57

	<b>Máximo</b>	7,94	220,00	2700,00	0,54	1,07	8,98	6,47	10,00	29,00	6019,00	1620,00	3,12
--	---------------	------	--------	---------	------	------	------	------	-------	-------	---------	---------	------

Tabela 7. Análise descritiva dos resultados dos parâmetros de qualidade de água, avaliados e comparados aos valores da Resolução COMANA n° 357/05. (Continuação)

Ponto	Descrição	DBO (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Condutividade (uS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Clorofila (ug/L)
	<b>Peso no IQA</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>		<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>			<b>0,08</b>	
	<b>*Classe 1</b>	<b>3</b>	<b>200</b>		<b>0,10</b>		<b>6,00</b>	<b>6 - 9</b>	<b>40</b>				
	<b>*Classe 2</b>	<b>5</b>	<b>1000</b>		<b>0,10</b>		<b>5,00</b>	<b>6 - 9</b>	<b>100</b>				
<b>P4</b>	<b>Media</b>	3,90	161,60	750,00	0,11	0,28	7,64	5,66	5,06	27,70	2301,30	647,00	4,11
	<b>Desvio</b>	3,10	62,95	1314,46	0,12	0,06	0,14	0,60	2,80	1,99	3021,50	572,53	2,92
	<b>Mínimo</b>	<1,6	110,00	130,00	<0,009	<0,011	7,46	4,60	0,10	24,80	79,00	39,00	0,60
	<b>Máximo</b>	7,46	240,00	3100,00	0,28	0,33	7,78	6,01	6,70	29,70	6028,00	1470,00	7,58
<b>P5</b>	<b>Media</b>	3,66	760,00	8252,00	0,10	0,11	7,22	5,85	5,87	26,62	2035,32	557,60	3,28
	<b>Desvio</b>	2,94	902,25	14435,81	0,15	0,04	1,09	0,50	4,19	2,43	2710,51	593,76	3,15
	<b>Mínimo</b>	<1,6	110,00	260,00	<0,009	<0,011	6,04	5,43	0,15	23,00	43,00	22,00	0,70
	<b>Máximo</b>	8,05	2200,00	34000,00	0,27	0,13	8,15	6,70	10,00	29,40	5019,00	1550,00	8,24
<b>P6</b>	<b>Media</b>	3,77	224,00	1246,67	0,10	0,31	7,74	5,98	3,73	24,66	733,60	662,00	3,75

	<b>Desvio</b>	2,86	80,19	1691,67	0,15	0,35	0,30	0,95	2,63	0,97	950,91	784,84	2,10
	<b>Mínimo</b>	<1,6	160,00	260,00	<0,00 <sub>9</sub>	0,00	7,45	5,19	0,07	23,50	40,00	20,00	1,34
	<b>Máximo</b>	7,97	360,00	3200,00	0,28	0,61	8,09	7,54	6,30	25,80	1986,00	1840,00	6,85

Tabela 7. Análise descritiva dos resultados dos parâmetros de qualidade de água, avaliados e comparados aos valores da Resolução COMANA n° 357/05. (Continuação)

Ponto	Descrição	DBO (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrog Total (mg/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Condutividade (uS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Clorofila (ug/L)
	<b>Peso no IQA</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>		<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>			<b>0,08</b>	
	<b>*Classe 1</b>	<b>3</b>	<b>200</b>		<b>0,10</b>		<b>6,00</b>	<b>6 - 9</b>	<b>40</b>				
	<b>*Classe 2</b>	<b>5</b>	<b>1000</b>		<b>0,10</b>		<b>5,00</b>	<b>6 - 9</b>	<b>100</b>				
<b>P7</b>	<b>Media</b>	3,32	734,00	4022,00	0,10	0,28	8,29	5,81	0,69	25,40	2431,20	561,60	2,93
	<b>Desvio</b>	2,81	1155,07	7267,56	0,16	0,35	0,09	0,84	0,37	0,55	3267,54	709,78	0,41
	<b>Mínimo</b>	<1,6	190,00	350,00	<0,00 <sub>9</sub>	0,00	8,15	5,24	0,03	24,70	39,00	20,00	2,49
	<b>Máximo</b>	7,50	2800,00	17000,00	0,29	0,66	8,36	7,22	0,90	26,20	6167,00	1560,00	3,52
<b>P8</b>	<b>Media</b>	3,32	178,00	13866,00	0,09	0,32	7,92	5,90	5,26	25,28	2437,12	472,60	6,83
	<b>Desvio</b>	3,00	43,24	16826,76	0,14	0,28	0,68	0,97	3,19	1,59	3264,82	644,16	9,45

	<b>Mínimo</b>	<1,6	110,00	330,00	<0,00 9	<0,01 1	7,03	5,26	0,09	23,00	42,00	21,00	0,42
	<b>Máximo</b>	7,82	220,00	36000,00	0,25	0,48	8,60	7,60	7,90	27,30	6201,00	1500,0 0	21,98

n= total de 40 amostras

## 6.1 Resultado das Análises físico-químico e biológicas

Para avaliarmos a situação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia iremos comparar os resultados com os padrões da Resolução CONAMA 357/05, seção I das águas doces, no Art. 4º, na classe 2. Pois, esta resolução estabelece que quando os rios de uma bacia não estão enquadrados as suas águas se doce serão consideradas de classe 2 e se salinas ou salobras de classe 1. Embora, como se pode observar na Tabela 1 do Apêndice a maioria das amostras os parâmetros estão de acordo com os valores máximos permitidos para água doce classe1.

## 6.2 Temperatura

A temperatura que influencia em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido) é influenciada também pela latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. Esta variou de 22,70 °C mínimo a 29,70 °C máximo, com variação média de  $25,49 \pm 1,92^{\circ}\text{C}$ . Esses dados expressam uma variação normal, principalmente, ao serem comparados às A variação de temperatura deve-se principalmente ao período do dia em que foi realizada a medição (Figura 50). A variação da temperatura durante o dia da coleta variou em média de 4,0 a 5,0 °C. Esta variação se deve a o fato das coletas se iniciarem pela manhã, por volta da 08h00, e terminarem no meio do dia, por volta das 13h00.

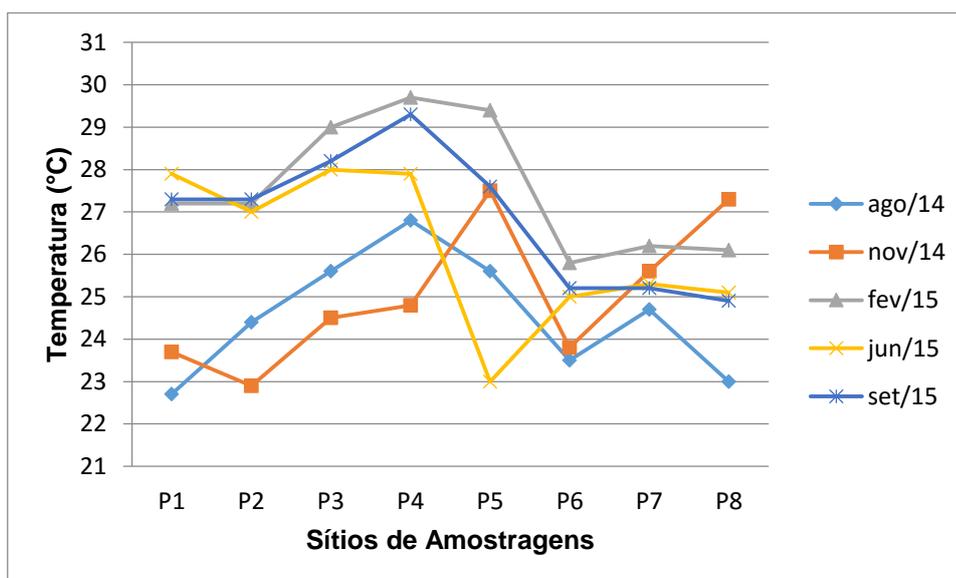


Figura 51. Variações das temperaturas das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015.

A coleta do mês de agosto de 2014 foi a que se obteve menor média de temperatura  $24,5 \pm 1,4$  °C, final do inverno. Como esperado no período de verão no mês de fevereiro de 2015 se obteve a maior média ( $27,6 \pm 1,6$  °C). Um fator atípico foi a coleta do mês de Junho de 2015 tivemos uma média de temperatura mais alta ( $26,2 \pm 1,8$  °C) que a do mês de novembro de 2014 ( $25,0 \pm 1,7$  °C).

Alves (2011), no estudo de monitoramento de água do rio Poxim, observou que a temperatura da água apresentou uma variação mínima de 21,0°C em novembro de 2005 e máxima de 32,0°C em setembro de 2006.

Estudos sobre a sub-bacia do Poxim apresentam valores de temperatura no período seco, a média da água variou de 26°C a 28°C, enquanto que, no período chuvoso, variou de 23,5°C a 25°C (VASCO,2011). Verifica-se que os resultados quanto ao parâmetro da temperatura dos estudos de Alves (2011) e Vasco (2011) em bacias do Estado são semelhantes aos valores obtidos neste trabalho.

Não consta na legislação valores máximos ou mínimos estipulados para esta variável. Região, cujo clima de transição entre os climas tropical e subtropical e as estações anuais não são bem definidas, é classificada por Köpen, do tipo CWA (clima mesotérmico), com inverno seco e verão quente (PRADO, 2004).

### **6.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

Os resultados das análises de pH estão representados na Figura 52. Estes apresentaram variações com a mínima de 4,6 e a máxima 7,6 com média de  $5,88 \pm 0,69$ . Evidenciando que o pH das águas dos rios da BCS são levemente ácido. Pois, observa-se na figura 52, que a maioria das amostras estão com o pH abaixo dos limites mínimos estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357/05, para corpos de água classes 1 e 2 que é de 6,0 a 9,0. Provavelmente, devido à composição geoquímica do solo da região.

De acordo com Maier, (1978) os rios que escoam sobre formações ígneas tendem a ter um pH abaixo da neutralidade. Outros fatores que influenciam a variação do pH são temperatura, oxigênio dissolvido, concentração de cátions e ânions, etc. Todavia, deve ser ressaltado que para águas continentais esse parâmetro pode variar entre 6,7 e 8,6 (PEREIRA-SILVA, *et al.*,2011). Observa-se na Figura 52, que no mês de fevereiro de 2015 obteve-se o maior número de amostras com valores mais altos de pH com média de  $6,28 \pm 1,23$ . Neste caso, pode-se supor que a temperatura é um dos fatores que influencia no pH da água na região.

Mas, também se obteve as amostras com menores valores de pH, nos pontos: P2 - Contribuinte do rio Aningas fica localizado muito próximo ao povoado Aningas, P3 - Reserva

Biológica Santa Isabel, serve como balneabilidade para turistas e população local e P4 - Lagoa Redonda utilizada para a balneabilidade, com construção em seu entorno de bares. Podendo isso estar relacionado com o efeito de descargas alóctones, indicando que a ação antrópica também pode ser um fator de influência no pH do corpo hídrico (PEREIRA-SILVA, *et al.*, 2011).

A Organização Mundial da Saúde sugere um pH ótimo na faixa e 6,5-9,5 para a água potável; e que se o pH estiver fora deste intervalo, a adequação da água para beber será bastante prejudicada (WHO, 2004).

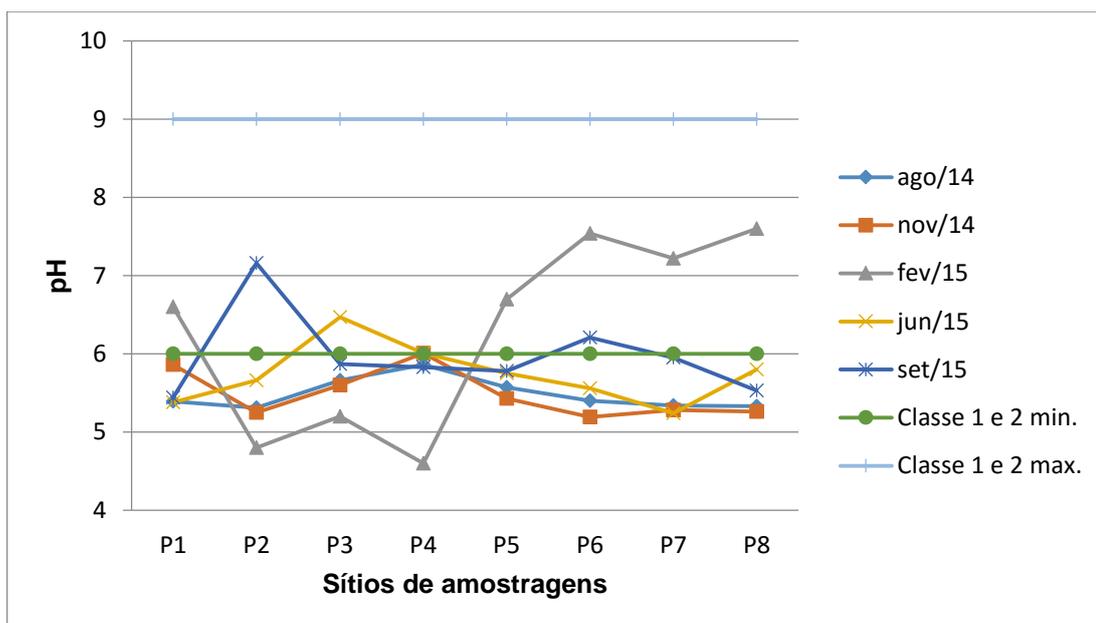


Figura 52. Variações do pH das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015

Fazendo a comparação com o estudo realizado por Marques *et al.*, (2011), na bacia do baixo São Francisco no estado de Sergipe, que apresenta resultados para o pH mínimo 7,34 e máximo 9,14, com características mais próximas do pH neutro, pode-se dizer que ocorrem diferentes resultados para ambas, mesmo com a proximidade das mesmas.

Outro resultado de monitoramento realizado por Alves *et al.*, (2007) no período novembro/2005 a setembro/2006, a Bacia Hidrográfica do rio Sergipe apresenta valores de pH variando de 5,3 a 8,7; os menores valores ocorreram na água do rio Pitanga e os valores maiores na água do rio Poxim. Sendo assim, pode-se afirmar que estes estão com valores aproximados aos da Bacia Costeira do Sapucaia. Diante do exposto, os rios das bacias hidrográficas de Sergipe tendem possuir pH dentro dos valores estabelecidos pela resolução CONAMA. N° 375/05.

## 6.4 Turbidez

A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio, as partículas suspensas na água podem ser originárias de rochas (LIMA, 2001). Segundo Libânio, (2010), a turbidez nos mananciais brasileiros “é elevada em regiões com solos mais susceptíveis à erosão, onde as precipitações podem carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo”, e das influências das características geológicas da bacia de drenagem, dos índices pluviométricos e uso de práticas agrícolas inadequadas.

A Resolução 357/05 CONAMA estabelece um valor máximo de 40 UNT para corpos de água classe 1 e valor máximo de 100 UNT para rios pertencentes a classe 2. O valor médio e desvio padrão encontrado para esta variável foi  $3,89 \pm 3,51$  UNT no período de 2014 a 2015, demonstrando que os corpos d'água encontra-se dentro da faixa estabelecida, para a Resolução CONAMA 357/2005 e critérios de proteção da vida aquática.

Observa-se na Figura 53 que nos meses de junho de 2015 e novembro de 2014 foram os que obtiveram maiores valores de turbidez nas amostras com médias de  $7,53 \pm 3,06$  NTU e  $6,74 \pm 4,06$  NTU, respectivamente, em concordância com os dados da Tabela 6, pois, são os meses com índices mais altos de pluviometria. Indicando que estes valores, provavelmente, são devido ao aporte de material particulado carregados pelas águas das chuvas.

Somente o ponto P7 - Nascente do Rio Sapucaia e área de captação para o abastecimento humano, não apresentou variação na turbidez o apresentou os menores valores. Vale ressaltar que este é o único ponto que possui mata ciliar em seu entorno, confirmando a importância da presença desta para a conservação dos corpos hídricos. As áreas com maior turbidez são aquelas onde as atividades antrópicas são mais evidentes.

O ponto P6 - Rio Sapucaia a jusante da nascente, local onde passa a tubulação Petrobrás SEAL, também apresentou valores baixos de turbidez e se trata de uma área de pouco acesso da população local e que apresenta áreas alagadas em suas margens. As amostras do mês de agosto de 2014 apresentaram valores muito baixos para a turbidez com média de  $0,10 \pm 0,04$  NTU, fato que não está em concordância com o esperado.

Gonçalves *et al.* (2015), no estudo de monitoramento da sub-bacia do rio Siriri, observou que, os valores de turbidez deste rio não ultrapassaram os limites da Resolução 357/05 CONAMA.

Nos estudos de qualidade de água sobre o Rio Poxim, percebe-se que existe uma semelhança entre valores mínimos de turbidez de 0,1 UNT e maiores variações 179,0 UNT a 157 UNT (VASCO, 2011).

Fazendo um comparativo dos estudos apresentados nessa pesquisa com os de Gonçalves (2015), no rio Siriri, ambos apresentam valores abaixo da Resolução 357/05 CONAMA.

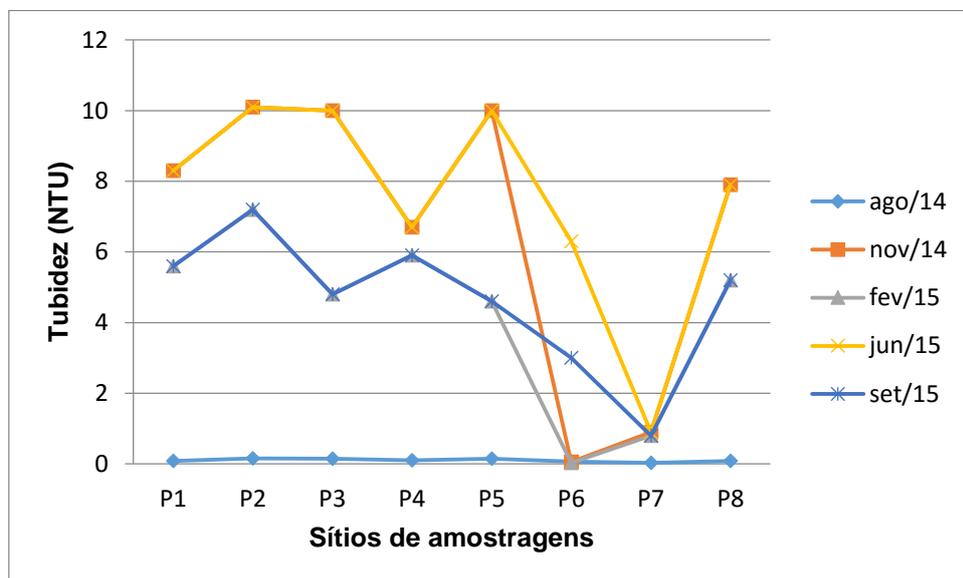


Figura 53. Variações da turbidez das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015

### 6.5 Condutividade

A Resolução CONAMA 357/2005 não determina valor específico para este parâmetro, porém a CETESB aponta que acima de 0,100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , existe a possibilidade de entrada de esgoto no ambiente. A condutividade elétrica da água indica a capacidade desta em conduzir corrente elétrica, e é proporcional à concentração de íons dissociados corpo d'água. Embora, não discrimine quais são os íons presentes no manancial é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras (ZUIN, 2009). Durante as campanhas de medição a condutividade elétrica o mínimo registrado foi de 39,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e o máximo de 7.058,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os meses de agosto e novembro de 2014 foram os que apresentaram valores maiores de condutividade com médias de. 5100,63  $\pm$  1492,93  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 5502,50  $\pm$  1534,98  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente (Figura 54). O mês de setembro de 2015 foi o que obteve os menores valores de condutividades para as amostras 57,63  $\pm$  24,02.

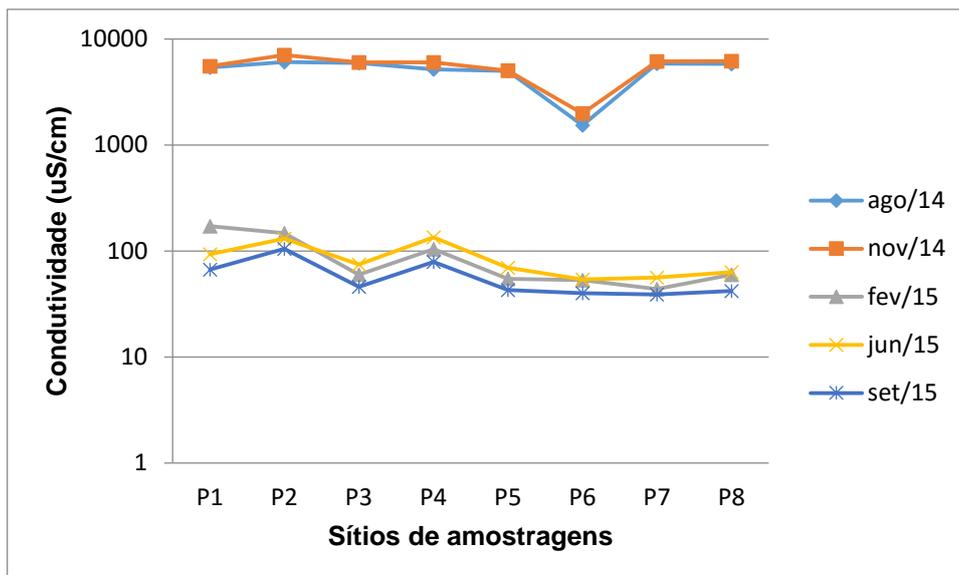


Figura 54. Variações da condutividade das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015

De acordo com Ismael *et al.* (2012), em geral, quando os valores de condutividade excederem  $100\mu\text{S}/\text{cm}$  deve-se verificar fatores como lançamento de esgotos domésticos e o adicionamento de corretivos e fertilizantes ao solo. As variações da condutividade indicam aumento ou decréscimo na concentração iônica este fato pode causar sua alteração no corpo hídrico, o que evidencia variações no processo de decomposição de matéria orgânica que pode ser proveniente da própria vegetação do seu entorno ou influência de ações antrópicas (PEREIRA-SILVA, *et al.*, 2011).

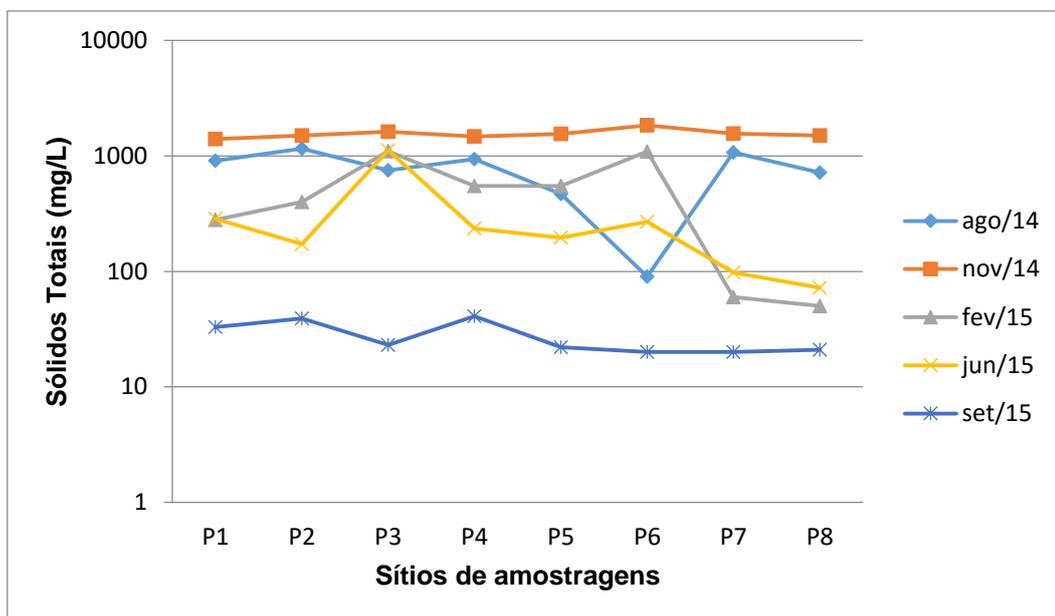
## 6.6 Sólidos Totais

Este parâmetro também não tem valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 35/2005, porém são mencionados limites para sólidos dissolvidos e em suspensão, sendo  $500\text{ mg L}^{-1}$  e  $100\text{ mg L}^{-1}$  respectivamente, para corpos de água doce classe 2 e 1.

De acordo com Santos; Moraes (2012), a entrada de sólidos nas águas pode ocorrer de forma natural por meio dos processos erosivos, organismos e detritos orgânicos ou de forma antrópica pelo lançamento de lixo e esgoto, ou ainda pelo uso do solo no entorno.

Os resultados das análises das amostras em relação aos sólidos totais apresentam valores mínimos  $20,00\text{ mg L}^{-1}$ , máximo  $1.840,00\text{ mg L}^{-1}$  e média de  $563,45 \pm 594,47\text{ mg L}^{-1}$ . Observa-se na Figura 55 que nos meses de agosto e novembro de 2014 que se obteve as maiores concentrações de sólidos totais, com as respectivas médias  $763,75 \pm 347,56\text{ mg L}^{-1}$  e  $1555,00 \pm 132,45\text{ mg L}^{-1}$ . O mês de setembro foi o mês que obteve as menores concentrações de sólidos totais com média  $27,38 \pm 8,86\text{ mg L}^{-1}$ . Estes resultados não estão de acordo com os resultados obtidos para a turbidez Figura 53 que indica o material particulado em suspensão no corpo hídrico. Mas, estão em concordância com os valores obtidos para a

condutividade elétrica (Figura 54) que está relacionada com os íons em dissolvidos, ou seja, os sólidos dissolvidos.



**Figura 55.** Variações dos sólidos totais das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015.

Portanto, os sólidos totais das águas da BCS apresenta uma relação mais forte com os sólidos dissolvidos e não com os sólidos suspensos, como normalmente se espera. Este fato pode ser explicado pelo pH baixo das águas da BCS que favorece a dissolução dos compostos iônicos presentes na formação rochosa e do solo da bacia. De acordo com ZUIN (2009) o pH baixo no corpo hídrico pode ser favorecido pela dissolução do  $\text{CO}_2$  que gera a presença de íons carbônicos com  $\text{HCO}_3^-$  ou  $\text{CO}_3^{2-}$ .

### 6.7 Oxigênio Dissolvido (OD)

Na Figura 56 apresenta-se o gráfico dos valores obtidos nas análises de OD nos oito pontos da Bacia Costeira do Supucaia durante as coletas. As variações das análises das amostras apresentaram valor mínimo  $6,04 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ , máximo de  $8,98 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$  e média de  $7,79 \pm 0,69 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ . Percebe-se que as medidas durante as campanhas estão acima dos limites mínimos estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 os quais, não deve ser inferior a  $6 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$  para água doce classe 1 e  $5 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$  para água doce classe 2 (BRASIL,2014).

Observa-se que somente o ponto 5 nos meses de novembro/2014 e junho/2015 apresentam concentrações de OD limítrofe de  $6 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ , pela resolução CONAMA nº 357/05. Neste ponto do rio Sapucaia após a Lagoa do Sangradouro existe a prática da piscicultura, na criação de Tilápia em tanques redes.

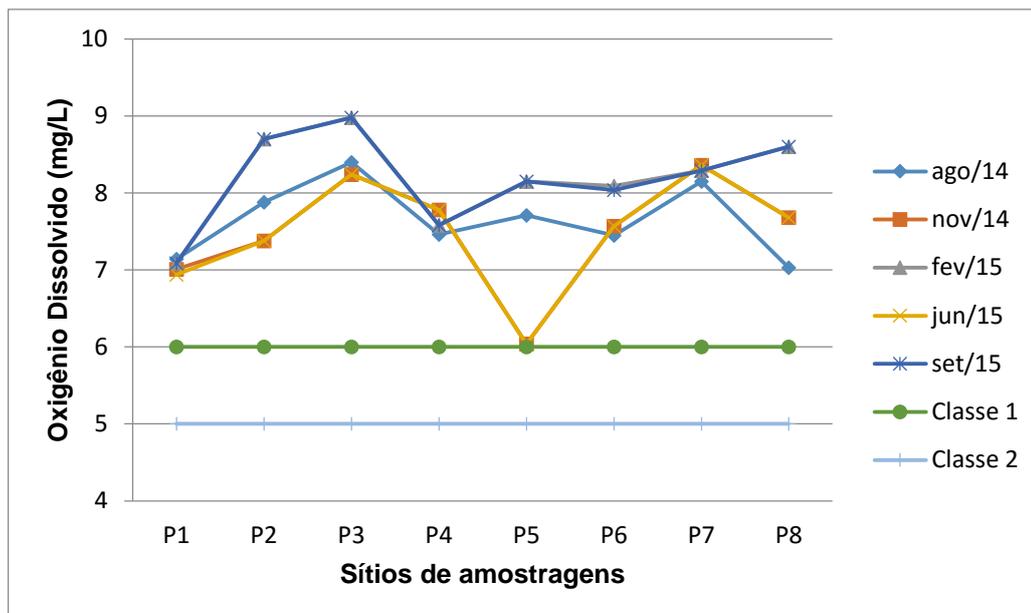


Figura 56. Variações do oxigênio dissolvido nas amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015

Portanto, os valores de OD indicam, provavelmente, que a carga orgânica recebida pelos rios da bacia está abaixo da sua capacidade de autodepuração, ou seja, o impacto por carga orgânica na bacia é baixo. A dissolução de gases na água sofre a influência de distintos fatores, tais como, a temperatura e a salinidade são inversamente proporcionais à concentração de O<sub>2</sub>, enquanto, que a pressão é diretamente proporcional. (ZUIN, 2009). As variações nos teores de oxigênio dissolvido também estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água.

Na Tabela 8 estão apresentadas as médias e desvio padrão dos valores obtidos para os parâmetros OD, temperatura e turbidez para cada mês de coleta de amostras.

Tabela 8. Média e desvio padrão dos valores obtidos por mês de coleta para os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), temperatura e turbidez.

Mês de Coleta	OD (mg/L)		Temperatura (°C)		Turbidez (NTU)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
ago/14	7,65	0,48	24,54	1,43	0,10	0,04
nov/14	7,51	0,74	25,01	1,68	6,74	4,06
fev/15	8,19	0,62	27,58	1,58	4,27	2,51
jun/15	7,50	0,74	26,15	1,83	7,53	3,06
set/15	8,18	0,62	26,88	1,61	4,64	1,96

Analisando a Tabela 8 e as Figuras 51, 53 e 56 observa-se que as maiores médias de concentração de OD nas amostras de água foram nos meses de fevereiro e setembro de 2015, para os meses restantes verifica-se que as médias das concentrações de OD estão

próximas. Verifica-se também que os meses de fevereiro e setembro de 2015 tem as maiores média de temperatura da água e são meses de período seco, tais fatores indicam que, provavelmente, a temperatura não o parâmetro de maior influência na dissolução de oxigênio nos corpos hídricos da BCS. Mas, o fenômeno que prevalece é a atividade fotossintética uma vez que nestes meses foram obtidos os menores valores para a turbidez. Possibilitando um aumento na incidência de luz no corpo hídrico resultando no aumento da produtividade primária e alterando, conseqüentemente, a concentração do gás na água (PEREIRA-SILVA, et al., 2011).

Em estudo realizado no rio Poxim-Açu, da bacia do rio Sergipe, este apresentou concentrações de oxigênio dissolvido variando no período seco de 3,45 mg L<sup>-1</sup> a 8,32 mg L<sup>-1</sup>, e de 4,98 mg L<sup>-1</sup> a 7,11 mg L<sup>-1</sup> no período chuvoso (VASCO, 2011).

No estudo de monitoramento da estação 1 no rio Poxim-Açu, toda região do rio Poxim e a região estuarina de novembro/2005 a setembro/2006 os valores de O<sub>2</sub> ficaram abaixo de 4 mg/L e atingiram níveis muito baixos (<2 mg/L). Demonstrando que a situação do rio Poxim é crítica e consequência do aporte dos efluentes urbanos e/ou industriais da região urbana adjacente (ALVES *et al.*, 2007). A dinâmica natural do sistema aquático tende a ser prejudicada com a presença de esgotos domésticos, efluentes industriais.

### **6.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Os resultados das concentrações de DBO representados na Figura 57, apresentam valores abaixo de 5mg.L<sup>-1</sup>, que é o valor máximo permitido pela Resolução nº 357/05 do CONAMA para corpos de água doce classe 2, para quase todas as coletas, exceto para a coleta de fevereiro de 2015, a qual se obteve valores acima desta concentração para todos os pontos, com média de 7,75 ± 0,24 mg.L<sup>-1</sup>. Provavelmente, esse aumento da DBO em todos os pontos na coleta de fevereiro de 2014, se deve à baixa pluviosidade e alta taxa de evaporação devido à alta incidência solar da região, por ser o período de verão (Tabela 6).

Os valores de DBO apresentam média de 7,79 ± 0,69 mg.L<sup>-1</sup> e valores mínimo 6,04 mg.L<sup>-1</sup> e máximo 8,98 mg.L<sup>-1</sup>. O aumento excessivo de DBO em um corpo hídrico é normalmente causado por insumos de material, tendo uma origem predominantemente orgânica.

Em estudos desenvolvidos por Vasco (2011) são apresentados valores entre 21,2 e 29,8 mg.L<sup>-1</sup> de DBO nos rios Poxim e Poxim Açu em Sergipe, destacando o tipo de prática agrícola que tem uma demanda de agrotóxicos.

Marques *et al* (2011), no monitoramento da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, e o ponto SF 02 do rio Jacaré no município de Poço Redondo os valores de DBO obtidos foram

altos, na faixa de 4,90 a 110,00 mg.L<sup>-1</sup> e a média 35,33 ± 39,63 mg.L<sup>-1</sup>, em não conformidade com a Resolução 357/05, indicando um alto grau de eutrofização deste rio.

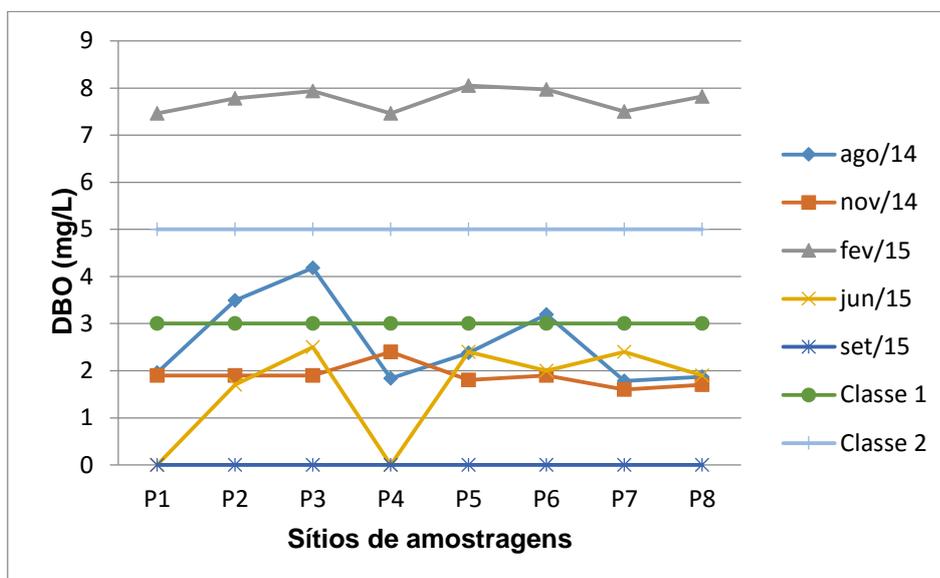


Figura 57. Variações dos valores de DBO das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015.

### 6.9 Fósforo Total

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, o limite de fósforo total em água de corpos de água doce classes 1 e 2 é de 0,10 mg.L<sup>-1</sup>. Observa-se no gráfico da Figura 58, que os resultados das análises das amostras do mês de setembro de 2015 com média 0,26 ± 0,06 mg.L<sup>-1</sup> e nos pontos P2 e P3 nos meses de novembro de 2014 e junho de 2015 obtiveram-se valores de fósforo que ultrapassam os limites permitidos pela legislação. O ponto P2 é um contribuinte do rio Aningas que fica próximo ao povoado de mesmo nome e utilizado para lavagem de roupas e higiene pessoal e o ponto P3 localizado no rio Sapucaia na Reserva Biológica Santa Isabel sendo muito visitado pelos turistas e moradores da comunidade local nos feriados e finais de semanas.

Os resultados apresentaram uma média e o desvio padrão 0,06 ± 0,17mg.L<sup>-1</sup>. Segundo Funasa (2014), “o fósforo é o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas, em razão da sua baixa disponibilidade em regiões de clima tropical. A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas)”. Durante as coletas do mês de setembro de 2015 foi observada a presença de carros de terraplanagem na região da BCS, bem como o alargamento e pavimentação de algumas partes da da Rodovia SE 100. Portanto, esta pode ser uma das prováveis causas do aumento da concentração de fósforo total neste período.

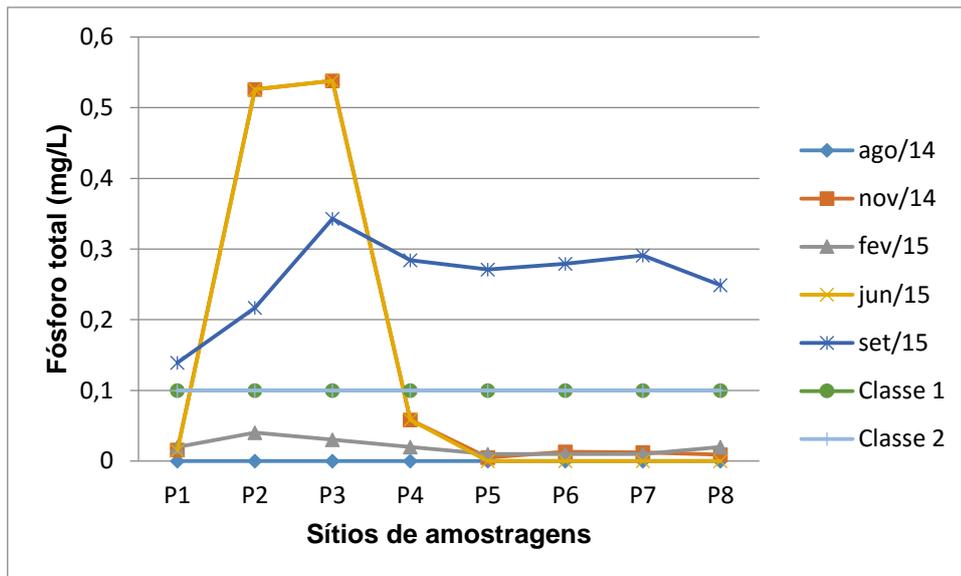


Figura 57. Variações dos valores de fósforo total das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015.

No entanto, os valores de fósforo total acima do permitido pelo CONAMA para todos os pontos no mês de setembro de 2015 e nos pontos 2 e 3 nos meses de novembro de 2014 e junho de 2015 também podem ser explicados pela presença atividade agrícola de cana-de-açúcar, na Bacia Costeira do Sapucaia e em seu entorno, onde é comum o uso de fertilizantes químicos que contém em sua composição uma considerável proporção de fosforo, que é facilmente carregado pelas águas pluviais ao leito do córrego levando a eutrofização dos corpos hídricos.

Marques *et al* (2011), em seu estudo sobre a avaliação temporal na bacia do baixo São Francisco no estado de Sergipe apresentou valor mínimo 0,054 e máximo 0,92 indicando a presença de valores acima do limite da Resolução CONAMA nº 357/05.

Vasco (2011), nos estudos do rio Poxim assinala que foram encontrados valores Médios 0,076; 0,176 e 0,171 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo que os dois últimos valores estão acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, devido ao aumento pluvial no momento da amostragem, e que no período seco, as concentrações de fósforo total ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado.

Lopes *et al.*, (2005) relata sobre microbacia hidrográfica do Córrego Rico, que em períodos chuvosos, a quantidade de material suspenso aumenta acentuadamente a turbidez, havendo indícios de carreamento de fósforo.

## 6.10 Nitrogênio

Os valores de nitrogênio nas amostras variaram de valores <0,011 a 1,07 mg.L<sup>-1</sup> e média de 0,19 ± 0,29 mg.L<sup>-1</sup>. Duas amostras do ponto P3 apresentaram concentrações de nitrogênio total acima de 1,00 mg.L<sup>-1</sup> nos meses de novembro de 2014 e junho de 15 (Figura

57). Este ponto está próximo (a jusante) de uma área onde existem vários bares, frequentados nos finais de semana e é passagem de banhistas para acessar as praias da reserva Santa Isabel. Este ponto também apresentou valores mais altos de DBO e fósforo total para algumas amostras, evidenciando a influência das atividades antrópicas no processo de eutrofização do corpo hídrico no local.

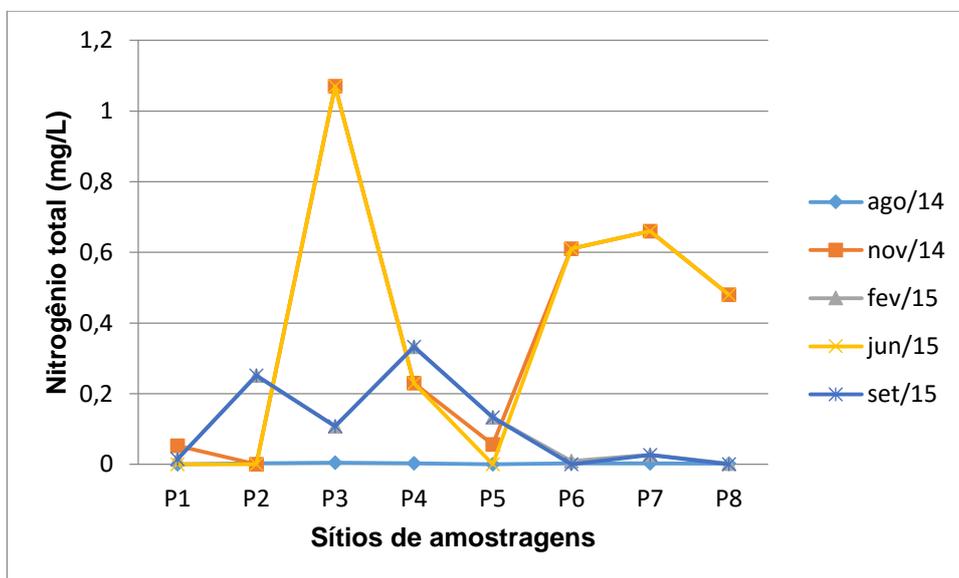


Figura 57. Variações dos valores de nitrogênio total das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015.

Segundo Ortega (2011) a ocorrência de picos com variação de forma irregular de nitrogênio e fósforo no corpo hídrico pode ser devido ao transporte de fertilizantes e adubos do solo sem conservação adequada. As amostras dos meses de novembro de 2014 e junho de 2015 apresentam picos de forma irregular também para os pontos P6, P7 e P8 locais de amostragem onde foram observadas atividades agrícolas no uso e ocupação do solo, conforme descrito no item 5.8 registro fotográfico.

Em estudos de monitorados da bacia hidrográfica do rio Sergipe por Vasco (2011), são observados valores de 2,5 a 9,12 mg.L<sup>-1</sup> e 5,7 a 49,2 mg.L<sup>-1</sup> nos rios Poxim Mirim e Poxim Açú em Sergipe, respectivamente. Indicam comprometimento da água, havendo quantidades de nutrientes por fontes de esgotos e pontos difusos na área, estimulando o crescimento do fitoplâncton.

Marques *et al* (2014) obteve resultados para as amostras analisadas no estudo da bacia hidrográfica do rio São Francisco para o nitrogênio total, com um máximo de 13,18 mg L<sup>-1</sup>. Esclarece-se que esse parâmetro é um dos indicativos da quantidade de matéria orgânica que escoou para os corpos d'água, e que em níveis elevados pode provocar a eutrofização e comprometer muitas formas de vida aquática. A redução de nutrientes nos rios se faz necessária para ser mantido as condições ecológicas dos corpos d'água.

### 6.11 Coliformes Termotolerantes

A Resolução CONAMA nº: 357/205 determina que a faixa de concentração de coliformes termotolerantes deve valores máximos de 200 a 1.000 NMP100 mL<sup>-1</sup> para corpos de águas doce classes 1 e 2, respectivamente (BRASIL, 2005). A presença de coliformes termotolerantes na água indica que esta recebeu materiais fecais, portanto, é possível a presença de seres patogênicos, causadores de doenças (ORTEGA, 2011).

A variável coliforme termotolerantes esteve presente em todos os pontos de coletas na faixa de 12 a 2,800 NMP.100mL<sup>-1</sup>, conforme (Figura 58 e Tabela 7).

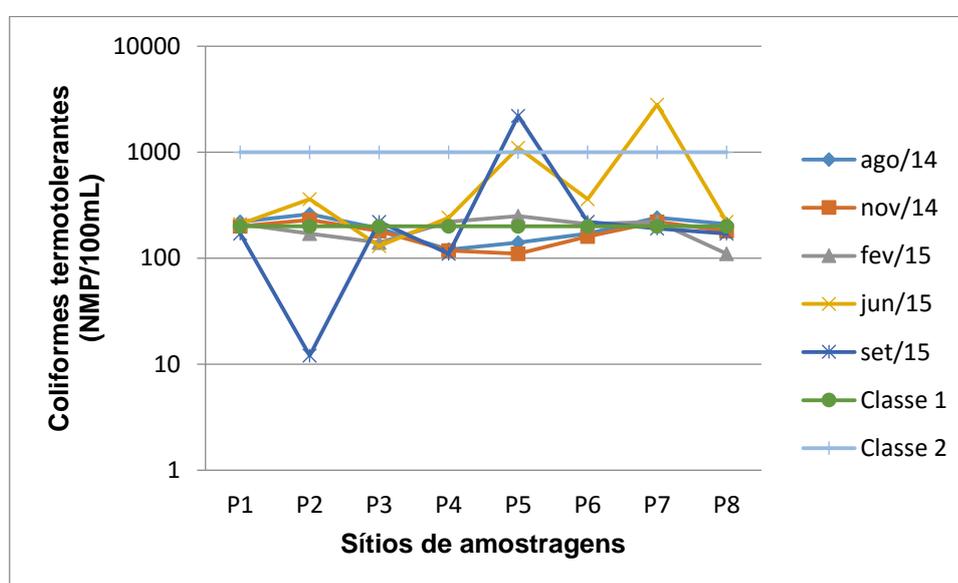


Figura 58. Variações dos valores de coliformes termotolerantes das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015.

Somente as amostras coletadas em agosto de 2014, no ponto P5 e em junho de 2015, no P7 apresentaram valores acima do permitidos pela Resolução CONAMA 357/05 para classe 2; esse fato pode ser explicado pela presença de animais às margens dos rios e aglomerações de pessoas finais de semana e feriados em uma área de lazer desprovido de saneamento básico, a montante do ponto de coleta, ressaltando ainda que estas coletas foram feitas no período de cheia (Tabela 7).

Destarte, fazendo o comparativo entre os resultados da pesquisa e o trabalho desenvolvido por Marques *et al*, (2011), para avaliação de acordo com o índice de qualidade da água o IQA e a resolução nº: 357/2005 CONAMA, em 25 pontos nas bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e Real no Estado de Sergipe 2009/2010,

apontam valores elevados para coliformes termotolerantes e totais nos períodos secos e chuvosos, pode-se inferir que a BCS também apresenta inconformidade quanto à legislação.

Moragas (2009), afirma que, quando se faz a análise da água e se detecta a contaminação por coliformes termotolerantes significa que, naquele local houve descarga de esgoto em período recente, o que aumenta a probabilidade de haver ali ovos e larvas de parasitas intestinais, visto que estas também podem ser eliminadas com as fezes, ocasionando as doenças de veiculação hídricas, indicando a possibilidade de organismos patogênicos. Os riscos mais comuns para a saúde humana associados à qualidade da água são devidos à presença de micro-organismos transmissores de doenças.

## 6.12 Clorofila

Os resultados das análises amostrais para o parâmetro clorofila estão apresentados na Figura 59. Os valores das análises de clorofila *a* na Bacia Costeira do Sapucaia variaram na faixa de 0,42 a 21,98  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e média de  $4,20 \pm 3,83 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

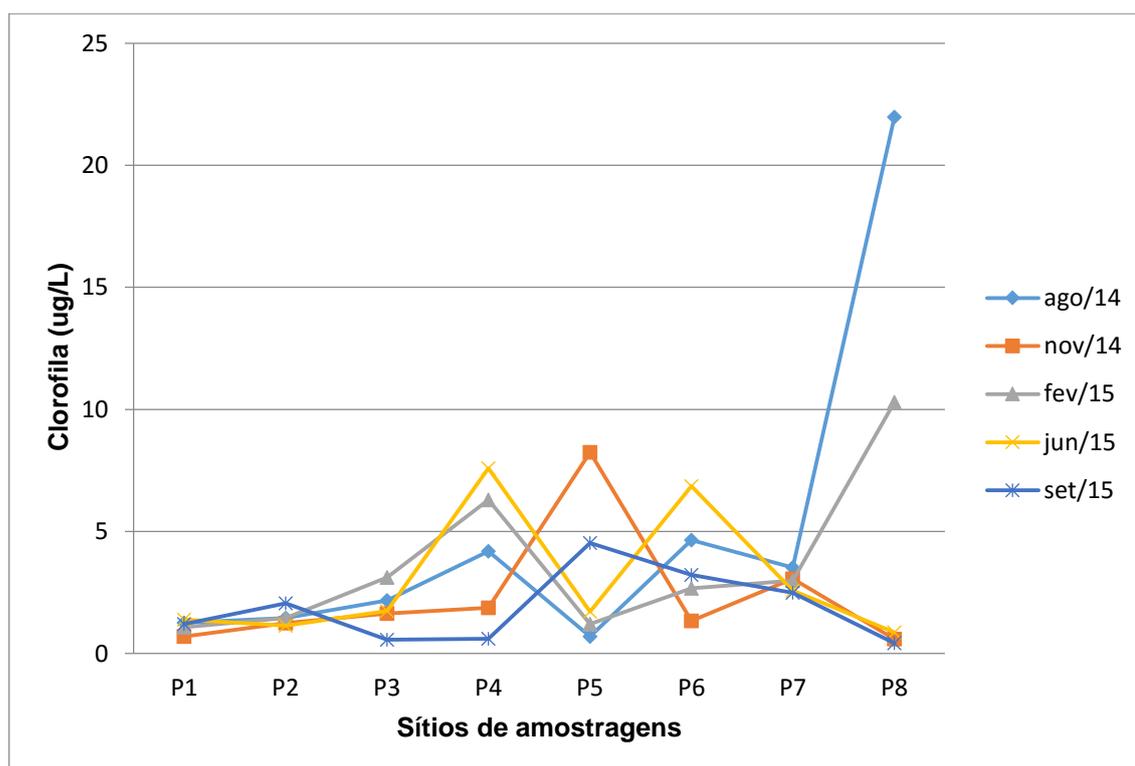


Figura 59. Variações dos valores de clorofila das amostras coletadas na BCS, no período de agosto de 2014 a setembro de 2015

O valor máximo permitido na Resolução 357/05 CONAMA para clorofila *a* Águas Doces Classe 1 é de 10  $\mu\text{g/L}$ . Um dos problemas identificado na determinação da clorofila é que este

pigmento varia na célula fitoplanctônica conforme o estado fisiológico e a espécie (KURODA *et al.* 2010).

Observando os valores obtidos no estudo de Alves, (2011) do rio Poxim apresentando valores para a clorofila de  $<0,01$  a  $66,0 \mu\text{g.L}^{-1}$  em todo o período na região, pode-se afirmar que este parâmetro ocorre em concentrações diferentes para estes corpos hídricos devido à localização.

### **6.13 Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água**

Os índices desempenham importante papel no processo de tradução dos resultados por serem facilmente compreendidos. Entretanto, os resultados podem sofrer alterações na qualidade das águas variam de acordo com o clima e as características físicas e biológicas dos ecossistemas correspondentes, devido à contínua e constante interação entre a litosfera, a biosfera e a atmosfera. Esses processos ocorrem naturalmente, a partir da precipitação, a qual proporciona o escoamento superficial, responsável pelo carreamento do material particulado, gerado a partir do impacto da gota de chuva no solo e os íons oriundos da dissolução das rochas, além de carbono orgânico e compostos nitrogenados para os cursos d'água da bacia (ALVES, 2012).

Outro processo que interfere na qualidade da água, no crescimento, e na morte é a degeneração de plantas aquáticas, que tendem alterar os teores de nitrogênio, fósforo, pH, oxigênio dissolvido, além de outros elementos sensíveis de condições de redução e oxidação da matéria orgânica nos recursos hídricos. No Brasil, atualmente são realizados anualmente o monitoramento das bacias dos estados por meio do Plano Nacional de Qualidade de Água PNQA, adotando o IQA como metodologia.

### **6.14 Índice de Qualidade da Água - IQA da Bacia Costeira do Sapucaia**

Os resultados das análises geraram uma quantidade de dados (Tabela 10) no Apêndice 1, assim, para facilitar a interpretação desses fez-se uso do índice de qualidade de água

Os resultados das análises das amostras, com a aplicabilidade do IQA apresentados no (Tabela 10), classificam a água da bacia em aceitável, boa e ótima. Das 40 amostras avaliadas, 2,5 % (uma amostra) obteve um índice aceitável, 92,5 % (37 amostras) foram classificadas como boa e 5,0 % (duas amostras) foram classificadas como ótima. Portanto, de maneira geral a qualidade da água da BCS é classificada como boa. Os fatores, que influenciaram para estas não serem classificadas como ótima, foram o pH e coliformes termotolerantes.

**Tabela 9:** Resultados do IQA da Bacia Costeira do Supucaia

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Ago/14	65	63	66	76	69	70	71	69
Nov/14	68	65	68	76	68	70	70	65
Fev/15	75	62	63	59	71	73	79	80
Jun/15	66	50	65	72	59	67	62	67
Set/15	70	83	68	70	61	70	70	68

. Fonte: autor, 2016.

Classificação do IQA

Ótima	Boa	Aceitável
-------	-----	-----------

Os fatores que influenciaram para que a qualidade da amostra no ponto P2 em junho de 15 fosse classificada como aceitável foram: fósforo total ( $q = 30,6$ ), pH ( $q = 45,9$ ), coliformes termotolerantes ( $q = 28,5$ ) e turbidez ( $q = 5,0$ ). Onde,  $q$  é a qualidade do parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida (CETESB, 2009). Também se explicou quanto ao período de cheia (Figura 49) que carrega os sedimentos e efluentes do montante a jusante do rio, este sendo o ponto próximo à área urbana do povoado Aningas, e esta não possui saneamento básico. Isso evidencia uma contaminação por fontes difusas no período chuvoso, associada ao escoamento superficial pela ação das chuvas.

Os resultados do IQA do ponto P5 são corroborados pelos resultados obtidos no monitoramento realizado pelo estado de Sergipe, o qual tem um ponto de monitoramento no rio Sapucaia. O período de monitoramento foi de junho de 2013 a janeiro de 2014, e, apresentou como resultado no intervalo no período chuvoso valor 78 e seco valor 65 para o IQA na Bacia Costeira do Supucaia, classificando a água deste rio como boa (Macedo *et al.*, 2014).

Resultados semelhantes/igual para outras bacias no Estado, são apresentados por Marques *et al.* (2011), utilizando a metodologia IQA, adotada pela ANA entre os meses de novembro de 2008 a novembro de 2010, classificam os cursos de águas da Bacia Hidrográfica do Japaratuba aceitável e boa, e da Bacia Hidrográfica do São Francisco como péssima, boa e excelente; essas Bacias Hidrográficas fazem parte da unidade de planejamento dos Recursos Hídricos do estado de Sergipe.

Comparando esses resultados desse estudo e os apresentados por, Marques, (2011), pode-se dizer que, os corpos hídricos do Estado de maneira geral apresentam água de boa qualidade.

## 6.15 Índice de Estado Trófico – IET da Bacia Costeira do Sapucaia

O Índice do Estado trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito, relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento de infestação de macrófitas aquáticas (ANA, 2014; MARQUES *et al*, 2014).

Gerar o estado trófico é uma ação eficaz para aquisição de informações sobre o corpo hídrico, permitindo obter informações das relações bióticas e abióticas desse ecossistema. Sendo uma avaliação muito importante para o manejo sustentável dos recursos hídricos (SILVA *et al*. 2006).

Atualmente a Agência Nacional de Água adota os cálculos Carlson (1977) modificados por Lamparelli (2004), que utilizam os parâmetros clorofila e fósforo total, para cálculos específicos para rios e reservatórios, e estão indicados nas equações de 1 a 5 (MARQUES *et al*, 2014).

O IET foi calculado segundo propostas de Lamparelli (2004), utilizando-as equações 01 e 03 que calcula os índices relativos ao fósforo total e a clorofila *a*, respectivamente. O índice final é calculado pela média aritmética desses dois índices, representada na equação 5. Os resultados dos cálculos estão apresentados na Tabela 10. Destes 67,5 % (27 amostras) foram classificadas como Ultraoligotrófico, 20 % (8 amostras) foram classificadas como oligotróficos, 2,5 % (1 amostras) foram classificadas como mesotróficas, 7,5 % (3 amostras) classificadas como eutróficas e 2,5% (uma amostra) classificada como supereutrófica.

**Tabela 10:** Resultados IET das Campanhas da BC 1

Meses	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Agosto/14	38	39	41	46	36	44	45	45
Novembro/14	38	49	50	47	45	40	47	45
Fevereiro/15	40	43	46	48	39	46	46	49
Junho/15	48	49	64	50	40	45	45	45
Setembro/15	46	49	45	46	53	63	63	63

Fonte: autor, 2015.

### Classificação do Estado Trófico

Ultraoligotrófico†	Oligotrófico†	Mesotrófico†	Eutrófico†	Supertrófico-†	Hipertrofico†
$\leq 47$	$47 < \text{IET} \leq 52$	$52 < \text{IET} \leq 59$	$59 < \text{IET} \leq 63$	$63 < \text{IET} \leq 67$	$> 67$

O Índice do Estado Trófico geral, calculado de todos os pontos, foi considerado como Ultraoligotrófico nas campanhas dos meses de agosto de 2014, novembro de 2014 e fevereiro de 2015, apresentando valores IET  $\leq 52$ , e como Oligotrófico para a campanha de junho de 2015 apresentando valores  $40 < \text{IET} \leq 64$ ; a campanha do mês de setembro apresentou valores  $45 < \text{IET} \leq 63$  Eutrófica como mostram os resultados da (tabela 12). Apesar dos resultados para os pontos e meses serem baixos, passando a ser considerados o corpo d'água "natural". As campanhas de junho/setembro 2015 apresentam para os pontos P3, P6,

P7 e P8 resultado para o IET alto, o que reforça o emprego benéfico em conjunto de diversas metodologias para o estudo de um recurso hídrico.

Os resultados obtidos permitem dizer que o comportamento da variável avaliada é estável. Ponderando quanto à ocorrência de períodos em que os valores alcançados tornam-se críticos, principalmente para a deterioração na qualidade da água. Este fato deve-se às características do entrono dos corpos d'água

A elevação no valor do IET nos pontos P3, P6, P7 e P8, pode ser justificado pelo fato de que no P3 existem bares sem saneamento às margens do rio, e ocorre, nos finais de semana e feriados, a utilização da área para o lazer. Nos pontos P6 e P7 ficam próximos as aglomerações urbanas, e no P8 existem granjas e casas de assentamento próximas ao rio, desprovidas de saneamento básico, uma piscina às margens do rio, utilizada nos finais de semana, área de pastagem com presença de animais constantes e utilização do local para lavagens de roupas e utensílios domésticos.

Estudos realizados pela metodologia proposta por LAMPARELLI (2004), referentes a classificaram o IET rio São Francisco Falso no Paraná, namaioria de suas amostras, como oligotrófico o que indica baixo risco de eutrofização (SILVA *et al.*, 2010).

Pesquisa realizada por Zanini *et al.*, (2012), das as águas da microbacia do córrego Rico em Jaboticabal-SP, classifica o rio como ultraoligotrófico segundo metodologia proposta por Lamparelli (2004), denotando boa qualidade de água.

## **7. CONCLUSÃO**

A Bacia Costeira do Sapucaia requer atenção prioritária na degradação da dimensão territorial florestal. A resolução desse problema pode solucionar outras questões relacionadas à qualidade da água, à saúde da população e melhoria da qualidade de vida.

A preservação da vegetação, que possui um papel de proteção aos rios, a preservação das nascentes as consolidações das Unidades de Conservação podem garantir uma melhor disponibilidade hídrica na bacia, tendo em vista a relevância da interação fundamental entre os biomas e o ciclo hidrológico.

As visitas de campo serviram para comprovar que os rios Aningas, Sapucaia e Lagoa Redonda, esses confluindo e desaguando ao mar, e não contribuindo para outra Bacia Hidrográfica como era pensado anteriormente ao Plano Estadual de Recursos Hídricos em 2011.

É preciso salientar que por ser uma Bacia Hidrográfica pequena essa possui uma escala de importância no ciclo hidrológico, na qualidade de vida da população residente e dos visitantes.

Destarte, a partir da observação do uso e ocupação do solo da Bacia Costeira do Sapucaia, constatou-se, a presença do cultivo agrícola, aglomerados urbanos desprovidos de saneamento básico, prática da piscicultura, extrativismo, extração de minérios em vários pontos da Bacia Hidrográfica, e o turismo, que apresentam fragilidades e inexistência de planejamento.

O monitoramento das águas superficiais da BCS em Sergipe, mostrou que os recursos hídricos superficiais ainda não estão sofrendo processos intensos de degradação, sendo visível para 39 amostras dos corpos d'água, conformidade com a Resolução do CONAMA 357/05 (Classe 2): Quanto à amostra com inconformidade, pode-se inferir que há uma relação direta com o processo de pavimentação da SE 100 na região.

Os parâmetros de qualidade da água, avaliados dentro do contexto da Bacia Costeira do Sapucaia, para o IQA e o IET, apontam que as fontes de contaminação antrópica ainda são incipientes e provavelmente contribuirão a longo prazo para o processo de degradação e eutrofização dos corpos d'água, que apresentam águas de boa qualidade. As fontes autóctones desempenham papel relevante para a contribuição nos valores registrados dos parâmetros estudados. E que, a classificação em uma das amostras em superreutrífico pode estar relacionado com a dinâmica local e o processo de pavimentação da Rodovia SE 100, na área da Bacia Hidrográfica, demandando espaços maior e, conseqüentemente, suprimindo vegetação às margens do rio.

Em resumo, a análise conjunta das concentrações obtidas dos parâmetros, para os pontos amostrais adotados, permite afirmar que os rios Aningas, Sapucaia e a Lagoa redonda da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe, apresenta baixo grau de degradação, com maior comprometimento do ponto amostral P3 por ser uma área bastante visitada nos finais de semana e feriados.

Os estudos relacionados à qualidade da água elencados ao Planejamento das Bacias Hidrográficas de Sergipe, não só possibilitarão ao Estado realizar investimentos com base no atendimento as demandas, sendo estas, a integração dos planos, programas, projetos e demais estudos técnicos que envolvam a utilização dos recursos hídricos das Bacias envolvidas, especialmente aqueles com ênfase na preservação ou conservação dos recursos hídrico, principalmente.

Desse modo, as informações e estudos da Bacia Costeira do Sapucaia, nesse setor do conhecimento com uma visão Interdisciplinar, podem ainda ser usados como subsídios para ações pedagógicas nos mais diversos níveis de conhecimentos. Contribuindo na gestão dos recursos hídricos, não só para os gestores envolvidos na bacia, como também qualquer interessado em desenvolver ações que visem a preservação e ao gerenciamento desses recursos hídricos.

Destarte, a produção desse conhecimento, pode ser usado como instrumento de gestão de projetos, programas e ações de curto, médio e longo prazos, com as respectivas estratégias para a conservação dos recursos hídricos na Bacia Costeira do Sapucaia.

## 8 REFERÊNCIAS

AGENDA 21. Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em < [www.mma.org](http://www.mma.org) > Acessado em: 20 maio 2015.

AGUIAR NETTO, A. de O.; Santos, D.; Moreira, F.D. 2008. Caminhos da Gestão de Recursos Hídricos: O caso da Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Jacaré, Baixo São Francisco Sergipano. Revista Irriga.

ALMEIDA, M.B. & SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroi da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 8: 81-97, 2003.

ALVES, Igor Charles Castor et al. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). [S.l.]: Acta Amazônica, 2012.

ALVES, J.M.P; CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos. Revista Brasileira de Geociências, jun. 2003.

ALVES, J. P. H.; GARCIA, C. A. B. Qualidade da água. In: Diagnóstico e avaliação ambiental de sub-bacia hidrográfica do rio Poxim. Aracaju: UFS/FAPESE, 2006. Relatório Interno.

Alves, José do Patrocínio Hora (organizador). Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação. São Cristóvão: Editora UFS, 2006.

ALVES, N. M. S. Análise geoambiental e socioeconômica dos municípios costeiros do litoral norte do estado de Sergipe – diagnóstico como subsídio ao ordenamento e gestão do território. 2010, 322f.:il. Tese de doutorado (Doutorado em Geografia) – NPGeo, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

ALVES, I. C. C.; EL-RABRINI, M.; SANTOS, M. de L. S.; MONTEIRO, S. de M. BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v42n1/a14v42n1.pdf>> . Acesso em: 18 de Novembro de 2015.

ALVES, I. C. C.; EL-RABRINI, M.; SANTOS, M. de L. S.; MONTEIRO, S. de M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari.** 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v42n1/a14v42n1.pdf>> . Acesso em: 18 de Nov. 2015.

ANA, 2012. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil 2012. Agência Nacional de Águas, Brasília.

APHA, 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. Gestão Ambiental de Áreas Degradadas. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 320p, 2009.

BARROS, M. T. L. de. Gestão de Recursos Hídricos. In PHILIPPI JR., A.; ALVES, A.C. Curso Interdisciplinar de Direito Ambiental. São Paulo: Manole, 2005.

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M (2009). "Análise morfométrica da bacia hidrográfica rio Gurujá, litoral sul do estado da Paraíba" in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa, 2009.

BHATIA, R.; BATHIA, M. Water and poverty alleviation: the role of investments and policy interventions. In: ROGERS, P. P. et al. (Ed.) *Water crisis: myth or reality?* London: Fundación Marcelino Botín, Taylor & Francis, 2006

BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei n.º 9.433, 8 de janeiro de 1997. Presidência da República: Casa Civil. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acessado em: 10 de novembro de 2015.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/> acessado em: 01 de novembro de 2015.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). Resolução nº 357 - 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705>>. Acessado em 10 novembro de 2015.

BARROS, F. M. **Dinâmica do nitrogênio e do fósforo e estado trófico nas águas do rio Turvo Sujo**. 2008. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008 b. Disponível em:< [http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde\\_arquivos/12/TDE-2009-02-04T084442Z-1517/Publico/texto%20completo.pdf](http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/12/TDE-2009-02-04T084442Z-1517/Publico/texto%20completo.pdf) > . Acesso em:15 de jun 2015.

BOTELHO, R. G. M.; DA SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

CARRERA-FERNANDEZ, José; GARRIDO, Raymundo-José. Economia dos recursos hídricos. Salvador: EDUFBA, 2002.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnol. and Oceanogr.*, 1977.

CAVALLIN, A.; MARCHETTI, M.; PANIZZA, M.; SOLDATI, M. The role of geomorphology in environmental impact assessment. *Geomorphology* 9. Elsevier, the Netherlands, 1994.

CERQUEIRA, R. Biogeografia das Restingas. In: *Ecologia de restingas e lagoas costeiras*. ESTEVES, F. A.; LACERDA, L. D. (Eds). Macaé: UPEM/UFRJ, 2000

CETESB, 2015. IQA Índice de qualidade das águas, Disponível em <[http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-\(iqa\)>](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-(iqa)>).

CETESB. *Água/rios/variáveis*. <http://www.cetesb.sp.gov.br/.../indices-de-qualidade-das-aguas>. Acessado em: 05 de novembro de 2015.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/variaveis.pdf> em 26/09/2012>. Acesso em: 30 de set. 2015.

CORRIVEAU, J.; VAN BOCHOVE, E.; SAVARD, M. M.; CLUIS, D.; PARADIS, D. **Occurrence of High In-Stream Nitrite Levels in a Temperate Region Agricultural Watershed**. *Water, Air and Soil Pollution*, p1-13. 2009.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. **Varição do estado trófico de um rio tropical em curto período de tempo**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, XV, 2007, São Carlos. Anais eletrônicos do XV SIICUSP, 2007. Disponível em:<<https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=82&numeroEdicao=15>> . Acesso em: 05 de ago. 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. A morfologia de bacias de drenagem. *Notícias Geomorfológicas*, Campinas, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia: A análise de Bacias Hidrográficas*. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1980.

Cosgrove, W.J. and F.R. Rijsberman (2000) *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*. London: Earthscan Publications

CORREIA, F. O.; ALVES, J.C.; GOMES, S. S.; REZENDE, S.O.; SANTOS, A.M.O.; MARQUES, M. N. Aplicação do IQACCME para verificar a conformidade ao enquadramento do rio Japarutuba em Sergipe a CONAMA n 357/05. In: *Reunião anual da Sociedade Brasileira de Química*, 2011, Florianópolis. Livro resumos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2011.

CRUZ, P. et al. Estudo comparativo de análise físico química da água no período chuvoso e seco na confluência dos rios Poti e Parnaíba em Teresina-PI. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa- PB, 2007.

DONADIO, N.M.M., GALBIATTI, J.A., PAULA, R.C. *Qualidade da Água de Nascentes com Diferentes Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil*. 2005. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010

EGLER, M., BUSS, D. F., MOREIRA, J.C., BAPTISTA, D. F. 2012. "Influence of agricultural land-use and pesticide on benthic macroinvertebrate assemblages in an 251 agricultural river basin in southeast Brazil", Brazilian Journal of Biology. Data prevista para publicação: agosto de 2012.

EGLER, C. A. G. Em busca de uma classificação espacial adequada à gestão sustentável do território no Brasil. Disponível em: <[http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario\\_2003/anuario\\_igeo\\_2003\\_claudio.pdf](http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2003/anuario_igeo_2003_claudio.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2008.

ESTEVES, F. Fundamentos da liminologia. Rio de Janeiro. Interciência.FINEP.1998; BRAGA, B. et. al. Introdução a Engenharia Ambiental.São Paulo;Prelice Hall,2002;

FERREIRA, V. M. et al. Influência antrópica e atributos de solo: inter-relações em ambientes de voçorocas na mesorregião campos das vertentes, MG. Geografia. v. 36, 2011a.

FERREIRA, L. M. & IDE, C. N. Avaliação comparativa da sensibilidade do IQA- NSF, IAQSmith e IQA-Horton, aplicados ao rio Miranda, MS. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21º, 200, João Pessoa. Anais... ABES, 2005.

FILOSO, S., WILLIAMS, M.R. & MELACK, J.M. Composition and deposition of throughfall in a flooded forest archipelago (Negro River, Brazil). Biogeochemistry, 45: 169 – 195, 1999. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 2, 2013, pp. 351-359

FONTES, A. L. Geomorfologia da área de Pirambu e adjacências (Sergipe). 1984. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1984.

GALDINO, Nayara; TROMBINI, Rosana B.; Análise físico-química da água do córrego Japira, localizado na cidade de Apucarana-PR. Terra e cultura, 2011.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A. Methods for Physical & Chemical Analysis of Fresh Water. 2nd. Edition Blackwell Scientific Publications.IBP. 1978.

GONTIJO, N. M. Análise da expansão das áreas minerárias de ferro no Quadrilátero Ferrífero na segunda metade do século XX e suas implicações ambientais. Monografia – IGC/ UFMG, Belo Horizonte, 2010.

GOMES, D. P. P.; BARROS, F. M.; BARRETO, L. V.; ROSA, R. C. C.; TAGLIAFERRI, C. **Avaliação do estado trófico para o rio Catolé-BA em diferentes épocas d ano.** Centro Científico Conhecer - Enciclopédia Biosfera, Goiânia, vol.6, n.11, 2010.

KELLY, M. G.; WHILTTON, B. A. **Biological monitoring of eutrophication in rives Hidrobiologia.** 384: p.55-67. 1998.

GUIMARÃES, Mauro. Sustentabilidade e educação ambiental. In: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. (orgs.). A questão ambiental – diferentes abordagens. Rio de Janeiro, RJ. Bertrand Brasil, 2003.

GUIMARÃES, J. C. C. Sustentabilidade ambiental através da restauração ecológica de minas de bauxita em florestas tropicais nativas. In: Anais IV Congresso Internacional de Alumínio, São Paulo, 2010.

GUTIÉRREZ, A. G.; SCHANABEL, S.; CONTADOR, F. L. Gully erosion, land use and topographical thresholds during the last 60 years in a small rangeland catchment in SW Spain. Land Degradation & Development, 2009.

Hermes, N., Lensink, R. and Mehrteab, H.T. (2006). Does the group leader matter: the impact of monitoring activities and social ties of group leaders on the repayment performance of group-based lending in Eritrea, *African Development Review*.

HENRY, R. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FAPESP, FUNDIBIO. 1999.

IPCC, 2007c, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer, eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y.

KIMMEL, B.L.; LIND, O.T. & PAULSON, L.J. Reservoir primary production. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L. & PAYNE, F.E. (eds.). *Reservoir Limnology. Ecological Perspectives*. Awiley - Interscience Publication, New York: John Wiley & Sons, 1990.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (ed). *Methods of seawater analysis*. Weinheim: Verlag Chemie. p. 117-181. 1976.

Lamparelli, M.C. 2004. *Degrees of trophy in water bodies of São Paulo: Evaluation of monitoring methods*. Doctoral Thesis, Institute of Biosciences, University of São Paulo, São Paulo. 235 pp. (in Portuguese).

LEMES, M. J. L., Avaliação de metais e elementos-traços em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo, 2001.

LIMA, E.B.R.; ZEILHOFER, P. Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental da Bacia do Rio Cuiabá. ([www.http://ufmt.br.esa.sibac.htm](http://ufmt.br.esa.sibac.htm)). Acesso em 18/12/2015.

LIMA, L. H. Controle do Patrimônio Ambiental Brasileiro. Rio de Janeiro: EdURJ, 2001.

LIMA; A. J. B.; COSTA, G. R. L. X.; SOARES, L. P. C. Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) nos reservatórios com capacidade de acumulação de água acima de 5 milhões de metros cúbicos, monitorados pelo IGARN na Bacia Hidrográfica Apodí-Mossoró/RN nos anos de 2005 e 2006. *Anais. VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 2007*.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/.../TeseLamparelli2004.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/.../TeseLamparelli2004.pdf)>. Acesso em: 05 de jul. de 2015.

LIMA; A. J. B.; COSTA, G. R. L. X.; SOARES, L. P. C. **Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) nos reservatórios com capacidade de acumulação de água acima de 5 milhões de metros cúbicos, monitorados pelo IGARN na Bacia Hidrográfica Apodí-Mossoró/RN nos anos de 2005 e 2006**. *Anais. VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 2007*.

LIOU, Y. T.; LO, S. L. **A fuzzy index model for trophic status evaluation of reservoir Waters**. *Water Research*, v. 39, p.1415-1423. 2005. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2013  
2178

MADRUGA, V.F; et al. Avaliação da influência do córrego dos macacos na qualidade da água do rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu SP. 2008

MAGALHÃES, P. C. O custo da água gratuita. In: Ciência Hoje, v. 36, nº 211, 2004, p.45-49.  
MAGALHÃES JUNIOR, A.P. A situação do monitoramento das águas no Brasil - Instituições e iniciativas. RBRH.- Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol.5,nº3,jul/set.2000, Porto Alegre/RS:ABRH,2000.

MARQUES, M. N., 2005, Avaliação do impacto de agrotóxico em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. Uma contribuição à análise crítica da legislação sobre o padrão de potabilidade. Tese de doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo

MARQUES, Maria Nogueira STANFORD, J. A., WARD, J. V., An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corrido  
. Aspectos qualitativos e quantitativos das águas em Sergipe. 2011. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).

MARQUES, M. N; DAUDE, L.F; SOUZA, R.M.G.L; COTRIM, M.E.B; PIRES, M.A.F. Avaliação de um índice dinâmico de qualidade da água para abastecimento um estudo de caso. Exacta, São Paulo, v.5, n.1, p. 47-55, jan/jun2007

MARQUES, M.N.; CONTRIM, M.E.; BELTRAME FILHO, O.; PIRES, M.A.F. (2007a).  
“Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo”. Química Nova

MARQUES, M.N.; et al. (2007b). Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento. Um estudo de caso.

Madruga, F. V., Reis, F. A. G. V., Medeiros, G. A., Girdano, L. C. Avaliação da influência do Córrego dos Macacos na qualidade da água do Rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu – SP. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal. 2008.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. & TALLING, F.J. Water analysis: Some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association Scientific Publications. Kendall, Titus Wilson & Sons LTD. 1978.

MARGALEF, R. Limnologia. Barcelona. Ediciones Omega. 1983. NEWMAN, E.I. Phosphorus inputs to terrestrial ecosystems. Journal of Ecology, 83: 713–726. 1995.

MANSOR, M. T. C. **Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na bacia hidrográfica do ribeirão do pinhal, Limeira-SP.** 2005. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MARIANI, C. F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento.** Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (IB-USP). 124p. 2006.

MORAGAS, W. M. Análise dos sistemas ambientais do alto rio Claro – Sudoeste de Goiás: contribuição ao planejamento e gestão. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005.

MELO, E.A.; ANDRADE, A. B.; SANTANA, M. C. Conflitos Socioambientais em áreas da Restinga Sergipana: Embates e Perspectivas. Anais do I Seminário Nacional de Geocologia e Planejamento territorial e IV Seminário GEOPLAN, São Cristóvão: Editora UFS, 2011

MELO e SOUZA, Rosemeri [et. al.], Território, Planejamento e Sustentabilidade: Conceitos e Práticas. São Cristóvão. Ed. UFS. 2009.

MELO E SOUZA, R. Representações discursivas e visões de natureza no pensamento ambientalista brasileiro. In: Revista Tomo. São Cristóvão, SE. 2004.

Mello, K.; Abessa, D. M. S.; Toppa, R. H. (2012) – Influência de rodovias no processo de transformação da paisagem: o caso do Sistema Anchieta-Imigrantes. In: Bager, A. (Org.), Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas. UFLA – Universidade Federal de Lavras, Caxambu, MG, Brasil.

MELO, Karla; STEVENS, Pamela; SILVA, Josué. Demografia e recursos hídricos. In: Encontro Nordestino de Biogeografia, 2009, João Pessoa. Anais.

MERTEN, G. H. ; MINELLA, Jean Paolo Gomes. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, 2002.

MOURA, E. M. ; RIGHETTO, A. M. e LIMA, R. R. M. Avaliação da Disponibilidade Hídrica e da Demanda Hídrica no Trecho do Rio Piranhas-Açu entre os Açudes Coremas-Mãe D'água e Armando Ribeiro Gonçalves. Revista Brasileira de Recursos Hídricos / Associação Brasileira de Recursos Hídricos - Vol.16, n. 4 (2011) Porto Alegre/RS: ABRH, 2007

NAGHETTINI, M.C. Projeto Rio de Janeiro – Estudo de chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro; Relatório Técnico; 140p. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais; Belo Horizonte, CPRM. 2000.

NETO, M. L. F.; FERREIRA, A. P. - **Perspectivas da Sustentabilidade Ambiental Diante da Contaminação Química da Água: Desafios Normativos** - Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.2, n.4, Seção 1, ago 2007

NEWMAN, E.I. Phosphorus inputs to terrestrial ecosystems. **Journal of Ecology**, 83: 713–726. 1995.

NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; AMORIM, J. R. A. de; GALINA, M. H.; SOUZA, L. A.; CARVALHO S. S. Diagnóstico da sustentabilidade da agricultura familiar no semiárido sergipano: resultados preliminares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS DO SEMIÁRIDO, 1., 2013, Iguatu. Anais... Iguatu: UFC, IFCE Campus Iguatu, 2013. Disponível em: <[http://sbrns.blogspot.com.br/p/blog-page\\_29.html](http://sbrns.blogspot.com.br/p/blog-page_29.html)>. Acesso em: 13 novembro de. 2015.

ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. 2012. TER BRAAK, C.J.F. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179. 1986.

OLIVEIRA, É. D. de. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Cascavel, Guarapuava/PR. ANALECTA. Guarapuava, Paraná, 2009.

OLIVEIRA, B. S. S.; CUNHA, A. C. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. *Revista Ambiente & Água*, 2014

- OLIVEIRA, C. M.; Desenvolvimento sustentável: uma discussão ambiental e social. In: III Jornada Internacional de Políticas Públicas, São Luís – MA, 2007.
- OLIVEIRA, A. M. de. et al. A morte do delta do Rio São Francisco. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9., 2003. Recife. Anais. São Paulo: ABEQUA, 2003.
- OLIVEIRA, G.S.; ANTUNES, F.M.; VAZ, S.S.; SILVA, A.M.; ROSA, A.H. Parâmetros físico-químicos e balanço biogeoquímico de nutrientes inorgânicos na avaliação da qualidade da água do Rio Sorocaba – SP. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 30, Águas de Lindóia, 2007. Anais... Águas de Lindóia: SBQ, 2007.
- PINTO, S. A. F. & GARCIA, G. J. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas. Revista do Departamento de Geografia, 2005
- PINTO, D. B. F. et al. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande – MG, Brasil. Revista Ciência e Agrotecnologia, 2009
- PINTO FILHO, J. L.O.; SANTOS, E.G.; SOUZA, M.J.J. Proposta de Índice de Qualidade de água para a Lagoa do Apodi, RN, Brasil. Holos Environment, 2012.
- PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. Hidrologia Básica. São Paulo. Ed. Edgard Blücher, 2011.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de Bacias Hidrográficas. Estudos Avançados, São Paulo, 2008.
- QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D.; VILAS BOAS, M. A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. Revista Verde, Mossoró, RN, Brasil, 2010.
- RAMPAZZO, Sônia Elisete. A questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico. In: BECKER, Dnizar Fermiano (org.). Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade? Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2002.
- REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.
- REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Proteção dos recursos hídricos. Revista de Direito Ambiental. São Paulo, 2003.
- REBOUÇAS, Aldo da C., *et al.* (Org.). Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2004.
- REBOUÇAS, Aldo. O ambiente brasileiro: 500 anos de exploração - os recursos hídricos. In: RIBEIRO, Wagner Costa (Org.). Patrimônio ambiental brasileiro. São Paulo: EDUSP/IMESP, 2004.
- REBOUÇAS, A. C. Panorama da água doce no Brasil. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha (Org.). Panorama da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil. São Paulo: IEA/USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2004.

REBOUÇAS, A. C. “Água Doce no Mundo e no Brasil”, In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. (Org.), Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação, 3ª ed., São Paulo – SP, Editora Escrituras.2006.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C. et al. (orgs.) Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo: Escrituras, 2002. 2ª Ed. Revisada e ampliada. 08 nov. 2007.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Uso inteligente da água. São Paulo: Escrituras Editora, 2008.

SANTOS, V.O., Análise físico-química da água do Rio Itapetininga-SP: Comparação entre dois pontos. Revista Eletrônica de Biologia, v. 3 ARCOVA, F. C. S. ;CiCCO, V.. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. ScientiaForestalis (IPEF), PIRACICABA, 1999.

Santos, M. L. S. 2004. *Distribution of nutrients (phosphorus and nitrogen) on the Amazon continental shelf*. PhD thesis. Center for Technology and Geosciences, Federal University of Pernambuco, Recife. (in Portuguese with abstract in English).

SANTOS, Denize dos. Os meandros das águas: zoneamento e gestão da sub-bacia hidrográfica do riacho Jacaré, baixo São Francisco. UFS, São Cristóvão, SE. Dissertação de Mestrado. 2004.

SANTOS, R. S. Planejamento ambiental. Teoria e prática.1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SERGIPE. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe (PERH/SE). Aracaju: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Superintendência de Recursos Hídricos - SEMARH/SRH, 2012. (CD ROOM).

SILVA, B. A. W.; AZEVEDO, M. M.; MATOS, J. S. Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas Urbanas. Revista Vera Cidade. 2006.

SILVA DIAS, M. A. F.; ARTAXO, P.; ANDREAE, M. O. Aerosols impact clouds in the Amazon Basin. GEWEX Newsletter, 2004.

SILVA, L. L. Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 2009

SILVA, C. A. V.; GALVÍNCIO, J. D. Relação clima escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Pirapama – PE. Revista Brasileira de Geografia Física, n. 2, 2010.

SILVA, R.W.C.; Malagutti F.W. Cemitérios: fontes potenciais de contaminação. Ciência Hoje, v. 44, n. 263, set. 2009.

SIMÕES F. *et al.* Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*. [online], 2008

SOARES-FILHO,BS.; NEPSTAD, DC.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, GC.; GARCIA, RA.; RAMOS, CA.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; MCGRATH, D., 2005, “Cenários de desmatamento para a Amazônia”, *Estudos Avançados*, v. 19.

SODRÉ, F.F.; MONTAGNER, C.C.; LOCATELLI, M.A.; JARDIM, W.F. Ocorrência de Interferentes Endócrinos e Produtos Farmacêuticos em Águas Superficiais da Região de Campinas (SP, Brasil). *J. Braz. Soc. Ecotoxicologia*, v.2, 2007.

SODRÉ, F.F.; GRASSI, M.T. A synchronous fluorescence quenching approach to identifying seasonal and anthropogenic effects on copper complexation by dissolved organic matter. *J. Braz.Chem. Soc.* 2007.

PAIVA, J.B.D.; CHAUDHRY, F.H.; REIS, L.F.R. Monitoramento de bacias hidrográficas e processamento de dados. São Carlos: RiMa, v.1, 2004.

PINTO, D. B. F. *et al.* Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, Brasil. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2009.

PONTES, C. A. A. ; SCHRAMM, F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, 2004.

POSTEL, Sandra L. e THOMPSON JR, Barton H. (2005). Watershed protection: Capturing the benefits of nature's water supply services. *Natural Resources Forum*.

SALAS, H.; MARTINO, P. **Metodologias Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales**. LIMA: Programa Regional CEPIS/HPE/IOPS, 52 p. 2001.

SERGIPE. Governo do Estado de. Lei Estadual nº: 3.870 de 27 de setembro de 1997. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos. 2015. Disponível em: <<http://www.semarnh.se.gov.br/srh /modules/tinyd0 /index.php?id=12>>. Acesso em: 19.03.2015.

SERGIPE. Governo do Estado de. Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO. 2015

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2006.

SILVA, G.C.; BARROSO, S.L.; BRINGEL, J.M.M. Avaliação físico-química da água utilizada para irrigação em pequenas propriedades agrícolas de paço do Lumiar-MA. *Rev. Bras. Agroecologia*, 2007.

SILVEIRA, T. Análise físico-química da água da Bacia do Rio Cabelo – João Pessoa – PB. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB, 2007.

SILVA, G. S.; MIOLA, S.; SILVA, G. S.; SOUSA, E. R. **Avaliação da qualidade das águas do rio São Francisco Falso, tributário do reservatório de itaipu, Paraná**. 2010. Disponível em:<  
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010046702010000300011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010046702010000300011&script=sci_arttext)>  
Acesso em: 05 de jul de 2015

SILVEIRA, C.; ROSA, L.; MEES, J. B. R.; BORTOLI, M. M. **Determinação do índice de estado trófico de um manancial receptor de efluente de estação de tratamento de esgoto**. 2011. Disponível em: <  
<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/VIII-005.pdf> >. Acesso em: 01 de ago de 2015.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here?** Trends in Ecology and Evolution 24: 201-207. 2009.

SPERLING, Marcos Von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. vol. 1, 2 ed. Belo Horizonte: SEBRAC, 1996.

STRIEDER, M.N.; RONCHI, L.H.; STENERT, C.; SCHERER, R.T.; NEISS, U.G. Medidas Biológicas e Índices de Qualidade da Água de uma Microbacia com Poluição Urbana e de Curtumes no Sul do Brasil. Acta Biologica Elopondensia, 2006.

TOLEDO, L. G. E NICOLLELA, G., 2002, Índice de Qualidade de Água em Microbacia sob Uso Agrícola e Urbano, Scientia agricola. Scientia Agricola, 2002.

TOLEDO Jr., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. A. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 12. Anais Camboriú, 1983.

TUNDISI, J. G.; MATSU MURA-TUNDISI, T.; SIDAGIS GALLI, C. **Eutrofização na América do Sul: causas, tecnologias de gerenciamento e controle**. IIE, IIEGA, IAP, Ianas, ABC. 337p. 2006.

Tucci, C. E. M.; *Modelos hidrológicos*, UFRGS: Porto Alegre, 1998.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação, 2º ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH. 2003.

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. SQA, 2006.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima, 2003.

Tundisi, J. G. et al. Reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo: conseqüências e impactos da eutrofização e perspectivas para o gerenciamento e recuperação. In: Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T.; Sidagis Galli, C. (Ed.). Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle. IIE, IIEGA, ABC, IAP, Ianas, 2006.

TUNDISI, J. G. et al. Conservação e uso sustentável de recursos hídricos. In: BARBOSA, F. A. (Org.) Ângulos da água: desafios da integração. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa, Aprenda Fácil, pp. 39-48. 2005.

VAEZA, R. F. et al. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. Floresta e Ambiente, 2010. Disponível em: Acesso em: 09 novembro 2015.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. Marine Chemistry. 1981.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. Revista Ambiente & Água, Taubaté, 2011.

VASCONCELOS, L. R. C. The use and results of the Soil and Water Assessment Tool in Brazil: A review from 1999 until 2010. In: 2011 International SWAT Conference & Workshops. Anais. Toledo, Spain, 2011

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.

VON SPERLING, M. (2007). Quality standards for water bodies in Brazil. In: 11<sup>th</sup> International Conference so Diffuse Pollution / 1st Joint Meeting of the IWA Diffuse Pollution and Urban Drainage Specialist Groups, Belo Horizonte.

XAVIER, C.F. Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba, Paraná. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). UFPR

WEF - WORLD ECONOMIC FORUM. Climate Adaptation: Seizing the Challenge. Switzerland, 2014

WETZEL, R.G. Limnology. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

WETZEL, R. G. Limnology: lake and river ecosystems. 3. ed. California: Academic Press, 2001.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993. 919 p.  
YANG, J. E.; SKOGLEY, E. O.; SCHAFF, B. E.; KIM, J. J. **A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts**. Soil Science Society American Journal, v. 62 p. 1108 – 1115, 1998.

ZANINI, H. L. H. T. **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego rico que abastece Jaboticabal (SP)**. Jaboticabal, 75 f. 2009. Tese (doutorado em Microbiologia Agropecuária). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo. Disponível em:< <http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/micro/d/2760.pdf>>. Acesso em: 10 de ago 2015.

ZANINI, H. L. H. T.; AMARAL, L. A. do.; ZANINI, J. R.; TAVARES, L. H. S.  
**Caracterização da água da microbacia do córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. 2012.** Disponível em: <  
<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n4/17.pdf>>. Acesso em: 18 de set de 2015

ZHU, Y. P.; ZHANG, H. P.; ZHAO, J. P. **Influence of the South-North water Diversion Project and the mitigation projects on the water quality of Han River.** Science of the Total Environment. v.406, n.1-2. p.57-68, 2008.

ZHOU, W.; SUN, Q.; ZHANG, C.; YUAN, Y.; ZHANG, J.; LU, B. Effect of salt stress on ammonium assimilation enzymes of the roots of rice (*Oryza sativa*) cultivars differing in salinity resistance. Acta Botanica Sinica, 2004.

## **APÊNDICES**

## Apêndic



**Tabela 10:** Dados das análises das amostras IQA da Bacia Costeira do Sapucaia 2014/2015.

Código	Data de Coleta	DBO	Coliformes termotolerantes	Coliformes Totais	Fósforo T	Nitrogênio T	OD (mg/L)	pH	Turb. (NTU)	Temp (°C)	Condut. (uS/cm)	ST(mg/L)	Clorofila (ug/L)
P1	Ago/14	1,9	220	2.400	Nd	nd	7,1	5,3	0,0	22,7	5.410	910	1,2
P1	Nov/14	1,9	200	1.700	0,01	0,05	7,0	5,8	8,3	23,7	5.542	1400	0,7
P1	fev/15	7,4	210	1.100	0,02	0,01	7,0	6,6	5,6	27,2	171,7	280	1,0
P1	Jun/15	Nd	210	2.200	0,01	nd	6,9	5,3	8,3	27,9	93,4	286	1,3
P1	Set/15	Nd	170	320	0,13	0,01	7,0	5,4	5,6	27,3	67	33	1,2
P2	Ago/14	3,4	260	32.000	Nd	0,00	7,8	5,3	0,1	24,4	6.080	1160	1,4
P2	Nov/14	1,9	230	26.000	0,52	nd	7,3	5,2	10,1	22,9	7.058	1500	1,2
P2	fev/15	7,7	170	12.000	0,04	0,25	8,7	4,8	7,2	27,2	147	400	1,4
P2	Jun/15	1,7	360	33.000	0,52	nd	7,3	5,6	10,1	27	130,7	172	1,1
P2	Set/15	Nd	12	110	0,21	0,25	8,7	7,1	7,2	27,3	105	39	2,0
P3	Ago/14	4,1	190	2.700	Nd	0,00	8,4	5,6	0,1	25,6	5.960	750	2,1
P3	Nov/14	1,9	180	1.500	0,53	1,07	8,2	5,6	10	24,5	6.019	1620	1,6
P3	Fev/15	7,9	140	220	0,03	0,10	8,9	5,2	4,8	29	59,8	1100	3,1
P3	Jun/15	2,5	130	250	0,53	1,07	8,2	6,4	10	28	74,7	1120	1,7
P3	Set/15	Nd	220	2.500	0,34	0,10	8,9	5,8	4,8	28,2	46	23	0,5
P4	Ago/14	1,8	120	140	Nd	0,00	7,4	5,8	0,1	26,8	5.160	940	4,1
P4	Nov/14	2,4	118	140	0,05	0,23	7,7	6,0	6,7	24,8	6.028	1470	1,8
P4	Fev/15	7,4	220	240	0,02	0,33	7,5	4,6	5,9	29,7	104,5	550	6,3
P4	Jun/15	Nd	240	3.100	0,05	0,23	7,7	6,0	6,7	27,9	135	236	7,5
P4	Set/15	Nd	110	130	0,28	0,33	7,5	5,8	5,9	29,3	79	39	0,6
P5	Ago/14	2,3	140	2.200	Nd	nd	7,7	5,5	0,1	25,6	4.990	470	0,7

Código	Data de Coleta	DBO	Coliformes termotolerantes	Coliformes Totais	Fósforo T	Nitrogênio T	OD (mg/L)	pH	Turb. (NTU)	Temp (°C)	Condut. (uS/cm)	ST(mg/L)	Clorofila (ug/L)
P5	Nov/14	1,8	110	1.500	0,00	0,05	6,0	5,4	10	27,5	5.019	1550	8,2
P5	Fev/15	8,0	250	260	0,01	0,13	8,1	6,7	4,6	29,4	54,8	550	1,2
P5	Jun/15	2,4	1.100	34.000	Nd	nd	6,0	5,7	10	23	69,8	196	1,7
P5	Set/15	Nd	2.200	3.300	0,27	0,13	8,1	5,7	4,6	27,6	43	22	4,5
P6	Ago/14	3,1	170	23.000	Nd	0,00	7,4	5,4	0,0	23,5	1.535	90	4,6
P6	Ago/14	3,1	170	23.000	Nd	0,00	7,4	5,4	0,0	23,5	1.535	90	4,6
P6	Nov/14	1,9	160	20.000	0,01	0,61	7,5	5,1	6,3	23,8	1.986	1.840	1,3
P6	Fev/15	7,9	210	260	0,01	0,00	8,0	7,5	3	25,8	53	1.090	2,6
P6	Jun/15	2	360	3.200	Nd	0,61	7,5	5,5	6,3	25	54	270	6,8
P6	Set/15	Nd	220	280	0,27	nd	8,0	6,2	3	25,2	40	20	3,2
P7	Ago/14	1,7	240	1.300	Nd	0,00	8,1	5,3	0,0	24,7	5.850	1.070	3,5
P7	Nov/14	Nd	220	1.100	0,01	0,66	8,3	5,2	0,9	25,6	6.167	1.560	3,0
P7	Fev/15	7,5	220	360	0,01	0,02	8,2	7,2	0,8	26,2	43,8	60	2,9
P7	Jun/15	2,4	2.800	17.000	Nd	0,66	8,3	5,2	0,9	25,3	56,2	98	2,5
P7	Set/15	Nd	190	350	0,29	0,02	8,2	5,9	0,8	25,2	39	20	2,4
P8	Ago/14	1,8	210	28.000	Nd	0,00	7,0	5,3	0,0	23	5.820	720	21,9
P8	Nov/14	1,7	180	36.000	0,00	0,48	7,6	5,2	7,9	27,3	6.201	1.500	0,5
P8	Fev/15	7,8	110	330	0,02	0,00	8,6	7,6	5,2	26,1	59,6	50	10,3
P8	jun/15	1,9	220	1.700	Nd	0,48	7,6	5,8	7,9	25,1	63	72	0,8
P8	set/15	Nd	170	3.300	0,24	nd	8,6	5,5	5,2	24,9	42	21	0,4
MÉDIA		3,7	329,7	6.741,8	0,16	0,25	7,8	5,7	4,8	26,0	2.166,4	632,4	3,1

des.pad.	2,5	532,35	11.409,7	0,19	0,31	0,6	0,6	3,5	1,9	2.749,7	594,4	3,8
MÍNIMO	1,7	12	110	0,00	0,00	6,0	4,6	0,0	22,7	39	20	0,4
MÁXIMO	8,0	2.800	36.000	0,53	1,07	8,9	7,6	10,1	29,7	7.058	1.840	21,9