



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ**  
**PIRANHAS SOB ANÁLISE MULTICRITERIAL**

**THÂMARA MARTINS ISMAEL DE SOUSA**

**Pombal– PB**

**2014**

**THÂMARA MARTINS ISMAEL DE SOUSA**

**QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ  
PIRANHAS SOB ANÁLISE MULTICRITERIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Ambiental, da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande como um dos requisitos de avaliação para obtenção do grau de BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

ORIENTADOR

**Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira De Queiroz**

**Pombal– PB**

**2014**

**THÂMARA MARTINS ISMAEL DE SOUSA**

**QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ  
PIRANHAS SOB ANÁLISE MULTICRITERIAL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do grau de BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL e aprovado em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

**APROVADO EM 20/03/2014**

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

**Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz**

Orientador–UACTA/CCTA/UFCG

---

**Prof. Dr<sup>a</sup>. Rosinete Batista dos Santos**

Examinador Interno – UACTA/CCTA/UFCG

---

**Prof. Caetano José de Lima**

Examinador Externo – IFPB

**Pombal– PB**

**2014**

À minha família, em especial  
aos meus pais, Nara e Neto, e a  
minha filha, Maria Clara, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pelo dom da vida, pela luz que sempre guiou os meus passos e por todas as bênçãos que recebi em toda minha trajetória.

Aos meus pais, por todo amor e dedicação, em especial à minha mãe Nara e a minha filha Maria Clara pela compreensão em todos os momentos em que me fiz ausente, ao meu irmão Thomas e minha cunhada Dalina Jara, por estarem sempre dispostos a ajudar.

Ao meu noivo, Rodrigo, por todo amor e compreensão, por me fazer sentir especial, por ser o grande incentivador dos meus projetos de vida e por me fazer tão feliz.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar pela oportunidade de realizar o curso.

À todos os professores que contribuíram com a minha formação, em especial aos professores que em muitos momentos foram mais que mestres, foram amigos, e grandes incentivadores, em especial, Helber Almeida, Camilo Farias, Manoel Moisés, Roberto Cleiton, Valmir Marques, entre tantos outros.

Ao Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, pela orientação, confiança, aprendizado e incentivo constante durante todos os momentos de nossa convivência.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos, em especial a José Wagner e Paloma Mara e ao corpo técnico do Laboratório de Hidrologia, de Águas e de Solos da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, onde esta pesquisa foi desenvolvida com todo apoio.

Aos colegas do curso de Engenharia Ambiental, turma 2009.1, em especial as mais que amigas Fernanda Carolina, Katia Barbosa, Luara Lourenço e Raissa Borges pelos muitos momentos compartilhados.

A todos, que de maneira direta ou indireta contribuíram para a minha formação e para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

## RESUMO

O objetivo deste trabalho consiste em analisar a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piancó Piranhas, por meio de uma análise multicriterial, com ênfase nas sub- bacias do rio do Peixe, Piancó e Alto Piranhas. A análise tem por base uma análise socioambiental integrada da área, reunindo aspectos socioeconômicos (Densidade Demográfica, PIB e IDH), aspectos ambientais (Uso do solo e presença de áreas verdes) e análises de qualidade da água (IQA), buscando identificar os efeitos dos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas nos recursos hídricos da bacia. Os aspectos analisados foram processados e integrados com a utilização do SIG gv sig 1.12 versão final. Foram confeccionados mapas temáticos dos aspectos mais relevantes para a análise multicritério. Os aspectos priorizados foram: Densidade Demográfica, Padrão de Uso e Ocupação dos solos e Presença de áreas verdes na bacia, o cruzamento dessas informações permitiu a construção do Mapa Temático de Identificação de Áreas Críticas para a área em estudo, onde foi possível o reconhecimento das áreas consideradas ambientalmente críticas. As áreas muito Críticas estão localizadas principalmente na sub- bacia do rio do Peixe, estas áreas devem ser prioritárias quando da implantação de Programas de Planejamento e Planos de intervenção, visando à redução das fontes de pressão. Durante o período de observação o IQA variou entre Regular e Bom, constatou- se que houve um decréscimo do IQA com o aumento da vazão, acentuadamente relacionado aos primeiros eventos chuvosos. Com isso, ficou evidenciado que os recursos hídricos da bacia do rio Piranhas tem sofrido com a pressão antrópica observada em seu interior.

**Palavras-chave:** Análise ambiental, análise socioambiental, Índice de Qualidade das águas.

## ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the environmental quality of Piranhas hydrographic river basin, by proposing a model of multi-criteria analysis, with emphasis on sub - basins of the river Peixe, Piencó and Alto Piranhas. The model was constructed based on an integrated environmental analysis of the area , gathering socioeconomic aspects ( Density , GDP and HDI ) , environmental aspects ( Land use and presence of green areas ) and water quality analysis ( IQA ) , seeking to identify the effects of environmental impacts of human activities on water resources of the basin . The aspects analyzed were processed and integrated with the use of GIS sig gV 1:12 final version. Thematic maps of the most relevant aspects for multicriteria analysis were made. The issues were prioritized: Density Pattern of Use and Land cover and presence of green areas in the basin, the crossing of this information allowed the construction of the Thematic Map Identification of Critical Areas for the study area, where the recognition was possible considered environmentally critical areas. The Very Critical areas are mainly located in the Fish River sub -basin, these areas should be given priority when planning the implementation of plans and intervention programs aimed at reducing the sources of pressure. During the observation period, the IQA ranged between fair and good, it was found that there was a decrease in the IQA with increasing flow rate, markedly related to the first rainfall events. With this, it became evident that the water resources of the Piranhas River basin has suffered with anthropic pressure observed inside.

**Keywords :** Environmental analysis, Environmental analysis, Index of water quality.

## **LISTA DE SIGLAS**

AESA – Agência Estadual de Gestão das Águas

CE – Condutividade Elétrica

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IPEADATA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IQA – Índice de Qualidade Ambiental

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogênionico

PIB – Produto Interno Bruto

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SIG – Sistema de Informação Geográfica



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1-</b> Localização das sub- bacias do Rio do Peixe, Piencó e Alto Piranhas.....	21
<b>Figura 2-</b> Medidor acústico Doppler de vazão.....	24
<b>Figura 3-</b> Medições de parâmetros <i>in- locu</i> .....	24
<b>Figura 4-</b> Mapa Temático de densidade demográfica.....	29
<b>Figura 5-</b> Mapa Temático de uso do solo.....	32
<b>Figura 6-</b> Mapa Temático de áreas ocupadas por Agropecuária.....	34
<b>Figura 7-</b> Mapa Temático de cobertura vegetal.....	36
<b>Figura 8-</b> Mapa Temático de identificação de áreas críticas.....	50

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Parâmetros e métodos de análise utilizados.....	25
<b>Tabela 2-</b> Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.....	25
<b>Tabela 3-</b> Categorias de qualidade das águas segundo o resultado do IQA.....	26
<b>Tabela 4-</b> Parâmetros selecionados no enquadramento das áreas.....	27
<b>Tabela 5-</b> Dados de População e Densidade Demográfica.....	28
<b>Tabela 6-</b> Dados de IDH médios.....	30
<b>Tabela 7-</b> Dados do PIB dividido por setor.....	31
<b>Tabela 8-</b> Dados dos parâmetros de qualidade da água analisados e IQA.....	37

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-</b> Variação da vazão (Q) durante o período observado.....	38
<b>Gráfico 2-</b> Variação da temperatura do ar, da água e da vazão (Q).....	39
<b>Gráfico 3-</b> Variação do pH e da vazão (Q).....	40
<b>Gráfico 4-</b> Variação da condutividade elétrica (CE) e da vazão (Q).....	41
<b>Gráfico 5-</b> Variação do teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) e da vazão (Q)....	42
<b>Gráfico 6-</b> Variação do oxigênio dissolvido (OD) e da vazão (Q).....	43
<b>Gráfico 7-</b> Variação da vazão e concentração de nitrogênio (N) em mg/L.....	44
<b>Gráfico 8-</b> Variação da vazão e concentração de fósforo (P) em mg/L.....	45
<b>Gráfico 9-</b> Variação da DBO e da vazão (Q).....	46
<b>Gráfico 10-</b> Variação da concentração de coliformes termotolerantes e da vazão (Q).....	47
<b>Gráfico 11-</b> Variação do IQA e da vazão.....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	OBJETIVO.....	16
1.1.1	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	MODIFICAÇÕES E PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....	17
2.2	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.1.1	<b>Características climáticas e fisiográficas.....</b>	<b>22</b>
3.2	ETAPAS METODOLÓGICAS.....	23
3.2.1	<b>Levantamento de Dados e Definição das Escalas de Trabalho .....</b>	<b>23</b>
3.2.2	<b>Monitoramento da Qualidade da Água.....</b>	<b>23</b>
3.3	ANÁLISE DE DADOS E ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS.....	26
3.3.1	<b>Análise e Espacialização de Dados para Elaboração de Mapas Temáticos.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
4.1	DADOS SOCIOECONÔMICOS.....	28
4.1.1	<b>População e Densidade Populacional.....</b>	<b>28</b>
4.1.2	<b>Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).....</b>	<b>30</b>
4.1.3	<b>Produto Interno Bruto (PIB).....</b>	<b>30</b>

4.2 DADOS AMBIENTAIS.....	31
4.2.1 Uso Urbano.....	32
4.2.2 Uso Agropecuário.....	33
4.2.2.1 Agrícola.....	34
4.2.2.2 Pecuária.....	35
4.2.3 Coberturas de Vegetação Natural.....	35
4.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	37
4.3.1 Vazão (Q).....	37
4.3.2 Temperatura do Ar e da Água (Tem. Ar/ Tem. Água).....	38
4.3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	39
4.3.4 Condutividade Elétrica (CE).....	41
4.3.5 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).....	42
4.3.6 Oxigênio Dissolvido (OD).....	43
4.3.7 Nitrogênio (N) e Fósforo Total (P).....	44
4.3.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	46
4.3.9 Coliformes Termotolerantes.....	47
4.3.10 Índice de Qualidade da água (IQA).....	48
4.4 ANÁLISE INTEGRADA DAS ÁREAS.....	49
5 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

## 1. INTRODUÇÃO

O panorama sobre recursos hídricos no semiárido revela grandes incertezas quanto ao uso da água e sua disponibilidade de oferta em quantidade e qualidade adequada aos usos a que se pretende destiná-la. Os problemas inerentes à falta de gerenciamento da água, principalmente no que tange ao aproveitamento da bacia, apresenta diferenciados níveis de pressão que vão desde a falta do recurso para o abastecimento, a falta de saneamento, o assoreamento dos cursos d'água e a contaminação por agrotóxicos, fertilizantes, esgoto doméstico, entre outros.

A descaracterização dos vales, encostas e leitos de cursos d'água, uma tendência tanto da área urbana como rural em vista da necessidade de ocupação dos espaços, ultimamente se revela preocupante, pois a supressão da cobertura vegetal, em virtude das atividades desempenhadas, tem acelerado os processos de erosão, assoreamento, contaminação e aumento de sólidos em suspensão nas águas. A vegetação responsável por inibir a ação de determinadas degradações, quando retirada, potencializa os efeitos deletérios sobre a qualidade da água.

Na maioria dos casos, as alterações iniciam-se pela supressão da vegetação nativa, com a substituição das coberturas vegetais por outras formas de cobertura, como pavimentação de vários tipos, terra arada, solo descoberto, vegetação rala ou esparsa, culturas agrícolas e pastagens, dentre outras. Essas mudanças significam alterações também na quantidade de material carregado pelas águas das chuvas que varrem estas superfícies, como as partículas de solos desagregadas associadas a diversos fluidos presentes, tais como óleos e graxas, agroquímicos, esgotos urbanos, resíduos industriais, lixiviados e fertilizantes.

A bacia do rio Piancó Piranhas apresenta em seu interior, atividades antrópicas de elevado potencial causador de impactos sobre os recursos ambientais, em especial, sobre os recursos hídricos, tais como extração mineral de argila para a indústria cerâmica e atividades agropecuárias e industriais. Sinais de degradação da qualidade ambiental nos corpos hídricos da bacia já são evidentes, como o assoreamento em vários pontos, com redução de calhas, queda da qualidade da água pela presença de nutrientes e redução da diversidade biológica e eliminação da vegetação ciliar, contribuindo para a erosão das margens.

Diante da dinâmica das alterações ambientais observadas e da complexidade das atividades desenvolvidas, surge à necessidade de adoção de uma perspectiva

multicriterial no que tange a análise ambiental deste espaço, observando um conjunto de dados ou informações que servirão como parâmetros de diferentes naturezas, só a partir da reunião dessas informações, é possível uma análise espacial integrada dos processos e fatores envolvidos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade ambiental da bacia do rio Piencó Piranhas a partir de uma análise multicriterial, com base na análise da qualidade da água, baseada nos parâmetros que determinam a classificação e avaliação da qualidade das águas, expressa pelo Índice de Qualidade das Águas (IQA), sua relação com o uso e ocupação do solo e com os aspectos socioeconômicos das áreas analisadas, buscando identificar os efeitos dos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da bacia, bem como, espacializar esses resultados em mapas temáticos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar os principais aspectos envolvidos na problemática ambiental da bacia hidrográfica do rio Piencó Piranhas;
- Realizar levantamento de informações socioeconômicas dos municípios da bacia;
- Determinar, ao longo do tempo, a descarga líquida, os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água;
- Calcular o IQA da água;
- Observar a variação temporal do IQA;
- Avaliar os efeitos dos impactos ambientais na qualidade das águas do rio;
- Confeccionar mapas temáticos dos aspectos mais relevantes;
- Confeccionar mapas temáticos com o cruzamento das informações socioeconômicas e ambientais da área;
- Indicar espacialmente as áreas ambientalmente críticas na bacia do rio Piencó Piranhas.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MODIFICAÇÕES E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Em um sistema ambiental, o subsistema físico-natural funciona como suporte para as atividades humanas, fornecendo as potencialidades e limitações dentro das quais estas atividades podem ser desenvolvidas (CHRISTOFOLETTI, 1996; 1999). Desajustes nessa dinâmica, provocados por atividades antrópicas que resultam em degradação ambiental e comprometimento da qualidade de vida, vêm alertando a humanidade a rever seus modos de vida e suas relações com o subsistema físico-natural. É nesse contexto que ganha força o paradigma da sustentabilidade, o qual aponta para a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento que busque integrar crescimento econômico, equidade social e conservação dos recursos naturais (GONDOLO, 1999).

As degradações de bacias hidrográficas podem ocorrer por diversos fatores como: *(i)* a urbanização sem planejamento, *(ii)* atividades agrícolas e de mineração, *(iii)* desmatamentos, *(iv)* obras de terraplenagem, *(v)* poluição, *(vi)* atividades industriais e *(vii)* a inexistência de práticas de planejamento e conservação do uso do solo (BENINI, 2005).

As atividades de uso do solo mudam as funções naturais da bacia hidrográfica, impedindo ou alterando o fluxo e a qualidade da água, como efeito das atividades antrópicas na bacia de drenagem, temos interferências nos ecossistemas aquáticos, com o aumento do volume de água, diminuição do tempo de reação do sistema de drenagem em situações de eventos extremos, aumento do escoamento superficial afetando os canais dos rios e diminuição da qualidade da água com o aumento do aporte de sedimentos (RANDHIR; HAWES, 2009).

A intensificação da agricultura nas últimas décadas tem sido apontada como a mais importante fonte não pontual de poluição da água (QUILBÉ et al., 2006). O estudo da qualidade da água em sistemas fluviais tem aumentado nas últimas décadas devido ao reconhecimento da importância da ecologia do rio e da qualidade da água em todos os aspectos envolvidos em torno de seus usos, tais como econômico, social, sanitário e outros.

Em um rio, enquanto sistema ambiental, ocorrem vários processos abióticos e bióticos como intemperismo, erosão, sedimentação, evaporação, atividade biológica,

adsorção, e dessorção, nesse sentido, a interferência humana interage dentro da bacia hidrográfica, na zona ribeirinha, e na massa de água afetando a composição do sistema aquático.

Abordagens especiais são necessárias para estudar as mudanças de qualidade de água espacialmente e temporalmente devido às relações dinâmicas e complexas de tais fatores e processos (SKOULIKIDIS et al., 2006). Nesse sentido, a caracterização das mudanças sazonais de qualidade das águas naturais, devido aos insumos naturais ou antropogênicos é um aspecto importante (OUYANG et al., 2006). Segundo Chapman (1992) os métodos mais eficazes que podem ser adotadas para avaliar essas mudanças na qualidade das águas e fontes de poluição são aqueles que utilizam técnicas multivariadas.

Para Costa (2008) a aplicação de um Modelo de Suporte a decisão é uma alternativa bastante eficaz para integrar variáveis e informações de diferentes naturezas. Um modelo bastante usual em processos de Planejamento Ambiental em bacias hidrográficas é a Análise Multicritério, que executa a agregação de critérios de diferentes naturezas, por vezes com combinação linear de pesos, para gerar variáveis objetivo. Esta técnica permite integrar fatores de diferentes naturezas e escalas, sejam eles, físicos, ecológicos, socioeconômicos, entre outros, atendendo a um ou a múltiplos objetivos que devem ser observados na tomada de decisão.

## 2.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A preocupação com a qualidade da água tomou conta de todo o mundo, quando os seus usos começaram a ser ameaçados através da contaminação generalizada resultante das atividades humanas. Essa contaminação envolve sedimentos, bem como componentes químicos e microbiológicos provenientes de fontes pontuais e não pontuais de poluição de indústrias, das cidades e da agricultura. As fontes não pontuais referem-se aquelas decorrentes de múltiplos fatores, incluindo a poluição difusa que de acordo com Novotny (1999) é exclusivamente resultante do uso e da mudança do uso do solo pelo homem. Além dessas influências humanas, a qualidade da água do rio também é afetada por uma vasta gama de influências naturais, fatores geológicos, hidrológicos e climáticos (BARTRAM; BALANCE, 1996).

Além disso, Vega et al. (1998) aponta que a variação sazonal, o escoamento superficial, o interfluxo, o fluxo de águas subterrâneas, o pombeamento e retiradas de água do rio têm produzido fortes efeitos sobre vazão e, subsequentemente, na concentração de poluentes na água. Sebastian e Christopher (2003) afirmam que a variação sazonal e inter-anual no clima e nas taxas de descarga são os principais motores de concentrações de solutos em rios.

O monitoramento e avaliação da qualidade da água têm o propósito de gestão da qualidade da água, assim, tem havido uma procura crescente de monitorização da qualidade da água de muitos rios através de medidas regulares das variáveis de qualidade da água (BARTRAM; BALANCE, 1996). A qualidade da água identificada em termos de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos tem se tornado de interesse público no mundo (SARGAONKAR; DESHPANDE, 2003).

A manutenção da qualidade ambiental está diretamente relacionada ao conhecimento e controle das variáveis que interferem no problema, sejam elas resultantes das ações do homem sobre o meio ambiente ou de suas transformações naturais. Este conhecimento sobre o meio ambiente, em muitos casos, só pode ser obtido por meio de monitoramento e, no caso dos corpos d'água, a eficácia do monitoramento depende em especial de um projeto e operação adequados do sistema de informações, que é constituído pela aquisição, manipulação, análise e utilização da informação obtida (SOARES, 2001).

Segundo Coimbra (1991), o monitoramento quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos se constitui num poderoso instrumento, que possibilita a avaliação da oferta hídrica, base para decisões do aproveitamento múltiplo e integrado da água, bem como para a minimização de impactos ao meio ambiente. Conforme Soares (2001), o monitoramento da qualidade da água é o esforço em obter informações quantitativas das características físicas, químicas e biológicas da água por meio de amostragem estatística.

O monitoramento é, em essência, a coleta de dados com o propósito de obter informações sobre uma determinada característica e/ou comportamento de uma variável ambiental. Os trabalhos de monitoramento e enquadramento dos cursos d'água de bacias hidrográficas indicam as tendências de variação da qualidade das águas, e estabelecem metas a serem atingidas para adequar os usos identificados da água com os níveis apropriados a sua qualidade. A avaliação da qualidade dessas águas, sob a ótica das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica,

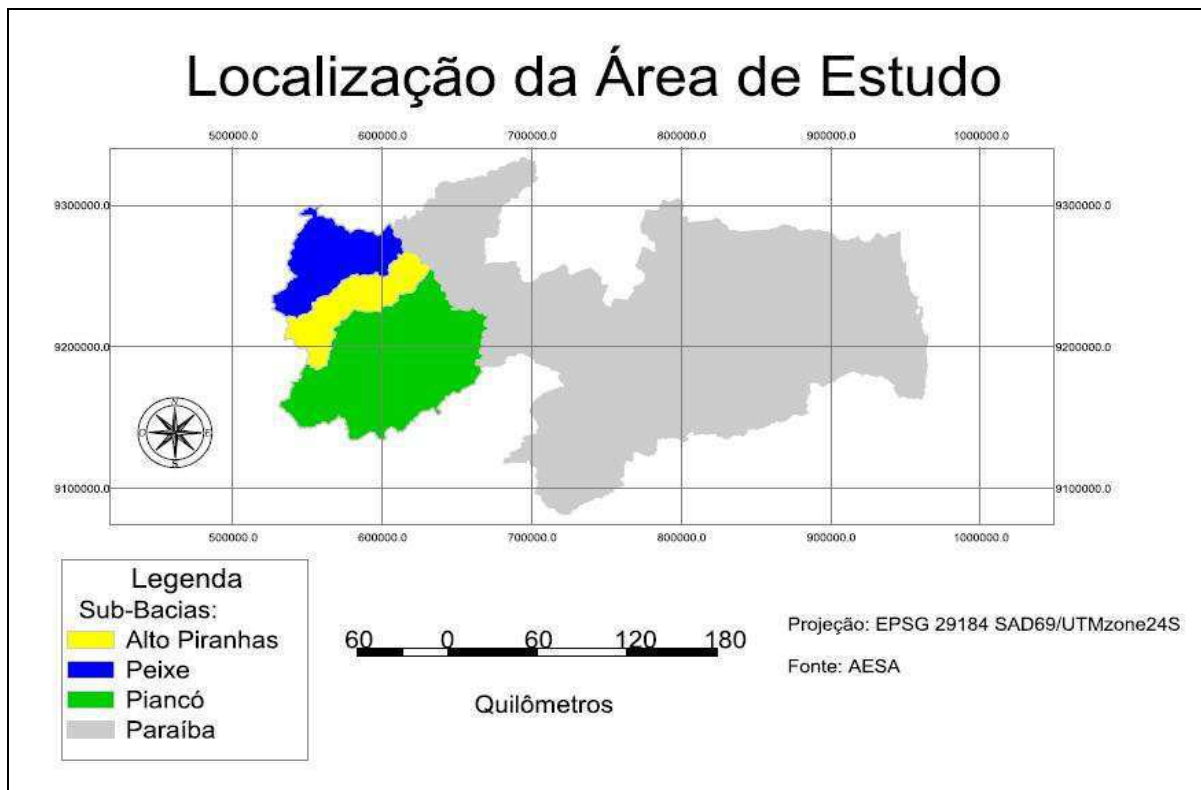
direciona a definição de ações prioritárias para a melhoria contínua da qualidade ambiental da região (FREITAS, 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Piancó Piranhas, situado no estado da Paraíba, no nordeste brasileiro. A área total delimitada para a realização deste estudo compreende as sub- bacias do rio Piancó, Peixe e Alto Piranhas, inseridas na bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, a seção de controle se localiza nas coordenadas geográficas 06°46'07" S e 37°47'44,6" W, a jusante da confluência entre os rios Peixe, Piranhas e Piancó (FIG. 1).

**Figura 1-** Localização das sub- bacias do rio do Peixe, Piancó e Alto Piranhas.



Fonte: Autoria Própria.

A bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu é pertencente ao território dos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, apresenta clima semiárido. Possui área de drenagem de 43.681,50 Km<sup>2</sup>, sendo que 26.183,00 Km<sup>2</sup>, isto é, 60% da área total da bacia está situada no estado da Paraíba, e o restante no estado do Rio Grande

do Norte. Conta com 147 municípios, sendo 45 no Rio Grande do Norte e 102 na Paraíba (AESAs, 2013).

O principal rio da bacia é o rio Piranhas-Açu, de domínio federal, uma vez que nasce no município de Bonito de Santa Fé, no estado da Paraíba, e segue seu curso natural pelo estado do Rio Grande do Norte, desaguando no Oceano Atlântico, na Costa Potiguar. O rio é denominado Piranhas no estado da Paraíba e, após cruzar a fronteira com o estado do Rio Grande do Norte recebe a denominação de Piranhas-Açu. A bacia é constituída por sete sub- bacias: Piancó, Peixe, Alto Piranhas, Médio Piranhas, Espinharas, Seridó e Baixo Piranhas. As três primeiras estão totalmente inseridas em território paraibano, a sub- bacia do Baixo Piranhas situa-se totalmente no estado do Rio Grande do Norte e as demais estão compreendidas nos dois estados.

A parte da bacia do rio Piranhas, constituída pelas sub- bacias: Piancó, Peixe e Alto Piranhas apresenta capacidade de armazenamento de 1.846.126.108 m<sup>3</sup>, 143.791.396 m<sup>3</sup> e 322.513.781 m<sup>3</sup> respectivamente, através de importantes reservatórios como o sistema Coremas-Mãe D'Água, Engenheiro Ávidos, São Gonçalo, Lagoa do arroz, Capivara entre vários outros, isso permite a perenização de trechos dos 3 rios, por conseguinte do rio Piranhas até a montante da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no estado do Rio Grande do Norte (AESAs, 2013).

### **3.1.1 Características climáticas e fisiográficas**

Toda a bacia apresenta característica semiárida, com temperatura média anual variando de 21 a 28°C, sobretudo na região do alto rio Piranhas, as precipitações médias anuais variam entre 400 e 800 mm sendo concentradas em poucos meses do ano, ademais a geomorfologia da região, caracterizada por solos rasos formados sobre um substrato cristalino, com baixa capacidade de armazenamento, é responsável pelo caráter intermitente dos rios da região. Além disso, o padrão de precipitação tende a apresentar uma forte variabilidade inter anual, ocasionando a alternância entre anos de chuvas regulares e não regulares. As taxas de evapotranspiração são bastante elevadas, podendo chegar a mais de 2000 mm/ano, o que ocasiona um déficit hídrico significativo (FREITAS, 2012). As formações sedimentares, com maior porosidade e capacidade de armazenamento de água,

estão presentes apenas em dois pontos da bacia: um deles sub- bacia do rio do Peixe.

As principais unidades de solo que ocorrem na bacia são os solos brunos não cálcicos e litólicos, que são geralmente, solos com boa fertilidade, porém, são rasos e pedregosos não se adequando à prática da agricultura intensiva. A cobertura vegetal predominante na bacia é a caatinga hiperxerófila herbáceo-arbustiva (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU, 2014).

### 3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

Para a realização da avaliação da qualidade ambiental da bacia do rio Piranhas foram realizadas as seguintes etapas metodológicas:

#### **3.2.1 Levantamento de Dados e Definição das Escalas de Trabalho**

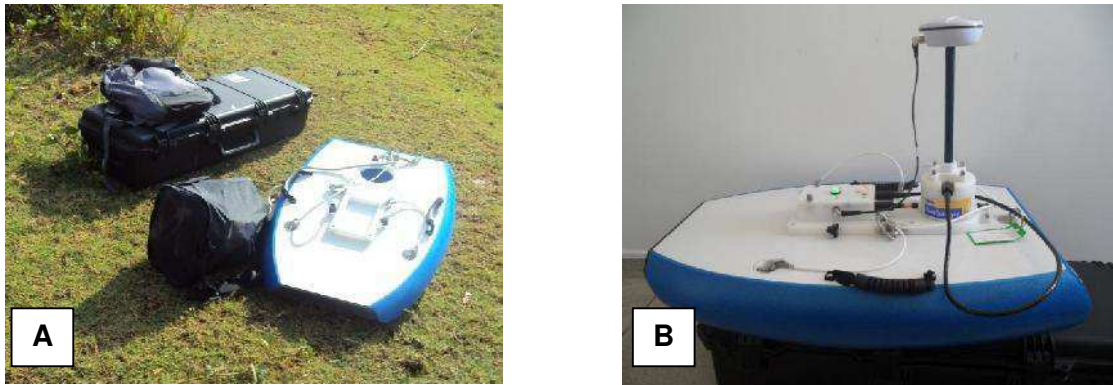
Para avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piranhas foram realizados levantamentos de dados e definição das escalas de trabalho. Os indicadores selecionados foram: a avaliação da qualidade da água, da cobertura vegetal, da forma de uso e ocupação da bacia e dados socioeconômicos. Para facilitar a análise das informações, foram definidos limites de acordo com as sub-bacias existentes. Os limites das sub- bacias foram definidos de acordo com o relatório hidrológico da AESA (2007). Nesta perspectiva de trabalho, a bacia do rio Piranhas foi delimitada em três sub- bacias, correspondendo as sub- bacias dos rios Piancó, Peixe e Alto Piranhas. Esta subdivisão teve o intuito de facilitar a análise da área de estudo, possibilitando a identificação de diferentes ações de pressão antrópica, de acordo com as suas diferenças de padrões de uso e ocupação dos solos e suas características socioeconômicas. Os dados socioeconômicos foram obtidos a partir do levantamento de dados do IBGE e IPEADATA e os dados de uso da terra através de estudos de bancos de dados da Secretaria de agricultura do estado e órgão semelhantes.

#### **3.2.2 Monitoramento da Qualidade da Água**

Para avaliação da qualidade da água foi realizado o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água, mensalmente, e seguindo a

frequência de chuvas que alteram a vazão do rio. A vazão foi determinada com uso do medidor acústico Doppler de vazão, usando o ADP RiverSurveor S5 da Sontek (FIG. 2 A e B).

**Figura 2-** Medidor acústico Doppler de vazão.



Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

As amostras de água para determinação dos parâmetros foram coletadas através do amostrador DH-48 (medição a VAU). Os parâmetros selecionados foram: temperatura da água (Temp.), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), verificados *in lócus*, utilizando equipamentos portáteis com sonda específica para cada parâmetro (FIG. 3 A, B e C).

**Figura 3-** Medições de parâmetros *in- locu*.



Medição de Temp. e Ph

Medição de OD

Medição de CE

Fonte: Arquivo Pessoal (2013)

As concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), sólidos dissolvidos totais (SDT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e coliformes termotolerantes, foram determinadas a partir das coletas de amostras de água, conduzidas,



adequadamente condicionadas, para análises nos laboratórios de hidrologia e de qualidade de água do CCTA/UFCG, seguindo as recomendações de APHA, AWWA e WEF (1998), e Stand Methods. A TAB. 1 especifica o método de análise utilizado para os parâmetros acima descritos.

**Tabela 1-** Parâmetros e métodos de análise utilizados.

<b>Análises Laboratoriais</b>	
<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>
Nitrogênio (N)	Espectrofotometria
Fósforo (P)	Espectrofotometria
DBO	DBO <sub>5, 20</sub>
SDT	Condutivímetro de Bancada
Coliformes Termotolerantes	Tubos Múltiplos

Fonte: Autoria Própria.

Para avaliar os resultados obtidos foram considerados os valores dos parâmetros de qualidade da água referentes à análise físico-química e bacteriológicas com parâmetros utilizados pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005. Os resultados das análises foram enquadrados segundo a recomendação Agência Nacional de Águas - ANA (2009) em classes de qualidade das águas, por meio do cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA) adaptado. Para a determinação do IQA foram selecionados 8 parâmetros, com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, conforme TAB. 2.

**Tabela 2-** Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.

<b>Parâmetro de Qualidade da água</b>	<b>Peso (w)</b>
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	0,10
Temperatura da Água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Sólidos dissolvidos totais	0,08

Fonte: Adaptado de ANA (2009).

O IQA é obtido por meio da Equação 1, que representa o produtório ponderado das qualidades da água correspondentes a cada parâmetro selecionado, quais sejam: OD, DBO<sub>5,20</sub>, pH, Nitrogênio, Fósforo, Temperatura, SDT e Coliformes termotolerantes.

$$IQA = \prod q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

IQA- Índice de qualidade das águas, variando de 0 a 100;

$q_i$ - qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, variando de 0 a 100, obtido pela variação da curva média de qualidade da água;

$w_i$ - peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, variando de 0 a 1.

O resultado do IQA para águas naturais, obtido pela Equação 1, pode ser enquadrado nas seguintes categorias, conforme TAB. 3.

**Tabela 3-** Categorias de qualidade das águas segundo o resultado do IQA.

<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Boa	$70 < IQA \leq 90$
Regular	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Péssima	$0 \leq IQA \leq 25$

Fonte: Adaptado de ANA (2009).

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS E ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

#### 3.3.1 Análise e Espacialização de Dados para Elaboração de Mapas Temáticos

Os SIG's constituem uma importante ferramenta para gestão territorial, principalmente na caracterização das paisagens e na análise de escalas, padrões e processos relacionados com os fenômenos ambientais, podendo ser aplicado em programas de planejamento, proteção, recuperação e no monitoramento ambiental.

A análise e a integração dos mapas temáticos foi realizada a partir da sobreposição dos dados no SIG gvSig 1.12. Os indicadores socioambientais foram selecionados com base na análise multicriterial e inseridos no SIG. Os indicadores priorizados foram: densidade da população, padrões de uso e ocupação do solo e presença de áreas verdes na bacia. A partir dos cruzamentos das informações obtidas, buscou-se identificar as áreas de maior concentração de atividades e características condicionantes a geração de impactos ambientais, em especial sobre os recursos hídricos, definidas neste estudo como áreas ambientalmente críticas na bacia. O nível de fragilidade ambiental das áreas foi classificado em: Pouco Crítico, Crítico e Muito Crítico, seguindo os critérios de decisão apontados na TAB. 4.

**Tabela 4-** Parâmetros selecionados no enquadramento das áreas.

<b>Parâmetros de Decisão – Áreas pouco críticas</b>	
Densidade Demográfica	Baixa e média baixa
Padrão de uso e ocupação do solo	Matas e / ou florestas
Cobertura vegetal	Savana estépica florestada
<b>Parâmetros de Decisão – Áreas críticas</b>	
Densidade Demográfica	Média
Padrão de uso e ocupação do solo	Lavouras + e/ou florestas Mata e/ou floresta + Pastagem Pastagem + outras coberturas e usos
Cobertura vegetal	Savana estépica arborizada
<b>Parâmetros de Decisão – Áreas muito críticas</b>	
Densidade Demográfica	Média Alta e Alta
Padrão de uso e ocupação do solo	Estabelecimentos agropecuários Lavouras Lavouras e/ou Pastagens Pastagens Uso urbano
Cobertura vegetal	Atividades agrárias

Fonte: Autoria Própria

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme proposto foi realizado levantamento de alguns indicadores socioeconômicos e de uso e ocupação dos solos nos municípios selecionados dentro da área das sub- bacias estudadas.

### 4.1 DADOS SOCIOECONÔMICOS

#### 4.1.1 População e Densidade Populacional

O estudo da população apoia-se em alguns fatores demográficos fundamentais, como a densidade demográfica que representa o comportamento dos aglomerados urbanos, definida como o número de habitantes que dividem um determinado espaço territorial (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA PIRANHAS- AÇU, 2013).

A TAB. 5 apresenta os valores de população e densidade demográfica para as sub- bacias analisadas para o ano de 2010.

**Tabela 5-** Dados de População e Densidade Demográfica.

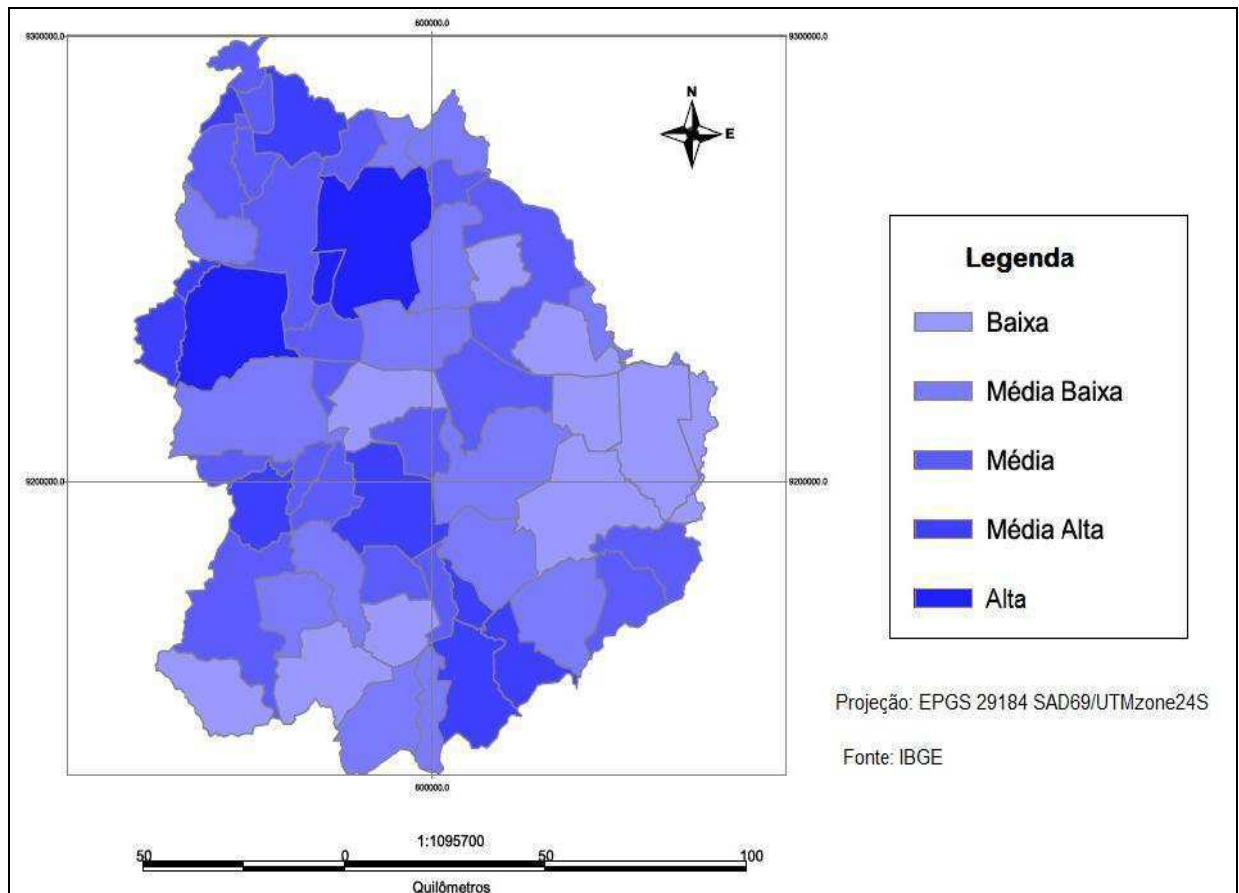
<b>Sub- bacia Hidrográfica</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Densidade Demográfica (hab/km<sup>2</sup>)</b>
Alto Piranhas	70.438	27,52
Piancó	270.229	29,43
Peixe	213.268	62,36

Fonte: Autoria Própria com base em dados do IBGE (2010)

Conforme TAB. 5 a sub- bacia do rio do Peixe possui a maior densidade demográfica média da área estudada (62,36 hab/Km<sup>2</sup>), sendo enquadrada segundo dados do IBGE (2010) na categoria Média Alta. Nela, os municípios de Sousa e Cajazeiras merecem destaque, com números elevados de densidade demográfica (120,46 e 110,85 hab/Km<sup>2</sup>, respectivamente), enquanto que, a sub- bacia do Alto Piranhas apresenta a menor densidade demográfica (27,43 hab/Km<sup>2</sup>) e enquadra-se na categoria Média Baixa, nesta mesma categoria se enquadra a sub- bacia do rio do Piancó.

A Densidade Demográfica foi quantificada com base em dados disponíveis no IBGE (2010) em 5 classes, sendo elas: Baixa (9 – 17), Média Baixa (18-30), Média (31-44), Média Alta (45-72) e Alta (73-100). A Densidade demográfica das áreas analisadas é apresentada na FIG. 4.

**Figura 4-** Mapa Temático de Densidade Demográfica.



Fonte: Autoria Própria

A concentração populacional em determinado espaço representa uma das mais significativas alterações no sistema natural, sobre todos os seus recursos ambientais, em especial sobre os recursos hídricos locais, alterando a disponibilidade da água em quantidade e qualidade. Segundo Bollmann (2003) os efeitos das aglomerações urbanas sobre os ambientes naturais são intensos e localizados. A identificação deste parâmetro juntamente com a análise das áreas visa subsidiar futuras intervenções e processos de Planejamento Ambiental.

#### 4.1.2 Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

O IDH é um importante indicador do nível de desenvolvimento de um espaço geográfico, município, estado, região ou país, por refletir condições relacionadas a educação, longevidade e renda (PNUD, 2003). A TAB. 6 apresenta os valores médios de IDH dos municípios das sub- bacias analisadas para o ano de 2010.

**Tabela 6-** Dados de IDH médios.

<b>Sub- bacia Hidrográfica</b>	<b>IDH</b>
Alto Piranhas	0,585
Piancó	0,589
Peixe	0,601

Fonte: Autoria Própria com base em dados do IBGE (2010)

Observamos que o IDH entre as sub- bacias analisadas variou de 0,585 a 0,601 para as sub- bacias do Alto Piranhas e do rio do Peixe, respectivamente. De acordo com Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2003) o IDH varia de 0 a 1, sendo que até 0,499 o IDH é considerado muito baixo, entre 0,5 e 0,599 são considerados de baixo desenvolvimento humano, entre 0,6 e 0,699 de médio desenvolvimento, de 0,7 e 0,799 de alto desenvolvimento e maior que 0,8 têm desenvolvimento humano considerado muito alto. Desta forma, de acordo com a classificação citada, pode-se considerar que as sub- bacias do Alto Piranhas e Piancó apresentam baixo índice de desenvolvimento humano, enquanto que a sub- bacia do rio do Peixe apresenta médio índice de desenvolvimento humano.

#### 4.1.3 Produto Interno Bruto (PIB)

Segundo o IBGE (2010) o PIB é formado por três setores distintos: Agropecuária, Indústria e Serviços, adicionados aos Impostos gerados nos três setores. Os valores para o PIB das sub- bacias estudadas divididos por setor, quais sejam: Agropecuária, Indústria, Serviços e Impostos, para o ano de 2010 estão expostos na TAB. 7.

**Tabela 7-** Dados do PIB dividido por setor.

<b>Sub- bacia Hidrográfica</b>	<b>Agropecuário (R\$)</b>	<b>Indústria (R\$)</b>	<b>Serviços (R\$)</b>	<b>Impostos (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Alto Piranhas	19.105,00	32.434,00	218.770,00	9.638,00	279.950,00
Piancó	86.120,00	149.284,00	994.281,00	45.060,00	1.274.745,00
Peixe	53.403,00	266.145,00	1.056.619,00	125.240,00	1.501.403,00

Fonte: Autoria Própria com base em dados do IBGE (2010)

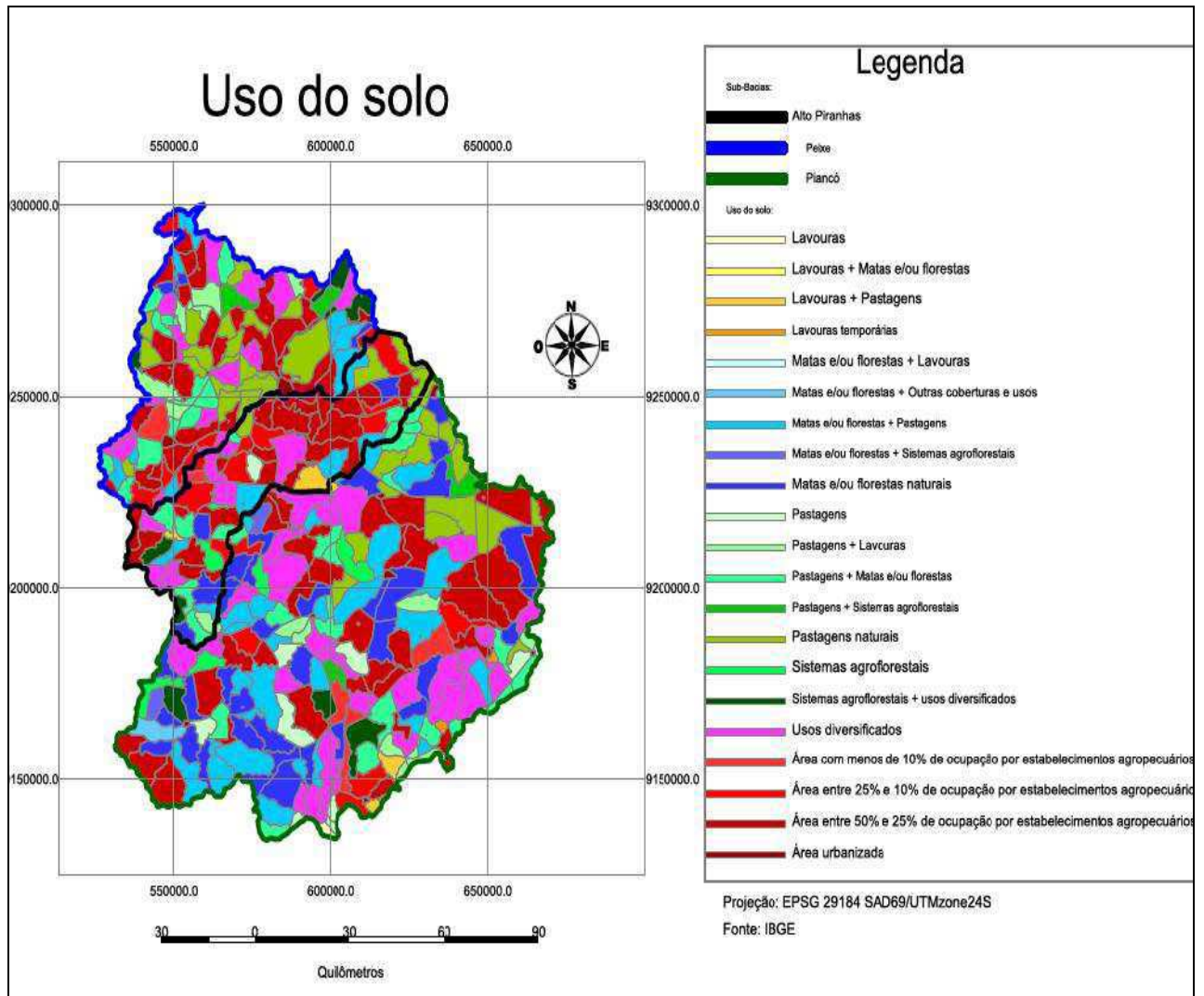
Conforme TAB. 7 o maior PIB Total é encontrado na sub- bacia do rio do Peixe, com destaque ao setor de Serviços. O município que apresenta maior PIB dentro da sub- bacia é Sousa, seguido de Cajazeiras. O menor PIB é encontrado na sub- bacia do Alto Piranhas, já na sub- bacia do rio Piancó é encontrado o maior PIB do setor Agropecuário.

Os dados apresentados expressam o cenário atual das características e atividades desenvolvidas nas sub- bacias analisadas, no que se refere a fatores como, população e suas características socioeconômicas, a análise dessas informações é de fundamental importância para a definição de políticas públicas, tomada de decisões e planejamento gestão do território em bacias hidrográficas.

#### 4.2 DADOS AMBIENTAIS

Tendo em vista o objetivo de realizar uma análise integrada ambiental da área, os dados referentes às atividades antrópicas desenvolvidas nas sub- bacias estudadas foram agrupados em grandes conjuntos de usos, cada qual compreendendo subgrupos de usos com várias unidades específicas passíveis de mapeamento, como mostra a FIG. 5. As categorias depois de identificadas foram agrupadas de acordo com os objetivos desta pesquisa em: Uso urbano, Uso agropecuário e Cobertura Vegetal Natural.

**Figura 5-** Mapa Temático de uso e ocupação do solo.



Fonte: Autoria Própria

#### 4.2.1 Uso Urbano

Nas últimas décadas tem-se observado uma tendência de intensificação do processo de urbanização em diversas regiões do planeta. Esses processos de ocupação, de modo geral, trouxeram consigo modificações substanciais no meio ambiente, principalmente, no que se refere a alterações na cobertura do solo e na qualidade dos recursos hídricos.

Este uso é representado por áreas que apresentam características de aglomeração populacional organizada na forma de cidades ou vilas (RELATÓRIO TÉCNICO- IBGE, 2009). A taxa média de urbanização na bacia do rio Piancó



Piranhas fica em torno de 72,21%. A sub- bacia do Alto Piranhas apresenta uma taxa de urbanização igual a 59,84%, enquanto que na sub- bacia do rio Piancó essa taxa corresponde a 62,84% e na sub- bacia do rio do Peixe a 67,00%. O maior centro populacional do trecho estudado é representado pela cidade de Sousa, que conta com uma população de 65.807 habitantes, outras cidades importantes são Cajazeiras e Pombal, nas sub- bacias do rio do Peixe e Piancó, respectivamente (IBGE, 2010).

A população urbana da bacia conta, em média, com bons índices de atendimento ao abastecimento de água, 96% de atendimento, no entanto, conta com baixos índices médios de cobertura por redes de coleta de esgotos, apenas 2,46%, fato que reflete os crescentes índices de comprometimento da qualidade das águas naturais no trecho estudado (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA PIRANHAS- AÇU, 2013).

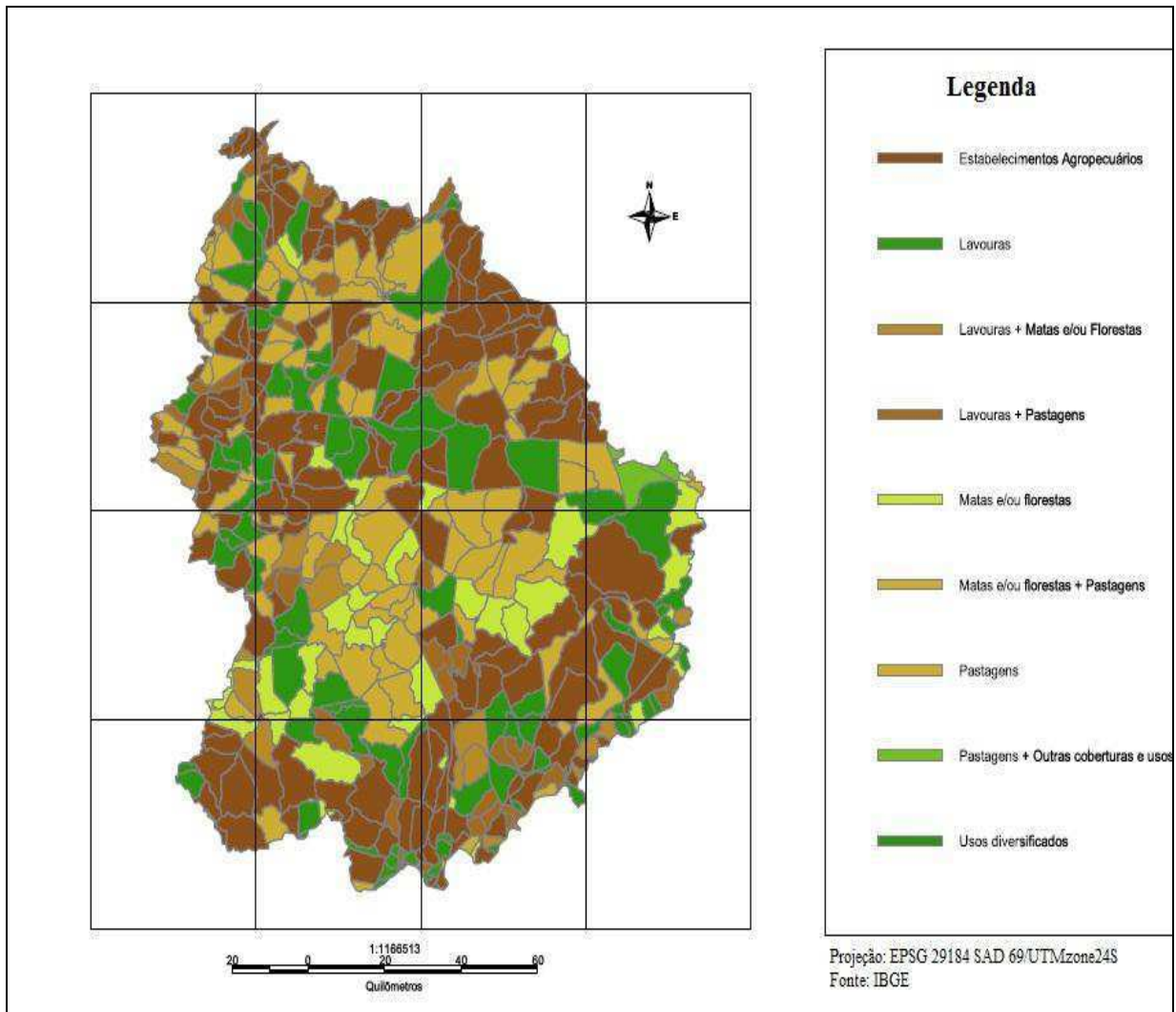
#### **4.2.2 Uso Agropecuário**

A conversão da cobertura vegetal natural por outros usos, principalmente o agropecuário, são responsáveis por expressivas alterações no ambiente natural (COSTA et, al., 2008).

Nessa categoria de uso do solo estão incluídas as áreas ocupadas com lavouras temporárias, permanentes, as áreas com pastagens e as áreas de perímetros irrigados. Além dessas áreas existe também a pequena irrigação difusa que é praticada às margens dos açudes e vales perenizados, onde se cultiva, principalmente, gêneros alimentícios e pastagens. A principal atividade econômica da região consiste na agropecuária, onde se destaca a pequena agricultura de subsistência de feijão, milho consorciado e a pecuária extensiva, com a criação de bovinos e caprinos para a produção de carne e leite, além da criação de asininos para a montaria.

As áreas enquadradas nesta categoria, com área destinada a estabelecimentos agropecuários, lavouras e pastagens são apresentadas na FIG. 6.

**Figura 6-** Mapa Temático de áreas ocupadas por Agropecuária



Fonte: Autoria Própria

#### 4.2.2.1 Agrícola

As lavouras temporárias, que tem seu ciclo no período inferior a um ano, abrangem os cultivos de arroz, batata-doce, cebola, fava, feijão, girassol, mamona, mandioca, melancia, milho, sorgo e tomate. A sub- bacia do rio Piancó se destaca entre as demais, pela maior área destinada à cultura temporária, principalmente, ao cultivo de arroz e milho. Os municípios mais produtores deste trecho são os municípios de Emas, Olho d' Água e Itaporanga (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA PIRANHAS- AÇU, 2013).

Dentre as lavouras permanentes, destacam-se a produção de algodão arbóreo, banana e coco-da-baía. Nessa categoria a sub- bacia do rio do Peixe se destaca

entre as demais. Segundo o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piranhas- Açu o município que mais contribui com o índice de área plantada da sub- bacia é Sousa, com destaque a produção de coco-da-baía. As propriedades destinadas a esse fim, diferentemente das destinadas a culturas temporárias, apresentam porte um pouco maior, sendo consideradas de médio porte, variando de 10 até 50 ha.

#### **4.2.2.2 Pecuária**

Nessa categoria de uso do solo se destaca a sub- bacia do rio Piancó, em número de propriedades destinadas a criação de animais. O maior município produtor em área é Conceição com cerca de 40 hectares de área destinada ao cultivo de animais e em número de propriedades destaca-se o município de Tavares com 880 propriedades cultivando animais (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA PIRANHAS- AÇU, 2013).

Vale destacar que, a atividade pecuarista quando desenvolvida sem o manejo adequado pode ocasionar uma série de impactos ao meio ambiente. Adese (2011) destaca que a criação de caprinos, embora seja, uma possibilidade para a economia produtiva local, pode trazer vários aspectos negativos, em relação ao meio ambiente, podendo chegar até a acelerar processos de desertificação em áreas susceptíveis, além disso, a criação intensiva de animais, especialmente gado, é grande consumidora dos recursos hídricos disponíveis, além da água para dessedentação, pode-se computar água para higiene dos animais.

Desta forma, tem-se que o cenário atual em relação à agropecuária nas sub-bacias analisadas é predominantemente pautado em criação de animais e áreas destinadas a lavoura temporária onde estas absorvem, em sua maioria, a mão de obra familiar, instaladas em propriedades de pequeno porte, e áreas destinadas a lavoura permanente localizadas em propriedades de pequeno e médio porte, esse tipo de atividade apresenta uma maior tecnologia aplicada a agricultura e ciclos produtivos mais longos, em sua maioria na sub- bacia do rio Piancó.

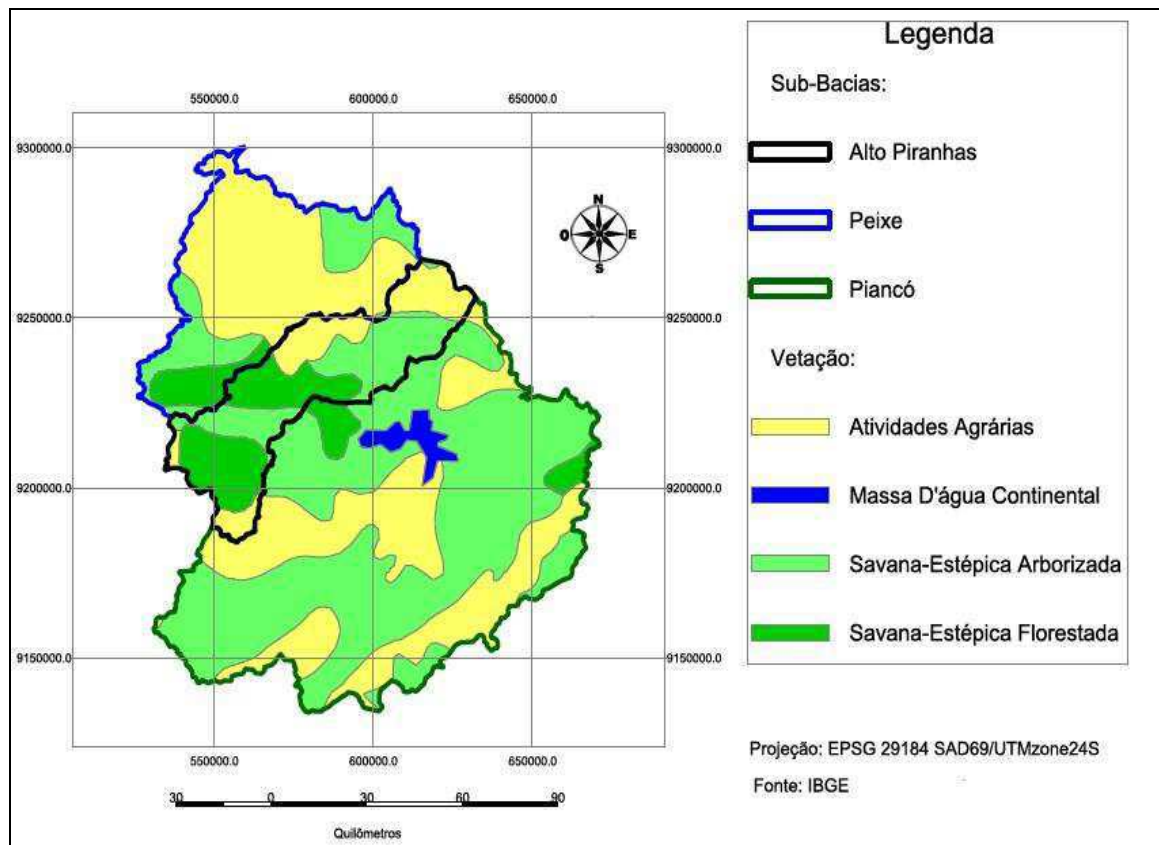
#### **4.2.3 Coberturas de Vegetação Natural**

Nessa categoria de uso solo são destacadas as áreas onde são detectadas formas de coberturas do solo, com vegetação natural ou regenerada. A cobertura vegetal predominante na área é a caatinga hiperxerófila herbáceo-arbustiva, em

pontos de altitude mais elevada, ocorre à caatinga hipoxerófila, de porte arbóreo. A cobertura vegetal da bacia em sua maior parte se encontra bastante antropizada em decorrência, principalmente, da abertura de áreas para exploração agrícola e principalmente pela exploração de lenha como fonte energética para olarias, panificadoras e uso doméstico. Além da perda de biodiversidade, a remoção da vegetação sem critérios de manejo, expõe o solo à ação erosiva das chuvas provocando o transporte de sedimentos para os corpos hídricos (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU, 2014).

A retirada da vegetação natural do solo nessas áreas pode desencadear uma série de processos que, isolados ou em conjunto, impactam o meio ambiente, atingindo diversos fatores ambientais. Além da perda de biodiversidade, a remoção da vegetação sem critérios de manejo, expõe o solo à ação erosiva das chuvas provocando o transporte de partículas para os corpos hídricos, alterando assim as características naturais destes. A área ocupada por vegetação natural e por atividades agrícolas é apresentada na FIG. 7.

**Figura 7-** Mapa Temático de cobertura vegetal.



Fonte: Autoria Própria

### 4.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Em relação à medição dos parâmetros de qualidade da água na área de estudo, foram realizados, 17 campanhas de medição, onde as variáveis analisadas e os valores correspondentes estão descritos conforme TAB.8.

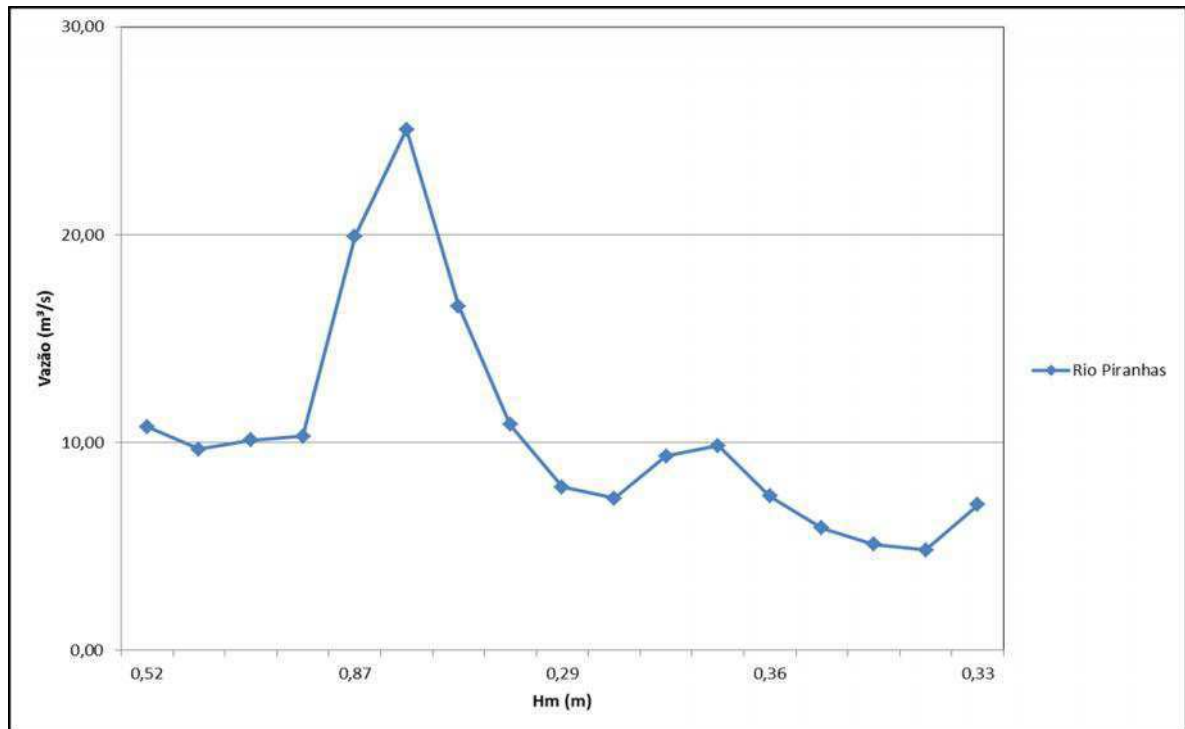
**Tabela 8-** Dados dos parâmetros de qualidade da água analisados e IQA.

Campanhas	H (m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Temp. ar (°C)	Temp. água (°C)	pH	CE (µS/cm)	SDT (ppm)	N (mg/L)	P(mg/L)	OD (mg/L)	DBO <sub>5,20</sub>	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	IQA
21/11/12	0,52	10,76	35,4	28,4	7,54	373,1	135,8	0,15	0,013	4,5	0,4	480	74
26/12/12	0,46	9,68	37,2	27,1	8,57	364,3	136,3	0,04	0,0015	5,8	1,9	390	74
31/01/13	0,48	10,12	36,8	27,2	7,98	309,7	136,1	0,1	0,0083	4,9	0,9	430	74
28/02/13	0,49	10,3	37,5	29,9	8,35	335,6	160,9	0,05	0,0027	7,1	3,4	430	76
19/03/13	0,87	19,93	32,1	28,3	6,98	204,0	101,9	0,26	0,019	7,7	4,1	1200	73
22/03/13	1	25,06	32,8	28,9	9,2	290,4	144,9	0,37	0,026	6,7	2,9	1600	64
26/03/13	0,79	16,57	32	28,7	8,8	241,3	160,4	0,098	0,0174	5,3	1,3	930	67
30/03/13	0,34	10,86	31,9	29,2	8,23	249,3	122,9	0,087	0,012	5,5	1,5	480	73
02/04/13	0,29	7,85	32,6	29	7,9	245,9	124	0,1066	0,018	6,4	2,6	250	77
15/04/13	0,44	7,31	31	30,2	7,58	291,0	141,6	0,1197	0,0088	5,2	1,2	200	77
25/04/13	0,43	9,35	37,3	30,2	7,61	263,4	135,4	0,125	0,0095	6,8	3,05	380	78
14/05/13	0,57	9,84	31,5	29,6	7,48	290,3	136,3	0,244	0,018	5,8	1,9	400	75
17/05/13	0,36	7,43	32,6	27,2	7,46	298,8	137,7	0,13	0,015	4,5	0,4	210	73
27/05/13	0,3	5,88	26,3	27,6	7,59	275,9	136,7	0,488	0,013	5,1	1,1	36	80
11/06/13	0,26	5,1	28	27	7,66	304,7	139,7	0,13	0,0071	5,2	1,3	36	81
16/07/13	0,26	4,84	32,3	27,1	7,3	287,0	140,1	0,258	0,0055	6,4	2,5	91	81
13/08/13	0,33	7	25,9	26,8	7,2	255,2	141,3	0,276	0,009	4,1	2,5	150	72
<b>Média</b>	<b>0,48</b>	<b>10,46</b>	<b>32,5</b>	<b>28,4</b>	<b>7,84</b>	<b>287</b>	<b>137,2</b>	<b>0,18</b>	<b>0,012</b>	<b>5,7</b>	<b>1,9</b>	<b>450</b>	<b>74</b>

Fonte: Autoria Própria

#### 4.3.1 Vazão (Q)

Em estudos qualitativos a vazão é um parâmetro de suma importância para o entendimento do comportamento dos demais parâmetros analisados. Neste estudo a vazão apresentou valor médio de 10,46 m<sup>3</sup>/s, o valor mínimo registrado foi de 4,84 m<sup>3</sup>/s e o máximo registrado foi de 25,06 m<sup>3</sup>/s, portanto a amplitude dos dados observados foi de 20,22 m<sup>3</sup>/s. No GRAF.1 é apresentado a variação da vazão (Q) durante o período de observação.

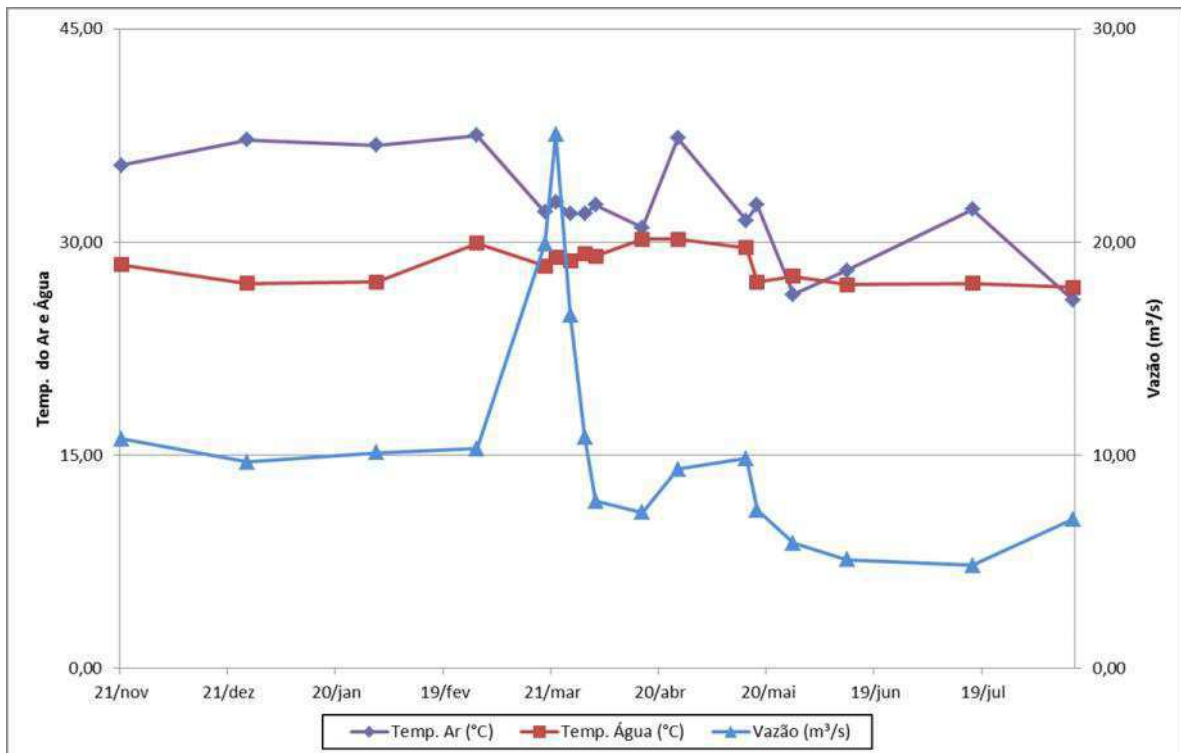
**Gráfico 1- Variação da vazão (Q) durante o período observado**

Fonte: Autoria Própria

#### 4.3.2 Temperatura do Ar e da Água (Tem. Ar/ Tem. Água)

Parâmetro físico da água que é considerado uma característica muito importante no meio aquático, uma vez que, condiciona o controle de uma série de outros parâmetros. O aumento de temperatura intensifica a decomposição da matéria orgânica e acelera o metabolismo microbiano, sendo, portanto, um fator de desoxigenação da água. Este quando associado ao fator de diminuição da solubilidade do oxigênio pode tornar o meio impróprio para a sobrevivência dos peixes (CETESB, 2012), além de que os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior.

A variação sazonal da temperatura do ar e da água, ao longo das campanhas de medição pode ser observada no GRAF.2.

**Gráfico 2-** Variação da Temperatura do ar, da água e da vazão (Q)

Fonte: Autoria Própria

Durante as campanhas de medição, a temperatura do ar e da água apresentaram valores médios de 32,54 °C e 28,37 °C, respectivamente, de modo geral, as temperaturas do ar e da água não apresentaram variações significativas, principalmente pelo fato de as campanhas de amostragens serem realizadas todas em um horário comum, junto ao período da manhã. Com valor mínimo registrado de 25,9 °C e 26,8 °C e máximo de 37,5 °C e 30,2 °C, respectivamente, a amplitude dos dados observados foi de 11,6 °C para a temperatura do ar e 3,4 °C para a temperatura da água.

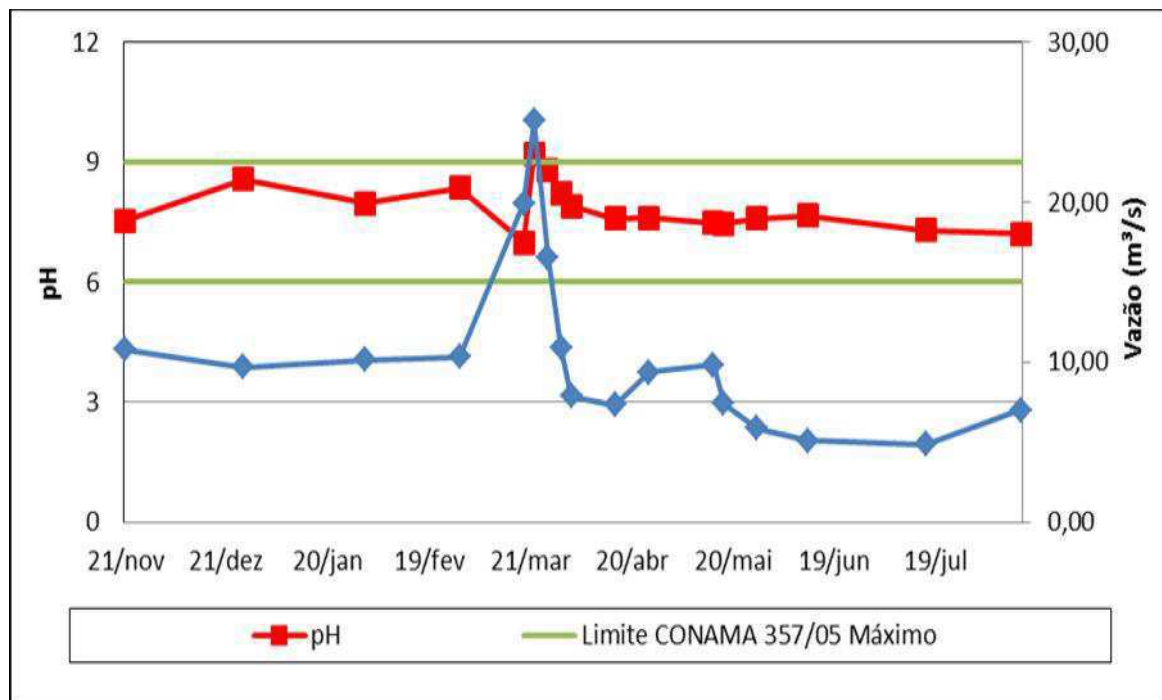
#### 4.3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é o parâmetro químico da água que expressa a atividade ou concentração do íon hidrogênio, influenciando assim na dinâmica dos ecossistemas aquáticos naturais. É considerado um parâmetro de equilíbrio dos sistemas químicos e biológicos das águas naturais (NORONHA et, al., 2010). Em águas superficiais o pH é influenciado por vários fatores, tais como, geologia da região e por possíveis

focos de poluição, como: lançamento de efluentes domésticos, agrícolas e principalmente industriais.

A variação sazonal do pH, ao longo das campanhas de medição, pode ser observada no GRAF. 3.

**Gráfico 3-** Variação do pH e da vazão (Q)



Fonte: Autoria Própria

Durante as campanhas de medição o pH apresentou valor médio de 7,85, os valores de pH se mantiveram, de modo geral, constantes, em uma faixa próxima a neutralidade, com exceção das campanhas referentes ao mês de março, onde o valor do pH foi máximo, ultrapassando inclusive o limite máximo de 9 preconizado na Resolução do CONAMA nº 357/2005. O mínimo registrado foi de 7,2 e máximo de 9,2, portanto a amplitude dos dados observados foi de 2.

De acordo com Libânio (2005), águas naturais de superfície apresentam pH entre 6,0 e 8,5, considerado por ele, um intervalo ótimo para a manutenção da vida aquática. Em três campanhas o pH ultrapassou este intervalo, em 26 de dezembro, 22 de março e 26 de março, respectivamente.

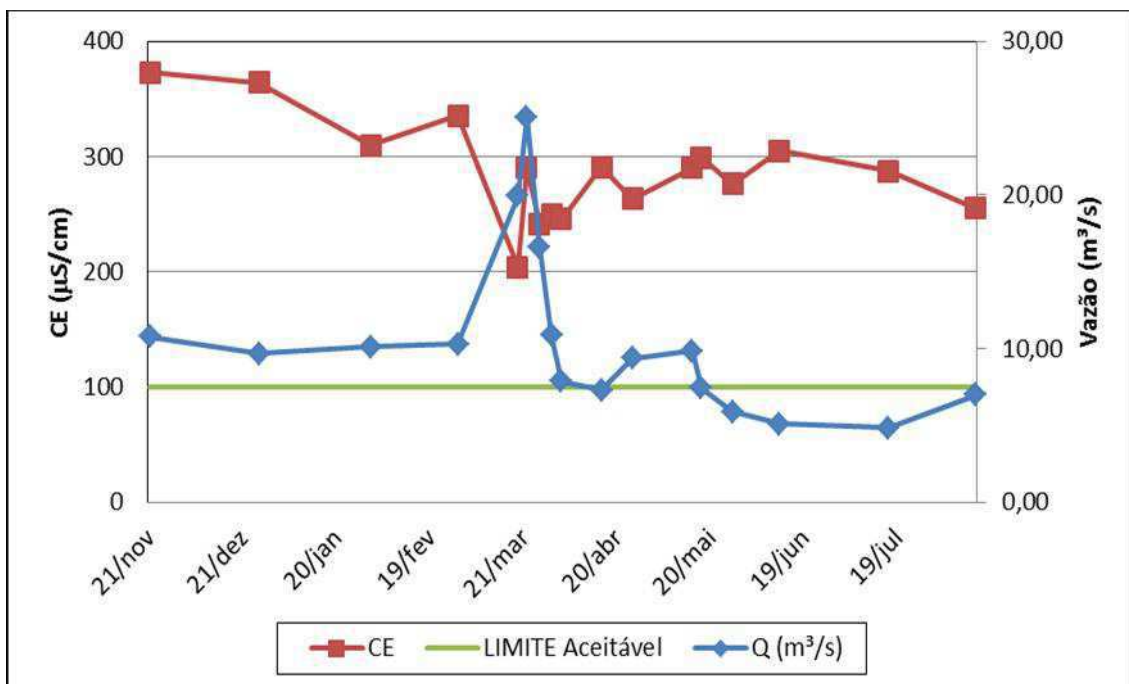


#### 4.3.4 Condutividade Elétrica (CE)

A CE é o parâmetro químico da água que se refere à capacidade que uma solução aquosa tem de conduzir corrente elétrica. A condutividade das águas naturais é depende das suas concentrações iônicas, especialmente no que se refere a sua composição mineral, íons como: cálcio, sódio, potássio, magnésio, carbonato, cloretos, dentre outros. No entanto, o valor da condutividade não fornece informações precisas no que se refere às quantidades relativas de seus vários componentes.

A variação sazonal da condutividade elétrica da água, ao longo das campanhas de medição, pode ser observada no GRAF. 4.

**Gráfico 4-** Variação da Condutividade elétrica (CE) e da vazão (Q)



Fonte: Autoria Própria

Durante as campanhas de medição a condutividade elétrica apresentou valor médio de  $287\mu\text{S}/\text{cm}$ , o mínimo registrado foi de  $204\mu\text{S}/\text{cm}$  e o máximo de  $373,1\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os valores de condutividade elétrica, não são determináveis pela Resolução do CONAMA nº 357/05 para águas de classe 2, porém em geral, quando esses valores excederem  $100\text{ S cm}^{-1}$  deve-se verificar fatores como lançamento de esgotos

domésticos e o adicionamento de corretivos e fertilizantes ao solo (ISMAEL et al., 2012).

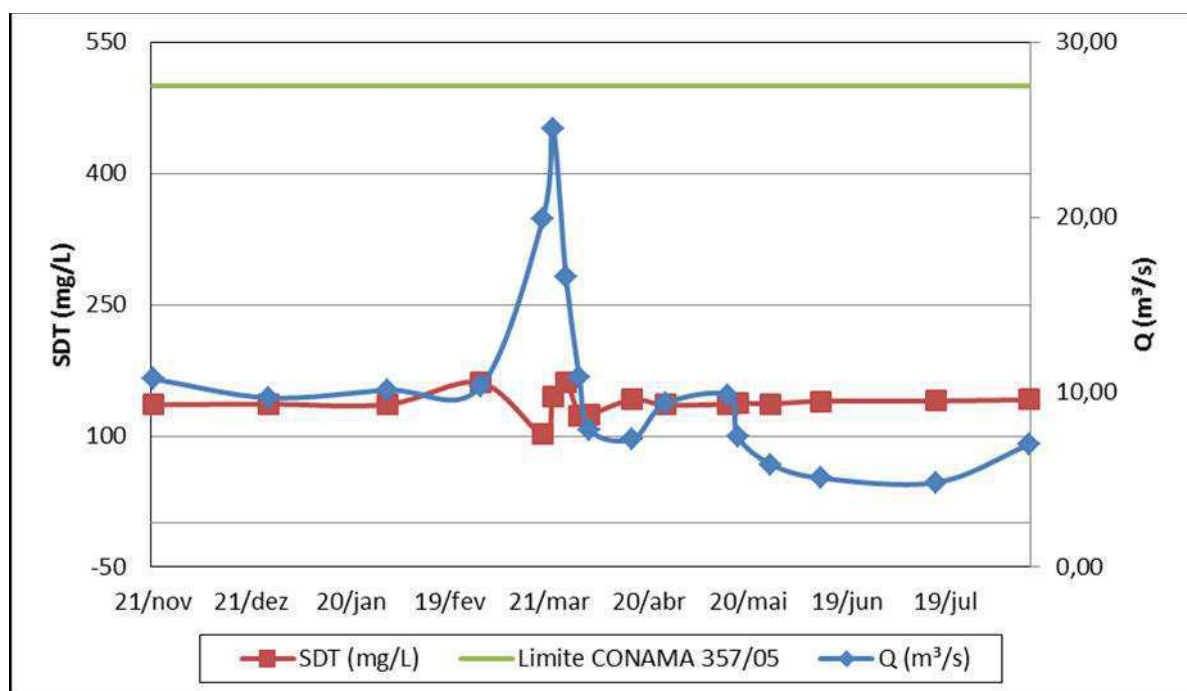
Desta forma, os valores observados são considerados altos e refletem a elevada quantidade de íons em solução. Estes valores podem ser atribuídos à atividade agrícola exercida na região, por meio da aplicação de fertilizantes químicos juntamente ao manejo inadequado dos solos que favorece o escoamento superficial e com isso parte dos insumos adicionados na fase de preparo dos solos, acaba por ser carregado para os cursos d'água (ALVES, 2009).

#### 4.3.5 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

O teor de SDT relaciona-se com a CE, que por sua vez, relaciona-se com a presença de íons presentes na água. Os componentes primários que contribuem para a concentração de sólidos totais dissolvidos são os sais de cálcio, magnésio, sódio, cloro, bicarbonato e enxofre.

A variação sazonal de SDT, ao longo das campanhas de medição, pode ser observada no GRAF. 5.

**Gráfico 5-** Variação do teor de Sólidos dissolvidos totais (SDT) e da vazão (Q)



Fonte: Autoria Própria

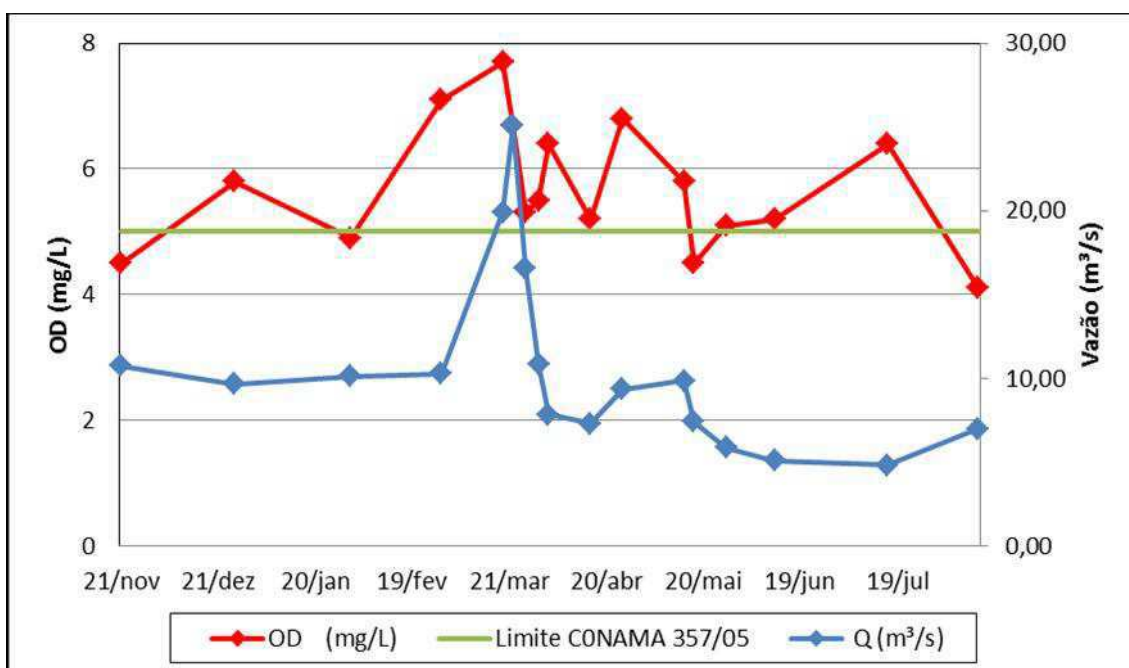
Durante as campanhas de medição o SDT apresentou valor médio de 137 ppm, os valores de SDT se mantiveram, de modo geral, constantes, com exceção de um valor referente a campanha realizada em março, onde o SDT apresentou comportamento contrário ao acréscimo de vazão, o mínimo registrado de 101,9 ppm e máximo de 160,0 ppm, portanto a amplitude dos dados foi de 59 ppm.

#### 4.3.6 Oxigênio Dissolvido (OD)

O teor de OD constitui um dos principais parâmetros hidrológicos de avaliação da qualidade das águas e de possíveis impactos ambientais, tais como, eutrofização e poluição orgânica (LIRA, 2008), sendo de fundamental importância para a manutenção dos seres aquáticos aeróbios (LIBÂNIO, 2005). Sob esse aspecto, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, enquanto que, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação.

A variação sazonal da concentração de OD, ao longo das campanhas de medição, pode ser observada no GRAF. 6.

**Gráfico 6-** Variação do Oxigênio dissolvido (OD) e da vazão (Q)



Fonte: Autoria Própria

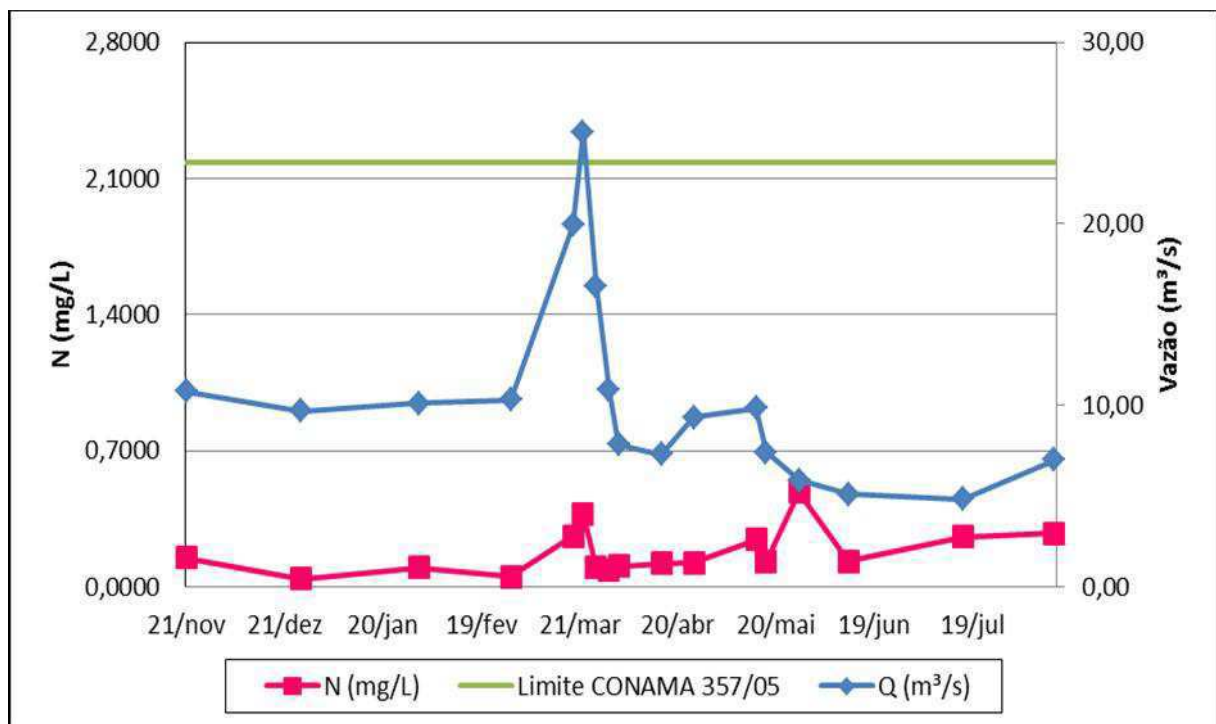
Durante as campanhas de medição o teor de OD na água analisada apresentou o valor médio de 5,7 mg/L. O mínimo registrado foi de 4,1 mg/L, valor este que se encontra abaixo do valor mínimo de 5 mg/L estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 357/2005 para rios classe 2, o máximo observado foi de 7,7 mg/L, portanto a amplitude dos dados foi de 3,6 mg/l.

#### 4.3.7 Nitrogênio (N) e Fósforo Total (P)

O nitrogênio e o fósforo são nutrientes essenciais ao desenvolvimento de plantas aquáticas e constituem alguns dos principais nutrientes para os processos biológicos, chamados macro-nutrientes. Por outro lado, concentrações excessivas destes nutrientes conduzem a processos de eutrofização das águas naturais.

A variação sazonal das concentrações de nitrogênio e fósforo, e sua relação com a vazão, ao longo das campanhas de medição, podem ser observadas nos GRAF.7 e 8.

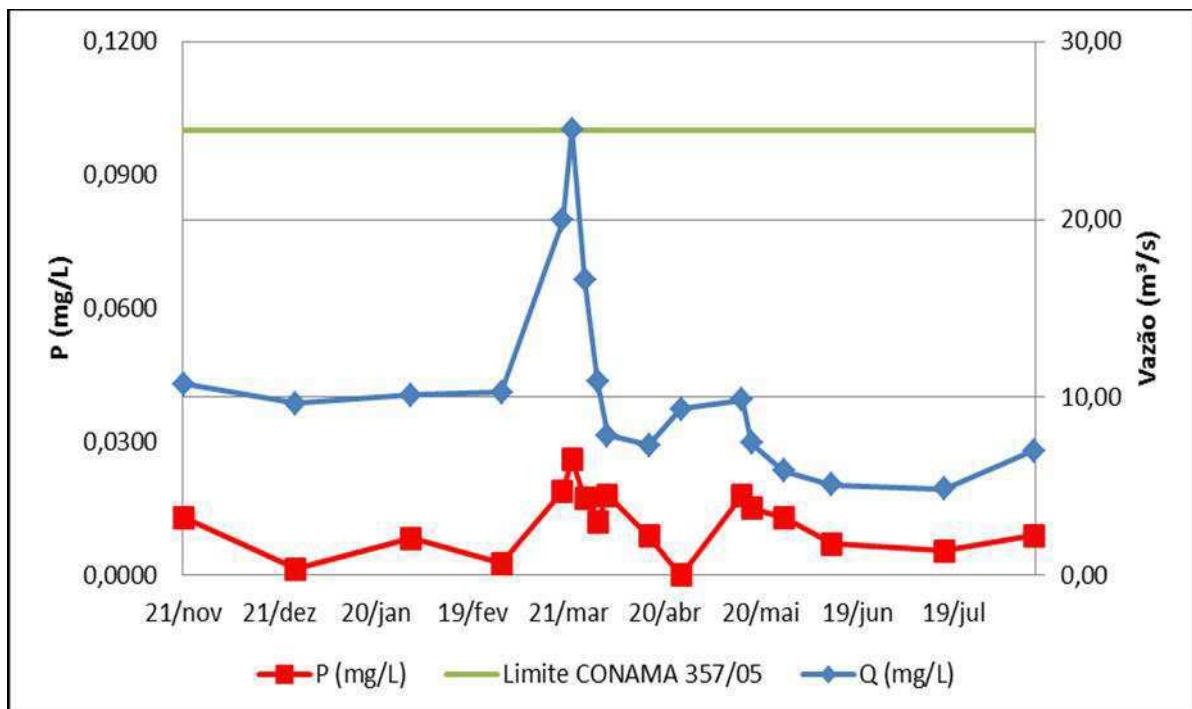
**Gráfico 7-** Variação da Vazão e concentração de Nitrogênio (N) em mg/L



Fonte: Autoria Própria

Durante as campanhas de medição as concentrações de nitrogênio e fósforo apresentaram valor médio de 0,18 mg/L e 0,012 mg/L, respectivamente, o mínimo registrado de 0,04 mg/L e 0,0015 mg/L e máximo de 0,488 mg/L e 0,026 mg/L, respectivamente. Os valores máximos de nitrogênio e fósforo coincidiram com os máximos valores das vazões, 19,93 m<sup>3</sup>/s e 25,06 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, ambas observadas no mês de março de 2013. Portanto, a amplitude dos dados observados foi de 0,448 mg/L para nitrogênio e 0,025 mg/L para fósforo.

**Gráfico 8-** Variação da Vazão e concentração de Fósforo (P) em mg/L



Fonte: Autoria Própria

Ao longo do curso do rio, sabe-se que há uma grande atividade econômica em torno da agricultura e pecuária. Dessa forma, as fontes de nitrogênio e fósforo podem estar relacionadas a excrementos de animais e/ou fertilizantes utilizados nas plantações. Outro fator que pode estar relacionado às concentrações de nitrogênio e fósforo refere-se às descargas de efluentes sanitários oriundas das atividades domésticas, tais como, detergentes e a própria matéria fecal, que aceleram o crescimento de micro e macro organismos fotossintetizadores, podendo conduzir a processos de eutrofização.

Soares et al., (2007) realizando estudo no canal Água Cristal encontrou valores de fósforo total que excederam o limite de 0,1 mg/L estabelecido pela Resolução do CONAMA n° 357/2005 e segundo os autores, os elevados níveis de fósforo se devem ao lançamento de efluentes domésticos.

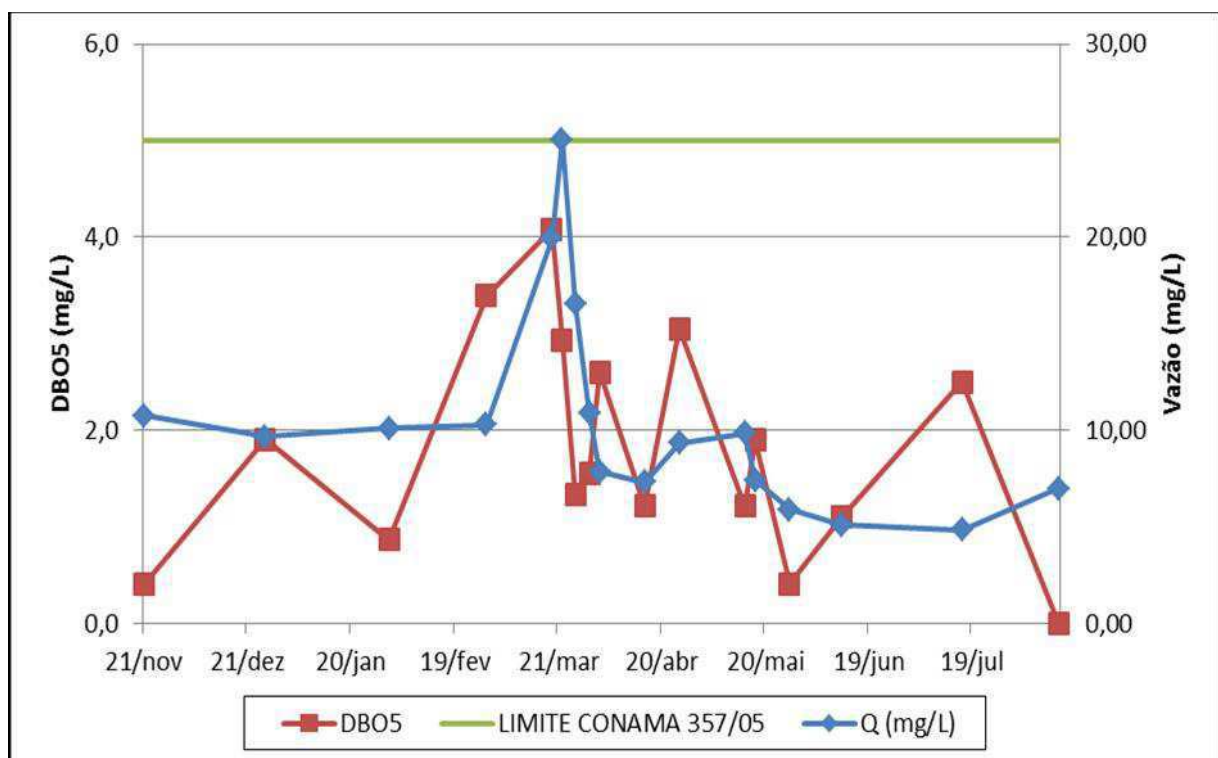
#### 4.3.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO pode ser expressa como a quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica decomposta aerobiamente por via biológica (MOTA, 1997).

Desta forma, este parâmetro é amplamente utilizado para inferir acerca da poluição produzida por matéria orgânica, que corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microrganismos aeróbios, na oxidação biológica, quando mantidos a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional (VON SPERLING, 1996).

Entende-se então, que quanto maior a DBO maior o grau de poluição das águas (ALVES, 2009). A variação sazonal da DBO, ao longo das campanhas de medição, pode ser observada no GRAF. 9.

**Gráfico 9-** Variação da DBO e da vazão (Q)



Fonte: Autoria Própria

Durante as campanhas de medição a DBO apresentou valor médio de 1,9 mg/L, o mínimo registrado de 0,4 mg/L e máximo de 4,1 mg/L, com amplitude de dados observados de 3,7 mg/l. Desta forma, em nenhuma das campanhas de medição a DBO ultrapassou o limite estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 357/2005 de 5 mg/L. Isto pode indicar boa capacidade de autodepuração do trecho analisado.

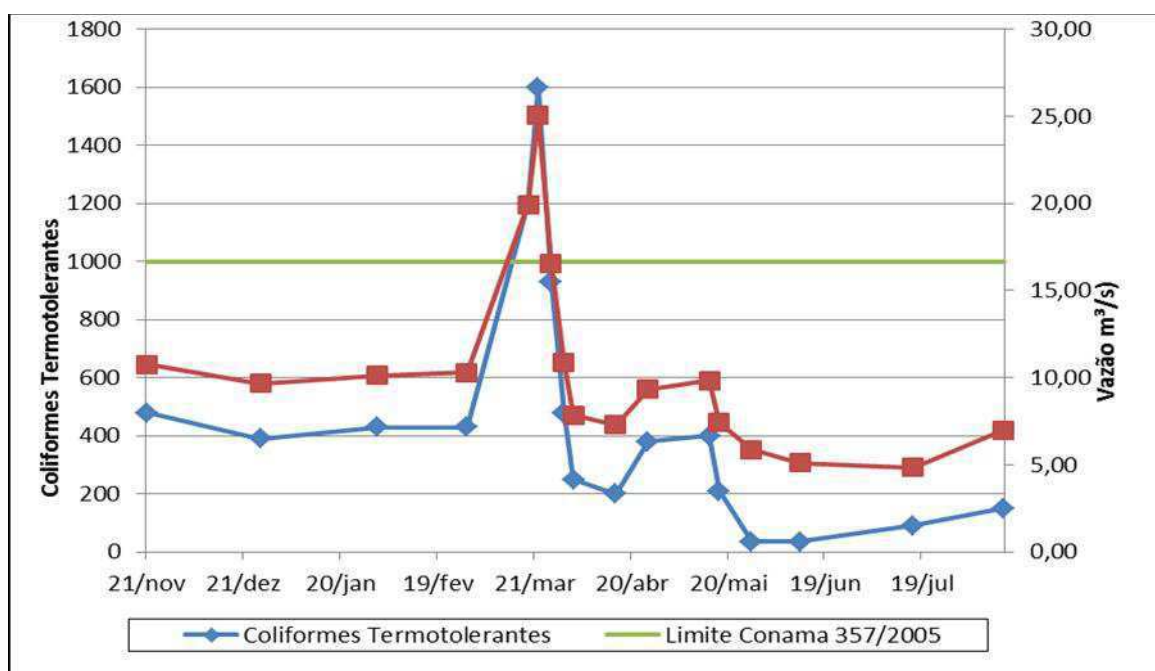
#### 4.3.9 Coliformes Termotolerantes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (ALVES, 2009).

A determinação da concentração dos coliformes termotolerantes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de micro-organismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

A variação sazonal da concentração de coliformes termotolerantes, ao longo das campanhas de medição, pode ser observada no GRAF. 10.

**Gráfico 10-** Variação da concentração de coliformes termotolerantes e da vazão



Fonte: Autoria Própria



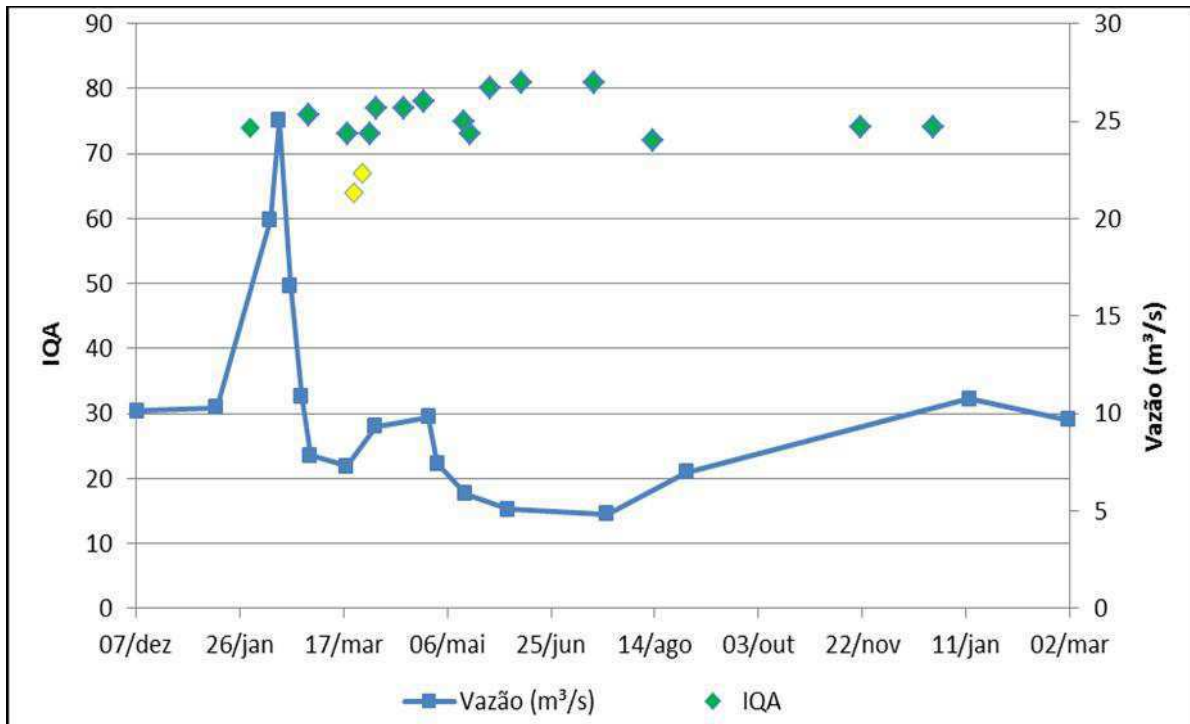
O GRAF. 10 mostra a variação da concentração de coliformes termotolerantes e sua estreita relação com a vazão, pode-se observar que as maiores concentrações foram apresentadas em concordância com os maiores valores de vazão e o mesmo ocorre com os menores valores. Os valores máximos encontrados para coliformes foram de 1200NMP/100ml e 1600 NMP/100ml referente as amostragens realizadas em 22 e 26 de março, respectivamente, estes valores ultrapassaram o limite de 1000 NMP/100 ml estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 357/2005 para rios de classe 2. Este comportamento máximo pode ser atribuído ao início de um curto e intenso período chuvoso ocorrido, onde se observa um pico de vazão, nesta situação geralmente ocorre a alteração dos principais parâmetros de qualidade da água pelo aporte de nutrientes e sedimentos carregados para o curso d'água. De acordo com Crabill et al. (1999) citado em Alves (2009) as concentrações de coliformes termotolerantes podem variar com o revolvimento do sedimento do rio, com alterações do terreno e com a vazão.

#### **4.3.10 Índice de Qualidade da água (IQA)**

O IQA é amplamente utilizado para representar a qualidade de uma água natural, por meio da análise da variação de parâmetros previamente selecionados. O IQA pode ser considerado como uma ferramenta facilitadora de interpretação geral de certo grau de poluição das águas. A variação temporal do IQA, ao longo das campanhas de medição, pode ser observada no GRAF. 11.

Observou-se que o IQA variou entre Regular e Bom. Os menores valores de IQA, 64 e 67, enquadrados em Regular, segundo metodologia adotada (adaptada da CETESB, 2013) corresponderam as amostragens realizadas no mês de março de 2013, dias 22 e 26, respectivamente, estas amostragens coincidiram com o período onde ocorreram as maiores vazões, o que podemos atribuir ao fato de nesse período ocorreram eventos chuvosos significativos, desta forma ocorreu a lavagem da superfície do solo carregando materiais como nutrientes e sedimentos para o curso d'água.



**Gráfico 11- Variação do IQA e da vazão**

Fonte: Autoria Própria

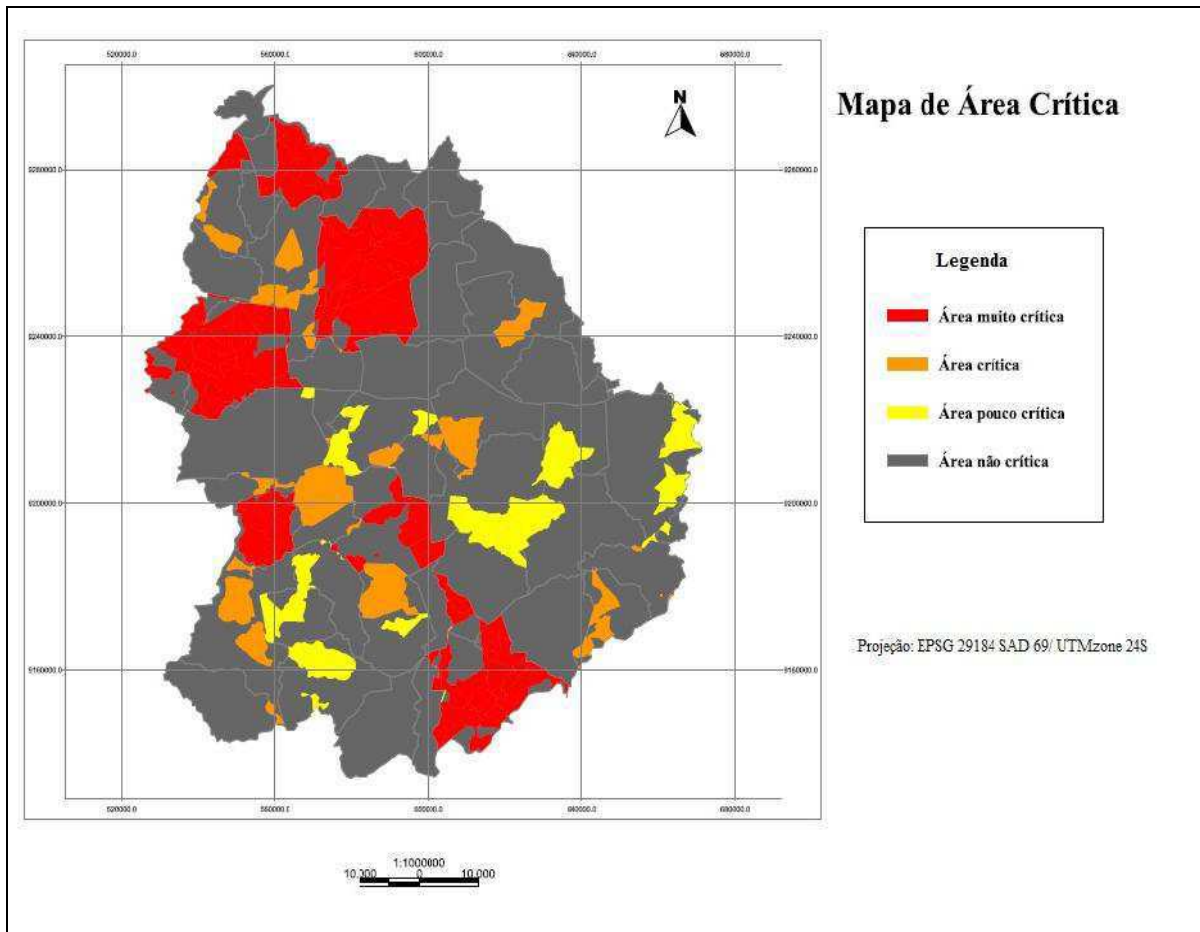
Entre os parâmetros que apresentaram certo nível de comprometimento estão, principalmente, pH, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes.

#### 4.4 ANÁLISE INTEGRADA DAS ÁREAS

A análise integrada das áreas permitiu identificar a fragilidade do sistema ambiental frente a determinadas pressões antrópicas exercidas em toda a extensão da bacia. O nível de fragilidade ambiental das áreas foi classificado em: Pouco Crítico, Crítico e Muito Crítico.

As áreas enquadradas na categoria Não Críticas são as áreas que não apresentaram relação de criticidade dentro dos parâmetros e limites selecionados. A FIG. 8 apresenta o Mapa temático de Identificação de Áreas Críticas para a área de estudo, conforme classificação proposta.

**Figura 8-** Mapa Temático de identificação de áreas críticas.



Fonte: Autoria Própria (2014)

Pode-se observar na FIG. 8 que em toda a extensão da bacia são identificadas áreas críticas, com diferentes níveis de fragilidade ambiental, sendo em maior extensão as áreas consideradas Muito Críticas, totalizando uma área de 2.667,52 km<sup>2</sup>, que representa 18% da área total. Estas áreas estão presentes em maior proporção na sub- bacia do rio do Peixe, totalizando 42% da sua área, isto se deve, provavelmente a acentuada taxa de urbanização da sub- bacia, a sua densidade populacional aliado às más condições de Saneamento Ambiental. Na sub- bacia do Alto Piranhas as áreas Muito Críticas ocupam 20% da sua área, já na sub- bacia do rio Piancó essas áreas ocupam 7%. As áreas consideradas Críticas estão presentes de forma irregular em toda área, totalizando 955,5 km<sup>2</sup>, que representa 7% da área total. Na sub- bacia do rio do Peixe as áreas consideradas Críticas ocupam 4% da sua área, já na sub- bacia do Alto Piranhas ocupam 5% e

7% na sub- bacia do rio Piencó. As áreas consideradas Pouco Críticas apresentam área de 948,4 km<sup>2</sup>, que representa 6,22% da área total. Essas áreas são mais localizadas na sub- bacia do rio Piencó, bacia essencialmente agropecuária, onde essas áreas ocupam cerca de 9% do seu território, já na sub- bacia do Alto Piranhas as áreas Pouco Críticas ocupam 4% da sua área e na sub- bacia do rio do Peixe não foram identificadas áreas nesta categoria.

Ao realizar a análise integrada ambiental das áreas, a pesquisa evidencia que a bacia do rio Piencó Piranhas, com ênfase nos recursos hídricos das sub- bacias do rio do Peixe, Piencó e Alto Piranhas têm sofrido com a pressão antrópica observada em seu interior, sinais de degradação da qualidade dos recursos ambientais, em especial dos recursos hídricos, já são evidentes. Essa análise é extremamente importante no Planejamento Ambiental, possibilitando a identificação de áreas onde uma dada atividade humana tem maior potencial de causar impactos ambientais, além de identificar quais fatores ou atividades humanas são mais impactantes aos recursos ambientais, sobretudo aos recursos hídricos. As áreas consideradas Muito Críticas e Críticas devem ser prioritárias quando da implantação de Programas de Planejamento e Planos de intervenção, visando à redução das fontes de pressão antrópica e melhoria da qualidade ambiental dessas áreas.

## 5. CONCLUSÕES

- Na análise integrada ambiental das áreas, constatou-se que a bacia do rio Piancó Piranhas, com ênfase nos recursos hídricos das sub- bacias do rio do Peixe, Piancó e Alto Piranhas têm sofrido com a pressão antrópica observada em seu interior, de forma mais evidente quando relacionada às áreas com acentuadas taxas de urbanização e densidade demográfica, e em menor proporção no que se refere às áreas onde são desenvolvidas atividades agropecuárias.
- Observou-se a alteração da qualidade da água na ocorrência dos primeiros eventos chuvosos, acentuadamente nas campanhas referentes ao mês de março, dias 22 e 26, respectivamente, os parâmetros que apresentaram certo nível de comprometimento foram pH, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes.
- Com a elaboração e o cruzamento dos dados temáticos foi possível constatar espacialmente a existência de áreas ambientalmente críticas na bacia analisada. As áreas consideradas Muito Críticas totalizaram uma área de 2.667,52 km<sup>2</sup>, que representa 18% da área total. Estas áreas estão na sua maior parte presentes na sub- bacia do rio do Peixe, representando 42 % da sua área.
- Estas áreas devem ser prioritárias quando da implantação de Programas de Planejamento e Planos de intervenção, com o objetivo principal da melhoria da qualidade ambiental da área e a redução de impactos negativos sobre os recursos hídricos existentes.
- Recomenda-se a ampliação da análise dos aspectos envolvidos no modelo multicriterial, bem como, a inserção de outros aspectos não aqui abordados, como: físico-territoriais e jurídico-institucionais. Por fim, espera-se que este trabalho sirva de base para futuras pesquisas na área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESE - Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó. **Diagnóstico da Bacia Leiteira do Território do Seridó / RN**, Caicó-RN, 2011, 156 p.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. **Relatório final do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba**. João Pessoa: SECTEMA/AESA, 2006.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas – Açu**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/comites/piranhasacu/>>. Acessado em 28 de julho de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Indicadores de Qualidade – Índices de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/>>. Acessado em 18 de março de 2014.

ALVES, E. C. R. F. **Monitoramento Quali- Quantitativo da Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó – MT**: Uma ferramenta para implementação da Gestão Participativa dos Recursos Hídricos. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater**. American Public Health Association, Washington, 1998.

BARTRAM, J., & BALANCE, R. **Water quality monitoring- a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. UNEP and WHO, Geneva, 1996.

BENINI, R.M. **Cenários de ocupação urbana e seus impactos no ciclo hidrológico na bacia do Córrego do Mineirinho**. Ciências da Engenharia Ambiental. Dissertação de Mestrado apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), São Carlos-SP, 2005.

BOLLMANN, H. A., **Relação da densidade populacional sobre variáveis de qualidade físico-químicas das águas superficiais em micro bacias hidrográficas urbanas sem cobertura sanitária em Porto Alegre – RS**. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 17 mar. 2005.

CHAPMAN, D. **Water quality assessment**, D. Chapman (ed.) on behalf of UNESCO, WHO and UNEP, Chapman & Hall, London, 1992.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**, São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1999.

COIMBRA, R.M. **Monitoramento da qualidade da água**. In: Hidrologia Ambiental. (PORTO, R.L.L, org.). ABRH. São Paulo: EDUSP, 411p, 1991.

Comitê da bacia hidrográfica do Rio Piancó – Piranhas – Açú. **A bacia**. Disponível em: <http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/site/a-bacia/>. Acessado em 20 de fevereiro de 2014.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB; Agência Nacional de Águas – ANA. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos**. 2011.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB: **Qualidade da água**. Disponível em: <[http:// www.CETESB.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp](http://www.CETESB.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp)>. Acessado em 21 de março de 2012.

COSTA, T. C. C.; FIDALGO, E. C. C.; UZEDA, M. C.; ZARONI, M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P.. **Um indicador de Vulnerabilidade para sub- bacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro**. Revista Geografia. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. Vol. 17, n. 2. 2008.

Fernández Gondolo, G. C. **Desafios de um sistema complexo a Gestão Ambiental da Bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo**. Anna Blume Editora, 162 p, 1999.

FREITAS, M.A.V.de, (Org.). **O Estado das águas no Brasil**. Brasília: ANA, 2003.

FREITAS, J. P.; SOUZA, S. P.; FREITAS, F. E.; MEDEIROS, M. C. S.; SILVA NETO, M. F.. **Gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-açu no Estado da Paraíba**. Âmbito Jurídico, Rio Grande, XV, n. 96, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em 28 de julho de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Uso da Terra e a Gestão do Território no Estado do Acre** – Relatório Técnico. Rio de Janeiro. 2009.

ISMAEL, L. L., SOUSA, T. M. I., QUEIROZ, M. M. F.. **Estudo do aporte e transporte de nutrientes no rio Piranhas-PB**. Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa, Paraíba. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEADATA. **Dados regionais: Agropecuária**. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>. Acessado em 18 de julho de 2013.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

LIRA, J. B. M. **Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife- Pernambuco, Brasil**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Tecnologia de Pernambuco, 2008.

MOTA, S. **Introdução À Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

NORONHA, T. J. M., SILVA, H. K.P., DUARTE, M. M. M. B. **Avaliação dos impactos antrópicos e a qualidade da água do Estuário do Rio Timbó, Pernambuco, Brasil**. CIENTEC- Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE - Ano II, nº 1, 2010.

NOVOTNY, V. **Difuse pollution from agriculture**. Water Science and Technology, v.39, n.3, p.1-13, 1999.

OUYANG, Y., NKEDI-KIZZA, P., WU, Q. T., SHINDE, D., & HUANG, C. H. **Assessment of seasonal variations in surface water quality**. Water Research, 40, 3800–3810, 2006.

**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA PIRNHAS- AÇU**. Relatório Parcial: RP- 03- Diagnóstico da Bacia do Rio Piranhas- Açú. 2013.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – 2003**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/arquivos/faq-atlas2013.pdf>. Acessado em 10 de fevereiro de 2014.

QUILBÉ, R.; ROUSSEAU, A. N.; DUCHEMIN, M.; POULIN, A.; GANBBAZO, G.; VILLENEUVE; J.P. **Selecting a calculation method to estimate sediment and nutrient loads in streams: Application to the Beaurivage River** (Québec, Canada). Journal of Hydrology. 326, 295-310, 2006.

RANDHIR, T.O. and HAWES, A.G. **Watershed land use and aquatic ecosystem response:** Ecohydrologic approach to conservation policy. *Journal of Hydrology*, 364: 182-199, 2009.

SARGAONKAR, R., & DESHPANDE, V. **Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context.** *Environmental Monitoring and Assessment*, 89, 43–67, 2003.

SEBASTIAN, J. I., & CHRISTOPHER, S. C. **Recent water quality trends in the Schuylkill River, Pennsylvania, USA:** A preliminary assessment of the relative influences of climate, river discharge and suburban development. *Water Research*, 37, 1737–1748, 2003.

SKOULIKIDIS, N. TH., AMAXIDIS, Y., BERTAHAS, I., LASCHOU, S., & GRITZALIS, K. **Analysis of factors driving stream water composition and synthesis of management tools:** a case study on small/medium Greek catchments. *Science of the Total Environment*, 362, 205–241, 2006.

SOARES, P. F. **Projeto e avaliação de desempenho de redes de monitoramento de qualidade da água utilizando o conceito de entropia.** Tese de Doutorado apresentada a Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 211p, 2001.

SOARES, J. M. S. SANTOS, A. N. dos; PEREIRA, H. K. S. MIRANDA, M. V. T.; QUEIROS Jr., A. J. **Monitoramento Quali-Quantitativo de corpo d'água Urbano da Bacia Hidrográfica do Una, como instrumento de avaliação de estações de tratamento de esgoto, município de Belém/PA.** Anais do 24<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, Belo Horizonte, 2007.

VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBAN, L. **Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis.** *Water Res.*, 32, 12 p., 1998.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.** 2 ed. Minas Gerais: UFMG: DESA, 243p. 1996.