



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**

**UFRN**  
**CT**  
**PPgES**

**DIÓGENES SANTOS DE SENA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA**  
**DO RIO PITIMBU**

Natal  
2008

**DIÓGENES SANTOS DE SENA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA  
DO RIO PITIMBU**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos

Natal

2008

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede.

Sena, Diógenes Santos de.

Avaliação da Qualidade da Água do rio Pitimbu / Diógenes Santos de Sena – Natal [RN], 2008.

129 f.

Orientador: Arthur Mattos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Tratamento de água – Dissertação. 2. Qualidade da água – Rio Pitimbu – Natal (RN) – Dissertação. 3. Recursos Hídricos – Dissertação. I. Mattos, Arthur. II. Título.

DIÓGENES SANTOS DE SENA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA  
DO RIO PITIMBU**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Arthur Mattos – Orientador

---

Dr. Antônio Marrozzi Righetto – Examinador UFRN

---

Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo – Examinador Externo UFPE

Natal, 05 de Maio de 2008

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que por Sua Graça me concedeu esta oportunidade e Seu favor me concedeu esta Vitória!

À minha mãe, Jacira Maria dos Santos de Sena, pelos seus cuidados e amor, que me mostra como é bom ter uma família!

A meu pai, Raimundo Bernardino de Sena (*in Memoriam*), que ensinou a coragem de enfrentar a vida tal como ela é! Obrigado por tudo!

Ao meu irmão, Demóstenes Santos de Sena, que por seu exemplo de batalhas e conquistas, me anima a caminhar em frente!

À minha namorada, Ivone da Silva Martins, que faz a diferença na minha vida!

Ao meu orientador, Dr. Arthur Mattos, pelo seu apoio, aconselhamento e amizade!

A todos meus amigos por sua companhia e incentivo.

Aos companheiros de Mestrado Carlos Magno, Eulina Maria, Fernanda Lima, Flaviane de Oliveira, Francisco Rafael Joelson Kayto, Igor Cruz, Luciano Rebello, Pedro Alves, Prisciliana Nobre, Victor Móises de Araújo Medeiros e Thaise Emmanuele.

Aos funcionários do PPgES: a secretária Leonor, a estagiária Carina, aos técnicos de laboratório Sandro e Amacel e ao Motorista Francisco de Assis.

A Paula Ângela, Diretora da Gerência da Qualidade do produto do Meio da CAERN pelo fornecimento de dados de qualidade do Rio Pitimbu realizada por este órgão.

A Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte, na pessoa da Dr. Joana D'Arc F. Medeiros, pela disponibilização do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Ao Instituto de Gestão de Águas do Rio Grande do Norte, nas pessoas de Cybelle Frazão Costa Braga, Gláucia R. L. Xavier Costa e Selma Maria da Silva, pela disponibilização de informações preciosas para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária (PPgES) pela amizade e pelos conhecimentos repassados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de estudo.

A todos de perto ou longe que fizeram parte na concretização desta dissertação.

## RESUMO

A bacia do rio Pitimbu é motivo de preocupação, pois esta é umas das principais fontes de água doce para o abastecimento da cidade de Natal. As águas do rio Pitimbu deságuam na lagoa do Jiqui, sendo a principal alimentadora desta lagoa, que abastece 16% da população da cidade de Natal e existe maior importância ainda que o abastecimento de parcela da cidade de Natal é feito misturando-se as águas subterrâneas com a água proveniente da lagoa do Jiqui, sendo esta usada para a diluição as águas de poços contaminados com o nitrato.

Ao lado da importância do rio Pitimbu existe uma forte pressão de ocupação de suas margens em função do crescimento urbano tornando ainda mais crítica a situação e aumentando a necessidade do gerenciamento do uso e ocupação do solo e controle da poluição tanto pontual, quanto difuso.

Existem diversos estudos a respeito do rio Pitimbu, porém eles se resumem a alguns meses ou outras vezes em poucos anos, este trabalho, reúne essas informações aumentando a amplitude e possibilitando uma avaliação do comportamento da água num período mais estendido para a avaliação das violações dos valores das variáveis de qualidade de água quanto aos padrões, comportamento geral das variáveis quanto à distribuição de frequência, de tendência central e medidas de dispersão, como o coeficiente de variação e assimetria e o coeficiente de determinação de algumas variáveis sobre outras. Este trabalho avalia as condições da qualidade da água do Rio Pitimbu analisando trinta e cinco (35) variáveis físico-químicos e biológicas em oito (8) pontos do curso d'água no período de 1993 até 2007.

Diante desse quadro, o conhecimento das condições de qualidade de água obtido neste trabalho é um forte subsídio para o gerenciamento do uso e ocupação do solo considerando a bacia hidrográfica como unidade territorial de gerenciamento e como a água é um bem de domínio público sendo o uso humano prioritário é necessário garantir à atual e às futuras gerações recursos hídricos disponíveis em padrões de qualidade adequadas conforme as normas estabelecidas e identificando possíveis geradores da poluição através de análise estatística.

**Palavras-chave:** Qualidade de água, Rio Pitimbu, Recursos Hídricos.

## ABSTRACT

The Pitimbu River Basin is concern reason, therefore this is one of the mains freshwater sources for the Natal city supplying. The Pitimbu waters river flow into Jiqui pond, as the main supplier of this, that supplies 16% of Natal population and there is a bigger importance despite the supplying of a parcel of Natal city made joining underground waters with the water proceeding from the Jiqui pond, being used for dilution waters of contaminated wells with nitrate.

Even with the importance of the Pitimbu, there is a strong pressure of occupation of its edge according to a critical urban growth, becoming the situation worse and increasing the necessity of management of the use and occupation of the ground and keeping the control of the prompt pollution, as punctual as diffuse.

There are many studies about Pitimbu River Basin, however they summarize themselves to some months or even in a few years. This work, that gathers these information, increasing the amplitude and making possible an evaluation of the attitude of the water in a period extended for an evaluation of values of variable quality of water referring to the standards, that usually happens about the variable frequency distribution, central tendency and measures of dispersion, as the coefficient of variation, coefficient of skewness and the coefficient of determination of certain variable on another one. This work to evaluates the quality conditions of the Pitimbu river waters by analyzing thirty five (35) variables Physical, chemical and biological in eight (8) points of water course since 1993 to 2007.

Given this situation, all knowledge about the waters quality conditions obtained in this work, is a strong subsidy for management of use and ground occupation, considering the river basin as territorial unit of management, and as the water is public good domain, being a priority human use, It is necessary to guarantee to current and the future generations available water resources in appropriate standards of quality as the established standard and identifying possible reasons of pollution through statistics analysis.

**Key-words:** Water Quality, Pitimbu River, Water Resources.

## LISTA DE ABREVIATURAS

BHRP .....	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu
CAERN .....	Companhia de águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
CATRE .....	Centro integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
CE .....	Condutividade elétrica
CEFET/RN .....	Centro Federal de Ensino Tecnológico do Rio Grande do Norte
CF .....	Coliformes fecais
CIA/RN .....	Centro Industrial Avançado do Rio Grande do Norte
CONAMA .....	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT .....	Coliformes totais
DBO .....	Demanda bioquímica de Oxigênio
DQO .....	Demanda Química de Oxigênio
ECOPLAM .....	Empresa de Consultoria e Planejamento Ambiental Ltda.
EDTA.....	Ácido Etilneo-diamino-tetracético
EIA.....	Estudo de Impacto Ambiental
EMATER .....	Instituto de Assistência técnica e extensão rural
EMPARN .....	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
FEBEM .....	Fundação Estadual de Bem-Estar do Menor
FLS .....	Ponto de amostragem Fazenda Lagoa Seca
FNO .....	Ponto de amostragem Fazenda Nordestão
FOM .....	Ponto de amostragem Fazenda Olavo Montenegro
FUNPEC .....	Fundação Norte-Riograndense de pesquisa e cultura
GPS .....	Sistema de Posicionamento Global
GTZ .....	Empresa pública de Cooperação Técnica Alemã
K <sub>1</sub> .....	Coeficiente de desoxigenação
K <sub>2</sub> .....	Coeficiente de reaeração

K<sub>b</sub>..... Coeficiente de decaimento bacteriano  
IDEMA/RN ..... Instituto de Defesa do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte  
IGDG ..... Índice Geoquímico de distribuição Geométrica  
INPASA ..... Indústria de Papéis S.A.  
IPT ..... Instituto de Pesquisa e Tecnologia  
IQA ..... Índice de Qualidade da água  
JINPASA ..... Ponto de amostragem à jusante da INPASA  
LAM ..... Ponto de amostragem Fazenda Lamarão  
MVE ..... Ponto de amostragem na Comunidade Moita Verde  
OD..... Oxigênio dissolvido  
PD ..... Plano Diretor Municipal  
PERH/RN .....Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte  
pH ..... Potencial hidrogeniônico  
PVE ..... Ponto de amostragem na Comunidade Ponte Velha  
PVI .....Ponto de amostragem na Comunidade Passagem do Vigário  
RIMA ..... Relatório de Impacto Ambiental  
SAAE ..... Serviço Autônomo de água e esgotos  
SEMA ..... Secretara de Meio Ambiente do Estado de São Paulo  
SERHID/RN ..... Secretária de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte  
SITEL ..... Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais  
ST ..... Sólidos totais  
STD ..... Sólidos totais dissolvidos  
UFRN ..... Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
ZEE .....Zoneamento Ecológico-Econômico  
ZPA ..... Zona de Proteção Ambiental

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Drenagem das águas da bacia do rio Pitimbu .....	16
Figura 2 – Mapa de uso e ocupação da bacia do rio Pitimbu/RN .....	27
Figura 3 – Localização do Centro Industrial Avançado .....	29
Figura 4 – Zonas de Proteção Ambiental do município de Natal, a unidade de conservação ambiental do município de Parnamirim e a Faixa de proteção Ambiental determinado pela Legislação do Rio Grande do Norte .....	32
Figura 5 – Faixas de Proteção Ambiental da bacia do rio Pitimbu .....	35
Figura 6 – Mapa das isoeitas anuais para a bacia do rio Pitimbu .....	38
Figura 7 – Mapa geológico da bacia do rio Pitimbu .....	41
Figura 8 – Mapa geológico e seção .....	42
Figura 9 – Perfil longitudinal do leito principal do rio Pitimbu, sentido nascente-foz .....	43
Figura 10 – Modelo Digital do Terreno da bacia do rio Pitimbu .....	43
Figura 11 – Perfis transversais de alguns trechos do rio Pitimbu .....	44
Figura 12 – Mapa potenciométrico e comportamento do fluxo subterrâneo do sistema Aquífero Dunas Barreiras na Zona Sul da cidade de Natal .....	46
Figura 13 – Mapa de condutividade elétrica do Aquífero Barreiras no setor Oriental da bacia do rio Pirangi .....	47
Figura 14 – Esquema dos pontos de campo para coleta de água .....	49
Figura 15 – Localização dos pontos de amostragem estudadas na bacia do rio Pitimbu .....	54
Figura 16 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) dos sólidos totais dissolvidos nos pontos de montante a jusante .....	59
Figura 17 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) dos sólidos totais nos pontos de montante a jusante .....	60
Figura 18 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) da alcalinidade de bicarbonato nos pontos de estudo de montante a jusante .....	60
Figura 19 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) de condutividade elétrica nos pontos de estudo de montante a jusante .....	61
Figura 20 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do cálcio nos pontos de montante a jusante .....	62
Figura 21 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do magnésio nos pontos de estudo de montante a jusante .....	62
Figura 22 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do cloreto nos pontos de estudo de montante a jusante .....	63
Figura 23 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do sódio nos pontos de estudo de montante a jusante .....	64
Figura 24 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do potássio nos pontos de estudo de montante a jusante .....	64
Figura 25 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do sulfato nos pontos de estudo de montante a jusante .....	65
Figura 26 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do ferro nos pontos de montante a jusante .....	66
Figura 27 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) da temperatura nos pontos de estudo de montante a jusante .....	66
Figura 28 - Box plot (mediana, quartis e valores extremos) da dureza total nos pontos de estudo de montante a jusante .....	67

Figura 29 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do pH nos pontos de estudo de montante a jusante .....	67
Figura 30 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) da cor nos pontos de estudo de montante a jusante .....	68
Figura 31 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) da turbidez nos pontos de estudo de montante a jusante .....	69
Figura 32 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do oxigênio dissolvido nos pontos de estudo de montante a jusante .....	69
Figura 33 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de estudo de montante a jusante .....	70
Figura 34 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) da demanda química de oxigênio nos pontos de estudo de montante a jusante .....	70
Figura 35 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) dos coliformes fecais nos pontos de estudo de montante a jusante .....	71
Figura 36 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) dos coliformes totais nos pontos de estudo de montante a jusante .....	71
Figura 37 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do fósforo total nos pontos de estudo de montante a jusante .....	72
Figura 38 – Box plot (mediana, quartis e valores extremos) do fosfato nos pontos de estudo de montante a jusante .....	72
Figura 39 – Diagrama de dispersão entre condutividade elétrica e sólido totais dissolvidos .....	78
Figura 40 – Diagrama de dispersão entre sólidos totais dissolvidos e sólidos totais .....	79
Figura 41 – Diagrama de dispersão entre Demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio .....	79
Figura 42 – Diagrama de dispersão entre coliformes fecais e coliformes totais .....	80

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indústrias presentes no CIA, suas atividades e os tipos de tratamento dos efluentes industriais .....	11
Quadro 2 – Parâmetros de carga gerada por unidade natural padrão .....	14
Quadro 3 – Parâmetros de carga gerada pela água de drenagem .....	15
Quadro 4 – Parâmetros de carga gerada por unidade de produção agrícola padrão .....	18
Quadro 5 – Associação entre usos da água e os requisitos de qualidade .....	21
Quadro 6 – Características das impurezas presentes na água bruta .....	22
Quadro 7 – Caracterização das variáveis climáticas da bacia do rio Pitimbu .....	39
Quadro 8 – Pontos de amostragem para metais pesados e algumas outras variáveis .....	48
Quadro 9 – Equipamentos utilizados na determinação da qualidade da água .....	52
Quadro 10 – Informações sobre a localização dos pontos estudados .....	53
Quadro 11 – Comparação entre a relação do coeficiente de assimetria e erro padrão da assimetria, número de amostras e intervalo de confiança para a média para as variáveis relacionadas .....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado das variáveis de qualidade das águas de efluentes das indústrias INPASA e SIDORE .....	12
Tabela 2 – População da bacia por município servida com água e esgoto sanitário .....	13
Tabela 3 – Entrada via atmosfera (kg / km <sup>2</sup> .ano) dos íons estudados (1988-1989) .....	15
Tabela 4 – Valores máximos, mínimos e médios das variáveis químicas – Aquífero Barreiras (Região dos Vales úmidos) .....	19
Tabela 5 – Faixa de variação de valores da composição do chorume .....	20
Tabela 6 – Parâmetros de qualidade da água doce superficial .....	23
Tabela 7 – Resumo da população residente na Área da Bacia para a situação atual e projeção para o ano 2025 .....	26
Tabela 8 – Densidade demográfica por município integrante da bacia do rio Pitimbu .....	26
Tabela 9 – Cadastro de usuários da bacia do rio Pitimbu por atividades .....	26
Tabela 10 – Tipos de águas do aquífero Barreiras .....	47
Tabela 11 – Número de amostras por variável para cada estação de monitoramento .....	55
Tabela 12 – Porcentagem de violações dos valores limites dos metais pesados nas estações amostradas .....	57
Tabela 13 – Porcentagem de violações dos parâmetros das variáveis físico-químicas nas estações de monitoramento .....	58
Tabela 14 – Valores dos coeficientes de variação mínimos , máximos e médios para as variáveis e as estações .....	74
Tabela 15 – Coeficientes de determinação das variáveis influenciadoras da alcalinidade de bicarbonato e dureza total .....	76
Tabela 16 – Coeficientes de determinação da variável sólidos totais dissolvidos com as variáveis cálcio, cloreto, ferro, magnésio, potássio e sódio .....	77
Tabela 17 – Coeficientes de determinação da variável condutividade elétrica com as variáveis de cálcio, cloreto, ferro, magnésio, potássio e sódio .....	77

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	03
<b>2.1. ESTUDOS ANTERIORES</b> .....	03
<b>2.2. POLUIÇÃO</b> .....	10
<b>2.2.1. TIPOS DE POLUIÇÃO</b> .....	10
a) <i>Fontes pontuais</i> .....	10
a.1) <i>Lançamentos de resíduos industriais</i> .....	11
a.2) <i>Lançamento de esgotos sanitário</i> .....	12
b) <i>Fontes difusas</i> .....	13
b.1) <i>Deposição natural e carreamento atmosférico</i> .....	14
b.2) <i>Escoamento da água de drenagem</i> .....	15
b.3) <i>Aplicação de produtos na Agricultura e Pecuária</i> .....	17
b.4) <i>Erosão</i> .....	18
b.5) <i>Contaminação de águas subterrâneas</i> .....	18
<b>2.3. QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	21
<b>2.3.1. CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA</b> .....	22
<b>2.3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUAS SUPEFICIAIS</b> .....	22
<b>2.4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO</b> .....	25
<b>2.4.1. LEGISLAÇÃO REFERENTE AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO</b> .....	28
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	37
<b>3.1. CLIMA</b> .....	38
<b>3.2. GEOMORFOLOGIA</b> .....	39
a) <i>Tabuleiros costeiros</i> .....	39
b) <i>Vertentes</i> .....	40
c) <i>Leito recente e sub-recente</i> .....	40
d) <i>Dunas</i> .....	40
<b>3.3. FORMAÇÕES GEOLÓGICAS</b> .....	41
<b>3.4. RELEVO</b> .....	42
<b>3.5. SOLOS</b> .....	44
<b>3.6. VEGETAÇÃO</b> .....	45
<b>3.7. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b> .....	45
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	48
<b>4.1. TRABALHO DE CAMPO</b> .....	48
<b>4.2. PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS</b> .....	51
<b>4.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS</b> .....	53
<b>5. RESULTADO E DISCUSSÕES</b> .....	56
<b>5.1. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	56
<b>5.2. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS</b> .....	58
<b>5.3. MEDIDAS DE DISPERSÃO</b> .....	73
a) <i>Coefficiente de Variação</i> .....	73
b) <i>Coefficiente de Assimetria</i> .....	74
<b>5.4. MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS</b> .....	76
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	81
<b>7. SUGESTÕES DE FUTUROS TRABALHOS</b> .....	84
<b>ANEXOS</b> .....	85
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	125

## 1. INTRODUÇÃO

A água desempenha diversas funções, sendo algumas delas essenciais para a manutenção da vida. A crescente demanda de recursos hídricos associada à progressiva degradação reforça a preocupação com o controle da qualidade das fontes disponíveis. Esta preocupação assume maior proporção quando se considera a qualidade da água em mananciais utilizados para o abastecimento das populações humanas.

O rio Pitimbu apresenta-se perene na sua extensão por ser alimentado pelas águas de ressurgências do armazenamento subterrâneo em sua bacia hidrográfica, sendo proporcionada por uma regularização devida a uma compensação nas variações de precipitações. A bacia apresenta variações de vazões e deflúvio durante o ano, de modo que nos meses de junho e julho, época de maiores precipitações, apresenta um aumento de vazão e deflúvio, devido às águas das chuvas enquanto no mês de fevereiro a vazão é reduzida.

O rio Pitimbu é o principal abastecedor da lagoa do Jiqui, onde desta capta água para abastecimento humano da capital da cidade de Natal/RN. A lagoa do Jiqui, de fato, não constitui uma lagoa propriamente dita, mas um alargamento do rio Pitimbu. Essa, desde o ano de 1960, é utilizada como manancial para abastecimento público. Atualmente, a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) explora água desse manancial visando atender a demanda da população da parte sul da cidade do Natal (zonas leste, oeste e sul), que a CAERN estima o abastecimento corresponda a 16% de população da cidade de Natal.

A Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de Março de 2005 (Brasil, 2005) considera a necessidade de criação de instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos.

A Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997 (Brasil, 1997) estabelece a água como um bem de domínio público, o uso humano como prioritário e sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial de gestão. O artigo 2º discerne sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, cujo um dos objetivos é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos e o artigo 3º que constitui diretrizes gerais para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, a gestão sistemática dos recursos

hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade (§ I) e a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental (§ III). Provocando assim uma gestão integrada quantidade-qualidade dos recursos hídricos.

Diante desse quadro, a qualidade de água requer uma gestão adequada e controle dos diversos processos de poluição dentro da bacia hidrográfica. Almeja-se, neste estudo, contribuir no conhecimento da qualidade da água através de sua caracterização quanto às particularidades da bacia, as localidades e as variáveis mais críticas, influenciadas pelo uso e ocupação do solo e os tipos de poluições envolvidas.

O presente trabalho investiga as condições de qualidade de água, analisando a bacia hidrográfica quanto ao uso e ocupação do solo e a geração de poluentes e como estes se relacionam na qualidade final das águas do rio Pitimbu. Os resultados são conseguidos por análise estatística, como a distribuição de frequência, inferindo aos valores centrais, bem como a dispersão dos valores, análise descritiva e gráfica dos valores e as violações na amostragem quanto aos padrões adotados pelas normas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ESTUDOS ANTERIORES

Pereira (1993) fez levantamento da qualidade da água das Lagoas de Extremoz e do Jiqui (esta última, recebe as águas do rio Pitimbu) no período de fevereiro de 1992 a janeiro de 1993, avaliando pelo Índice de Qualidade de Água (IQA). Concluindo que, de maneira geral, se mantiveram dentro das faixas aceitáveis para o uso destinado. O IQA da lagoa do Jiqui teve classificação BOA, ACEITÁVEL-BOA no método aditivo e BOA, quanto ao método multiplicativo. Durante o período de análise a variável oxigênio dissolvido (OD) apresentou valores abaixo do valor mínimo exigido para a Classe 2. Sugere a aplicação do monitoramento do uso e ocupação do solo; análises de substâncias tóxicas e uso de indicadores biológicos para complementar o índice de qualidade de água e do sedimento de fundo.

Oliveira (1994) realizou estudo das condições gerais da qualidade da água do rio Pitimbu, avaliando os aspectos físicos, químicos e biológicos. As várias análises das amostras da água bruta permitiram concluir que pH, DBO, turbidez, cor e sólidos obedeceram aos limites impostos, pela Resolução CONAMA N° 20/86 (Brasil, 1986) (substituída pela CONAMA N° 357/05 (Brasil, 2005)), enquadrando-se na classe 2. Enquanto, o oxigênio dissolvido e coliformes totais estavam fora dos padrões estabelecidos pela norma. Utilizando o modelo de Streeter e Phelps para a simulação do balanço de oxigênio no rio Pitimbu. A determinação do coeficiente de desoxigenação  $k_1$  utilizou o Método dos Mínimos Quadrados (de Reed e Theriault), onde os valores variaram de 0,02 a 0,79 dia<sup>-1</sup>, recomendando a adoção de valores entre 0,03 e 0,30 dia<sup>-1</sup>, com um valor médio de 0,10 dia<sup>-1</sup>; o coeficiente de reaeração atmosférica obteve-se a partir da velocidade e da profundidade médias em três seções distintas ao longo do rio, com resultados no intervalo de 0,82 a 16,50 dia<sup>-1</sup> e o coeficiente de decaimento Bacteriano  $k_b$ , medido no curso d'água, foram encontrados valores entre 0,18 e 5,19 dia<sup>-1</sup>. Conclui que a DBO apresentou-se baixa em todas as amostras coletadas, indicando não estar sendo lançadas no rio Pitimbu altas cargas de matéria orgânica, sendo que este não é o único parâmetro para verificação do estado da poluição e observa acentuada redução de oxigênio entre o ponto Moita Verde e Cidade Satélite.

Melo júnior (1995) avaliou os riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas utilizadas no abastecimento de água da cidade de Natal (RN) devido às ações impactantes sobre a superfície do solo e identificar as áreas já afetadas. O estudo evidenciou os principais contaminantes e evidenciou como o mais importante envolvido é o nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Os setores de maiores densidades populacionais apresentam os maiores teores de nitrato ( $\text{NO}_3$ ), resultante da oxidação dos amoníacos provenientes da disposição local de efluentes domésticos através dos sistemas fossa-sumidouro e o autor sugere a implantação de um sistema de esgotamento sanitário eficiente, principalmente nas áreas afetadas.

Silva (1996), objetivando caracterizar as condições climáticas da Bacia do Rio Pitimbu, estudou os seguintes elementos climáticos: ventos (velocidade e direção), precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar, no período de 1984 a 1990. A partir do levantamento, análise e interpretação dos dados obtidos nas estações climatológicas do Campus da UFRN – Natal/RN, do Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo - Parnamirim/RN (CATRE) e os postos pluviométricos de Bom Jesus, São José de Mipibu e Macaíba chegou à seguinte conclusão: o clima caracteriza-se, segundo Gaussen, como Tropical do tipo Mediterrâneo Xerotérmico; segundo Köppen, como Tropical chuvoso do tipo  $\text{As}'$ ; conforme Sthaller, como clima Litorâneo, com ventos alísios; e, de acordo com a classificação de Flohn, como clima Tropical, com ventos alísios de inverno.

Nunes (1996) aplicou uma metodologia que permitiu fornecer subsídios para os processos de planejamento urbano, nos quais se recomenda que as áreas a serem mapeadas obedçam a limites geográficos (bacias hidrográficas), ou políticos (municípios) numa escala menor que 1:20.000, contribuindo, desta forma, para uma melhor utilização dos dados e informações disponibilizados pelas engenharias Civil, Sanitária e Agrícola, além de servir como base para o macrozoneamento geo-ambiental na execução do planejamento urbano e regional. Conclui que a região estudada não é favorável a qualquer tipo de uso e ocupação. Entende que, por tratar-se de uma área geograficamente homogênea, onde todos os municípios vivenciam problemas ambientais semelhantes, é necessário que haja interesse recíproco entre as prefeituras responsáveis, na perspectiva da elaboração conjunta dos planos diretores municipais (PDM), estabelecendo-se e obedecendo-se os padrões e normas ambientais, a fim de preservar a qualidade de vida da população.

Sugere diversas medidas que poderão ser tomadas conjuntamente pelas prefeituras dos municípios da Grande Natal e pelo Governo do Estado.

Santos et al (1997) realizaram o estudo sobre a caracterização e atuação antrópica na sub-bacia do rio Pitimbu, analisaram as condições ambientais em decorrência da ocupação antrópica. Os dados foram obtidos através de revisão bibliográfica, nos órgãos institucionais e investigação no campo. O estudo verifica que a Bacia está passando por uma transformação do processo de ocupação de área predominantemente agrícola para uma área urbana, devida a expansão dos sítios urbanos de Natal e Parnamirim.

No estudo sobre as implicações ambientais no entorno da lagoa do Jiqui, em decorrência do processo da ocupação antrópica, Silva (1997) estuda a qualidade da água da Lagoa e à susceptibilidade à erosão da região que circunda a citada lagoa, decorrentes das características físicas e do processo de ocupação. Caracteriza o entorno da Lagoa, em função da declividade, de associação de solos e do uso do solo. Foram elaboradas cartas de susceptibilidade à erosão, nos parâmetros forte, média, fraca ou nula. Silva conclui que essas águas necessitam de cuidados especiais para evitar a total contaminação do manancial. Destaca que o uso e a ocupação desordenada do entorno da lagoa intensificou o processo erosivo, que leva à degradação do ambiente. Sugere o monitoramento do sistema e adoção de medidas que visem a preservação de espécies vegetais nativas com vistas a controlar escoamento superficial das águas da chuva e o conseqüente transporte de sedimentos para a calha rio Pitimbu e para a lagoa do Jiqui.

FUNPEC (1998) elaborou o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) referente à implantação do Centro Industrial Avançado do Rio Grande do Norte (CIA/RN), para atender à Resolução do CONAMA N° 001/86 (Brasil, 1986), Artigo 9º, incisos I a VIII, sendo necessário à obtenção de licenças para o CIA. Diante do diagnóstico do empreendimento, principalmente no que se refere às características ambientais da área, conclui que os condicionantes físicos, biológicos e antrópicos da área de influência do CIA evidenciaram diversas restrições à implantação do Centro Industrial na área determinada, que induz a negatividade do licenciamento ambiental.

Santos (1999) buscando identificar a influência da expansão urbana na paisagem da sub-bacia num determinado trecho do rio Pitimbu compreendido entre Natal e Parnamirim/RN, analisou os problemas ambientais causados pelo processo de uso e

ocupação do solo, desde a década de 80, a partir da utilização de fotografias aéreas do ano de 1988; imagens de satélite do ano de 1994 e bases cartográficas dos anos de 1971 e 1996, com atualização dos dados em pesquisa de campo para a produção de cartas temáticas. Constata que a expansão urbana próxima as margens altera o equilíbrio dinâmico do sistema, destacando a importância do rio como alimentador da lagoa do Jiqui, a qual abastecia na época 17,68% da população de Natal. Para a autora, a intervenção antrópica no que concerne às mudanças da paisagem geográfica, altera o regime hídrico, influenciando o curso fluvial. Como sugestões, ela propõe: a criação do Plano Diretor de ordenação físico-territorial para Parnamirim; que o Plano Diretor de Natal seja efetivado e que para a bacia seja feito o planejamento integrado, com a participação das cidades de Macaíba, Parnamirim e Natal e, também, com o envolvimento da sociedade civil, dos poderes públicos e privados.

No intuito de mapear, georreferenciar e diagnosticar a situação de algumas Zonas de Proteção Ambiental (ZPA) do município de Natal, Oliveira (1999), realizou coleta de dados fazendo uso de receptores diferenciais e observações no local. Conclui que as ZPA's estudadas estão sofrendo impactos ambientais causados pelo processo de uso e ocupação desordenados, tais como: desmatamentos, queimadas, retirada de material sedimentar e depósitos de lixo. Finalmente, argumenta que o GPS emerge como uma ferramenta eficiente para o tipo de trabalho proposto, pois oferece uma precisão aceitável no que tange à coleta de campo.

Borges et al (1999) elaboraram um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) referente à implantação do sistema para tratamento de efluentes líquidos industriais (SITEL) do Centro Industrial Avançado do Rio Grande do Norte (CIA/RN), objetivando a realização de estudos sobre as áreas de influência desse sistema e alternativas para minimizar os possíveis riscos ao meio ambiente. Basearam-se nas metodologias de Clark, que trata da capacidade de uso e suporte do solo; a do Instituto de Pesquisas e Tecnologia de São Paulo (IPT), que identificam impactos; e, a metodologia de Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), as quais foram adaptadas de acordo com a Empresa de Consultoria e Planejamento Ambiental (ECOPLAM). Constataram que no EIA não há projeto de drenagem interna do CIA. Concluíram que as alternativas de implantação do SITEL na área é a mais inadequada, por causa da sua fragilidade ambiental e a grande relevância que o

contribuinte possui no rio Pitimbu. Recomendam a alternativa localizada no terraço flúvio-estuarino, adjacente à planície de mangues do rio Jundiá.

Figueiredo Filho (1999) no seu Parecer Técnico sobre a implantação de um Resort às margens do rio Pitimbu em Nova Parnamirim, entre o trecho Ponte Velha e a lagoa do Jiqui relata que o primeiro grande impacto ao meio físico, verificado na região em foco, ocorreu durante a implantação da rodovia Parnamirim - Nova Parnamirim, devido à grande quantidade de aterros nas partes baixas dominadas por paleodunas e aos cortes no aquífero Barreiras para retirada de piçarra, expondo o material as erosões eólica e pluvial, com o escoamento de correntes de massa em direção à bacia do rio, causando o seu assoreamento. Porém, entende que a retirada desse material próximo ao leito menor do rio Pitimbu, além de areia das dunas fixas para aterro e de areia fina branca para a construção civil, está sendo o principal impacto atualmente verificado. Conclui que o meio físico está sendo agredido de forma quase irreversível, não havendo, aparentemente, nenhum comprometimento com a preservação do meio ambiente. Entende que se deve exigir o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para todos os empreendimentos, conforme legislação pertinente, estando sujeito, portanto, à aprovação sem a outorga de licença prévia. Sugere, ainda, a criação de uma área de preservação hídrica, haja vista a grande importância desse manancial hídrico para o Município de Natal, principalmente, como fonte de água superficial de razoável qualidade e por constituir-se numa importante zona de recarga dos mananciais hídricos subterrâneos.

Ramalho (1999) analisou a natureza dos processos erosivos através de amostragens das coberturas superficiais (zonas de encostas, barrancos, depósitos de fundo de ravinas e zona de espraiamento) e pesquisas de campo, interrelacionando e sobrepondo-os diversas variáveis, como clima, solo, cobertura vegetal, mesmo sendo complexa a sua determinação, constatou as principais causas que exercem influência na erosão dos solos e no aumento das taxas erosivas, como a sazonalidade pluviométrica, tais como: na primavera-verão, predomina a ação eólica; no outono-inverno a ação pluvial é preponderante; as propriedades físicas e químicas do solo, a declividade das encostas, a cobertura vegetal e a ação antrópica. Conclui que a ocupação predatória do solo, reduzindo a cobertura vegetal natural, propicia alterações ambientais em virtude da ação dos ventos removendo os sedimentos inconsolidados.

O Governo do Estado do Rio Grande do Norte, através do Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte (EMATER/RN, 2000) elaborou um projeto denominado “Projeto Pitimbu: Recuperação e conservação das matas ciliares”, objetivando a recuperação de 120 ha de mata ciliar anteriormente existente ao longo do rio e lagoa do Jiqui, visando também, fomentar um processo de conservação e regeneração natural, no intuito de fortalecer o ecossistema e a qualidade de vida dos habitantes daquelas regiões. Alguns ecossistemas da região encontram-se seriamente comprometidos devido à ação antrópica, provocada pela grande especulação imobiliária, empreendimentos turísticos e ação agrícola desordenada. Como proposta, sugere fomentar o envolvimento de órgãos governamentais das três esferas, órgãos não-governamentais (ONG's), entidades de bairros, associações de proprietários de terra, etc.

Gabriel et al. (2000) realizam estudo para avaliação da qualidade da água do rio Pitimbu através de amostragens de água bruta em 9 pontos distintos deste corpo hídrico no período de abril de 1993 a novembro de 2000 em épocas distintas de chuvas e estiagens. O estudo constatou que as variáveis temperatura, pH e turbidez, em média, não ultrapassaram os valores permitidos; entretanto, a DBO e o OD, apresentaram resultados fora do estabelecido; as concentrações de coliformes nos pontos denominados Moita Verde e INPASA, ocorreram com elevação significativa. Concluem-se que, na época, as condições do rio Pitimbu não eram inadequadas, no entanto, o mesmo possuía uma crescente tendência à poluição e contaminação, podendo tornar-se uma situação ameaçadora ou perigosa para a população consumidora desse recurso hídrico.

Borges (2002) afirma que a bacia hidrográfica do rio Pitimbu (BHRP) merece atenção especial, pois é considerada como importante manancial de água doce superficial para a Grande Natal. O autor utilizando uma abordagem teórica, correlacionou as variáveis da paisagem e os elementos naturais e o processo de dinâmica do uso e ocupação do solo, constatou que na bacia do Pitimbu passa por um processo de degradação acentuado, sendo ambientalmente frágil, promovendo a deterioração da qualidade da água tornando assim um iminente risco de interrupção no abastecimento público na região. Conclui que há necessidade premente de se promover à gestão integrada da Bacia do Rio Pitimbu, levando-se em consideração uma ação atuante da população envolvida com o intuito de sensibilizar os órgãos responsáveis pela problemática.

No intuito de avaliar a distribuição de metais pesados em duas frações granulométricas de sedimento de fundo do rio Pitimbu e assim, definir o grau de biodisponibilidade de diversos elementos, Santos, Guimarães Segundo e Melo jr. (2002) realizaram levantamento dos sedimentos em 34 estações e peneiradas nas frações  $-0,180+0,063$  mm (em todas as estações e  $0,063$  mm (em apenas 09 amostras aleatoriamente escolhidas). Calcularam o Índice Geoquímico de distribuição Granulométrica (IGDG), apresentando uma tendência não uniforme na biodisponibilidade dos elementos, onde trechos predominam um grau mais elevado de biodisponibilidade. Isso sugere que fatores geogênicos e/ou antropogênicos influem de forma diferenciada na distribuição dos elementos químicos nos sedimentos de fundo do rio.

Guimarães Segundo (2002) realizou o Diagnóstico Geoquímico Ambiental, procedendo à avaliação das condições do sistema água-sedimento ao longo do rio Pitimbu, fez coletas de amostras em 34 pontos para os sedimentos e 16 para água. Foram consideradas variáveis físico-químicas, bacteriológicas e compostos orgânicos (pesticidas organoclorados e organofosforado), concluindo que as amostras encontravam-se nos padrões exigidos pela Resolução do CONAMA N° 20/86 (Brasil, 2005) e Resolução 518 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004) . Quanto aos sedimentos de fundo observaram que, no geral, os teores de elementos químicos e compostos orgânicos estão na faixa em relação a áreas não impactadas. Entretanto, encontraram isoladamente alguns pontos com teores elevados de alguns metais pesados. Alertam que, embora o rio possua poder depurativo, faz-se necessário o monitoramento da área.

A Elaboração do Plano Integrado da Bacia do Rio Pitimbu, o documento apresentado pelo consórcio VBA Consultores/Tecnosolo contratado pela Secretaria de Recursos Hídricos (SERHID/RN) junto ao Programa Pró-Água, justifica a necessidade de diagnóstico e soluções tanto imediatas como a longo prazo para os efeitos prejudiciais causados pelo avanço da degradação dos recursos naturais. O trabalho em questão divide-se em 08 (oito) relatórios específicos: Plano de Trabalho Revisado e Metodologia; Cadastro de Usuários; Diagnóstico Referencial; Matriz das Fontes de Poluição e Relações de Casualidades; Plano de Ações Imediatas, de curto, médio e longos Prazos; Relatório de Hierarquização por Multicritérios; Relatório de Modelo Institucional de Gestão Integrada da Bacia e Relatório Final.

## 2.2. POLUIÇÃO

Segundo os incisos II e III do Artigo 3º da Lei Nº 6.938 de 31 de Agosto de 1981, conceitua-se degradação ambiental e poluição ambiental, respectivamente:

Degradação ambiental como a alteração adversa das características do meio;

Poluição ambiental: a degradação ambiental resultante das atividades que direta ou indiretamente:

- a) Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- b) Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) Afetem desfavoravelmente a biota;
- d) Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A partir destas conceituações podemos afirmar que poluição das águas é alteração adversa, causando assim, impactos estéticos, fisiológicos ou ecológicos do ambiente aquático.

O grau de poluição relaciona-se com os usos que se pretende a estes, logo se classificam em classes de água, que são especificados pelo uso preponderante do corpo de água e os requisitos de parâmetros de efluentes a serem nele lançados, mesmo tratados, objetivando manter a devida qualidade das águas. Algo que diretamente não é permitido no rio Pitimbu, só que ocorre devida aos lançamentos clandestinos e a poluição difusa.

### 2.2.1. TIPOS DE POLUIÇÃO

Quanto à distribuição espacial, a poluição da água tem duas fontes básicas, as fontes ditas pontuais e as fontes difusas.

#### *a) Fontes pontuais*

As fontes pontuais são aquelas que permitem identificar perfeitamente o local de lançamento, o volume de poluentes lançados e a freqüência de descarga. Temos como exemplo, o lançamento de efluentes industriais e domésticos.

*a.1) Lançamento de resíduos industriais*

Na área da bacia apresenta-se o Centro Industrial Avançado (CIA), localizado em um braço do rio Pitimbu, da qual foi totalmente aterrado para a construção do mesmo. O artigo 5º da lei Estadual N° 8.426 de 14 de Novembro de 2003 proíbe o lançamento de efluentes líquidos, mesmo que tratados no rio Pitimbu. No CIA existem 18 indústrias. O quadro 1 mostra as 18 indústrias existentes no Centro Industrial Avançado (CIA).

Quadro 1 - Indústrias presentes no CIA, suas atividades e os tipos de tratamento dos efluentes industriais.

Nº	Empreendimento	Atividade	Tipo de tratamento dos efluentes industriais
1	MULTDIA Indústria e Com. S/A	Alimentos	Pré-tratamento Decantação
2	Hidromineração Natal LTDA	Água Mineral	Microbiológico
3	Mineração Cunha Comércio LTDA	Água Mineral	Não informado
4	Solcoco	Beneficiamento de coco	Não informado
5	Indaiá Brasil Águas	Água mineral	Filtração
6	STER BOM Ind.	Produção de sorvetes	Desinfecção
7	EIT	Construção civil	Não informado
8	J. Pré-moldados	Pré-moldados	Não informado
9	INPASA	Papel	Decantação e Flotação
10	F. IKEDA Ind. De Alimentos	Alimento	Não existe
11	COTEMINAS	Confecções	Não existe
12	TOLI	Têxtil e confecções	Não existe
13	RAROS	Indústria de aromáticos	Reaproveitamento inteiramente
14	ASPERBRAS	Equipamentos de irrigação	Fossa / sumidouro
15	Ind. de Bebidas do Rio Grande Ltda	Indústria de bebidas	Reuso na irrigação do jardim
16	Caliman Nordeste S/A	Fruticultura	Lagoa de acumulação / evaporação
17	SIMAS indústria de alimentos Ltda	Alimentos	Rede da CAERN
18	Real comércio e ind. De bebidas Ltda	Indústria de bebidas	Lagoa aerada facultativa e Lagoa de decantação. Efluente descartado no emissário de recalque de efluente tratado da CAERN

Adaptado de Ratis et al (2005) & SERHID (2006)

SERHID (2001) realizou estudos dos efluentes de duas indústrias a INPASA e a SIDORE. Os resultados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Resultado das variáveis de qualidade das águas de efluentes das indústrias INPASA e SIDORE

Variáveis	INPASA (18/12/01)	SIDORE (20/02/00)
Cor (uH)	> 100,0	> 100,0
DBO (mg/L)	974,0	944,8
DQO (mg/L)	1.643,0	1.220,0
Nitrato (mg/L)	1,18	0,0
pH	5,9	4,5
Sólidos totais	1.815,0	389,2
Turbidez (uT)	>200,0	17,8
Bário (mg/L)	0,23	0,085
Cádmio (mg/L)	<0,001	<0,001
Chumbo (mg/L)	0,04	<0,02
Cobre (mg/L)	0,06	0,05
Estanho (mg/L)	<0,5	<0,5
Níquel (mg/L)	<0,02	<0,02
Mercúrio (mg/L)	0,004	<0,002
Prata (mg/L)	< 0,01	<0,01
Zinco (mg/L)	0,14	0,11

Fonte: SERHID, 2001.

#### a.2) Lançamento de esgotos sanitário

Conforme mostra a tabela 2, o município de Parnamirim apresenta situação mais crítica quanto à disposição de esgoto sanitário devido a enorme deficiência do sistema de esgotamento sanitário, sendo que ocorre cobertura total do sistema de abastecimento de água enquanto o sistema de saneamento básico cobre apenas uma quadra no bairro conhecido como Vereador Felipe e algumas quadras do bairro Água Vermelha, com 42 ligações cadastradas. Ao longo do rio Pitimbu existem alguns pontos de lançamento direto de esgoto doméstico no Rio ou o alcança pelo carreamento do esgoto sanitário disposto a céu aberto ou pela contaminação do lençol freático, que é a principal recarga do Pitimbu, em função das fossas sépticas existentes.

Tabela 2 - População da bacia por município servida com água e esgoto sanitário

Localidades	População servida		% de cobertura	
	Água	Esgoto	Água	Esgoto
Natal	702.000	240.000	98,5	32,0
Parnamirim	109.139	202	100,0	0,18
Macaíba	34.239	739	95,0	2,0

Fonte: SERHID, 2006 Apud: SAAE – Serviços Autônomo de água e Esgoto de Macaíba e Parnamirim. CAERN: Companhia de águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, 2005

A variável Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_{5,20^{\circ}C}$ ) pode ser estimada através do valor per capita de DBO (da ordem de 45 a 60 gDBO5/ hab.dia) usualmente adotado como 54 g  $DBO_{5,20^{\circ}C}$  / hab.dia pela produção per capita de esgotos (em torno de 120 a 220 l/hab.dia) (Von Sperling, M. 1996).

O volume de esgotos gerados em uma comunidade depende do volume produzido de água. Para fins de estudos de concepção e projetos técnicos, adota-se como parâmetro de projeto um volume de esgoto igual a 80% do volume de água produzido para a comunidade em estudo. Qualitativamente, os esgotos domésticos são formados por cerca de 99,9% de água e 0,1% de impurezas físicas, químicas e biológicas (Von Sperling, M. 1996).

Juntamente com o lançamento dos esgotos domésticos existem empresas limpafossas que realizam as limpezas quando demandadas, descarregando seus resíduos no leito do rio Pitimbu.

#### *b) Fontes difusas*

As fontes difusas são aquelas para as quais não é possível identificar a origem exata de determinado poluente, sendo um fenômeno aleatório, uma vez que elas estão dispersas no ambiente, resultante de atividades que depositam poluentes de forma esparsa sobre a área de contribuição da bacia, carregadas para os corpos d'água durante os eventos chuvosos.

O controle de poluição difusa, obrigatoriamente, deve incluir ações sobre a área geradora de poluição, devendo contemplar toda a bacia produtora, ao invés de incluir apenas, o controle do efluente quanto ao lançamento. Deste modo, torna-se difícil uma correta avaliação da geração de poluição por cargas difusas, conseqüentemente a escolha das medidas mitigadoras a serem implantadas é

dificultada pelo possível efeito conjunto com outras descargas poluidoras, que tendem a mascarar o problema, pela irregularidade e imprevisibilidade do processo, pela variação temporal e espacial dos impactos causados e pela dificuldade da coleta de dados.

As principais fontes geradoras da carga difusa e seus respectivos poluentes são:

*b.1) Deposição natural e carreamento atmosférico*

Os gases e partículas presentes na atmosfera dissolvem-se ou são arrastados pela chuva e depositados no solo, telhados e outras superfícies. O escoamento gerado pelas chuvas carreiam os poluentes dessas superfícies e, assim, tais poluentes são carregados até os corpos d'água. IDEMA (2004) determinou valores para a presença de diversas substâncias presentes em um solo de base natural, os quais são mostrados no quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros de carga gerada por unidade natural padrão

<b>Atividade <sup>(1)</sup></b>	<b>Substância gerada por unidade produtiva padrão N, P, Pb <sup>(2)</sup>, Cu e Zn (kg /km<sup>2</sup>. ano)</b>	<b>Substância gerada</b>
Nível de base natural <sup>(3)</sup>	N = 50 – 90 P = 10 – 60 Cu = 2,0 – 2,6 Zn = 5,0 – 6,5 Pb = 0,01 – 0,03	Predominantemente associados ao material particulado

Fonte: IDEMA, Projeto ZEE, 2004.

1. Atividade industrial: praticamente restrita à região metropolitana.
2. Significativo somente para emissões urbanas.
3. Somatório das cargas oriundas da deposição atmosférica e originadas na denudação física e química de solos, i.e. originada em processos naturais

Segundo Moreira-Nordeman et al (2007), Natal apresenta excelente qualidade da água da chuva, refletindo essencialmente a contribuição de origem marinha conforme valores informados na tabela 3. O oceano, como maior fonte de íons para a atmosfera, influencia a composição química das águas de chuva, concluindo que as chuvas de Natal estão isentas de contribuições de origem antropogênica.

Tabela 3 - Entrada via atmosfera (kg / km<sup>2</sup>.ano) dos íons estudados (1988-1989) para a cidade de Natal

Variáveis	Valores
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	350
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	70
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	50

Fonte: Moreira-Nordeman et al (2007)

### b.2) Escoamento da água de drenagem

A acumulação de poluentes nas ruas podem ser gerados por desgaste da pavimentação, resíduos produzidos por veículos, restos de vegetação, dejetos de animais, lixo e partículas de solo como areia e argila e resíduos sólidos dispostos no solo. Esses materiais acumulam-se nas guias e sarjetas.

A qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e de sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana. Para determinados usos e ocupações do solo, IDEMA (2004) quantificou a carga de substâncias presentes conforme o uso e ocupação do solo (Quadro 3).

Quadro 3 - Parâmetros de carga gerada pela água de drenagem

Atividade	Substância gerada por unidade produtiva padrão N, P, Pb, Cu e Zn (kg / km <sup>2</sup> . ano)		Substância gerada		
	N	P			
Uso urbano (águas servidas e runoff)	N = 30 – 55 P = 10 – 14	Cu = 0,1 – 15,3 Zn = 0,01 – 47,2 Pb = 0,03 – 7,6	Nitrato, Amônia Fosfato, P- particulado	Cu <sup>2+</sup> , particulado Zn <sup>2+</sup> , particulado Pb <sup>2+</sup> , particulado	Cu- Zn- Pb-
Uso urbano (disposição inadequada de resíduos sólidos)	N = 1 – 200 P < 0,1	Cu = 0,001 – 0,03 Zn = 0,001 – 0,07 Pb = 0,003 – 0,01	Formas de N e P desconhecidas	Cu <sup>2+</sup> , particulado Zn <sup>2+</sup> , particulado Pb <sup>2+</sup> , particulado	Cu- Zn- Pb-

Fonte: IDEMA, Projeto ZEE, 2004.

Cumprir destacar que os bairros de Natal que estão inseridos parcialmente nesse setor da bacia são Guarapes e Planalto (3,10km<sup>2</sup>), Cidade Nova (0,64km<sup>2</sup>), Pitimbu (7,41km<sup>2</sup>), Candelária (0,57km<sup>2</sup>), Neópolis (0,57km<sup>2</sup>) e Ponta Negra (0,07km<sup>2</sup>), sendo o bairro Pitimbu o que possui maior área, além de conter uma Zona de Proteção Ambiental, em uma área adjacente ao Bairro e rio Pitimbu (ZPA-3) e o conjunto habitacional Cidade Satélite, com suas três etapas que somadas totalizam 3,28km<sup>2</sup> (2,37% da bacia como um todo).

Os sistemas de drenagens dos municípios, mostrados na figura 1, que fazem parte da bacia do rio Pitimbu sofrem ainda em decorrência da inexistência de um cadastro técnico confiável, os sistemas de bombeamento operam precariamente e ocorrem inúmeras ligações clandestinas de esgotos sanitários nas galerias, dificultando ainda mais a solução do problema (SERHID, 2006).

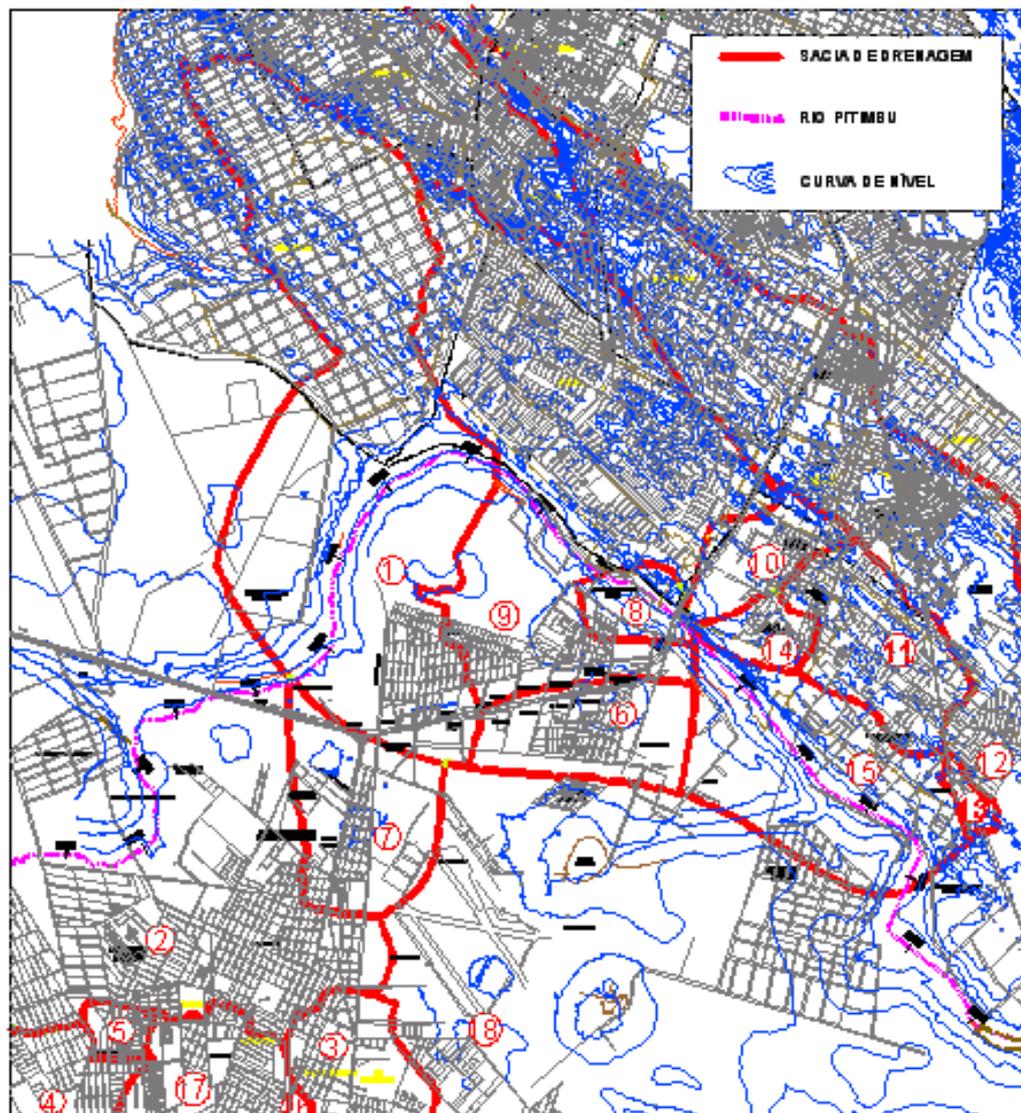


Figura 1 - Drenagem das águas da Bacia do Rio Pitimbu

Adaptação de Mapas de drenagem da Bacia do rio Pitimbu de SERHID (2006)

Segundo Nunes (2000), no município de Parnamirim, tem o seu sistema de drenagem de águas pluviais em estado crítico, principalmente o sistema que atende o Cemitério Público Municipal e adjacências, cobrindo uma extensa área desse município e encaminha seus efluentes para o bairro de Passagem de Areia, cujo lançamento é feito diretamente em um contribuinte do rio Pitimbu, com extensão aproximada de 500m. Fora constatado, no entanto, que, além de coletar águas pluviais, esse sistema recebe contribuição clandestina de efluentes líquidos (esgotamento sanitário) de inúmeras edificações ao longo de todo o seu curso.

Ressalta-se, ainda, que a própria existência de um cemitério que realiza sepultamento por inumação em área de solos arenosos ou areno-argilosos, bastante permeáveis a pouca profundidade do lençol freático, favorece consideravelmente a poluição do aquífero, constituindo-se em uma atividade inadequada ambientalmente.

### *b.3) Aplicação de produtos na agricultura e pecuária*

Na agricultura, produtos são utilizados para melhoramento da produção vegetal (fertilizantes) e proteção a pragas (defensivos agrícolas), onde na sua composição ocorrem diversos elementos químicos, principalmente metais. Pesticidas organoclorados são utilizados no controle de insetos e pragas. Geralmente apresentam-se em pequenas quantidades, mas são tóxicos e acumulam-se na cadeia alimentar.

A perda de nutrientes e pesticidas em áreas fertilizadas é atribuída a precipitações pluviométricas. O nitrogênio, por ser muito móvel no solo, pode ser transportado pelas chuvas antes de ser absorvido pelas plantas.

A pecuária é uma fonte de poluição, provocando cargas orgânicas com alta concentração de nutrientes. Estima-se que para o agro-silvo-pastoril a carga de  $\text{DBO}_{5,20}^{\text{O}_C}$  é de 1,12 kg  $\text{DBO}_{5,20}^{\text{O}_C}$  /  $\text{km}^2$ . dia e para pastos de 3,36 kg  $\text{DBO}_{5,20}^{\text{O}_C}$  /  $\text{km}^2$ .dia (SEMA/SP,1994). No Quadro 4, IDEMA (2004) também quantificou a presença da carga gerada de algumas substâncias pela produção agrícola.

Quadro 4 - Parâmetros de carga gerada por unidade de produção agrícola padrão

Atividade	Substância gerada por unidade produtiva padrão N, P, Cu e Zn (kg/km <sup>2</sup> . ano)		Substância gerada		
	Agricultura	N = 50 – 2.650 P = 120 – 560	Cu = 0,7 – 13,5 Zn = 0,04 – 0,13	Nitrato, Amônia Fosfato	Cu <sup>2+</sup> , particulado Zn <sup>2+</sup> , particulado
Pecuária	N = 90 – 1.310 P = 90 – 1.330	Cu = 0,3 – 1,0 Zn = 0,4 – 7,3	Amônia Fosfato	Cu-particulado Zn-particulado	

Fonte: IDEMA, Projeto ZEE, 2004.

#### *b.4) Erosão*

A erosão depende das características do solo, do clima, da topografia entre outros, como por exemplo, a urbanização, que aumenta a taxa de erosão, devido à maior velocidade de arraste, que por sua vez, carrega maior quantidade de sedimentos que chega aos cursos de água.

#### *b.5) Contaminação de águas subterrâneas*

O sistema aquífero Dunas-Barreiras, sendo um aquífero bastante vulnerável aliado a uma intensa ocupação antrópica resultado do crescimento industrial e urbano e a ausência de um sistema de esgotamento sanitário adequado vem sofrendo um intenso processo de contaminação de grande parte da zona urbana por nitrato.

Geralmente, a poluição das águas subterrâneas é resultado da contaminação do solo devido a sua má utilização, sendo a mais comum na bacia a associada ao saneamento de áreas que não dispõem de redes de esgoto.

Melo Júnior (1995) observou a evolução cronológica da concentração de nitrato em poços tubulares na área do conjunto Cidade Satélite, onde as linhas de fluxo subterrâneo têm como destino o rio Pitimbu e constatou que essa situação é agravada devido à excessiva permeabilidade dos solos arenosos, os quais apresentam elevada ou muito elevada vulnerabilidade à poluição.

Melo Júnior (2001) registrou teores elevados de nitrato nas águas subterrâneas na região de baixo curso do rio Pitimbu, nas imediações dos bairros Planalto, Cidade Satélite e Nova Parnamirim. A contaminação encontra-se diretamente associada ao avanço das áreas urbanizadas, provocada pelo aporte de efluentes sanitários

(sistemas individuais de fossas sépticas/sumidouros) e pela facilidade pelo fluxo subterrâneo/hidrodinâmico do aquífero em direção ao mar e ao vale do rio Pitimbu.

Na tabela 4 temos os valores mínimos, máximos e médios das variáveis da qualidade das águas subterrâneas coletadas no aquífero Barreiras na região dos vales úmidos.

Tabela 4 - Valores máximos, mínimos e médios das variáveis químicas – Aquífero Barreiras (Região dos Vales Úmidos)

Parâmetro	Nº de Amostras	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Médio
Cond. Elétrica µmhos/cm	143	38,76	1.996,80	162,55
Resíduo Seco, mg/l	147	20,79	1.034,00	125,29
pH	244	4,40	8,60	6,13
Na <sup>+</sup> , mg/l	14	7,60	24,00	14,79
Ca <sup>++</sup> , mg/l	132	0,21	73,40	19,16
Mg <sup>++</sup> , mg/l	201	0,40	46,58	5,53
Fe <sup>++</sup> , mg/l	155	0,01	6,15	1,28
Cl <sup>-</sup> , mg/l	349	1,50	1.014,90	38,78
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , mg/l	373	0,20	294,00	19,14
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	115	0,04	160,00	17,86

Fonte: SERHID, 2006

Segundo Lucena et al (2004), uma importante área para a recarga do rio Pitimbu é a região na altura da cidade de Parnamirim, a partir das quais se originam as principais frentes de escoamento subterrâneo. Sendo esta situação preocupante face às condições deficitárias de saneamento básico dessa cidade e a presença de determinados “lixões”, especificamente um localizado nas proximidades do final da margem direita da pista do aeroporto internacional Augusto Severo (margem da RN-066 – Rodovia Trampolim da Vitória).

Na bacia ocorrem diversos locais de deposição de resíduos sólidos sem nenhum tratamento e proteção, causando assim, contaminação de águas subterrâneas. Em Parnamirim e Natal registram-se a ocorrência de deposições de resíduos sólidos em diversas áreas, enquanto em Macaíba existe um local para destinação dos resíduos sólidos urbanos de toda a cidade (o lixão do Pé do Galo), localizado na área da bacia do rio Pitimbu, na margem da estrada que liga Macaíba ao município de São Gonçalo do Amarante. Este tipo de deposição acarreta contaminação do solo e, em consequência do processo natural da precipitação e infiltração, as águas

subterrâneas. Os lixões são locais de deposição de resíduos sem nenhum ou quase nenhum tratamento. A Tabela 5 mostra a faixa de variação dos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas do chorume.

Tabela 5 - Faixa de variação de valores da composição do chorume

Variáveis	Faixa de variação	
	Máximo	Mínimo
pH (un.)	5,9	8,7
Nitrogênio total – Kjeldhal (mg/l)	15,0	3.140,0
Nitrogênio nitrato (mg/l)	0,0	5,5
Nitrogênio nitrito (mg/l)	0,0	0,1
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	6,0	2.900,0
DQO (mg/l)	966,0	28.000,0
DBO <sub>5,20°C</sub> (mg/l)	480,0	19.800,0
Cloretos (mg/l)	50,0	11.000,0
Sulfetos (mg/l)	0,0	1.800,0
Fósforo total (mg/l)	3,7	14,3
Cobre (mg/l)	0,0	1,2
Chumbo (mg/l)	0,0	2,3
Ferro (mg/l)	0,2	6.000,0
Manganês (mg/l)	0,1	26,0
Zinco (mg/l)	0,1	35,6
Cádmio (mg/l)	0,0	0,2
Cromo total (mg/l)	0,0	3,9
Coliformes fecais (un.)	49,0	4,9 x 10 <sup>7</sup>
Coliformes totais (un.)	230,0	1,7 x 10 <sup>8</sup>

Fonte: IESA (1993) apud: Monteiro et al (2001)

Segundo IESA (1993) Apud Monteiro et al (2001) existe uma forma expedita de se calcular a vazão de chorume, em m<sup>3</sup>/dia, num aterro sanitário: multiplicar cada extensão da área operacional em m<sup>2</sup>, pelos índices correspondentes:

0,0004 para lixo coberto com solo argiloso;

0,0006 para lixo coberto com solo arenoso;

0,0008 para lixo descoberto;

As águas subterrâneas estão mais afetadas em bairros mais distantes da bacia do Pitimbu, nos bairros de Natal (Tirol, Alecrim, Cidade da esperança, Pajuçara e Gramoré) e outros mais aproximados (Morro branco e Cidade Nova), porém ainda distantes. Algumas áreas próximas, como San Vale, Neópolis e sul de Ponta Negra não estão afetados pelo nitrato.

## 2.3. QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água não é associada ao de pureza, mas sim ao uso mais exigente ao que se destina esta água, tanto levando em consideração a situação atual, bem como a futura apresentadas pelas características da água, quantificadas pelas variáveis de qualidade da água. Em alguns usos, como o consumo para abastecimento humano esta deve ser potável para outros usos como a recreação (contato primário), a irrigação e o uso industrial estas exigem que a água seja isenta de contaminantes, para a navegação (contato secundário) as exigências são menos restritivas. Von Sperling (1996) apresenta no Quadro 5 diversas relações entre requisitos de qualidade e uso da água.

Quadro 5 - Associação entre usos da água e os requisitos de qualidade

Abastecimento de água doméstico		a) Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; b) Isenta de organismos prejudiciais à saúde; c) Adequada para serviços domésticos; d) Baixa agressividade e dureza; e) Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de macrorganismos);
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto (Alimentos, bebidas, remédios e outros)	a) Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; b) Isenta de organismos prejudiciais à saúde; c) Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor)
	Água entra em contato com o produto	Variável com o produto;
	Água não entra em contato com o produto (refrigeração, caldeiras)	a) Baixa dureza b) Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	a) Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; b) Isenta de organismos prejudiciais à saúde; c) Salinidade não excessiva.
	Demais plantações	a) Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações; b) Salinidade não excessiva
Dessedentação animal		a) Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais; b) Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais.
Preservação da flora e da fauna		Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar.
Recreação e Lazer	Contato direto (natação, esqui, surfe)	a) Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; b) Isenta de organismos prejudiciais à saúde; c) Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas.
	Contato secundário (navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	Aparência agradável
Diluição de despejos		-

Fonte: Von sperling,1996

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA

Em razão da alta solubilidade da água para as mais diversas substâncias e compostos, a água não se encontra totalmente pura na natureza. Essas substâncias e compostos irão imprimir suas características físicas, químicas e biológicas, influenciando, assim, na qualidade da água. Na água, são encontrados vários tipos de impurezas, naturais ou artificiais, uns mais comuns e outros com características particulares. As impurezas também podem ser consideradas em relação aos danos causadas por elas. O Quadro 6 mostra as características de diversas impurezas na qualidade da água.

Quadro 6 - Características das impurezas presentes na água bruta

Impurezas	Estado	Efeito
Areia	Suspensão	Turbidez
Silte	Suspensão	Turbidez
Argila	Suspensão	Turbidez
Bactérias	Suspensão	Doenças e prejuízos às instalações
Microorganismos	Suspensão	Turbidez, cheiro e cor
Resíduos industriais	Suspensão	Poluição
Resíduos cosméticos	Suspensão	Poluição
Corantes vegetais	Coloidal	Cor, sabor e acidez
Sílica	Coloidal	Turbidez
Bicarbonato de cálcio e magnésio	Dissolvidos	Alcalinidade e dureza
Carbonato de cálcio e magnésio	Dissolvidos	Alcalinidade e dureza
Sulfatos de cálcio e magnésio	Dissolvidos	Dureza
Cloretos de cálcio e magnésio	Dissolvidos	Dureza e corrosividade em caldeiras
Bicarbonato de sódio	Dissolvidos	Alcalinidade
Carbonato de sódio	Dissolvidos	Alcalinidade
Sulfatos de sódio	Dissolvidos	Ação laxativa
Fluoretos de cálcio	Dissolvidos	Ação sobre os dentes
Cloretos de cálcio	Dissolvidos	Sabor
Ferro	Dissolvidos	Sabor e cor
Manganês	Dissolvidos	Cor
Oxigênio	Dissolvidos	Corrosividade
Dióxido de carbono	Dissolvidos	Acidez e corrosividade
Nitrogênio	Dissolvidos	Nulo

Fonte: Leme, F. P. (1982)

### 2.3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

A Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005 ( Brasil, 2005) no seu Artigo 2º, inciso IX define classe de qualidade como o conjunto de condições e

padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros, sendo mostrado na tabela 6 os padrões nas diversas classes de qualidade.

Tabela 6 - Parâmetros de qualidade da água doce superficial

Nº	Parâmetros Denominação	Unidade	CONAMA Nº 357/05		
			Classe 1	Classe 2	Classe 3
01	Temperatura Água	°C	-	-	-
02	pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
03	Oxigênio Dissolvido	mg/l O <sub>2</sub>	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0
04	DBO <sub>5,20</sub> <sup>o</sup> C	mg/l O <sub>2</sub>	≤ 3,0	< 5,0	≤ 10,0
05	Fósforo Total	mg/l P	0,020	0,030	0,050
06	Turbidez	UNT	≤ 40,0	≤ 100	≤ 100
07	Bário total	mg/l Ba	0,7	0,7	1,0
08	Cádmio total	mg/l Cd	0,001	0,001	0,01
09	Chumbo total	mg/l Pb	0,01	0,01	0,033
10	Cobre dissolvido	mg/l Cu	0,009	0,009	0,013
11	Cromo total	mg/l Cr	0,05	0,05	0,05
12	Níquel total	mg/l Ni	0,025	0,025	0,025
13	Zinco	mg/l Zn	0,18	0,18	5,0
16	Cloreto total	mg/l Cl	250,0	250,0	250,0
17	Ferro dissolvido	mg/l Fe	0,3	0,3	5,0
18	Manganês	mg/l Mn	0,1	0,1	0,5
19	Nitrogênio Nitrato	mg/l N	10,0	10,0	10,0
20	Nitrogênio Nitrito	mg/l N	1,0	1,0	1,0
21	Nitrogênio Amoniacal	mg/l N	3,7 (pH ≤ 7,5) 2,0 (7,5 < pH ≤ 8,0) 1,0 (8,0 < pH ≤ 8,5) 0,5 (pH ≥ 8,5)	3,7 (pH ≤ 7,5) 2,0 (7,5 < pH ≤ 8,0) 1,0 (8,0 < pH ≤ 8,5) 0,5 (pH ≥ 8,5)	13,3 (pH ≤ 7,5) 5,6 (7,5 < pH ≤ 8,0) 2,2 (8,0 < pH ≤ 8,5) 1,0 (pH ≥ 8,5)
22	Sólidos dissolvidos totais	mg/l	500,0	500,0	500,0
23	Sulfato total	mg/l SO <sub>4</sub>	250,0	250,0	250,0

Fonte: Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de Março de 2005 (Brasil, 2005)

O artigo 3º complementa 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.

Segundo o artigo 42 da mesma Resolução, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determina a aplicação da classe mais rigorosa correspondente. No caso, o Rio Pitimbu enquadra-se na classe 2.

A classe 2 das águas doces pode ser destinada:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) À proteção das comunidades aquáticas;

c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme a Resolução CONAMA N° 274 de 29 de Novembro de 2000 (Brasil, 2000);

d) À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

e) À aquicultura e atividade de pesca.

Os padrões de qualidade das águas definidos pela Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005 (Brasil, 2005) estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe (Artigo 7º). Esta mesma resolução define padrão como o valor limite adotado.

Quanto à balneabilidade das águas doce a Resolução CONAMA N° 274 de 29 de Novembro de 2000 afirma que:

As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houve no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli*;

b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli*;

c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houve no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli*.

Observando que, quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

De acordo com a Resolução citada, as águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

a) Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;

b) Valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli*;

c) Incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;

d) Presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;

e)  $\text{pH} < 6,0$  ou  $\text{pH} > 9,0$  (águas doces), à exceção das condições naturais;

f) Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;

g) Outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

#### **2.4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

O uso e ocupação do solo numa bacia são fatores determinantes na geração de poluentes, tanto no que se refere às concentrações dos diversos poluentes, como na forma com que a carga aflui ao corpo d'água. A água resultante de drenagem urbana interage com a superfície terrestre, carreando e assimilando diversos constituintes provenientes da deposição atmosférica e a disposição de resíduos provenientes das mais variadas atividades humanas. Enquanto as águas subterrâneas podem ser contaminadas pela disposição inadequada de efluentes líquidos e sólidos no solo e esta conecta com as águas superficiais, contaminando-as.

A interação do ser humano com o espaço físico transforma o ambiente segundo as características das suas atividades e a natureza de suas aglomerações populacionais.

No transcorrer do tempo, a bacia hidrográfica do rio Pitimbu (BHRP), sofreu intenso processo de transformação no uso e ocupação do solo. Costa (1995) destaca que agricultura era a principal ocupação da bacia em 1979, respondendo por cerca de 35,7% da área da bacia. Em 1988 a área agrícola foi reduzida em 1.195ha, passando a ocupar apenas 26,4% da área da BHRP. Por outro lado, os desmatamentos, áreas em pousio, os loteamentos e os sítios urbanos expandiram-se significativamente. Embora com área relativamente pequena, os sítios urbanos foram os que experimentaram maior crescimento, em cerca de 195%, nesse período de nove anos, notadamente na cidade de Parnamirim.

SERHID (2006) baseado no número da população residente em cada município da bacia no ano de 2005 e em valores de crescimento demográfico chegou ao

numero da população projetada para diversos anos até o ano de 2025 (Tabela 7) e a densidade demográfica dos municípios na região da Bacia do rio Pitimbu (Tabela 8).

Tabela 7 - Resumo da população residente na Área da Bacia para situação atual e projeção para o ano 2025

Município	População (hab.)					%
	2005	2010	2015	2020	2025	
Macaíba	8.594	9.851	11.054	12.405	13.703	4,10
Natal	54.362	57.972	61.969	65.603	68.121	20,38
Parnamirim	97.691	130.425	164.409	207.248	252.512	75,53
<b>Total</b>	<b>160.647</b>	<b>198.248</b>	<b>237.432</b>	<b>285.256</b>	<b>334.336</b>	<b>100,00</b>

Fonte: SERHID (2006)

Tabela 8 - Densidade demográfica por município integrante da Bacia do rio Pitimbu

Município	Bacia do rio Pitimbu (2005)		
	População (hab.)	Área (Km <sup>2</sup> )	Densidade (hab/km <sup>2</sup> )
Macaíba	8.594	54,46	157,8
Natal	54.362	12,66	4.294,0
Parnamirim	97.691	59,53	1.641,0

Fonte: SERHID (2006)

SERHID (2006) no Plano integrado da Bacia do Rio Pitimbu enumerou 255 propriedades ao longo de toda faixa de preservação da Bacia. Destas, 81 estão situadas no município de Macaíba, 145 em Parnamirim e 29 em Natal, sendo mostrado detalhadamente conforme a tabela 9.

Tabela 9 - Cadastro de usuários da bacia do rio Pitimbu por atividades

Classes	Municípios			Total
	Macaíba	Natal	Parnamirim	
Fazendas / sítios	22	2	10	34
Granjas / chácaras	28	3	42	73
Indústrias	23	0	16	39
Condomínios	0	2	6	8
Público	0	1	8	9
Serviços	1	0	7	8
Residências rurais	3	1	2	6
Propriedades urbanas	0	19	28	47
Apenas identificados – sem cadastro	4	1	11	16
Abandonos	0	0	6	6
Sub-moradias	0	0	9	9
<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>29</b>	<b>145</b>	<b>255</b>

Fonte: SERHID (2006)

A área que compreende do alto para o médio curso do rio Pitimbu, em maior extensão no município de Macaíba, sendo ocupado por, majoritariamente, por culturas de subsistência de ciclo curto e algumas de culturas permanentes e a cobertura vegetal vem cedendo lugar ao desenvolvimento de pastagens, onde se encontra solos recobertos pelo cultivo de capim para atender ao desenvolvimento da pecuária extensiva que ocorre na região. Natal sendo a capital do Estado e o crescimento experimentado nos últimos anos fez com que a cidade fosse atrativa para o deslocamento humano para si, tornando-a altamente densificada, isso também fez com que se buscasse outras opções de ocupação humana fora da capital. Em função da proximidade e facilidade de acesso, o município de Parnamirim passou a ser mais intensamente habitada, cornubando-se com Natal em áreas contíguas a diversos bairros. Vale salientar que na área da bacia, a cidade de Natal é ocupada basicamente por zona de proteção ambiental (ZPA), restringindo assim seu uso e ocupação, conforme observa-se na figura 2.

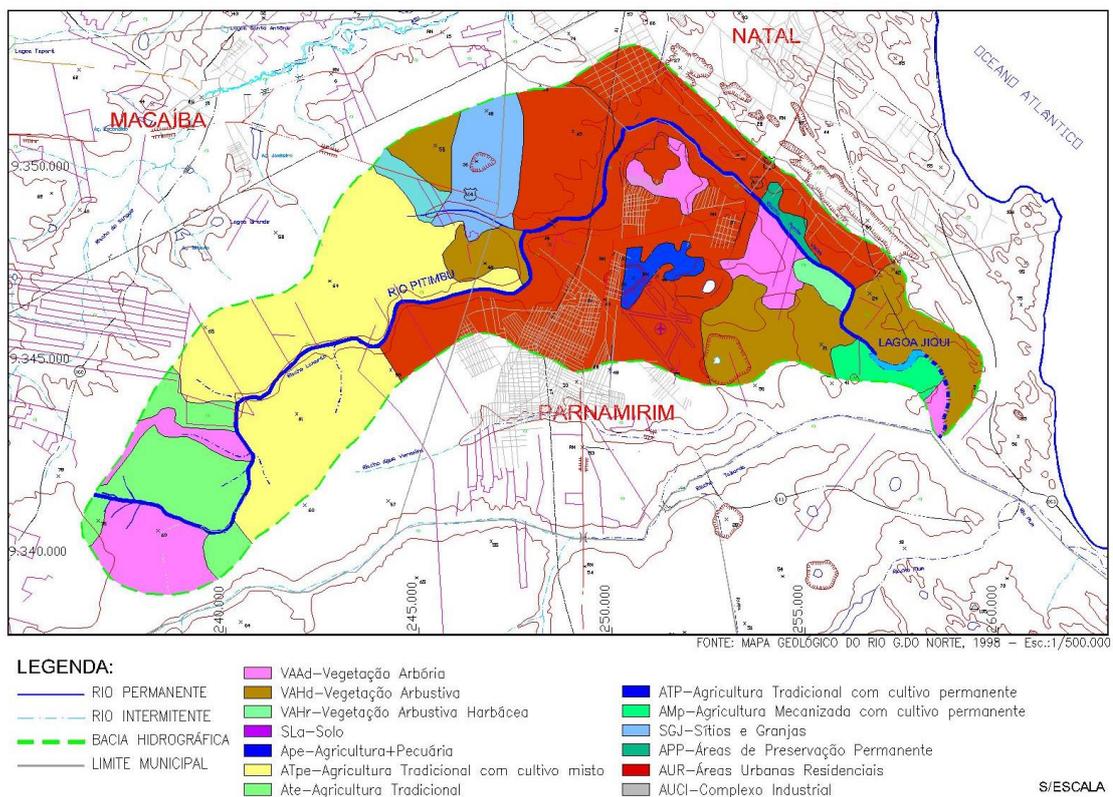


Figura 2 - Mapa de uso e ocupação da bacia do Rio Pitimbu/RN

Fonte: SERHID, 2006

### **2.4.1. LEGISLAÇÃO REFERENTE AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

O Artigo 31 da Lei Nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997 (Brasil, 1997) prevê a integração dos poderes executivos dos municípios com as políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos.

Na gestão dos recursos hídricos torna-se fundamental a compatibilização entre a gestão do uso e ocupação do solo de uma divisão territorial-política, como por exemplo, do município com a gestão da bacia hidrográfica. O primeiro tem uma jurisdição que não obedece a um limite físico do escoamento como a bacia hidrográfica, enquanto que o segundo baseia a gestão da água na divisão da bacia, no entanto os dois possuem limites legais de responsabilidade.

No caso da bacia do Rio Pitimbu, no âmbito do uso do solo urbano, a drenagem urbana e os resíduos sólidos são de responsabilidade dos municípios pertencentes à Bacia (Macaíba, Natal e Parnamirim) enquanto ao abastecimento de água e sistema de esgoto sanitário cabe a companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN) e a Bacia através de seu comitê a responsabilidade de gestão dos recursos hídricos da Bacia do rio Pitimbu, ou seja, diversos órgãos devem consolidar suas ações quanto sua posição ambiental da bacia do rio Pitimbu.

Quanto ao uso e ocupação pela indústria o cadastro do Plano Integrado da bacia do Rio Pitimbu (SERHID,2006) enumera cerca de 55 unidades industriais, implantadas ou em fase de implantação, estão presentes na bacia, das quais 37 encontram-se localizadas no município de Macaíba e 18 Parnamirim e nenhuma em Natal. Em relação à Macaíba, das 37 instalações industriais existentes, 18 estão situadas no Centro Industrial Avançado do Rio Grande do Norte (CIA / RN), sendo que 09 encontram-se em fase de instalação ou paralisadas.

O Governo do Estado querendo atrair indústrias para o Rio Grande do Norte instalou o Centro Industrial Avançado (CIA), que ocupa uma área aproximada de 200 ha (1,44% da BHRP), localizada no município de Macaíba, conforme mostrado na figura 3, numa região de compartimentos geomorfológicos do Tabuleiro Costeiro, Vertente e Planície aluvionar assentado sobre uma superfície que apresenta cotas altimétricas entre 25 e 40 metros (FUNPEC, 1998).

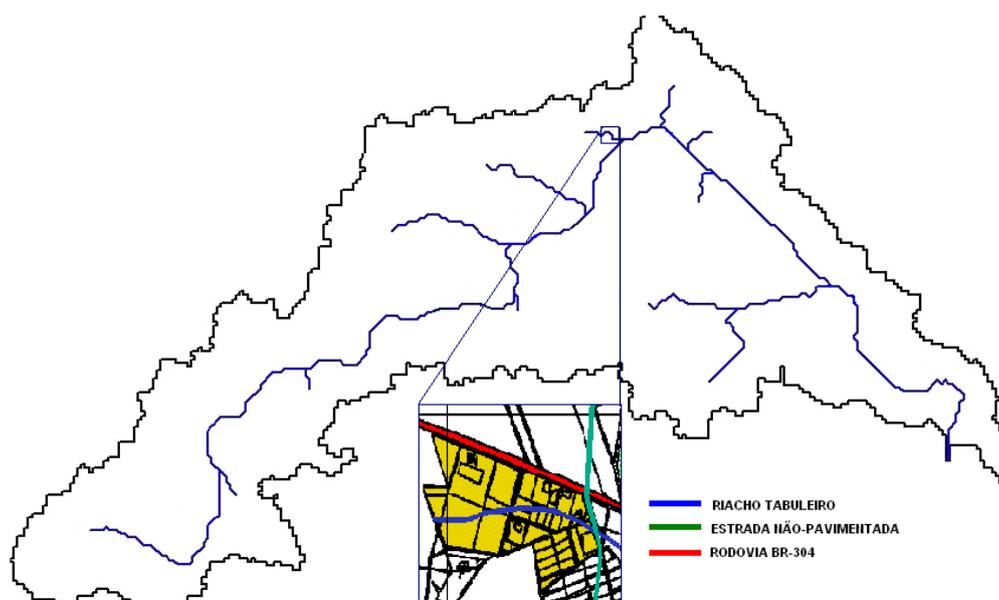


Figura 3 - Localização do Centro Industrial Avançado

Para a implantação do CIA aterrou-se um importante afluente do rio Pitimbu, o riacho Tabuleiro, situado na localidade de Moita verde no Município de Macaíba. Além de descaracterizar completamente a área, com significativo movimento de terra e aterramento do leito do rio e diminuição da disponibilidade hídrica para o abastecimento público de água da capital do Rio Grande do Norte.

Para Borges et al. (1999) a localização do sistema para tratamento de efluentes líquidos industriais (SITEL) implantado no CIA/RN constituiu-se a mais inadequada de todas as alternativas locacionais em decorrência da fragilidade ambiental da área e ao fato de aterrar um relevante rio contribuinte para o rio Pitimbu, assim também contrariando a Lei Federal N° 6.803, de 02 de julho de 1980 (Brasil, 1980), que trata sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição:

Conforme o Artigo 2º, as zonas destinadas a implantação de indústrias deverão:

I - Situar-se em áreas que apresentem elevada capacidade de assimilação de efluentes e proteção ambiental, respeitadas quaisquer restrições legais ao uso do solo;

II - Localizar-se em áreas que favoreçam a instalação de infra-estrutura e serviços básicos necessários ao seu funcionamento e segurança;

III - Manter, em seu contorno, anéis verdes de isolamento capazes de proteger as zonas circunvizinhas contra possíveis efeitos residuais e acidentes.

Outro problema grave apresentado ao longo do rio Pitimbu é a supressão da mata ciliar, sendo esta responsável pela filtragem de diversas substâncias (sedimentos, resíduos sólidos, nutrientes e produtos químicos) que alcançariam os cursos d'água e estabiliza a erosão das laterais dos canais, diminuindo os impactos dos pingos da chuva aumentando a absorção dos vegetais que cobrem o solo, diminuindo o escoamento superficial e aumentando a infiltração, impedindo ou dificultando, assim o assoreamento do rio. As matas ciliares apresentam também ação regularizadora nas vazões dos cursos fluvial devido ao favorecimento da infiltração das águas, principalmente nos regimes de cheias.

A Lei Federal Nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979 (Brasil, 1979) trata do parcelamento do solo, onde o artigo abaixo foi alterado pela Lei Nº 10.932 de 03 de Agosto de 2004 (Brasil, 2004) define:

Art. 4º - Os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

III - Ao longo das águas correntes (..) será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica;

No rio Pitimbu, a mata ciliar, ao longo do vale fluvial, apresenta sinais de degradação. Em alguns trechos, esta já demonstra sinais de muita destruição, em razão da grande extração de areia para atendimento da demanda por parte da indústria da construção civil.

A área da nascente se encontra parcialmente preservada. No entanto, as atividades antrópicas descaracterizaram, em parte, a vegetação primária.

No município de Macaíba ocorre um predomínio da atividade rural, caracterizada pela agricultura de subsistência, desenvolvida na planície de inundação e nos terraços pertencentes ao leito maior do rio Pitimbu, bem como pela agricultura que emprega a irrigação desprovida de planejamento e acompanhamento técnico, cuja finalidade primeira é a produção e comercialização de frutas.

A Resolução CONAMA Nº 303 de 20 de Março de 2002 (Brasil, 2002) define os parâmetros, definições e limites da Áreas de Preservação Permanente (APP). O Artigo 3º define a Área de Preservação Permanente a área situada:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- b) cinqüenta metros, para o curso d'água com dez a cinqüenta metros de largura;

c) cem metros, para o curso d'água com cinqüenta a duzentos metros de largura;  
d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;

e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;

(...)

II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinqüenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;

b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinqüenta metros;

A Resolução CONAMA Nº 04 de 18 de Setembro de 1985 já tinha definido leito maior sazonal como a calha alargada ou maior de um rio, ocupada nos períodos anuais de cheia;

Segundo o Plano Integrado da Bacia do Rio Pitimbu (SERHID, 2006) entre o km 7 e km 9,5 do Rio, há um número significativo granjas em suas margens, tornando também preocupante o processo de degradação do ambiente causado pela atividade agropecuária, principalmente o cultivo de capim, criação de bovinos e aves. No km 13,5 ao km 15 verifica-se o desenvolvimento da atividade agropecuária associada ao processo de ocupação urbana, especialmente na margem direita do rio, onde já existe um loteamento e outras áreas passíveis de serem loteadas. Pouco depois do km 15 se encontra o limite entre os municípios de Macaíba e Parnamirim, área de expansão urbana, tornando-se preocupante a falta de infra-estrutura, e a ausência de coleta regular de lixo, devido ao impasse criado entre as duas prefeituras. A falta de iniciativa dos governantes combinou no surgimento de vários pontos de lançamento de lixo, que durante período de chuva são carreados para o leito do Rio.

SERHID (2006) relata que em Natal, o curso do Rio se desenvolve inicialmente pelo km 23 no bairro Planalto e se estende até o km 27 no bairro Pitimbu em área urbana. Tal trecho corresponde a Zona de Proteção Ambiental - ZPA-3, conforme que mostrado na figura 4, juntamente com as demais Zonas de Proteção Ambiental do Município de Natal. Natal contempla as Zonas de Proteção Ambiental (ZPA's)

que ocupam as seguintes áreas e respectivos percentuais da BHRP: ZPA-3, com 1,47km<sup>2</sup> e a ZPA-4, com 0,14km<sup>2</sup>, cujos percentuais em relação à bacia são de 0,84% e 0,10%, respectivamente. Reunidas, abrangem apenas 2,44% da bacia hidrográfica como um todo.

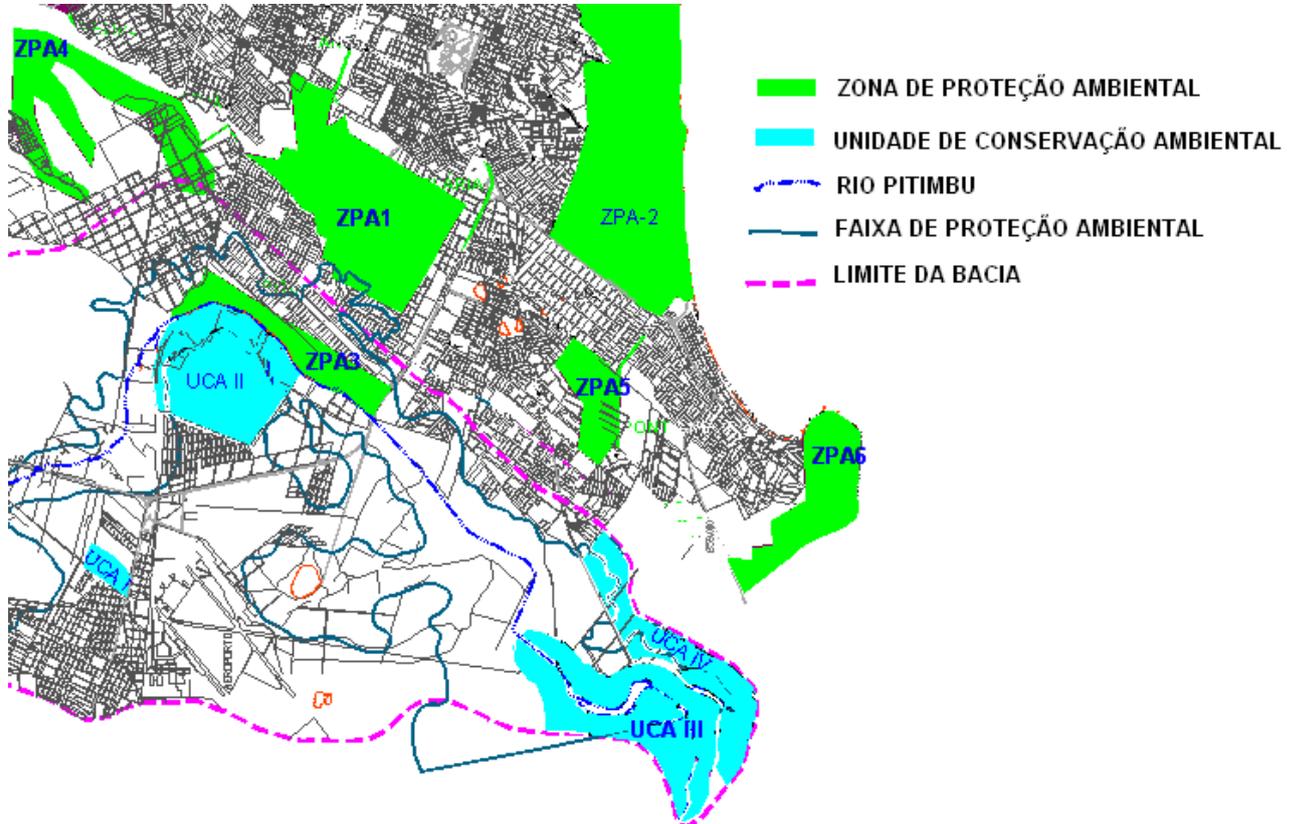


Figura 4 - Zonas de Proteção Ambiental do município de Natal, a Unidade de conservação ambiental do município de Parnamirim e a Faixa de proteção Ambiental determinando pela Legislação do Rio Grande do Norte. Fonte: Adaptação de SERHID (2006)

Oliveira (1999) concluiu em seu estudo que a Zona de Proteção Ambiental ZPA-3 sofre grandes impactos ambientais causados por um processo contínuo de especulação imobiliária tanto em seu entorno como na sua área interna, assim como se verifica a existência de uma expansão urbana direta em seu entorno. Também afirma que os depósitos de lixo e as queimadas são os principais fatores impactantes, visto que a legislação em suas três esferas hierárquicas não é cumprida quando não se efetiva uma fiscalização mais rigorosa e eficaz e verificam-se as populações que residem tanto no seu entorno como no seu interior, não são cientes de que a área onde eles se socializam, são Zonas de Proteção Ambiental.

Nas proximidades encontram-se vários conjuntos habitacionais construídos e em construção na área em pauta, com destaque para aqueles que se encontram nas proximidades da Av. Maria Lacerda Montenegro. Além desses empreendimentos, identificaram-se postos de gasolina e outros estabelecimentos comerciais e pequenas indústrias.

O conjunto habitacional Cidade Satélite implantado na década de 80 em uma área desprovida de Saneamento Básico situado sobre um vasto campo de dunas, assim possuindo um alto poder de infiltração, apresentando em alguns pontos elevada contaminação por Nitrato, podendo contaminar o aquífero livre, por conseguinte chegar ao rio Pitimbu.

Na área urbana, quando na proximidade com a periferia de Natal e Parnamirim, verificando um crescimento populacional em direção as suas margens. Em determinadas localidades as populações circunvizinhas utilizam o rio para lavagem de roupas, recreação, banho de animais entre outros (Oliveira, 1994).

O município de Parnamirim implantou somente apenas há pouco tempo atrás a Lei Nº 1.058 de Agosto de 2000 (Parnamirim, 2000), que estabelece o Plano Diretor da cidade de Parnamirim que dentre outras regulamenta o macrozoneamento ambiental do município.

Art. 25 - O Macrozoneamento Ambiental divide a totalidade do território do Município em duas zonas:

I - Zona Adensável – aquela adequada à urbanização, efetivamente ocupada ou destinada à expansão da cidade;

II. Zona de Proteção Ambiental – aquela de restrição à ocupação urbana que abrange as áreas de condições físicas adversas à ocupação intensa pelas condições geológicas, de cobertura vegetal ou de importância para a preservação dos corpos de água e espécies nativas da fauna e da flora.

Art. 26 - A Zona de Proteção Ambiental subdivide-se em:

I – Sub-Zona I - integra uma faixa de 60 m (sessenta metros) sobre cada uma das margens dos rios que cortam o Município, tendo como objetivo a proteção do ecossistema ribeirinho, a preservação da mata ciliar, o controle de poluição das águas e dos processos erosivos e de assoreamento;

II – Sub-Zona II - integra uma faixa de 240 m (duzentos e quarenta metros), subsequente à Sub-Zona I, seguindo cada uma das margens dos rios que cortam o Município, incorporando as porções do território municipal que contêm as reservas

de mata nativa de vegetação, tendo como objetivo minimizar os impactos sobre o ecossistema ribeirinho e mata ciliar e proteger as reservas nativas de vegetação.

Art. 46 - Distinguem-se como Unidades de Conservação Ambiental as seguintes porções do território do Município:

(...)

II - Unidade de Conservação da Lagoa do Jiqui - constituída pela reserva ambiental da EMPARN, destina-se à preservação e manutenção da mata ciliar e do ecossistema lagunar;

(...)

§ 2º. O plano de uso para a Unidade de Conservação da Lagoa do Jiqui deve preservar as características naturais de relevo e vegetação, podendo conter equipamentos de apoio à visitação turística, de pesquisa e de controle da exploração dos recursos hídricos do sistema de abastecimento de água do Município e da Região Metropolitana de Natal.

Em função da importância da água do rio Pitimbu quanto às suas características físico-químicas, permitindo a utilização no sistema de abastecimento d'água de Natal, pois este é o maior contribuinte da Lagoa do Jiqui, associado à vulnerabilidade dos sedimentos de natureza basicamente arenosa das áreas drenadas pelo Rio Pitimbu e o risco que a urbanização de suas margens proporcionada, no que tange à contaminação do aquífero livre e, conseqüentemente, das águas e o processo de degradação ambiental, provocado por desmatamentos e operação de cortes e aterro nas suas margens (gerando erosão e assoreamento), lançamento de esgoto clandestino, acúmulo de lixo, contaminação pela existência de despejos líquidos industriais in natura poluindo o aquífero e curso d'água, o Governo do Estado instituiu o Decreto Estadual Nº 14.920, de 02 de junho de 2000 (Rio Grande do Norte, 2000), que suspendeu o licenciamento pelo prazo de 180 (cento e oitenta dias) dias de qualquer empreendimento localizado às margens direita e esquerda, numa faixa de 300 (trezentos) metros a contar do eixo do Rio Pitimbu. Iniciando no dia 7 de junho de 2000, data de publicação no diário Oficial do Estado, com término no dia 4 de dezembro de 2000.

Para os empreendimentos já em processo de licenciamento, o Art. 2º regulamentou que valem os procedimentos adotados anteriormente pelo órgão ambiental competente.

Progressivamente, a Lei Nº 8.426, de 14 de Novembro de 2003 (Rio Grande do Norte, 2003) regulamenta a Faixa de Proteção Ambiental do Rio Pitimbu, apresentado na figura 5.

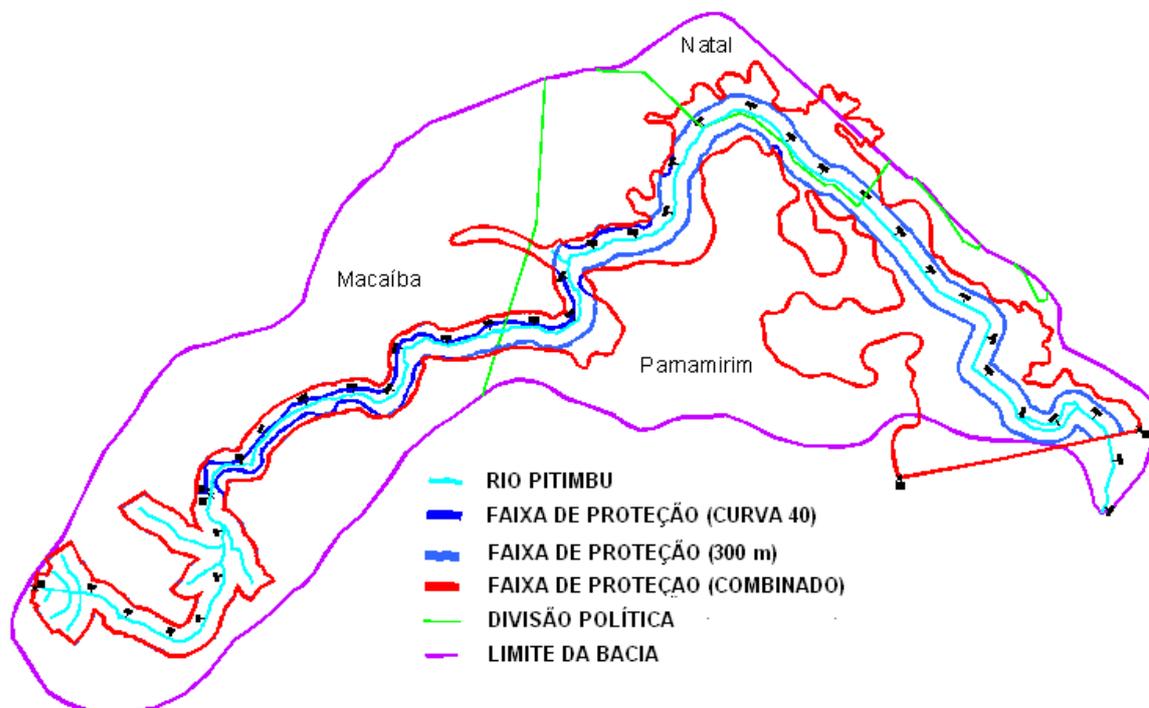


Figura 5 - Faixas de Proteção Ambiental da bacia do rio Pitimbu

Fonte: SERHID, 2006

Art. 4º A Faixa de proteção subdivide-se nas seguintes áreas:

I – Área de Preservação Permanente;

II – Áreas Passíveis de Uso e Ocupação.

§ 1º As Áreas de Preservação Permanente destinam-se, prioritariamente, à criação de unidade de conservação e aos usos estabelecidos em plano de manejo, compreendendo:

I – A vegetação ciliar, considerando-se uma faixa mínima de 100 (cem) metros para cada margem, medidos horizontalmente, a partir do leito maior sazonal do rio, seus afluentes e entorno das nascentes;

II – As áreas inundáveis situadas nas margens direita e esquerda do Rio Pitimbu em toda a sua extensão;

III – Os remanescentes da Mata Atlântica e dos seus ecossistemas associados;

IV – As dunas e demais unidades ambientais previstas na legislação em vigor.

§ 2º As Áreas Passíveis de Uso e Ocupação, a implantação de qualquer tipo de empreendimento está, obrigatoriamente, sujeita ao licenciamento ambiental pelos órgãos competentes.

Art. 5º Não será permitido o lançamento de efluentes líquidos de qualquer natureza no rio Pitimbu, mesmo que tratados.

§1º Fica estabelecida uma sub-faixa de 150 (cento e cinqüenta) metros, para cada margem, medidos, horizontalmente, a partir do leito maior sazonal do rio e seus afluentes, na qual não será permitida a utilização de efluentes líquidos, mesmo que tratados, para irrigação ou infiltração direta no solo.

§ 2º Os efluentes líquidos, após tratamento adequado, poderão ser reutilizados respeitada a sub-faixa definida no §1º deste artigo.

Art. 6º Fica proibida a disposição de resíduos sólidos urbanos, industriais e de outra natureza no solo, devendo os mesmos ser armazenados de forma adequada até o tratamento e destino final, fora da Faixa de que trata o art. 3º desta Lei.

Art. 7º Fica proibida, na Faixa de que trata o art. 3º desta Lei, a instalação de qualquer empreendimento que resulte no armazenamento de substâncias líquidas perigosas.

Art. 8º As atividades de bovinocultura, suinocultura, ovino/caprinocultura, eqüinocultura, avicultura, aqüicultura e similares não serão permitidas na Faixa definida no art. 3º desta Lei.

Constata-se a inexistência de marco de referência dos limites da faixa de proteção como fator que dificulta a assimilação por parte da população da delimitação e regulamentação quanto ao uso e ocupação do solo definida pela legislação.

Quanto ao município de Parnamirim observa-se a predominância de atividades urbanas, agravando-se pelo fato de tratar-se de uma expansão desordenada com a implantação de empreendimentos com características incompatíveis com a capacidade de suporte do ambiente utilizado.

O Bairro de Nova Parnamirim, pertecente ao município de Parnamirim e inserida na bacia hidrográfica do rio Pitimbu, passa por um processo de intensa expansão, descaracterizando a cobertura vegetal, com desmatamento e aterramento para implantação de loteamentos, construção de condomínios de casas e apartamentos e estabelecimentos comerciais e industriais. Essa área além de sua fragilidade ambiental, vem sendo agravada pois a mesma não dispõe de infra-estrutura de

saneamento associado com os impactos resultantes de sua ocupação, como por exemplo, a impermeabilização do solo, assoreamento do rio e interferência no micro-clima local.

SERHID (2006) realizou levantamento de 143 propriedades situadas às margens do rio Pitimbu envolvendo sítios, granjas, fazendas e indústrias. Algumas propriedades têm como principal atividade econômica a exploração pecuária (essencialmente a suinocultura) e agricultura de subsistência. Outras são de uso ocasional. Já as indústrias existentes operam em diversas áreas.

Segundo SERHID (2006) existem áreas bastantes preservadas, sendo algumas delas as áreas destinadas as áreas de militares, são elas: o Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CATRE), o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) e a estação de rádio Guarapes da Marinha, que juntas abrangem aproximadamente 16,51km<sup>2</sup>. A partir do km 17 o até km 19 há vários registros de degradação ambiental, como no caso de pontos de lançamento de lixo, valas de efluentes lançados a céu aberto próximo ao rio, desmatamento, entre outros. Entre o km 19 e km 21 a área do município passa a ter uma maior influência da atividade industrial dos mais variados tipos: papéis, água mineral, refrigerantes, sorvetes, entre outras. Foi observado ainda lançamento de efluentes líquidos a céu aberto procedente de residências e também da FEBEM e do km 21 ao km 23 a região próxima ao rio se constitui em área com melhor preservação, especialmente na margem esquerda, no terreno da Estação da Marinha. Contudo, ao se aproximar do limite municipal com Natal a situação é totalmente diferente. O desmatamento é considerável para a construção de condomínios residenciais, principalmente na margem mencionada SERHID (206).

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A Bacia do rio Pitimbu localiza-se na região do litoral oriental do Estado, entre os paralelos 5<sup>o</sup>50'00" e 5<sup>o</sup>57'53" de latitude Sul e os meridianos 35<sup>o</sup>11'08" e 35<sup>o</sup>23'19" de longitude Oeste de Greenwich, totalmente inserida na região metropolitana de Natal. O município de Natal, a capital do Estado, ocupa 12,66 km<sup>2</sup> (aproximadamente 10%) da Bacia do rio Pitimbu; Macaíba e Parnamirim, ocupando 54,46 km<sup>2</sup> (43%) e 59,53 km<sup>2</sup> (47%), respectivamente, drenando uma área total de 126,65 km<sup>2</sup>. A bacia do rio Pitimbu é uma sub-bacia da bacia do rio Pirangi, ocupando 27,62% da área total desta.

O rio Pitimbu tem comprimento de 33 km nasce no município de Macaíba, na comunidade de Lagoa Seca (sendo os 2 km iniciais não perenes) e deságua na Lagoa do Jiqui, no município de Parnamirim. Os 13 km iniciais do rio Pitimbu são de área rural, sendo totalmente inseridos no município de Macaíba, ao atingir o município de Parnamirim, a área apresenta uma maior ocupação em direção as margens, apresentando indústrias e aglomerações urbanas e no trecho que compreende a cidade de Natal apresenta em sua margem esquerda zona de proteção ambiental.

### 3.1. CLIMA

A Bacia do rio Pitimbu, segundo a classificação de Köpen, apresenta características de clima Tropical chuvoso (As'). O regime pluviométrico da região caracteriza-se por apresentar uma concentração das chuvas no primeiro semestre do ano, e uma variação em anos alternados de seus totais. O trimestre mais chuvoso é o de março/maio, respondendo por 44,8% da precipitação anual.

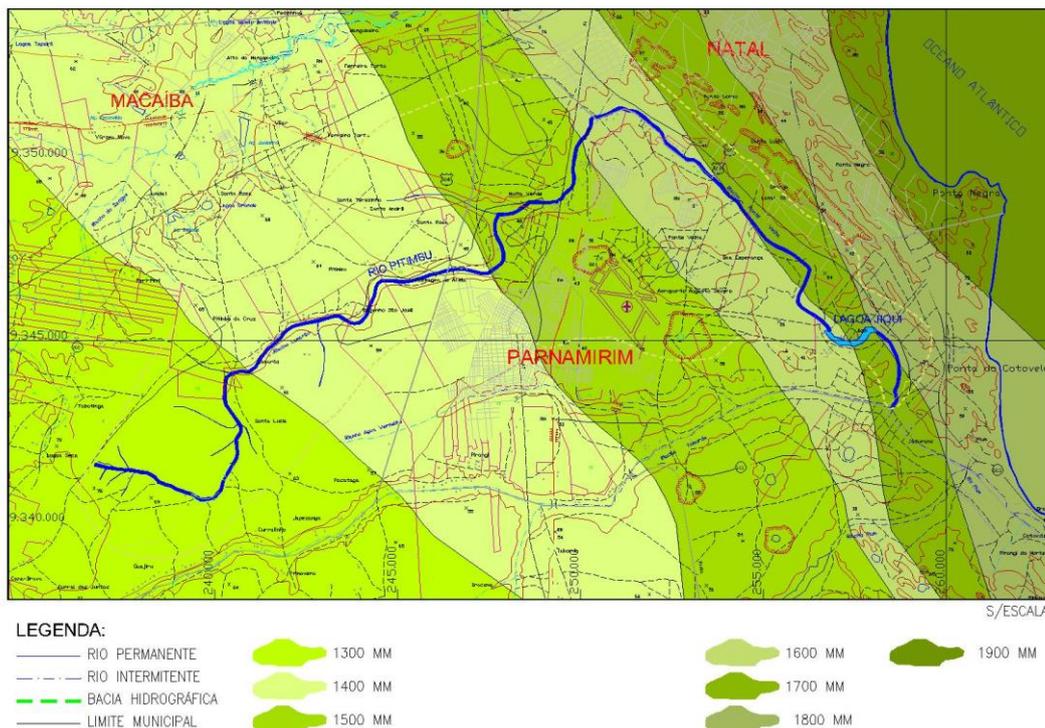


Figura 6 - Mapa de isoietas anuais para a bacia do rio Pitimbu

Fonte: SERHID, 2006

No semestre fevereiro/julho este índice atinge 79,9%. Nos totais anuais de precipitação, a bacia apresenta maiores valores na sua porção Leste reduzindo ao afastar-se do litoral, em direção ao Oeste, conforme mostrado na figura abaixo. Os

meses mais secos são outubro, novembro e dezembro, com o total de precipitação, em média, abaixo de 40mm (FUNPEC, 1998). Tendo como característica o período úmido os meses de Março a julho e seco indo de Agosto a Fevereiro.

Os ventos sopram predominantemente da direção Sudeste e Leste. Nos meses de Maio e Setembro predominam os ventos de Sudeste, já os ventos de Leste predominam nos demais meses. Ao longo do ano a umidade relativa é alta em razão da proximidade do mar e dos ventos carregados de vapor d'água do oceano, que sopram constantemente em direção ao continente (Silva, 1996).

A bacia em tela exibe uma pequena amplitude térmica em relação às médias mensais ao longo do ano. Silva (1996) relata que essa pequena amplitude é consequência da baixa latitude, da proximidade do mar e da baixa altitude.

Em síntese, a região apresenta no quadro 7 os seguintes indicadores na caracterização climática (SERHID, 2006):

Quadro 7 - Caracterização das variáveis climáticas da Bacia do rio Pitimbu

<b>variáveis</b>	<b>Valores</b>
Pluviosidade média anual	1.380 mm
Temperatura do ar média das Máximas	32,7°C
Temperatura do ar média das Mínimas	21,8°C
Temperatura do ar média anual	25,4°C
Temperatura do ar máxima absoluta	34,1°C
Temperatura do ar mínima absoluta	16,3°C
Umidade relativa média anual	79,3%
Evaporação total anual	1.553,5mm
Insolação total anual	2.677,2 h
Pressão atmosférica	1.004,8 hPa
Velocidade média anual dos ventos	4,9 m/s

### **3.2. GEOMORFOLOGIA**

De acordo com a SERHID (2006) esta apresenta as seguintes unidades geomorfológicas:

#### *a) Tabuleiros costeiros*

A região na qual se encontra a referida bacia apresenta um panorama geomorfológico, cujas características topográficas correspondem a altitudes que variam entre 4 e 100 metros acima do nível do mar, as quais exibem uma superfície

com interflúvios de topos aplainados, recobertos por sedimentos arenosos. Esses depósitos representam as formas geomorfológicas de dunas; nas áreas próximas ao canal fluvial, constata-se a existência das vertentes e terraços. Embutida aos Tabuleiros Costeiros encontra-se encaixada à planície fluvial, associada aos sedimentos arenosos da Formação Barreiras.

Os Tabuleiros Costeiros, localizadas a margem esquerda do rio Pitimbu na área de Natal, onde a topografia é plana a suavemente ondulada, encontram-se, sobre a mesma, os vales fluviais.

#### *b) Vertentes*

As vertentes de vales fluviais encaixados no Tabuleiro Costeiro, pertencentes ao vale do rio Pitimbu, encontram com parte de suas encostas inseridas ao longo do canal fluvial, fazendo parte da drenagem pluvial aberta, que escoam para o vale do rio citado. As feições topográficas existentes nessas unidades apontam a necessidade de preservar a formação vegetal, um dos requisitos de controle à erosão.

#### *c) Leito recente e sub-recente*

Essa unidade compreende a planície de inundação abandonada, ou seja, os terraços e a planície de inundação. Do alto para o médio curso verifica-se uma superfície com suave inclinação, situada acima do nível atual do rio, não sendo atingidos pelas águas durante as enchentes.

#### *d) Dunas*

Essa forma de relevo apresenta altitudes entre 20 e 100 metros e configuram o modelado das encostas, que delimitam a margem esquerda do rio Pitimbu, formando o Domínio Geoambiental Litorâneo Eólico, o qual se insere em baixo topográfico e baixo estrutural, constituído por Areias Quartzosas, apresentando diferentes colorações, geralmente são de cores vermelha, creme e esbranquiçada. Localmente, evidencia-se uma superfície constituída por Dunas com formas parabólicas sub-recentes, com modificações para longitudinais arrasadas.

Em linhas gerais, essa forma de relevo é recoberta por vegetação de Tabuleiro Litorâneo do tipo arbóreo ou herbáceo, apresentando-se em algumas porções da paisagem uma fisionomia aberta, e às vezes fechada.

### 3.3. FORMAÇÕES GEOLÓGICAS

A geologia da área da bacia do rio Pitimbu, conforme mostrado nas figuras 7 e 8 compreendem três formações: Barreiras, Depósitos eólicos e Aluviões, apresentando uma estratigrafia constituída por rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino, sobrepostos por sedimentos areníticos e calcários com idade geológica Mesozóica e período Cretáceo (SERHID, 2006)

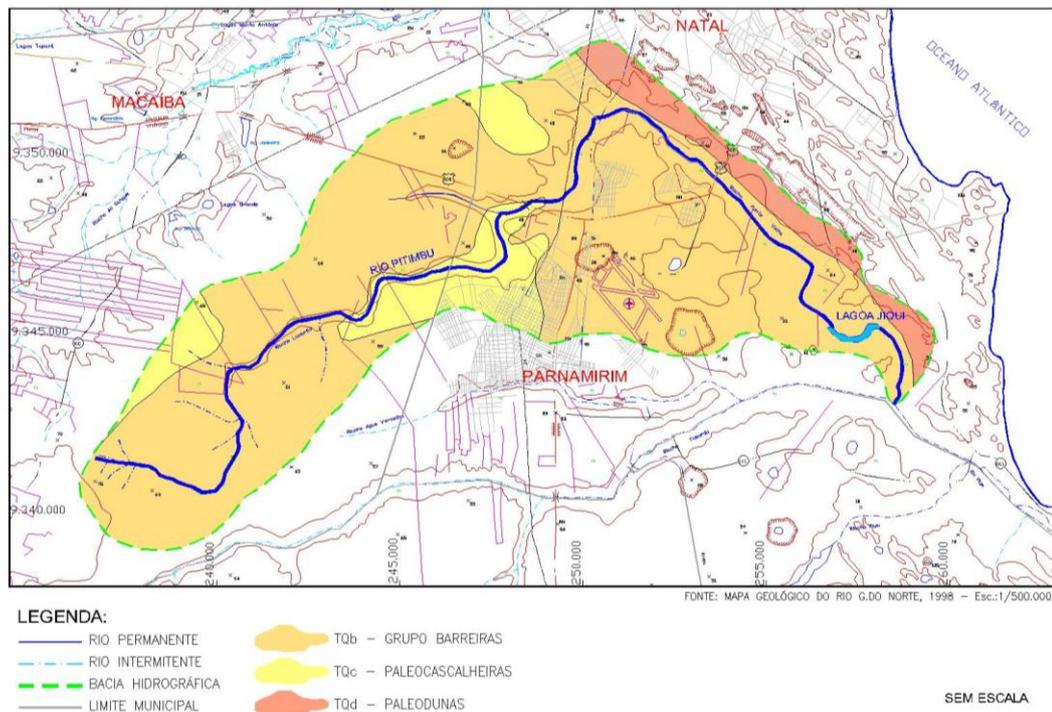


Figura 7 - Mapa geológico da bacia do Rio Pitimbu

Fonte: SERHID, 2006

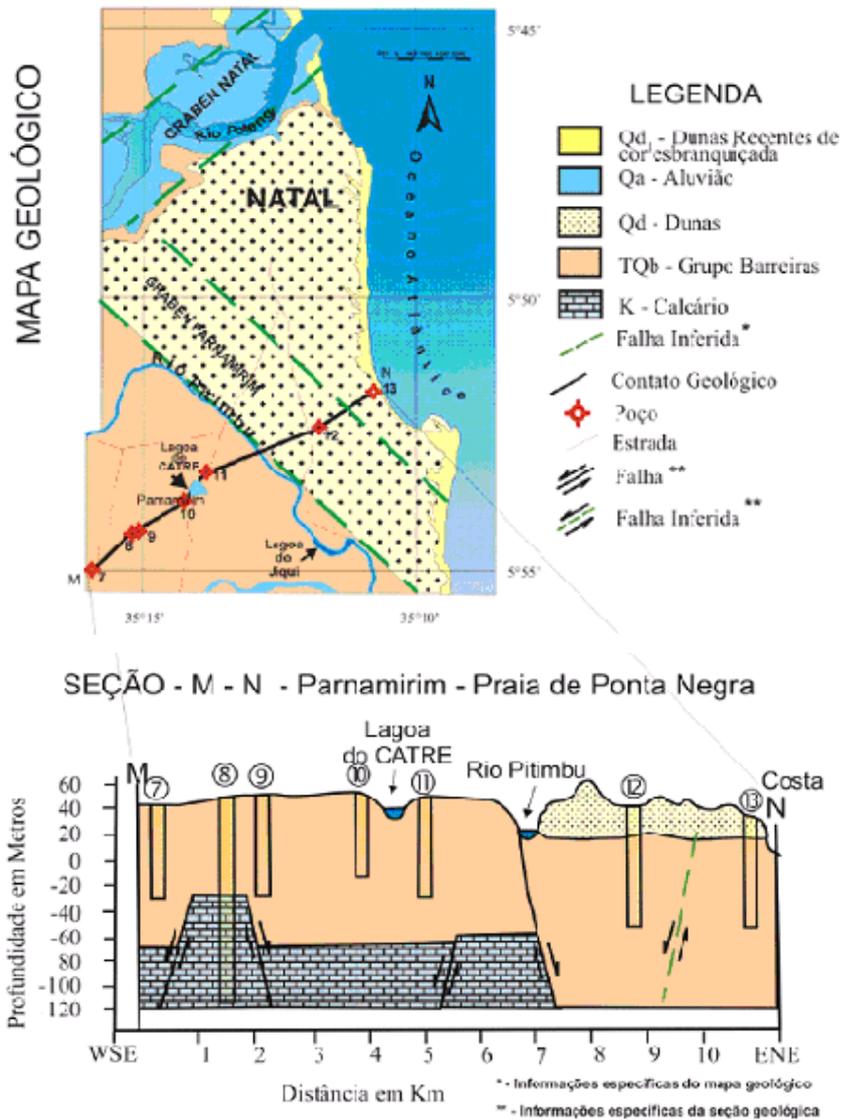


Figura 8 – Mapa geológico e Seção.

Fonte: Costa & Salim (1972) apud Borges (2002).

### 3.4. RELEVO

O relevo caracteriza-se pela existência de duas áreas distintas, a parte alta da bacia tem altitudes variando entre as cotas 180 e 45, sendo a declividade média de 2,30m/km. Já a parte baixa, apresenta altitudes que variam de 4 a 45m, com declividade de 0,29 m/km (figura 9) A bacia possui uma declividade média de 1,03m/km (SERHID, 2006).

Na nascente do rio Pitimbu, a superfície suave não apresenta rupturas de declividade claramente identificáveis (figuras 10 e 11). Nessa zona os solos apresentam-se com elevado teor de umidade os quais oferecem a manutenção do

escoamento por uma planície ampla, cujo rebaixamento das vertentes é acentuado com ocorrência de perfil transversal suave, onde é imperceptível a passagem entre a planície e a vertente (Silva, 1996).

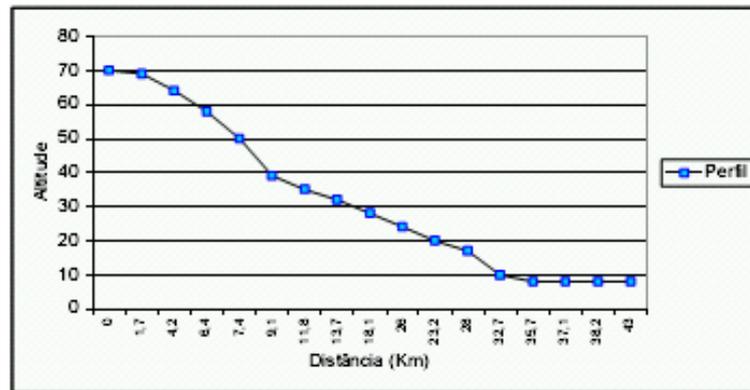


Figura 9 - Perfil longitudinal do leito principal do rio Pitimbu, sentido nascente-foz

Fonte: Silva, 1996

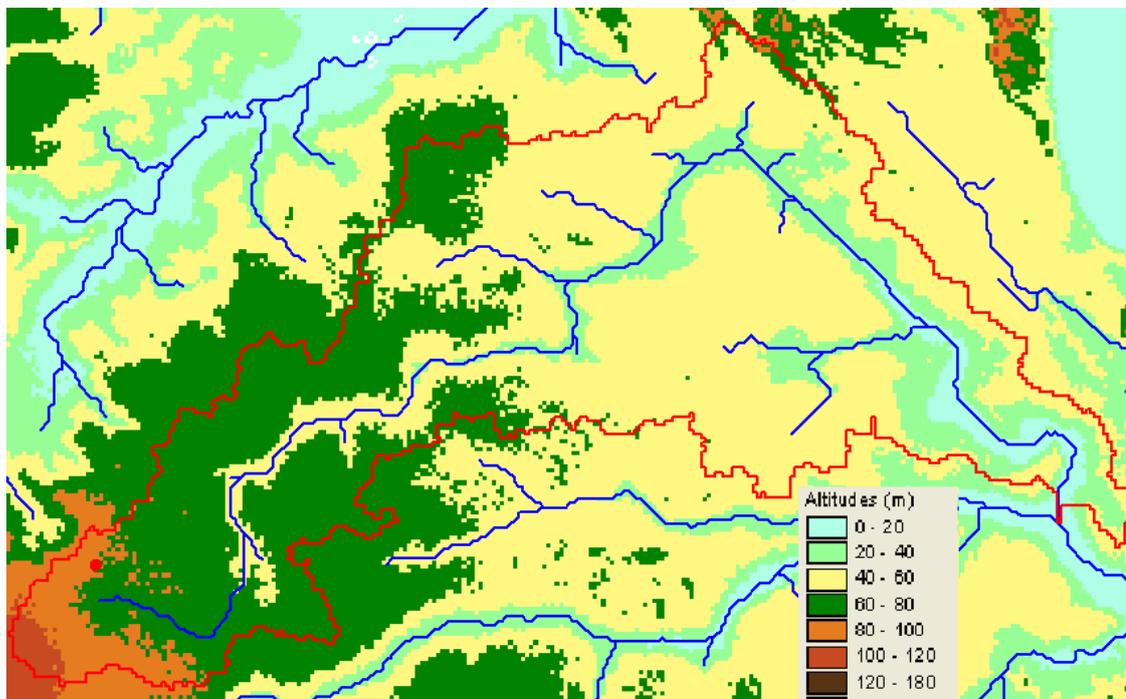


Figura 10 - Modelo Digital do Terreno da bacia do rio Pitimbu

Fonte: USGS (2006) tratado no Arcview

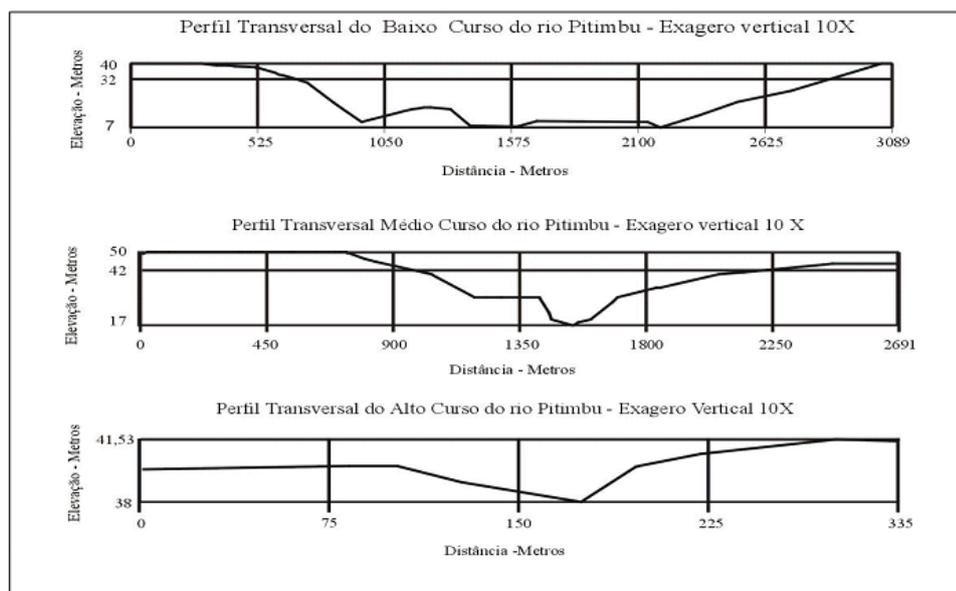


Figura 11 - Perfis transversais de alguns trechos do rio Pitimbu

Fonte: Silva, 1996.

### 3.5. SOLOS

A pedologia da BHRP é de solos bastantes intemperizados, relacionados ao clima da região, bem como ao material de origem.

Os solos da Bacia do rio Pitimbu são bastante intemperizados, relacionados ao clima da região, bem como ao material de origem. Os latossolos são os de maior expressão na área da Bacia do Pitimbu, que ocorrem associados aos tabuleiros do grupo Barreiras nas regiões de alto e médio curso da bacia. Na região de baixo curso, já próximo ao litoral observa-se o predomínio das Areias Quartzosas Distróficas (Silva, 1996).

Os latossolos são solos profundos, ácidos, muito porosos, de textura arenosa a média, bem drenada. São bastante resistentes à erosão devido à baixa mobilidade da fração argila e a sua elevada permeabilidade e bastante lixiviados. Como limitações ao uso agrícola apresentam baixa fertilidade natural e acidez, exigindo adubações e calagens.

Aparecem, ainda, com pouca representatividade geográfica, coberturas arenosas podzolizadas margeando o vale do rio Pitimbu. Elas margeiam o vale do Pitimbu e apresentam textura arenosa na superfície e argilosa nos horizontes inferiores. Ocorrem em relevo plano à suave ondulado, estando sujeitas a alagamentos (Silva, 1996).

As areias quartzosas distróficas são solos profundos, muito arenosos, excessivamente drenados, ácidos e de fertilidade natural muito baixa, exigindo doses elevadas de adubações e calagens. O aproveitamento hidroagrícola destes solos pode alcançar boas produtividades, desde que corrigidas suas limitações.

Os solos identificados nas áreas de maior declividade existentes ao longo da microbacia estudada são os argissolos (podzólico Amarelo) associados à Neossolos quartzarênicos (areias quartzosas). O latossolo amarelo e os neossolos quartzarênicos ocorrem nas porções mais planas da paisagem analisada. Na região do baixo Pitimbu, os Neossolos Quartzarênicos são solos que podem ser encontrados isolados ou associados ao Latossolo Amarelo. Quando isolados, encontram-se nas porções do relevo que apresentam maior declividade (Silva, 1996).

### **3.6. VEGETAÇÃO**

A vegetação primária da bacia caracteriza-se por floresta subperenifólia, densa, possuindo folhas largas e em grande quantidade que se mantêm sempre verdes e os troncos costumam ser delgados. Esta vegetação vem sendo substituída por uma vegetação secundária resultante da intervenção humana pela implantação de plantas cultivadas e a retirada devido à expansão da zona urbana (SERHID, 2006).

### **3.7. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

O rio Pitimbu está inserido no aquífero Dunas/Barreiras que forma, no conjunto, um sistema hidráulico único, onde não ocorrem separações entre eles. As dunas localizam-se na parte superior, comportando-se como elemento de transferência no qual as águas se infiltram em direção às camadas mais profundas, o Barreiras. Geralmente, comporta-se como livre, podendo apresentar semiconfinamentos locais e ocorrendo variações sazonais no nível potenciométrico. Apresenta vulnerabilidade à poluição de elevada a muito elevada dado à excessiva permeabilidade dos solos arenosos. Devido às características do aquífero Dunas/Barreiras devido à interface entre os mananciais subterrâneos e superficiais, o uso e a ocupação irregular e desordenada nestas regiões proporcionarão fortes impactos na qualidade das águas superficial e subterrâneas (Melo júnior, 1995).

Melo Júnior (1995) relata que o fluxo subterrâneo em direção ao Rio Pitimbu tem gradiente médio da ordem de 0,66% tendo uma frente de escoamento de 10 km em direção ao rio, sendo estimado uma descarga do fluxo subterrâneo da ordem de  $23,5 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano}$ .

Lucena (2004) afirma que no domínio dos tabuleiros litorâneos predomina o aquífero Barreiras, que apresenta caráter semi-confinado a confinado. Constitui exceção o afloramento existente no leito do rio Pitimbu, que apresenta características de aquífero livre, funcionando como zona de descarga e recarga do aquífero, o que contribui para que o rio tenha regime perene. A zona principal de recarga está situada nos setores sul e sudeste do município de Natal, incluindo a faixa Planalto, San Vale e Ponta Negra, na região de Natal (figura 12) e a região na altura da cidade de Parnamirim (figura 13), a partir das quais se originam as principais frentes de escoamento subterrâneo. A grande zona de descarga abrange o “binômio” Rio Pitimbu – Taborda/Pirangi, incluindo aí a lagoa do Jiqui e a região do Baixo Pitimbu.

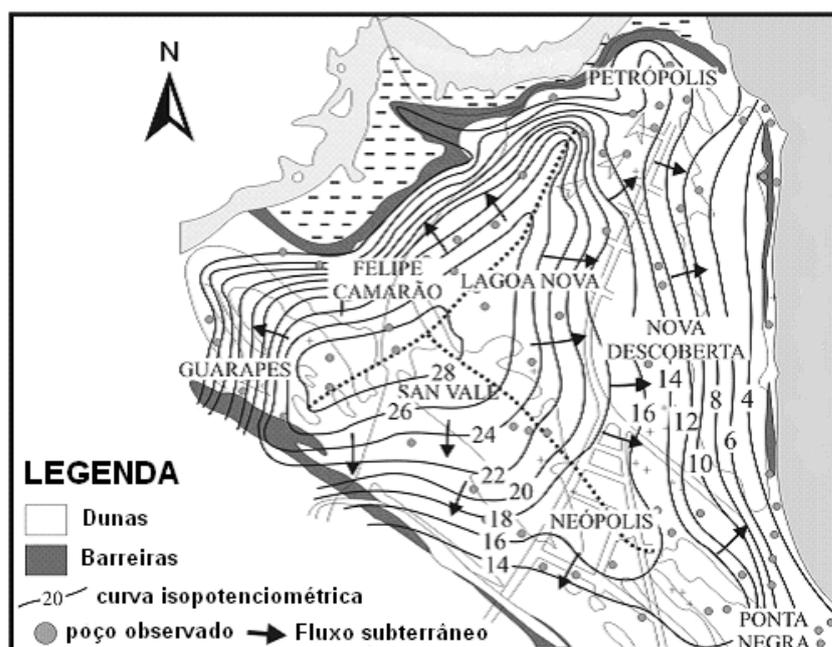


Figura 12 - Mapa Potenciométrico e comportamento do fluxo subterrâneo do Sistema Aquífero Dunas Barreiras na Zona Sul da Cidade de Natal.

Fonte: Melo Júnior, 1995

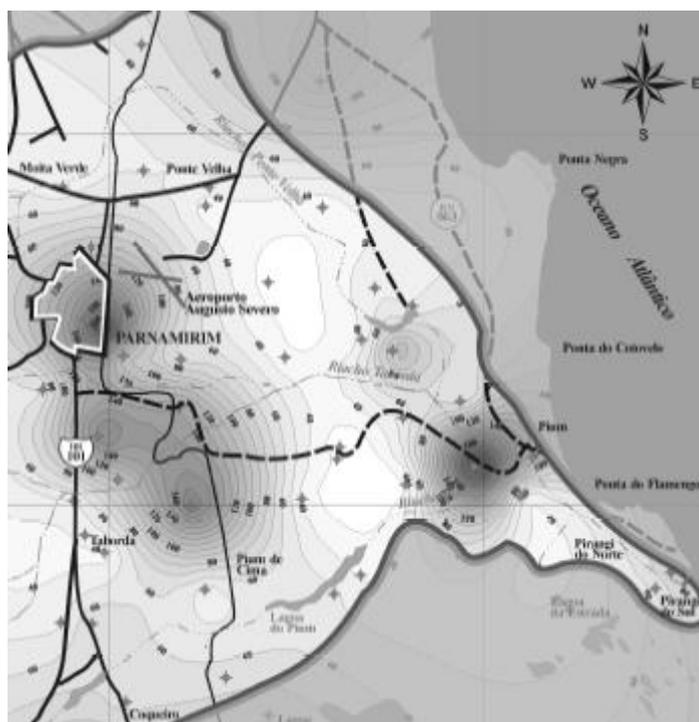


Figura 13 - Mapa de condutividade elétrica do Aquífero Barreiras no setor oriental da bacia do rio Pirangi

Fonte: Lucena (2004)

No domínio dos tabuleiros litorâneos predomina o aquífero Barreiras, que apresenta caráter semi-confinado a confinado. Constitui exceção o afloramento existente no leito do rio Pitimbu, que apresenta características de aquífero livre, funcionando como zona de descarga e recarga do aquífero, o que contribui para que o rio tenha regime perene.

Tabela 10 - Tipos de água do Aquífero Barreiras

Tipo de água	Nº de poços	% total
<b>Cloretadas</b>	122	62,24
Cloretadas sódicas	100	51,02
Cloretadas	4	2,04
Magnesianas Cloretadas cálcicas	18	9,18
<b>Bicarbonatadas</b>	62	31,64
Cálcica	13	6,63
Magnesianas	03	1,54
Sódicas	16	8,16
Mistas	30	15,31
<b>Cloretadas e Bicarbonatadas</b>	12	6,12
<b>Total</b>	<b>196</b>	<b>100,0</b>

Fonte: SERHID, 2006

O Aquífero Barreiras da porção que corresponde aos Vales Úmidos são formados pelos cursos perenes da Bacia do rio Pirangi. As águas subterrâneas do aquífero Barreiras apresentam uma predominância de águas do tipos cloretadas (62,24%), seguidas pelos tipos bicarbonatadas (31,64%), conforme demonstrado na tabela 10.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. TRABALHO DE CAMPO

O grau de poluição e contaminação da água pode ser medido pelas características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes, sendo possível identificá-las por parâmetros de qualidade das águas físico-químicos e biológicos (Von Sperling, 1996).

No intuito de fazer a análise da confiabilidade dos dados de qualidade de água das variáveis físicas, químicas e biológicas fornecidos pelos órgãos atualmente foram realizadas coletas de amostras em determinados pontos durante três campanhas abrangendo desde o mês de Novembro de 2006 a Fevereiro de 2007 e comparando com os dados obtidos no mesmo período pelos referidos órgãos. Valendo salientar que, os valores de variáveis de qualidade da água possuem compatibilidade com os valores fornecidos pela CAERN.

No levantamento foram monitorados 4 pontos (LAM, PVI, PVE e EMPARN), conforme as informações do Quadro 8 e a localização da figura 14. Nesses pontos foram coletadas amostras de água para investigação das variáveis físico-químicas (alcalinidade de bicarbonato, condutividade elétrica, cor, DBO, dureza total, fósforo total, Nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez, temperatura, cálcio, cloreto, ferro, magnésio, manganês, potássio e sódio), biológicas (coliformes fecais) e metais pesados (alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco).

Quadro 8 - Pontos de amostragem para metais pesados e algumas outras variáveis

Ponto	Sigla	Latitude	Longitude	Dist. (Km)
Lamarão	LAM	240.494	9.344.044	6.953,40
Passagem do vigário	PVI	246.048	9.346.838	14.238,79
Ponte Velha	PVE	253.700	9.349.372	26.416,46
EMPARN	EMPARN	256.577	9.345.550	31.764,10

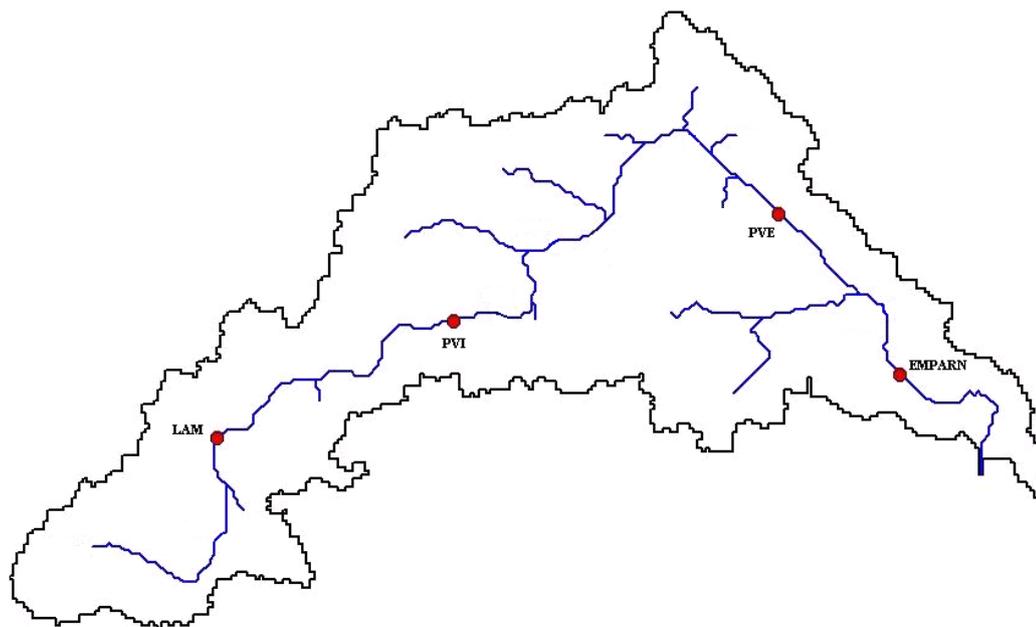


Figura 14 - Esquema dos pontos de campo para coleta de água

As amostras foram coletadas em frasco de polietileno de 2000 mL de amostras para cada ponto, coletadas a 10 cm de profundidade a partir da superfície, nos quatro pontos, indicados na figura 14, ao longo do rio. Após coletadas, as amostras eram preservadas em caixa térmica contendo gelo, da qual após o final das coletas eram conduzidas ao laboratório. Foram tomados alguns cuidados na coleta e preservação das amostras:

- a) Antes de coletar a amostra, procedeu-se a lavagem do recipiente de coleta duas a três vezes com a própria amostra, exceto nos casos da análise microbiológica;
- b) A amostra foi coletada no centro do canal onde a velocidade é maior e mínima a possibilidade de sedimentação e influência das margens;
- c) Evitou-se coletar na superfície, pois poderia favorecer a retirada de material flutuante;
- d) A coleta deu-se com frasco de volume suficiente de amostra para possível necessidade de repetição de alguma análise no laboratório e para o atendimento das diversas análises procedidas;
- e) Os frascos de coleta foram preenchidos completamente, com exceção dos frascos destinados às análises microbiológicas, onde devia deixar um espaço livre;
- f) Os equipamentos de medição “in situ” foram devidamente calibrados com as respectivas soluções padrões de referência.

As medidas de preservação recomendadas em cada caso foram seguidas cuidadosamente, principalmente com amostras contendo compostos orgânicos e metálicos, nas quais a concentração é muito pequena e os resultados da análise podem ser totalmente distorcidos, que de acordo com Santos et al (2001) se torna conveniente que, para cada variável, sejam tomadas os cuidados específicos, descritos na literatura indicada, especialmente baseado no método analítico.

Com o objetivo de que não houvesse alterações significativas das amostras de água foram utilizadas técnicas de preservação das amostras, como acidificação da amostra para análise de metais pesados, além de coleta em frasco âmbar, evitando reações dos mesmos e no oxigênio dissolvido acrescenta soluções (sulfato manganoso e iodeto de azida) para a preservação do oxigênio contido na amostra e utilização de frascos autoclavados para a coleta de amostras destinadas a determinação de coliformes fecais presentes. Porém a técnica mais utilizada para preservar as propriedades da amostra consistia na sua refrigeração, método que, minimiza o potencial de volatilização dos gases dissolvidos e reduz atividades microbiológicas. Este método possui vantagens por causa da facilidade de aplicação e baixo custo e insignificante interferência na maioria das determinações.

As amostras foram enviadas ao laboratório dentro do prazo recomendável para a realização para análise das amostras.

### **Material e equipamentos utilizados no levantamento de campo**

- Frasco de polietileno de 2000 mL;
- Frasco âmbar para a coleta dos metais pesados;
- Frasco de autoclave para análise microbiológica, submetida à temperatura de 121°C e à pressão de 1 atm no período de 30 minutos;
- Medidor multiparâmetro portátil Marca: Hach Modelo: sension 156
- Caixas de isopor com gelo para conservação das amostras;
- Frasco de água destilada;
- Pipeta;
- Piceta;
- Pêra para sucção;
- Balde;
- Soluções para preservar amostra de oxigênio dissolvido.

- Canetas marcadores
- Planilha para anotações;
- Prancheta;
- GPS Garmin e-trex;
- Máquina Fotográfica Digital;

Todas as informações referentes à coleta de campo foram anotadas, sendo elas:

- 1) Identificação da amostra (nome do ponto, profundidade coletada);
- 2) Data, hora e local (coordenadas geográficas) da coleta;
- 3) Dados das variáveis medidas "*in situ*" (pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e temperatura);

#### **4.2. PROCEDIMENTOS LABORATORIAS**

Os procedimentos de coleta, preservação, preparação e análise das amostras seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995). Para a quantificação da qualidade de água foram utilizados os seguintes Métodos de determinação das variáveis:

Fósforo – Digestão preliminar (ácido nítrico e sulfúrico) / Colorimétrico;

Oxigênio dissolvido – Método Iodométrico modificado com azida;

Cor aparente – Método espectrofométrico;

Turbidez – Método Nefelométrico;

pH – Método Potenciométrico ou eletrométrico;

Condutividade Elétrica – Equipamento Multifunção (condutivímetro);

Sólidos Totais dissolvidos – Multifunção;

Coliformes fecais – Técnica da membrana filtrante;

Temperatura – Termômetro de contato (equipamento Multifunção);

Alcalinidade – Método Potenciométrico

Dureza total – Titulométrico do EDTA;

Cloreto – Argentométrico;

Sulfato – Método turbidimétrico;

Demanda bioquímica de oxigênio – Teste do DBO a 5 dias, 20 °C;

Nitrogênio Amoniacal – destilação preliminar/ titulométrico (titrimétrico);

Nitrito – Método colorimétrico;

Nitrato - Método Salicilato de Sódio (Rodier, 1981)

Para a determinação de metais pesados ocorreu à contratação do Laboratório de Análise de Água do Centro Federal de Ensino Tecnológico do Rio Grande do Norte (CEFET/RN), determinados pelo Método de Espectrofotometria de Absorção atômica. Modelo 220AA, Varian. Foram avaliadas as seguintes variáveis: alumínio, cádmio, cálcio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel, potássio, sódio e zinco.

Os resultados de todas as variáveis analisadas na presente pesquisa são apresentados no Anexo I. Na quantificação das variáveis conforme os métodos mencionados acima foram utilizados equipamentos relacionados no Quadro 9.

Quadro 9 - Equipamentos utilizados na determinação da qualidade da água

Variável	Equipamentos utilizados
Alcalinidade	a) Titulador automático Marca: schoff Modelo: Tritoline alpha b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg
pH	a) Medidor multiparâmetro portátil Marca: Hach Modelo: sension 156 Limite: 2 -19,99 Resolução: 0,1 b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg
Sólidos totais dissolvidos	a) Medidor multiparâmetro portátil Marca: Hach Modelo: sension 156 Resolução: 0,1 mg/l (0-199) / 1 mg/l (200-1999) Precisão: $\pm 0,5$ % do limite b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg
Condutividade Elétrica	a) Medidos multiparâmetro portátil Marca: Hach Modelo: sension 156 Limite: 20-199,9 $\mu\text{s/cm}$ Precisão $\pm 0,5\%$ do limite 200-1999 $\mu\text{s/cm}$ Resolução: 0-19,99 $\mu\text{s/cm}$ 20-199,9 $\mu\text{s/cm}$ 200 -1999 $\mu\text{s/cm}$ b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg
Temperatura	a) Medidos multiparâmetro portátil Marca: Hach Modelo: sension 156 Resolução: 0,1 °C Precisão: $\pm 0,3$ °C (0-70 °C) / $\pm 1,0$ °C 970-110 °C) b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg
Cor aparente Nitrito Sulfato	a) Espectrofotômetro B542 Micronal Modelo: Versão v.1.0.2 Região espectral; 325 a 1000 nm Resolução da leitura ( $\lambda$ ): 1nm Precisão: $\pm 2$ mm Modo de leitura: Absorbância b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg

Variável	Equipamentos utilizados
Fósforo total Nitrato	a) Espectrofotômetro B542 Micronal Modelo: Versão v.1.0.2 Região espectral: 325 a 1000 nm Resolução da leitura ( $\lambda$ ): 1nm Precisão: $\pm 2$ nm Modo de leitura: Absorbância b) chapa aquecedora teflonizada Marca: Tecnal Modelo: TE-018 Limite: 0 - 300 °C c) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg
Turbidez	a) Turbidímetro Marca: Tecnal Modelo: Tecnopon Versão: 3.9 Precisão: 1% do valor b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg
Coliformes fecais	a) Bomba à vácuo Marca: TECNAL Modelo: TE-0581 Vazão: 35 l/s limite: 0 a $\pm 620$ mmHg b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg
Nitrogênio Amoniacal	a) Destilador de Nitrogênio Marca: Tecnal Modelo: TE-063 Rendimento da destilação: $\pm 30$ ml / min Temperatura da destilação: 26 °C b) Balança Analítica Marca: Tecnal Modelo: B-TEC 210A Capacidade: 210 g Resolução: 0,1 mg

#### 4.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Especialmente, as estações de monitoramento apresentam uma boa distribuição, representando as características físicas, químicas e biológicas conforme os diferentes uso e ocupação do solo e fontes de poluição presentes na bacia presente na bacia conforme SERHID (2006). Estes pontos distribuídos ao longo do rio Pitimbu, suas informações são sintetizados no Quadro 10 e mostrados na Figura 15.

Quadro 10 - Informações sobre a localização dos pontos estudados.

Nº	Ponto	Sigla	Latitude	Longitude	Localiz. (km)
1	Faz. Lagoa Seca	FLS	240.500	9.341.611	4.413,37
2	Lamarão	LAM	240.494	9.344.044	6.953,40
3	Passagem do vigário	PVI	246.048	9.346.838	14.238,79
4	Moita Verde	MVE	248.446	9.348.712	18.596,57
5	Jusante a INPASA	JINPASA	251.718	9.351.148	23.625,45
6	Ponte Velha	PVE	253.700	9.349.372	26.416,46
7	Faz. Olavo Montenegro	FOM	256.242	9.347.100	30.019,94
8	EMPARN	EMPARN	256.577	9.345.550	31.764,10

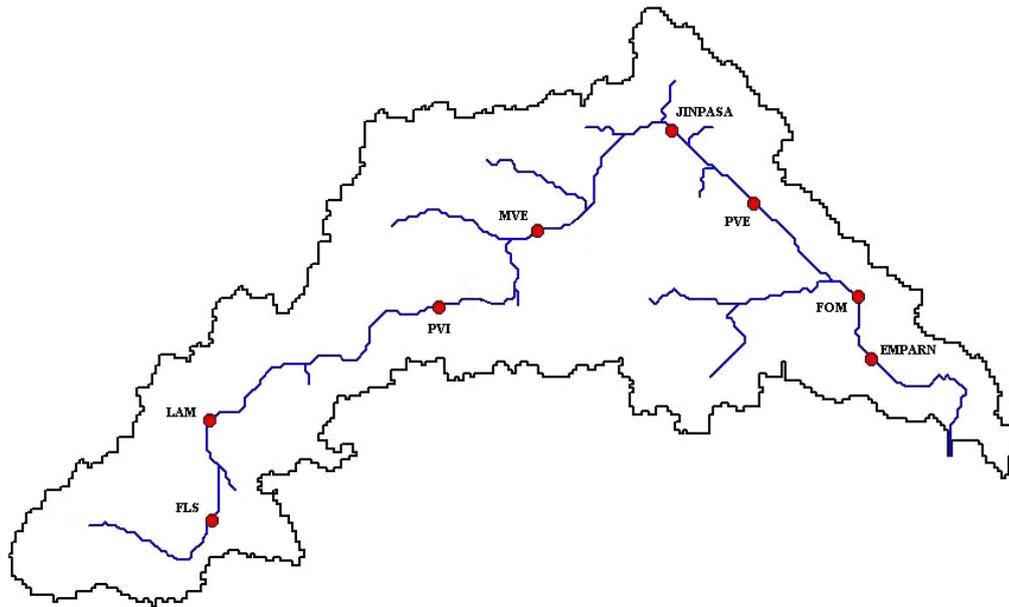


Figura 15 - Localização dos pontos de amostragem estudadas na Bacia do rio Pitimbu

Para a análise estatística foram coletados e tratados os dados de qualidade de água levantados neste trabalho, por Oliveira (1994), Gabriel et al (2000) e da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN, 2006). Como este último ainda não publicado, os seus valores se encontram no anexo II. A amostragem geral encontra-se no período compreendido entre 1993 até o início do ano de 2007. Como foram coletados a partir de diversos pesquisadores e órgão, essas amostras apresentam a vantagem de possuir a maior amplitude de dados, porém certa descontinuidade do tempo. O número de amostra é mostrado na tabela 11 que apresenta a distribuição do número de dados para as 35 variáveis nas 8 estações:

Tabela 11 - Número de amostras por variável para cada estação de monitoramento

Nº	Variável	Número de Amostras total							
		FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN
1	Alc. Bicarbonato	39	50	49	65	53	56	65	62
2	Cond. Elétrica	29	32	32	31	31	34	31	34
3	Cor	39	60	49	75	53	66	75	62
4	DBO	32	52	41	58	38	54	65	52
5	DQO	31	41	31	43	33	43	43	33
6	Dureza total	39	50	49	65	53	56	65	61
7	Fosfato	6	6	6	6	6	6	6	6
8	Fósforo	12	14	14	12	12	14	12	14
9	Nitrog. Amoniacal	7	8	8	6	6	8	6	8
10	Nitrato	4	5	5	3	4	5	3	5
11	Nitrito	39	50	49	65	53	56	65	61
12	Oxig. dissolvido	35	57	43	72	49	56	65	61
13	pH	41	64	51	79	53	68	77	62
14	STD	28	31	31	30	30	33	30	33
15	Sólidos totais	5	15	5	15	5	15	15	5
16	Turbidez	39	59	49	74	53	65	74	62
17	Temperatura	36	61	45	75	49	66	75	58
18	Coliformes Fecais	23	26	27	24	24	27	24	27
19	Coliformes Totais	37	45	43	62	49	52	61	54
20	Escheria Coli	11	11	10	11	11	10	11	11
21	Alumínio	-	3	3	-	-	3	-	3
22	Cádmio	-	3	3	-	-	3	-	3
23	Cálcio	29	32	32	28	31	34	31	33
24	Chumbo	-	3	3	-	-	3	-	3
25	Cloreto	38	49	48	63	52	55	63	60
26	Cobre	-	3	3	-	-	3	-	3
27	Cromo	-	3	3	-	-	3	-	3
28	Ferro	24	27	28	26	26	29	26	29
29	Magnesia	28	31	31	30	30	33	30	33
30	Manganês	4	7	7	4	4	7	4	7
31	Níquel	-	-	3	-	-	3	-	3
32	Potássio	12	15	16	13	13	16	13	16
33	Sódio	13	16	17	14	14	17	14	17
34	Sulfato	6	9	9	6	6	9	6	9
35	Zinco	-	-	3	-	-	3	-	3

A análise e interpretação dos resultados obtidos neste estudo tiveram como ferramenta o Software Statistic 6.0 para Windows.

Para o conhecimento do grau de poluição da água foi procedido a determinação da porcentagem de amostras que ultrapassam os padrões estabelecidos pela legislação. Foram verificadas as estações de monitoramento e as variáveis analisadas que apresentaram maior porcentagem de violações conforme o número amostral e comparando-as com os indicadores normativos da qualidade da água.

Para a análise estatística básica foram realizadas as medidas de tendência central (mediana), intervalo de confiança da média, comportamento das diversas

variáveis nos diversos pontos procedeu-se a confecção de Box Plot (mediana, quartil de 25% e 75% e o intervalo dos extremos excluído os outliers) e valores de dispersão (coeficiente de variação e assimetria).

A média é afetada por valores extremos baixos ou altos, tornando desta forma, a análise irreal quanto à tendência central. A média amostral representará bem a realidade somente nos casos onde ocorre simetria na amostra, pois a média de um modelo assimétrico não representa a realidade, e neste caso a mediana torna-se uma maneira melhor de representar a realidade, por esta razão atribui a mediana para melhor representa a tendência central da amostragem. Salientado que nas distribuições simétricas a média e a mediana são idênticas.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA**

A Resolução CONAMA N° 357 (Brasil, 2005) adota como parâmetro de qualidade de água, intervalo de valores, no caso o potencial hidrogeniônico (pH) e valores limites para as demais variáveis padronizadas. Os valores quando estiverem fora do intervalo aceitável para os padrões da classe 2 de qualidade de água para as águas doces (adotado como a classe do rio Pitimbu) foram considerados como violando os limites recomendados.

Para a verificação dos metais pesados (alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, manganês, níquel e zinco) foram analisados pontos de monitoramento (LAM, PVI, PVE e EMPARN), durante 3 campanhas entre o final do ano de 2006 e o início de 2007. A tabela 12 apresenta as porcentagens das amostras com violações dos padrões nos pontos de monitoramento citados e variáveis de metais pesados considerados.

Tabela 12 - Porcentagem de violações dos valores limites dos metais pesados nas estações amostradas.

Variável	Violação	LAM	PVI	PVE	EMPARN	Média
<b>Metais pesados</b>						
Alumínio	> 0,1 mg Al/L	100,00	100,00	100,00	100,00	<b>100,00</b>
Cádmio	> 0,001 mg Cd/L	33,33	33,33	33,33	33,33	<b>33,33</b>
Chumbo	> 0,01 mg Pb/L	33,33	0,0	33,33	33,33	<b>25,00</b>
Cobre	> 0,009 mg Cu /L	33,33	33,33	33,33	33,33	<b>33,33</b>
Cromo	> 0,05 mg Cr /L	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Manganês	> 0,1 mg Mn /L	0,00	33,33	33,33	0,00	<b>16,67</b>
Níquel	> 0,025 mg Ni/L	66,67	100,00	66,67	33,33	<b>66,67</b>
Zinco	> 0,18 mg Zn /L	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>Média</b>		<b>33,33</b>	<b>37,50</b>	<b>37,50</b>	<b>29,17</b>	

O alumínio ultrapassa o valor limite em todos os pontos de coleta e em todas as campanhas. Como não existem indústrias cujos resíduos contenham esse material, nem a agricultura gera este tipo de poluente, conclue-se que o tipo de solo (predominantemente, o latossolo e com alguma presença de podzólicos), é a causa responsável pelos altos teores de alumínio, pois esses tipos de solos apresentam grande quantidade deste elemento.

As porcentagens das violações mostram como a poluição se distribui espacialmente, porém a porcentagem média das violações dos pontos não representa bem esta poluição, pois apesar do ponto PVI (Passagem do Vigário) ter a maior porcentagem média, esse apresenta as menores concentrações entre todas as variáveis com exceção do níquel e manganês e, apesar da estação LAM (Lamarão) não ter a maior porcentagem média de violações, esta tem as maiores concentrações entre todas as variáveis, com exceção do níquel e manganês.

A tabela 13 apresenta as porcentagens de violações para as variáveis físico-químicas das quais a norma estabelece padrões de qualidade para o corpo d'água de classe 2, sendo levados em consideração apenas as campanhas que possuíam informações em todas as 8 estações.

Tabela 13 - Porcentagem de violações dos parâmetros das variáveis físico-químicas nas estações de monitoramento.

Variável	N	Violação	FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN	Média
<b>Outras variáveis físico-químicas</b>											
DBO	30	> 5,0 mg/L O <sub>2</sub>	20,0	30,0	13,3	26,7	23,3	23,3	16,7	16,7	<b>21,3</b>
Fósforo	10	> 0,03 mg/L P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Amonia	6	> 3,7 mg/L N	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Nitrato	3	> 10,0 mg/L N	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Nitrito	28	> 1,0 mg/L N	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
OD	32	< 5,0 mg/L O <sub>2</sub>	25,0	53,1	31,3	84,4	93,8	96,6	0,0	37,5	<b>52,7</b>
pH	36	< 6,0 ou > 9,0	19,4	41,7	0,0	8,3	5,6	13,9	8,3	19,4	<b>14,6</b>
STD	27	> 500 mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Turbidez	36	> 100 UNT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Cloreto	35	> 250 mg/L Cl	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
Ferro	24	> 0,3 mg/L Fe	58,3	79,2	91,7	95,8	75,0	12,5	12,5	16,7	<b>55,2</b>
<b>Média</b>			<b>11,2</b>	<b>18,5</b>	<b>12,4</b>	<b>19,6</b>	<b>18,0</b>	<b>13,3</b>	<b>3,4</b>	<b>8,2</b>	

As variáveis físico-químicas de qualidade da água, que apresentam as maiores porcentagens de violações são as das variáveis: ferro, oxigênio dissolvido (OD), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e potencial hidrogeniônico (pH), respectivamente. As porcentagens médias representam as diversas variáveis e as estações quanto à poluição. Nas águas subterrâneas, conforme estudo realizado pela SERHID (2006) se tem em média 1,28 mg/L de ferro enquanto a norma permite o valor máximo de 0,3 mg/L para as águas superficiais. Como o rio Pitimbu é perenizado pelas águas subterrâneas justifica o alto teor de ferro em suas águas. O alto grau de violação de oxigênio dissolvido e DBO mostram a disposição de esgoto sanitário considerável em seu leito. Moita Verde (MVE) se evidencia como a estação de monitoramento que apresenta as maiores violações, pois nesse trecho o rio recebe clandestinamente efluentes sanitários de inúmeras edificações ao longo do curso d'água e de águas servidas do bairro Passagem de Areia, coletadas através de galerias.

## 5.2. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS

Os valores podem ser representados graficamente e numericamente conforme sua distribuição de frequência, sendo identificados a partir de informações gerais que caracterizam a distribuição, como medidas de tendência central (mediana),

intervalos de confiança da média, intervalos extremos excluídos os outliers (valores extremos atípicos à distribuição), frequência de 25% e 75% (quartil inferior e superior) e medidas de dispersão (coeficiente de variação e assimetria). Para a observação da distribuição das amostras das variáveis faz-se uso de recurso gráfico da Estatística descritiva, os Box Plot's, visualizando suas medianas, frequência de 25% e 75% e extremos s/ outliers das diversas variáveis nas estações de estudo.

Visualmente, para os sólidos totais dissolvidos observa-se na figura 16 (Box Plot) e para os sólidos totais na figura 17 (Box plot) uma tendência de decréscimo nos valores das medianas e da amplitude dos extremos das estações de monitoramento de montante a jusante. Então as únicas razões que confirmariam seriam a característica geológica local, principal responsável pela recarga do rio e a diminuição de concentração pelo aumento de vazão.

Em comparação ao limite permitido para os sólidos totais dissolvidos apresentam-se bastante abaixo do valor máximo de 500 mg/L para a classe 2 de qualidade das águas doces.

Nos pontos PVI e PVE ocorrem anormalidades quanto à mediana e os valores extremos superiores em relação a essa tendência de decréscimo a jusante devido à presença de atividades agropecuária e ocupação urbana nesses referidos pontos de estudo.

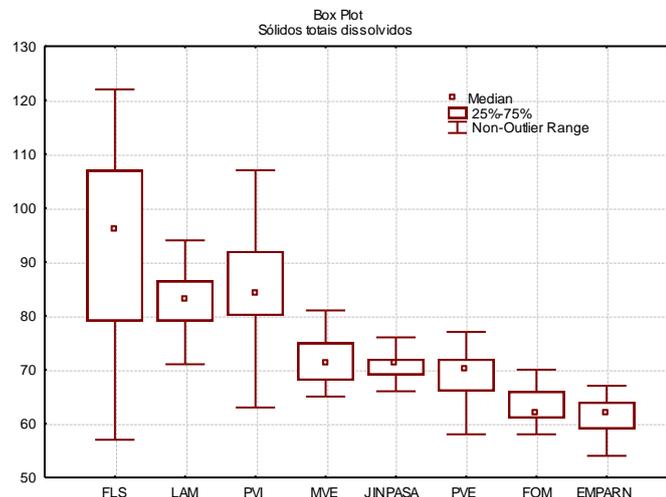


Figura 16 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) dos sólidos totais dissolvidos nos pontos de estudo de montante a jusante.

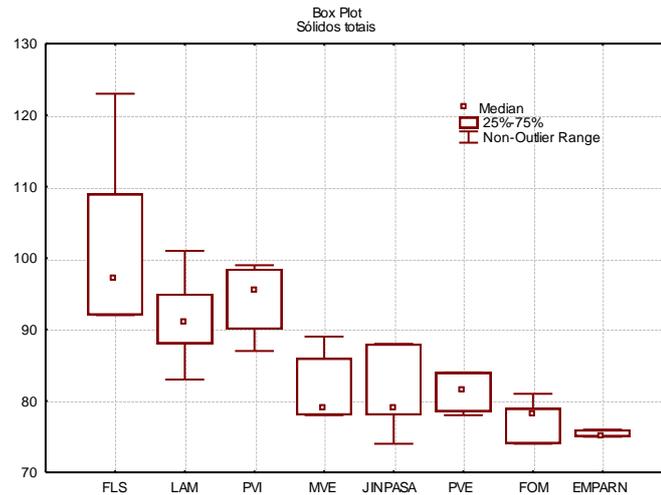


Figura 17 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) dos sólidos totais nos pontos de estudo de montante a jusante.

A variável alcalinidade de bicarbonato destaca-se a se agruparem em dois grupos distintos (figura 18): o primeiro, o ponto FLS e LAM e o outro com os demais pontos de coleta, caracterizados pelas medianas apresentarem um valor dentro de uma tendência de se concentrar num valor constante com certa elevação nos pontos pela presença.

Aproximadamente um terço (1/3) das águas coletadas dos poços em estudo da SERHID (2006) são bicarbonatadas, e sua maioria são do tipo cálcicas, e como as águas superficiais do rio Pitimbu são abastecidas, principalmente, pelas águas subterrâneas e, também a alcalinidade de bicarbonato possui uma pequena elevação nos pontos PVI e JINPASA, refletindo as características geológicas locais e ação antrópica.

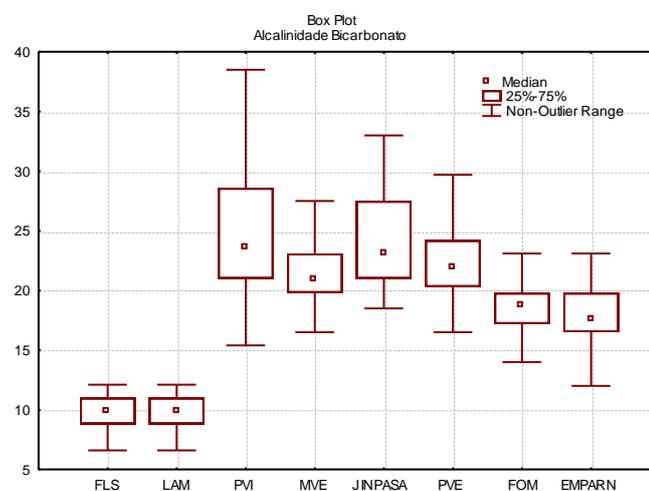


Figura 18 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) de alcalinidade de bicarbonato nos pontos de estudo de montante a jusante.

A distribuição de frequência da condutividade elétrica (figura 19) está relacionada à quantidade de íons dissolvidos, principalmente o cálcio e o magnésio, potássio, sódio, sulfatos e cloretos. A condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons presentes nas amostras de água, mas ela é utilizada para a detecção das fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos e as diferenças geoquímicas do rio principal e seus afluentes e suas recargas pela presença de íons dissolvidos na água.

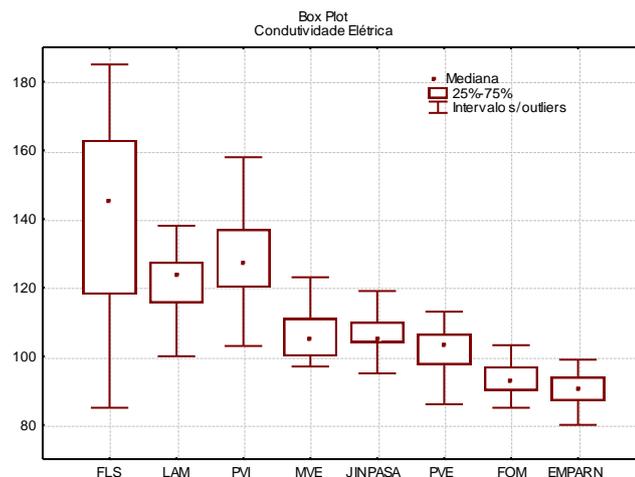


Figura 19 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) de condutividade elétrica nos pontos de estudo de montante a jusante

O Box Plot do cálcio (figura 20) mostra uma elevação dos valores da mediana nas estações PVI e JINPASA em relação aos outros pontos. A mediana para essas duas estações são iguais, porém o PVI apresenta a maior variação, enquanto JINPASA não apresenta variação. Concluindo-se que existe um possível fluxo intermitente em PVI enquanto um lançamento contínuo deste elemento a jusante do Centro Industrial Avançado.

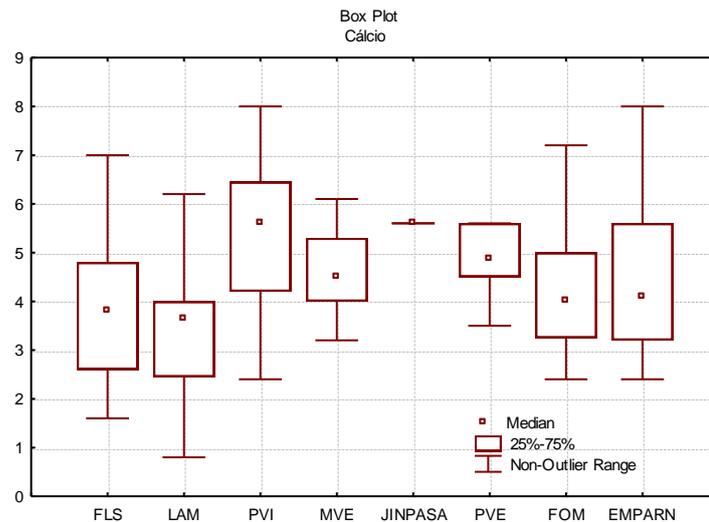


Figura 20 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do cálcio nos pontos de estudo de montante a jusante

A distribuição de frequência da variável magnésio mostrada na figura 21 revela uma elevação da mediana no ponto PVI em relação às estações de monitoramento a montante, porém sua amplitude é inferior aos demais, mostrando assim uma frequência maior próximo à mediana e mais elevada, porém as estações a jusante apresentam maior intervalo entre extremos significando assim, maior variação de concentrações, caracterizando uma possível intermitência do lançamento de magnésio.

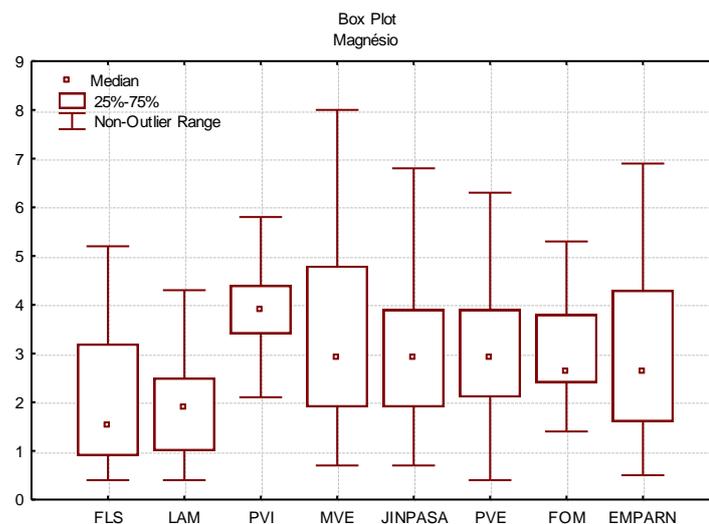


Figura 21 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do magnésio nos pontos de estudo de montante a jusante

As variáveis cloreto e sódio (figuras 22 e 23, respectivamente) possuem uma tendência a um decréscimo até alcançar um valor constante nas últimas estações. Quase dois terços dos poços pesquisados pela SERHID (2006) as águas subterrâneas são classificadas como cloretadas, então esta reflete a configuração de água de recarga subterrânea, pois o cloreto é em geral muito solúvel e muito estável em solução, facilitando seu fluxo para as águas superficiais. Outra fonte de presença de cloreto nas águas superficiais são as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca de 6 g de cloreto por dia, provavelmente este pouco influencia em relação à recarga subterrânea, pois a tendência seria um aumento ao longo do rio em função da maior presença populacional, sendo que ocorre o contrário, uma diminuição da concentração. Outro fator contribuinte para a diminuição seria a diluição da concentração de cloreto pelo aumento de vazão ao longo do rio.

Já para as concentrações de sódio (figura 23), ocorre algo semelhante ao cloreto, porém seus Box's superiores e inferiores (quartis de 25% e 75%) e seus valores extremos apresentam certa diminuição a jusante, porém com algumas irregularidades denotando interferência de fator externo ao sistema água subterrânea-superficial, como por exemplo, poluição antropogênica.

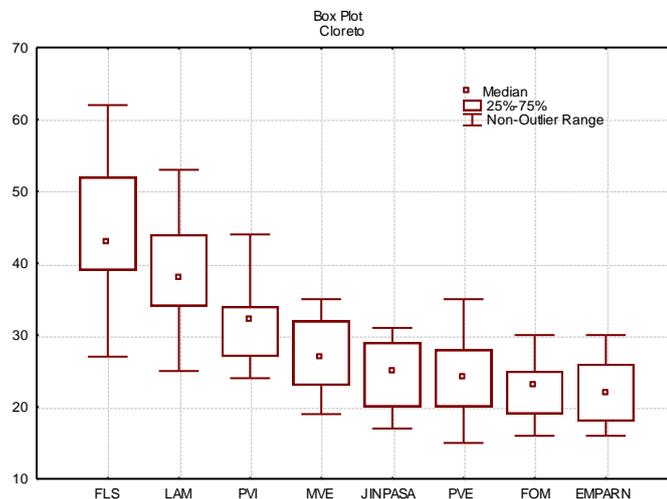


Figura 22 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do cloreto nos pontos de estudo de montante a jusante

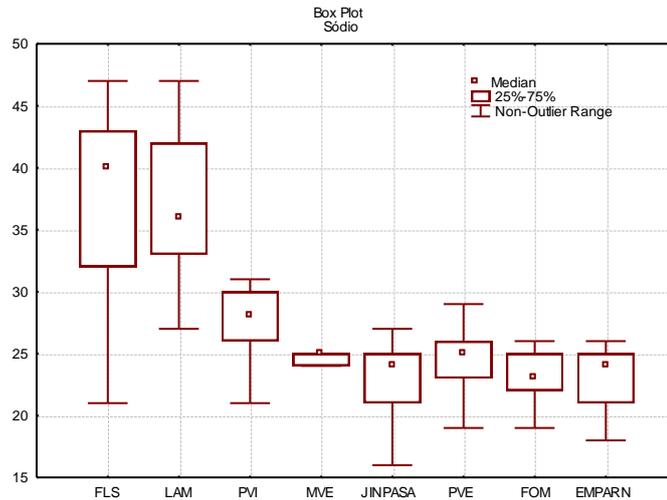


Figura 23 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do sódio nos pontos de estudo de montante a jusante

O Potássio é encontrado em concentrações baixas nas águas naturais já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados em fertilizantes para agricultura e entra nas águas doces com descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas, mostrado na figura 24 uma tendência da mediana ser aproximadamente constante, porém ocorrendo variação na distribuição por razão da contribuição da poluição difusa da agricultura, gerado durante as precipitações.

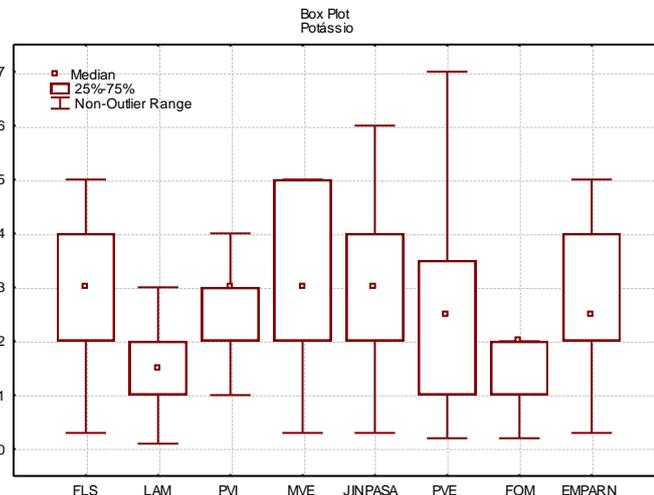


Figura 24 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do potássio nos pontos de estudo de montante a jusante

Para o sulfato (figura 25) as estações PVI, MVE e JINPASA tiveram mediana, quartil inferior e superior iguais à zero, pela não presença de sulfato.

A presença do sulfato é resultante da dissolução de solos e rochas e da poluição agrícola e industrial, isso explica a razão pela qual o quartil inferior e a mediana são iguais a zero, com exceção da estação da EMPARN, ou seja, os menores valores tendem a um valor, devido de condições naturais não apresentarem grande variação devido à resistência natural de fornecimento deste elemento, enquanto o quartil superior apresenta alta variação devido a presença de fontes de poluição antropogênicas, principalmente no ponto JINPASA a jusante do CIA.

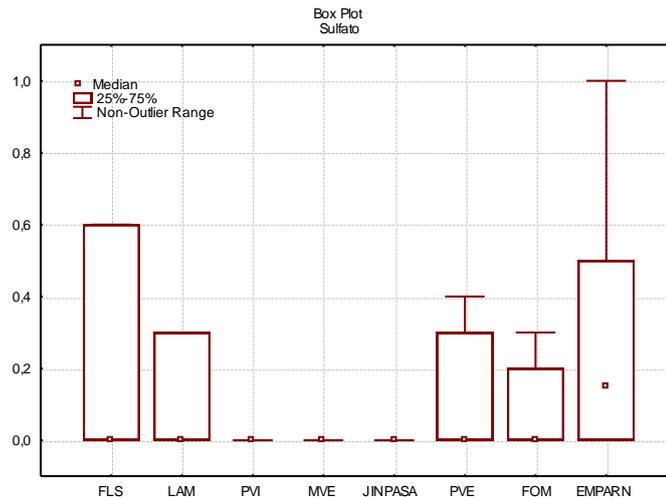


Figura 25 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do sulfato nos pontos de estudo de montante a jusante

Com relação ao ferro (figura 26), em todos os pontos as medianas são iguais ou superiores ao valor máximo permitido de 0,3 mg/L (classe 2), com exceção do ponto PVE. Esses valores refletem as altas quantidades de ferro nas águas subterrâneas, que são responsáveis pela recarga do manancial superficial, mas também tem causa em alguns pontos, como no ponto MVE (maior mediana) que recebe água de drenagem e no ponto JINPASA (maiores dos valores absolutos e quartis superiores), onde existem disposição à montante de resíduos industriais.

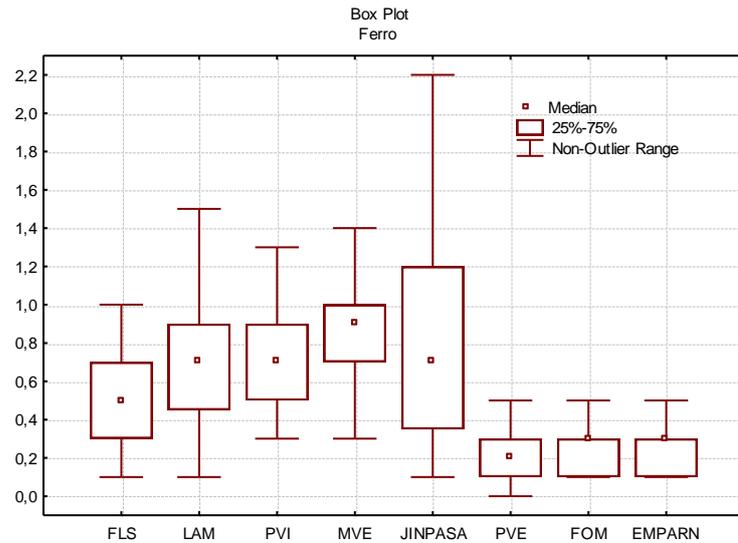


Figura 26 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do ferro nos pontos de estudo de montante a jusante

A figura 27 mostra os valores da temperatura, sendo que refletem as interações e processos dos diversos fatores como condições climáticas, características de cobertura vegetal e a incorporação de elementos externos com temperaturas diferentes do seu estado inicial.

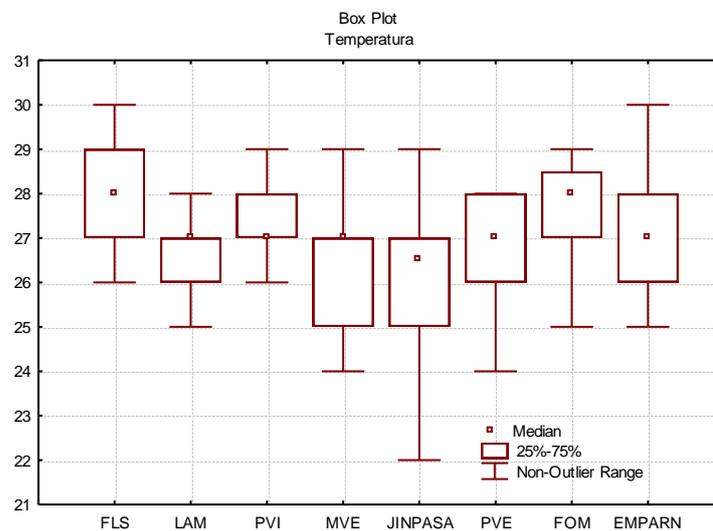


Figura 27 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) da temperatura nos pontos de estudo de montante a jusante

A dureza total conforme a Figura 28 situa-se em dois grupos de distribuição de frequência: o primeiro, FLS e LAM apresentando medianas, quartil inferior e valores extremos inferiores menores que o segundo grupo, que constitui dos pontos de

monitoramento a jusante, tendo esse segundo grupo seus valores concentrando-os numa pequena faixa de valores das medianas das estações. Estas situações refletem a presença de cátions metálicos dissolvidos na água, sendo determinantes na dureza total como os bicarbonatos e sulfatos de cálcio e magnésio.

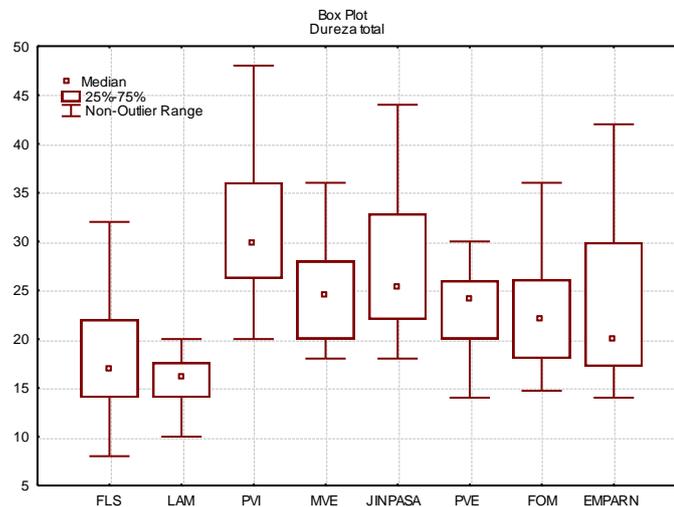


Figura 28 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) da dureza total nos pontos de estudo de montante a jusante

De acordo com ESTEVES (1988), o pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes e complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. A figura 29 mostra o comportamento desta variável ao longo do rio.

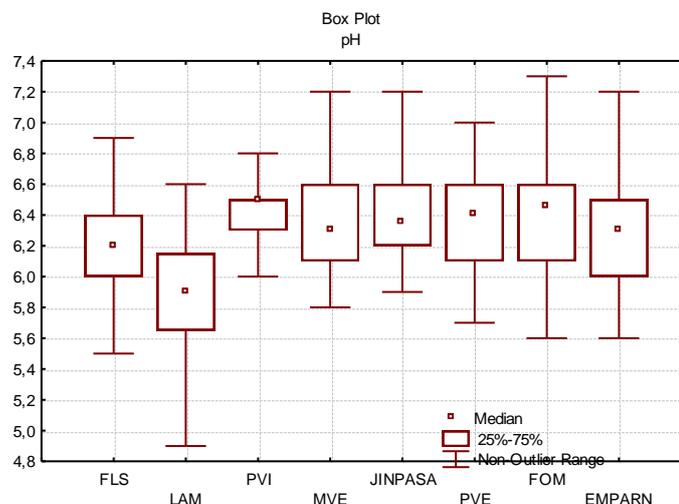


Figura 29 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do pH nos pontos de estudo de montante a jusante

A Figura 30 mostra que os maiores valores de mediana, quartil superior e inferior para a variável cor encontram-se na estação Lamarão (LAM), posteriormente em Moita Verde (MVE) e JINPASA (jusante da Indústria de papel e papelão INPASA), observando que o ponto de maiores valores (LAM) encontra-se nas proximidades de área agrícola, rica em ácidos húmicos e fúlvicos e presença de ferro, que conferem cor a água e no ponto JINPASA e MVE devido à presença de resíduo industrial e a alta concentração de ferro dissolvido.

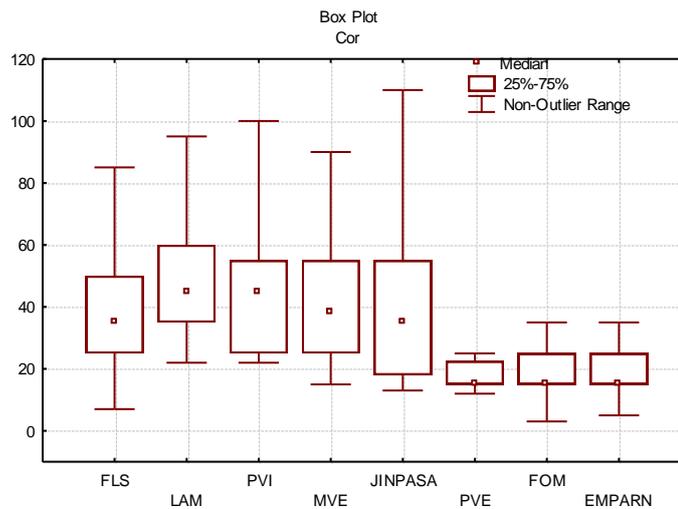


Figura 30 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) da cor nos pontos de estudo de montante a jusante

Os pontos PVI, MVE e JINPASA apresentam os maiores valores de turbidez (figura 31), sendo todos localizados na cidade de Parnamirim/RN, sendo os dois localizados nas proximidades do sistema de drenagem urbana do cemitério público de Parnamirim onde foi verificado que, além de coletar águas pluviais, esse sistema recebe contribuição clandestina de efluentes líquidos e no ponto JINPASA recebe contribuição de resíduos industriais. A turbidez caracteriza-se pela presença de sólidos suspensos e em menor proporção, pelos compostos dissolvidos e no estado coloidal.

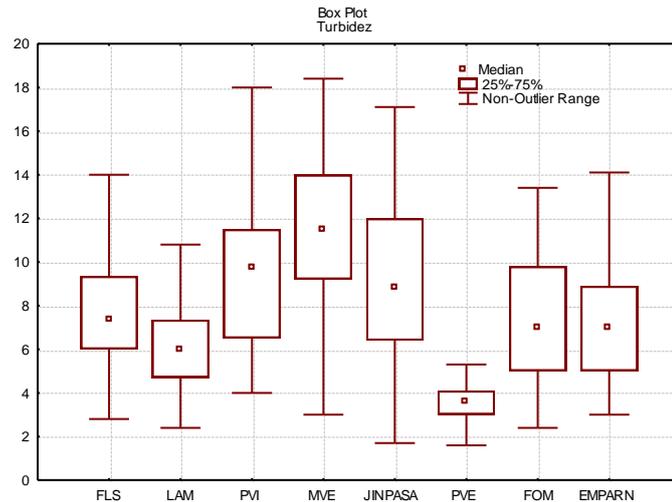


Figura 31 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) da turbidez pontos de estudo de montante a jusante

De acordo com a figura 32, observa-se que os pontos de maiores impactos quanto ao oxigênio dissolvido se concentram numa região adensada populacionalmente em Parnamirim (MVE, JINPASA e PVE), já que este praticamente não possui sistema de saneamento básico. Sendo mais crítico no MVE e JINPASA, onde o quartil inferior (frequência de 25%) se encontra abaixo do valor mínimo permitido pela legislação para a classe 2, cujo o valor limite é de 5 mg O<sub>2</sub>/L.

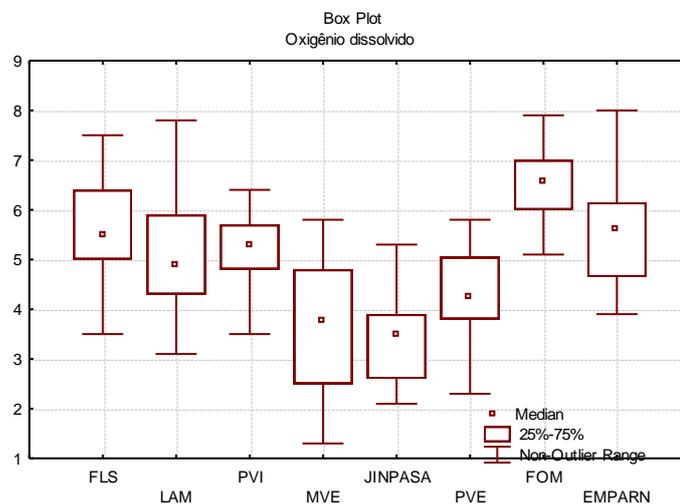


Figura 32 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do oxigênio dissolvido nos pontos de estudo de montante a jusante

A Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) constitui em instrumento de fiscalização e investigação de ocorrência de lançamento de esgotos domésticos e a Demanda química de oxigênio (DQO) melhor quantifica os despejos orgânicos de origem diferente do esgoto doméstico.

Quanto a DBO (figura 33) a estação analisada que mostram maior quartil superior e valor extremo é a localidade Lamarão (LAM), tendo uma mediana próxima entre os 6 primeiros pontos, ocorrendo uma diminuição para FOM e EMPARN. Com relação à DQO (figura 34) revela que o ponto JINPASA é o mais crítico, ficando a jusante da fábrica INPASA, responsável pelo processamento de celulose (papel e papelão).

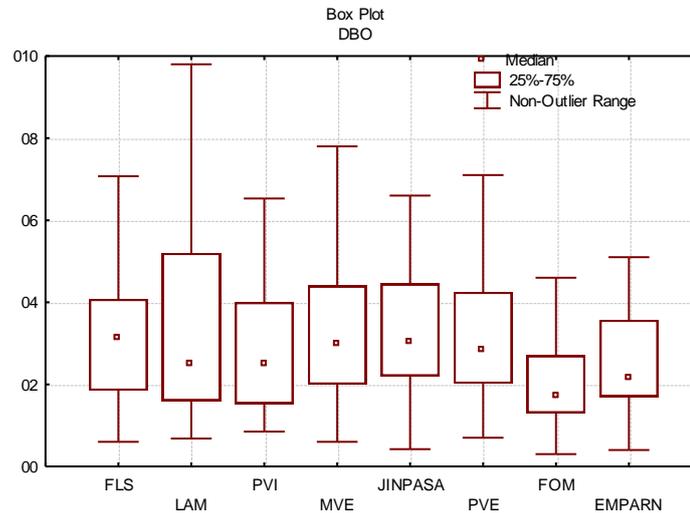


Figura 33 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de estudo de montante a jusante

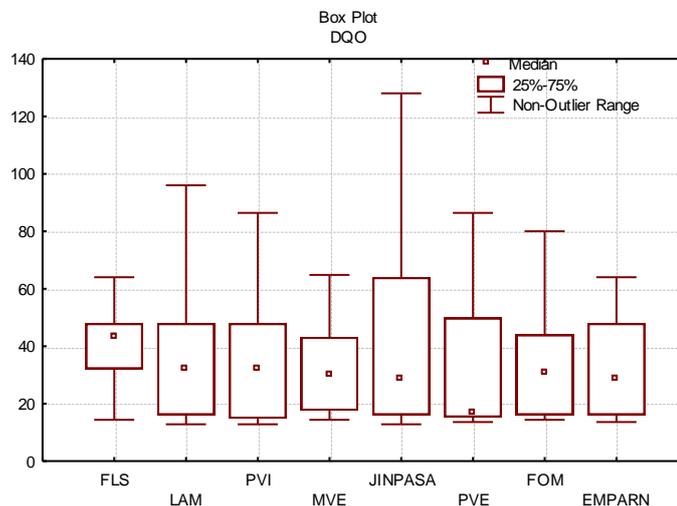


Figura 34 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) da demanda química de oxigênio nos pontos de estudo de montante a jusante

Os pontos PVI e JINPASA (figura 35), para os coliformes fecais, apresentam os maiores valores dos extremos superiores e quartis superiores (frequência 25%). A estação PVI tem esses valores elevados devido à proximidade de habitações de

condições precárias, onde a população utiliza para disposição de excrementos, explicitado também pelos altos valores de coliformes totais. Já a estação JINPASA recebe contribuição de disposição de esgoto doméstico no km 21.

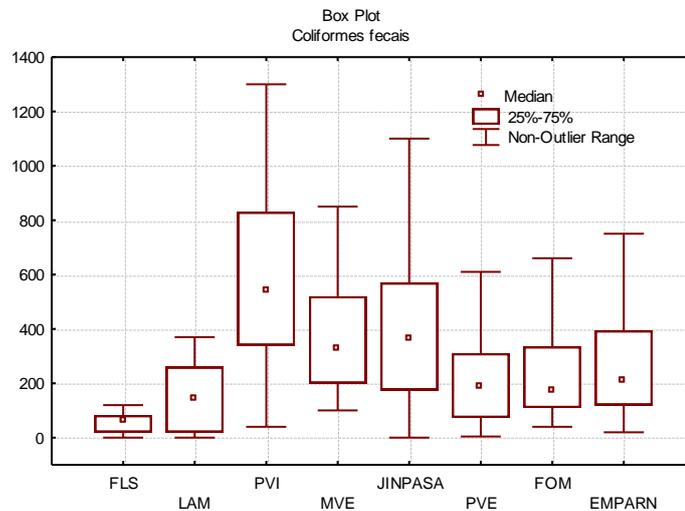


Figura 35 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) dos coliformes fecais nos pontos de estudo de montante a jusante

Os coliformes totais (figura 36) mostram em quatro pontos os maiores valores extremos, são eles: PVI, MVE, FOM e EMPARN. Os coliformes totais têm origem fecal e do solo, comparando ambos os Box plots o único ponto na qual apresenta altos valores de coliformes fecais é a estação PVI, enquanto nos pontos MVE, FOM e EMPARN, são explicados por outras origens diferentes dos coliformes fecais.

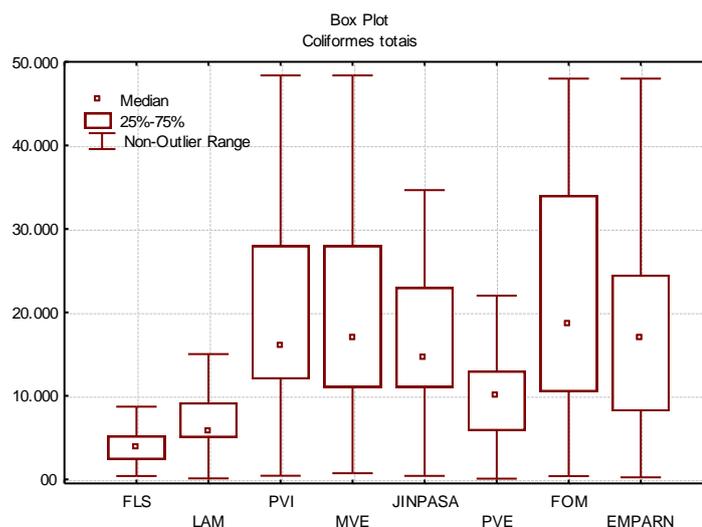


Figura 36 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) dos coliformes totais nos pontos de estudo de montante a jusante

A variável fósforo total (figura 37) apresenta valores inferiores ao valor máximo permitido para as águas da classe 2 (0,1 mg/L para ambientes lóticos), sendo que o valor extremo na estação JINPASA alcança este valor limite, enquanto a estação da EMPARN revela a maior mediana e quartil inferior, porém com valores próximos entre si. O ponto de monitoramento EMPARN para o fosfato a sua mediana encontra-se entre os menores valores (figura 38).

Quanto maior o valor da relação entre fosfato-fósforo total maior será a influência do fosfato na quantificação do fósforo total. Os maiores valores de mediana, quartil superior e limite superior dos valores das relações de fosfato-fósforo total são os pontos FLS e PVI e enquanto, os menores são JINPASA, FOM e EMPARN.

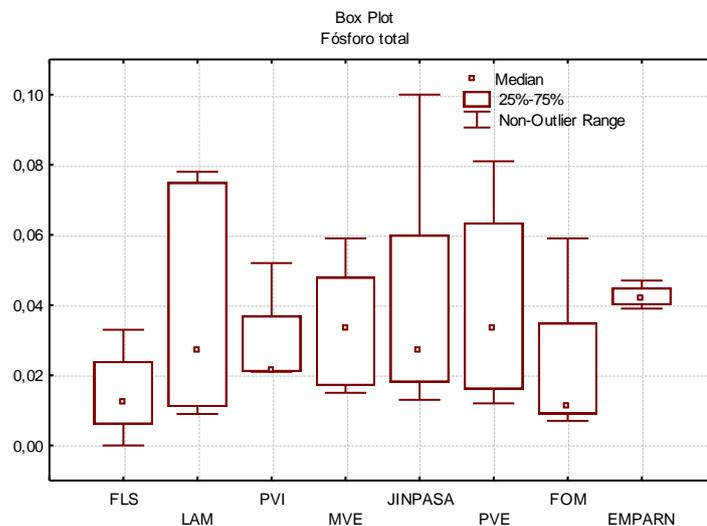


Figura 37 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do fósforo total nos pontos de estudo de montante a jusante

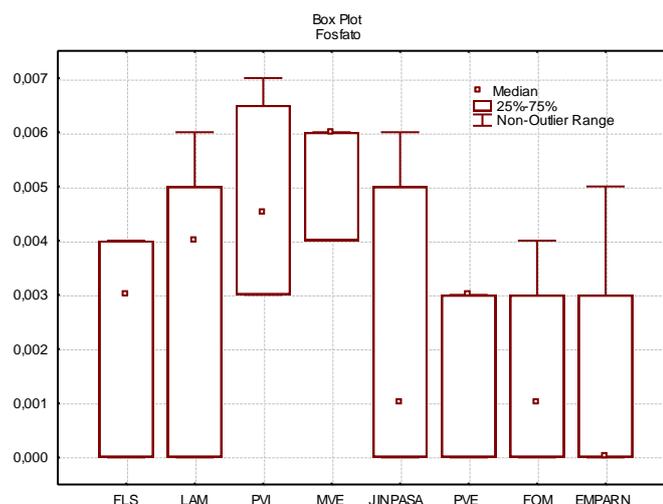


Figura 38 - Box Plot (mediana, quartis e valores extremos) do fosfato nos pontos de estudo de montante a jusante

### 5.3. MEDIDAS DE DISPERSÃO

#### a) *Coefficiente de variação*

Para conhecer o grau de dispersão das variáveis, não é possível comparar com seus valores de médias e desvio-padrões, pois eles são bastante diferentes, então neste caso utiliza-se o coeficiente de variação (C.V.), que consiste na razão do desvio-padrão pela média, onde mostram a dispersão da distribuição de frequência das variáveis e estações de monitoramento que mais se afastaram da sua mediana. A tabela 14 apresenta os coeficientes de variação máximos, mínimos e médios do coeficiente de variação das 35 variáveis em cada das 8 estações de monitoramento.

O Fósforo total (C.V. = 105,4) e o fosfato (C.V. = 102,0) são as variáveis de maiores coeficientes de variação denunciando maior dispersão. Enquanto a temperatura (C.V. = 4,5) e o pH (C.V. = 5,3), os menores coeficientes de variação. A primeira variável reflete a baixa amplitude térmica da região e na segunda a pela pequena variabilidade da presença, no tempo, de bases e ácidos.

Os pontos de amostragem apresentam coeficientes de variação médio bastantes próximos entre si, mostrando assim que não ocorre grande variação ao longo do rio. Os maiores coeficientes de variação médio (ponto): FLS e LAM (ambos 49,9), enquanto os menores coeficientes de variação estão nos pontos PVI e MVE (42,8, ambos).

As variáveis afetadas diretamente pelo lançamento de esgoto possuem os maiores valores absolutos do coeficiente de variação, sendo o Nitrato (C.V.= 149,7) e Nitrogênio amoniacal (C.V.= 144,4) os maiores valores absolutos em função da presença dos compostos de nitrogênio provenientes de esgoto sanitário.

Tabela 14 - valores dos coeficientes de variação mínimos, máximos e médios para as variáveis e as estações.

	FLS	LAM	PVI	FNO	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN	média
Alc. Bicarbonato	16,5	28,1	21,1	18,3	14,5	18,6	16,3	13,2	15,7	<b>18,0</b>
Cálcio	39,4	37,6	30,1	29,4	21,2	0,0	20,1	36,4	33,7	<b>27,5</b>
Cloreto	20,5	18,3	15,3	13,6	17,8	17,5	20,0	15,6	18,7	<b>17,5</b>
Coliformes fecais	67,9	80,8	65,8	68,1	62,0	76,1	87,5	62,4	73,2	<b>71,5</b>
Coliformes totais	61,4	67,1	62,1	53,0	71,2	68,0	69,7	74,5	80,5	<b>67,5</b>
Cond. Elétrica	18,4	14,2	13,9	10,7	7,9	2,6	6,7	5,2	6,1	<b>9,5</b>
Cor	53,7	59,0	50,7	57,4	49,3	69,9	65,1	49,0	41,0	<b>55,0</b>
DBO	57,6	68,7	68,5	62,1	65,5	65,2	75,2	50,8	59,1	<b>63,6</b>
DQO	33,2	42,2	60,3	66,0	41,2	65,2	66,7	62,1	57,1	<b>54,9</b>
Dureza total	31,3	20,9	23,9	26,0	24,3	18,8	19,7	24,3	32,5	<b>24,6</b>
Escheria Coli	121,5	87,1	59,4	15,6	59,1	117,7	67,4	37,5	48,3	<b>68,2</b>
Ferro	56,2	57,6	48,8	63,6	24,8	67,5	60,5	51,4	40,3	<b>52,3</b>
Fosfato	93,2	99,1	77,3	ND	86,0	113,6	96,8	121,1	129,0	<b>102,0</b>
Fósforo total	119,9	107,2	100,3	107,1	96,5	94,4	118,4	96,0	109,1	<b>105,4</b>
Magnésio	71,8	55,8	25,8	29,9	47,9	41,6	41,5	36,1	60,8	<b>45,7</b>
Nitrato	149,7	100,0	136,9	ND	100,0	127,7	16,2	10,8	41,1	<b>85,3</b>
Nitrito	ND	<b>ND</b>								
Nitrogênio amoniacal	69,6	88,2	65,4	141,4	93,4	54,8	104,2	63,4	81,9	<b>84,7</b>
Oxigênio dissolvido	17,7	26,3	14,2	25,5	39,4	27,1	34,0	18,9	17,6	<b>24,5</b>
pH	5,3	8,9	3,7	5,0	5,6	4,7	5,1	4,3	5,2	<b>5,3</b>
Potássio	47,2	77,2	39,1	33,1	48,6	21,4	58,2	43,5	60,3	<b>47,6</b>
Sódio	21,4	36,1	25,1	17,1	18,2	14,3	21,8	10,5	28,9	<b>21,5</b>
Sólidos totais	13,0	19,0	5,8	6,5	29,6	7,8	12,5	18,1	0,8	<b>12,6</b>
Sólidos totais dissolvidos	19,1	9,8	12,6	10,6	8,3	1,7	8,1	5,6	5,0	<b>9,0</b>
Sulfato	ND	<b>ND</b>								
Temperatura	4,4	4,4	4,9	2,9	4,7	5,4	4,9	4,4	4,5	<b>4,5</b>
Turbidez	37,6	33,8	39,2	26,2	31,9	43,4	49,3	53,2	44,7	<b>39,9</b>
<b>Média</b>	<b>49,9</b>	<b>49,9</b>	<b>42,8</b>	<b>38,7</b>	<b>42,8</b>	<b>45,8</b>	<b>45,8</b>	<b>38,7</b>	<b>43,8</b>	

*b) Coeficiente de Assimetria*

O coeficiente de assimetria é uma medida do desvio da simetria de uma distribuição, porém numa amostra é quase impossível observar simetria pura, pois o coeficiente de assimetria da amostra assume valores quase sempre diferentes de zero, sendo possível ter-se idéia se a assimetria é relevante comparando-se o

valor do coeficiente com o erro padrão deste, conforme mostrado no quadro 11. A relevância da assimetria é assumida para valores superiores a 2

Quadro 11 - Comparação entre a relação do coeficiente de assimetria e erro padrão da assimetria, número de amostras e intervalo de confiança para a média para as variáveis relacionadas.

Variável	Ponto	Coeficiente de assimetria Erro padrão de assimetria	N Amostras	Intervalo de confiança (-95%; +95%)
Alc. Bicarbonato	LAM	2,039	50	dentro
Cor	FLS	2,186	39	dentro
	LAM	2,387	60	dentro
	PVI	2,350	49	dentro
	MVE	2,331	75	dentro
	JINPASA	2,511	53	Mediana fora do intervalo
	PVE	3,273	66	dentro
	FOM	2,859	75	dentro
DBO	FLS	2,086	32	dentro
	LAM	2,718	52	Mediana fora do intervalo
	PVI	2,450	41	dentro
	MVE	2,634	58	dentro
	PVE	2,570	54	dentro
	FOM	2,155	65	dentro
	EMPARN	2,187	52	dentro
DQO	JINPASA	2,181	33	dentro
Dureza total	EMPARN	2,729	61	Mediana fora do intervalo
Turbidez	PVE	2,780	65	dentro
	FOM	2,704	74	Mediana fora do intervalo
	EMPARN	2,447	62	dentro
Colif. Fecais	EMPARN	2,118	27	dentro
Colif. Totais	EMPARN	2,260	54	dentro
Escheria Coli	JINPASA	2,024	11	dentro
Cálcio	FOM	2,272	31	dentro
Ferro	JINPASA	2,064	26	dentro
Manganês	LAM	2,662	7	dentro
	PVI	2,898	7	dentro
	PVE	2,885	7	dentro
	EMPARN	2,837	7	dentro
Potássio	LAM	2,080	15	dentro
Sulfato	MVE	2,898	6	dentro
	FOM	2,452	6	dentro

No quadro 11 explicita as variáveis e as estações cuja a relação entre o coeficiente de assimetria e seu erro padrão são superiores a 2 com o número de

amostras correspondentes e a verificação se a mediana da amostra encontra-se dentro do intervalo de confiança da média da população, que fornece os valores que 95% de todos os intervalos construídos a partir da amostra conterão o valor verdadeiro da média.

Os maiores valores dos coeficientes de assimetria não garantem que as médias estejam fora do intervalo de confiança, comportando-se especificamente para cada variável e estação de monitoramento, pois a amostra é uma parte da população e verificando também as variáveis nos pontos com o maior número de amostras, isto não garante a simetria da amostra.

#### 5.4. MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS

Para saber-se qual a representatividade da variação de determinada variável sobre a variabilidade de outra, se utiliza como medidor o coeficiente de determinação da amostra.

Tabela 15 - Coeficientes de determinação das variáveis influenciadoras da alcalinidade de bicarbonato e dureza total.

Ponto	Alcalinidade de Bicarbonato				Dureza total			
	N	Cálcio	Magnésio	Sódio	N	Cálcio	Magnésio	Sulfato
FLS	9	0,1631	0,1326	0,0014	5	0,7834	0,1016	0,1544
LAM	9	0,0884	0,0058	0,0741	5	0,0602	0,1843	0,3157
PVI	9	0,4469	0,1589	0,0701	5	0,5103	0,3118	0,0106
MVE	9	0,3437	0,2215	0,0083	5	0,0469	0,7944	0,2427
JINPASA	9	0,3617	0,0564	0,1459	5	0,0215	0,7861	0,1480
PVE	9	0,3584	0,0143	0,0259	5	0,1351	0,2020	0,0317
FOM	9	0,2927	0,0029	0,2381	5	0,0794	0,3913	0,5932
EMPARN	9	0,1231	0,0710	0,4479	5	0,0081	0,8143	0,2020
<b>Total/média</b>	<b>72</b>	<b>0,2883</b>	<b>0,0537</b>	<b>0,1429</b>	<b>72</b>	<b>0,1622</b>	<b>0,5899</b>	<b>0,1708</b>

Conforme mostrado na tabela 15, os coeficientes de determinação da alcalinidade de bicarbonato para os elementos cálcio, Magnésio e Sódio, apresentam o cálcio como aquele que a sua variação mais influencia a variabilidade da alcalinidade de bicarbonato apresentada no rio Pitimbu.

Os principais compostos que conferem dureza às águas são os do cálcio, do magnésio e do sulfato, dentre estes elementos, o magnésio é aquele que

apresentam maior coeficiente de determinação para a variável dureza total (tabela 15).

Dentre as variáveis apresentadas na tabela 16, os cloretos apresentam maior coeficiente de determinação, seguindo do sódio para os sólidos totais dissolvidos, explicando assim a maior parcela de variação da concentração de sólidos totais dissolvidos presente na água em relação à variação apresentada pela concentração de cloreto.

Tabela 16 - Coeficientes de determinação da variável sólidos totais dissolvidos com as variáveis cálcio, cloreto, ferro, magnésio, potássio e sódio.

Ponto	Sólidos totais dissolvidos						
	N	Cálcio	Cloreto	Ferro	Magnésio	Potássio	Sódio
FLS	7	0,3978	0,8867	0,0013	0,0162	0,2748	0,5638
LAM	7	0,0004	0,4592	0,0029	0,0200	0,2168	0,4045
PVI	7	0,3924	0,2979	0,4989	0,5883	0,0209	0,0571
MVE	7	0,0413	0,2286	0,4813	0,1768	0,4965	0,5706
JINPASA	7	0,1113	0,2772	0,1764	0,0402	0,0582	0,2889
PVE	7	0,2302	0,0204	0,3600	0,1382	0,0376	0,0676
FOM	7	0,1381	0,5070	0,1772	0,2455	0,0522	0,0119
EMPARN	7	0,0052	0,5190	0,3633	0,6717	0,0511	0,1213
<b>Total/Média</b>	<b>56</b>	<b>0,0057</b>	<b>0,6782</b>	<b>0,0862</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0172</b>	<b>0,4204</b>

Tabela 17 - Coeficientes de determinação da variável condutividade elétrica com as variáveis cálcio, cloreto, ferro, magnésio, potássio e sódio.

Ponto	Condutividade Elétrica						
	N	Cálcio	Cloreto	Ferro	Magnésio	Potássio	Sódio
FLS	7	0,2458	0,6039	0,0173	0,0007	0,0447	0,2672
LAM	7	0,1213	0,2270	0,0023	0,0414	0,0059	0,0459
PVI	7	0,2362	0,1080	0,1534	0,2582	0,0029	0,0036
MVE	7	0,1494	0,1821	0,4140	0,0111	0,0435	0,0316
JINPASA	7	0,4949	0,0183	0,4366	0,0047	0,0010	0,0016
PVE	7	0,2276	0,0418	0,3400	0,1943	0,0039	0,0029
FOM	7	0,0422	0,0806	0,2952	0,0063	0,0039	0,0161
EMPARN	7	0,0654	0,1185	0,2693	0,0580	0,3714	0,0259
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>0,0020</b>	<b>0,6553</b>	<b>0,0712</b>	<b>0,0004</b>	<b>0,0237</b>	<b>0,4170</b>

Os valores do coeficiente de determinação da condutividade elétrica (tabela 17) apresentadas para as mesmas variáveis consideradas para os sólidos totais dissolvidos apresentam valores próximos a este.

A condutividade mede a capacidade de condução de corrente elétrica na água, estando assim, diretamente ligada a concentração total de eletrólitos, justificando o alto coeficiente de determinação da condutividade elétrica com os sólidos totais dissolvidos, como mostrados no diagrama de dispersão (figura 39).

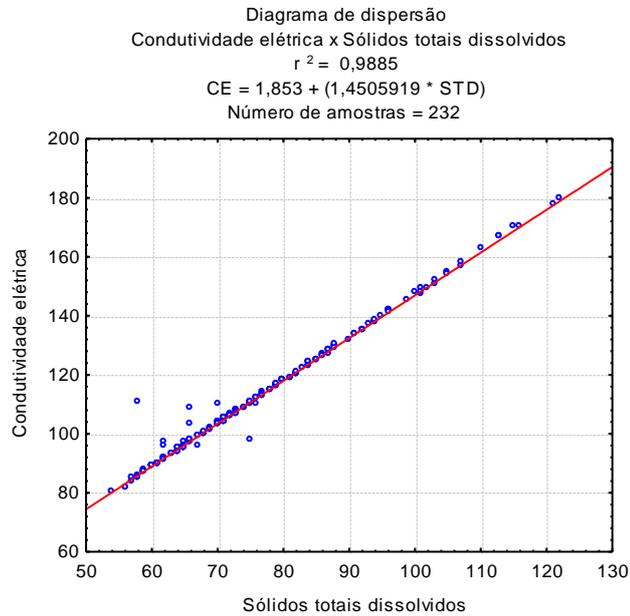


Figura 39 - Diagrama de dispersão entre condutividade elétrica e Sólidos totais dissolvidos

Investigando outras variáveis, observa-se o comportamento entre as variáveis sólidos totais dissolvidos e sólidos totais, que também possuem alto coeficiente de determinação, denotando a influência da variação dos sólidos totais dissolvidos presente na água nos sólidos totais (figura 40).

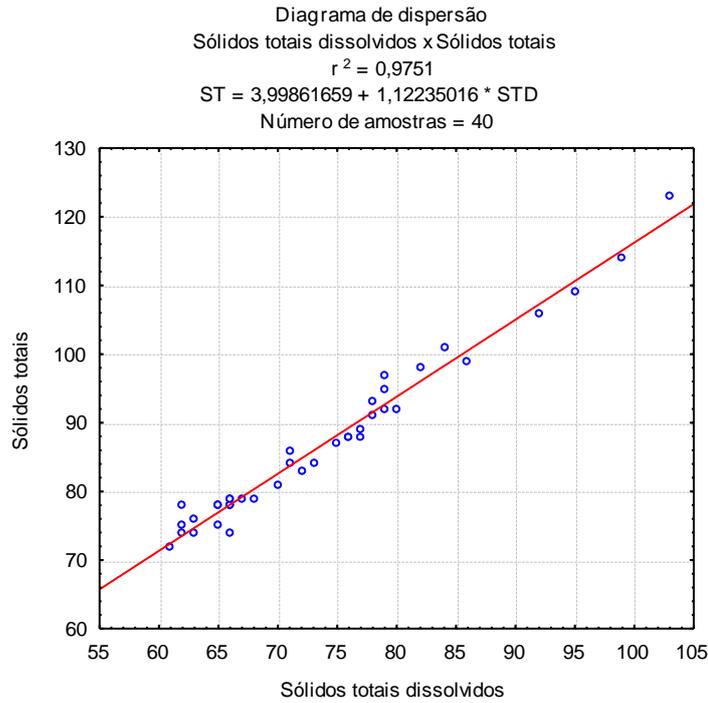


Figura 40 - Diagrama de dispersão entre sólidos totais dissolvidos e sólidos totais

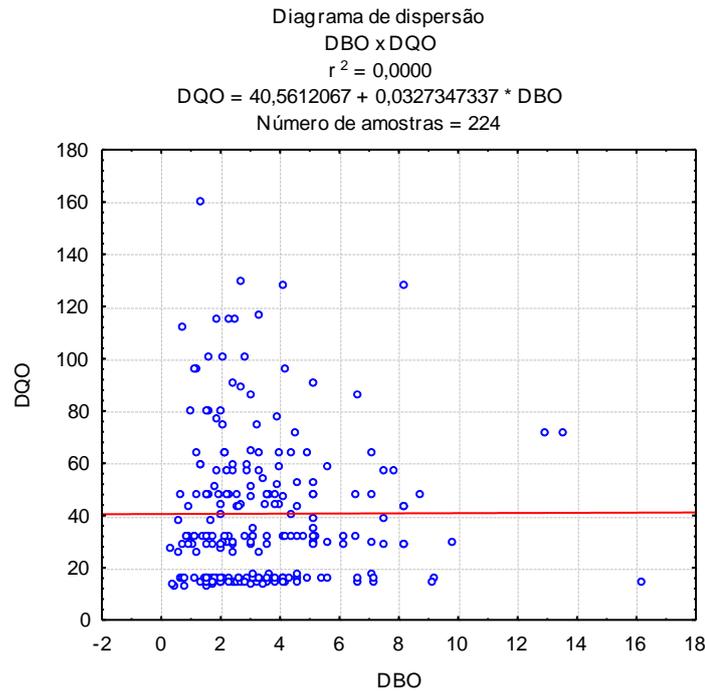


Figura 41 - Diagrama de dispersão entre demanda bioquímica de oxigênio e Demanda química de oxigênio.

No rio Pitimbu, a Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda química de oxigênio (DQO) apresenta valor nulo de coeficiente de determinação, concluindo

que a variação nos valores da DQO não influenciam a variação de concentração de DBO e vice-versa (figura 41).

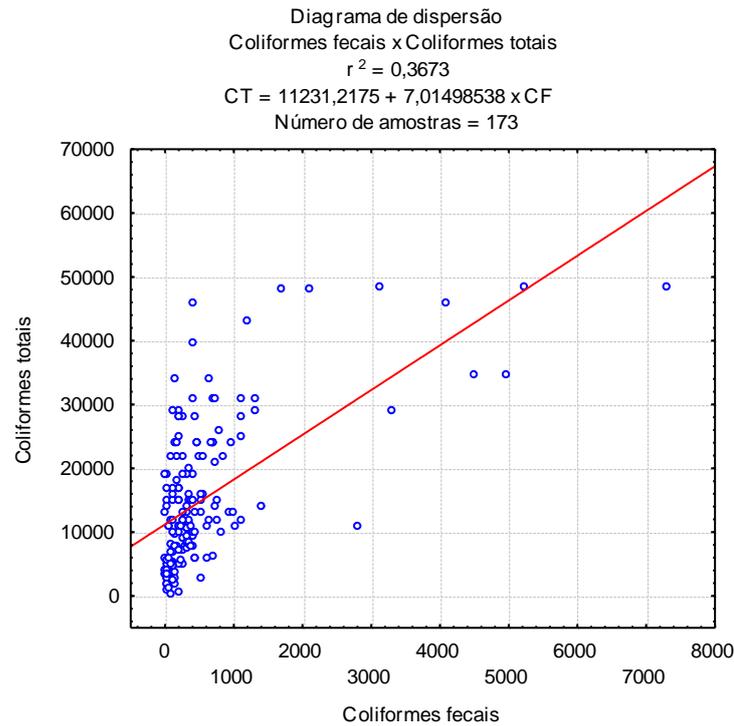


Figura 42 - Diagrama de dispersão entre os coliformes fecais e os coliformes totais

Quanto ao coeficiente de determinação, 36,73% da variação dos coliformes totais são explicados pela variação dos coliformes fecais (Figura 42).

## 6. CONCLUSÕES

O presente trabalho reúne informações de diversas pesquisas para 35 variáveis físicas, químicas e biológicas em oito (8) pontos do curso d'água no período de 1993 até 2007, possibilitando assim o aumento da amplitude do tempo de investigação permitindo desta forma uma melhor avaliação do comportamento da água quanto às violações dos valores das variáveis de qualidade de água quanto aos padrões, comportamento geral das variáveis em função da distribuição de frequência, de tendência central, intervalo de confiança para as médias da população e medidas de dispersão, como o coeficiente de variação e assimetria e o coeficiente de determinação de algumas variáveis sobre outras.

Para os metais pesados, considerando a classe 2 de qualidade de água, o alumínio apresenta violações em todas as amostragens, em parte explicada pelo alto teor deste elemento encontrado no solo da região (latossolo e com alguma presença em podzolicos), seguido pelo níquel onde a sua presença deve-se a causa não natural. Para as demais variáveis físico-químicas, o ferro apresenta os maiores valores quanto ao valor limite aos padrões estabelecido pela norma CONAMA 357 para a classe 2, estes valores são explicados em parte pelo alto teor de ferro nas águas subterrâneas, cuja é a principal contribuinte do rio Pitimbu. Em seguida encontram-se os baixos valores de oxigênio dissolvido e altos de Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), denunciando o lançamento de matéria orgânica no leito do rio.

Quanto a dispersão dos valores das amostras, a temperatura e potencial hidrogeniônico (pH) apresentam os menores valores de coeficiente de variação, sendo primeiro reflete a baixa amplitude térmica local e o pH devido a pequena variabilidade na quantidade de bases e ácidos. Portanto, essas duas variáveis apresentam valores das amostras mais próximos da mediana. Enquanto, as variáveis fósforo total e fosfato apresentam os maiores valores do coeficiente de variação denotando a interferência externa pela variabilidade temporal, principalmente explicado pela utilização do rio pela população ribeirinha para lavagem de roupas por detergentes com alto teor de fósforo.

A estação JINPASA apresenta os menores valores de limite superior, quartil superior e mediana para variável oxigênio dissolvido, concluindo que, para as situações mais favoráveis (os valores superiores), o ponto JINPASA apresenta-se

mais crítica em relação às demais estações. As variáveis Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), na estação JINPASA, devido ao lançamento de carga orgânica de origem industrial, mostra-se entre os maiores valores. Para essas últimas variáveis quanto a mediana, quartil inferior e limite inferior, a estação Fazenda Lagoa Seca (FLS) tem esses maiores valores explicado por causa do revolvimento da matéria orgânica sedimentada no fundo do corpo d'água causado pelo aumento do tempo de detenção pela existência de barramento nas proximidades .

As estações de monitoramento que apresentam as maiores porcentagens de amostras superiores ao valor permitido por Norma encontram-se Moita Verde (MVE) para as variáveis DBO e Ferro e JINPASA, maior porcentagem de violações para valores inferiores ao permitido de Oxigênio dissolvido.

As estações JINPASA e MVE possuem os maiores valores de limite superior e quartil superior para a variável DBO, porém MVE possui a maior porcentagem de violação, concentrando assim as amostras em valores superiores ao permitido. A estação MVE para a variável ferro possui a maior mediana e a porcentagem de valores superiores ao permitido. Enquanto a estação JINPASA possui a menor mediana, quartil inferior e limite inferior e a maior porcentagem de valores inferiores ao permitido.

A estação Passagem do Vigário (PVI) que apresenta os maiores valores de coliformes fecais e totais não se apresenta entre as maiores medianas para DBO e nem os menores valores de Oxigênio dissolvido, denotando assim que no ponto de monitoramento PVI, o lançamento de esgoto doméstico não é o principal responsável pela contribuição na DBO, enquanto para as demais estações (MVE, JINPASA e PVE) cujo possuem os maiores valores de DBO, as principais contribuições para os altos valores de DBO são outros lançamentos orgânicos, que não ao possuem origem fecal, como o lançamento dos resíduos orgânicos resultantes da produção industrial e agropecuário.

A mediana dos valores da variável cor nos 5 primeiros pontos apresentam valores superiores a 30 e medianas inferiores a 30 para os últimos pontos (PVE, FOM e EMPARN). Os maiores valores de cor ocorre na estação JINPASA devido ao lançamento de despejos industriais. Enquanto as estações PVI, MVE e JINPASA possuem as maiores medianas de turbidez, onde o ponto MVE apresenta os maiores valores devido ao carreamento de substâncias pela drenagem.

A variável cálcio apresenta maior influência na variação da variável alcalinidade de bicarbonato, enquanto a variação da quantidade de magnésio explica a maior variação da dureza total e para os sólidos totais dissolvidos, o cloreto é o maior responsável. Esses elementos são os maiores responsáveis pela variação dos valores das variáveis correspondentes.

Os sólidos totais dissolvidos apresentam alto coeficiente de determinação à condutividade elétrica, pois este último é afetado totalmente pela presença de sólidos totais dissolvidos. O cloreto e o sódio são aqueles que as suas variações afetam mais as variações da condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, respectivamente.

A Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) não sofre influência da Demanda química de oxigênio (DQO) e vice-versa, enquanto a variação dos coliformes fecais afetam a variação dos coliformes totais.

Os valores de cloreto, sódio, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais e condutividade elétrica apresentam tendência ao decréscimo a jusante do rio. O cloreto e sódio refletem as condições da presença destes elementos no ambiente e a diminuta vazão para a sua diluição, contrário ao que ocorre a jusante do rio. Os sólidos totais dissolvidos, sólidos totais e condutividade elétrica são influenciados, principalmente, pelo cloreto e sódio. Enquanto o potássio e o sulfato apresentam-se em baixas concentrações devido à resistência deles a dissolução e a baixa presença no solo.

As variáveis: magnésio, cálcio, alcalinidade do bicarbonato e dureza total, visualmente tem distinção em dois grupos, no primeiro grupo (FLS e LAM) seus valores são abaixo dos demais pontos de monitoramento, onde em parte explica-se pela presença natural no ambiente, enquanto a alcalinidade do bicarbonato e dureza total são afetadas diretamente pelo magnésio e cálcio.

Os maiores valores de coeficiente de assimetria não garantem necessariamente que as médias da amostra estejam fora do intervalo de confiança de 95% para a média da população.

## 7. SUGESTÕES DE FUTUROS TRABALHOS

- a) Aplicação de modelo quali-quantitativo da água como sistema de suporte à decisão dos órgãos governamentais;
- b) Estudo sobre a poluição hídrica ocasionado por agrotóxicos (avaliar os agrotóxicos com objetivo de proteger os ambientes hídricos e na proteção da vegetação nativa e de outros ecossistemas estabelecendo suas classificações quanto ao potencial de periculosidade ambiental; e realizar a avaliação ambiental preliminar de agrotóxicos, produto técnico, pré-mistura e afins destinados à pesquisa e à experimentação) – toxicidade e bioacumulação;
- c) Realização de estudos de mudanças no uso e ocupação do solo e sua interferência na qualidade da água, principalmente aqueles de origem difusa, possivelmente sugerindo outras áreas que restringem ao uso e ocupação do solo, devido à sua fragilidade ambiental, além de avaliar as existentes;
- d) Estudo da contribuição pela poluição difusa gerado por eventos de precipitação, através de polutogramas, baseando em diversos cenários de uso e ocupação do solo, com diferentes tipos graus de urbanização ao longo do rio;
- e) Estudar a contaminação da água subterrânea da bacia hidrogeológica de recarga do rio Pitimbu, estabelecendo os efeitos da poluição por nitrato e outros parâmetros na qualidade da água do Rio;
- f) Estudo da carga de poluentes potenciais gerado pelos diversos usos e ocupações do solo, determinando a parcela gerada e aquele que de fato chega aos cursos d'água devido a atenuação em função da depuração ocorrida no próprio ambiente, que corresponde ao quociente entre a carga real e a carga potencial de poluição, numa seção de controle conhecida da bacia;
- g) Estudo do ciclo para determinada variável estudada, quantificando as cargas geradas e suas diversas formas de disposição e possível carreamento do solo para o corpo receptor e presença do elemento no aquífero subterrâneo.

## **ANEXOS**

ANEXO I – Valores de qualidade de água coletados nas campanhas realizadas neste estudo; e

ANEXO II – Valores de qualidade de água coletadas pela CAERN no período entre 2001 a 2007.

ANEXO I – Valores de qualidade de água coletados nas campanhas realizadas neste estudo.

Variável	LAM	PVI	PVE	EMPARN
<b>Data de coleta: 30/11/06</b>				
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	4,42	24,3	26,7	17,0
Cálcio (mg/L)	2,500	4,800	6,200	2,000
Cloretos (mg/L)	40,0	32,5	26,5	18,5
Cond. elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	141,2	156,2	139,9	115,7
Cor (uH)	5,5	3,8	9,9	8,8
DBO (mg/L)	ND	ND	ND	ND
DQO (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Dureza total ( $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ )	15,0	36,0	23,0	21,0
Ferro total (mg/L)	0,004	1,416	0,428	0,085
Fosfato (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Fósforo Total (mg/L)	0,022	0,001	0,000	0,000
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,5	0,3	0,0	0,0
Magnésio (mg/L)	15,220	14,850	14,500	14,800
Manganês (mg/L)	0,000	0,800	0,700	0,000
Nitrato (mg/L)	0,00	0,00	0,83	1,02
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,90	4,90	5,13	4,70
pH	5,16	5,52	5,07	5,04
Potássio (mg/L)	3,000	4,500	3,800	5,500
Sódio (mg/L)	19,800	37,500	18,000	33,000
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	65,0	72,8	63,6	50,6
Sólidos totais (mg/L)	0,094	2,634	3,410	1,246
Sulfatos (mg/L)	4,5	4,9	4,2	3,6
Turbidez (uT)	15,2	12,0	10,0	8,1
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	27,1	26,6	27,4	29,2
Alumínio (mg/L)	0,920	0,520	0,520	0,600
Cádmio (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000
Chumbo (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000
Cobre (mg/L)	0,004	0,000	0,004	0,004
Cromo (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000
Níquel (mg/L)	0,026	0,026	0,024	0,000
Zinco (mg/L)	0,004	0,008	0,016	0,008

Variável	LAM	PVI	PVE	EMPARN
<b>Data de coleta: 18/01/07</b>				
Alc. Bicarbonato (mg/L caCO <sub>3</sub> )	3,1	23,1	20,2	17,1
Cálcio (mg/L)	16,960	2,050	7,710	5,140
Cloretos (mg/L)	30,0	27,0	15,0	13,0
Cond. elétrica (µS/cm)	160,2	160,9	122,8	101,6
Cor (uH)	14,4	27,7	9,4	18,8
DBO (mg/L)	ND	ND	ND	ND
DQO (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Dureza total (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	22,0	38,0	34,0	16,0
Ferro total (mg/L)	0,524	0,540	1,400	0,272
Fosfato (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Fósforo Total (mg/L)	0,009	0,000	0,000	0,000
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Magnésio (mg/L)	22,730	10,120	35,760	19,640
Manganês (mg/L)	0,008	0,000	0,016	0,004
Nitrato (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	ND	ND	ND	ND
pH	5,90	5,79	7,00	5,68
Potássio (mg/L)	0,000	1,400	1,080	0,560
Sódio (mg/L)	10,0	18,5	14,2	11,4
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	69,7	70,3	54,6	45,0
Sólidos totais (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Sulfatos (mg/L)	5,6	2,9	3,0	3,4
Turbidez (uT)	8,3	14,9	4,9	14,1
Temperatura (°C)	27,6	27,5	27,3	28,3
Alumínio (mg/L)	0,880	0,480	1,200	0,960
Cádmio (mg/L)	0,020	0,008	0,020	0,020
Chumbo (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000
Cobre (mg/L)	0,060	0,052	0,052	0,060
Cromo (mg/L)	0,040	0,020	0,028	0,032
Níquel (mg/L)	0,040	0,040	0,040	0,040
Zinco (mg/L)	0,016	0,008	0,016	0,012

Variável	LAM	PVI	PVE	EMPARN
<b>Data de coleta: 12/02/07</b>				
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	7,0	28,1	23,8	18,4
Cálcio (mg/L)	1,03	5,50	5,14	4,11
Cloretos (mg/L)	31,0	30,0	19,0	14,0
Cond. elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	137,9	161,6	128,4	104,3
Cor (uH)	14,9	28,8	12,7	12,2
DBO (mg/L)	1,70	0,90	1,30	2,03
DQO (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Dureza total ( $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ )	4,0	26,0	22,0	18,0
Ferro total (mg/L)	0,384	1,511	0,300	0,324
Fosfato (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Fósforo Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,8	0,7	0,5	0,5
Magnésio (mg/L)	11,340	13,200	12,600	11,340
Manganês (mg/L)	0,040	0,008	0,032	0,040
Nitrato (mg/L)	0,05	0,00	0,55	0,87
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	3,7	2,9	2,3	3,7
pH	5,11	5,10	5,40	4,36
Potássio (mg/L)	2,000	2,100	2,500	1,500
Sódio (mg/L)	23,000	16,000	14,500	11,600
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	58,8	71,3	57,2	46,5
Sólidos totais (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Sulfatos (mg/L)	3,6	5,4	3,4	3,7
Turbidez (uT)	4,1	16,6	9,5	7,0
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	27,7	26,6	25,8	25,7
Alumínio (mg/L)	1,200	0,740	0,800	0,400
Cádmio (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000
Chumbo (mg/L)	0,080	0,000	0,080	0,080
Cobre (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000
Cromo (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000
Níquel (mg/L)	0,000	0,026	0,040	0,000
Zinco (mg/L)	0,012	0,009	0,048	0,016



























































Variável	FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN
<b>Data de coleta: 14/08/06</b>								
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	5,5	5,5	20,9	19,8	25,3	18,7	18,7	16,5
Cálcio (mg/L)	1,6	1,6	4,0	4,0	4,8	3,2	2,4	3,2
Cloretos (mg/L)	32,0	32,0	27,0	22,0	20,0	18,0	17,0	16,0
Cond. Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	116,0	115,0	126,0	113,0	112,0	107,0	96,0	96,0
Cor (uH)	25,0	25,0	25,0	35,0	15,0	8,0	12,0	12,0
DBO (mg/L)	0,9	1,2	2,0	1,9	1,6	1,2	1,1	1,5
DQO (mg/L)	32,0	96,0	80,0	16,0	80,0	64,0	96,0	48,0
Dureza total (mg/L)	12,0	18,0	28,0	30,0	28,0	24,0	22,0	20,0
Ferro total (mg/L)	0,1	0,1	0,5	0,9	0,5	0,1	0,1	0,1
Fosfato (mg/L)	ND							
Fósforo Total (mg/L)	ND							
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND							
Magnésio (mg/L)	1,9	3,4	4,4	4,9	3,9	3,9	3,9	2,9
Manganês (mg/L)	ND							
Nitrato (mg/L)	ND							
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,5	5,3	6,2	4,7	3,5	5,0	6,5	5,6
pH	5,9	5,9	6,6	6,4	6,5	6,5	6,5	6,5
Potássio (mg/L)	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0
Sódio (mg/L)	26,0	27,0	23,0	22,0	20,0	21,0	21,0	20,0
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	79,0	78,0	86,0	77,0	76,0	73,0	67,0	62,0
Sulfatos (mg/L)	92,0	91,0	99,0	89,0	88,0	84,0	79,0	78,0
Turbidez (uT)	0,6	0,3	0,3	0,1	0,1	0,4	0,2	0,5
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,0	27,0	27,0	26,0	26,0	27,0	25,0	26,0
Col. totais (NMP/100ml)	4,9	4,7	4,9	10,3	6,8	3,3	6,0	6,2
Col. fecais (NMP/100ml)	4,90E+03	5,20E+03	2,00E+04	2,50E+04	1,60E+04	8,70E+03	3,40E+04	2,20E+04
Escherichia coli (NMP/100ml)	6,20E+01	AUSENTE	1,20E+02	1,20E+02	8,10E+02	2,00E+01	2,60E+02	1,40E+02

Variável	FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN
<b>Data de coleta: 18/09/06</b>								
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	11,0	8,8	21,0	24,2	31,0	22,0	27,5	21,0
Cálcio (mg/L)	4,8	2,4	5,6	3,2	7,2	4,8	4,0	3,2
Cloretos (mg/L)	40,0	35,0	29,0	28,0	20,0	22,0	22,0	18,0
Cond. Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	ND	ND						
Cor (uH)	7,0	25,0	25,0	25,0	15,0	7,0	7,0	7,0
DBO (mg/L)	2,29	2,12	1,61	3,23	3,06	2,63	1,70	1,95
DQO (mg/L)	32,0	32,0	48,0	16,0	32,0	16,0	32,0	48,0
Dureza total (mg/L)	22,0	24,0	36,0	28,0	30,0	30,0	22,0	28,0
Ferro total (mg/L)	ND	ND						
Fosfato (mg/L)	ND	ND						
Fósforo Total (mg/L)	ND	ND						
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND	ND						
Magnésio (mg/L)	2,4	4,3	5,3	4,8	2,9	4,3	2,9	4,8
Manganês (mg/L)	ND	ND						
Nitrato (mg/L)	ND	ND						
Nitrito (mg/L)	0,0180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0005	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,0	4,9	5,1	4,5	2,5	4,0	6,4	6,1
pH	6,9	6,2	7,2	6,9	7,2	7,0	7,4	7,1
Potássio (mg/L)	ND	ND						
Sódio (mg/L)	ND	ND						
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	ND	ND						
Sulfatos (mg/L)	ND	ND						
Turbidez (uT)	ND	ND						
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,0	27,0	28,0	25,0	26,0	26,0	28,0	28,0
Col. totais (NMP/100ml)	3,8	5,2	6,5	8,8	9,3	2,9	8,7	12,1
Col. fecais (NMP/100ml)	3,40E+03	8,20E+03	2,20E+04	2,80E+04	3,10E+04	1,40E+04	3,90E+02	2,4E+04
Escherichia coli (NMP/100ml)	AUSENTE	2,00E+01	5,20E+02	4,00E+01	2,30E+03	1,90E+02	3,20E+02	3,7E+02

Variável	FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN
<b>Data de coleta: 09/10/06</b>								
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	8,8	8,8	31,0	22,0	33,0	28,6	22,0	22,0
Cálcio (mg/L)	6,4	4,0	6,4	4,8	8,0	4,0	6,4	4,0
Cloretos (mg/L)	44,0	34,0	32,0	24,0	22,0	25,0	20,0	22,0
Cond. Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	ND							
Cor (uH)	15,0	45,0	55,0	25,0	75,0	7,0	15,0	7,0
DBO (mg/L)	1,36	1,44	0,85	3,74	2,89	2,63	1,78	2,21
DQO (mg/L)	32,0	16,0	32,0	16,0	16,0	16,0	16,0	48,0
Dureza total (mg/L)	18,0	18,0	34,0	30,0	34,0	28,0	26,0	20,0
Ferro total (mg/L)	ND							
Fosfato (mg/L)	ND							
Fósforo Total (mg/L)	ND							
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND							
Magnésio (mg/L)	0,4	1,9	4,3	4,3	3,4	4,3	2,4	2,4
Manganês (mg/L)	ND							
Nitrato (mg/L)	ND							
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,5	5,7	5,6	2,5	2,3	5,4	7,0	7,0
pH	7,6	7,4	7,6	7,2	6,5	7,0	7,3	7,4
Potássio (mg/L)	ND							
Sódio (mg/L)	ND							
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	ND							
Sulfatos (mg/L)	ND							
Turbidez (uT)	ND							
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	27,0	25,0	26,0	25,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Col. totais (NMP/100ml)	7,1	5,6	11,7	9,2	26,1	3,0	4,1	6,7
Col. fecais (NMP/100ml)	4,20E+03	1,20E+04	1,20E+04	2,00E+04	2,20E+04	4,80E+04	2,40E+04	7,70E+03
Escherichia coli (NMP/100ml)	2,00E+01	3,90E+02	1,30E+03	6,20E+01	3,20E+02	1,40E+02	5,50E+02	5,70E+02

Variável	FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN
<b>Data de coleta: 06/11/06</b>								
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	6,6	6,6	25,3	18,7	26,4	28,6	17,6	16,5
Cálcio (mg/L)	1,6	0,8	5,6	3,2	5,6	5,6	2,4	3,2
Cloretos (mg/L)	42,0	31,0	26,0	20,0	19,0	18,0	16,0	16,0
Cond. Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	140,0	114,0	145,0	97,0	110,0	135,0	103,0	95,0
Cor (uH)	15,0	25,0	65,0	45,0	75,0	75,0	15,0	15,0
DBO (mg/L)	1,70	0,68	0,85	1,10	0,68	1,10	1,53	1,53
DQO (mg/L)	16,0	48,0	32,0	32,0	16,0	16,0	80,0	16,0
Dureza total (mg/L)	10,0	10,0	30,0	28,0	26,0	26,0	18,0	18,0
Ferro total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fosfato (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fósforo Total (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,012
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnésio (mg/L)	1,4	1,9	3,9	4,8	2,9	2,9	2,9	2,4
Manganês (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrato (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,4	5,5	4,8	3,5	2,6	2,4	5,7	5,3
pH	6,6	6,3	6,7	6,5	6,4	6,3	6,7	6,7
Potássio (mg/L)	4,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0
Sódio (mg/L)	43,0	36,0	30,0	25,0	25,0	24,0	26,0	25,0
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	95,0	77,0	99,0	66,0	76,0	92,0	70,0	65,0
Sulfatos (mg/L)	109,0	88,0	114,0	78,0	88,0	106,0	81,0	75,0
Turbidez (uT)	0,6	0,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	1,0
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	27,0	26,0	27,0	26,0	25,0	26,0	28,0	28,0
Col. totais (NMP/100ml)	7,8	5,2	11,5	10,6	17,1	17,0	6,2	6,4
Col. fecais (NMP/100ml)	3,60E+03	3,40E+03	ND	1,20E+04	8,70E+03	4,90E+03	2,20E+04	2,50E+04
Escherichia coli (NMP/100ml)	4,20E+02	2,00E+01	ND	8,20E+01	3,20E+02	3,20E+02	5,00E+02	6,80E+02

Variável	FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN
<b>Data de coleta: 03/01/07</b>								
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	9,9	9,9	27,5	27,5	27,5	26,4	21,0	17,6
Cálcio (mg/L)	9,5	11,3	12,2	7,8	10,4	6,9	7,8	6,9
Cloretos (mg/L)	41,0	44,0	33,0	27,0	24,0	24,0	22,0	22,0
Cond. Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	ND							
Cor (uH)	70,0	70,0	110,0	110,0	110,0	55,0	55,0	65,0
DBO (mg/L)	0,60	0,76	1,53	0,60	0,42	1,87	1,19	1,78
DQO (mg/L)	38,4	12,8	12,8	12,8	115,2	25,6	51,2	102,4
Dureza total (mg/L)	30,5	30,5	41,4	43,6	32,7	26,1	39,2	39,2
Ferro total (mg/L)	ND							
Fosfato (mg/L)	ND							
Fósforo Total (mg/L)	ND							
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND							
Magnésio (mg/L)	1,5	0,5	2,6	5,8	1,6	2,1	4,9	5,3
Manganês (mg/L)	ND							
Nitrato (mg/L)	ND							
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,3	4,7	4,1	1,3	2,6	3,4	6,0	5,1
pH	6,2	6,4	6,8	6,7	6,7	6,8	6,6	6,8
Potássio (mg/L)	ND							
Sódio (mg/L)	ND							
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	ND							
Sulfatos (mg/L)	ND							
Turbidez (uT)	ND							
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,0	27,0	28,0	28,0	27,0	27,0	29,0	29,0
Col. totais (NMP/100ml)	6,6	6,4	11,0	21,0	12,4	4,8	10,0	9,0
Col. fecais (NMP/100ml)	1,60E+04	1,80E+04	4,80E+04	4,80E+04	4,80E+04	2,00E+04	3,40E+04	2,80E+04
Escherichia coli (NMP/100ml)	1,40E+02	5,00E+02	1,20E+03	1,30E+03	8,30E+02	1,90E+03	7,20E+02	8,60E+02

Variável	FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN
<b>Data de coleta: 13/02/07</b>								
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	11,0	9,9	29,7	21,0	22,0	24,2	21,0	20,0
Cálcio (mg/L)	3,5	5,2	7,8	4,4	5,2	4,4	3,5	7,0
Cloretos (mg/L)	55,0	35,0	32,0	25,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Cond. Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	ND	ND						
Cor (uH)	65,0	65,0	90,0	45,0	110,0	25,0	35,0	25,0
DBO (mg/L)	ND	ND						
DQO (mg/L)	14,4	28,8	14,4	43,2	28,8	14,4	72,0	14,4
Dureza total (mg/L)	21,8	30,5	37,0	32,7	35,0	37,0	30,5	35,0
Ferro total (mg/L)	ND	ND						
Fosfato (mg/L)	ND	ND						
Fósforo Total (mg/L)	ND	ND						
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND	ND						
Magnésio (mg/L)	3,2	4,2	4,2	5,2	5,3	6,3	5,3	4,3
Manganês (mg/L)	ND	ND						
Nitrato (mg/L)	ND	ND						
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	ND	ND						
pH	6,2	6,1	6,3	5,8	6,1	6,1	6,4	6,3
Potássio (mg/L)	ND	ND						
Sódio (mg/L)	ND	ND						
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	ND	ND						
Sulfatos (mg/L)	ND	ND						
Turbidez (uT)	ND	ND						
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	31,0	28,0	28,0	27,0	28,0	28,0	30,0	ND
Col. totais (NMP/100ml)	14,0	3,0	7,0	3,0	12,0	3,0	5,0	5,0
Col. fecais (NMP/100ml)	6,80E+03	8,20E+03	1,10E+04	1,50E+04	1,00E+04	7,70E+03	2,60E+04	3,4E+04
Escherichia coli (NMP/100ml)	6,20E+01	8,20E+01	9,10E+02	1,40E+02	3,30E+03	4,90E+02	4,60E+02	8,0E+02

Variável	FLS	LAM	PVI	MVE	JINPASA	PVE	FOM	EMPARN
<b>Data de coleta: 08/03/07</b>								
Alc. Bicarbonato (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	11,0	7,7	31,9	29,7	30,8	25,3	31,9	23,1
Cálcio (mg/L)	2,6	3,5	6,1	5,2	4,3	3,5	6,9	4,3
Cloretos (mg/L)	37,0	38,0	29,0	23,0	17,0	18,0	17,0	16,0
Cond. Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cor (uH)	35,0	35,0	45,0	90,0	25,0	45,0	25,0	25,0
DBO (mg/L)	1,5	1,6	1,2	1,5	0,7	1,3	2,3	2,0
DQO (mg/L)	48,0	16,0	48,0	112,0	160,0	48,0	16,0	16,0
Dureza total (mg/L)	24,0	24,0	32,7	21,8	19,6	19,6	26,1	21,8
Ferro total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fosfato (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fósforo Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnésio (mg/L)	4,2	3,7	4,2	2,1	2,1	2,6	2,1	2,6
Manganês (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrato (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,0	5,5	5,7	1,4	2,6	4,3	7,5	5,6
pH	6,3	6,4	6,5	6,4	6,2	6,3	6,8	6,6
Potássio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sódio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sólidos tot. dissolvidos (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfatos (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Turbidez (uT)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,0	27,0	27,0	27,0	27,0	26,0	28,0	28,0
Col. totais (NMP/100ml)	2,8	2,4	4,0	12,0	6,9	15,7	3,7	3,1

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. United Book Press, Inc. 19. ed., Baltimore.

BORGES, A. N. *et al.* Estudo de Impacto Ambiental (EIA) referente à implantação do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos (SITEL) do Centro Industrial Avançado (CIA/RN). 1999. 150f. Trabalho final da disciplina Avaliação de Impacto Ambiental (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.

BORGES, A. N. Implicações Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu (RN) decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo. 2002. 175p. Tese (Mestrado em Engenharia Sanitária e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.

BRASIL (1979). Dispõe sobre o Parcelamento do Solo urbano e dá outras providências

BRASIL (1980). Lei Nº 6.803, de 02 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências.

BRASIL (1981). Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981 sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL (1985). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 004, de 18 de setembro de 1985. Regulamenta as Reservas ecológicas mencionadas no Artigo 18 da Lei nº 6.938/81, bem como as estabelecidas de acordo com o que preceitua o Artigo 1º do Decreto nº 89.336/84.

BRASIL (1986). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 001, 23 de Janeiro de 1986. Dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental.

BRASIL (1997). Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL (2002). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 303, de 20 de Março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

BRASIL (2004). Ministério da Saúde. Portaria Nº 518 de 25 de Março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências.

BRASIL (2004). Lei 10.932 de 03 de Agosto de 2004. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

BRASIL (2004). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 274, de 29 de Novembro de 2000. Dispõe sobre as condições de balneabilidade.

BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

COSTA, S. M. D. Alteração da cobertura vegetal natural da microbacia do rio Pitimbu – RN devido à ocupação antrópica. 1995. 19f. Relatório final de pesquisa – Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico – Pró-Reitoria de Pesquisa e pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). Projeto Pitimbu: recuperação e conservação de matas ciliares. Natal, Ago. 2.000.

ESTEVEES, F. A. Fundamentos de Limnologia, Interciência/Finep, Oecologia Brasiliensis, v. 1., 1988.

FIGUEIREDO FILHO, O. A. O meio-físico no trecho do rio Pitimbu entre Ponte Velha e a lagoa do Jiqui - Município de Parnamirim. Parecer técnico - Auditoria Preliminar. Departamento de Geologia. UFRN, Natal, 1999. 9 p.

FUNDAÇÃO NORTE RIOGRANDENSE DE PESQUISA E CULTURA (FUNPEC). Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, referente à implantação do Centro Industrial Avançado – CIA/RN. Natal, 1998.

GABRIEL, D. C. A. *et al.* Avaliação da qualidade da água do rio Pitimbu - RN. 2000. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Potiguar, Natal.

GUIMARÃES SEGUNDO, J. E. de A. (2002), Diagnóstico geoquímico ambiental e água e sedimento de fundo do rio Pitimbu, região sul da Grande Natal/RN. Tese mestrado em Geologia – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

GUIMARÃES SEGUNDO, J. E. de A. *et. al.* Poluição Química e Qualidade das Águas do Rio Pitimbu. UFRN, Natal, 2003.

IDEMA, Projeto de Zoneamento ecológico-Econômico do Litoral do Rio Grande do Norte, 2004.

LEME, F. P. Teoria e técnicas de tratamento de água. CETESB. São Paulo, 1982.

LUCENA, L. R. F. de; ROSA FILHO, E. F. da & BITTENCOURT, A. V. L. A Potenciometria do Aquífero Barreiras no setor Oriental da Bacia do Rio Pirangi-RN e Considerações sobre a relação com mananciais superficiais. Revista Águas Subterrâneas N° 18 / Janeiro 2004. LPH-UFPR, Centro Politécnico.Curitiba/PR.

LUCENA, L. R. F. et al. A Migração de Constituintes iônicos no Aquífero Barreiras na Região Sul de Natal-RN, decorrente do Quadro estrutural local - Uma hipótese de trabalho. Revista Latino-Americana de Hidrogeologia, n.4, p.9-16, 2004.

LUCENA, L. R. F. de. Mapeamento geológico/gravimétrico da faixa costeira entre Parnamirim e São José de Mipibu (RN), 2004.

MELO Jr., G. de. Impacto do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal-RN. 1995. 196f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELO Jr., G. de. Diagnóstico Químico ambiental em águas e sedimento de fundo do rio Pitimbu, Região Sul de Natal-RN. Relatório final. IDEMA / Programa de Pós-Graduação em geociências da UFRN. Outubro, 2001.

MONTEIRO, J. H. P. et al. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal IBAM, 2001.

MOREIRA-NORDEMAN, L. M. et al. Impactos ambientais na precipitação da costa brasileira.FINEP. Disponível em: <http://mtcm16.sid.inpe.br/col/sid.INPE.br/marciana/11.08.16.25/doc/Impactos%20ambientais.pdf>. Acessado em: 10/01/2007

NUNES, E. Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e coberturas de alterações intempéricas da Grande Natal(RN) como base para o macrozonemanto geoambiental. 1996, 191f. Tese (Doutorado) em geociências – Instituto de geociências e ciências exatas, UNESP, Rio Claro.

NUNES, E. O Meio Ambiente da Grande Natal (RN). Natal: Imagem Gráfica, 2000.

OLIVEIRA, F. G. de. Autodepuração e monitoramento do rio Pitimbu-RN. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.

OLIVEIRA, F. F. G. de. Utilização do Sistema de Posicionamento Global – GPS no mapeamento e georeferenciamento ambiental das Zonas de Proteção Ambiental de Natal-RN. 1999. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.

PEREIRA, M. G. Qualidade das águas dos mananciais de superfície utilizados no abastecimento da cidade de Natal: aplicação do IQA nos pontos de captação. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - UFRN, Natal.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. Lei complementar Nº 082 de 21 de junho de 2007 - Plano diretor de Natal/RN.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PARNAMIRIM. Lei 1.058 de 30 de Agosto de 2000 - Plano Diretor da cidade de Parnamirim.

RAMALHO, M. F. de J. L. Evolução dos processos erosivos nos solos arenosos entre os municípios de Natal e Parnamirim (RN). 1999. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro.

RATIS, A. N. F. A. et al. Eficiência da Flotação por ar dissolvido (FAD) no Tratamento de Efluentes industriais do Centro Industrial Avançado (CIA), Macaíba/RN. In: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, (2005).

RIO GRANDE DO NORTE (2000). Decreto nº 14.920, de 02 de junho de 2000. Suspende o licenciamento de empreendimentos situados às margens do Rio Pitimbu e dá outras providências.

RIO GRANDE DO NORTE (2003). Lei Nº 8.426, de 14 de Novembro de 2003. Dispõe sobre a Faixa de Proteção Ambiental do Rio Pitimbu, e dá outras providências.

SANTOS, A. C. V. dos; COSTA, A. M. de B. da; SILVA, F. M. da. Caracterização e atuação antrópica na sub-bacia do rio Pitimbu – Natal(RN). In: Semana de Humanidades, 6; Seminário de pesquisa, 7” Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 1997, Natal, Anais, p. 246-247.

SANTOS, A. C. V. dos. Influência da expansão urbana na paisagem da sub-bacia do rio Pitimbu entre Natal e Parnamirim. 1999. 93f. Monografia (VII curso de Especialização em Geografia do Nordeste) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.

SANTOS, I. dos et al. Hidrometria Aplicada. LACTEC -Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento. Editora do CEHPAR. Centro de hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza. Curitiba, 2001.

SANTOS, A. R. L., MELO Jr G., GUIMARÃES SEGUNDO, J. E. de A. A Revista de geologia, 2002, vol.15:01-08, Concentração de metais pesados em frações granulométricas de sedimentos de fundo do Rio Pitimbu, região Sul da grande Natal (RN): Implicações para levantamentos ambientais. Programa de Pós-Graduação em geociências/CCET/UFRN, 2002.

SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS – SERHID/RN. Resultado dos parâmetros de Qualidade das Águas dos efluentes das indústrias INPASA e SIDORE, 2001

SECRETÁRIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS – SERHID/RN. Plano de Gestão Integrado da Bacia do Rio Pitimbu. Projeto Pró-água / Semi-Árido. SDP Nº 005/2003. VBA-TECNOSOLO. Junho/2006

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO (SEMA/SP). Bacia do rio Piracicaba - estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento de corpos de água, proposta para discussão. São Paulo, 1994.

SILVA, V. L. Caracterização climática da microbacia do rio Pitimbu - RN. 1996, 40f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - UFRN, Natal.

SILVA, V. L. As Implicações Ambientais no Entorno da Lagoa do Jiqui (RN) em Decorrência do Processo de Ocupação Humana. Monografia (VII Curso de Especialização em Geografia do Nordeste) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Universidade Federal do Rio Grande do norte, Natal, 1997.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). [http:// extract.cr.usgs.gov/website/distreg/RequestSummary.jsp?AL=-5.8302273,6.0119381,35.1674528,35.3938804&PR=0&PL=SM903TZ](http://extract.cr.usgs.gov/website/distreg/RequestSummary.jsp?AL=-5.8302273,6.0119381,35.1674528,35.3938804&PR=0&PL=SM903TZ)). Acessado em: 18 de Dezembro de 2006.

VON SPELING, M. Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996.