,

Governo do Estado do Rio Grande do Norte
Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte - SEMARH
Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN- IDEMA
Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte- IGARN
Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte- EMPARN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia- IFRN
Universidade Estadual do Rio Grande do Norte- UERN
Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA

PROGRAMA
ÁGUA AZUL

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
4º RELATÓRIO PARCIAL

NATAL, JUNHO DE 2012

ÓRGÃOS ENVOLVIDOS

- Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte (IDEMA),
- Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN),
- Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN),
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRN),
- Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN),
- Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA),
- Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN)

COORDENAÇÃO GERAL

MANOEL LUCAS FILHO- UFRN
Eng^{o} Civil, Doutor e Pós Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Professor e Diretor do Centro de Tecnologia da UFRN

NELSON CÉSIO FERNANDES SANTOS- IGARN
Eng^{o} Civil, Mestre em Recursos Hídricos, Coordenador de Gestão Operacional – IGARN

SÉRGIO LUIZ MACÊDO - IDEMA
Eng^{o} Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, Núcleo de Monitoramento Ambiental – NMA/IDEMA

EQUIPE TÉCNICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN

AÉCIA SELEIDE DANTAS
Bacharel e Mestre em Química, Técnica do ICP-OES.

ANDRÉ LUIZ PEREIRA DE ALMEIDA
Bacharel e Mestrando em Química. Técnico do TOC.

DJALMA RIBEIRO DA SILVA
Químico, DSc - UFRN.

EMILY CINTIA TOSSI DE ARAÚJO COSTA
Licenciada, Bacharel, Mestre e Doutoranda em Química, Técnica do IC.
Química Responsável.

GUILHERME FULGÊNCIO DE MEDEIROS
Dr. Coordenador do ECOTOX/Lab/DOL/UFRN

HÉLIO RODRIGUES DOS SANTOS
Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento. Professor Adjunto I da UFRN.

IVANEIDE ALVES SOARES DA COSTA
Bióloga, Mestre em Bioecologia Aquática, Doutora em Ecologia e Recursos Naturais, Pós-Doutora em Ecologia, Fisiologia e toxicologia de Cianobactérias, Professora Adjunto I da UFRN.

JULIANA DELGADO TINÔCO
Engenheira Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, Doutoranda da Escola de Engenharia de São Carlo- EESC/USP- Departamento de Hidráulica e Saneamento.

LARISSA ISABELLE FERREIRA BATISTA
Graduada em Ciências Biológicas, ECOTOX/Lab/DOL/UFRN

LUIZ PEREIRA DE BRITO
Eng^{o} Civil, Mestre em Engenharia Química, Doutor e Pós Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental, Professor Associado da UFRN

MANOEL LUCAS FILHO- UFRN
Eng^{o} Civil, Doutor e Pós Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Professor e Diretor do Centro de Tecnologia da UFRN

MIQUÉIAS ARAÚJO DANTAS
Licenciado em Química, Mestrando em Ciência e Engenharia do Petróleo.

RAYANNA HOZANA BEZERRIL
Bacharel e Mestranda em Química, Técnica do TOG.

SANDRO ARAÚJO DA SILVA
Técnico em Tecnologia Ambiental, Graduando em Química, Técnico do Laboratório de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRN.

SHIRLEY FEITOSA MACHADO SENA
Bacharel em Química, Mestranda em Ciência e Engenharia do Petróleo.

SINARA CYBELLE TURÍBIO E SILVA NICODEMO
Mestranda em Bioecologia Aquática, ECOTOX/Lab/DOL/UFRN.

TARCILA MARIA PINHEIRO FROTA
Engenheira de Materiais, Especialista em Ciência e Tecnologia de Materiais Aplicados à Indústria, Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.

VANESSA BECKER
Bióloga, Mestre em Ecologia, Doutora em Botânica, Especialista em Fitoplâcton de Águas Continentais.

VERUSHKA SYMONNE DE MEDEIROS LOPES
Bacharel em Química, Mestranda em Ciência e Engenharia do Petróleo.

VIRGÍNIA ELEONORA FERREIRA BATISTA
Graduanda em Aquicultura, ECOTOX/Lab/DOL/UFRN.

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE-IGARN

NELSON CÉSIO FERNANDES SANTOS- IGARN
Eng^{o} Civil, Mestre em Recursos Hídricos, Coordenador de Gestão Operacional – IGARN

FRANCISCO RAFAEL SOUSA FREITAS
Tecnólogo em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Mestre em Engenharia Sanitária (Recursos Hídricos). Consultor SEMARH/PSP (Monitoramento Qualitativo).

SELMA MARIA DA SILVA
Engenheira Química. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO.

Estagiárias

NATHALIA AUGUSTA SEABRA DANTAS DE OLIVEIRA
Graduanda em Aqüicultura-UFRN e estagiária de Aqüicultura-UFRN.

ROSEANE RODRIGUES DE AZEVEDO LEOCÁDIO
Graduanda em Ciências Biológicas-UFRN e estagiária de Biologia-UFRN.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO NORTE- UERN

SUELY SOUZA LEAL DE CASTRO
Licenciada e Bacharel em Química, Mestre em Ciências, Doutora em Química Analítica e, Professora Adjunto IV do Departamento de Química da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN.

LUIZ DI SOUZA
Eng° Industrial e Químico, Mestre e Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais, Professor adjunto IV da UERN.

ALRIBERTO GERMANO DA SILVA

Graduando em Química, UERN.

ANDRÉ VICTOR FERNANDES SILVA

Graduando em Química, UERN.

ANTÔNIO RANK-SERMILHER DE SALES BARBOSA

Graduando em Química, UERN.

JOSÉ ROGRIGUES DE LIMA FILHO

Graduando em Química, UERN.

KAIO CÉSAR ALVES DA SILVA

Graduando em Química, UERN.

LARISSA MATILDE DA SILVA

Graduando em Química, UERN.

LIDIANE ALVES DE MORAIS

Graduando em Química, UERN.

PAULO ROBERTO FREIRE DE MORAES

Graduando em Química, UERN.

PEDRO HENRIQUE C. S. COSTA
Graduando em Química, UERN.

RAQUEL F. DOS SANTOS
Graduando em Gestão Ambiental, UERN.

TAISA CRISTINE DE MOURA DANTAS

Graduando em Química, UERN.

THIAGO MIELLE B. F. OLIVEIRA
Químico e Especialista em Química e Biologia, Técnico de Laboratório de Química do Departamento de Química da UERN.

WYSLLEY DOUGLAS ALVES PAIVA

Graduando em Química, UERN.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – EMPARN

ALFRÊDO OSVALDO DANTAS DE AZEVEDO
Msc. em Eng. Sanitária

JOSÉ SIMPLÍCIO DE HOLANDA
PhD em Agronomia

ALDO ARNALDO DE MEDEIROS
PhD em Agronomia

RAIMUNDO FERNANDES DUTRA
Eng.º Químico

MARCOS JOSÉ DA NÓBREGA FREIRE
Eng.º Químico

LÍGIA MARIA BARRETO REGO
Eng.º Químico

MARIA DE FÁTIMA COSTA
Bel. em Química

GLEY BENÉVOLO XAVIER
Bel. em Química

MARIA DA CONCEIÇÃO GOMES BENTES
Bióloga

ADEMILSON GOMES DA SILVA
Laboratorista

MARIA DO SOCORRO VALENTIM CÂMARA
Assist. de Pesquisa I

RONILDO TEIXEIRA DE PAULA
Tec. Laboratório

ERNESTRO ESPÍNOLA SOBRINHO
Tec. Laboratório

VALDO LOPES DE MOURA
Laboratorista

ÂNGELA CRISTINA MELO LIBERATO
Bióloga

TARCÍSIO BATISTA DANTAS
Tec. Laboratório

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RN- IFRN

ANDRÉ LUIS CALADO ARAÚJO
Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Sanitária, University of Leeds, England.

ANDRÉA LESSA DA FONSECA
Engenheira Química, Doutora em Engenharia Química, UFRN.

DOUGLISNILSON DE MORAES FERREIRA
Químico - UFRN

LEÃO XAVIER DA COSTA NETO
Geólogo, Mestre em Geologia e Geofísica Marinha, UFF-RJ

LUIZ EDUARDO MELO DE LIMA
Biólogo, Mestre em Gerenciamento Ambiental, UFPB.

MILTON BEZERRA DO VALE
Engenheiro Químico, Mestre em Engenharia Sanitária, UFRN.

RONALDO FERNANDES DINIZ
Geólogo, Doutor em Geologia Sedimentar, UFBA.

HUGO PAIVA TAVARES DE SOUZA
Aluno do Curso Técnico de Geologia e Mineração, CEFET-RN.

MIRLENE NEYCE SOARES PEREIRA
Aluna do Curso Técnico de Controle Ambiental, CEFET-RN.

PALOMA DE PAULA GOMES
Aluna do Curso Técnico de Controle Ambiental, CEFET-RN

RAONI DANTAS BRANDÃO MARINHO
Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, CEFET-RN.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO/RN- UFERSA

FRANCISCO NILDO DA SILVA
Engenheiro Agrônomo pela UFERSA. Mestre em Solos pela UFC. Doutor em Solos pela Universidade Federal de Lavras – UFLA/University of California - UCR-USA. Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFERSA. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Ambientais da UFERSA.

MARIA MÉRCIA SALVIANO DE OLIVEIRA
Técnica em laboratório. Servidora Publica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 12

1.0 INTRODUÇÃO 13

2.0 OBJETIVO 14

3.0 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA 14

3.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos 15
3.2 Qualidade das Águas Subterrâneas 15
3.3 As Fontes Potenciais de Contaminação dos Recursos Hídricos 16
4.0 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO RIO GRANDE DO NORTE 17

5.0 A LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 20

6.0 MATERIAIS E MÉTODOS 21

6.1 - Área Geográfica do Estudo 21

6.3 – Rede de Monitoramento 21
6.4 – Coletas e Análises 21
6.4.1 Coletas 21
7.0 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 23

8.1 POÇOS COM CONCENTRAÇÃO DE NITRATO ACIMA DO LIMITE PERMITIDO PELA RESOLUÇÃO CONAMA 396/08 PARA CONSUMO HUMANO. 50

8.2 POÇOS QUE APRESENTAM VALORES FORA DO PADRÃO DE POTABILIDADE PARA OS INDICADORES BIOLÓGICOS 54

8.3 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS AGROTÓXICOS 54

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 55

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 57

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Fontes de cargas contaminantes de águas subterrâneas

Figura 4.1 – Aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte

Figura 6.1 – Estações de amostragem de água subterrânea

Figura 7.1 - Concentração dos sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Figura 7.2 – Concentração do íon sódio (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Figura 7.3– Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Figura 7.4 – Concentração do ion cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Figura 7.5 – Concentração do ion ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

Figura 7.6 – Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 7.7 – Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 7.8 – Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 7.9 – Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 7.10 – Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 7.11– Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 7.12 – Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 7.13– Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 8.1 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Potengi

Figura 8.2 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Faixa Litoranêa Leste de Escoamento Difuso

Figura 8.3 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 8.4 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 8.5 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Doce

Figura 8.6 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Pirangi

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 – Parâmetros Monitorados, Métodos Analíticos e Padrão de Potabilidade

Tabela 7.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Potengi

Tabela 7.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

Tabela 7.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Tabela 7.4 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Tabela 7.5 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Tabela 7.6 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Doce

Tabela 7.7 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Pirangi

Tabela 7.8 – Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Tabela 7.9 - Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

T – temperatura

º C – graus Celsius

pH – potencial hidrogeniônico

CE – condutividade elétrica

$N0_3$ – nitrato

$N0_2$ – nitrito

NH_3 – nitrogênio amoniacal

SO_4 – sulfato

Na – sódio

Ca – cálcio

Cl – cloreto

K – potássio

VMP – valor máximo permitido

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

uH – unidade Hazen

uT – unidade de turbidez

µS/cm – microsiemens/cm

$CaCO_3$ – carbonato de cálcio

Mg – magnésio

Fe – ferro

mg/L – miligramas por litro

UFC – unidades formadoras de colônias

cm – centímetros

h – hora

CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

SAAE – Serviço Autônomo de Águas e Esgotos

IGARN – Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte

APRESENTAÇÃO

Um dos pré-requisitos para o gerenciamento dos recursos hídricos é o conhecimento da qualidade da água subterrânea. A perfuração indiscriminada de poços, associada à influência da ocupação humana, tem contribuído sobremaneira para a contaminação dos aqüíferos.

A gestão das águas subterrâneas, contempladas nas Resoluções CNRH nº 92/2008, CNRH nº 22/2002, CNRH nº 91/2008 e CONAMA nº 396/2008, definem diretrizes para programas de controle da poluição e prevenção da contaminação desses mananciais.

As características físico-químicas e biológicas das águas subterrâneas definem o seu uso preponderante, mas a qualidade da água subterrânea pode ser influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos ao aqüífero.

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas é realizado por meio de coletas semestrais em pontos de amostragem selecionados de forma a abranger os principais aqüíferos do Estado, e inclui os poços de abastecimento público, poços com uso para irrigação e indústria e nascentes de águas subterrâneas em todo o território do estado do Rio Grande do Norte.

A água subterrânea abastece comunidades rurais da região semi-árida do estado, a população urbana de vários municípios e é usada de forma importante na irrigação no município de Baraúna. As informações obtidas no monitoramento subsidiam as ações de gestão do recurso hídrico, através da tomada de decisões em função do objetivo do monitoramento, dos resultados obtidos e do uso da água amostrada.

Este relatório apresenta a metodologia e os resultados do monitoramento realizado no segundo semestre de 2010 e sua interpretação para a avaliação da qualidade das águas dos principais aqüíferos do Estado.

1.0 INTRODUÇÃO

A qualidade e a quantidade de água subterrânea condicionam o seu uso. Processos naturais e atividades humanas influenciam a qualidade das águas subterrâneas A água contém naturalmente substâncias dissolvidas, material particulado não dissolvido e organismos vivos. Entretanto o uso doméstico, a produção agrícola, a mineração e a produção industrial, dentre outras atividades, podem alterar as características biológicas, químicas e físicas e ameaçar a integridade do ecossistema e da saúde humana.

A partir do conhecimento da interação da água com o meio em que ela circula, foi possível identificar parâmetros que são utilizados para orientação e proteção dos usuários das águas subterrâneas. As principais fontes poluidoras da água são as atividades antrópicas e agrícolas, especialmente a disposição inadequada de efluentes domésticos, dos resíduos da pecuária, disposição inadequada dos resíduos sólidos e práticas agrícolas incorretas.

O incremento da gestão através do monitoramento contínuo e dados confiáveis, políticas públicas de combate à poluição, normas legais que regulamentem o uso da água e da melhoria dos sistemas de distribuição da água, são itens importantes para as questões relacionadas à qualidade dos mananciais.

O Programa Água Azul é parte de um convênio de cooperação técnica entre órgãos do governo estadual e federal e opera a rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais, subterrâneas e a balneabilidade das praias.

Este Relatório apresenta a metodologia e os resultados consistidos da terceira campanha de monitoramento realizada no ano de 2010, nas seguintes bacias hidrográficas: Potengi, Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu, Doce, Pirangi, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso. Foram monitorados 49 parâmetros de qualidade, incluindo os microbiológicos, físicos e químicos, além de 24 parâmetros orgânicos nos poços localizados no município de Baraúna.

2.0 OBJETIVO

Os principais objetivos da rede de monitoramento de águas subterrâneas são:

• Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas subterrâneas utilizadas para o consumo humano (abastecimento público) e demais usos; Avaliar a evolução da qualidade das águas superficiais do Estado

• Avaliar a evolução da qualidade das águas subterrâneas do Estado;

• Obter informações sobre áreas impactadas, onde a qualidade da água está mais comprometida, permitindo a aplicação de medidas de prevenção e correção dos órgãos de gestão ambiental e dos recursos hídricos.

• Fornecer subsídios para a elaboração e execução dos Planos de Bacia e dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

3.0 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

O processo de evolução do programa de monitoramento Água Azul busca continuamente um diagnóstico melhor e mais eficiente dos recursos hídricos do estado. As variáveis de qualidade das águas dependem dos usos preponderantes, sendo adotados parâmetros específicos para indicar a qualidade dessas águas.

Todos os poços monitorados são georeferenciados e estão distribuídos por Bacia Hidrográfica. A distribuição espacial dos pontos da rede de monitoramento pode ser visualizada no mapa abaixo.

A rede de monitoramento de águas subterrâneas, para esta campanha, contemplou 54 poços distribuídos em todo o território potiguar. Os municípios com maior número de poços são: Natal (28 poços) e Baraúna (10 poços).

3.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos

De acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH:

> Os aqüíferos são corpos hidrogeológicos com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (CNRH 2001, Resolução N° 16)

Os aqüíferos podem ser classificados como porosos, fissurais e cársticos. Os aqüíferos porosos ou granulares são aqueles compostos de rochas sedimentares; os fissurais são compostos por rochas cristalinas ígneas, ou sedimentares silitificadas, constituído por granitos e/ou rochas metamórficas; e finalmente os aqüíferos cársticos, que estão associados à dissolução de calcários ou a arenitos cimentados por carbonato de cálcio, formando cursos subterrâneos. Os aqüíferos também podem ser classificados, em função da pressão da água, em aqüíferos confinados, livres e semi-confinados. Quanto a área ocupada pelos aqüíferos, há possibilidade de um aqüífero ocupar a área de mais de uma Bacia Hidrográfica passando, inclusive, por diferentes estados ou países.

Os poços, que podem ser rasos ou profundos, é o meio através do qual é possível explotar a água subterrânea, e podem ser artesianos – quando as águas sobem acima do seu nível original e jorram de forma espontânea – , e poços freáticos, quando a sua vazão é variável conforme a recarga e descarga do aqüífero.

3.2 Qualidade das Águas Subterrâneas

Os aspectos qualitativos das águas subterrâneas em qualquer estudo hidrogeológico são fundamentais, uma vez que a água pode possuir qualidade natural para vários usos ou ser restrita para determinados usos.

Os constituintes naturais da água subterrânea derivam das interações que ocorrem da área de recarga à de descarga entre a água e os sólidos, líquidos e gases. A concentração caracteriza as espécies inorgânicas presentes:

• concentrações >5mg/L: são os constituintes maiores ou principais como os íons Cl^-, SO^{2-}, HCO^{3-}, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}. Alguns ácidos, hidróxido de Fe e a sílica ($HSiO_4$) em estado coloidal, assim como seus íons derivados (Fe^{2+} , Fe^{3+} e H_3SiO^{4-}) podem integrar a solução aquosa natural.

• concentrações entre 0,01-10mg/L: são os íons NO_3^{2-}, CO_3, K^+ e Fe^{3+}, NO_2^{2-}, NH^{4+} , Sr^{2+} , Br^-, S^{2-}, PO_4^{2-}, H_3BO^{3-}, NO^{2-},OH^-, I^-, Fe^{3+}, Mn^{+2}, H^+, NH_4^+, Al^{3+} dentre outros. Em áreas com contaminação antrópica e jazidas naturais os íons metálicos As^{2+}, Sb^{2+}, Cr^{3+}, Cu^{2+}, Ni^{2+},Zn^{2+}, Ba^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, entre outros, que podem apresentar concentrações superiores ao *background* regional.

• a água pode apresentar elementos radioativos comuns na litosfera, sendo o 222Rn a emanação mais abundante nas águas minerais e o principal responsável pela sua radioatividade.

Os parâmetros para controle da qualidade, selecionados a partir da definição dos usos preponderantes, podem ser classificados em:

• **físicos (descritivos):** turbidez; cor; sabor; odor; sólidos totais dissolvidos (STD); temperatura; condutividade elétrica e salinidade;

• **químicos:** pH; DBO; DQO; OD; gás carbônico; acidez; alcalinidade; dureza; conteúdo iônico (elementos maiores); metais (Hg, Cu, Pd, Zn, Cr, Cd); nitratos, sulfatos, fosfatos, compostos orgânicos (sintéticos e naturais) e nutrientes;

• **microbiológicos:** as bactérias do grupo coliformes (fecais e os termotolerantes), e

•**compostos orgânicos (indicadores de contaminação):** hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, fenóis e outros que comprometem o sabor e odor, subdivididos em:

- **mais densos que a água - DNAPL (dense non-aqueous phase liquids):** os mais comuns são os halogenados (PCE – tetracloroetano, TCE – tricloroeteno, DCE –dicloroeteno, cloreto de vinila dentre outros), e;

- **menos densos que a água - LNAPL (light non-aqueous phase liquids):** os mais comuns são do grupo BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) presentes na gasolina.

• **Carbono Orgânico Total -** COT: é o carbono dissolvido, não específico, atribuído as substâncias orgânicas presentes na água. O COT é um teste instrumental que mede o carbono liberado como CO_2.

3.3 As Fontes Potenciais de Contaminação dos Recursos Hídricos

Dentre as várias fontes de poluição/contaminação das águas subterrâneas há de se destacar os vazamentos de tanques ou tubulações, derramamentos acidentais, lixiviados de resíduos sólidos, lançamento de efluentes domésticos e industriais, fertilizantes e pesticidas oriundos das atividades agrícolas e atividades de mineração.

Por outro lado, os tipos de uso e ocupação do solo, a intensidade de geração e a disposição das cargas poluidoras associadas às características geológicas e hidrogeológicas da área permitem a avaliação dos riscos de poluição/contaminação das águas subterrâneas.

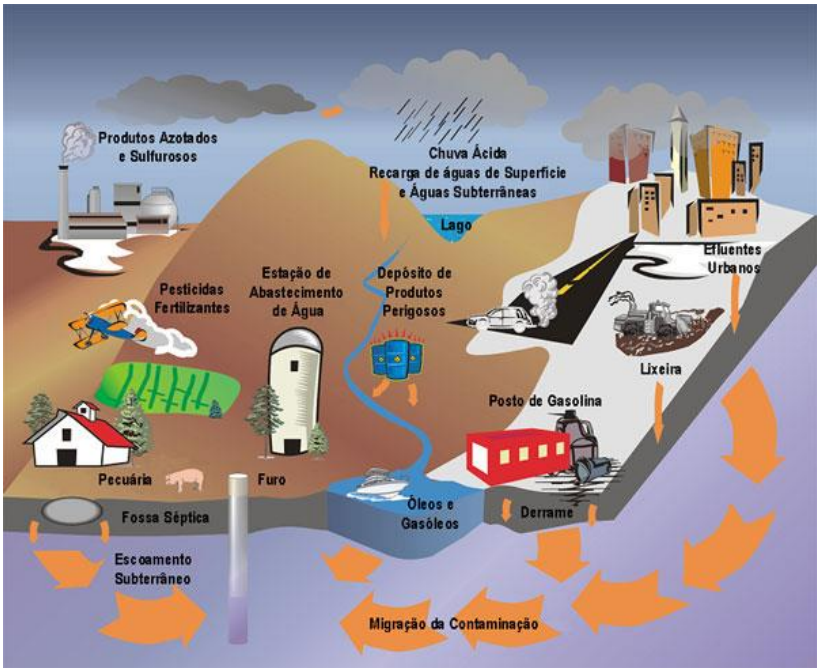

Figura 3.1 – Fontes de cargas contaminantes de águas subterrâneas
Fonte - e-geo.ineti.pt/.../agua_subterranea/poluicao.htm, acesso em julho de 2011

4.0 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO RIO GRANDE DO NORTE

O Rio Grande do Norte, cujo território está também inserido na região do semi-árido nordestino depende de modo significativo das águas subterrâneas para o abastecimento industrial, agrícola e, especialmente, doméstico. São águas de caráter estratégico e que demandam uma gestão continuada quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos.

Os aqüíferos são a principal fonte de uso de água para vários municípios do estado do Rio Grande do Norte e os poços utilizados captam água dos diversos aqüíferos existentes. Os aqüíferos do Rio Grande do Norte são nominados abaixo e apresentados na figura 4.1.

- Costa Leste do Estado do Rio Grande do Norte: Aluvião/Barreiras; Barreiras.
- Bacia Potiguar: Aluvião/Barreiras/Jandaira/Açu; Aluvião/Jandaira/Açu/Aluvião/Açu; Barreiras/Jandaira/Açu; Jandaira/Açu; Açu.
- Embasamento cristalino: Aluvião/cristalino; Barreiras/cristalino; Cristalino.

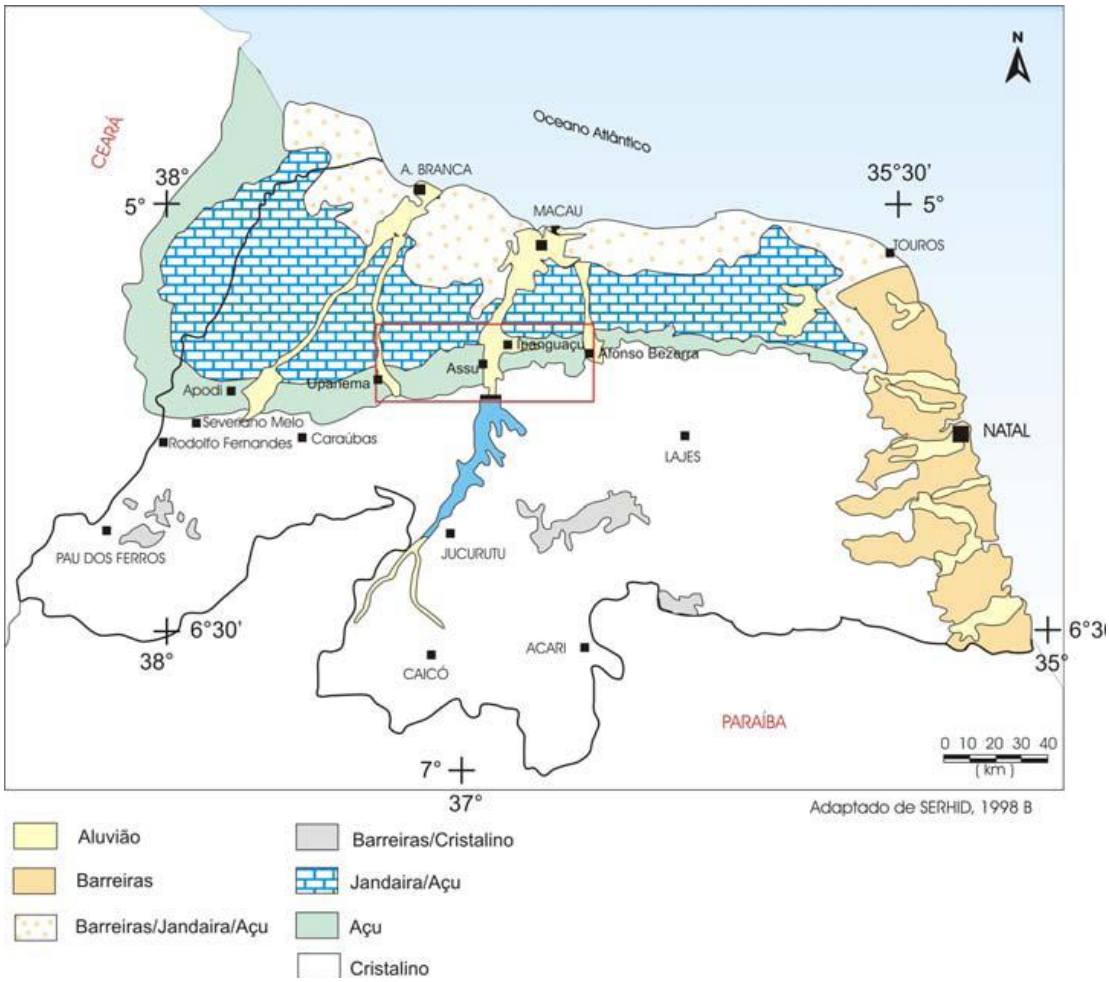

Figura 4.1 – Aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte

No Rio Grande do Norte, os aqüíferos aluvionares são constituídos por aluviões que ocorrem na Bacia Potiguar, por depósitos aluvionares sobre as rochas cristalinas e por aluviões que se desenvolvem sobre os sedimentos Barreiras na costa leste, e, sendo os dois últimos compreendidos em faixas de 50 e 400 metros ao longo do leito dos principais rios. Os principais aqüíferos aluviais da Bacia Potiguar ocorrem na planície aluvial de Açu/Carnaubais; na planície aluvial do Apodi, além dos aluviões da Região de Upanema e da Região de Afonso Bezerra.

Outro aqüífero de importância é o Jandaíra, no Estado do Rio Grande do Norte, localizado na porção superior da seqüência carbonática da Formação Jandaíra. Caracterizado como um aqüífero livre, heterogêneo, hidraulicamente anisotrópico e de circulação cárstica em seu interior, sendo limitado em sua porção inferior por sedimentos pouco permeáveis pertencentes à base da Formação Jandaíra e topo da Formação Açu, compostos por argilas arenosas, argilas siltosas, argilitos, folhelhos, margas, calcarenitos e calcários compactados, que

funcionam como camadas confinantes ou semi-confinantes do aqüífero Açu. Com ampla variação litológica vertical e horizontal, a Formação Jandaíra é constituída por calcários cinzas e cremes, margas, siltitos, folhelhos, argilitos e dolomitos.

Uma camada semi-permeável (*aquitard*), constituída por diferentes litologias, separa os aqüíferos Açu e Jandaíra. As principais litologias desta camada são argilas arenosas, argilas siltosas, argilitos, folhelhos, margas, calcarenitos e calcários compostos, com eventuais intercalações de lentes arenosas a diferentes níveis.

Esta camada funciona como camada confinante do Aqüífero Açu e dependendo das diferenças de carga hidráulica ocorre uma entrada (drenança vertical descendente) ou saída (drenança vertical ascendente) de água do aquífero Açu com relação ao aqüífero Jandaíra.

O aqüífero Açu é o mais importante sistema aqüífero da Bacia Potiguar, aflorando na borda sul da Bacia Potiguar ao longo de uma faixa marginal com largura variando entre cerca de 5 km, no extremo leste e mais de 20 km, no extremo oeste. A Formação Açu apresenta-se essencialmente arenosa na base, graduando para sedimentos mais pelíticos em direção ao topo. A infiltração das águas ocorre na zona de afloramento da Formação Açu, seguindo no sentido de sul para norte em direção ao mar. O aqüífero Açu na sua zona de afloramento é referido como sendo do tipo livre.

O semi-confinamento ou confinamento do aqüífero Açu ocorre nos demais domínios da Bacia Potiguar, quando as camadas argilosas da porção superior da Formação Açu e/ou porção basal da Formação Jandaíra, lhe conferem essa característica. As diferenças de cargas hidráulicas entre os aqüíferos Açu e Jandaíra permitem a ocorrência de drenança vertical ascendente ou descendente.

Na Bacia Potiguar, distinguem-se a Região de Mossoró, a oeste, onde o aqüífero é mais conhecido e a Plataforma Leste ou Plataforma de Touros, a leste do Rio Açu, onde este aqüífero ainda é pouco conhecido. Estas regiões separadas grosseiramente pelo vale do rio Açu ou, mais precisamente, separadas pela Grande Falha de Carnaubais. A maior parte dos arenitos da Formação Açu está provavelmente assentada diretamente sobre o embasamento cristalino e apresentam espessuras relativamente bem mais reduzidas.

A Formação Cristalina abrange a porção centro-oeste e grande parte do sul do Estado do Rio Grande do Norte é constituída por uma estrutura cristalina, originadas na Era Pré-Cambriana, com potencial hidrogeológico limitado. A águas são normalmente salinas, com teores de sólidos totais dissolvidos superiores a 2.000mg/L. Embora apresentem baixa produtividade, é observado o seu uso para pequenas atividades agrícolas e abastecimento de comunidades rurais. A infiltração ocorre

essencialmente nas zonas de fraqueza das rochas (fendas e fissuras), podendo as taxas de infiltração serem mais elevadas sob os domínios das planícies aluviais e/ou solos com cobertura vegetal.

Na porção centro norte e todo o litoral do Estado são formados por rochas e terrenos sedimentares, de formação mais recente, onde encontramos o aquífero Barreiras, de caráter local livre a semi-confinado, sendo responsável pelo abastecimento da maioria das cidades da faixa litorânea oriental do Estado, incluindo a capital Natal. Apresenta-se, sob o ponto de vista litológico, bastante heterogêneo, envolvendo desde arenitos pouco argilosos a conglomeráticos, até argilas. Esta composição diversificada, somada a variações de espessuras saturadas (geralmente decorrentes do arcabouço tectono estrutural da área), resulta em vazões explotáveis igualmente variáveis, em geral da ordem de 5 m^3/h a 100 m^3/h, sendo uma área de frágil equilíbrio ambiental.

5.0 A LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O aparato legal que disciplina o uso das águas subterrâneas teve início com o Código de Águas instituído pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Entretanto, a ocupação antrópica desordenada e o surgimento de órgãos públicos com sobreposição de funções permitiram que esse recurso natural sofresse sérios processos de degradação qualitativa e quantitativa.

A Constituição Federal de 1988 instituiu o Sistema Nacional de Recursos Hídricos como competência exclusiva da União e, em 08 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei nº 9.433 que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

No Rio Grande do Norte a Lei nº 6.908 de 01 de julho de 1998 dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hìdricos – SIGERH e dá outras providências. O artigo 3º, ao dispor sobre as diretrizes gerais da Política Estadual de Recursos Hídricos, no seu inciso III, faz referência as águas subterrâneas da seguinte maneira:

> O desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção das águas subterrâneas contra a poluição e a exploração excessiva ou não controlada.

6.0 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 - Área Geográfica do Estudo

A área de estudo deste monitoramento são as bacias hidrográficas Potengi, Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu, Doce, Pirangi, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso.

6.2 – Procedimentos Metodológicos

A coleta de amostras de água subterrânea e a análise de diversos parâmetros qualitativos constituem o foco da metodologia adotada para o Programa Água Azul, que culmina com o diagnóstico situacional, subsidiando o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

O número de pontos da rede de monitoramento tem sofrido alterações em função de fatores de ordem operacional dos poços monitorados e das alterações propostas para rede ao longo do período de atividades do convênio.

6.3 – Rede de Monitoramento

A localização dos poços, inicialmente feita no escritório, tem sido reavaliada a partir das experiências dos trabalhos de campo, priorizando a questões referentes ao aqüífero, acesso, estrutura do local e tipo de poço.

6.4 – Coletas e Análises

As amostragens foram realizadas pelas equipes técnicas do IGARN e UFRN e as análises foram contratadas junto a UFRN, UERN e EMPARN.

6.4.1 Coletas

As coletas foram realizadas no início do segundo semestre de 2010, em período caracterizado como seco para os poços localizados nas Bacias Hidrográficas da região semi-árida e no final do período chuvoso para as demais bacias, sendo analisados parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem, conforme apresentado na Tabela 6.1.

Os procedimentos anteriores à amostragem incluíram o bombeamento por um período mínimo de 15 minutos, para que fossem obtidos dados representativos da água subterrânea, minimizando a coleta de águas paradas no interior da captação. O procedimento adotado na campanha de amostragem consistiu na coleta dos seguintes volumes: 2,0L de água em recipiente plástico de polietileno, sendo lavados com a água a ser coletada por três vezes antes da coleta final, e 200 mL de água em frasco de polipropileno esterilizado.

Na tabela 6.1 estão apresentados os parâmetros monitorados nessa campanha, a metodologia analítica utilizada, e os valores definidos para os padrões de potabilidade, constantes da legislação específica. As análises de agrotóxicos e de compostos orgânicos seguiram a seguintes metodologias:

- Ânions – POP PA 032 / usepa sw 846 – 30.1
- SVOC – POP PA 076 / USEPA SW 846 – 8270C, SMWW 6410B
- Toxafeno – POP PA 093 / USEPA SW 846 - 505

Tabela 6.1 – Parâmetros Monitorados, Métodos Analíticos e Padrão de Potabilidade

	Parâmetro	Unidade	Padrão (Resolução CONAMA 396/08)
pH	Phgâmetro		-
Condutividade elétrica	Condutivímetro	µS/cm	-
Cor		uH	-
Turbidez		UT	-
Sólidos dissolvidos totais	Sólidos dissolvidos totais a 103-105°C Método 2540 D	mg/L	1000
Sólidos totais a 105ºC	Sólidos totais a 103-105°C Método 2540 D	mg/L	-
Dureza Total	Titulometria com EDTA Método 2340	mg/L $CaCO_3$	-
Alcalinidade total	Titulometria Potenciométrica Método 2320	mg/L $CaCO_3$	-
Alcalinidade bicarbonato	Titulometria Potenciométrica Método 2320	mg/L $CaCO_3$	-
Alcalinidade carbonato	Titulometria Potenciométrica Método 2320	mg/L $CaCO_3$	-
Alcalinidade hidróxido	Titulometria Potenciométrica Método 2320	mg/L $CaCO_3$	-
Nitrogênio Amoniacal	Colorimetria automática com salicilato de sódio	mg/L NH_3	-
Nítrito		mg/L N	1
Nitrato		mg/L N	10
Cálcio		mg/L Ca^{++}	-
Magnésio		mg/L Mg^{++}	-
Sódio		mg/L Na^{+}	200
Potássio		mg/L K^{+}	-
Ferro		mg/L Fe	0,3
Carbonato		mg/L CO_3^{-}	-
Bicarbonato		mg/L $CaCO_3$	-

Tabela 6.1 - continuação

	Parâmetro	Unidade	Padrão (Resolução CONAMA 396/08)
Cloreto		mg/L Cl	250
Sulfato		mg/L $SO_4^{=}$	250
Coliformes totais	Membrana filtrante	UFC/100 mL	Ausência
Coliformes termotolerantes	Membrana filtrante	UFC/100 mL	Ausência

7.0 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 Avaliação Temporal

Considerando os objetivos do Programa Água Azul, a avaliação da qualidade da água subterrânea é decorrente do acompanhamento da evolução , ao longo do tempo, dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Os resultados obtidos são comparados aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº396/2008 para alguns parâmetros, com ênfase para aqueles que apresentaram não conformidades ante à legislação.

Nas tabelas 7.1 a 7.9 são apresentados os resultados por bacia hidrográfica de cada parâmetro analisado.

Tabela 7.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Potengi

PARÂMETROS	NAT- FCA60	NAT- PLA65	NAT-POT586	NAT- POT605	NAT- PIT1318	NAT- CPM668	NAT- POT3	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	5,67	-	-	4,36	5,05	5,66	6,88	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	5,407	-	-	3,67	2,402	4,927	24,88	-
Carbonato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	54,4228	-	-	102,3572	31,3427	34,7281	22,3485	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	294	-	-	282	138	96	173	-
Cor (uH)	-	-	-	<LD	8	<LD	<LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	60,241	-	-	73,199	25,982	45,197	125,707	-
Ferro (mg/L)	-	-	-	0,023	<LD	<LD	<LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,519	-	-	5,695	2,64	2,347	8,91	-
Magnésio (mg/L)	11,35	-	-	15,55	4,853	7,988	15,44	-
Sódio (mg/L)	43,11	-	-	45,4	19,51	29,77	12,62	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0853	-	-	0,11	0,0769	0,0958	0,1322	-
Nitrito (mg/L N)	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	28,7877	-	-	19,601	12,4841	18,4553	0,053	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	147	-	-	138	70	50	87	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	3,1849	-	-	7,939	2,9252	2,1361	7,571	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,43	-	-	0,52	0,37	0,33	0,55	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	20	-	-	Ausente	15	Ausente	Presente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$1,1 \times 10^4$	-	-	Ausente	$6,0 \times 10^2$	Ausente	Presente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (µg/L)	1,749	-	-	1,579	1,612	< LD	1,571	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (mg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 7.1(continuação) - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Potengi

PARÂMETROS	NAT-STR1176	NAT- QUI918	NAT-GUA768	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	6,97	7,06	5,03	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	4,003	9,819	2,161	-
Carbonato (mg/L)	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	29,5684	55,6055	38,6524	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	48	215	109	-
Cor (uH)	5	<LD	<LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	24,619	63,009	26,933	-
Ferro (mg/L)	0,134	<LD	<LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,868	9,369	2,451	-
Magnésio (mg/L)	3,551	9,347	5,23	-
Sódio (mg/L)	16,58	31,1	17,51	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	<LD	<LD	0,1367	-
Nitrito (mg/L N)	<LD	<LD	<LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	3,362	16,201	1,555	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	28	112	61	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,4711	15,3981	5,0812	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,37	0,42	0,36	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$2,5 \times 10^2$	$3,0 \times 102^2$	$3,5 \times 10^2$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$1,4 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (µg/L)	1,179	1,330	1,143	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (mg/L)	< LD	< LD	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 7.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	NAT- PNE787	TBS-/PP2B	NAT- NDE87	NAT- CAN1312	NAT- PQD690	NAT- ALE758	NAT- TIR355	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	5,33	-	5,58	5,87	5,53	6,05	5,4	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	1,157	-	2,739	3,769	1,464	1,92	5,798	-
Carbonato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	16,2053	-	25,9362	32,6959	32,7057	18,8647	55,1208	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	57	-	108	54	91	79	110	-
Cor (uH)	<LD	-	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	11,57	-	22,109	28,91	20,132	16,596	62,617	-
Ferro (mg/L)	<LD	-	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	0,866	-	2,058	3,82	1,688	3,098	5,293	-
Magnésio (mg/L)	2,108	-	3,708	4,735	4,001	2,866	11,69	-
Sódio (mg/L)	9,529	-	18,41	18,68	18,29	10,91	27,94	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0392	-	0,0664	0,0675	0,1736	0,1293	0,1435	-
Nitrito (mg/L N)	<LD	-	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,8917	-	7,6867	9,41	7,1128	3,7189	17,218	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	28	-	55	29	49	40	58	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,3425	-	3,4348	2,4535	4,5846	5,4639	5,2995	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,54	-	1,03	0,57	0,45	0,44	0,65	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	-	15	Ausente	Ausente	$2,0 \times 10^2$	50	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	-	$1,7 \times 10^4$	Ausente	Ausente	$1,6 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (µg/L)	1,226	-	1,283	1,267	1,046	1,172	1,152	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (mg/L)	< LD	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.2 (continuação) - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	NAT-CAN1253	NAT- PET377	RFO-11	NAT- LGN453	NAT-TIR1173	NFL-04	NAT- CAN447	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	5,34	5,43	-	5,94	5,63	-	6,07	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	2,804	1,237	-	6,274	2,277	-	4,253	-
Carbonato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	33,8355	43,4496	-	25,6135	26,8889	-	28,8958	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	61	98	-	144	141	-	108	-
Cor (uH)	<LD	<LD	-	<LD	<LD	-	<LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	28,963	19,915	-	40,642	31,522	-	34,488	-
Ferro (mg/L)	<LD	<LD	-	<LD	<LD	-	<LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,873	2,62	-	4,262	3,098	-	2,843	-
Magnésio (mg/L)	5,333	4,086	-	6,065	6,274	-	5,796	-
Sódio (mg/L)	20,87	26,65	-	22,6	26,06	-	15,86	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0325	0,1538	-	0,1798	0,0848	-	<LD	-
Nitrito (mg/L N)	<LD	<LD	-	<LD	2,3072	-	<LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	11,298	41,9177	-	13,0171	14,7723	-	8,838	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	36	52	-	73	71	-	59	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	2,5626	2,9945	-	2,9888	2,628	-	5,2333	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,36	0,56	-	0,35	0,35	-	0,33	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	$2,0 \times 10^2$	-	Presente	Ausente	-	Presente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	$1,1 \times 10^5$	-	Presente	Ausente	-	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (µg/L)	1,089	1,373	-	1,257	1,131	-	1,188	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.2 (continuação) - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	SJM-05-2	MAX-262	NAT- SVA2	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	-	-	5,83	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	-	-	2,614	-
Carbonato (mg/L)	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	-	-	16,844	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	82	-
Cor (uH)	-	-	6	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	-	18,412	-
Ferro (mg/L)	-	-	<LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	1,957	-
Magnésio (mg/L)	-	-	2,886	-
Sódio (mg/L)	-	-	13,16	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	0,0698	-
Nitrito (mg/L N)	-	-	<LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	-	6,3278	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	41	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	-	3,3817	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	-	0,33	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	-	30	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	-	$2,4 \times 10^4$	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (µg/L)	-	-	1,777	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	-	-	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	-	-	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	-	-	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	PGR-13	BAR-36	PMA-18	SMT-53	PAV-57	JAN-56	CNO-446	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	-	6,72	-	-	-	-	-	-
Bicarbonato (mg/L)	-	33	-	-	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	-	3,2	-	-	-	-	-	-
Carbonato (mg/L)	-	0	-	-	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	36	-	-	-	-	-	-
Ferro (mg/L)	-	0,0136	-	-	-	-	-	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	-	32,8	-	-	-	-	-	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	0,0133	-	-	-	-	-	-
Nitrito (mg/L N)	-	0,0089	-	-	-	-	-	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	9,541	-	-	-	-	-	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	107,23	-	-	-	-	-	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	-	-	-	-	-	-	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	94	-	-	-	-	-	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	620	-	-	-	-	-	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.3 (continuação) - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	MOS-1797	PAV-58	GAL-01	PRZ-54	BAR-216	SBN-14	BAR-100	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	6,66	-	-	-	6,87	-	7,05	-
Bicarbonato (mg/L)	34	-	-	-	36	-	34	-
Cálcio (mg/L)	12,8	-	-	-	8	-	3,8	-
Carbonato (mg/L)	0	-	-	-	0	-	0	-
Cloreto (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	112	-	-	-	48	-	40	-
Ferro (mg/L)	0,0174	-	-	-	0,0046	-	0,0081	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	99,2	-	-	-	40	-	36,8	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0393	-	-	-	0,0277	-	0,0361	-
Nitrito (mg/L N)	0,039	-	-	-	0,0095	-	0,0177	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	9,799	-	-	-	10,02	-	9,521	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	63,031	-	-	-	104,97	-	52,961	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	-	-	-	-	-	-	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	-	-	-	2	-	72	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	30	-	-	-	20	-	>1000	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.3 (continuação) - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	BAR-17	GUA-470	BAR-94	BAR-69	TIB-20	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS						
pH	7,35	6,86	6,90	6,81	7,74	-
Bicarbonato (mg/L)	35,00	14,00	30,00	38,00	17	-
Cálcio (mg/L)	11,20	3,20	8,00	3,80	3,2	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
Cloreto (mg/L)	-	-	-	-	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	-	-	-	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	40,00	12,00	40,00	40,00	20	-
Ferro (mg/L)	0,01	0,02	0,01	0,03	0,0189	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	28,80	8,80	32,00	36,20	16,8	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,02	0,01	0,00	0,03	0,0213	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,0374	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	8,58	26,86	8,84	9,56	0,424	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	-	-	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	87,37	609,14	84,42	48,41	107,81	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	-	-	-	-	-
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	126	-	0	0	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	220	-	6	12	0	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.4 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	MOS-PS20	UPA-30	UPA-33	GDR-71	ENC-72	GDR-67	CAR-34	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	7,18	7,9	7,21	6,66	6,71	7,00	6,18	-
Bicarbonato (mg/L)	28,00	69,52	38,00	17,00	17,00	23,00	25,00	-
Cálcio (mg/L)	96,00	12,36	1,60	33,60	3,20	3,20	3,80	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	-	41,73	-	-	-	-	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	228	-	-	-	-	-	-
Cor (uH)	-	2,5	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	280,00	60,74	12,00	92,00	16,00	12,00	12,00	-
Ferro (mg/L)	0,00	0,06	0,01	-	0,00	0,00	0,00	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	11,07	-	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	184,00	7,26	10,40	58,40	12,80	8,80	8,80	-
Sódio (mg/L)	-	18,82	-	-	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,06	0,17	0,03	0,03	0,13	0,00	0,02	-
Nitrito (mg/L N)	0,79	0	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	5,82	0,69	8,89	1,03	0,27	4,17	4,51	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	155,04	-	-	-	-	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	619,19	9,38	628,71	681,58	681,98	601,59	628,01	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	0	-	-	-	-	-	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	6	6	60	0	0	0	10	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	>1000	8	65	6	2	19	22	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.4 (continuação) - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	MOS-64	ABR-19	BAR-233	PAL-48	BAR-298	APO-36	APO-366	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	6,72	7,96	6,62	6,66	7,00	6,56	6,43	-
Bicarbonato (mg/L)	45,00	17,00	39,00	32,00	42,00	8,00	10,00	-
Cálcio (mg/L)	28,80	8,00	19,20	1,60	12,80	3,20	6,40	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	88,00	16,00	72,00	12,00	68,00	12,00	20,00	-
Ferro (mg/L)	0,01	0,03	0,01	0,06	0,02	0,00	0,04	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	59,20	8,00	52,80	10,40	47,20	8,80	15,60	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,06	0,03	0,05	0,00	0,05	0,01	0,02	-
Nitrito (mg/L N)	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	9,10	0,46	10,37	34,46	0,47	0,03	8,89	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	226,40	37,79	102,83	708,01	134,20	708,01	681,14	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	-	-	-	-	-	-	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	0	0	4	48	0	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	2	0	2	8	80	0	2	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.4 (continuação) - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	Fonte Umarizeira	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	-	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-
Cálcio (mg/L)	-	-
Carbonato (mg/L)	-	-
Cloreto (mg/L)	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-
Cor (uH)	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	-
Ferro (mg/L)	-	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-
Magnésio (mg/L)	-	-
Sódio (mg/L)	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-
Nitrito (mg/L N)	-	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.5 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

PARÂMETROS	ASS-66	ABE-26	ARO-62	IPA-28	FLO-49	LNO-42	CCO-50	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	8,3	7,7	-	-	-	3,6	3,3	-
Bicarbonato (mg/L)	137,79	45,9	-	-	-	0	0	-
Cálcio (mg/L)	22,39	10,04	-	-	-	25,76	110,6	-
Carbonato (mg/L)	0	0	-	-	-	0	0	-
Cloreto (mg/L)	37,93	140,36	-	-	-	861,12	4134,88	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	333	532	-	-	-	2766	10409	-
Cor (uH)	10	0	-	-	-	0	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	81,96	71,35	-	-	-	286,85	1041,33	-
Ferro (mg/L)	0,71	0,05	-	-	-	1,42	4,59	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	10,71	23,04	-	-	-	26,47	29,41	-
Magnésio (mg/L)	6,32	11,24	-	-	-	53,24	182,87	-
Sódio (mg/L)	39,13	72,59	-	-	-	426,67	2272,22	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0	0	-	-	-	0,49	0,91	-
Nitrito (mg/L N)	0	0	-	-	-	0,03	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	1,49	0,7	-	-	-	0,63	0	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	239,6	363,6	-	-	-	1708,8	6652	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	9,68	72,59	-	-	-	68,66	95,32	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,57	0,2	-	-	-	0	0	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	-	-	-	-	$3,60x10^2$	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	-	-	-	-	$3,42x10^3$	Ausente	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.5 (continuação) - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

PARÂMETROS	PEN-59	CNU-63	CAI-01	SDM-1451	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS					
pH	-	-	8,5	-	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	241,54	-	-
Cálcio (mg/L)	-	-	46,75	-	-
Carbonato (mg/L)	-	-	12,06	-	-
Cloreto (mg/L)	-	-	371,16	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	1736	-	-
Cor (uH)	-	-	12,5	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	-	236,23	-	-
Ferro (mg/L)	-	-	0,67	-	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	4,8	-	-
Magnésio (mg/L)	-	-	28,36	-	-
Sódio (mg/L)	-	-	225	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	0,4	-	-
Nitrito (mg/L N)	-	-	0	-	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	-	0,36	-	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	878,4	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	-	4,04	-	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	-	0,15	-	-
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	-	$2,60x10^2$	-	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	-	$2,60x10^2$	-	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.6 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Doce

PARÂMETROS	NAT- PAJ629	NAT- LAZ620	CMI-809	NAT- NSA269	EXT-08	NAT- PAJ180	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS							
pH	5,87	5,55	-	5,28	-	5,58	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	5,293	4,457	-	0,586	-	6,954	-
Carbonato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	57,8925	65,9791	-	78,0441	-	65,1242	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	225	161	-	171	-	244	-
Cor (uH)	<LD	<LD	-	<LD	-	<LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	61,48	60,339	-	7,793	-	61,633	-
Ferro (mg/L)	<LD	<LD	-	<LD	-	<LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	5,638	3,172	-	0,773	-	3,452	-
Magnésio (mg/L)	11,72	11,95	-	1,537	-	10,75	-
Sódio (mg/L)	38,06	43,95	-	53,9	-	45,02	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,1025	0,0475	-	0,1604	-	<LD	-
Nitrito (mg/L N)	<LD	<LD	-	<LD	-	<LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	18,641	19,137	-	3,855	-	21,9938	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	112	81	-	82	-	118	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	3,0088	3,111	-	29,1459	-	2,6097	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,34	0,34	-	0,55	-	0,43	-
MICROBIOLÓGICOS							
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Presente	-	Presente	-	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Presente	-	Presente	-	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS							
Benzeno (µg/L)	1,800	< LD	-	1,378	-	< LD	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	3,330	-	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	10,034	-	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	-	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.7 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Pirangi

PARÂMETROS	NAT- PAR118	NAT-PAR139	PNM-05	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	5,56	5,25	-	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	0,939	4,435	-	-
Carbonato (mg/L)	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	14,464	32,9216	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	44	164	-	-
Cor (uH)	<LD	10	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	7,578	37,932	-	-
Ferro (mg/L)	<LD	<LD	-	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,312	3,251	-	-
Magnésio (mg/L)	1,271	6,522	-	-
Sódio (mg/L)	6,5	24,81	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	<LD	0,0383	-	-
Nitrito (mg/L N)	<LD	<LD	-	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,3102	16,4736	-	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	22	83	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,1965	<LD	-	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,32	0,65	-	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	25	15	-	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$1,8 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	-	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (µg/L)	< LD	0,0014	-	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< LD	-	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.8 - Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	BAR-36	BAR-47	BAR-69	BAR-94	VMP**
			AGROTÓXICOS		
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005 µg/L
Atrazina (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2 µg/L
Carbaril (µg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02 µg/L
Clordano (cis e trans) (µg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,1 µg/L
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,056 µg/L
Endrin (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004 µg/L
Glifosato (µg/L)	< 20	< 20	< 20	< 20	65 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05 µg/L
Lindano (g-HCH) (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,02 µg/L
Malation (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1 µg/L
Metolacloro (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03 µg/L
Paration (µg/L)	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04 µg/L
Pentaclorofenol (mg/L)	< 1E-5	< 1E-5	< 1E-5	< 1E-5	0,009 mg/L
2,4,5-T (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	2 µg/L
2,4,5-TP (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	10 µg/L
2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01 mg/L
Trifluralina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,2 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,00065 µg/L
Simazina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2 µg/L

**VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 357/2005 – Padrão para águas classe 02.

Tabela 7.8 (continuação) - Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	BAR-100	BAR-216	BAR-502	VMP**
AGROTÓXICOS				
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,005 µg/L
Atrazina (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2 µg/L
Carbaril (µg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02 µg/L
Clordano (cis e trans) (µg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,1 µg/L
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,056 µg/L
Endrin (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004 µg/L
Glifosato (µg/L)	< 20	< 20	< 20	65 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05 µg/L
Lindano (g-HCH) (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,02 µg/L
Malation (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1 µg/L
Metolacloro (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03 µg/L
Paration (µg/L)	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04 µg/L
Pentaclorofenol (mg/L)	< 1E-5	< 1E-5	< 1E-5	0,009 mg/L
2,4,5-T (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	2 µg/L
2,4,5-TP (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	10 µg/L
2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	0,01 mg/L
Trifluralina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,2 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,00065 µg/L
Simazina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2 µg/L

**VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 357/2005 – Padrão para águas classe 02.

Tabela 7.9 - Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	BAR-233	BAR-298	VMP**
AGROTÓXICOS			
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	< 0,005	< 0,005	0,005 µg/L
Atrazina (µg/L)	< 0,01	< 0,01	2 µg/L
Carbaril (µg/L)	< 0,02	< 0,02	0,02 µg/L
Clordano (cis e trans) (µg/L)	< 0,02	< 0,02	0,04 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	< 0,06	< 0,06	0,1 µg/L
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	< 0,002	< 0,002	0,002 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	< 0,009	< 0,009	0,056 µg/L
Endrin (µg/L)	< 0,003	< 0,003	0,004 µg/L
Glifosato (µg/L)	< 20	< 20	65 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	< 0,01	< 0,01	0,01 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	< 0,05	< 0,05	0,05 µg/L
Lindano (g-HCH) (µg/L)	< 0,003	< 0,003	0,02 µg/L
Malation (µg/L)	< 0,01	< 0,01	0,1 µg/L
Metolacloro (µg/L)	< 0,05	< 0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	< 0,01	< 0,01	0,03 µg/L
Paration (µg/L)	< 0,04	< 0,04	0,04 µg/L
Pentaclorofenol (mg/L)	< 1E-5	< 1E-5	0,009 mg/L
2,4,5-T (µg/L)	< 0,005	< 0,005	2 µg/L
2,4,5-TP (µg/L)	< 0,005	< 0,005	10 µg/L
2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	<0,001	<0,001	0,01 mg/L
Trifluralina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	0,2 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	< 0,005	< 0,005	0,00065 µg/L
Simazina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	2 µg/L

**VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 357/2005 – Padrão para águas classe 02.

7.2 Análise dos Resultados em Desacordo com os Limites Legais

A qualidade natural das águas subterrâneas é resultante das interações entra a água e a rocha. Mecanismos de poluição e contaminação que podem ocorrer na zona não saturada ou na zona saturada também exercem influência.

As águas subterrâneas dissolvem o material sólido das formações geológicas pelos quais circulam, mediante vários processos e reações químicas. Por outro lado, o material sólido do aqüífero filtra uma boa parte dos microorganismos presentes na água.

Muitas são as causas para deterioração da qualidade da água subterrânea. No quadro 7.1, estas causas estão classificadas de acordo com a sua origem.

TIPO DE PROBLEMA	CAUSA SUBJACENTE	CONTAMINANTES PRINCIPAIS
CONTAMINAÇÃO DO AQÜÍFERO	proteção inadequada de aqüíferos vulneráveis contra emissões e lixiviados provenientes de atividades urbanas/industriais e intensificação do cultivo agrícola	microorganismos patógenos, nitrato ou amônio, cloreto, sulfato, boro, arsênico, metais pesados, carbono orgânico dissolvido, hidrocarbonetos aromáticos e halogenados, certos pesticidas
CONTAMINAÇÃO NO PRÓPRIO POÇO OU CAPTAÇÃO	poço ou captação cuja construção/projeto inadequado permite o ingresso direto de água superficial ou água subterrânea rasa poluída	principalmente microorganismos patógenos
Intrusão Salina	água subterrânea salina (e às vezes poluída) que, por excesso de extração, é induzida a fluir para o aqüífero de água doce	principalmente cloreto de sódio, mas pode incluir também contaminantes persistentes produzidos antropicamente
Contaminação Natural	relacionada com a evolução química da água subterrânea e a dissolução de minerais (pode ser agravada pela poluição ocasionada pela atividade humana e/ou extração excessiva)	principalmente fluoreto e ferro solúvel, às vezes sulfato de magnésio, arsênico, manganês, selênio, cromo e outras espécies inorgânicas

Quadro 7.1 – Classificação dos problemas de qualidade da água subterrânea

Fonte: Proteção da qualidade da água subterrânea – um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais (

O anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008, apresenta a lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas e seus respectivos valores máximos permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados. Alterações na qualidade da água são observadas a partir da identificação de parâmetros com valores superiores ao VMP, de acordo com o uso ao qual se destina aquela água.

Para verificação da qualidade dos dados analíticos obtidos, foi feito o balanço iônico que permite estabelecer a precisão e confiabilidade das técnicas analíticas adotadas, através da

avaliação do erro percentual cometido na prática laboratorial. Para efeito de confiabilidade de resultados, é considerado aceitável um erro de até 5%.

A análise das violações dos resultados físico-químicos e microbiológicos são apresentadas nas figuras 7.1 a 7.13, sendo evidenciada a influência das atividades antrópicas como principal motivador dessas não conformidades. As concentrações de nitrato acima do valor máximo permitido em algumas bacias hidrográficas, segundo os valores encontrados, evidenciaram a vulnerabilidade do sistema aqüífero onde estão localizados os poços monitorados. A presença de nitrato acima do VMP indica a inadequabilidade da água para o consumo humano.

Na terceira campanha de água subterrânea, realizada em 2010, da mesma forma que nas campanhas anteriores, também é evidenciadaa violação dos parâmetros sólidos totais dissolvidos, sódio, ferro e cloreto para os poços monitorados na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, conforme pode ser observado nas figuras 7.1 a 7.4.

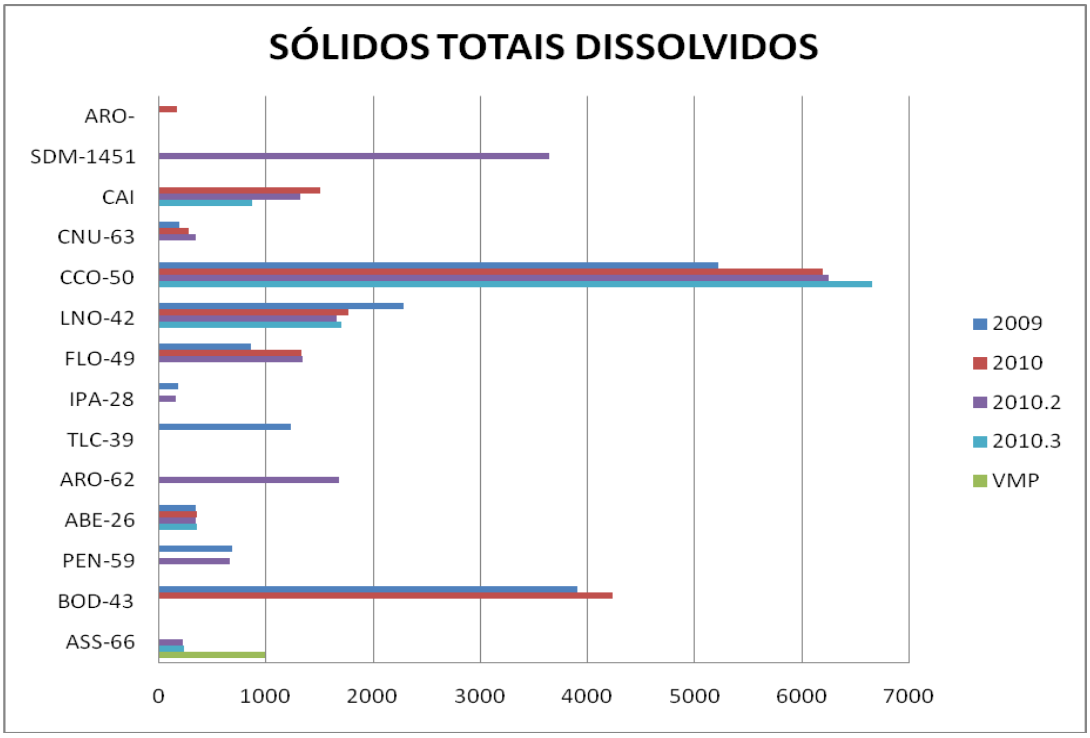

Figura 7.1 - Concentração dos sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

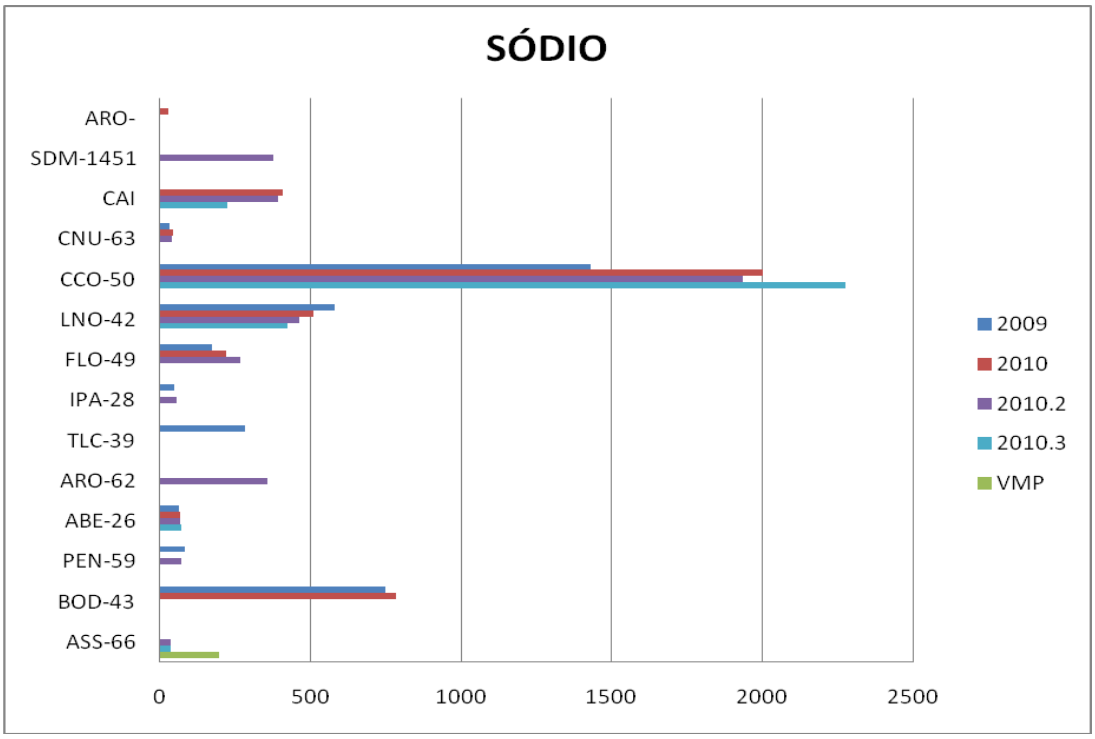

Figura 7.2 - Concentração do íon sódio (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

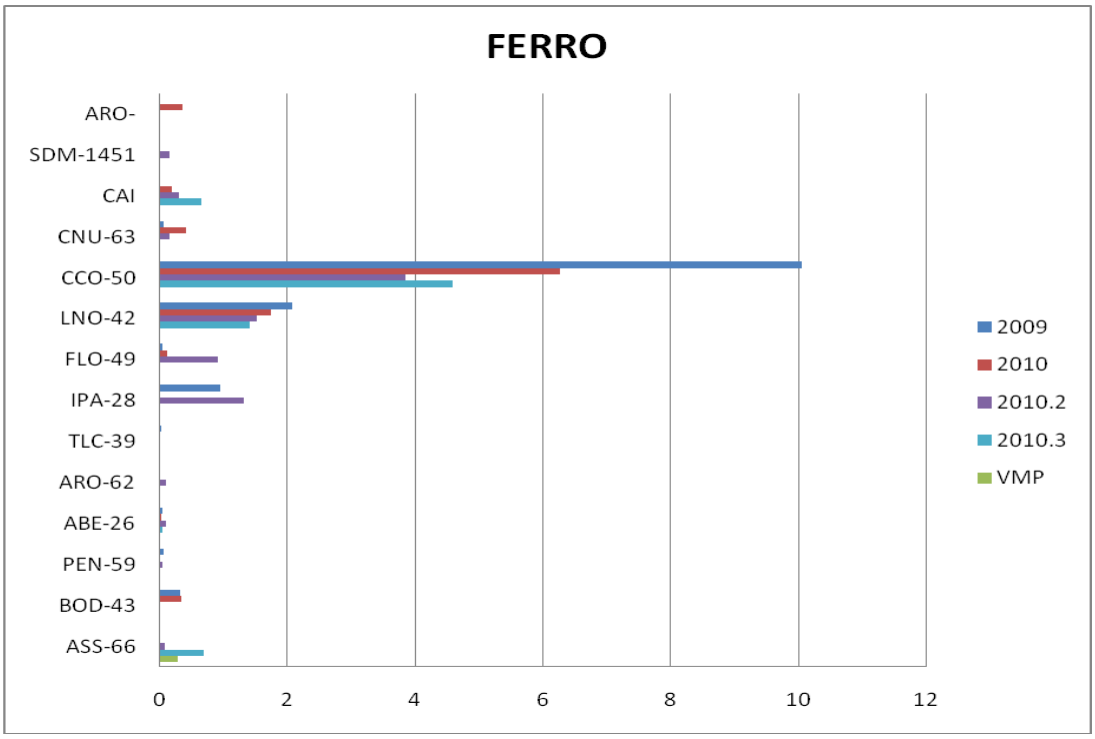

Figura 7.3 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

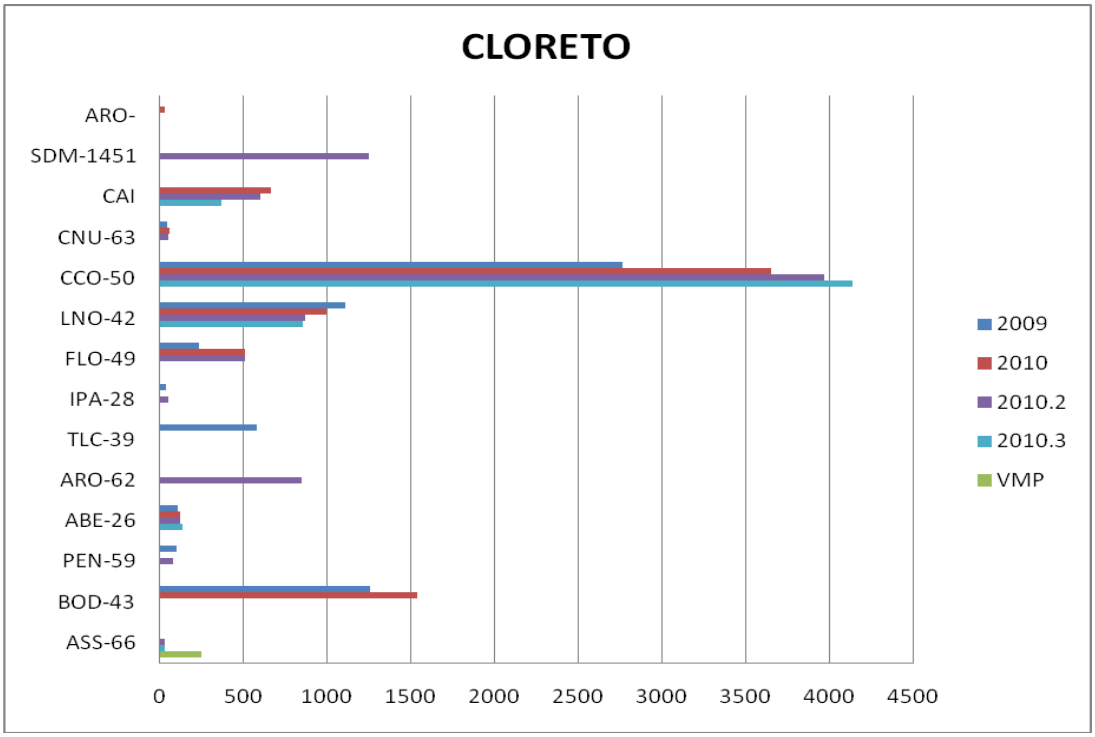

Figura 7.4 - Concentração do ion cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso os dados da terceira campanha de 2010 indicam que os íons cloreto, ferro e sulfato, assim como os sólidos totais também mantiveram a não conformidade apresentada nas campanhas anteriores, caracterizando a água destes poços como impróprias para o consumo humano.

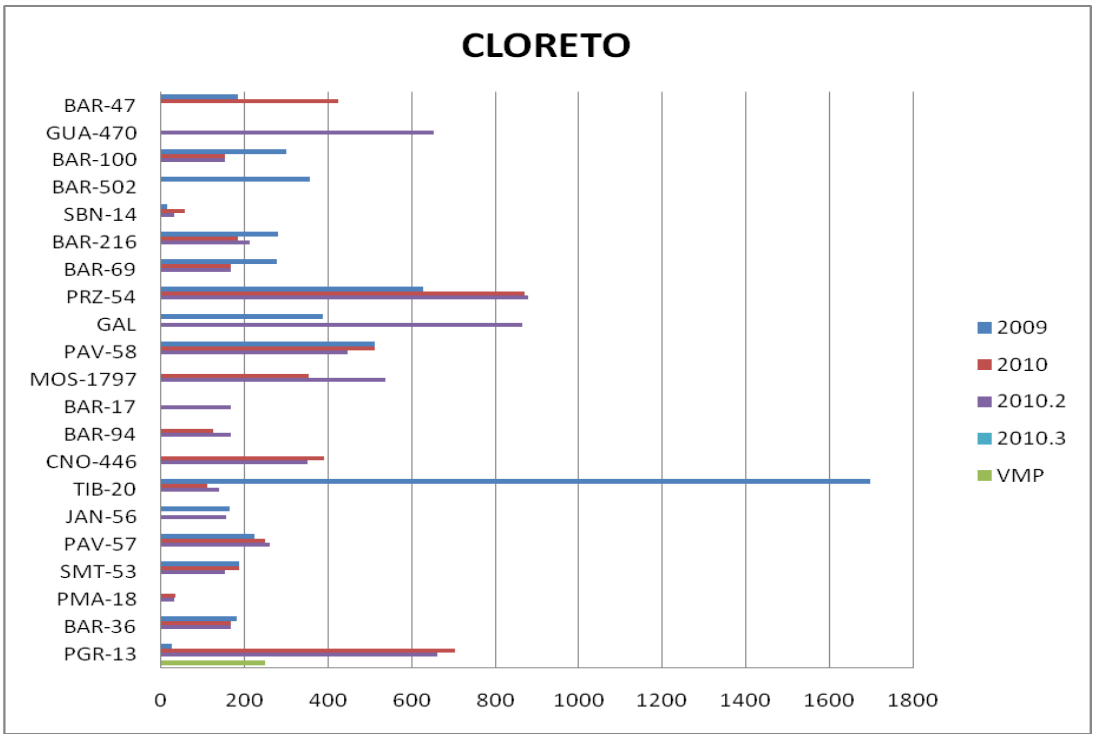

Figura 7.6 - Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

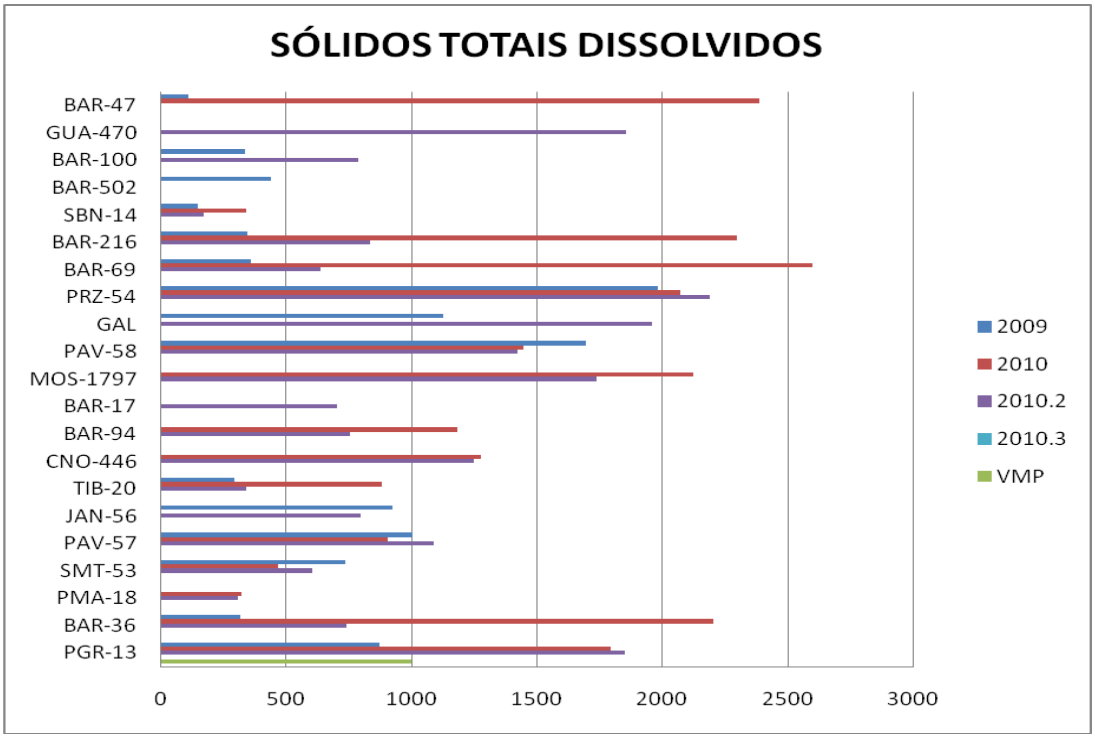

Figura 7.7 - Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

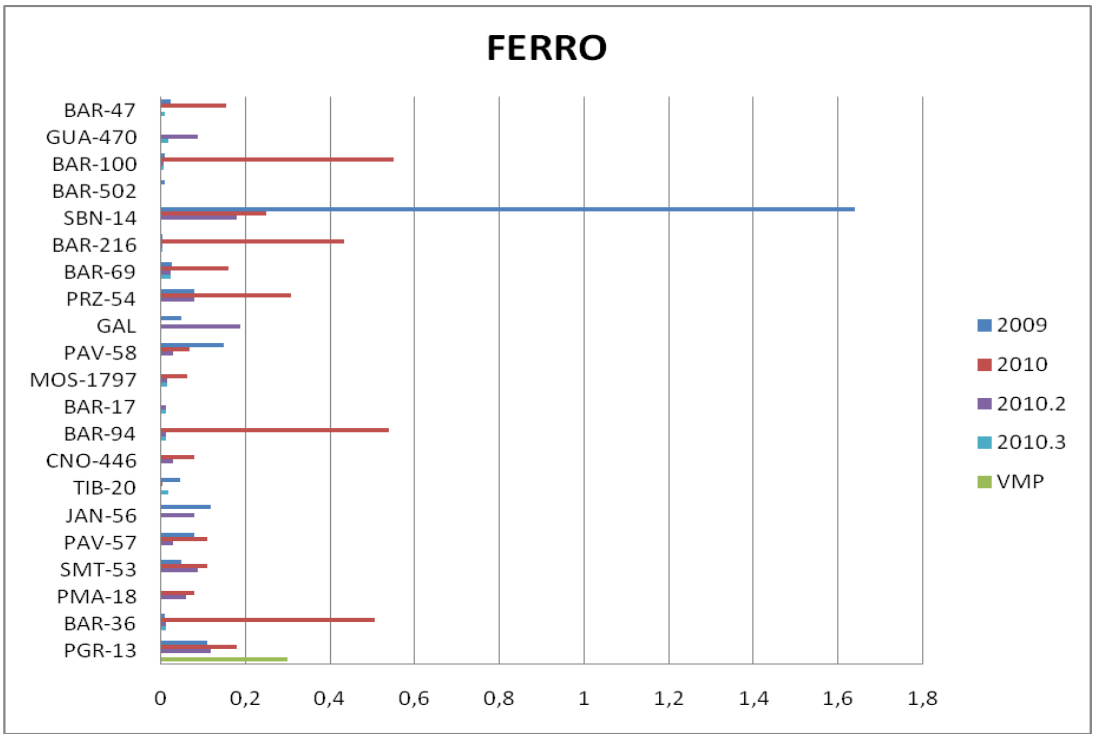

Figura 7.8 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

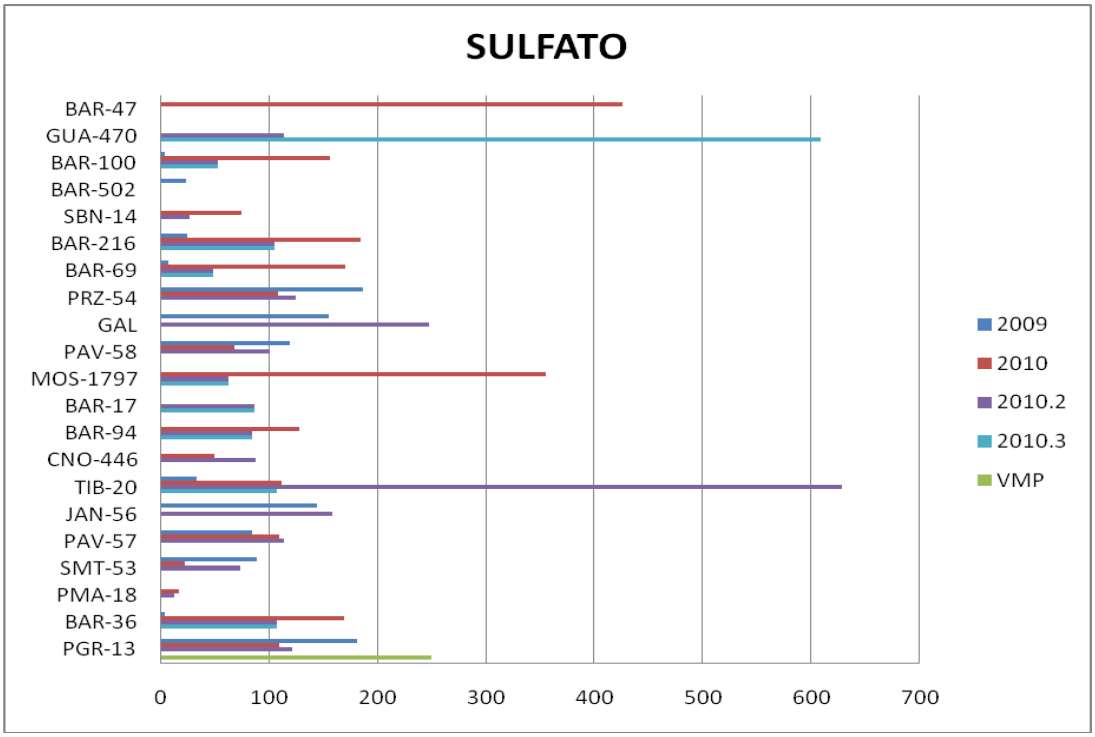

Figura 7.9 - Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Os resultados das análises químicas das amostras dos catorze poços localizados na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, evidencia a mesma tendência de violação aos VMP quanto aos íons cloreto, ferro e sulfato. Os sólidos totais também não atendem ao valor normatizado para o consumo humano.

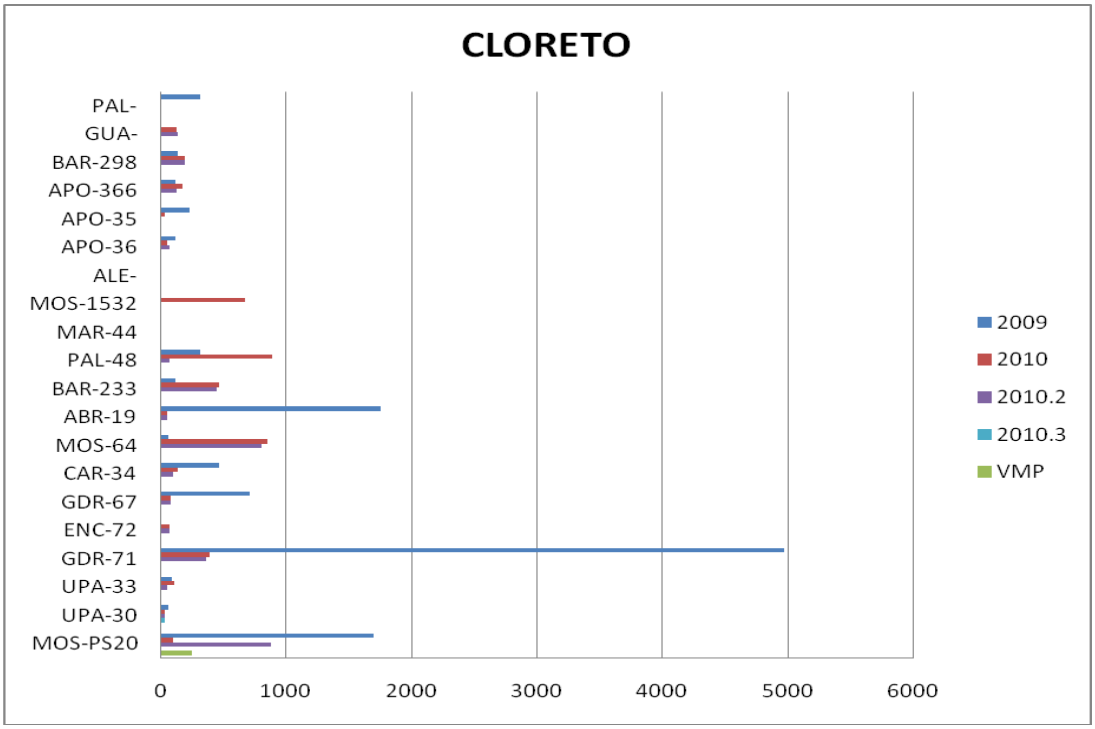

Figura 7.10 - Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

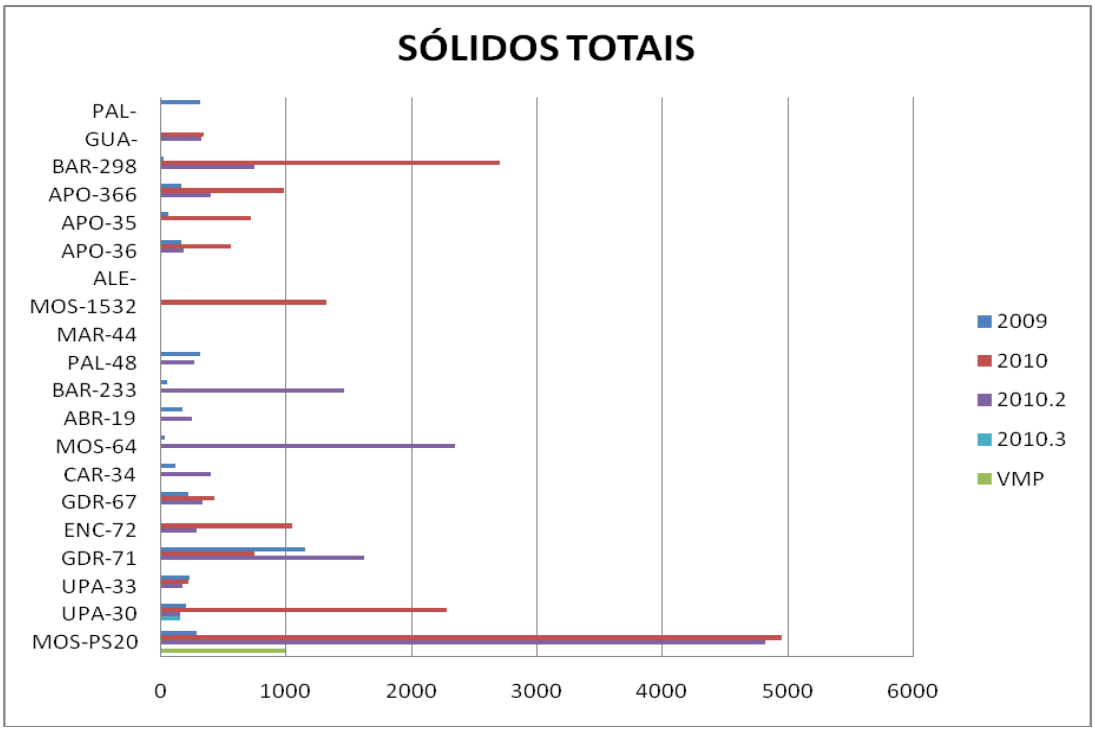

Figura 7.11 - Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

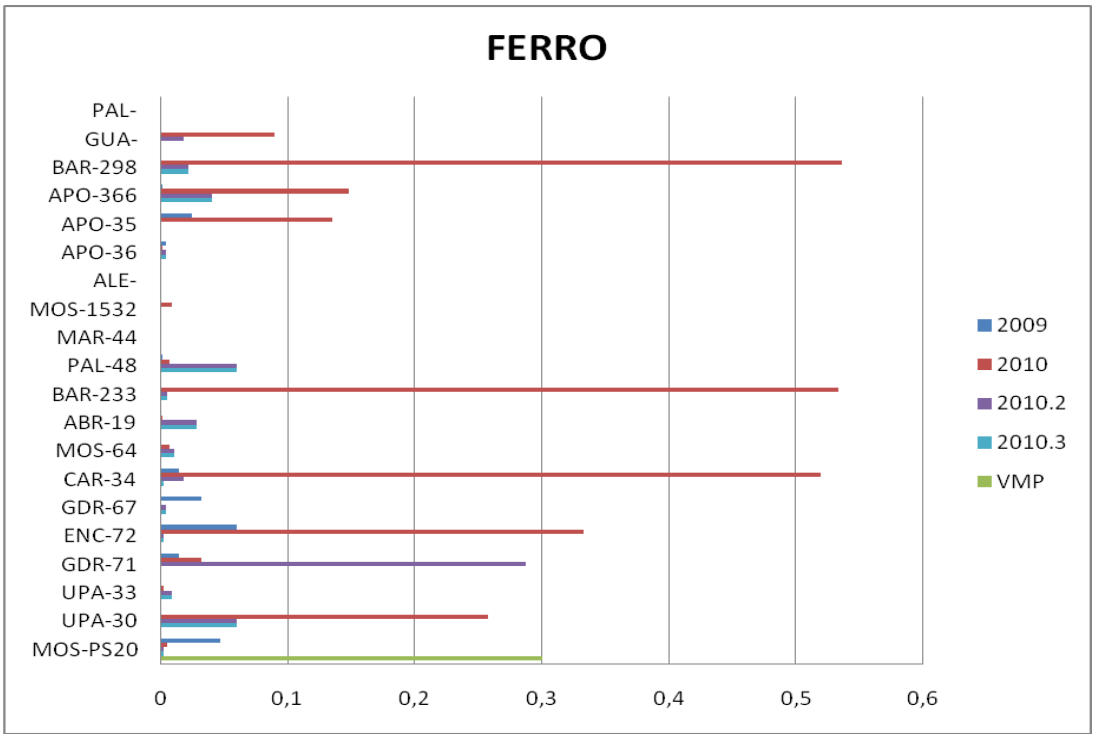

Figura 7.12 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

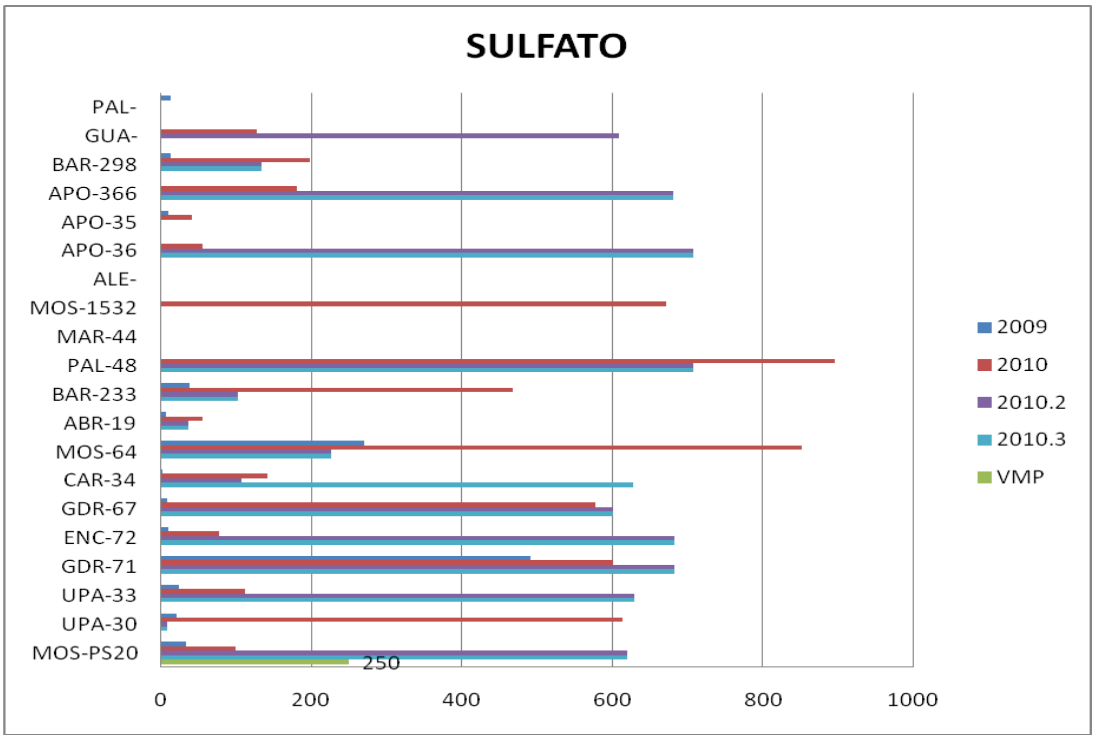

Figura 7.13 - Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

8.1 POÇOS COM CONCENTRAÇÃO DE NITRATO ACIMA DO LIMITE PERMITIDO PELA RESOLUÇÃO CONAMA 396/08 PARA CONSUMO HUMANO.

O crescimento da população dos centros urbanos tem como resultado o aumento da geração de efluentes domésticos e industriais, o que requer manejo e disposição adequados desses efluentes de modo que a sua influência na qualidade das águas subterrâneas seja minimizada. Além dos esgotos, há o nitrato oriundo de fontes difusas de contaminação, com destaque para as atividades agrícolas. O processo natural de degradação dos efluentes da origem ao nitrato que possui grande mobilidade além de persistência e se constitui, em relação ao volume de água, o maior contaminante das águas subterrâneas.

Valores de concentração de nitrato acima de 10mg/L N indicam que a água não é própria para o consumo humano e atividades de recreação, de acordo com a Resolução CONAMA 396/08. Os poços monitorados pelo IGARN, cujas concentrações de nitrato estão acima do VMP, estão localizados nas bacias hidrográficas Potengi, Pirangi, Apodi-Mossoró, Doce, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso.

As tabelas anteriores apresentam resultados que evidenciam a presença de impactos associados à qualidade da água dos poços, os quais apresentaram concentração do nitrato acima do limite aceitável e são utilizados para fins diversos, incluindo o consumo humano. As figuras 8.1 a 8.6 indicam a concentração de nitrato dos poços, por bacia hidrográfica.

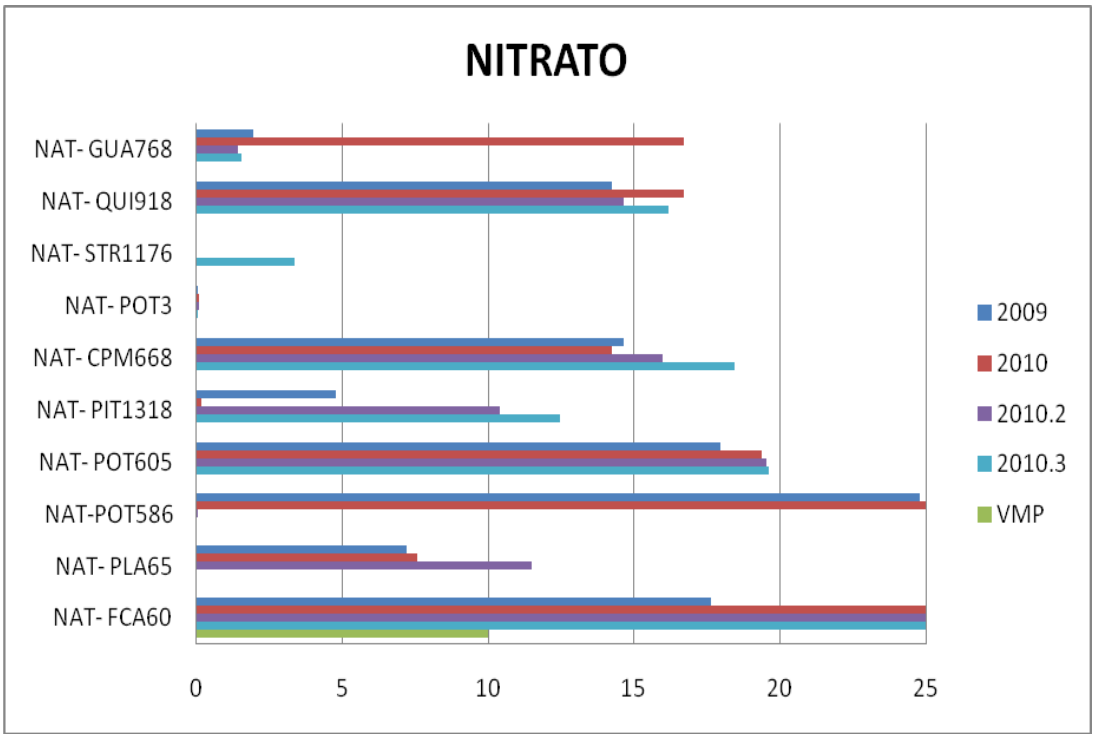

Figura 8.1 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Potengi

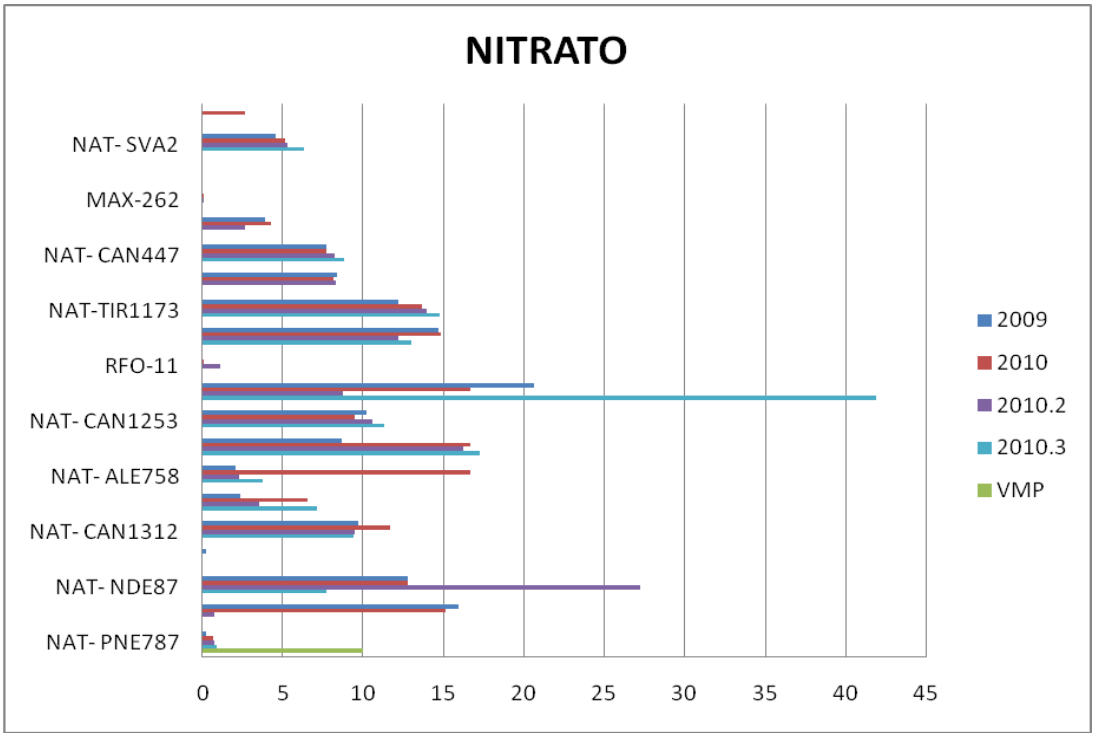

Figura 8.2 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Faixa Litoranêa Leste de Escoamento Difuso

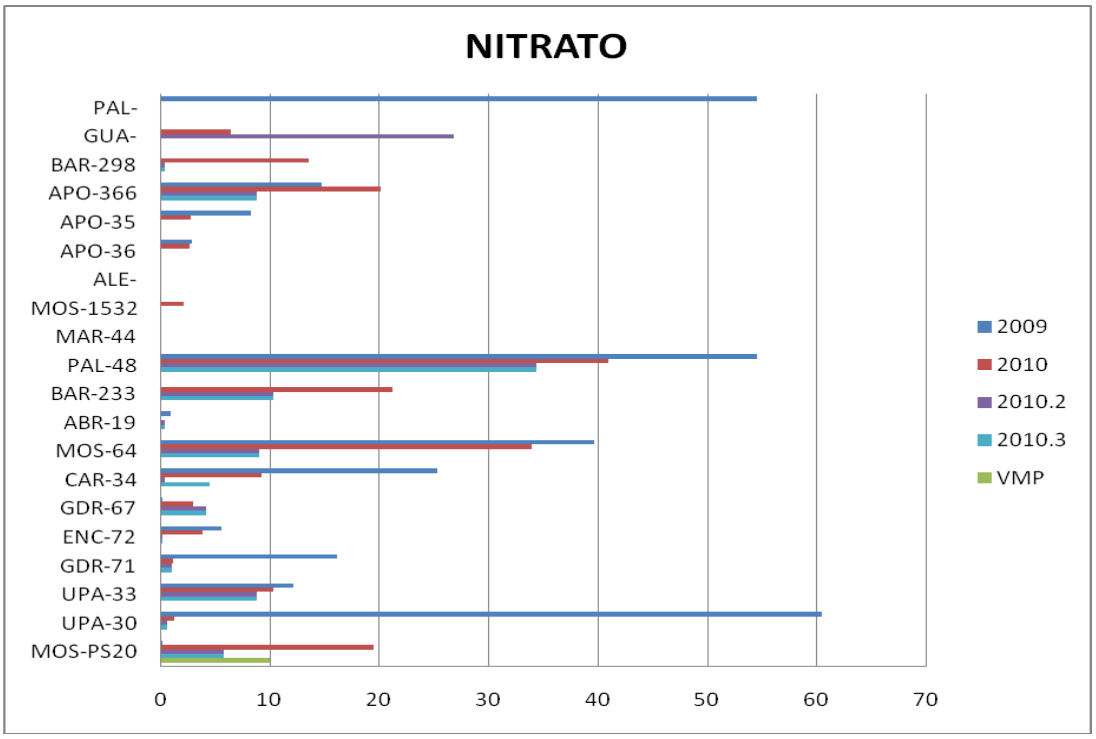

Figura 8.3 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

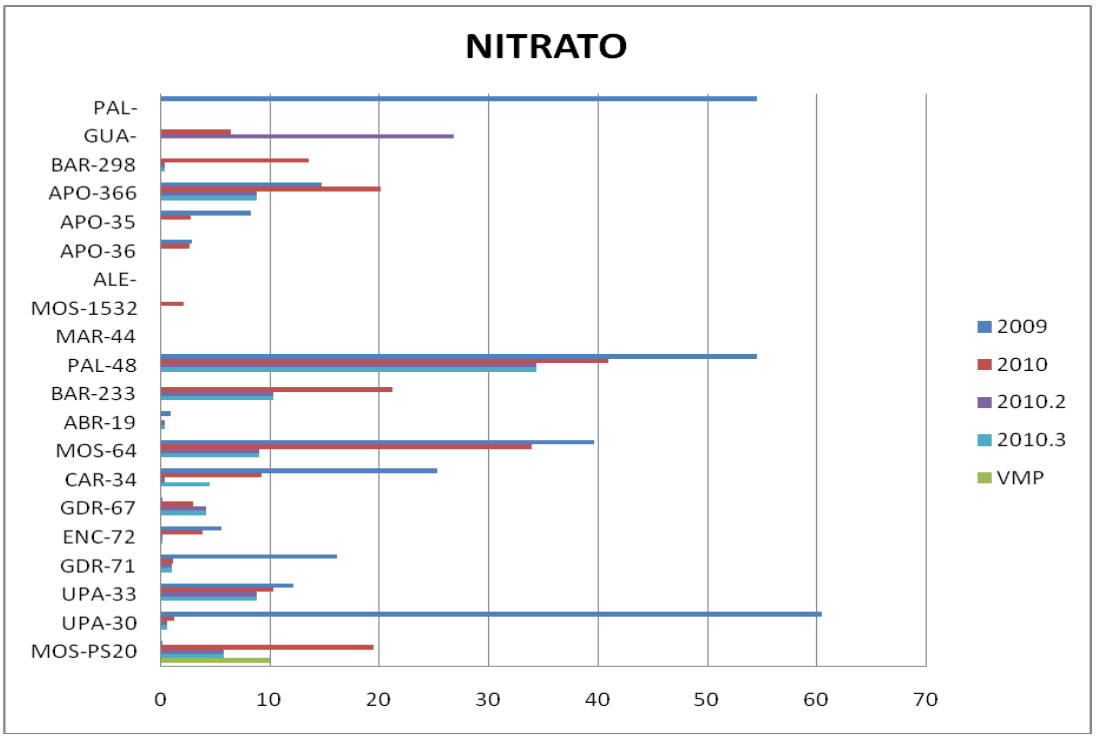

Figura 8.4 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

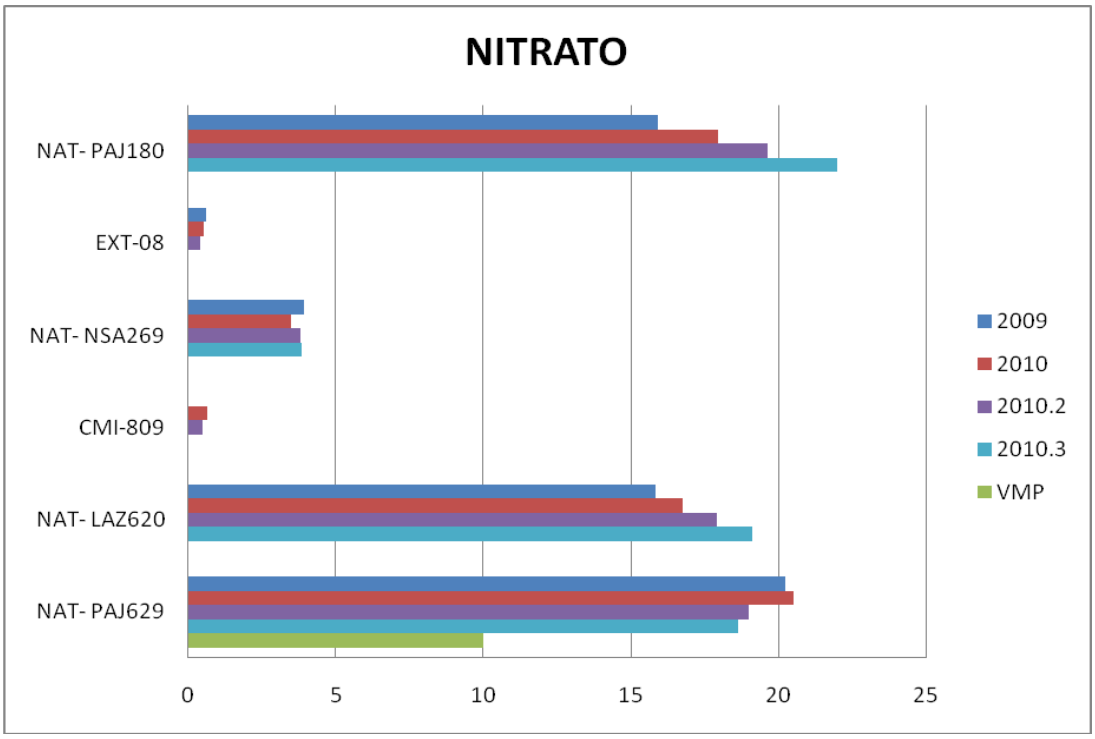

Figura 8.5 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Doce

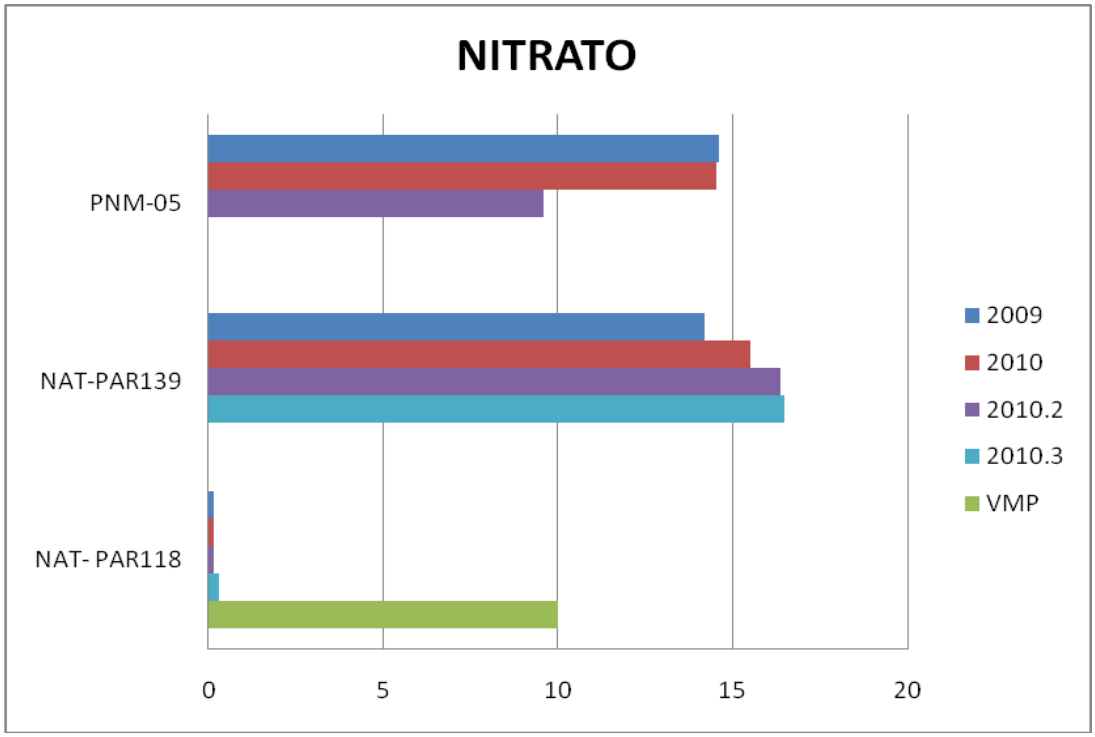

Figura 8.6 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Pirangi

8.2 POÇOS QUE APRESENTAM VALORES FORA DO PADRÃO DE POTABILIDADE PARA OS INDICADORES BIOLÓGICOS

As não conformidades observadas nos poços monitorados durante a terceira campanha do ano de 2010com relação aos indicadores microbiológicos, coliformes totais e coliformes termotolerantes, a exemplo dos resultados das campanhas anteriores, continuam significativas.

De acordo com as normas legais da vigilância sanitária, não podem ser utilizadas para beber ou para preparar alimentos, as águas que apresentam microorganismos patogênicos como bactérias, protozoários ou vírus, uma vez que estes são causadores de doenças e representam sérios riscos à saúde humana, constituindo-se em causa da ocorrência de surtos de infecção ou de epidemias, especialmente nas áreas onde são precárias ou inexistentes a infra-estrutura sanitária.

Outro ponto importante e que deve ser priorizado nos poços que tem captação para o consumo humano é a definição de um perímetro de proteção. Em alguns casos é necessário também a orientação ao usuário sobre o manuseio correto durante o bombeamento ou a desinfecção do poço. Vale salientar que a falta de manutenção dos poços também comprometem a qualidade da água.

8.3 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS AGROTÓXICOS

Foram coletadas 9 amostras de água subterrânea nos poços do município de Baraúna para determinação da presença de agrotóxicos indicados. As amostras analisadas não apresentaram resíduos de agrotóxicos, como mostram as tabelas 7.8 e 7.9.

De acordo com a Agência Americana de Proteção Ambiental – EPA, a solubilidade em água, o coeficiente de adsorção à matéria orgânica, a meia vida no solo e a meia vida na água, são fatores que influenciam diretamente na tendência de contaminação das águas subterrâneas. Naturalmente não podem ser desconsideradas as características do aqüífero, a porosidade do solo e a pluviosidade anual.

Atualmente há uma tendência à produção de agrotóxicos com meia-vida curta, facilitando sobremaneira a sua degradação, embora as características do solo sejam um fator de grande influência na biodegradação do ingrediente ativo desses compostos. É importante assinalar que a não detecção de resíduo nas amostras analisadas não significa necessariamente que estas águas não tiveram resíduos de agrotóxicos, porque há possibilidade de a coleta de água ter acontecido após um intervalo de tempo de várias meias vidas. Outro aspecto importante diz respeito ao

intervalo do monitoramento realizado, pois a área avaliada não faz uso contínuo de agrotóxicos e, portanto, a meia-vida curta desses compostos pode influenciar os resultados.

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A ocupação urbana pode impactar de modo significativo os fluxos hídricos. Quando se monitora as águas superficiais estes impactos são fáceis de serem avaliados, o que permite a aplicação de ações corretivas ou medidas mitigadoras. As águas subterrâneas, em contrapartida, não possuem essas facilidade, razão pela qual o processo de degradação ocorre sem que se perceba.

O processo de degradação, quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas, é influenciado por obras de infraestrutura, fatores naturais ou por atividades diversas exercidas pelo homem nas áreas urbanas e rurais.

Os dados analíticos obtidos nas estações estabelecidas, até o momento, para o monitoramento da água subterrânea, durante as campanhas realizadas, indicam um decréscimo na qualidade das águas de bacias hidrográficas mais impactadas pela ação antrópica. Portanto, programas de monitoramento são muito importantes para a proteção da água subterrânea, uma vez que possibilitam o conhecimento da qualidade natural da água do aquífero e o acompanhamento do sistema, permitindo a tomada de decisão que visem à proteção da qualidade da água.

Como seria de se esperar, algumas variáveis como o nitrato e coliformes termotolerantes, têm mostrado elevada tendência ao não atendimento aos limites legais, com evidência marcante da não delimitação de áreas de proteção dos poços, da ausência de esgotamento sanitário e manejo inadequado

O Programa Água Azul não utiliza poços dedicados exclusivamente ao monitoramento, razão pela qual a interpretação dos resultados, em alguns casos fica comprometida em decorrência da mistura de águas com tempos de residência ou evoluções hidrogeoquímicas diferentes. Outro aspecto a ser considerado é a freqüência do monitoramento.

A escolha dos parâmetros analíticos também deve obedecer a um critério que priorize a situação do entorno do poço a ser monitorado, evitando, dessa forma, a determinação de parâmetros não representativos ou com possibilidade remota de serem identificados através da análise laboratorial. Deve ser considerada também a freqüência do monitoramento.

Os resultados obtidos, até o momento, deixam claro que é imprescindível a necessidade de programas de proteção da qualidade da água subterrânea. Embora as ações que devem ser implementadas já tenham sido objeto de conclusão de relatório anterior, é importante repetir para que sejam priorizadas. Destacamos, portanto: Instalação ou ampliação da rede de esgoto;

- Acompanhar o lançamento dos efluentes domésticos e/ou industriais;
- Reduzir o número de imóveis na área do entorno quando não estiver disponível um sistema de coleta e tratamento de efluentes;
- Definição de normas técnicas para o manuseio de substâncias químicas tóxicas;
- A escolha correta da área para destinação de resíduos sólidos.

Sem dúvida que a proteção da água subterrânea é alvo de discussões porque é a água que não se vê. E o que não é visto não é lembrado. Somam-se a esse fato as questões de ordem econômica que exercem forte pressão. É necessário, portanto, um olhar para a necessidade humana pelo uso da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albinet, M. e J. Margat. 1970. "Cartographie de la vulnerabilite a la pollution des nappes d'eau souterraine." *Bulletin BRGM 2nd Series* 3(4): 13–22. Orleans, França.

Feitosa, F. A. C.; Filho, J. E. (1997). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**.** Fortaleza: CPRM, LABHID, UFPE.

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

American Public Health Association - APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed.. New York. 1998.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Resolução Nº 396, de 08 de abril de 2008. Publicado no D.O.U. nº 53, de 08/04/2008.

Corseuil, H.X. & Alvarez, P. 1996. Implications of the presence of ethanol on intrinsic bioremediation of BTEX plumes in Brazil. Hazardous materials, 13 (2): 213-221.

Teixeira, W; Toledo; M. C. M; Fairchild, T. M; Taioli; F. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos. P 115. 2000

Haertle, A.. "Method of working and employment of EDP during the preparation of groundwater vulnerability maps." 1983

Foster, S. S. D. e R. Hirata.. "Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data." WHOPAHO/ HPE-CEPIS Technical Manual. Lima, Peru. 1988

Foster, S. S. D. "Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy." Proceedings of International Conference: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Noordwijk, Países Baixos. 1987

Poulsen, M.; Lemon, L. & Barker, J. 1992. Dissolution of Monoaromatic Hydrocarbons into Groudwater from Gasoline – Oxigente mistures. *Environ. Sci. Technol.* Vol. 26, 2483-2489.