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
3º RELATÓRIO PARCIAL

NATAL, NOVEMBRO DE 2011

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 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14

3.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos 15
3.2 Qualidade das Águas Subterrâneas 16
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
6.3.1 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. 57

8.2 POÇOS QUE APRESENTAM VALORES FORA DO PADRÃO DE POTABILIDADE PARA OS INDICADORES BIOLÓGICOS 61

8.3 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS AGROTÓXICOS 61

8.4 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS BTEX 62

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 62

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64

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 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 físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Maxaranguape

Tabela 7.9 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Ceará - Mirim

Tabela 7.10 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Punaú

Tabela 7.11 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Jacu

Tabela 7.12 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Traíri

Tabela 7.13 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Boqueirão

Tabela 7.14 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Catu

Tabela 7.15 - das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Tabela 7.16 - 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

O relatório sobre a qualidade da água subterrânea do Rio Grande do Norte, monitorada pelo Programa Água Azul é uma publicação semestral que permite acompanhar a evolução da qualidade dos nossos aqüíferos.

A água é um recurso comum a todos e a sua proteção necessita de instrumentos legais que regulamentem o seu uso. A água subterrânea possui características físicas, químicas e biológicas que devem atender aos limites definidos por padrões de qualidade que são definidos de acordo com o uso preponderante.

O monitoramento de qualidade das águas é definido como o acompanhamento sistemático dos aspectos qualitativos e se constitui em importante ferramenta de gestão do meio ambiente, permitindo a divulgação das informações obtidas.

Com o intuito de apresentar à sociedade uma das ações inerente à gestão dos recursos hídricos e o comprometimento dos órgãos estaduais com atribuições na área ambiental, este relatório contém todas as informações referentes à segunda campanha realizada em 2010.

1.0 INTRODUÇÃO

O Programa Água Azul, iniciado em 2008, através de um convênio de cooperação técnica, colocou em operação uma rede de monitoramento de água subterrânea, que vem sendo alvo de sucessivas adequações, com o objetivo de aumentar a sua representatividade e atender aos objetivos propostos pelo Programa.

É importante ressaltar que o monitoramento tem como base a Resolução CONAMA 396/2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e as Resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH nºs 91 e 92, publicadas em 2008.

A avaliação da qualidade das águas subterrâneas foi realizada através de análises temporais e espaciais. A análise temporal consistiu na comparação dos dados obtidos nas campanhas anteriores, buscando identificar tendências. Na análise espacial, o objetivo é a identificação de pontos críticos, observando-se as questões sanitárias dos pontos monitorados.

As principais fontes de poluição das águas subterrâneas no Estado do Rio Grande do Norte são os lançamentos de efluentes líquidos domésticos e industriais, assim com a carga difusa de origem urbana e agrícola.

Este Relatório apresenta a metodologia e os resultados consistidos da segunda campanha de monitoramento realizada no ano de 2010, nas seguintes bacias hidrográficas: Potengi, Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu, Doce, Pirangi, Maxaranguape, Catu, Ceará-Mirim, Punaú, Jacu, Traíri, Boqueirão, 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 90 poços distribuídos em cerca de 29 % dos municípios. Os municípios com maior número de poços são: Natal (28 poços) e Baraúna (10 poços).

3.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos

A água recobre 2/3 da superfície terrestre sendo, portanto, a sustância mais abundante do planeta. Apenas 2,5% são águas doces e estão distribuídas entre as calotas polares com 68,9%, os aqüíferos 29.9%, rios e lagos 0,3% e outros reservatórios 0,9%. Cerca de 97% da água doce líquida da terra é de origem subterrânea.

É um recurso de grande valor estratégico para a manutenção da vida e para o desenvolvimento econômico nos mais variados segmentos. A água subterrânea é aquela que infiltra nos solos e nas rochas, caminhando até o nível hidrostático, , com movimentos lento, sendo responsável por 90% da vazão de base dos rios e lagos. Essa distribuição é mais homogênea que as águas de superfície, mas dificulta a prevenção, vigilância e remoção de contaminantes.

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

A composição química da água subterrânea está atrelada aos processos e reações no ambiente subsuperficial sendo função dos minerais que constituem o solo e as rochas pelos quais ela percola. Dentre os processos que ocorrem temos: dissolução de gases; sorção e troca iônica; dissolução/precipitação de minerais; oxidação redução e os processos biológicos ou reações de biotransformação.

As rochas cuja formação ocorre em altas temperaturas (também chamadas de rochas primárias) apresentam um desequilíbrio permanente numa temperatura mais baixa. As transformações por que passam os minerais nas rochas e sedimentos é conhecido como intemperismo e é o resultado da interferência do pH, Eh, pressão, temperatura, fragmentação, deslocamento de blocos, porosidade, ação mecânica e química de organismos vivos, dentre outros. Neste processo ocorre a liberação de íons para a água tais como sulfatos, cloretos, bicarbonatos e outros, influenciando de forma direta a composição das águas. Esse fenômeno é determinante, também, do tipo e concentração dos constituintes das águas superficiais.

3.3 As Fontes Potenciais de Contaminação dos Recursos Hídricos

A geração de efluentes e resíduos provocada pela atividade humana causa impactos ambientais que afetam direta ou indiretamente a qualidade da água. Nas águas subterrâneas, a introdução de substância indesejada é considerada contaminação. Existem várias atividades potencialmente geradoras de cargas contaminantes e que normalmente estão relacionadas ao desenvolvimento urbano, à produção industrial, à produção agrícola e à extração mineral. As fontes de contaminação variam conforme sua forma de distribuição espacial em pontuais e difusas; as primeiras normalmente produzem plumas de contaminação definidas e concentradas, o que facilita a sua identificação e as segundas são caracterizadas por não formarem plumas de contaminação bem definidas. Os cemitérios, fossas sépticas, oficinas, mecânicas, lavagens de automóveis, postos de combustíveis, poços negros, lixões, poços abandonados dentre outros são exemplos de fontes pontuais de contaminação.

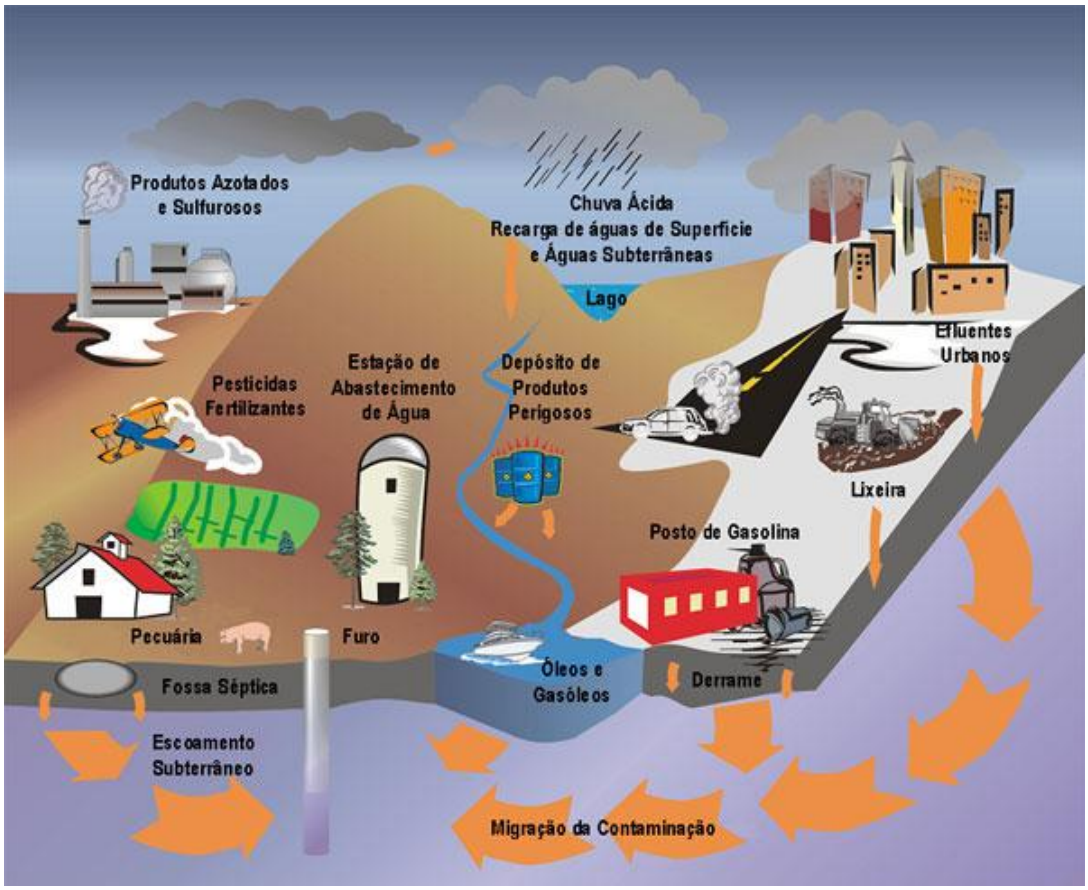

Figura 3.1 – Fontes de cargas contaminantes de águas subterrâneas
Fonte - e-geo.ineti.pt/.../agua_subterranea/poluicao.htm, acesso em julho de 2011

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.

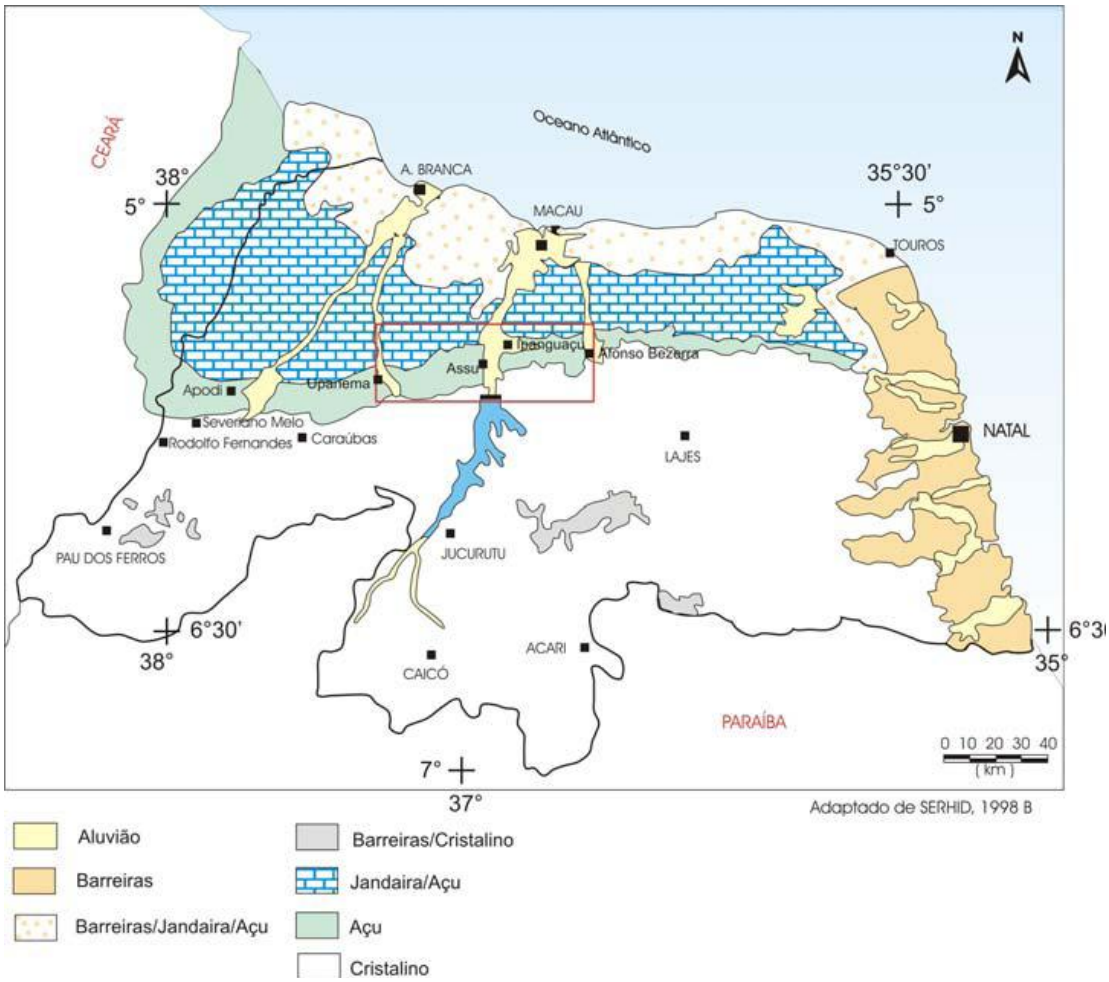

Figura 4.1 – Aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte

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, Maxaranguape, Ceará-Mirim, Punaú, Jacu, Traíri, Boqueirão, Catu, 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

Para que seja possível avaliar a qualidade da água subterrânea, ao longo do tempo, é necessário que o monitoramento forneça as informações que possibilitem acompanhar a evolução dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Este relatório apresenta, através de gráficos, a evolução temporal dos parâmetros analisados, com destaque para aqueles que têm, sistematicamente, apresentado valores acima dos limites permitidos pela Resolução CONAMA nº396/2008.

Nas tabelas 7.1 a 7.16 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	5,85	5,63	6,68	5,69	5,85	5,89	6,98	-
Bicarbonato (mg/L)	3,00	6,00	61,22	4,20	6,00	6,00	157,26	-
Cálcio (mg/L)	4,03	3,11	13,26	4,03	2,67	4,82	24,24	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	32,92	34,08	61,12	58,57	13,72	19,44	14,07	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	276,00	215,00	239,00	293,00	276,00	173,00	210,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	55,78	34,24	69,76	76,49	25,41	39,49	126,12	-
Ferro (mg/L)	0,01	0,01	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,60	2,32	4,43	5,60	2,77	1,86	8,67	-
Magnésio (mg/L)	11,10	6,37	8,90	16,13	4,55	6,66	15,93	-
Sódio (mg/L)	46,67	38,22	42,29	49,11	21,81	28,58	14,20	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	27,33	11,50	0,06	19,52	10,41	15,97	0,10	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	138,00	108,00	120,00	147,00	138,00	87,00	105,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	72,00	2,55	2,50	4,84	0,99	0,44	6,38	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,34	0,26	1,22	0,44	0,26	0,34	0,37	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	1,456	< LD	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (mg/L)	< LD	< LD	1,103	< 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 - 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	6,76	6,00	5,34	-
Bicarbonato (mg/L)	393,75	7,20	12,00	-
Cálcio (mg/L)	75,59	6,09	2,42	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	38,97	28,57	19,94	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	270,00	217,00	121,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	281,07	49,54	23,07	-
Ferro (mg/L)	0,02	< LD	0,01	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	7,32	9,44	2,21	-
Magnésio (mg/L)	22,42	8,33	4,13	-
Sódio (mg/L)	38,01	29,68	15,64	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	4,03	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,04	14,67	1,46	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	135,00	109,00	61,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	24,16	13,03	4,40	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	3,34	0,38	0,36	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Presente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (mg/L)	< LD	< LD	< LD	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	6,12	6,60	6,42	6,92	6,20	7,66	6,02	-
Bicarbonato (mg/L)	7,80	23,46	13,20	18,60	4,80	9,60	7,20	-
Cálcio (mg/L)	1,48	6,11	3,33	4,53	2,00	1,73	5,44	-
Carbonato (mg/L)	< LD	0,00	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	10,39	34,42	32,68	16,36	17,31	14,10	33,51	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	51,00	155,20	57,00	123,00	83,00	93,00	123,00	-
Cor (uH)	< LD	2,50	< LD	<5	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	10,79	29,55	23,04	31,86	19,81	13,14	57,03	-
Ferro (mg/L)	0,00	0,18	0,01	0,03	< LD	< LD	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	0,85	1,76	2,46	3,67	1,45	8,20	5,36	-
Magnésio (mg/L)	1,72	3,47	3,57	4,98	3,59	2,13	10,55	-
Sódio (mg/L)	10,09	21,74	17,97	20,84	16,97	11,12	29,85	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	0,00	< LD	< LD	< LD	0,03	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	0,00	< LD	0,01	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,74	0,77	27,23	9,45	3,55	2,30	16,19	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	26,00	108,00	28,00	62,00	42,00	46,00	62,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	3,92	12,56	0,70	0,75	4,83	7,23	3,12	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,46	0,25	0,55	0,53	0,44	4,82	0,46	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (mg/L)	< LD	-	0,0016	< LD	1,422	< LD	0,0017	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 - 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	6,13	6,01	6,30	7,31	5,32	5,30	7,52	-
Bicarbonato (mg/L)	3,60	7,20	5,10	10,20	7,80	9,18	11,40	-
Cálcio (mg/L)	2,42	1,89	2,86	4,71	2,61	2,48	3,87	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	0,00	< LD	< LD	0,00	< LD	-
Cloreto (mg/L)	14,95	23,11	24,09	18,13	17,82	30,98	14,55	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	115,00	139,00	56,90	147,00	164,00	163,50	129,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	0,00	< LD	< LD	0,00	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	21,46	21,36	17,15	30,07	31,95	18,58	32,16	-
Ferro (mg/L)	< LD	0,01	0,42	0,02	< LD	0,22	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	2,39	2,71	1,88	4,53	2,93	4,71	2,75	-
Magnésio (mg/L)	3,74	4,04	2,43	4,68	6,17	3,01	5,46	-
Sódio (mg/L)	21,92	27,26	10,00	23,38	28,75	25,22	17,81	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,34	< LD	-	0,02	< LD	0,07	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	0,00	< LD	< LD	0,00	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	10,57	8,76	1,07	12,18	13,98	8,33	8,25	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	58,00	69,00	38,69	74,00	82,00	112,00	65,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	2,86	1,00	1,47	1,09	0,71	1,13	3,67	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,44	0,33	0,00	1,28	0,33	0,05	0,34	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (mg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	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 - 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	7,10	7,30	5,91	-
Bicarbonato (mg/L)	27,54	46,92	13,80	-
Cálcio (mg/L)	4,20	8,40	2,43	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	< LD	-
Cloreto (mg/L)	37,86	13,77	10,44	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	172,00	96,80	64,00	-
Cor (uH)	7,50	2,50	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	26,69	39,08	17,80	-
Ferro (mg/L)	0,31	0,06	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	4,41	4,40	2,13	-
Magnésio (mg/L)	3,94	4,40	2,84	-
Sódio (mg/L)	26,08	7,20	14,80	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	0,00	0,04	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	2,62	0,04	5,29	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	120,40	75,68	32,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	8,22	7,20	3,79	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,75	0,10	0,33	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	140,00	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$3,4X10^3$	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (mg/L)	-	-	< LD	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	7,30	6,72	8,00	7,90	7,60	7,60	7,50	-
Bicarbonato (mg/L)	364,15	33,00	209,11	108,12	484,52	438,62	434,53	-
Cálcio (mg/L)	218,47	3,20	37,02	51,33	111,62	114,48	123,07	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	660,82	170,40	34,14	154,88	261,58	158,32	351,06	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	2332,00	1212,00	423,00	890,00	1526,00	1131,00	1757,00	-
Cor (uH)	0,00	-	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	953,20	36	140,12	213,99	610,05	571,92	695,83	-
Ferro (mg/L)	0,12	0,02	0,06	0,09	0,03	0,08	0,03	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	6,87	-	10,33	51,72	26,14	6,40	4,00	-
Magnésio (mg/L)	98,96	32,80	11,57	20,83	80,44	69,44	94,33	-
Sódio (mg/L)	213,79	-	40,00	78,62	128,57	64,00	157,14	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,17	0,02	0,31	0,21	0,00	0,00	0,04	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	10,36	9,54	0,13	25,73	5,44	0,45	20,69	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	1852,00	742,00	310,00	604,00	1088,00	800,00	1248,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	122,06	107,23	12,98	74,26	114,49	158,54	88,31	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	0,58	0,45	0,00	0,00	0,25	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	11,00	3,00	$5{,}70X10^2$	17,00	Ausente	Ausente	3,00	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	40,00	5,00	$2{,}28X10^3$	$3{,}4X10^3$	55,00	2,00	16,00	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 - 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	7,70	8,30	8,00	6,87	7,80	7,05	-
Bicarbonato (mg/L)	34,00	370,27	239,71	99,45	36,00	98,94	34	-
Cálcio (mg/L)	12,80	161,23	87,77	247,09	8,00	30,34	3.8	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0.0	-
Cloreto (mg/L)	539,30	447,43	864,91	877,65	213,00	34,42	156.2	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	2341,00	1774,00	2622,00	2579,00	1410,00	296,00	1230	-
Cor (uH)	-	0,00	5,00	0,00	-	2,50	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	112,00	753,02	557,62	1181,97	48,00	109,62	40	-
Ferro (mg/L)	0,02	0,03	0,19	0,08	0,00	0,18	0,0081	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	14,00	38,88	7,18	-	6,25	-	-
Magnésio (mg/L)	99,20	85,07	82,17	137,15	40,00	8,22	36.8	-
Sódio (mg/L)	-	135,71	446,43	170,00	-	20,95	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,04	0,00	0,12	0,26	0,03	0,17	0,0361	-
Nitrito (mg/L N)	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,0177	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	9,80	1,50	1,76	11,35	10,02	2,58	9,521	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	1736,00	1424,00	1960,00	2188,00	838,00	176,00	790	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	63,03	101,10	248,05	125,00	104,97	27,21	52,961	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,91	0,10	1,35	0,00	9,02	0,75	0,38	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0,00	Ausente	Ausente	Ausente	0	Ausente	4,00	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	0,00	Ausente	35,00	Ausente	0	Ausente	75,00	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 - 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	6,65	7,80	6,9	6,81	-	-
Bicarbonato (mg/L)	35,00	227,47	30	38,00	25,00	-
Cálcio (mg/L)	11,20	231,82	8.0	3,80	3,80	-
Carbonato (mg/L)	-	0,00	0.0	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	170,40	653,94	170.4	170,40	142,00	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	1222,00	2225,00	1207	1235,00	528,00	-
Cor (uH)	-	0,00	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	40,00	1000,86	40	40,00	12,00	-
Ferro (mg/L)	0,01	0,09	0,0136	0,03	0,00	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	12,00	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	28,80	102,43	32	36,20	8,80	-
Sódio (mg/L)	-	142,86	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,02	0,00	0,0003	0,03	0,02	-
Nitrito (mg/L N)	0,01	0,00	0,0035	0,01	0,01	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	8,58	22,90	8,844	9,56	4,51	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	704,00	1856,00	756	638,00	342,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	87,36	114,49	84,421	48,41	628,01	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	2,71	0,35	7,75	9,86	0,61	-
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	82,00	0,00	0,00	0,00	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	49,00	$3,4X10^3$	0,00	0,00	0,00	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	-	-	-	-	7,74	-
Bicarbonato (mg/L)	28,00	69,52	38,00	17,00	17,00	23,00	17,00	-
Cálcio (mg/L)	96,00	12,36	1,60	33,60	3,20	3,20	3,20	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	880,40	41,73	56,80	363,40	71,00	85,20	99,40	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	5560,00	228	243,00	2397,00	522,00	623,00	849,00	-
Cor (uH)		2,5	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	280,00	60,74	12,00	92,00	16,00	12,00	20,00	-
Ferro (mg/L)	0,00	0,06	0,01	0,29	0,00	0,00	0,02	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	11,07	-	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	184,00	7,26	10,40	58,40	12,80	8,80	16,80	-
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	0,04	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	5,82	0,69	8,89	1,03	0,27	4,17	0,42	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	4820,00	155,04	178,00	1624,00	288,00	340,00	408,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	619,19	9,38	628,71	681,58	681,98	601,59	107,81	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	37,15	0	0,86	22,78	1,04	0,56	0,37	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	4,00	14,00	Ausente	24,00	9,00	2,00	3,00	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$8,3x10^2$	36,00	1015,00	400,00	48,00	4,00	108,00	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-64	ABR-19	BAR-233	PAL-48	BAR-298	APO-36	APO-366	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	6,72	7,96	6,62	-	7,00	-	-	-
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)	809,40	56,80	454,40	71,00	198,80	71,00	127,80	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	3490,00	503,00	2263,00	445,00	1413,00	339,00	539,00	-
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)	2348,00	250,00	1468,00	276,00	750,00	184,00	404,00	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)	6,43	2,63	12,28	0,88	7,32	0,97	0,48	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	6,00	Ausente	Ausente	5,00	Ausente	11,00	12,00	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	19,00	Ausente	$1,6x10^2$	12,00	90,00	158,00	8,00	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	Fonte Umarizeira	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	-	-
Bicarbonato (mg/L)	14,00	-
Cálcio (mg/L)	3,20	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	142,00	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	567,00	-
Cor (uH)	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	12,00	-
Ferro (mg/L)	0,02	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-
Magnésio (mg/L)	8,80	-
Sódio (mg/L)	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,01	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	26,86	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	324,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	609,14	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,98	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	2,00	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	63,00	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	7,30	6,70	8,30	8,00	7,40	4,20	3,40	-
Bicarbonato (mg/L)	134,64	57,12	164,23	106,08	454,94	0,00	0,00	-
Cálcio (mg/L)	23,47	8,20	154,55	5,34	93,49	37,21	137,38	-
Carbonato (mg/L)	134,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	37,86	123,90	849,74	56,90	515,91	874,21	3964,18	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	342,00	508,00	2244,00	320,00	1683,00	2449,00	8876,00	-
Cor (uH)	2,50	0,00	2,50	20,00	2,50	2,50	2,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	76,26	59,09	962,73	52,53	514,73	281,19	714,90	-
Ferro (mg/L)	0,09	0,11	0,11	1,32	0,93	1,54	3,86	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	12,14	15,45	20,52	6,07	5,17	27,00	27,58	-
Magnésio (mg/L)	4,28	9,37	140,04	9,49	68,29	45,72	263,89	-
Sódio (mg/L)	38,57	69,47	357,89	56,92	271,43	464,28	1935,44	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,10	0,00	0,22	0,31	0,02	0,17	0,06	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,06	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	1,00	0,75	15,89	0,00	1,11	0,59	0,31	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	232,00	348,00	1683,00	160,00	1348,00	1664,00	6248,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	8,93	12,55	350,65	4,78	24,23	34,31	81,63	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,55	-	1,35	1,35	0,80	0,50	0,50	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	30,00	8,00	30,00	Ausente	8,00	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	50,00	40,00	48,00	6,00	$1,8x10^2$	Ausente	100,00	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	PEN-59	CNU-63	CAI-01	SDM-1451	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS					
pH	7,80	8,20	7,40	8,30	-
Bicarbonato (mg/L)	386,59	115,26	392,72	177,49	-
Cálcio (mg/L)	79,37	25,95	74,41	383,51	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	82,60	56,90	606,96	1251,85	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	940,00	397,00	1949,00	3715,00	-
Cor (uH)	0,00	5,00	2,50	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	362,22	116,29	395,58	1687,16	-
Ferro (mg/L)	0,06	0,16	0,32	0,17	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	15,45	3,60	5,17	30,55	-
Magnésio (mg/L)	39,81	12,50	50,93	177,08	-
Sódio (mg/L)	75,78	44,21	392,85	378,95	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	0,43	0,03	0,44	-
Nitrito (mg/L N)	0,01	0,01	0,13	0,06	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,00	0,48	3,35	20,06	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	664,00	350,00	1324,00	3640,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	106,58	22,34	80,36	628,57	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	4,00	0,85	5,00	-
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	13,00	$5,70x10^2$	Ausente	$3,20X10^2$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	45,00	$1,70x10^3$	17,00	$1,14x10^3$	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	5,88	6,17	5,70	6,08	4,90	5,95	-
Bicarbonato (mg/L)	15,00	9,60	5,10	4,80	1,86	5,40	-
Cálcio (mg/L)	5,22	4,22	0,76	0,61	0,42	6,09	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	0,00	< LD	0,00	< LD	-
Cloreto (mg/L)	41,20	42,82	27,53	43,39	12,05	39,66	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	238,00	242,00	87,80	129,00	39,00	258,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	5,00	< LD	0,00	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	65,87	56,63	3,81	6,87	5,20	55,34	-
Ferro (mg/L)	0,01	0,01	0,16	0,01	0,07	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	4,92	2,70	4,80	0,67	0,62	2,84	-
Magnésio (mg/L)	12,83	11,19	0,46	1,29	1,01	9,74	-
Sódio (mg/L)	43,44	45,37	16,80	52,37	6,67	44,65	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	0,00	< LD	0,00	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	0,00	< LD	0,00	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	19,01	17,92	0,50	3,80	0,42	19,66	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	118,00	121,00	58,50	65,00	26,50	129,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,19	1,10	1,22	20,18	0,00	0,87	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,46	0,35	1,00	0,55	0,00	0,33	-
MICROBIOLÓGICOS							
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Presente	1,00	Ausente	20,00	Presente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS							
Benzeno (mg/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	6,18	5,51	5,80	-
Bicarbonato (mg/L)	7,20	9,00	20,40	-
Cálcio (mg/L)	0,94	4,24	7,06	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	0,00	-
Cloreto (mg/L)	10,43	19,32	24,09	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	39,00	194,00	162,30	-
Cor (uH)	< LD	< LD	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	10,07	36,98	39,08	-
Ferro (mg/L)	< LD	< LD	0,06	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,81	3,21	4,41	-
Magnésio (mg/L)	1,87	6,40	5,21	-
Sódio (mg/L)	14,37	26,82	18,33	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	0,00	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,15	16,38	9,58	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	20,00	97,00	120,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,10	0,72	0,50	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,39	0,32	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Presente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (mg/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 físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Maxaranguape

PARÂMETROS	MAX-215	MAX-59	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS			
pH	4,40	5,60	-
Bicarbonato (mg/L)	0,00	4,08	-
Cálcio (mg/L)	1,14	2,29	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	37,86	34,42	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	146,40	151,10	-
Cor (uH)	2,50	2,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	10,48	23,83	-
Ferro (mg/L)	0,06	0,05	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,60	0,20	-
Magnésio (mg/L)	1,85	4,40	-
Sódio (mg/L)	22,66	22,66	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	0,00	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	3,67	6,06	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	116,00	116,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,27	0,00	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,10	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	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 7.9 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Ceará - Mirim

PARÂMETROS	CMI-09	JCM-22	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS			
pH	6,90	7,60	-
Bicarbonato (mg/L)	287,65	74,46	-
Cálcio (mg/L)	57,24	55,33	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	199,62	282,23	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	1054,00	1131,00	-
Cor (uH)	12,50	60,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	252,60	262,13	-
Ferro (mg/L)	0,09	0,22	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	12,72	26,47	-
Magnésio (mg/L)	26,62	30,09	-
Sódio (mg/L)	157,14	135,71	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,22	0,45	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,31	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,00	18,90	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	728,00	880,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	62,33	61,65	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	2,50	9,83	-
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	$1,2X10^4$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	$1,4X10^4$	Ausentes em 100 mL

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

Tabela 7.10 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Punaú

PARÂMETROS	RFO-52	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	6,90	-
Bicarbonato (mg/L)	7,14	-
Cálcio (mg/L)	1,72	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	15,49	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	47,40	-
Cor (uH)	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	12,39	-
Ferro (mg/L)	0,10	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	2,50	-
Magnésio (mg/L)	1,97	-
Sódio (mg/L)	7,43	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,08	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	1,15	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	20,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,03	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	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 7.11 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Jacu

PARÂMETROS	NFL-02	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	5,90	-
Bicarbonato (mg/L)	17,34	-
Cálcio (mg/L)	2,67	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	51,63	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	181,60	-
Cor (uH)	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	20,49	-
Ferro (mg/L)	0,06	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	6,76	-
Magnésio (mg/L)	3,36	-
Sódio (mg/L)	28,70	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,05	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,50	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	152,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,97	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	3,00	Ausentes em 100 mL

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

Tabela 7.12 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Traíri

PARÂMETROS	SGE-01-2	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	6,70	-
Bicarbonato (mg/L)	16,32	-
Cálcio (mg/L)	5,72	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	44,74	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	156,00	-
Cor (uH)	2,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	29,55	-
Ferro (mg/L)	0,05	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	5,00	-
Magnésio (mg/L)	3,70	-
Sódio (mg/L)	18,89	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	2,18	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	112,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,64	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,25	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	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 7.13 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Boqueirão

PARÂMETROS	TOU-10	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	7,90	-
Bicarbonato (mg/L)	74,46	-
Cálcio (mg/L)	12,40	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	30,98	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	183,70	-
Cor (uH)	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	62,91	-
Ferro (mg/L)	0,20	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	4,38	-
Magnésio (mg/L)	7,75	-
Sódio (mg/L)	18,86	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,11	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,00	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	136,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,71	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	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 7.14 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Catu

PARÂMETROS	TBS-01	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	5,70	-
Bicarbonato (mg/L)	2,04	-
Cálcio (mg/L)	1,14	-
Carbonato (mg/L)	2,04	-
Cloreto (mg/L)	24,09	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	105,30	-
Cor (uH)	2,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	13,34	-
Ferro (mg/L)	0,24	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,76	-
Magnésio (mg/L)	2,55	-
Sódio (mg/L)	15,00	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	1,79	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	68,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	9,87	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,50	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	3,00	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	6,00	Ausentes em 100 mL

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

Tabela 7.15 - 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 7.15 - 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 7.16 - 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

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. O monitoramento do Programa Água Azul não tem foco na qualidade da água tratada que é distribuída pelas concessionárias municipais de abastecimento. Entretanto,as alterações identificadas servem para a investigação de problemas de poluição e fontes de contaminação na água para o consumo humano.

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. Considerando que o íon nitrato tem sido o parâmetro que apresenta as violações mais recorrentes ao longo do período em que o Programa Água Azul tem sido executado, cabe ser feito um recorte especial sobre o mesmo.

A segunda campanha de água subterrânea realizada em 2010 manteve a tendência de 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.

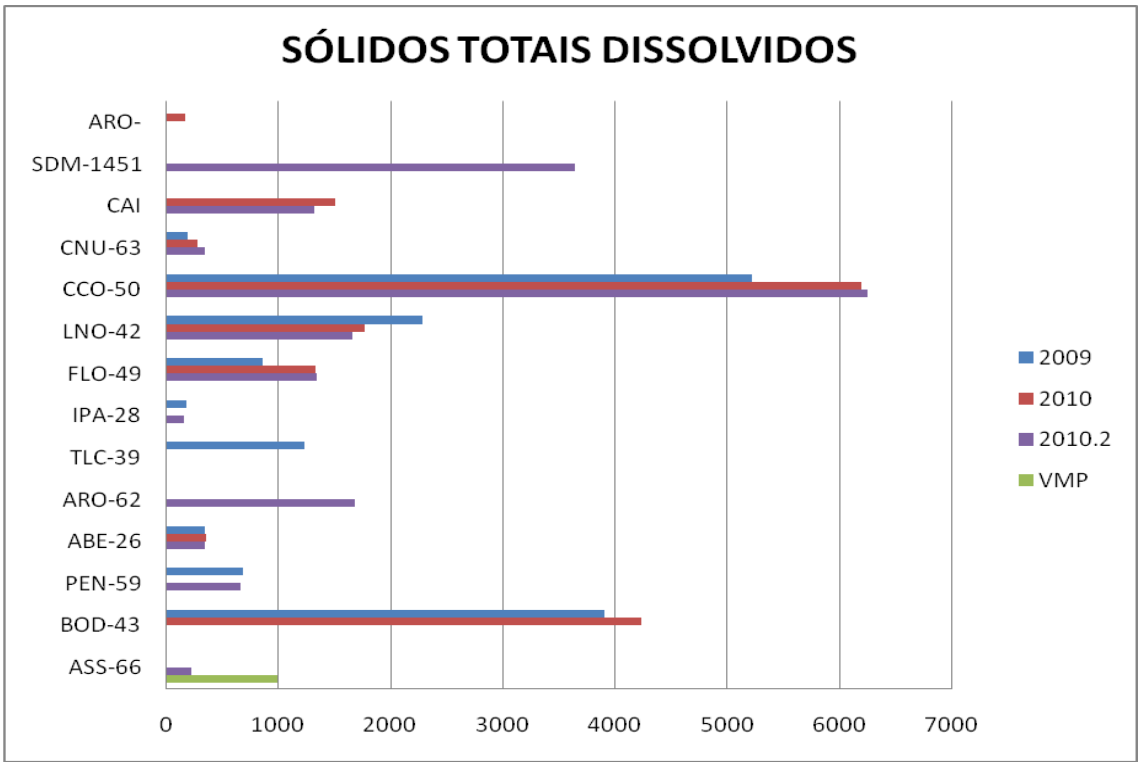

Figura 7.1 - Concentração dos sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

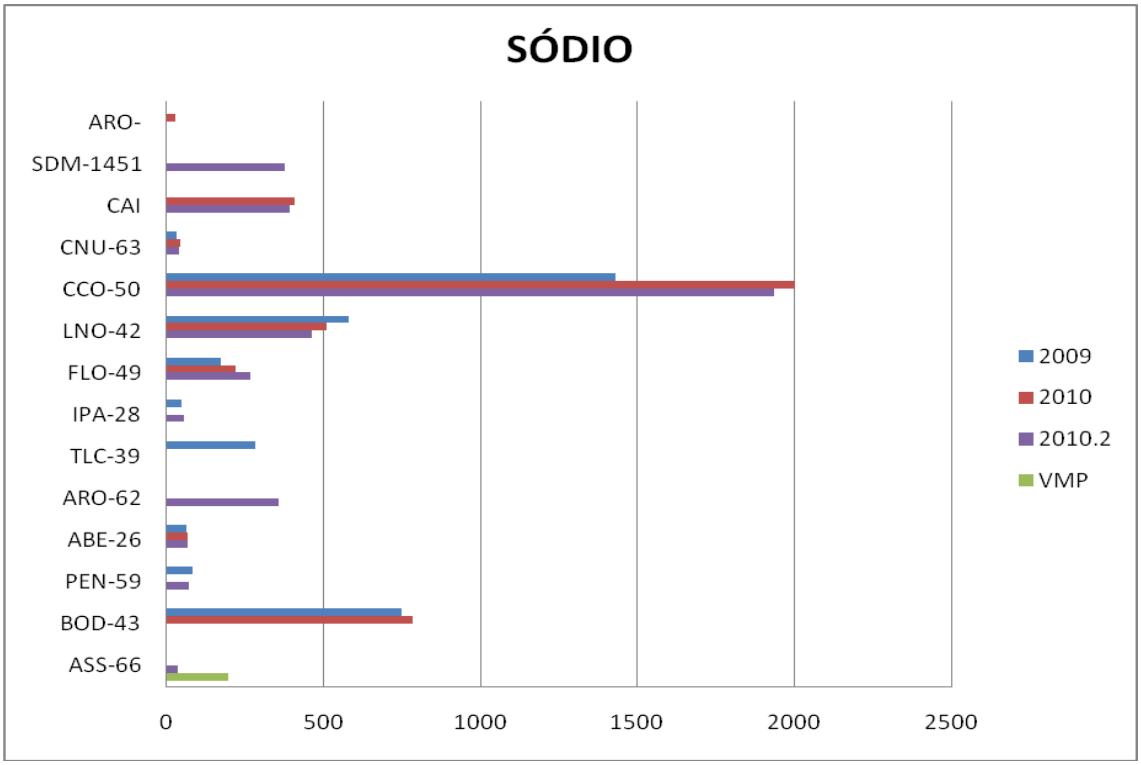

Figura 7.2 - Concentração do íon sódio (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

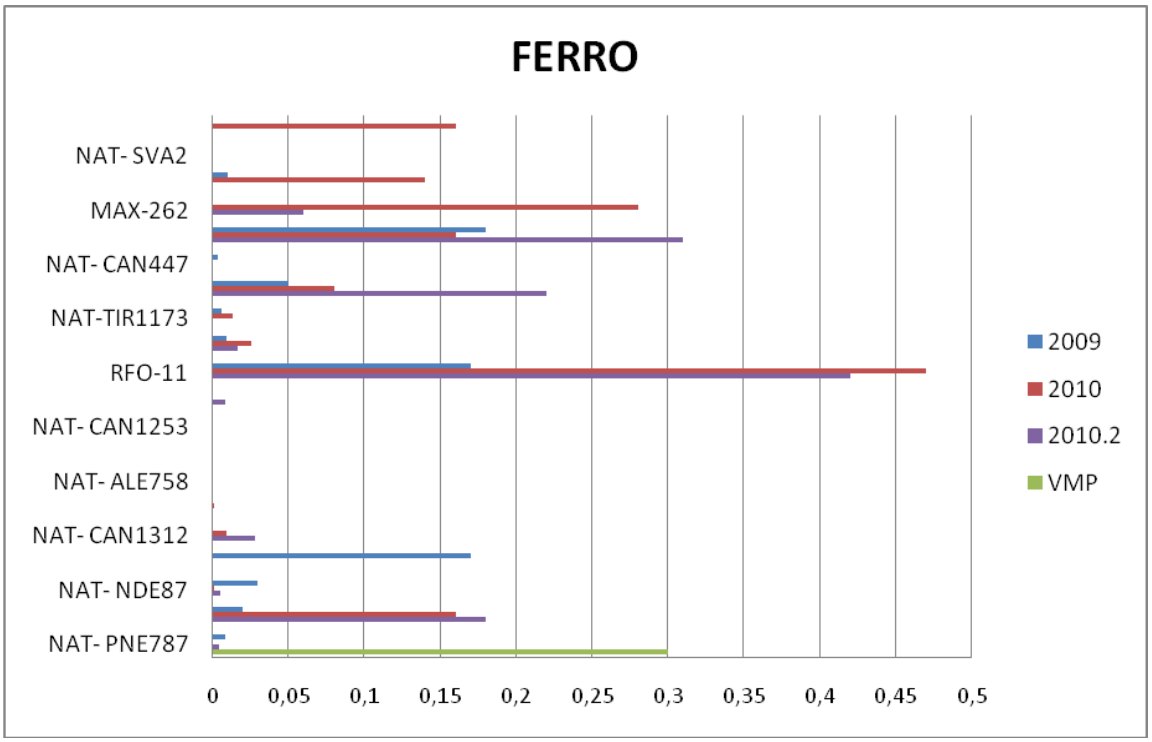

Figura 7.3 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

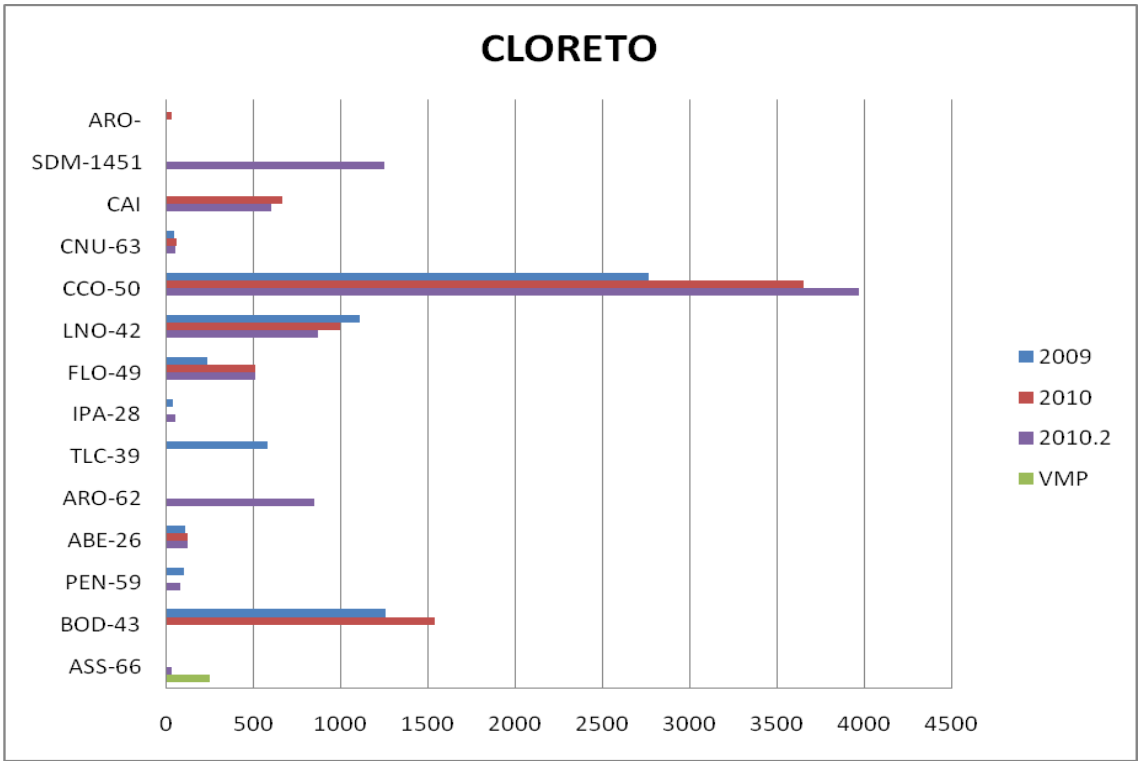

Figura 7.4 - Concentração do ion cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

O íon nitrato apresentou, pela primeira vez, concentração acima do limite máximo permitido em dois poços da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo um deles utilizado para abastecimento humano, localizado no município de Serra do Mel. Deve ser salientado, entretanto, que nenhum dos poços que apresentaram não conformidade quanto ao referido parâmetro foram introduzidos na rede de monitoramento a partir desta campanha. Estes poços também apresentaram valores acima do VMP para os íons sulfato, sódio e cloreto.

O poço do SAAE, localizado no município de Rio do Fogo, na faixa litorânea leste de escoamento difuso, manteve a tendência identificada na campanha anterior quanto ao íon ferro.

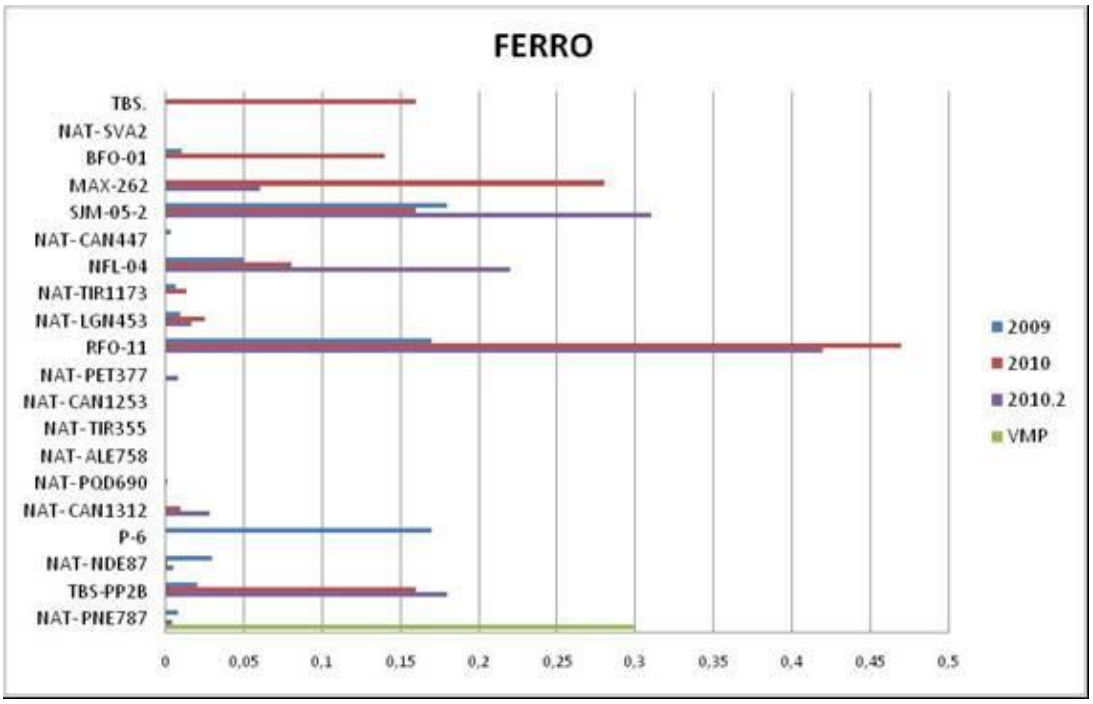

Figura 7.5-Concentração do ion ferro (mg/L) nos poços
da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

Os poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso e da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró também apresentaram resultados que indicam que os parâmetros avaliados sofreram alterações para mais ou para menos em relação aos valores observados na campanha 2009, porém com manutenção da tendência de violação dos limites máximos permitidos para o cloreto, sólidos totais dissolvidos, ferro e sulfato. Essa tendência pode ser verificada nas figuras 7.6 a 7.13.

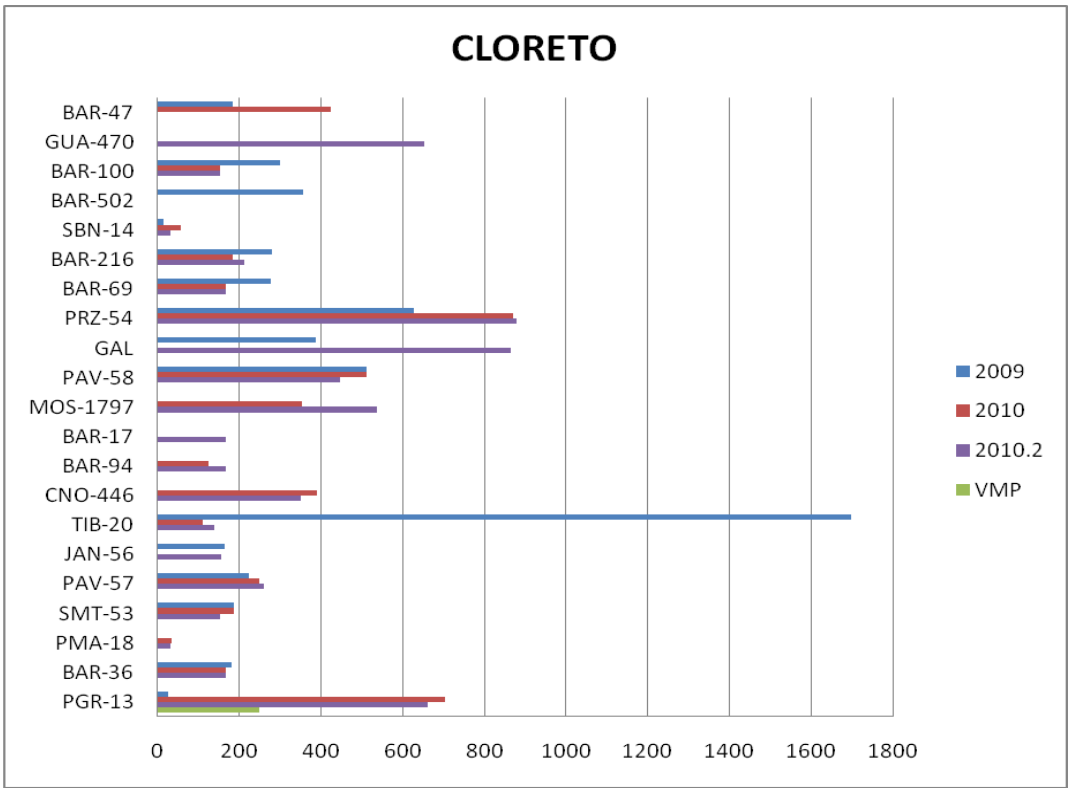

Figura 7.6 - Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

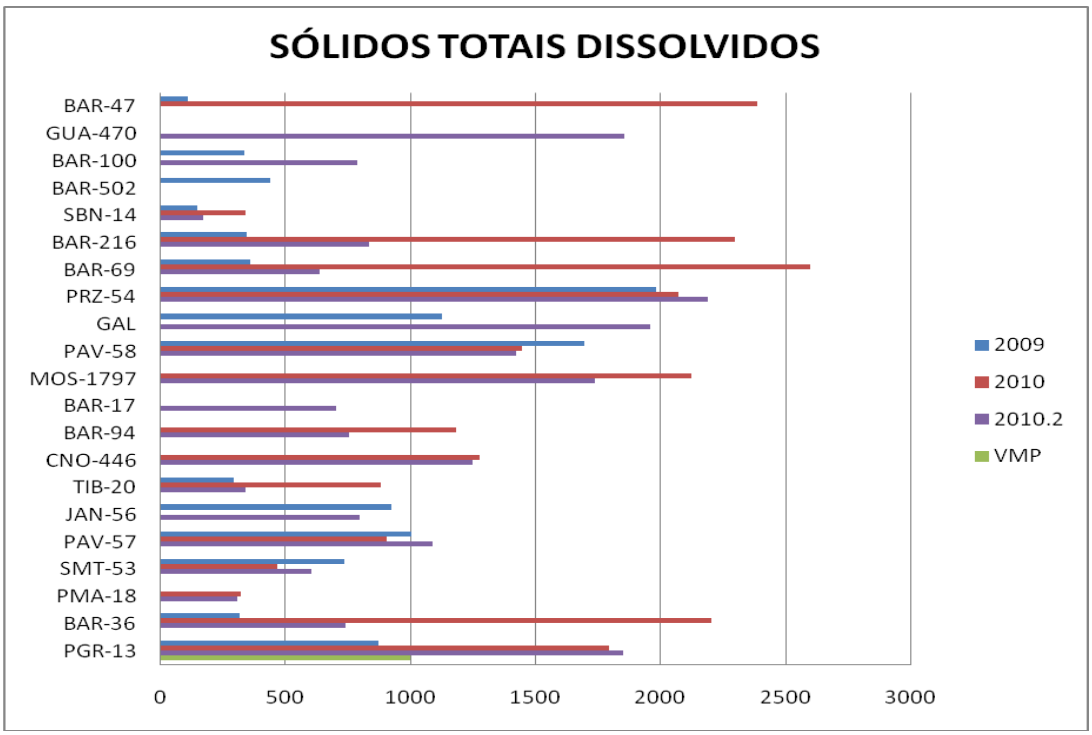

Figura 7.7 - Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

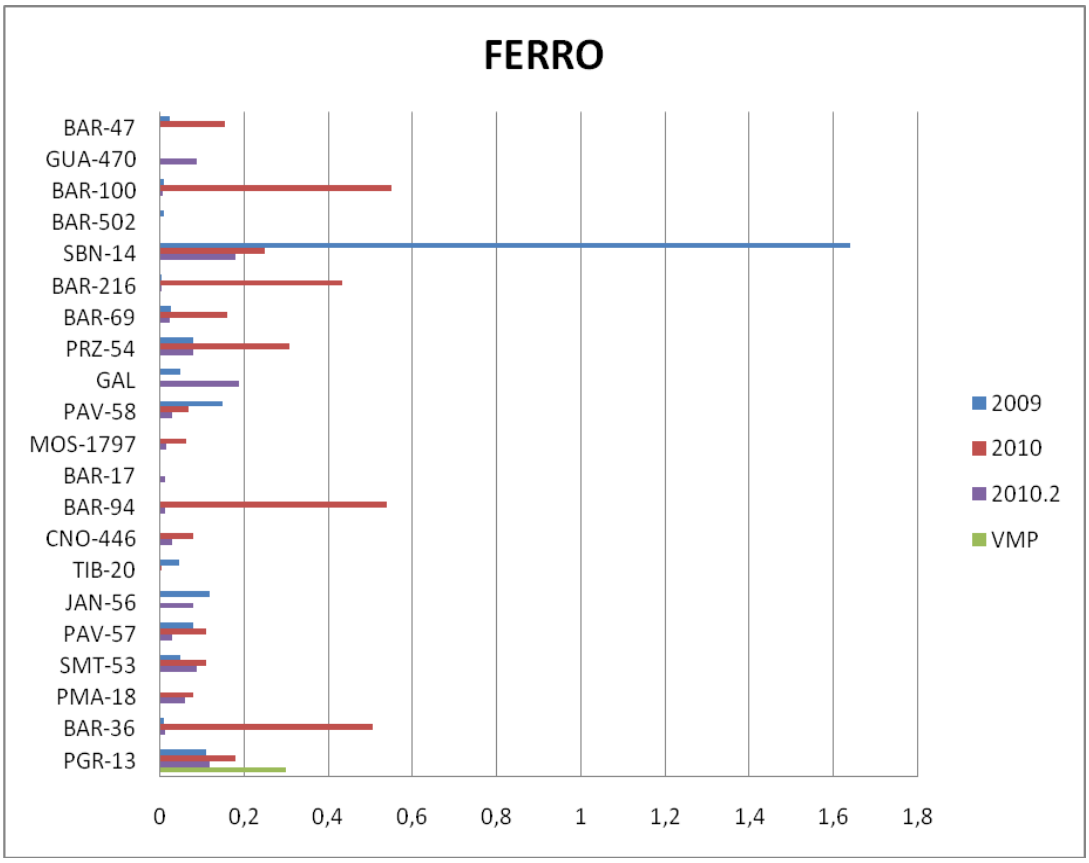

Figura 7.8 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

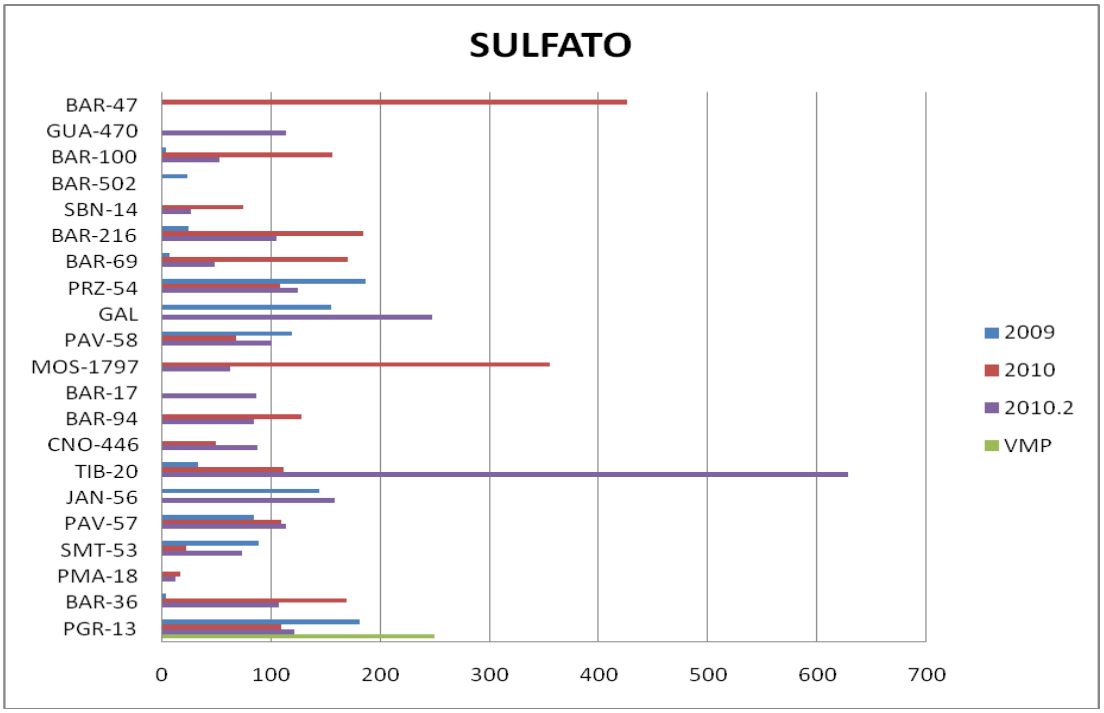

Figura 7.9 - Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

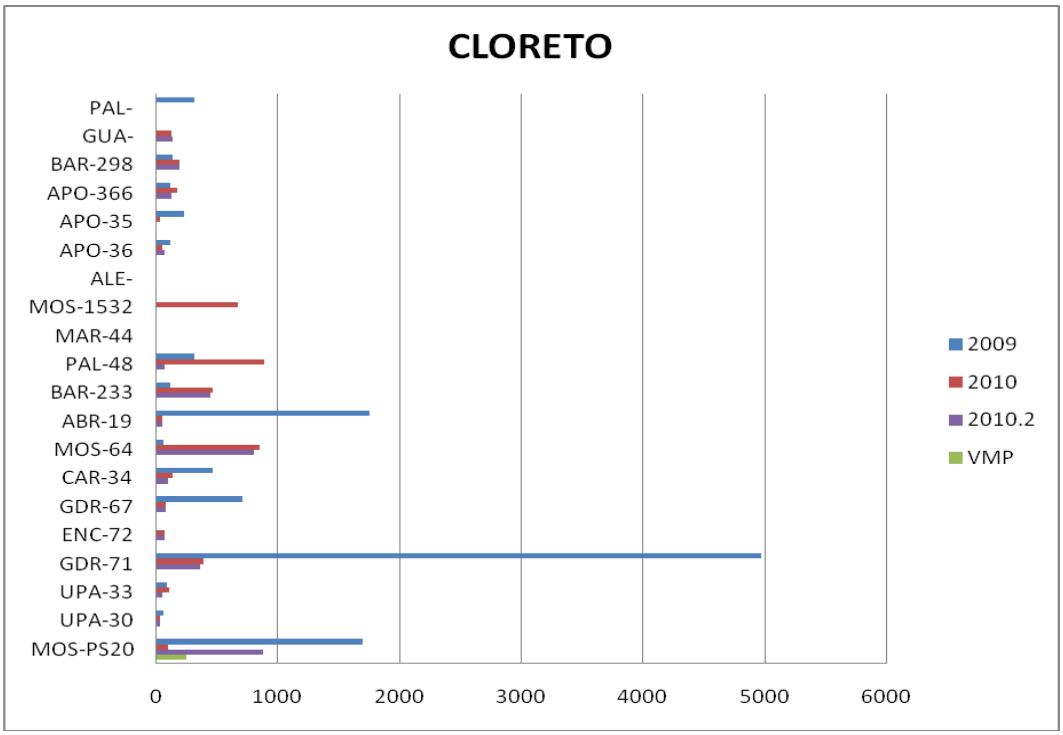

Figura 7.10 - Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

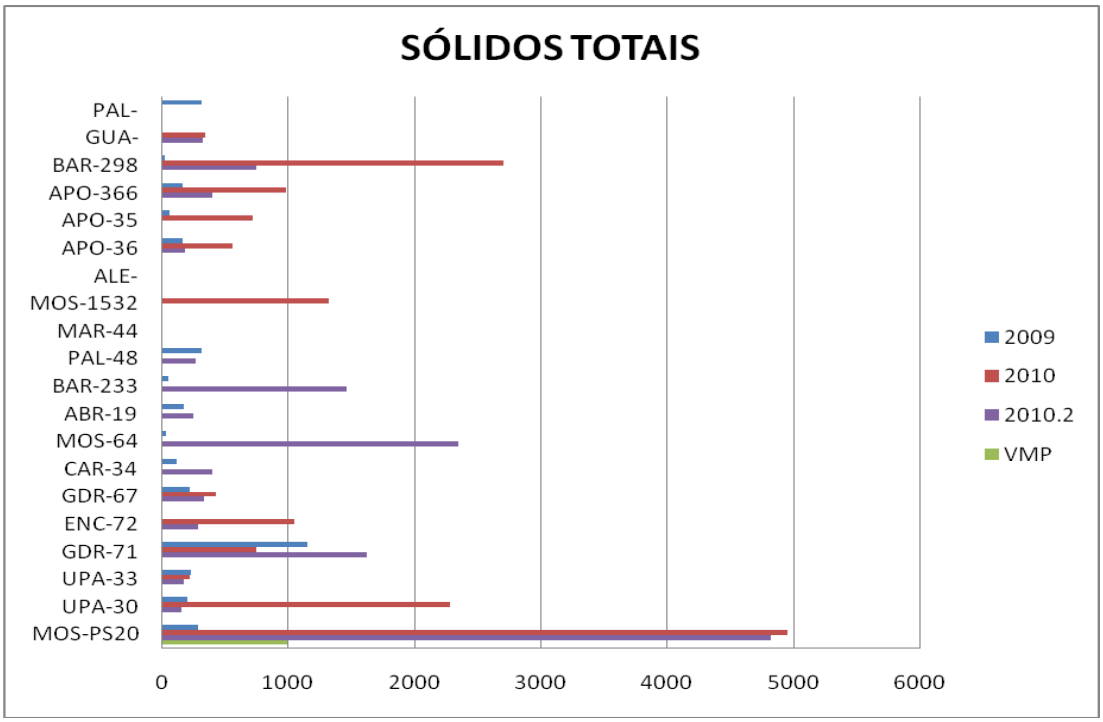

Figura 7.11 - Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

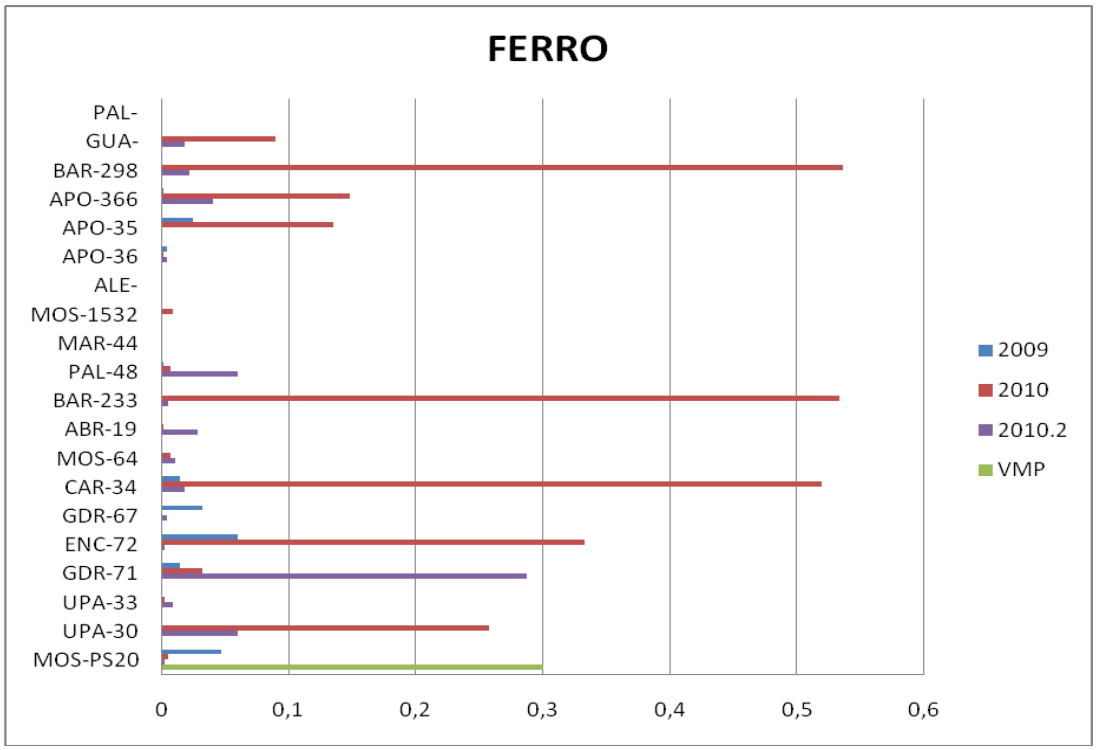

Figura 7.12 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

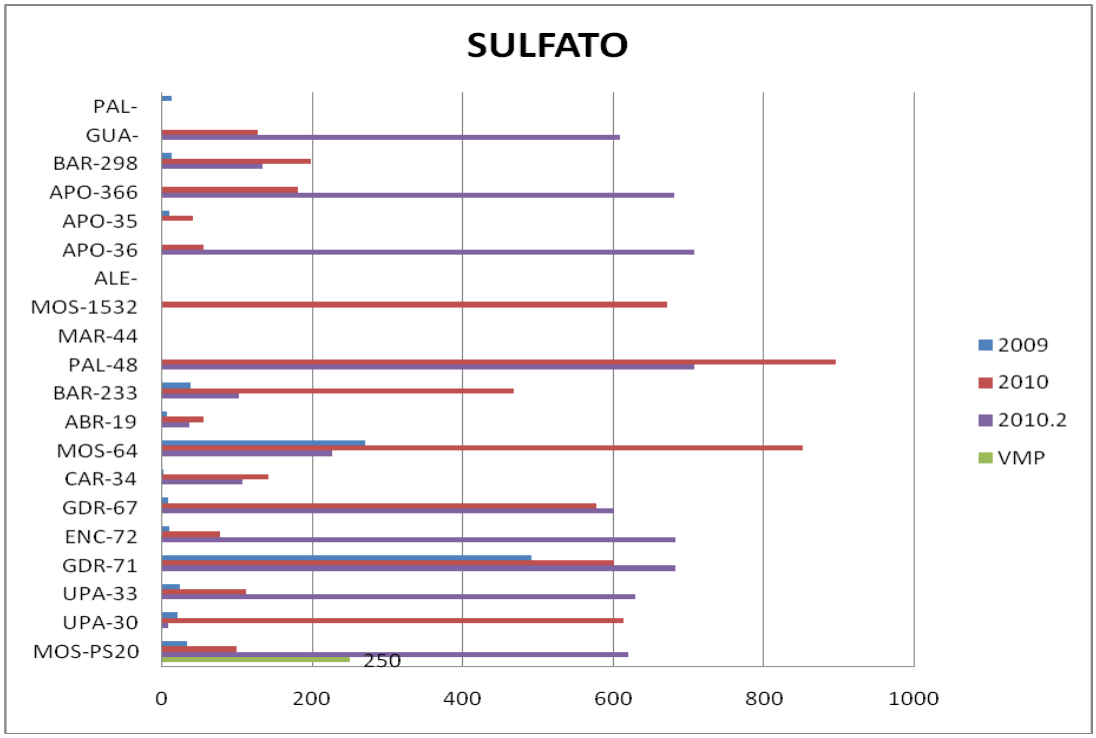

Figura 7.13 - Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Na Bacia Hidrográfica Ceará-mirim um poço apresentou concentração do íon ferro supeiror ao limite legal. Nas bacias hidrográficas Potengi, Pirangi, Maxaranguape, Punaú, Jacu, Trairí, Boqueirãoe, Curimataú e Doce não ocorreram violações aos limites estabelecidos para os parâmetros analisados, exceto o íon nitrato nas bacias hidrográficas Doce e Pirangi.

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

A atividade antrópica gera impacto significativo sobre os parâmetros indicadores da qualidade da água, incluindo o íon nitrato. 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.

A origem do nitrato é decorrente, em sua maior parte de, contribuições difusas, com destaque para atividades agrícolas e ausência de esgotamento sanitário, uma vez que a concentração nas rochas é insignificante. Associado a presença de bactérias do grupo coliformes e cloreto permite a indicação de poluição com esgotos ou fezes de animais. As rochas sedimentares apresentam processo de biodegradação mais importante para a contaminação de poços rasos quando se encontram próximos as fontes contaminantes.

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.

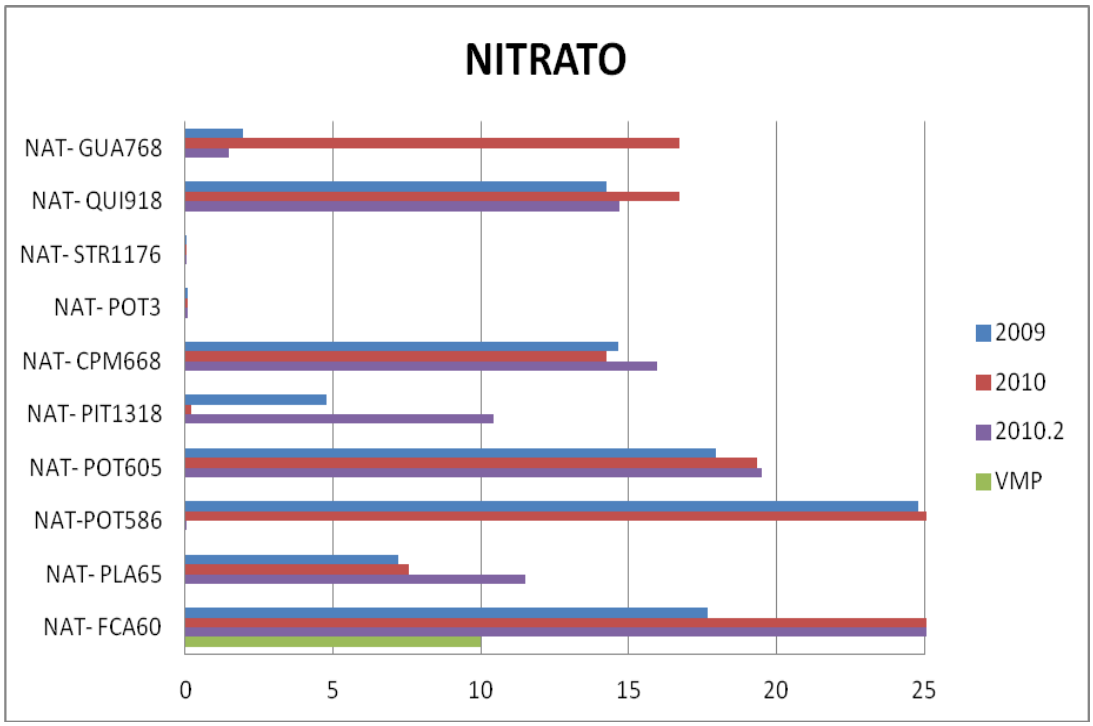

Figura 8.1 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Potengi

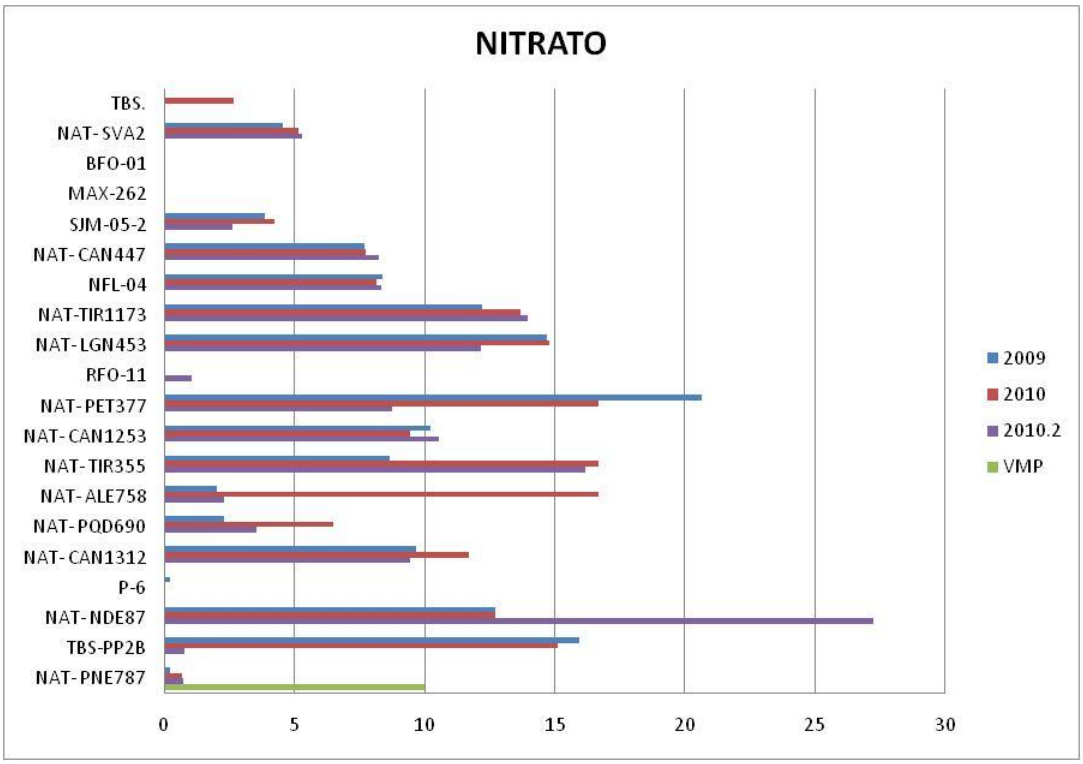

Figura 8.2 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Faixa Litoranêa Leste de Escoamento Difuso

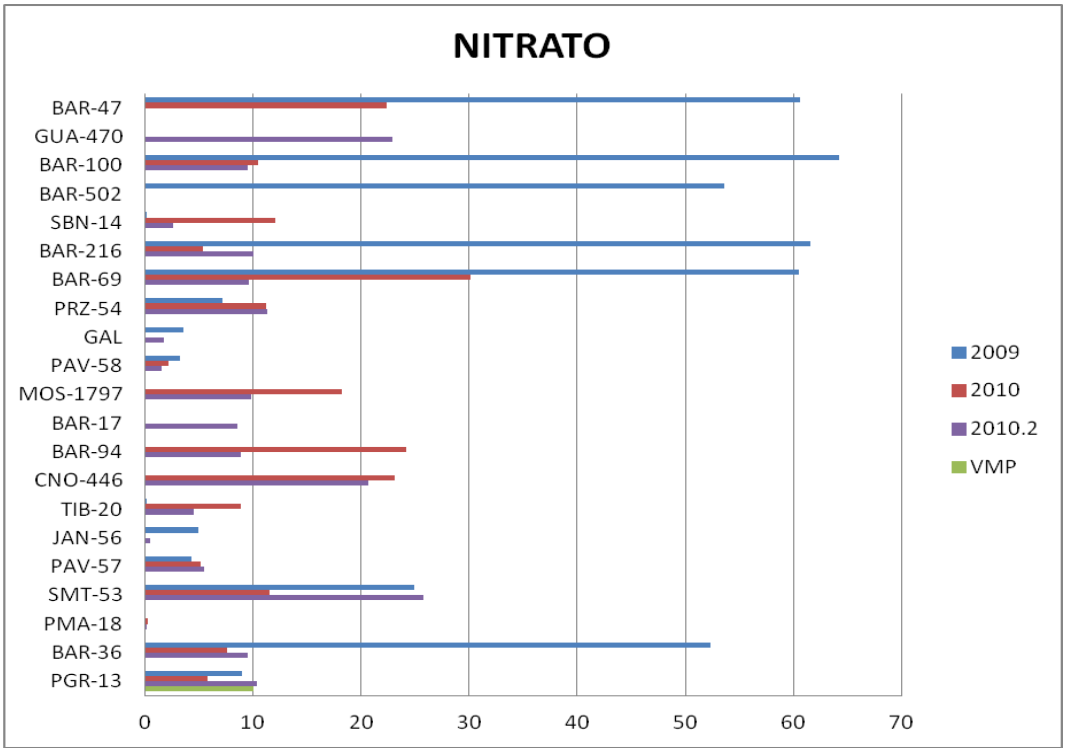

Figura 8.3 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

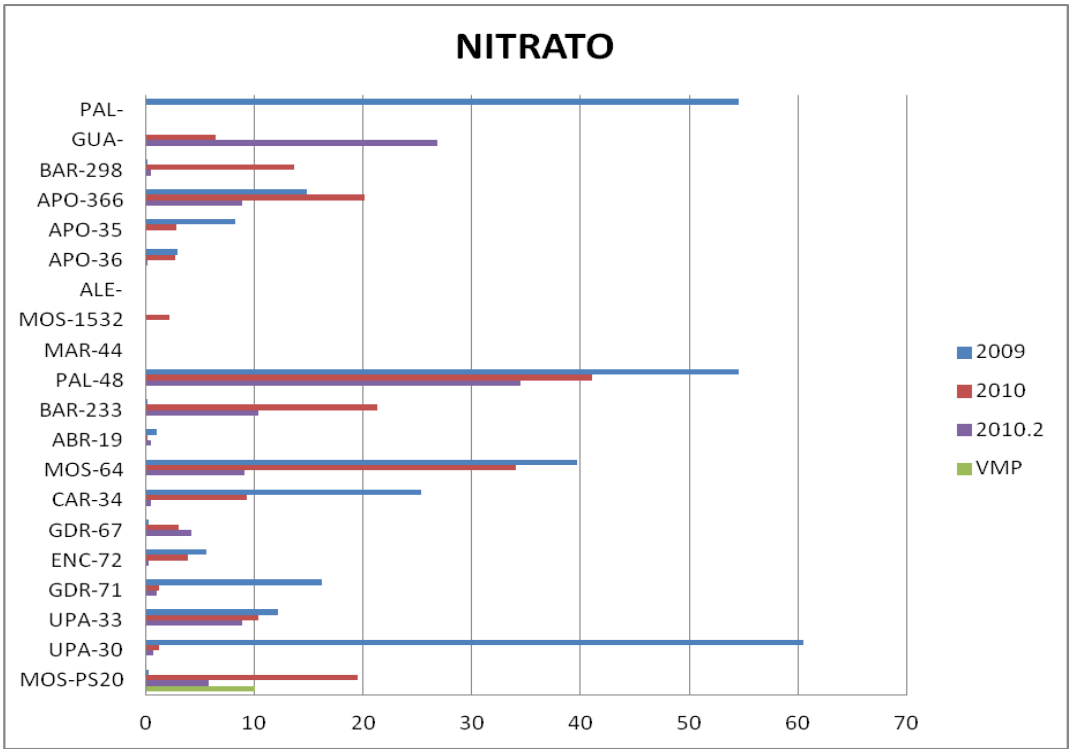

Figura 8.4 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

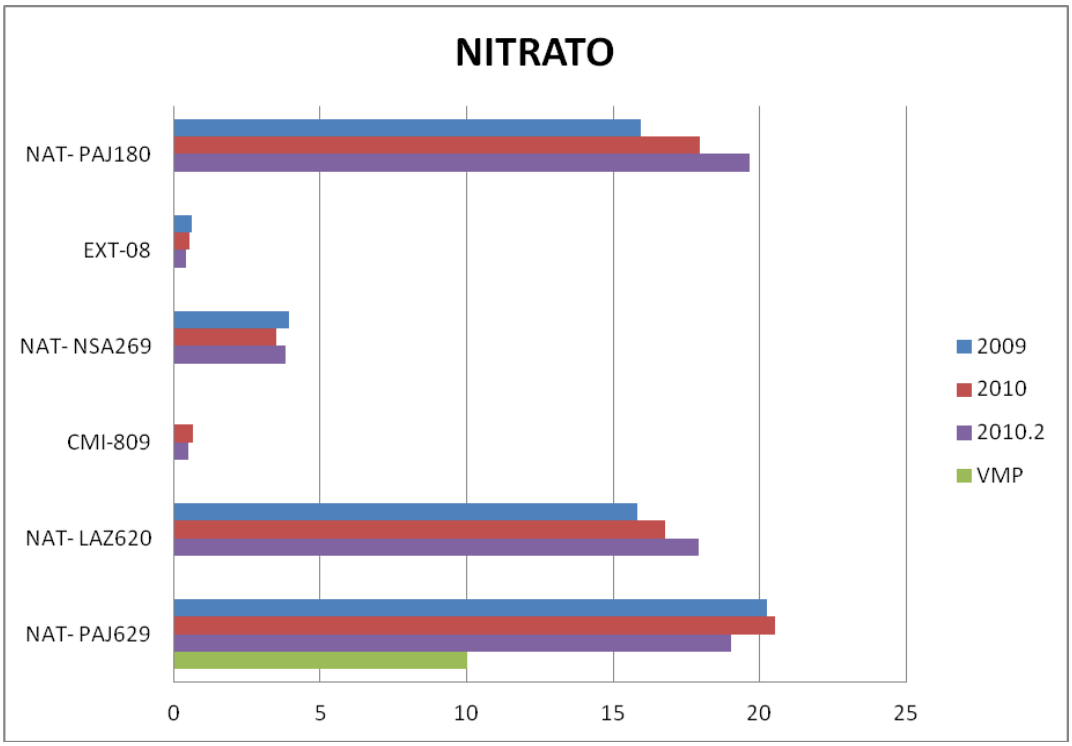

Figura 8.5 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Doce

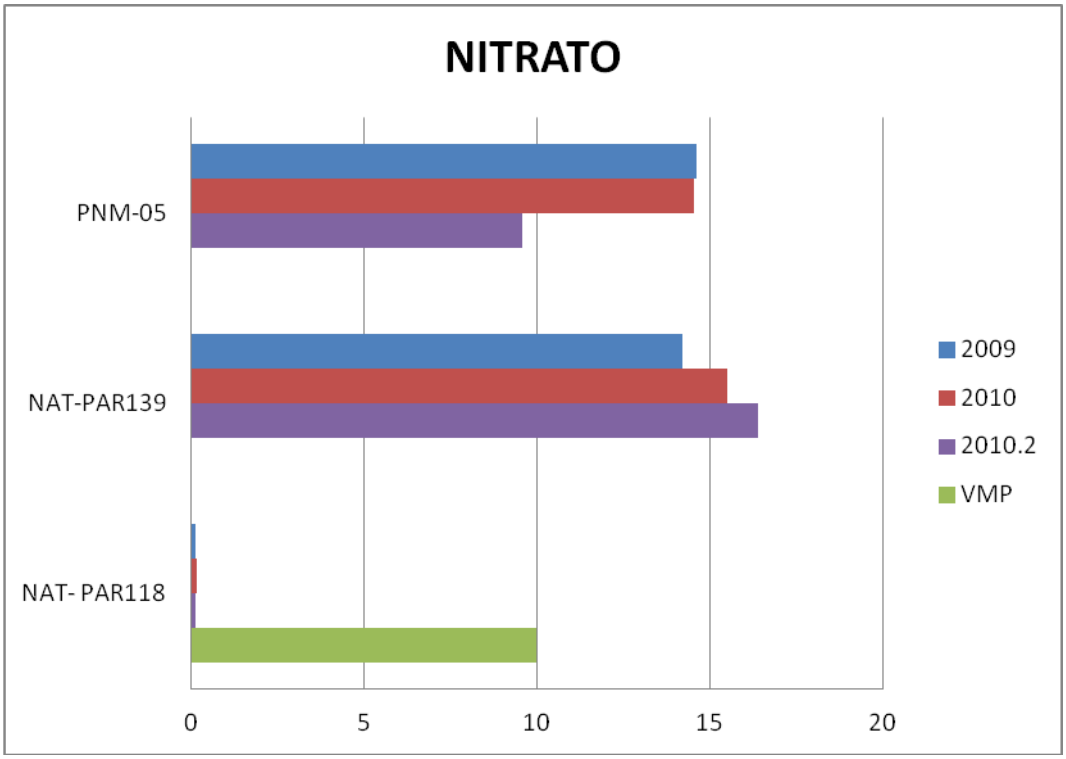

Figura 8.6 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Pirangi

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

As não conformidades observadas nos poços monitorados durante a segunda campanha do ano de 2010 com relação aos indicadores microbiológicos, coliformes totais e coliformes termotolerantes, são significativas.

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.

Dentre os poços analisados, apenas as bacias hidrográficas Maxaranguape, Punaú, Trairí e Boqueirão não apresentaram contaminação por bactérias. Entretanto, para assegurar a qualidade da água distribuída à população, é recomendado o uso do processo de desinfecção.

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 7.15 e 7.16.

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.

8.4 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS BTEX

A sigla BTEX é formada pelas iniciais das palavras benzeno, tolueno e etil xileno – que são hidrocarbonetos monoaromáticos – encontrados em produtos derivados de petróleo. Estão presentes nas águas como fonte de contaminação, o que ocorre por processos de volatilização, adsorção, dissolução ou biodegradação. Pátios de armazenagem de derivados de petróleo, oleodutos com vazamentos ou oficinas mecânicas e, principalmente, o vazamento de gasolina de tanques subterrâneos mal conservados ou mal manejados são as principais origens da contaminação da água por BTEX. Quando misturados a solventes orgânicos oxigenados, a solubilidade dos BTEX é aumentada, conferindo grande mobilidade .

Os poços PAJ 629 e NSA 269, ambos na bacia hidrográfica Doce apresentaram resultados incompatíveis com os limites máximos permitidos para a concentração de benzeno. Os demais poços não apresentaram não conformidades com a norma legal.

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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 msitura 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.