REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Governo do Estado do Rio Grande do Norte
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídrico
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 RN - EMPARN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN
Universidade Estadual do Rio Grande do Norte- UERN

PROGRAMA
ÁGUA AZUL

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

RELATÓRIO TÉCNICO
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
PRIMEIRA CAMPANHA/2015

2015

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA
PROGRAMA ÁGUA AZUL

COORDENAÇÃO GERAL

MANOEL LUCAS FILHO - UFRN

Engº Civil, Doutor e Pós Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Professor do Centro de Tecnologia da UFRN

SÉRGIO LUIZ MACÊDO- IDEMA

Engº Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, Núcleo de Monitoramento Ambiental – NMA/IDEMA

NELSON CÉSIO - IGARN

Engenheiro Civil . Setor de Monitoramento da Água – IGARN

EQUIPE TÉCNICA – TOMO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN

AGNALDO SOUZA CRUZ

Bacharel em Redes de Computadores. Mestre e Doutorando em Engenharia de Elétrica.

DINARTE AEDA DA SILVA

Engº Civil. Mestre em Engenharia Civil. Professor da UFRN.

DANIEL CAMPOS MOREIRA

Graduado em Ciência e Tecnologia, Graduando em Engenharia Ambiental.

DJALMA RIBEIRO DA SILVA

Mestre e Doutor em Química. Professor da UFRN.

EMILY CINTIA TOSSI DE ARAÚJO COSTA

Licenciada, Bacharel, Mestre e Doutora em Química.

GUILHERME F. DE MEDEIROS

Mestre e Doutor em Biologia. Professor da UFRN.

GUSTAVO MAGNO LIMA AMBRÓSIO

Graduando em Ciência Biológicas.

HERBET TADEU DE ALMEIDA ANDRADE

Doutor em Ecologia. Professor da UFRN

IVANEIDE ALVES SOARES DA COSTA

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Professora da UFRN

JOSÉ FRANCINALDO DE OLIVEIRA

Bacharel, Mestre e Doutor em Química

JOSIELMA PRICILA PEDRO DE SOUZA

Graduando em Ciência Biológicas.

LUCYMARA DOMINGOS ALVES DA SILA

Bacharel em Ciência e Tecnologia. Graduanda em Engenharia Ambiental.

NATHÁLIA REGINA SOBRAL PAIVA

Graduando em Ciência Biológicas.

PRICILA CAVALCANTE DA SILVA GRILO

Graduando em Ecologia

RENNIO FELIX DE SENA

Mestre e Doutor em Engenharia Química. Professor do DEQ/CT/UFPB. Pesquisador da UFRN.

RINA LOURENA DA SILVA MEDEIROS

Bacharel, Mestre e Doutora em Química

SANDRO ARAÚJO DA SILVA

Técnico em Tecnologia Ambiental, Químico e Técnico do Laboratório de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN.

SHIRLEY FEITOSA MACHADO SENA

Bacharel em Química, Mestre e Doutoranda em Ciência e Engenharia do Petróleo.

TARCILA MARIA PINHEIRO FROTA

Mestre e Doutora em Engenharia de Petróleo

VERA LÚCIA LOPES DE CASTRO

Geóloga. Mestre e Doutora em Geociências. Professora da UFRN

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DO RIO G. DO NORTE (IGARN):

ALEXSANDRO TORRES

Técnico de Campo

ÁTILA ALEX DOS SANTOS GONÇALVES

Graduando de Engenharia Ambiental/ UFRN e Estagiário do IGARN

DEISEANE BEZERRA DA SILVA

Técnica em Controle Ambiental.

GLÁUCIA REGINA LUZ XAVIER DA COSTA

Engenheira Química. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO.

KALLYNY PEREIRA DA COSTA

Mestre em Biologia. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO.

NAJÁ FIGUEIREDO

Laboratorista.

PAULO CESAR FILHO
Gestor Ambiental

REYNALDO MELO CAVALCANTE ROCHA

Técnico em Meio Ambiente

SELMA MARIA DA SILVA

Engenheira Química. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO.

WÉDINA RODRIGUES DE LIMA

Graduada em Engenharia de Aquicultura

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. Professora do Departamento de Química da UERN.

LUIZ DI SOUZA

Eng. Químico, Mestre em Ciências, Doutor em Engenharia dos Materiais. Professor do Departamento de Química da UERN.

THIAGO MIELLE B. F. OLIVEIRA

Licenciado em Química, Especialista em Química e Biologia, Técnico de Laboratório de Química do Departamento de Química da UERN.

JANETE JANE FERNANDES ALVES

Bacharel em Química.

JEFFERSON BEZERRA DE MEDEIROS

Graduando em Licenciatura em Química

ANDERSON FELIPE FERNANDES SILVA

Graduando em Licenciatura em Química

MAYCON JANDERSON RODRIGUES DOS SANTOS

Graduando em Licenciatura em Química

JESYKA MACEDO GUEDES

Graduanda em Licenciatura em Química

GILBERTO GOMES FREIRE JÚNIOR

Graduando em Licenciatura em Química

FRANCISCO RUBENILTON FERNANDES

Graduando em Licenciatura em Química

MATEUS COSTA MEDEIROS

Graduando em Licenciatura em Química

MICHAEL DIEGO DE SOUSA

Graduando em Licenciatura em Química

ALEXANDRA BOAVENTURA DE OLIVEIRA

Graduanda em Licenciatura em Química

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

ALFRÊDO OSVALDO DANTAS DE AZEVEDO

Mestre em Engenharia Sanitária

INGRID ABASTOFLOR CARDOSO

Bióloga

MARIA DE FÁTIMA COSTA

Bacharel em Química

GLEY BENÉVOLO XAVIER

Bacharel em Química

MARIA DA CONCEIÇÃO GOMES BENTES

Bióloga

MARIA DO SOCORRO VALENTIM CÂMARA

Assistente de Pesquisa I

ÂNGELA CRISTINA MELO LIBERATO

Bióloga

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

Mg – magnésio

Fe – ferro

BTEX – benzeno, tolueno e etil-xilenoVMP – valor máximo permitido

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

uH – unidade Hazen

uT – unidade de turbidez

µS/cm – microsiemens/cm

µg/L – microgramas/litro

$CaCO_3$ – carbonato de cálcio

mg/L – miligramas por litro

NMP – número mais provável

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

Sumário

1.0 INTRODUÇÃO 11
2.0 OBJETIVOS 12
3.0 METODOLOGIA 12
4.0 ASPECTOS LEGAIS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL 1
5.0 PARTE 1 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES, FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA RMN 3
5.1 Caracterização da Região Metropolitana de Natal (RMN) 5
5.1.1 Aspectos Demográficos 5
5.1.2 Uso e ocupação do solo 6
5.2 Aspectos Hidrológicos e Hidrogeológicos 8
5.2.1 Aspectos Hidrológicos 8
5.2.2 Aspectos Hidrogeológicos 8
5.3 Apresentação e Discussões dos Resultados dos Poços Monitorados em Natal 10
5.3.1 Nitrato 10
5.3.2 – Cloreto, Sódio, Sulfato e Ferro 17
5.3.3 Coliformes Totais e Termotolerantes 20
5.3.4 Compostos BETEX 22
5.4 Apresentação e Discussões dos Resultados dos Poços Monitorados, nos Demais Municípios, da Região Metropolitana de Natal 24
5.4.1 Nitrato 24
5.4.2 Cloreto, Sódio, Sulfato e Ferro 24
5.4.3 Coliformes Totais e Termotolerantes 30
5.5 Considerações Finais Sobre os Resultados das Análises dos Poços Tubulares da Região Metropolitana de Natal 31
6.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES, FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS DEMAIS MUNICÍPIOS DO RN – PRIMEIRA CAMPANHA DE 2015. 33
6.1 Aspectos Hidrogeológicos 37
6.2 Apresentação e Discussões dos Resultados 40
6.2.1 Nitrato 41
6.2.2 Comportamento dos Íons Cloreto, Sulfato, Sódio e STD 45
6.2.3 Ferro 52
6.2.4 - Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados aos Indicadores Biológicos 55

6.2.5 Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados a Presença de Agrotóxicos no Município de Baraúnas 58
6.3 Considerações Finais Sobre os Resultados das Análises dos Poços nos Demais Municípios do Interior do Estado do RN 61
7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Municípios que compõe a Região Metropolitana de Natal. Adaptado de MEDEIROS (2015). 5
Figura 2 Uso e Ocupação do Solo da Região Metropolitana de Natal. Fonte: ANA (2012) 7
Figura 3 Concentrações de N (NO^-_3). 11
Figura 4 Distribuição espacial dos poços tubulares monitorados na cidade de Natal. Pontos localizados na base do Google Earth. Ano 2 Data SIO, NOAA. U.S. NAVY NGA GEBCO. Image Landsat. 13
Figura 5 Concentrações de N (NO^-_3) nos poços analisados na Zona Norte de Natal. 14
Figura 6 Concentrações de N(NO^-_3) nos poços analisados nas Zonas Leste, Oeste e Sul de Natal. 15
Figura 7 Representação Esquemática das Concentrações de N (NO^-_3) por Bacias Hidrográficas no município de Natal. 16
Figura 8 Representação das concentrações de Cloreto e STD (mg/L) 18
Figura 9 Representação das concentrações de Cloreto e STD (mg/L). 19
Figura 10 Distribuição espacial dos poços monitorados em outros municípios da RMN e o comportamento das concentrações de N (NO^-_3). Pontos localizados na base do Google Earth. Ano 2016; Data SIO, NOAA. U.S. NAVY NGA GEBCO. Image Landsat. 26
Figura 11 Representação das concentrações de Ferro e Cloreto (mg/L). 28
Figura 12 Representação das concentrações de Sódio, STD e Sulfato (mg/L). 29
Figura 13 Representação da distribuição espacial dos poços monitorados. 34
Figura 14 Comportamento do N(NO^-_3) nas dimensões dos municípios, aquíferos e bacias hidrográficas Apodi Mossoró e Norte de escoamento difuso. 42
Figura 15 Comportamento do N(NO^-_3) nas dimensões dos municípios, aquíferos e bacias hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu/e Norte de Escoamento Difuso. 43
Figura 16 Comportamento do N(NO^-_3) nas dimensões dos municípios, aquíferos e bacias hidrográficas da região leste do RN. 44
Figura 17 Comportamento do Cloreto, Sulfato, STD e Sódio nas dimensões dos municípios das bacias hidrográficas Apodi Mossoró e Norte de Escoamento Difuso. 46
Figura 18 Comportamento do Cloreto, Sulfato, STD e Sódio nas dimensões dos municípios das bacias hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu e Norte de Escoamento Difuso. 47
Figura 19 Comportamento do Cloreto, Sulfato, STD e Sódio nas dimensões dos municípios das bacias da região Leste do RN. 48
Figura 20 Comportamento do Ferro nas dimensões dos municípios das bacias Hidrográficas do RN. 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 População urbana e densidade populacional na sede dos municípios da RMN. Fonte: MEDEIROS (2015) 6
Tabela 2 Resumo das principais características dos aquíferos Dunas, Barreiras, Jandaira e Açu. 10
Tabela 3 Relação entre as concentrações de N (NO^-_3) dos poços na Zona Norte, maio/2015. 12
Tabela 4 Relação entre as concentrações de N (NO^-_3) dos poços nas Zonas Leste, Oeste e Sul de Natal, maio e junho/2015. 12
Tabela 5 Concentrações de N (NO^-_3), campanha maio e junho/2015. 13
Tabela 6 Resumo dos Parâmetros Cloreto, Sódio, Sulfato e Ferro na cidade de Natal. 17
Tabelas 7 Resultados das análises sobre os coliformes totais e fecais em Natal. 21
Tabela 8 Resumo dos resultados das análises sobre os compostos BETEXs. 23
Tabela 9 Concentrações de N (NO^-_3) nos poços monitorados em alguns dos municípios da RMN 25
Tabela 10 Resultados das análises dos poços localizados nos demais municípios da Região Metropolitana de Natal. 27
Tabela 11 Resultados das análises sobre os coliformes totais e termotolerantes, nos demais municípios da Região Metropolitana de Natal. 30
Tabela 12 Disposição dos Poços monitorados por município, bacia hidrográfica e aquífero. 35
Tabela 13 Resumo das principais características dos aquíferos Dunas, Barreiras, Jandaira e Açu. 40

Tabela 14 Resultados das análises dos poços monitorados nas Bacias Hidrográficas Apodi/Mossoró e Norte de Escoamento Difuso - Abril/2015. 49
Tabela 15 Resultados das análises dos poços monitorados nas Bacias Hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu e Norte de Escoamento Difuso- Abril, 2015. 50
Tabela 16 Resultados das análises dos poços monitorados nas Bacias Hidrográficas Curimataú, Catu, Jacu, Trairi, Maxaranguape, Boqueirão, Norte e Leste de Escoamento Difuso- Abril, 2015. 51
Tabela 17 Ocorrências de Ferro acima do valor permitido, conforme a Resolução CONAMA 396/2008. 53
Tabela 18 Resultados das análises quanto aos coliforme totais e termotolerantes. 56
Tabela 19 Comparação entre os resultados de $N(NO^{-}_{3})$ nas campanhas de 2015 e 2014. 59
Tabela 20 Resultados das análises de agrotóxicos no município de Baraúnas. 60

LISTA DOS QUADROS

Quadro 1 Bacias Hidrográficas inseridas na RMN. 4

ANEXOS

ANEXO 1 Informações gerais sobre os poços, nos demais municípios da RMN. 67
ANEXO 2 Resultados das análises, da primeira campanha nos poços na RMN, especificamente na cidade de Natal. Resultados em mg/L. 68
ANEXO 3 Resultados das análises dos poços dos demais municípios da RMN. Resultados em mg/L 69

1.0 INTRODUÇÃO

A UNEP (1996) destaca que os termos monitoramento e avaliação da água são frequentemente confundidos e utilizados como sinônimos, no entanto ressalta a diferença entre estes termos, enfatizando outros colaboradores como BARTRAM E BALLANCE (1996), que também advertem sobre estes equívocos. Assim, a definição de monitoramento da qualidade da água compreende um conjunto de informações de uma determinada localização em intervalos regulares a fim de fornecer dados que possam ser usados para interpretar e esclarecer as condições atuais do corpo d'água e estabelecer tendências. A avaliação da qualidade da água é um processo de verificação da natureza física, química e biológica da água em relação à sua qualidade natural, além de averiguar os efeitos na saúde humana e no próprio sistema aquático. O propósito do destaque, neste relatório, destas diferenças de conceitos se dá no intuito de chamar a atenção de que a obtenção das informações sobre as características químicas, físicas e biológicas da água, por meio de amostragem e interpretações, não é suficiente para munir um sistema robusto de gerenciamento da qualidade das águas. No caso específico das águas subterrâneas outras informações são necessárias como por exemplo, perfis litológicos dos poços, dados meteorológicos, cadastro das fontes de contaminação, vazões explotadas, entre outras. As informações sobre o regime de explotação, por exemplo, são de grande valia, considerando que o aspecto quantitativo das águas, em alguns casos, tem relevância nos aspectos qualitativos. Sabe-se que algumas situações quando os poços tubulares, que captam água de aquífero cristalino, são usados rotineiramente, as águas tendem a ser melhoradas no que se refere à concentração de sais, devido à promoção da circulação destas águas diminuindo o seu tempo de contato com a rocha. Em relação à importância dos dados meteorológicos destaca-se o fato de que muitos sistemas aquíferos, especialmente os sistemas livres em meio poroso, possuem recargas significantes em curtos espaços de tempo. Estes comportamentos atuam com relevância na qualidade das águas subterrâneas, seja por lixiviação dos componentes das rochas ou até mesmo pela diluição de algum contaminante presente na água em um momento anterior a recarga do aquífero.

Nesse contexto, o monitoramento realizado no âmbito do Programa Água Azul, é de uma importância relevante, principalmente no que diz respeito à estruturação de um sistema de suporte à decisão em que as informações da qualidade das águas venham compor um sistema robusto de gerenciamento dos aquíferos envolvendo as demais informações já citadas anteriormente como: perfis litológicos, vazão dos poços, fontes de contaminação, dados meteorológicos, uso e ocupação do solo, entre outras variáveis. De modo que, partindo de um sistema de suporte à decisão em que o

monitoramento das águas esteja articulado com estas variáveis haverá a possibilidade de responder outras questões, a exemplo de avaliar as respostas dos aquíferos à sazonalidade climática; identificar as tendências de alteração de qualidade a partir dos aspectos quantitativos; relacionar as fontes de poluição com a qualidade das águas; projetar as condições futuras de disponibilidade para planejamento de abastecimento público dentre tantas outras questões.

O presente relatório compreende duas partes: Parte I, que trata da apresentação e discussão dos resultados das análises, físicas, químicas e biológicas, das águas subterrâneas na RMN e a Parte II que compreende a apresentação e discussão dos resultados das análises, físicas, químicas e biológicas, das águas subterrâneas nos demais municípios do Rio Grande do Norte.

Destaca-se que dos 100 poços que compõe a rede de monitoramento das águas subterrâneas, a equipe responsável pelas coletas não conseguiu realizá-las, no seu total, devido a algumas situações como: poços desativados, poço seco e a impossibilidade de acesso do técnico nas captações para a respectiva coleta.

2.0 OBJETIVOS

Os principais objetivos da rede de monitoramento de águas subterrâneas, conforme discutidos e estabelecidos com a equipe do IGARN compreendem:

- 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 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 uma eficiente aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos;
- Compor um sistema robusto de gerenciamento dos aquífero

3.0 METODOLOGIA

Os resultados das análises foram interpretados nos recortes espaciais dos municípios, das bacias hidrográficas e dos aquíferos, no intuito de oferecer aos gestores as possibilidades de visualização do

comportamento da qualidade das águas subterrâneas nestas diferentes dimensões. Os parâmetros que compõe o monitoramento das águas subterrâneas compreendem:

- Físicos: turbidez; temperatura;
- Químicos: pH; Bicarbonato, Cálcio, Carbonato, Condutividade Elétrica, Dureza, Ferro, Potássio, Magnésio, Sódio, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Sulfato; Sólidos Totais Dissolvidos (STD); Condutividade Elétrica; Dureza.
- Microbiológicos: as bactérias do grupo coliformes (fecais e os termotolerantes);
- Hidrocarbonetos menos densos que a água - LNAPL (light non-aqueous phase liquids) do grupo BTEX Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno, presentes na gasolina. Conforme informações da equipe técnica do IGARN, (relatórios técnicos anteriores) para os procedimentos de coletas das amostras de água subterrânea e das respectivas análises foram adotadas as técnicas referenciadas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, edição 2011.

Destaca-se, ainda, que a equipe técnica do IGARN responsável pelas coletas tem registrado que a localização dos poços, inicialmente realizada no escritório, tem sido reavaliada a partir das experiências dos trabalhos de campo, priorizando as questões referentes ao aquífero, acesso, estrutura do local e o tipo de poço. As amostragens, no âmbito do Programa, têm sido realizadas pela equipe técnica do IGARN.

No que se refere aos resultados das análises relacionados às campanhas do ano de 2015, estas foram dispostas em planilhas Excel, como também foram comparadas com os resultados da campanha de 2014. Os resultados também foram analisados em relação a Resolução CONAMA 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

4.0 ASPECTOS LEGAIS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL

A partir da Constituição de 1988 (BRASIL, 1988) a água subterrânea passou a ser reconhecida como bem público de propriedade dos Estados e Distrito Federal (Art. 26, I), distinta dos recursos minerais do subsolo que pertencem à União (Art.176). Em 1997, a Lei Federal nº 9.433, conhecida como a Lei das Águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A instituição da PNRH criou uma base de discussão no Conselho Nacional dos Recursos Hídricos contribuindo para a regulamentação dos instrumentos da PNRH, através de Resoluções, que destacam a gestão das águas subterrâneas e tem tentado suprir a lacuna e contemplar a ausência de legislação específica para águas subterrâneas em grande parte dos estados do Brasil. Dentre estas Resoluções tem-se:

Resolução nº 09, de 21 de junho de 2000 - Institui a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas;

Resolução nº 15, de 11 de Janeiro de 2001 - Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas;

Resolução nº 22, de 24 de Maio de 2002 - Estabelece diretrizes para inserção das águas subterrâneas no instrumento Planos de Recursos Hídricos;

Resolução nº 29, de 11 de dezembro de 2002 - Define diretrizes para a outorga de uso dos recursos hídricos para o aproveitamento dos recursos minerais. (Inclui águas superficiais e subterrâneas);

Resolução nº 65, de 07 de dezembro de 2006 - Estabelece diretrizes de articulação dos procedimentos para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos com os procedimentos de licenciamento ambiental, (Inclui águas superficiais e subterrâneas);

Resolução CNRH nº 91/2008 - compreende o enquadramento e a gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas;

Resolução nº 92, de 05 de Novembro de 2008 - Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro;

Resolução CNRH nº 99/2009 - aprovou o PNAS/PNRH

Resolução nº CNRH 107/2010 de 13 de Abril de 2010 Estabelece diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo, Quantitativo de Águas Subterrâneas.

Vale Ressaltar que nos anos de 2007 e 2008, a partir de um trabalho articulado entre os Conselhos de Meio Ambiente (CONAMA) e dos Recursos Hídricos (CONERH) aconteceram discussões no sentido de aprovar uma Resolução que tratasse da classificação e diretrizes ambientais gerais para o enquadramento das águas subterrâneas, nessa perspectiva foi aprovada a Resolução CONAMA 396, de 03 de Abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Esse destaque, em especial para esta Resolução, se faz necessário tendo em vista que o Programa Água Azul trará uma relevante contribuição no sentido de criar uma base de dados relacionados à qualidade das águas subterrâneas para subsidiar estudos para a elaboração de uma proposta de enquadramento das águas subterrâneas.

5.0 PARTE 1 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES, FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA RMN .

O presente conteúdo (Parte I) trata da apresentação e discussão dos resultados das análises, físicas, químicas e biológicas, das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Natal, cujas coletas foram realizadas em abril/2015.

As análises correspondem às coletas de água realizadas pela equipe de monitoramento do Instituto de Gestão das Águas (IGARN) no âmbito do Programa Água Azul. Destaca-se que a equipe responsável pela elaboração do presente relatório recebeu os dados das análises diretamente do NUPRAR, não tendo participado das coletas em campo, como também não participou da parte laboratorial. Nesse sentido, as interpretações e discussões aqui apresentadas foram realizadas com base em dados e informações emitidas pelos devidos órgãos responsáveis.

A estrutura do relatório compreende a análise e interpretação dos dados por municípios da RMN, como também pela unidade da bacia hidrográfica, ao mesmo tempo que destaca o tipo do aquífero. A equipe conduziu, dessa forma, pelo fato de que se os dados fossem interpretados apenas por bacia hidrográfica, as relações entre os impactos urbanos e a qualidade das águas subterrâneas não ficariam tão claros para os gestores, tendo em vista que a região metropolitana de Natal abrange 07 bacias hidrográficas, conforme pode ser visto no Quadro 01 e, portanto, essa disposição não facilitaria, inicialmente a percepção das relações entre o espaço do meio ambiente urbano e suas possíveis interferências no sistema aquífero Dunas/ Barreiras. Assim, por exemplo, ao visualizar em uma tabela ou mapa as concentrações de nitrato ou outro parâmetro, por municípios, tanto os gestores como o cidadão usuário passa a perceber o comportamento atual dos tecidos urbanos e seus possíveis impactos na qualidade das águas subterrâneas. Por outro lado, as águas subterrâneas não se apresentam igualmente as águas superficiais. A água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas do meio poroso (rochas sedimentares) ou fraturas, falhas e fissuras das rochas do meio fissural (rochas cristalinas). Já a bacia hidrográfica compreende a área na qual ocorre a drenagem de água para um rio principal e seus afluentes controlada pelas características geográficas e topográficas.

A partir dessa estrutura, o respectivo trabalho se desenvolveu visando atender a compreensão e as inter-relações entre os seguintes tópicos: caracterização da área de

monitoramento, metodologia, caracterização hidrogeológica e apresentação e discussão dos resultados.

A caracterização da área de monitoramento abordou os aspectos que de fato necessitam ser expressados para as possíveis correlações entre os impactos urbanos e suas interferências na qualidade das águas subterrâneas. Nesse sentido, foram destacados dados e informações relacionados as populações da RMN e dos seus municípios, densidade demográfica e principais fontes de contaminação e vulnerabilidade do sistema aquífero em apreço.

Quadro 1 Bacias Hidrográficas inseridas na RMN.

Bacia Hidrográfica	Municípios inseridos
05 – Maxaranguape	Ceará-Mirim
06 – Ceará-Mirim	Ceará-Mirim e Extremoz
07 – Doce	Ceará-Mirim, Extremoz e São Gonçalo do Amarante
08 – Potengi	Macaíba, Natal e São Gonçalo do Amarante
09 – Pirangi	Macaíba, Natal, Nísia Floresta, Parnamirim e São José de Mipibu
10 – Trairi	Macaíba, Nísia Floresta e São José de Mipibu
16 – Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso	Ceará Mirim, Extremoz, Natal, Nísia Floresta, Parnamirim e São José de Mipibu

O tópico relacionado a caracterização hidrogeológica diz respeito a uma breve descrição das principais características hidrogeológicas do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras no intuito de facilitar, para os gestores que tratam das questões ambientais e dos recursos hídricos, a compreensão em relação a vulnerabilidade do Sistema. Estas informações são necessárias, tendo em vista que os resultados das campanhas de monitoramento serão melhores interpretados e compreendidos diante da possibilidade de fazer relações diversas tais como: a composição litológica dos sedimentos do meio poroso do Sistema Dunas/Barreiras; espessura da zona não saturada; espessura da zona saturada, a disposição entre as diferentes formações geológicas na RMN, o comportamento do aquífero em relação a tipologia livre e semiconfinado, dentre outras informações.

5.1 Caracterização da Região Metropolitana de Natal (RMN)

5.1.1 Aspectos Demográficos

A Região Metropolitana de Natal (RMN) abrange uma superfície de 2.722,8 km², o que corresponde a 5,16% do território estadual e compreende os municípios de Natal, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, Ceará-Mirim, Macaíba, Extremoz, Nísia Floresta, São José de Mipibu e Monte Alegre totalizando nove municípios Figura 01. Conforme o Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população da RMN atingiu 1.340.285 habitantes, representando 42% da população total do Rio Grande do Norte, de forma que 803.739 habitantes, se concentram em Natal o que representa 60% da população da região metropolitana. A Tabela 01 demonstra a densidade populacional em Natal e nos demais municípios da RMN.

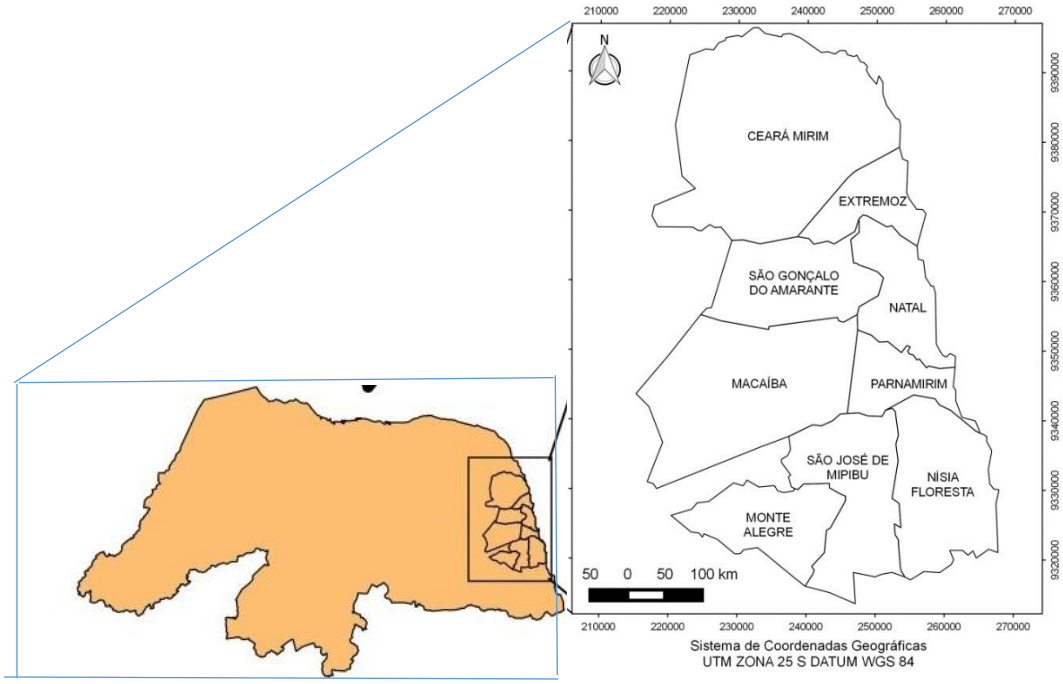


Figura 1 Municípios que compõe a Região Metropolitana de Natal. Adaptado de MEDEIROS (2015).

Tabela 1 População urbana e densidade populacional na sede dos municípios da RMN. Fonte: MEDEIROS (2015)

Município	População urbana (hab)	Área da sede (ha)	Densidade populacional na sede (hab/ha)
Natal	803.739	10.858	74,0
Parnamirim	202.456	2.219	91,2
São G. do Amarante	74.099	313	236,7
Macaíba	42.631	253	168,5
Ceará-Mirim	35.494	456	77,8
São José de Mipibu	18.232	198	92,1
Extremoz	15.769	150	105,1
Nísia Floresta	9.380	128	73,3
Monte Alegre	9.002	123	73,2
TOTAL	1.200.802	14.698	81,7

5.1.2 Uso e ocupação do solo

MEDEIROS (2015) enfatiza que devido à disponibilidade e importância da água subterrânea, seu manejo e proteção possui uma relação sensível e diretamente influenciada pelo modelo de uso e ocupação do solo na RMN. As atividades que são desenvolvidas em superfície podem produzir, manipular e concentrar compostos químicos que podem, em condições específicas, atingir os aquíferos e contaminar as águas subterrâneas.

Estudos elaborados pela Agencia Nacional de Águas (2012) identificou áreas de expansão urbana, carcinicultura, vegetação, mata nativa, mangue, dunas, agricultura e áreas ambientalmente protegidas Figura 02.

Dentre tantos estudos já realizados no âmbito da RMN, MEDEIROS (2015) desenvolveu uma pesquisa que teve como objetivo avaliar o risco de contaminação das águas subterrâneas por nitrato decorrente das deficiências relativas ao sistema de esgotamento sanitário, o qual está diretamente relacionado ao modelo de ocupação urbana da RMN. A análise da ocupação da área de estudo considerou dados populacionais, assim como os dados de densidades demográficas e taxas de população nas zonas urbana e rural por meio do perfil de ocupação do solo.

Portanto, a discussão dos resultados do monitoramento das águas subterrâneas da RMN tomará como subsídio alguns desses estudos.

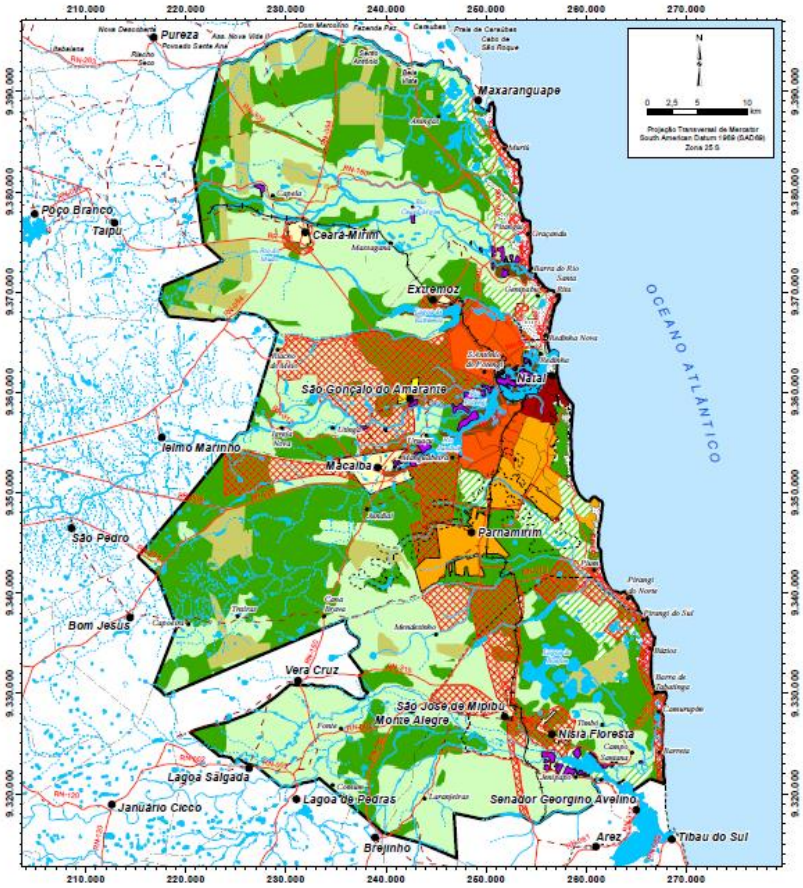


Figura 2 Uso e Ocupação do Solo da Região Metropolitana de Natal. Fonte: ANA (2012)

Uso e ocupação do solo

- Zona de Expansão Urbana
- Área desapropriada para assentamentos
- Carcinicultura
- Vegetação
- Mata
- Mangue
- Dunas
- Agricultura (diversos)
- Áreas protegidas

Densidade Populacional (hab/km²)

- < 300
- 301 - 1500
- 1501 - 4000
- 4001 - 6000
- > 6000

Convenção Cartográfica

- Sedes municipais
- Povoados e assentamentos
- Ferrovia
- Estradas pavimentadas
- Lagos, lagoas, lagunas ou açudes
- Rios intermitentes
- Rios perenes
- Limites municipais
- Área de estudo

5.2 Aspectos Hidrológicos e Hidrogeológicos

5.2.1 Aspectos Hidrológicos

A Região Metropolitana de Natal envolve sete bacias hidrográficas inseridas totalmente ou parcialmente: bacia do rio Doce, bacia do rio Potengi, bacia do rio Pirangi, bacia do rio Maxaranguape, bacia do rio Ceará-Mirim, bacia do rio Trairi e Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso.

Conforme os estudos do Plano Estadual de Recursos Hídricos (SERHID, 1998), as bacias inseridas na RMN apresentam um escoamento anual médio de 24,6 m^3/s, equivalente a um volume de aproximadamente 776 milhões de m^3/ano. As bacias hidrográficas que representam os recursos hídricos superficiais da RMN são constituídas pelas lagoas de médio porte (Jiqui, Bonfim e Extremoz), pequenas lagoas interdunares e as bacias dos rios Potengi, Ceará-Mirim, Pirangi, Trairí e Doce. A lagoa de Extremoz tem capacidade de explotação de 20 milhões de m^3/ano e a lagoa do Jiqui de 12 milhões de m^3/ano. Já na Lagoa do Bonfim, o volume explotado anualmente é da ordem de 3,4 milhões de m^3 (PEREIRA *et al.*, 2000, MELO *et al.*, 2000).

5.2.2 Aspectos Hidrogeológicos

A área em apreço constitui-se por sedimentos de idade tércio-quaternária do Grupo Barreiras e coberturas recentes de dunas e aluviões, o que confere a existência do principal manancial de reservas de águas subterrâneas na RMN denominado de Sistema Aquífero Dunas/Barreiras. Esse conjunto de sedimentos é caracterizado como um Sistema Único que em algumas regiões se apresenta como livre e em outras se apresenta com características de aquífero semiconfinado. Estratigraficamente abaixo desse sistema aquífero encontram-se os materiais compostos por arenito calcífero que, dependendo da profundidade do poço tubular, pode-se conferir uma qualidade de água diferente daquela típica do sistema aquífero Dunas/Barreiras, tendo em vista que a perfuração pode ter atingido o arenito calcífero. Assim, as equipes técnicas que lidam com o monitoramento desses sistemas devem sempre estarem atentas em relação aos aspectos físico-químicos das águas subterrâneas desses mananciais e assim identificar se a água analisada é exclusivamente do aquífero Dunas/Barreiras ou trata-se de uma água misturada. Os sedimentos Barreiras ocorrem ao longo de todo o litoral oriental do Rio Grande do Norte, com larguras entre 10 e 40 km e apresentam-se com espessuras que variam de 50 a 120 m, cuja porção superior é formada, em geral, por sedimentos mais argilosos. São arenitos argilosos, argilas arenosas, siltitos, argilas e

intercalações de arenitos de granulação fina a grossa, com coloração geralmente avermelhada. Os perfis litológicos dos poços tubulares mostram que na parte inferior da formação predominam arenitos de granulação fina a grossa, com intercalações argilosas de coloração predominantemente clara (creme a amarelada) e ocorrendo localmente níveis de seixos arredondados a sub-arredondados. A feição geomorfológica desta formação constitui-se por Tabuleiros Costeiros, cujas terminações na linha de costa formam as falésias adjacentes às faixas de praias atuais (AMARAL *et al.*, 2005). Nessa linha de costa os sedimentos da formação Barreiras são recobertos por areias de das formações dunares e nos vales dos rios são recobertos pelos sedimentos aluviais. As elevadas taxas de percolação e consequentes relevantes infiltrações diretas das águas de chuva, nesse sistema hidráulico único, indiferenciado e interconectado, que forma o Sistema Aquífero Dunas/Barreiras favorecem às recargas em várias localizações na RMN implicando assim na sua qualidade, seja para diluir as concentrações de contaminantes ou para carrear determinados contaminantes, conforme as disposições das fontes de poluição e contaminação na superfície do solo. Conforme os estudos realizados no âmbito do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, (SERHID, 1998) os valores regionais médios de transmissividade (T) para o aquífero Barreiras são próximos a $5\times10^{-3}m^2/s$, sendo os maiores valores registrados entre os municípios de Extremoz e Natal e entre Natal e Nísia Floresta. Portanto, além da existência dessa configuração de materiais porosos e permeáveis a alta potencialidade do sistema aquífero Dunas/Barreiras se deve também a conjunção com outros aspectos como climáticos, em que as séries históricas registram precipitações médias anuais da ordem de 1.500 mm, as feições geomorfológicas, já descritas, que favorecem a infiltração de águas de chuva e recarga dos aquíferos, além da interação das águas superficiais e as águas subterrâneas. Assim, boa parte da RMN conta com um modelo onde as dunas exercem a relevante função de transferência das águas de chuvas para os estratos arenosos do aquífero Barreiras. No entanto, esse modelo conceitual que envolve: um sistema único e indiferenciado entre as areias das Dunas e os arenitos da formação Barreiras, além de um caráter livre, uma alta porosidade e condutividade hidráulica das areias das dunas, tudo isso torna o sistema naturalmente vulnerável e dependendo da carga contaminante o risco para a contaminação do Sistema aquífero pode ser potencializado.

Sotopostos aos sedimentos do Grupo Barreiras encontram-se os arenitos calcíferos, provavelmente de idade cretácea. O Aquífero Cretáceo aflora em porções isoladas no município de Ceará-Mirim. O Aquífero Cristalino é a unidade basal e conforme estudos realizados por SERHID

(1998), quando se trata do próprio afloramento na RMN essa ocorrência se dá em porções isoladas. Sua capacidade de bombeamento é baixa e a água tem normalmente alto teor de sais. A tabela 02 mostra um resumo das potencialidades desses mananciais subterrâneos.

Tabela 2 Resumo das principais características dos aquíferos Dunas, Barreiras, Jandaira e Açu.

Aquífero	**Disponibilidade* ($x10^6$ m³/ano)**	**Potencialidade** ($x10^6$ m³/ano)**	**Prof. média dos poços (m)**	**Vazão média dos poços (m³/h)**
Dunas	0,00	0,29	5	1
Barreiras	80,23	215,18	40 a 100	10 a 100
Cretáceo/Jandaíra	0,15	0,32	80	5 a 30
Cretáceo/Açu	0,37	0,05	250 a 400	10 a 30

Fonte: adaptado de SERHID, 1998.
* Refere-se aos volumes explotados dos aquíferos através de poços (milhões de metros cúbicos por ano).

** Refere-se às reservas explotáveis que podem ser extraídos sem comprometer o equilíbrio dos sistemas aquíferos, (milhões de metros cúbicos por ano).

5.3 Apresentação e Discussões dos Resultados dos Poços Monitorados em Natal

5.3.1 Nitrato

A primeira campanha de 2015 compreendeu o monitoramento de 20 poços tubulares, de modo que 53% destas unidades de captação apresentaram concentrações de N (NO^-_3) acima de 10mg/L, figura03. Vale destacar que na campanha de 2014 dos 21 poços tubulares, 57,14% destas unidades apresentaram concentrações de (N) no composto Nitrato (NO^-_3) acima de 10mg/L. A figura 04 representa a disposição espacial dos poços monitorados quanto às concentrações de N (NO^-_3).

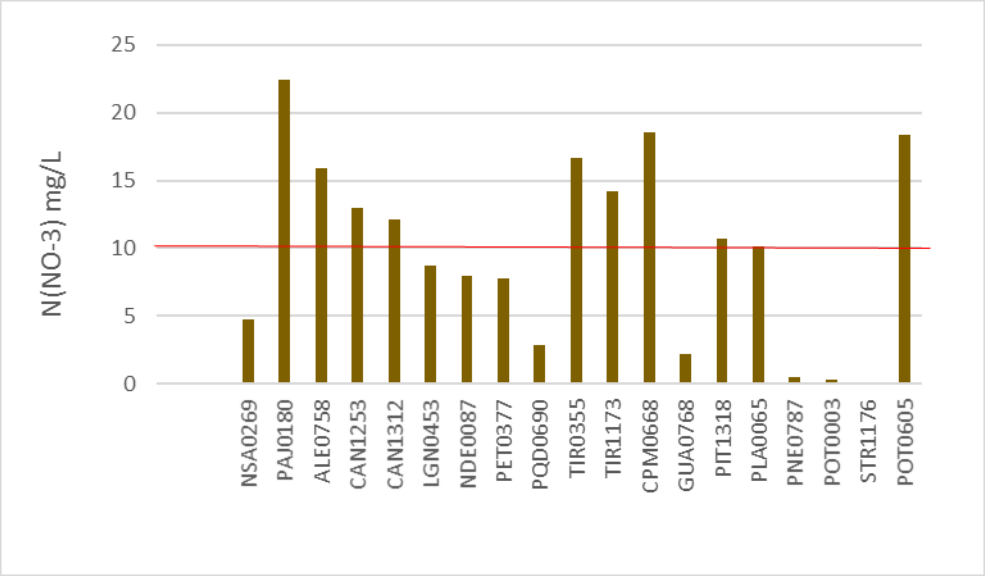


Figura 3 Concentrações de N (NO^-_3).

Quando da comparação entre as áreas dos lados direito e esquerdo do rio Potengi, observou-se que dentre os quatro poços tubulares monitorados, na primeira campanha, no lado esquerdo do rio Potengi (Zona Norte de Natal) 02 poços apresentaram concentração de N no composto Nitrato (NO^-_3), acima de 10,0 mg/L que foi no Bairro de Pajuçara (PAJ0180), com 22,48 mg/L e Potengi (POT605) com 18,35 mg/L. Os outros dois poços nos bairros de Nossa Senhora da Apresentação (NSA0269) e Potengi POT0003), apresentaram respectivamente 4,74 e 0,29 mg/L, conforme Tabela 03 e figura 05. Em relação aos 15 poços monitorados no lado direito do rio Potengi (Zonas Leste, Oeste e Sul de Natal), na primeira campanha, 4 poços apresentaram concentrações abaixo de 3,0 mg/L de N no composto Nitrato (NO^-_3), que foi em Ponta Negra e Parque das Dunas (Centro de Convenções), e Santos Reis, 03 poços apresentaram concentrações de N (NO^-_3) na faixa de 7,80 a 8,68 e 08 poços com as concentrações na faixa 10,14 a 22,48 mg/L de N no composto Nitrato (NO^-_3), conforme Tabela 04 e figura 06. A Figura 07 representa os valores máximos, médios e mínimos das concentrações de N (NO-3) por bacia hidrográfica na cidade de Natal.

Tabela 3 Relação entre as concentrações de N (NO^-_3) dos poços na Zona Norte, maio/2015.

Poço	N(NO-3)1ªCampanha **(mg/L)**	Localização/Proprietário
NSA0269	4,74	Nossa Sa. Apresentação/ Guararapes
PAJ0180	22,48	Pajuçara/Posto Nossa Sa. Santana
POT0003	0,29	Santa Catarina/Hospital Sta. Catarina
POT0605	18,35	Potengi/CAERN (P44)

Tabela 4 Relação entre as concentrações de N (NO^-_3) dos poços nas Zonas Leste, Oeste e Sul de Natal, maio e junho/2015.

Poço	N(NO^-_3) (mg/L)	**Localização/Proprietário**
ALE0758	15,88	Alecrim/Colégio das Neves
CAN1253	12,96	Candelária/Cond. Green Woods
CAN1312	12,13	Candelária/Carrefour
LGN0453	8,68	Lagoa Nova/Estádio Machadão
NDE0087	7,99	Nova Descoberta/CAERN (P3)
PET0377	7,80	Petrópolis/Ed. Ewerton Cortez
PQD0690	2,86	Parque das Dunas/Centro de Convenções
TIR0355	16,68	Tirol/Cond. Ariane
TIR1173	14,22	Tirol/IFRN
CPM0668	18,54	Capim Macio/Cond. Itatiaia
GUA0768	2,21	Guarapes/Prefeitura de Natal
PIT1318	10,72	Pitimbu/CAERN (P9)
PLA0065	10,14	Planalto/CAERN (P1)
PNE0787	0,47	Ponta Negra/ABC
STR1176	0,00	Santos Reis/Iate Clube de Natal

Tabela 5 Concentrações de N (NO^{-}_{3}), campanha maio e junho/2015.

Bacia Hidrográfia/ Aquífero	ID	N(NO-3)
BH Rio Doce/Aquif. Dunas/Barreiras	VMP*	10
	NSA0269	4,74
	PAJ0180	22,48
	Máximo	22,48
	Mínimo	4,74
	Média	13,61
	Desvio Padrão	12,54
BH Faixa Leste Escoamento Difuso/Aquif. Dunas/Barreiras	ALE0758	15,88
	CAN1253	12,96
	CAN1312	12,13
	LGN0453	8,68
	NDE0087	7,99
	PET0377	7,80
	PQD0690	2,86
	TIR0355	16,68
	TIR1173	14,22
	Máximo	16,68
	Mínimo	2,86
	Média	11,02
	Desvio Padrão	4,51
BH Potengi/Aquif. Dunas/Barreiras	CPM0668	18,54
	GUA0768	2,21
	PIT1318	10,72
	PLA0065	10,14
	PNE0787	0,47
	POT0003	0,29
	STR1176	0,00
	POT0605	18,35
	Máximo	18,54
	Mínimo	0,00
	Média	7,59
	Desvio Padrão	7,95

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

Legenda

0 - 3,0 mg/L N (NO^{-3})

3,1 - 5,0 mg/L N (NO^{-3})

5,1 – 9,9 mg/L N (NO^{-3})

> 10,0 mg/L N (NO^{-3})

Poço	Bairro	Proprietário
ALE0758	ALECRIM	COLEGIO DAS NEVES
CAN1253	CANDELÁRIA	COND. GREEN WOODS
CAN1312	CANDELÁRIA	CARREFOUR
CPM0668	CAPIM MACIO	COMDOMINIO ITATIAIA
GUA0768	GUARAPES	PREFEITURA DE NATAL
LGN0453	LAGOA NOVA	ESTADIO MACHADAO
NDE0087	NOVA DESCOBERTA	CAERN (P-3 NOVA DESCOBERTA)
NSA0269	N.S DA APRESENTAÇÃO	GUARARAPES
PAJ0180	PAJUÇARA	POSTO NOSSA S. SANTANA
PET0377	PETRÓPOLIS	ED. EWERTON CORTEZ
PIT1318	PITIMBU	CAERN (P-9 PITIMBU)
PLA0065	PLANALTO	CAERN (P-1 PLANALTO)
PNE0787	PONTA NEGRA	ABC
POT0003	SANTA CATARINA	HOSPITAL SANTA CATARINA
POT0586	POTENGI	CAERN (P-34 POTENGI)
POT0605	POTENGI	CAERN (P-44 POTENGI)
PQD0690	PARQUE DAS DUNAS	CENTRO DE CONVENÇIES
STR1176	SANTOS REIS	IATE CLUBE DE NATAL
TIR0355	TIROL	CONDOMINIO ARIANE
TIR1173	TIROL	IFRN

Figura 4 Distribuição espacial dos poços tubulares monitorados na cidade de Natal. Pontos localizados na base do Google Earth. Ano 2016; Data SIO, NOAA. U.S. NAVY NGA GEBCO. Image Landsat.

Legenda

- 0 - 3,0 mg/L N (NO^{-3})
- 3,1 - 5,0 mg/L N (NO^{-3})
- 5,1 – 9,9 mg/L N (NO^{-3})
- > 10,0 mg/L N (NO^{-3})

Poço	Bairro	Proprietário
ALE0758	ALECRIM	COLEGIO DAS NEVES
CAN1253	CANDELÁRIA	COND. GREEN WOODS
CAN1312	CANDELÁRIA	CARREFOUR
CPM0668	CAPIM MACIO	COMDOMINIO ITATIAIA
GUA0768	GUARAPES	PREFEITURA DE NATAL
LGN0453	LAGOA NOVA	ESTADIO MACHADAO
NDE0087	NOVA DESCOBERTA	CAERN (P-3 NOVA DESCOBERTA)
NSA0269	N.S DA APRESENTAÇÃO	GUARARAPES
PAJ0180	PAJUÇARA	POSTO NOSSA S. SANTANA
PET0377	PETRÓPOLIS	ED. EWERTON CORTEZ
PIT1318	PITIMBU	CAERN (P-9 PITIMBU)
PLA0065	PLANALTO	CAERN (P-1 PLANALTO)
PNE0787	PONTA NEGRA	ABC
POT0003	SANTA CATARINA	HOSPITAL SANTA CATARINA
POT0586	POTENGI	CAERN (P-34 POTENGI)
POT0605	POTENGI	CAERN (P-44 POTENGI)
PQD0690	PARQUE DAS DUNAS	CENTRO DE CONVENÇIES
STR1176	SANTOS REIS	IATE CLUBE DE NATAL
TIR0355	TIROL	CONDOMINIO ARIANE
TIR1173	TIROL	IFRN

Figura 5 Concentrações de N (NO^{-}_{3}) nos poços analisados na Zona Norte de Natal.

Legenda

0 - 3,0 mg/L N (NO^{-3})

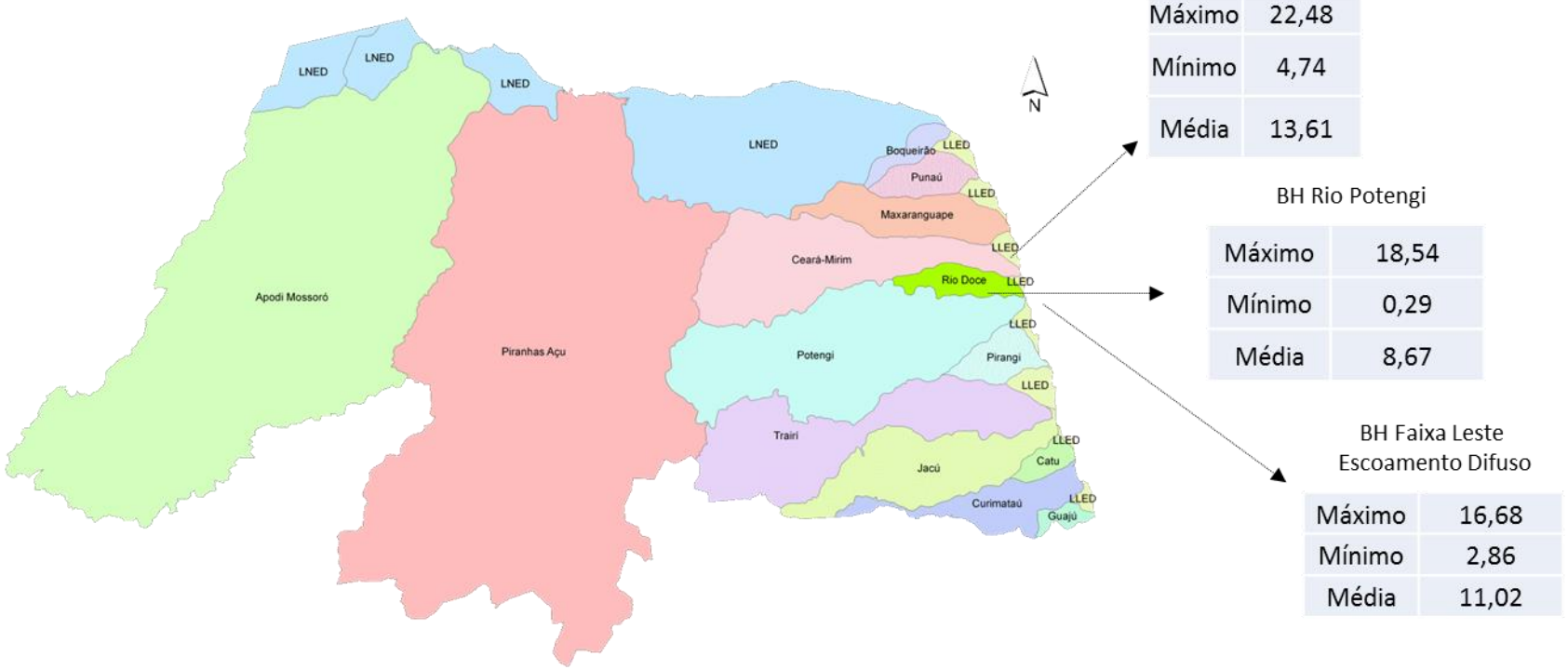
3,1 - 5,0 mg/L N (NO^{-3})

5,1 – 9,9 mg/L N (NO^{-3})

> 10,0 mg/L N (NO^{-3})

Poço	Bairro	Proprietário
ALE0758	ALECRIM	COLEGIO DAS NEVES
CAN1253	CANDELÁRIA	COND. GREEN WOODS
CAN1312	CANDELÁRIA	CARREFOUR
CPM0668	CAPIM MACIO	COMDOMINIO ITATIAIA
GUA0768	GUARAPES	PREFEITURA DE NATAL
LGN0453	LAGOA NOVA	ESTADIO MACHADAO
NDE0087	NOVA DESCOBERTA	CAERN (P-3 NOVA DESCOBERTA)
NSA0269	N.S DA APRESENTAÇÃO	GUARARAPES
PAJ0180	PAJUÇARA	POSTO NOSSA S. SANTANA
PET0377	PETRÓPOLIS	ED. EWERTON CORTEZ
PIT1318	PITIMBU	CAERN (P-9 PITIMBU)
PLA0065	PLANALTO	CAERN (P-1 PLANALTO)
PNE0787	PONTA NEGRA	ABC
POT0003	SANTA CATARINA	HOSPITAL SANTA CATARINA
POT0586	POTENGI	CAERN (P-34 POTENGI)
POT0605	POTENGI	CAERN (P-44 POTENGI)
PQD0690	PARQUE DAS DUNAS	CENTRO DE CONVENÇIES
STR1176	SANTOS REIS	IATE CLUBE DE NATAL
TIR0355	TIROL	CONDOMINIO ARIANE
TIR1173	TIROL	IFRN

Figura 6 Concentrações de $N(NO^{-}_{3})$ nos poços analisados nas Zonas Leste, Oeste e Sul de Natal.



BH Rio Doce

Máximo	22,48
Mínimo	4,74
Média	13,61

BH Rio Potengi

Máximo	18,54
Mínimo	0,29
Média	8,67

BH Faixa Leste
Escoamento Difuso

Máximo	16,68
Mínimo	2,86
Média	11,02

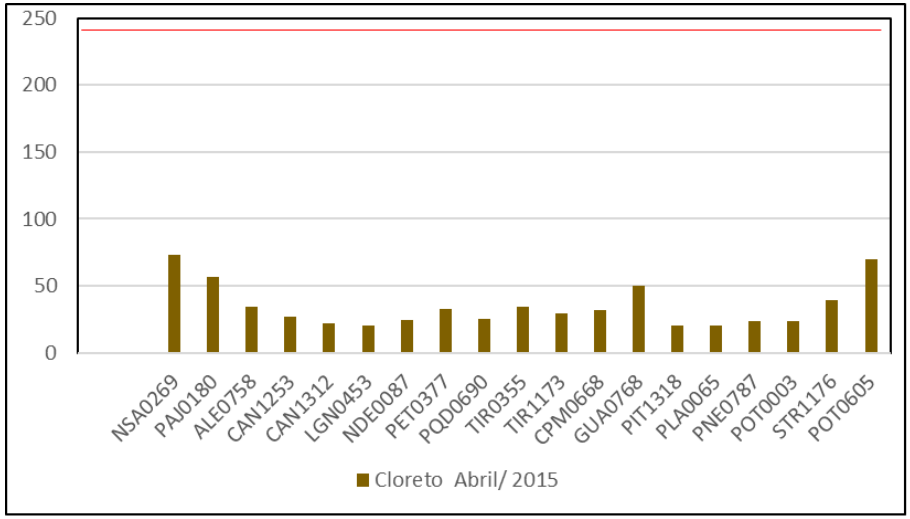
Figura 7 Representação Esquemática das Concentrações de N (NO^{-}_{3}) por Bacias Hidrográficas no município de Natal.

5.3.2 – Cloreto, Sódio, Sulfato e Ferro

Os resultados das análises realizadas em relação ao Cloreto, Sódio, Sulfato e Ferro indicaram que os poços LGNO453, no Bairro de Lagoa Nova e POT0605 no Bairro Potengi, apresentaram desconformidades com a Resolução CONAMA 396/2008, mas, especificamente em relação ao Ferro, de modo que os demais parâmetros estão em conformidade com a Resolução CONAMA 396/2008, como pode ser verificado na Tabela 6 e Figuras 8 e 9.

Tabela 6 Resumo dos Parâmetros Cloreto, Sódio, Sulfato e Ferro na cidade de Natal.

ID	**Sódio**	**Ferro**	**Sulfato**	**Cloreto**	**STD**
VMP*	200	0,3	250	250	1000
NSA0269	57,14	0,02	23,27	72,89	254,32
PAJ0180	38,09	0,05	0,00	56,32	269,28
ALE0758	28,50	0,07	19,63	34,47	193,25
CAN1253	20,47	0,03	0,65	26,50	186,40
CAN1312	18,42	0,09	0,75	21,54	172,80
LGN0453	16,22	0,45	0,64	19,88	99,96
NDE0087	17,57	0,11	0,37	24,62	102,87
PET0377	23,50	0,08	0,61	32,83	121,30
PQD0690	15,14	0,14	9,06	24,85	83,64
TIR0355	22,00	0,10	10,92	34,47	190,67
TIR1173	26,00	0,17	0,37	29,54	144,23
CPM0668	27,62	0,08	0,77	31,47	176,12
GUA0768	22,86	0,19	6,12	49,70	140,76
PIT1318	17,63	0,19	0,75	19,88	140,80
PLA0065	17,37	0,09	1,19	19,88	147,60
PNE0787	11,35	0,11	2,30	23,19	53,04
POT0003	12,97	0,08	7,16	23,19	200,60
STR1176	31,00	0,07	45,40	39,39	410,58
POT0605	40,00	0,33	4,35	69,57	286,82



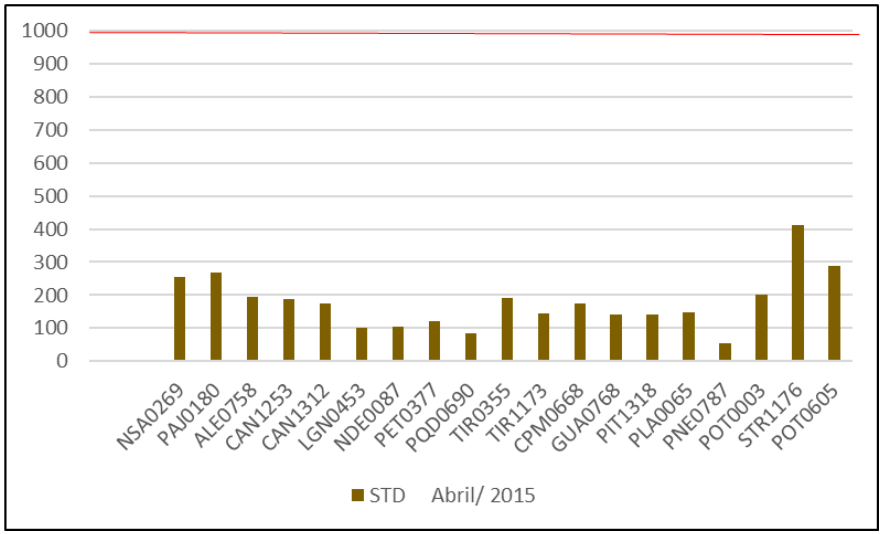
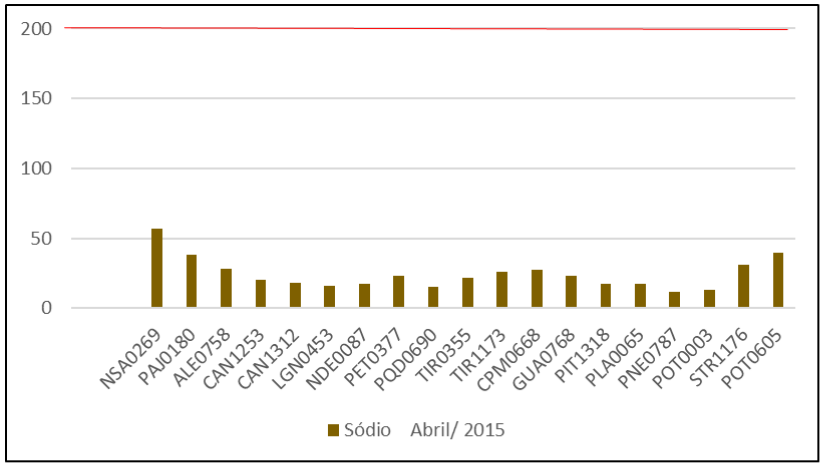
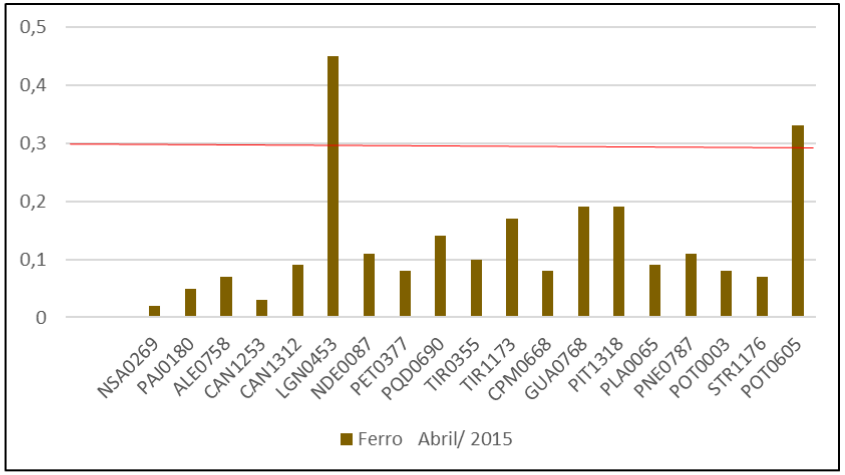


Figura 8 Representação das concentrações de Cloreto e STD (mg/L) .

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





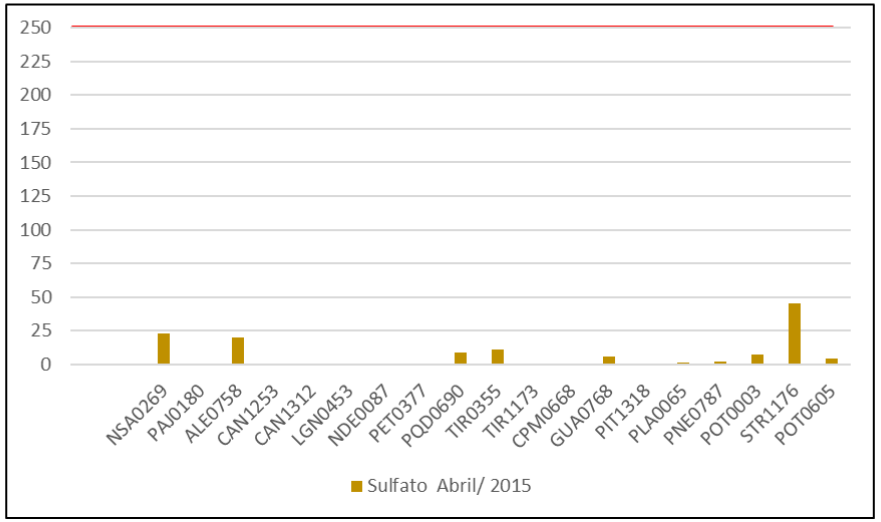


Figura 9 Representação das concentrações de Cloreto e STD (mg/L).

VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/200

5.3.3 Coliformes Totais e Termotolerantes

A origem da contaminação das águas por microrganismos patogênicos, advém da poluição por fezes de humanos e de animais, de modo que quando presentes nas águas caracteriza uma degradação desses recursos sinalizada pelo indicador de poluição fecal. Conforme já citado em relatórios anteriores, o principal microrganismo do grupo dos coliformes termotolerantes é Escherichia coli, o qual tem importância tanto como indicador de contaminação fecal recente, quanto pelo potencial patogênico de alguns de seus patotipos, como O157:H7, que tem sido responsável por surtos de infecção em todo o mundo, relacionado prioritariamente aos alimentos contaminados por fezes humanas ou animais.

De acordo com a Resolução CONAMA 396/2008, a água utilizada para beber e preparar alimentos deve ser isenta de microrganismos patogênicos. Quanto a situação dos poços que foram submetidos às análises de coliformes totais e termotolerantes, os resultados indicaram que dos 19 poços analisados, na cidade de Natal, durante a campanha de abril/2015, 16 poços (84%) apresentaram resultados positivos para coliformes totais. Dentre os 16 poços que apresentaram resultados positivos para coliformes totais, 15 poços indicaram presença de coliformes termotolerantes.

Tabelas 7 Resultados das análises sobre os coliformes totais e fecais em Natal.

ID	Coliformes Totais (UFCE/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (UFC/100 mL)	Localização/Proprietário
VMP*	0	0	
ALE0758	52	19	Alecrim/Colégio das Neves
CAN1253	38	11	Candelária/Cond. Green Woods
CAN1312	182	97	Candelária/Carrefour
CPM0668	11	2	Capim Macio/Cond. Itatiaia
GUA0768	97	21	Guarapes/Prefeitura de Natal
LGN0453	$3,6x10^3$	$3,1x10^3$	Lagoa Nova/Estádio Machadão
NDE0087	Ausente	Ausente	Nova Descoberta/CAERN (P3)
NSA0269	78	3	Nossa Sa. Apresentação/ Guararapes
PAJ0180	112	54	Pajuçara/Posto Nossa Sa. Santana
PET0377	50	8	Petrópolis/Ed. Ewerton Cortez
PIT1318	Ausente	Ausente	Pitimbu/CAERN (P9)
PLA0065	48	Ausente	Planalto/CAERN (P1)
PNE0787	32	23	Ponta Negra/ABC
POT0003	52	23	Santa Catarina/Hospital Sta. Catarina
POT0605	Ausente	Ausente	Potengi/CAERN (P44)
PQD0690	178	162	Parque das Dunas/Centro de Convenções
STR1176	39	8	Santos Reis/Iate Clube de Natal
TIR0355	134	75	Tirol/Cond. Ariane
TIR1173	12	3	Tirol/IFRN

5.3.4 Compostos BETEX

Segundo Tiburtius et al (2004) os hidrocarbonetos aromáticos, dentre os quais se destacam Benzeno, Tolueno e Xileno são considerados como o maior problema da contaminação por gasolina. Estudos realizados por Brito et al (2005) destacam que os compostos aromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) e outros alquilbenzenos perfazem cerca de 10 a 59% da gasolina (massa/massa) enquanto os hidrocarbonetos alifáticos compreendem 41 a 62%. Destacam, ainda, que os hidrocarbonetos aromáticos são geralmente mais tóxicos que os compostos alifáticos com o mesmo número de carbonos e possuem maior mobilidade em água, característica que pode ser representada significativamente pelo menor coeficiente de partição octanol-água. Um menor coeficiente de partição implica em uma lenta absorção no solo e um transporte preferencial via água. As investigações científicas demonstram que os compostos BTEXs são extremamente tóxicos à saúde humana e mesmo em pequenas concentrações apresentam toxicidade crônica. Dentre os compostos Betexs o benzeno é destacado como o mais tóxico, tendo em vista que se trata de uma substância carcinogênica. A legislação que trata destes compostos tem se tornado cada vez mais restritiva. A agência de proteção ambiental norte-americana (EPA), por exemplo, estabelece os limites máximos para a concentração de benzeno em 5µg/L em água potável. No Brasil, a Portaria 2914/2011, determina os limites máximos e a Resolução CONAMA 396/2008 adotou esses limites estabelecidos, em que o benzeno, tolueno e xilenos são de 5, 170 e 300µg/L, respectivamente para que a água seja considerada potável.

Igualmente aos resultados obtidos na campanha de monitoramento no período de Outubro a Dezembro de 2014, na campanha de 2015 nenhum dos poços monitorados apresentaram desconformidades com a norma legal, tabela 8. Enfatiza-se, aqui, os mesmos destaques registrados no relatório de 2014, que se faz necessário uma investigação sobre as possíveis áreas com remediações de sites contaminados por hidrocarbonetos, no sentido de verificar se existe algum poço da rede de monitoramento próximo a alguns destes sites. Caso não exista, sugere-se uma reavaliação dos pontos de amostragem, no sentido de incluir ou mudar alguns desses pontos para as proximidades destes sites.

Tabela 8 Resumo dos resultados das análises sobre os compostos BETEXs.

ID	Bacia Hidrográfica/Aquífero	Compostos Betex VMP (µ/L) Valor Máximo permissível para água subterrâneas, conforme Resolução CONAMA 396/2008			
		Benzeno VMP = 5,0 µ/L	Etilbenzeno VMP = 200 µ/L	Tolueno VMP = 170 µ/L	Xileno Total VMP = 300 µ/L
NSA0269	BH Rio Doce/Aquif. Dunas/Barreiras	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L
PAJ0180					
ALE0758	BH Faixa Leste Escoamento Difuso/Aquif. Dunas/Barreiras	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L
CAN1253					
CAN1312					
LGN0453					
NDE0087					
PET0377					
PQD0690					
TIR0355					
TIR1173					
PNE0787	BH Potengi/Aquif. Dunas/Barreiras	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L
PIT1318					
PLA0065					
POT0003					
POT0605					
STR1176					
CPM0668					
GUA0768					

5.4 Apresentação e Discussões dos Resultados dos Poços Monitorados, nos Demais Municípios, da Região Metropolitana de Natal

5.4.1 Nitrato

Dentre os oito poços analisados nos municípios de Ceará Mirim, Extremoz, Macaíba, Nísia Floresta e Parnamirim, figura 10, um poço o PNM0005 apresentou concentração de N (NO^-_3) acima do valor máximo permitido, (11,46 mg/L). No entanto, quatro deles apresentam concentrações de N (NO^-_3) entre 5,31 mg/L a 9,91 mg/L, conforme pode ser verificado na Tabela 9. Quando se comparam os resultados entre as campanhas de 2014 e 2015, observa-se que as concentrações de N (NO^-_3) se mantêm próximas, cujas diferenças de valores variam entre 1,06 a 1,96 vezes. Apenas, o poço SJM0052 apresentou maior diferença, ou seja: a concentração de N (NO^-_3) na campanha de 2015 foi de 5,89 mg/L e em 2014 foi de 13,84 mg/L, Tabela 09. Alerta-se para o fato de que algumas áreas, cujos poços são destinados à captação de água para o abastecimento público, como é o caso do poço NFL0007, do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, já delineia um crescimento da concentração de N (NO^-_3)**,** devido à expansão urbana quando comparado à época em que o poço foi construído. Destaca-se, também, que todos os poços analisados captam água do aquífero Dunas/Barreiras caracterizado como vulnerável e com risco elevado de contaminação. De acordo com Medeiros (2015), de uma maneira geral, existe uma predominância do risco elevado de contaminação por nitrato em sete dos nove municípios da RMN: Macaíba, Natal, Parnamirim, Extremoz, São José de Mipibu, Nísia Floresta e Monte Alegre. De modo que, considerando os valores para toda RMN, o risco resultante é elevado. Ainda, segundo Medeiros (2015) essa situação reflete as condições encontradas atualmente na região, em que, na tentativa de atender a demanda crescente por água ocasionada pela expansão urbana, a maior parte dos poços de abastecimento público está localizada em áreas com alta densidade populacional, sem cobertura de esgotos e com diversas fontes potenciais de contaminação no entorno. Assim, os estudos têm demonstrado que a falta do sistema de esgotamento sanitário constitui o principal fator para a geração de uma carga potencialmente poluidora às águas subterrâneas. Prever-se, porém, que a partir de um crescimento populacional contínuo com taxas superiores à capacidade de implantação da infraestrutura básica de saneamento, a contaminação do sistema aquífero Dunas/Barreiras tenderá a se potencializar.

5.4.2 Cloreto, Sódio, Sulfato e Ferro

Igualmente ao comportamento dos poços na cidade de Natal, também ocorreu para os poços analisados nos municípios de Ceará Mirim, Extremoz, Macaíba, Nísia Floresta e Parnamirim, em que os resultados das análises do Cloreto, Sódio e Sulfato indicam que estes parâmetros estão em conformidade com a Resolução CONAMA396/2008, figuras 11 e 12. Apenas o Ferro, no poço CMI0809 apresenta concentrações acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA396/2008.

Tabela 9 Concentrações de N (NO^-_3) nos poços monitorados em alguns dos municípios da RMN

ID	Município	Bacia Hidrográfia/ Aquífero	N (NO-3) (mg/L) 2015	N (NO-3) (mg/L) 2014	Relação entre a maior Conc./Menor Conc.
VMP*			10	10	
CMI0809	Ceará-Mirim	BH Ceará Mirim/Aq.Barreiras	0,62	0,57	1,09
EXT0001	Extremoz	BH Rio Doce/ Aq.Dunas/Barreiras	9,91	8,96	1,11
MAC0001	Macaíba	BH Potengi/Barreiras	1,12	1,23	1,10
NFL0001	Nísia Floresta	BH Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso/Aq.Dunas/ Barreiras	0,45	0,88	1,96
NFL0007	Nísia Floresta		7,93	6,78	1,17
SJM0052	São José do Mipibu		5,89	13,84	2,35
PNM0005	Parnamirim	BH Pirangi/Aq. Dunas/Barreiras	11,46	10,8	1,06
PNM0001	Parnamirim		5,31	4,92	1,08

ID	Município	Local de Coleta
CMI0809	Ceará-Mirim	Gameleira II-poço SAAE
*EXT0001	Extremoz	Sede do SAAE
*MAC0001	Macaíba	Loteamento Jardim Potiguar (Fonte Pura)
NFL0001	Nísia Floresta	Lagoa do Bonfim - P1
NFL0007	Nísia Floresta	Lagoa do Bonfim - P7
PNM0005	Parnamirim	Escritório da CAERN
*PNM0001	Parnamirim	Sidore Refrigerantes Ltda
SJM0052	São José do Mipibu	Poço Caern- Bica

*Poços sem coordenadas

Legenda

0 - 3,0 mg/L N (NO^{-3})

3,1 - 5,0 mg/L N (NO^{-3})

5,1 – 9,9 mg/L N (NO^{-3})

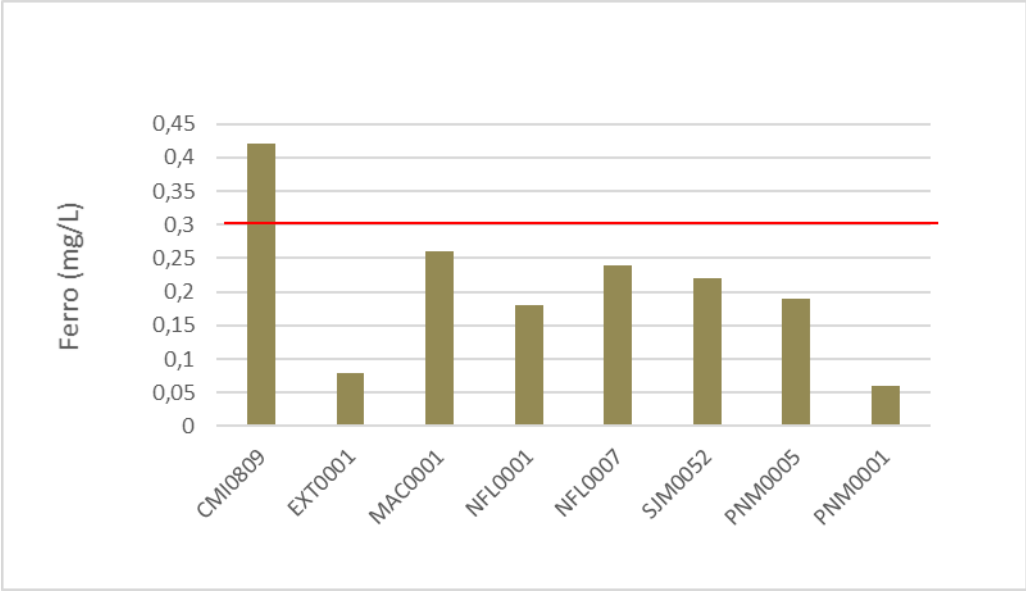
> 10,0 mg/L N (NO^{-3})

Figura 10 Distribuição espacial dos poços monitorados em outros municípios da RMN e o comportamento das concentrações de N (NO^{-}_{3}). Pontos localizados na base do Google Earth. Ano 2016; Data SIO, NOAA. U.S. NAVY NGA GEBCO. Image Landsat.

Tabela 10 Resultados das análises dos poços localizados nos demais municípios da Região Metropolitana de Natal.

ID	Município	Bacia Hidrográfia/ Aquífero	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)	Nitrito (expresso em N) (mg/L)	Nitrato (expresso em N) (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	pH	Condutividade elétrica (µS/cm)	Dureza Total (mg/L)
VMP*			-	-	200	-	0,3	250	250	-	1	10	1000			
CMI0809	Ceará-Mirim	BH Ceará Mirim/Aq.Barreiras	2,21	2,56	16,84	4,47	0,42	11,18	26,50	10,92	0,00	0,62	59,38	5,80	87,32	16,05
EXT0001	Extremoz	BH Rio Doce/ Aq.Dunas/Barreiras	3,01	6,94	20,00	4,86	0,08	5,16	29,82	10,32	0,00	9,91	129,87	5,70	190,99	36,10
MAC0001	Macaíba	BH Potengi/Barreiras	1,81	2,07	10,81	1,84	0,26	0,00	23,19	3,64	0,00	1,12	55,93	5,60	82,26	13,04
NFL0001	Nísia Floresta	BH Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso/Aq.Dunas/ Barreiras	2,61	3,05	27,62	6,84	0,18	7,48	53,01	15,78	0,00	0,45	183,60	5,80	229,90	19,05
NFL0007	Nísia Floresta		1,00	4,02	22,86	4,21	0,24	0,61	31,47	3,64	0,00	7,93	185,20	5,30	187,95	19,05
SJM0052	São José do Mipibu		2,61	4,26	18,37	5,00	0,22	0,00	26,50	12,14	0,00	5,89	162,00	5,50	166,31	24,07
PNM0005	Parnamirim	BH Pirangi/Aq. Dunas/Barreiras	5,42	6,46	19,45	4,47	0,19	0,00	26,50	12,14	0,00	11,46	190,00	5,70	214,80	40,12
PNM0001	Parnamirim		1,81	2,56	14,05	2,63	0,06	0,00	19,88	4,85	0,00	5,31	76,06	5,04	111,86	15,04

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



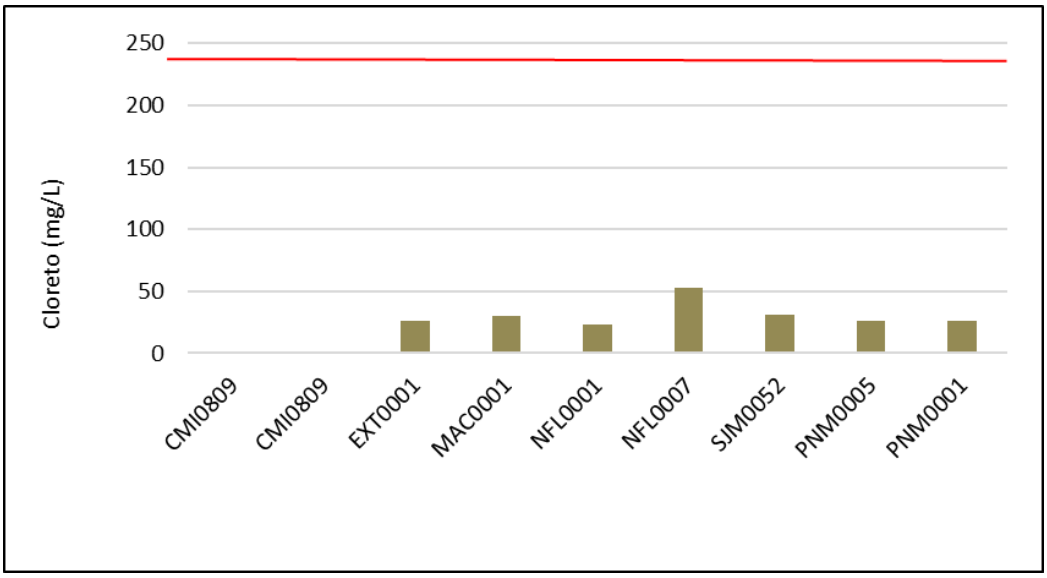
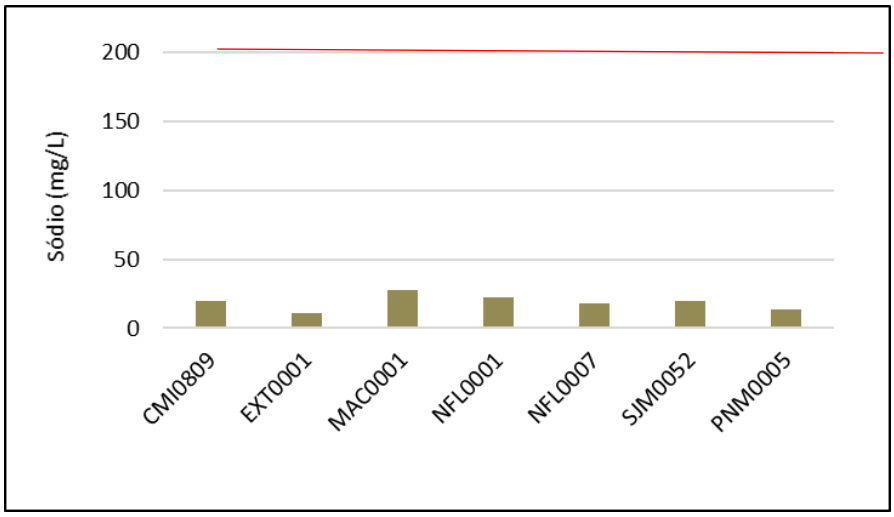
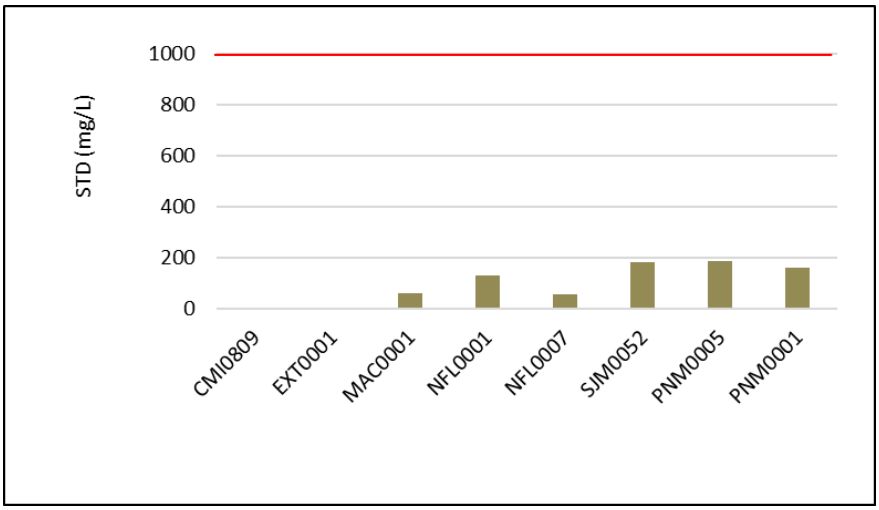


Figura 11 Representação das concentrações de Ferro e Cloreto (mg/L).

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





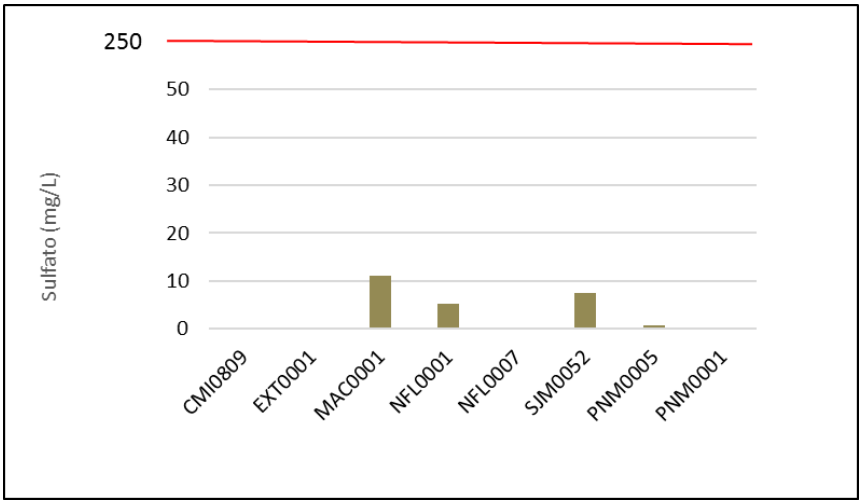


Figura 12 Representação das concentrações de Sódio, STD e Sulfato (mg/L).

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

5.4.3 Coliformes Totais e Termotolerantes

Os municípios que tiveram poços analisados, quanto aos coliformes totais e termotolerantes, foram Ceará Mirim, Extremoz, Macaíba, Parnamirim, São José do Mipibu e Nísia Floresta, totalizando 08 poços. Dentre estes 08 poços, cinco apresentaram resultados positivos tanto em relação aos coliformes totais, como aos termotolerantes, tabela 11.

Tabela 11 Resultados das análises sobre os coliformes totais e termotolerantes, nos demais municípios da Região Metropolitana de Natal.

Nome	Local da coleta	Poço	Bacia/Aquífero	Munícipio	Coliformes Totais (UFC/100 mL)	Coliformes Termo. (UFC/100 mL)
PNM0005	Escritório da CAERN	P-05-1	BH Rio Pirangi/Aquífero Barreiras	Parnamirim	Ausência	Ausência
PNM0001	Sidore Ind. e Com. Refrigerantes Ltda	P-01		Parnamirim	224	103
MAC0001	Loteamento Jardim Potiguar (Fonte Pura)	P-01		Macaíba	Ausência	Ausência
NFL0001	Lagoa do Bonfim - P1	P-02	BH Rio Jacu/Aquífero Barreiras	Nísia Floresta	29	17
NFL0007	Lagoa do Bonfim - P7	P-04	Aq. Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso/ Aq. Barreiras	Nísia Floresta	22	9
SJM0052	Poço Caern - Bica	P-05-2		São José do Mipibu	21	16
CMI0809	Gameleira II - Poço SAAE	PS-0809	BH Rio Doce/Aquífero Barreiras	Ceará-Mirim	Ausência	Ausência
EXT0001	Sede do SAAE	P-01		Extremoz	3	1

5.5 Considerações Finais Sobre os Resultados das Análises dos Poços Tubulares da Região Metropolitana de Natal

Conforme a análise dos resultados da primeira campanha de 2015, verificou-se que, na cidade de Natal, dos 53% dos poços monitorados, o equivalente a 10 poços de um total de 19, apresentaram concentrações de N (NO^-_3) acima de 10mg/L. Esse comportamento reflete o mesmo cenário constatado na campanha de 2014, em que foi verificado que 57,14% dos poços, também, estavam com as concentrações de nitrato em desconformidade com a Resolução CONAMA 396/2008.

Em relação aos demais municípios da Região Metropolitana de Natal, que tiveram poços analisados na primeira campanha de 2015, como Ceará Mirim, Extremoz, Macaíba, Nísia Floresta e Parnamirim, os resultados indicaram que um poço, o PNM0005, apresentou concentração de N (NO-3) acima do valor máximo permitido, (11,46 mg/L). No entanto, quatro deles apresentam concentrações de N (NO-3) entre 5,31 mg/L a 9,91 mg/L, valores estes, que sinalizam uma evolução no aumento das concentrações.

Alerta-se, também, para o fato de que algumas áreas, que na época da construção do poço era considerada como segura, para o abastecimento público, como é o caso do poço NFL0007, do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, atualmente já se delineia um crescimento da concentração de N (NO-3), devido à expansão urbana, quando comparado à época em que o poço foi construído.

Neste cenário, das áreas urbanas, devem-se considerar situações que poderão interferir, seja individualmente ou associadas, nos mecanismos de contaminação das águas subterrâneas. Estas situações poderão compreender, por exemplo, a presença de fossas sépticas e esgotos no entorno das captações e assim, haver infiltração direta na área anelar do poço, (área entre a formação geológica, pré-filtro e filtro), caso não tenha sido providenciada uma cimentação adequada (proteção sanitária do poço). A partir dessa contaminação pontual e diante de uma conexão dos raios de interferência de um poço já comprometido com o raio de interferência de um outro poço, poderá a partir destas conexões favorecer a formação e expansão de uma pluma de contaminação pelo sistema aquífero. Ou seja: a partir de uma contaminação pontual poderão ocorrer outros mecanismos de interações que promovam a contaminação do sistema. Este cenário, ainda, compreende uma situação em que mesmo diante de um poço bem construído esta captação, ainda, mesmo assim, poderá em um futuro próximo sofrer os efeitos da contaminação do sistema, tendo em vista que o aquífero Dunas/Barreiras é caracterizado como vulnerável e em algumas áreas, já, compreende risco elevado de contaminação, devido a carga contaminante do entorno.

Em relação ao Cloreto, Sódio, Sulfato e Ferro, nos poços monitorados na cidade de Natal, apenas os poços LGNO453, no Bairro de Lagoa Nova e POT0605 no Bairro Potengi, apresentaram desconformidades com a Resolução CONAMA 396/2008, especificamente em relação ao Ferro, de modo que os demais parâmetros estão em conformidade com a Resolução CONAMA 396/2008.

Igualmente ao comportamento dos poços na cidade de Natal, também ocorreu para os poços analisados nos municípios de Ceará Mirim, Extremoz, Macaíba, Nísia Floresta e Parnamirim, em que os resultados das análises do Cloreto, Sódio e Sulfato indicam que estes parâmetros estão em conformidade com a Resolução CONAMA396/2008. Apenas o Ferro, no poço CMI0809 apresenta concentrações acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA396/2008. Nestes casos, recomenda-se uma observação de possíveis fontes de contaminação, seja antrópica ou natural, em relação aos poços LGNO453, no Bairro de Lagoa Nova (Arena das Dunas), POT0605 no Bairro Potengi (P44 da CAERN) e poço CMI0809 (Gameleira II-poço SAAE).

Quanto a situação dos poços, na cidade de Natal, que foram submetidos às análises de coliformes totais e termotolerantes, os resultados indicaram que dos 16 poços analisados durante a primeira campanha de 2015 que indicaram a presença de coliformes totais, 15 revelaram a presença de coliformes termotolerantes que indica a contaminação por fezes, e, consequentemente incidir no aparecimento de doenças gastrointestinais na população, que fizer uso dessa água para consumo. Porém, deve-se destacar que um tratamento específico possibilita o aproveitamento dessa água para o consumo humano.

Em relação às análises dos compostos BETEX de alguns poços monitorados, na Cidade de Natal, ressalta-se que igualmente aos resultados obtidos na campanha de monitoramento de 2014, esta campanha de 2015, também, indicou que nenhum dos poços monitorados apresentaram desconformidades com a norma legal. Enfatiza-se, aqui, os mesmos destaques registrados no relatório de 2014, que se faz necessário uma investigação sobre as possíveis áreas contaminados por hidrocarbonetos, no sentido de verificar se existe algum poço da rede de monitoramento próximo a alguns destes sites. Caso não exista, sugere-se uma reavaliação dos pontos de amostragem, no sentido de incluir ou mudar alguns desses pontos para as proximidades destas áreas.

6.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES, FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS DEMAIS MUNICÍPIOS DO RN – PRIMEIRA CAMPANHA DE 2015**.**

O presente relatório (Parte II) trata da apresentação e discussão dos resultados das análises, físicas, químicas e biológicas das águas subterrâneas dos municípios das regiões Trairi, Agreste, Central, Seridó e Oeste do Estado do Rio Grande do Norte. Os resultados se referem a Campanha realizada em abril de 2015. Destaca-se que no município de Baraúnas, também, foram analisadas amostras de águas subterrâneas visando a verificação da presença ou não de agrotóxicos, tendo em vista que o município inclui vastas áreas de fruticultura irrigada em larga escala. As análises correspondem as coletas de água realizadas pela equipe de monitoramento do Instituto de Gestão das Águas (IGARN) no âmbito do Programa Água Azul. Destaca-se que a equipe responsável pela elaboração do presente relatório recebeu os dados das análises diretamente do NUPRAR, não tendo participado das coletas em campo, como também não participou da parte laboratorial. Nesse sentido, as interpretações e discussões aqui apresentadas foram realizadas com base em dados e informações emitidas pelos devidos órgãos responsáveis.

A estrutura do relatório possibilita a visualização dos resultados por municípios das regiões Trairi, Agreste, Central, Seridó e Oeste como também pela unidade da bacia hidrográfica e pela unidade aquífera. A Tabela 12 e figura 13 representa a localização dos poços monitorados, no entanto nem todos os poços estão representados no mapa, tendo em vista a ausência de algumas coordenadas. Alerta-se para o fato de que as demarcações tracejadas, nas cores amarela e azul, em algumas situações, são apenas delimitações esquemáticas para facilitar a visão dos poços monitorados nos domínios das duas grandes bacias hidrográficas, que são as Bacias do rio Apodi/Mossoró e Piancó/Piranhas Açu incluindo também as bacias norte de escoamento difuso. Estas demarcações também possibilitam a visão do restante dos poços monitorados na região leste do Estado.

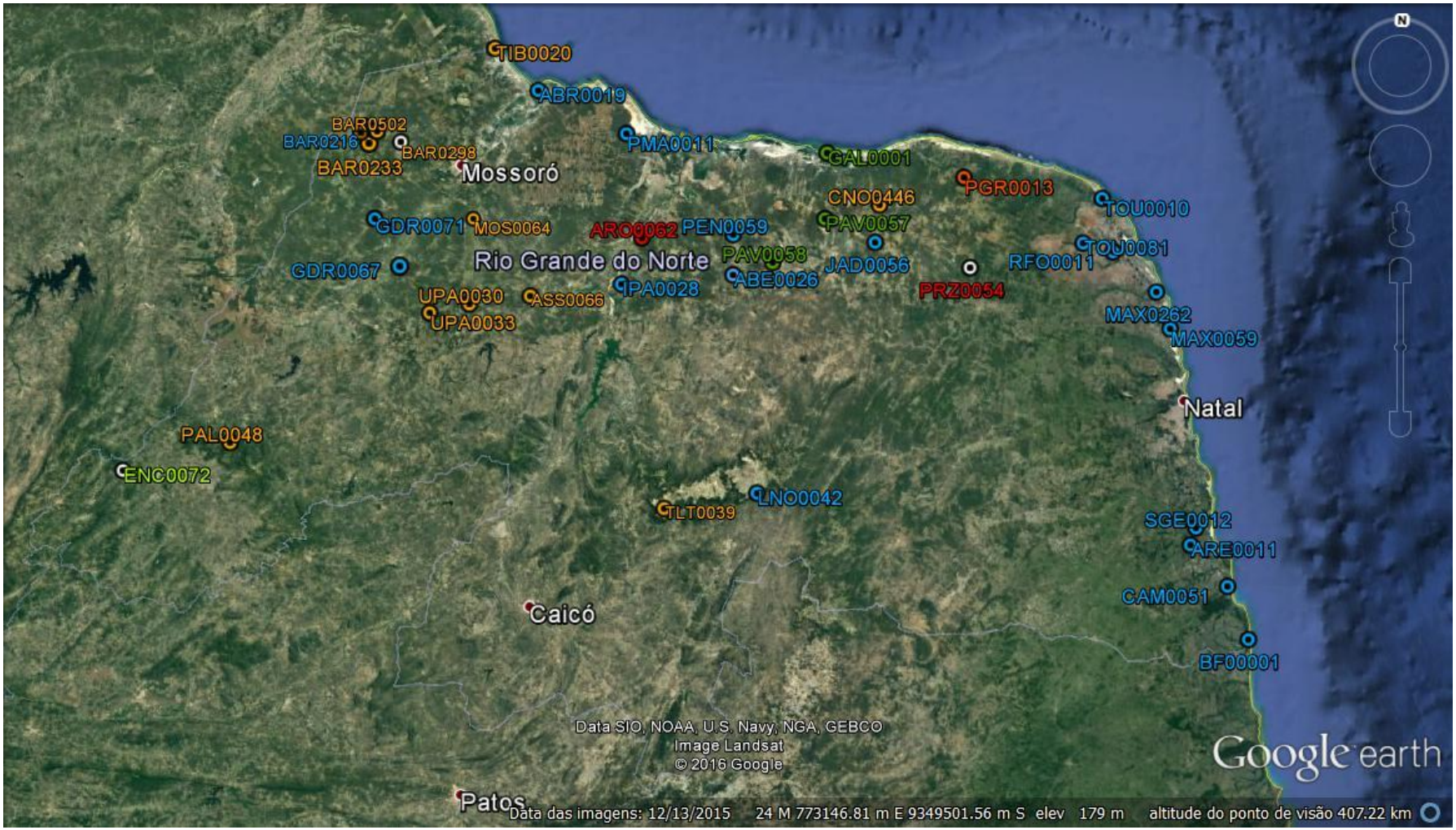


Figura 13 Representação da distribuição espacial dos poços monitorados.

Legenda ($N(NO^-_3)$)

0,0 - 3,0 mg/L	●
3,1 -5,0 mg/L	●
5,1 – 9,9 mg/L	●
≥ 10,0 mg/L	●

Tabela 12 Disposição dos Poços monitorados por município, bacia hidrográfica e aquífero.

Poço	Nomenclatura	Bacia Hidrográfica	Aquífero	Munícipio
P-001	BFO0001	Difusa Leste	Aquífero Dunas/Barreiras	Baia Formosa
P-05-1	CAM0051	Curimataú		Canguaretama
P-01-1	ARE0011	Jacu		Ares
P-01	TBS0002	CATU		Tibau do Sul
P-01	TBS0001	CATU		Tibau do Sul
P-01-2	SGE0012	Trairí		Senador Georgino Avelino
PS-0059	MAX0059	Maxaranguape		Maxaranguape
PS-0262	MAX0262	Difusa Leste		Maxaranguape
PS-0081	TOU0081	Punaú		Touros
P-11	RFO0011	Difusa Leste		Rio do Fogo
P-02	RFO0010	Difusa Leste		Rio do Fogo
P-10	TOU0010	Boqueirão		Touros
P-02	SMG0002	Boqueirão		São Miguel do Gostoso
P-54	PRZ0054	Difusa Norte	Aquífero Jandaíra	Parazinho
P-13	PGR0013	Difusa Norte	Aquífero Cristalino	Pedra Grande
P-01	TAP0002	Ceará Mirim	Aquífero Cristalino	Taipu
P-01	JCA0001	Ceará Mirim	Aquífero Cristalino	João Câmara
P-56	JAD0056	Difusa Norte	Aquífero Cristalino	Jandaíra
PS-0446	CNO0446	Difusa Norte	Aquífero Dunas/Barreiras	Caiçara do Norte
P-57	PAV0057	Difusa Norte	Aquífero Jandaíra	Pedro Avelino
P-59	PEN0059	Piranhas-Açu	Aquífero Aluvionar e/ou Jandaíra	Pendência
p-18	PMA0011	Difusa Norte	Aquífero Dunas/Barreiras	Porto do Mangue
p-01	SDM1451	Piancó/Piranhas/Açu	Aquífero Açu	Serra do Mel
P-62	ARO0062	Piancó/Piranhas/Açu	Aquífero Açu	Alto do Rodrigues
P-01	GAL0001	Difusa Norte	Aquífero Dunas/Barreiras/Jandaíra	Galinhos
P-58	PAV0058	Difusa Norte	Aquífero Cristalino	Pedro Avelino
P-26	ABE0026	Piranhas-Açu	Aquífero Cristalino	Afonso Bezerra
P-28	IPA0028	Piancó/Piranhas/Açu	Aquífero Aluvionar/Cristalino	Ipanguaçu
PAM-01	CAC0001	Piancó/Piranhas/Açu	Aquífero Aluvionar	Caicó
P-01	JPI0001	Piancó/Piranhas/Açu	Aquífero Cristalino	Jardim de Piranhas
P-42	LNO0042	Piancó/Piranhas/Açu	Aquífero Cristalino	Lagoa Nova
P-20	TIB0020	Difusa Norte	Aquífero Barreiras	Tibau
P-01	MOS1797	Difusa Norte	Aquífero Açu	Mossoró
P-19	ABR0019	Apodi-Mossoró	Aquífero Açu	Areia Branca
P-64	MOS0064	Apodi-Mossoró	Aquífero Açu	Mossoró
PB-94	BAR0094	Difusa Norte	Aquífero Jandaíra	Baraúnas
PB-47	BAR0047	Difusa Norte	Aquífero Jandaíra	Baraúnas

Continuação da Tabela 12.				
Poço	**Nomenclatura**	**Bacia Hidrográfica**	**Aquífero**	**Munícipio**
PB-233	BAR0233	Apodi-Mossoró	Aquífero Jandaíra	Baraúnas
PB-36	BAR0036	Difusa Norte	Aquífero Jandaíra	Baraúnas
PB-69	BAR0069	Difusa Norte	Aquífero Jandaíra	Baraúnas
P-27	ENC0072	Apodi-Mossoró	Aquífero Aluvionar/Cristalino	Encanto
P-02	MAT0002	Apodi-Mossoró	Aquífero Cristalino	Martins
P-48	PAL0048	Apodi-Mossoró	Aquífero Cristalino	Portalegre
P-34	CAR0034	Apodi-Mossoró	Aquífero Cristalino	Carnaúba
P-67	GDR0067	Apodi-Mossoró	Aquífero Jandaíra	Governador Dix-Sept Rosado
P-01	ALX0001	Apodi-Mossoró	Aquífero Cristalino	Alexandria
P-71	GDR0071	Apodi-Mossoró	Aquífero Jandaíra	Governador Dix-Sept Rosado
P-01	APO0366	Apodi-Mossoró	Aquífero Jandaíra	Apodi
P-30	UPA0030	Apodi-Mossoró	Aquífero Açu/Cristalino	Upanema
P-33	UPA0033	Apodi-Mossoró	Aquífero Açu/Cristalino	Upanema

A discussão dos resultados, sobre a qualidade das águas subterrâneas, buscou um formato para possibilitar a percepção do gestor sob os vários territórios trabalhados no Estado do RN, seja no município, na região, na bacia hidrográfica ou na dimensão do aquífero, conforme a necessidade da percepção, do gestor, naquele determinado momento. Assim, por exemplo, ao visualizar em uma tabela ou mapa as concentrações de nitrato ou outro parâmetro, por município, tanto os gestores como o cidadão usuário passa a perceber o comportamento atual dos tecidos urbanos e seus possíveis impactos na qualidade das águas subterrâneas. Quando esse mesmo parâmetro é visto nas dimensões do município e do aquífero, por exemplo, o gestor agregará além dos tecidos urbanos as questões relacionadas a hidrodinâmica do aquífero. Nessa mesma condução as demais interpretações serão agregadas aperfeiçoando as interferências da gestão, seja através dos seus instrumentos já estabelecidos ou seja, através de outra ferramenta ou mecanismo compatível com a intervenção. Nesse contexto, das várias dimensões em que as águas subterrâneas podem ser interpretadas, destaca-se o fato de que as águas subterrâneas não se apresentam igualmente as águas superficiais. A água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas do meio poroso (rochas sedimentares) ou fraturas, falhas e fissuras das rochas do meio fissural (rochas cristalinas). Já as águas superficiais, analisadas na unidade da bacia hidrográfica compreende a área na qual ocorre a drenagem de água para um rio principal e seus afluentes controlada pelas características geográficas e topográficas. No entanto, as diferentes características dos sistemas armazenadores das águas, seja da unidade do aquífero ou da unidade da bacia hidrográfica, não eximem os gestores, pesquisadores, dentre outros atores, de estarem, sempre, atentos às

relações entre as águas superficiais e subterrâneas. O presente relatório técnico, (volume II) também, compreende um tópico relacionado a caracterização hidrogeológica que contempla uma breve descrição dos principais aquíferos, no interior do Estado, no intuito de facilitar aos gestores o trato das questões ambientais e dos recursos hídricos e a compreensão em relação a vulnerabilidade destes sistemas. Estas informações são necessárias, tendo em vista que os resultados das campanhas de monitoramento serão melhores interpretados e compreendidos diante da possibilidade de fazer relações diversas tais como: a qualidade das águas subterrâneas e os diferentes tipos de rochas armazenadoras (aquíferos).

6.1 Aspectos Hidrogeológicos

A hidrogeologia do Estado do Rio Grande do Norte compreende unidades aquíferas, que por sua vez correspondem a seguinte disposição espacial, da base para o topo:

Aquífero Cristalino

O aquífero Cristalino inserido na formação geológica cristalina, constituída por gnaisses, migmatitos, granitos, micaxistos, entre outras rochas, que afloram em 60% da área territorial do Rio Grande do Norte, e que imprimem um caráter fissural ao respectivo aquífero. Geologicamente essa formação representa o embasamento da sequência estratigráfica, de modo que o arranjo espacial das formações geológicas seguintes (formações Açu, Jandaíra e Barreiras) reflete, de certa forma, os falhamentos e fraturamentos nele desenvolvidos. Geralmente se apresenta com baixo potencial hidrogeológico e com águas salinizadas, e na maioria das vezes inapropriadas para o consumo humano. No entanto, os poços tubulares que captam água desse aquífero tem importância fundamental no abastecimento difuso das comunidades rurais tanto no uso da pecuária como para uso doméstico. A vazão média específica é da ordem de 0,45 $m^3/h/m$, de modo que geralmente os usuários viabilizam o abastecimento com poços rasos que captam água dos aluviões desenvolvidos sobre o embasamento cristalino, cuja vazão especifica média é da ordem de 3 $m^3/h/m$ (SERHID 1998a).

Aquífero Açu

O aquífero Açu, cuja denominação se refere a formação Açu é composto por sedimentos arenosos com presença de alguns componentes argiloso. Conforme estudos realizados por Stein 2013 representa o sistema de maior interesse hidrogeológico da Bacia Potiguar, com profundidades de captação ente 400 aos 900 m, produzindo vazões de até 300 m^3/h. Esses

mesmos estudos dão conta de que na faixa de afloramento da Formação Açu localizada na borda sul da Bacia Potiguar, o aquífero Açu é do tipo livre e os poços têm profundidade variando entre 25 e 150 metros, apresentando vazões até 80 m³/h. A faixa norte compreende sistemas com maior potencial hidrogeológico. No que se refere a qualidade físico-química das suas águas é mencionada como "geralmente boa", podendo ser utilizada praticamente para todos os fins.

Aquífero Jandaíra

O aquífero Jandaíra, constitui-se por calcários compactos e com intercalações de argilitos, siltitos e arenitos calcíferos e é de caráter livre. Oliveira et al (2012), a partir de estudos realizados na Chapada do Apodi, destaca que essa unidade carbonática dispõe-se concordantemente sobre as Formações Açu e Quebradas, tendo sido submetida a intensos processos de carstificação, originando o aquífero Jandaíra. Na Chapada do Apodí constitui-se por mudstones e grainstones bioclásticos e intraclásticos, com eventuais intercalações de arenitos, folhelhos, margas e evaporitos. Estes mesmos estudos, demonstram que conforme resultados indicados pela geofísica, especialmente a eletrorresistividade, a Formação Jandaíra se apresenta em uma subunidade superior, bastante carstificada, com espessura estimada de 100 metros, representando o aquífero Jandaíra, e outra inferior, pouco carstificada, de menor potencial hidrogeológico.

Stein (2013) destaca que a zona produtora de água está implantada frequentemente nas fraturas e/ou cavidades cársticas (condutos, canais, cavernas, planos de estratificação carstificados, etc.), e/ou, localmente, nos níveis de arenitos calcíferos porosos e permeáveis intercalados aos calcários.

Aquífero Barreiras

O Aquífero Barreiras é composto por um conjunto de sedimentos e na maioria das vezes é caracterizado como um Sistema Único, ou seja: em algumas regiões se apresenta como livre e em outras se apresenta com características de aquífero semiconfinado. Estratigraficamente abaixo desse sistema aquífero encontram-se os materiais compostos por arenito calcífero que dependendo da profundidade do poço tubular pode-se conferir uma qualidade de água diferente daquela típica do sistema aquífero Dunas/Barreiras, tendo em vista que a perfuração pode ter atingido o arenito calcífero. Assim, as equipes técnicas que lidam com o monitoramento desses sistemas devem sempre estar atentas em relação aos aspectos físico-químicos das águas

subterrâneas desses mananciais e assim identificar se a água analisada é exclusivamente do aquífero Dunas/Barreiras ou trata-se de uma água misturada.

Os sedimentos Barreiras ocorrem ao longo de todo o litoral oriental do Rio Grande do Norte, com larguras entre 10 e 40 km e apresentam-se com espessuras que variam de 50 a 120 m, cuja porção superior é formada, em geral, por sedimentos mais argilosos. São arenitos argilosos, argilas arenosas, siltitos, argilas e intercalações de arenitos de granulação fina a grossa, com coloração geralmente avermelhada.

Os perfis litológicos dos poços tubulares mostram que na parte inferior da formação predominam arenitos de granulação fina a grossa, com intercalações argilosas de coloração predominantemente clara (creme a amarelada) e ocorrendo localmente níveis de seixos arredondados a sub-arredondados. A feição geomorfológica desta formação constitui-se por Tabuleiros Costeiros, cujas terminações na linha de costa formam as falésias adjacentes às faixas de praias atuais (AMARAL et al., 2005). Nessa linha de costa os sedimentos da formação Barreiras são recobertos por areias das formações dunares e nos vales dos rios são recobertos pelos sedimentos aluviais. As elevadas taxas de percolação e consequentes relevantes infiltrações diretas das águas de chuva, nesse sistema hidráulico único, indiferenciado e interconectado, que forma o Sistema Aquífero Dunas/Barreiras favorecem às recargas em várias localizações nas bacias hidrográficas citadas implicando assim na sua qualidade, seja para diluir as concentrações de contaminantes ou para carrear determinados contaminantes, conforme as disposições das fontes de poluição e contaminação na superfície do solo. Conforme os estudos realizados no âmbito do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, (SERHID, 1998) os valores regionais médios de transmissividade (T) para o aquífero Barreiras são próximos a $5\times10^{-3}m^2/s$. Portanto, além da existência dessa configuração de materiais porosos e permeáveis a alta potencialidade do sistema aquífero Dunas/Barreiras se deve também a conjunção com outros aspectos como climáticos, em que as séries históricas registram precipitações médias anuais da ordem de 1.500 mm, as feições geomorfológicas, já descritas, que favorecem a infiltração de águas de chuva e recarga dos aquíferos, além da interação das águas superficiais e as águas subterrâneas. Destaca-se que parte das bacias hidrográficas que conta com o sistema aquífero Dunas/Barreiras envolve uma configuração de um modelo onde as dunas exercem a relevante função de transferência das águas de chuvas para os estratos arenosos do aquífero Barreiras. No entanto, esse modelo conceitual que envolve: um sistema único e indiferenciado entre as areias das Dunas e os arenitos da formação Barreiras, além de um caráter livre, uma alta porosidade e

condutividade hidráulica das areias das dunas, tudo isso torna o sistema naturalmente vulnerável e dependendo da carga contaminante o risco para a contaminação do Sistema aquífero pode ser potencializado. Um resumo das potencialidades, profundidade e vazões médias dos poços está apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 Resumo das principais características dos aquíferos Dunas, Barreiras, Jandaira e Açu.

Aquífero	Potencialidade** ($x10^6$ m³/ano)	Prof. média dos poços (m)	Vazão média dos poços (m³/h)
Dunas	0,29	5,0	1,0
Barreiras	215,18	40 a 100	10 a 100
Cretáceo/Jandaíra	0,32	80	5 a 30
Cretáceo/Açu	0,05	250 a 400	10 a 30

Fonte: adaptado de SERHID, 1998.

* Refere-se aos volumes explotados dos aquíferos através de poços (milhões de metros cúbicos por ano).

** Refere-se às reservas explotáveis que podem ser extraídos sem comprometer o equilíbrio dos sistemas aquíferos, (milhões de metros cúbicos por ano).

6.2 Apresentação e Discussões dos Resultados

Os resultados das análises químicas das águas dos poços do Interior do RN estão apresentados, nas Tabelas 14, 15, 16 e 17 e Figuras 14 a 20. No decorrer dos textos e ilustrações foram abordados os territórios dos municípios, das regiões, das bacias hidrográficas e aquíferos no intuito de possibilitar as várias percepções da qualidade das águas subterrâneas. As discussões apresentadas, nesse item, destacam principalmente os parâmetros em desacordo com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

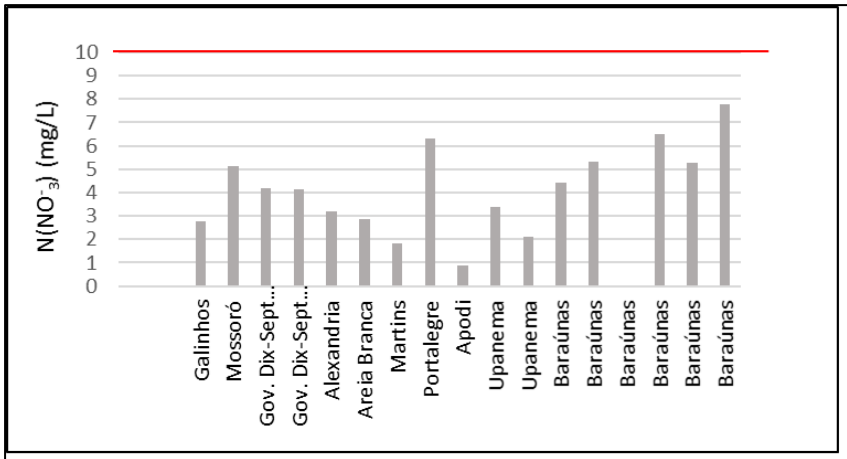
6.2.1 Nitrato

Conforme pode ser verificado nas figuras 14, 15 e 16, de um total de 50 poços monitorados em relação ao Nitrato 05 Poços (10%) destas unidades estão com concentrações de (N) no composto Nitrato N (NO^-_3) acima de 10mg/L, sendo eles localizados nos municípios Serra do Mel (15,74 mg/L), Alto do Rodrigues (24,29 mg/L), Jardim de Piranhas (14,02 mg/L), São Miguel do Gostoso (37,42 mg/L) e Pedra Grande (12,53 mg/L). Na segunda campanha 03 (7,14%) do total de poços monitorados apresentaram águas em desconformidade, sendo estes os dos municípios de Alexandria (20,27 mg/L), Jardim de Piranhas (20,84 mg/L) e São Miguel do Gostoso (31,05 mg/L).

Dentre os 17 poços monitorados nas áreas correspondentes a região Oeste Potiguar e as Bacias Hidrográficas Apodi Mossoró, e Norte de Escoamento Difuso nenhum dos poços apresentaram concentrações acima de 10,0 mg/L, figura 14.

Em relação aos 13 poços monitorados nas áreas correspondentes a região Central e as Bacias hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu e Norte de Escoamento Difuso, 03 poços apresentaram concentrações acima do limite permissível que variaram de 14,02 mg/L a 24,29 mg/L de N no composto Nitrato (NO_{-3}). Estes poços estão localizados nos municípios de Serra do Mel, Alto do Rodrigues e Jardim de Piranhas, figura 15.

Dos 20 poços monitorados, situados nas regiões Trairi, Agreste e Mato Grande e nas bacias hidrográficas Curimataú, Catu, Jacu, Trairi, Maxaranguape, Boqueirão, BHNorte e Leste de Escoamento Difuso, apenas 2 poços apresentaram concentrações acima de 10,0 mg/L de N no composto Nitrato (NO_{-3}), localizados nos municípios de São Miguel do Gostoso e Pedra Grande, Figura 16.



Bacia Hidrográfica	Aquífero	Município
Difusa Norte	Aquífero Barreiras (?)	Tibau
Difusa Norte	Aquífero Açu	Mossoró
Apodi-Mossoró	Aquífero Açu	Areia Branca
Difusa Norte	Aquífero Jandaíra	Baraúnas
Apodi-Mossoró	Aquífero Aluvionar/Cristalino	Encanto
Apodi-Mossoró	Aquífero Cristalino	Martins
Apodi-Mossoró	Aquífero Cristalino	Portalegre
Apodi-Mossoró	Aquífero Jandaíra	Governador Dix-Sept Rosado
Apodi-Mossoró	Aquífero Cristalino	Alexandria
Apodi-Mossoró	Aquífero Jandaíra	Apodi
Apodi-Mossoró	Aquífero Açu/Cristalino	Upanema
Apodi-Mossoró	Aquífero Açu/Cristalino	Upanema

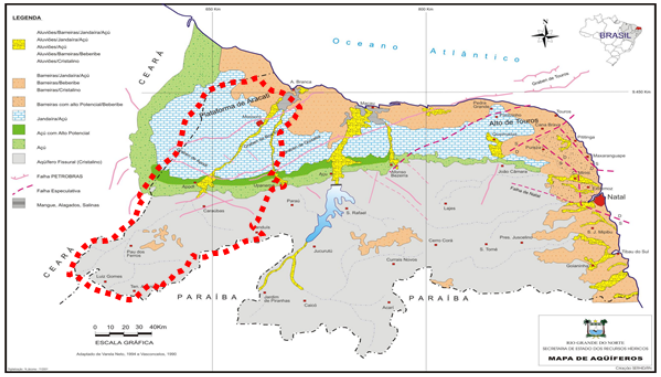
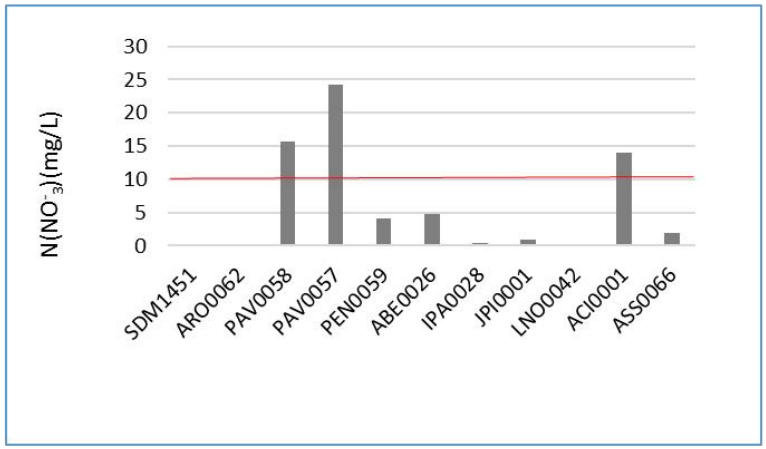
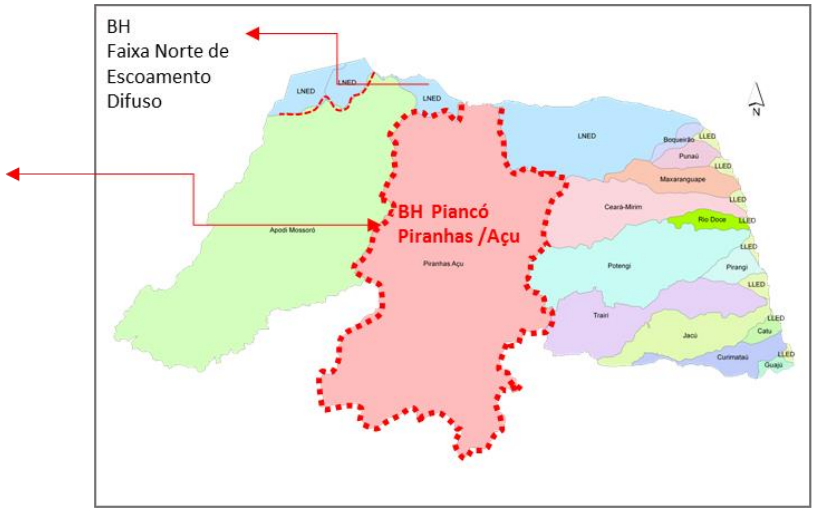


Figura 14 Comportamento do $N(NO^{-}_{3})$ nas dimensões dos municípios, aquíferos e bacias hidrográficas Apodi Mossoró e Norte de escoamento difuso.

VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 – Padrão para águas classe 02





Bacia Hidrográfica	Aquífero	Município
Piranhas-Açu	Aquífero Açu	Serra do Mel
Piranhas-Açu	Aquífero Açu	Alto do Rodrigues
Piranhas-Açu	Aquífero Cristalino	Afonso Bezerra
Piranhas-Açu	Aquífero Aluvionar/Cristalino	Ipanguaçu
Piranhas-Açu	Aquífero Aluvionar	Caicó
Piranhas-Açu	Aquífero Cristalino	Jardim de Piranhas
Piranhas-Açu	Aquífero Cristalino	Lagoa Nova

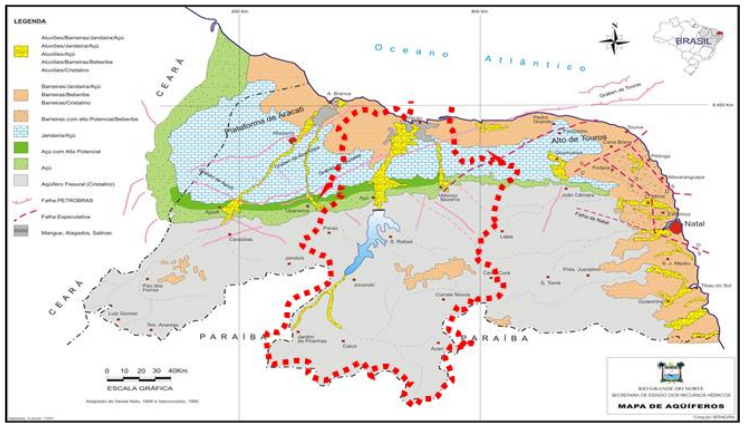
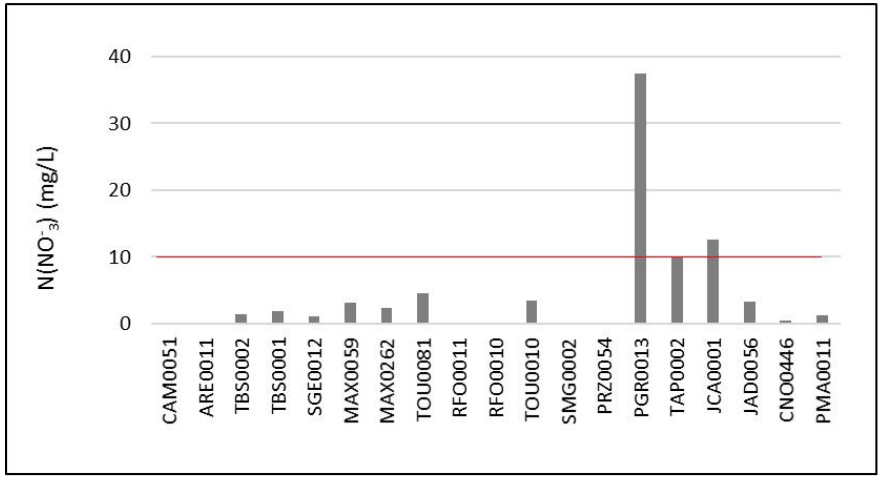
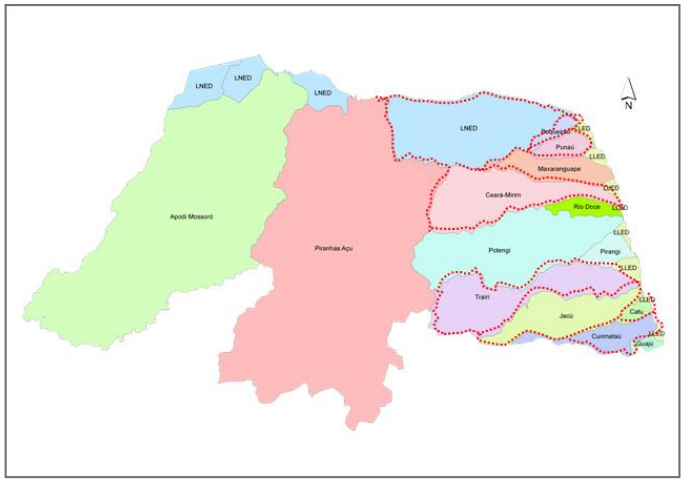


Figura 15 Comportamento do $N(NO^{-}_{3})$ nas dimensões dos municípios, aquíferos e bacias hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu/e Norte de Escoamento Difuso.

——— VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 – Padrão para águas classe 02





Bacia Hidrográfica	Aquífero	Município
Difusa Leste	Aquífero Dunas/Barreiras	Baia Formosa
Curimataú		Canguaretama
Jacu		Ares
CATU		Tibau do Sul
Trairí		Senador Georgino Avelino
Maxaranguape		Maxaranguape
Punaú		Touros
Difusa Leste		Rio do Fogo
Boqueirão		Touros
Boqueirão		São Miguel do Gostoso
Difusa Norte	Aquífero jandaíra	Parazinho
Difusa Norte	Aquífero Cristalino	Pedra Grande
Ceará Mirim	Aquífero Cristalino	Taipu
Ceará Mirim	Aquífero Cristalino	João Câmara
Difusa Norte	Aquífero Cristalino	Jandaíra
Difusa Norte	Aquífero Dunas/Barreiras	Caiçara do Norte
Difusa Norte	Aquífero dunas/Barreiras	Porto do Mangue

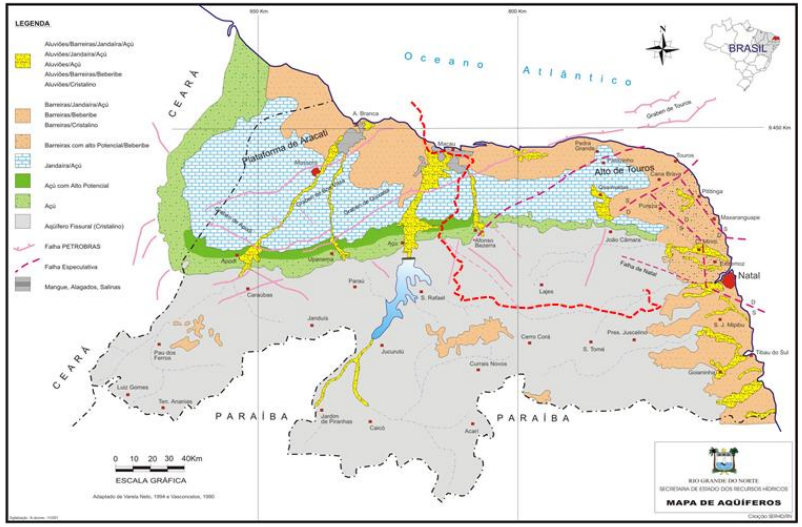


Figura 16 Comportamento do $N(NO^{-}_{3})$ nas dimensões dos municípios, aquíferos e bacias hidrográficas da região leste do RN.

——— VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 – Padrão para águas classe 02

6.2.2 Comportamento dos Íons Cloreto, Sulfato, Sódio e STD

Nas Tabelas 14, 15 e 16 são destacados os poços, e suas respectivas localizações e concentrações de Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Sulfato e Cloreto e segundo as interpretações realizadas verificou-se o seguinte comportamento, conforme pode ser observado nas figuras 17, 18 e 19. Com base na potabilidade de água para abastecimento humano, Resolução CONAMA 396/2008, dentre 50 poços monitorados, verificou-se a seguinte situação:

16 Poços, o equivalente a 32 % dos poços monitorados em relação ao Cloreto, possuem água com concentração de Cloreto acima do permitido (250 mg/L), sendo eles localizados em Baraúnas, Governador Dix Sept-Rosado, Mossoró, Alto do Rodrigues, Jardim de Piranhas, Lagoa Nova, Serra do Mel, Taipú, Baraúnas, Caiçara do Norte, Parazinho, Tenente Laurentino, Pedra Grande, Pedro Avelino e Galinhos, o último com o poço apresentando a maior concentração (2385,42 mg/L).

04 Poços (8,0%) de um total de 50 poços monitorados em relação ao Sulfato apresentaram concentrações de Sulfato acima do permitido (250 mg/L) e estão localizados em Galinhos (388,89 mg/L), Serra do Mel (492, 30 mg/L), Alto do Rodrigues (392, 90 mg/L) e Baraúna com maior concentração (822,0 mg/L).

10 poços (20%) do total de 50 monitorados, em relação ao Sódio, apresentam concentrações de Sódio acima do valor máximo permitido (200 mg/L), localizados em Serra do Mel (410,71 mg/L), Mossoró (281,0 mg/L), Alto do Rodrigues (440,48 mg/L), Acari (244,44 mg/L), Tenente Laurentino (501,83 mg/L), Jardim de Piranhas (229,03 mg/L), Lagoa Nova (518,50 mg/L), , Pedra Grande (296,77mg/L) e Taipu (212,50 mg/L), estando o poço de Galinhos com a maior concentração de sódio (1.265,0 mg/L).

Dos 50 poços monitorados, em relação ao STD , 18 (36%) apresentaram STD excedente ao valor máximo permitido de 1000 mg/L, localizados nos municípios de Areia Branca (mg/L), Baraúnas (1.460mg/L, 1.380mg/L, 1.030mg/L, mg/L e 1.284mg/L), Governador Dix-Sept Rosado (1.820mg/), Mossoró (2.604 mg/L), Alto dos Rodrigues (2.441,60mg/L), Jardim de Piranhas (1.549,20mg/L), Lagoa Nova (2.242,50mg/L), Acari (1.538,40 mg/L), Serra do Mel (3.267,60mg/L), Taipu (10992,4mg/L), Caiçara do Norte (1.290 mg/L), Galinhos (5.250 mg/L), Parazinho (2.138,0 mg/L mg/L), Pedra Grande (2088,00 mg/L) e Pedro Avelino (1.504 mg/L), Tenente Laurentino (2.593,60 mg/L), Figuras 17 a 19.

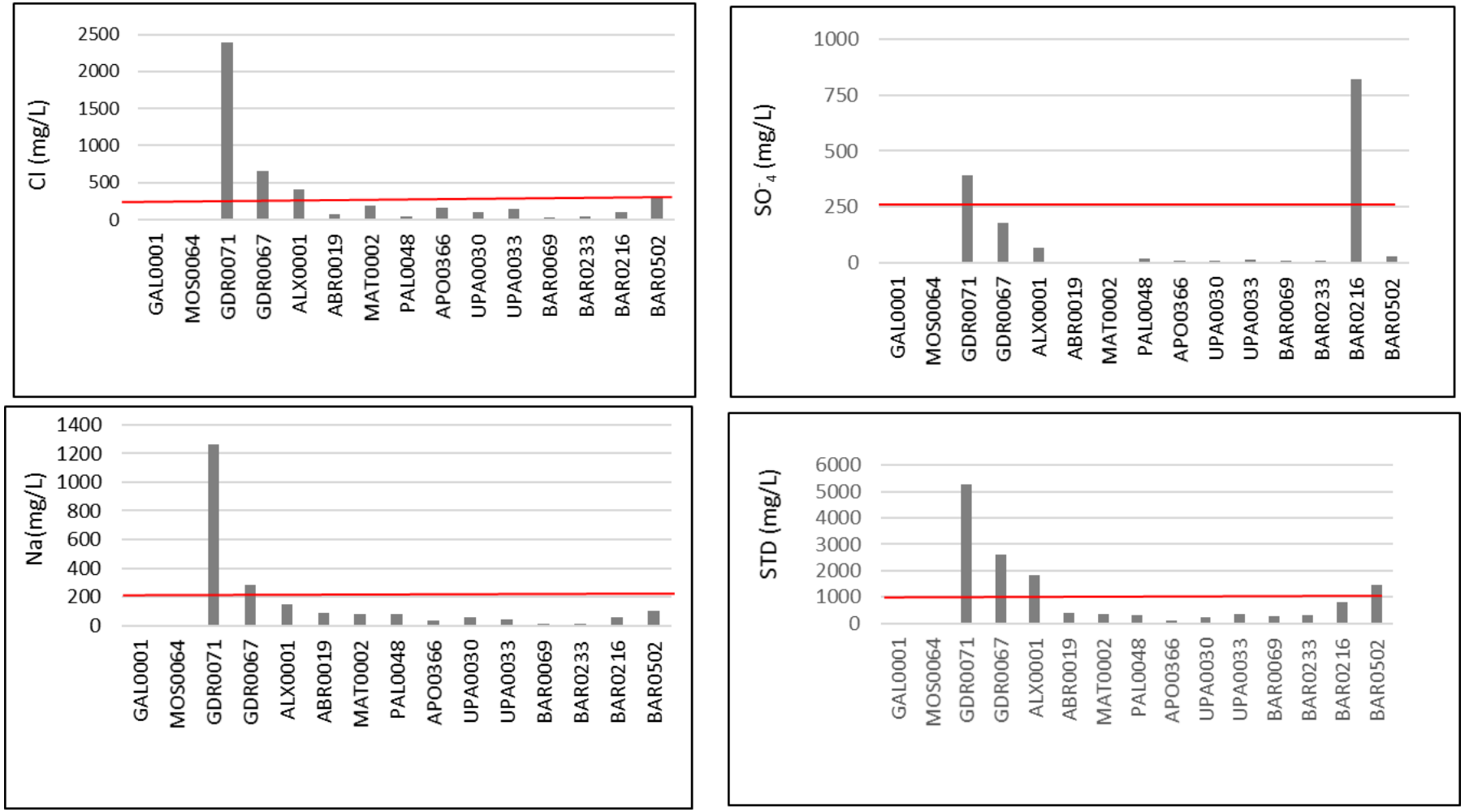


Figura 17 Comportamento do Cloreto, Sulfato, STD e Sódio nas dimensões dos municípios das bacias hidrográficas Apodi Mossoró e Norte de Escoamento Difuso.

VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 – Padrão para águas classe 02

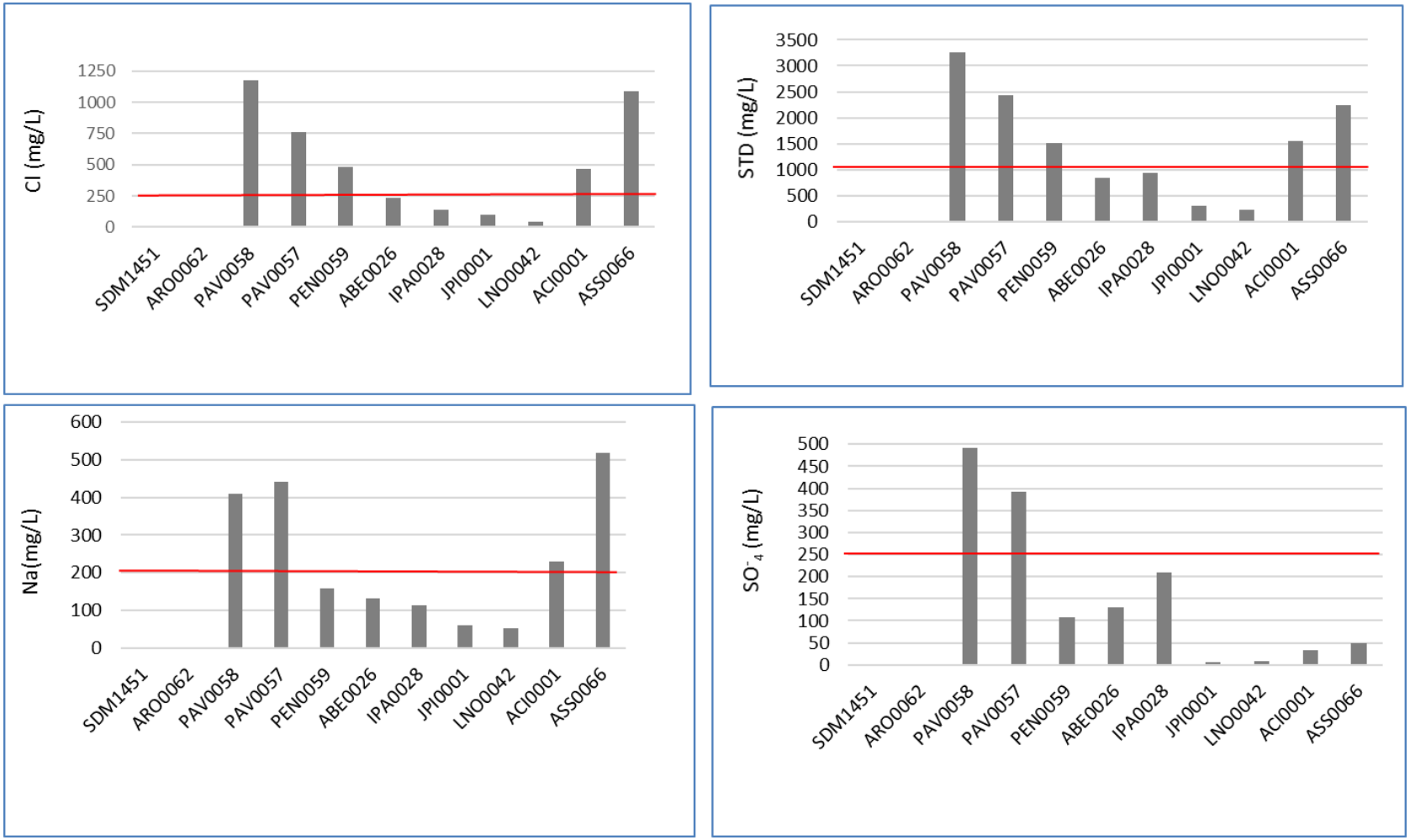


Figura 18 Comportamento do Cloreto, Sulfato, STD e Sódio nas dimensões dos municípios das bacias hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu e Norte de Escoamento Difuso.

VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 – Padrão para águas classe 02

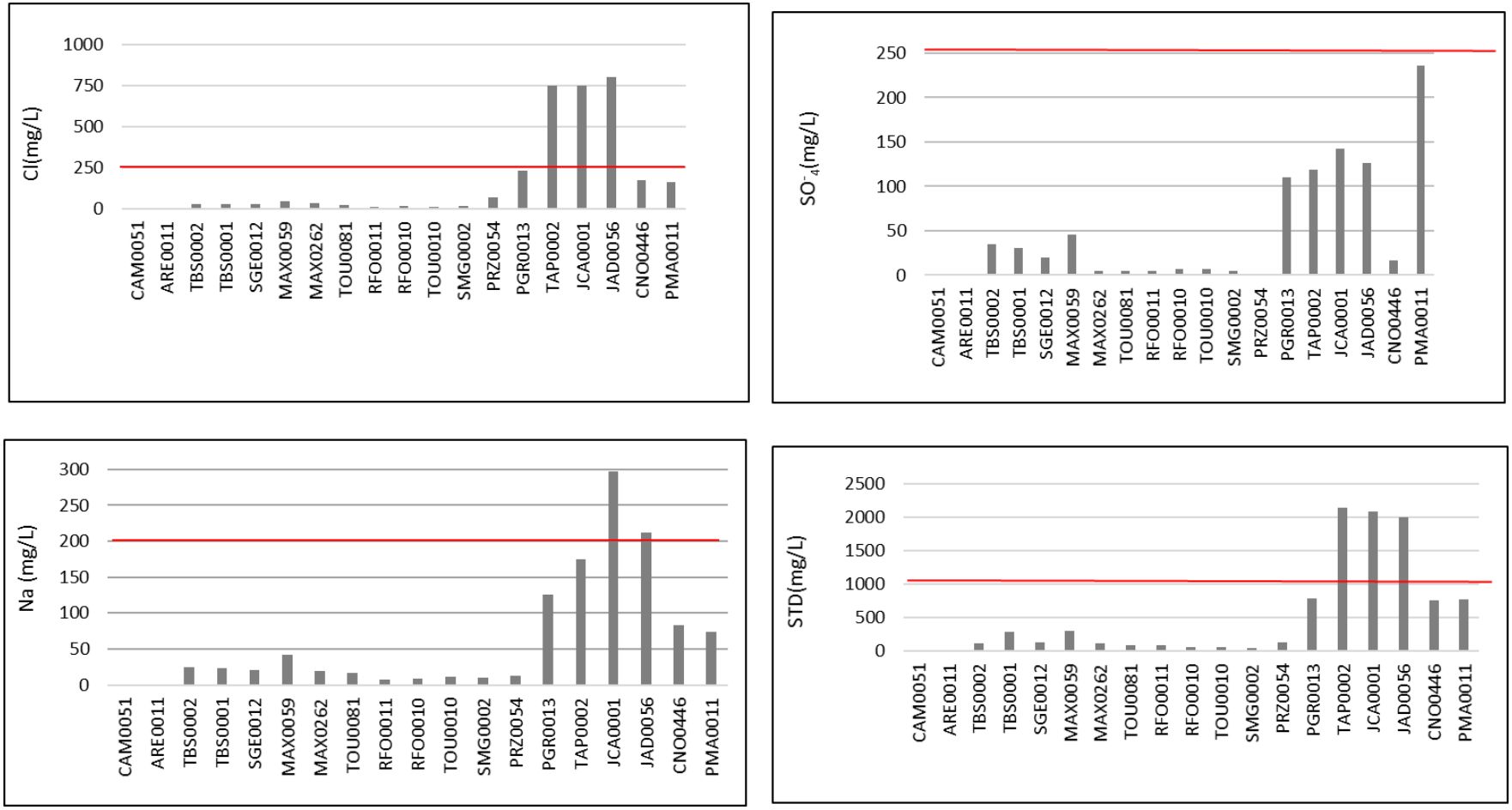


Figura 19 Comportamento do Cloreto, Sulfato, STD e Sódio nas dimensões dos municípios das bacias da região Leste do RN.

VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 – Padrão para águas classe 02

Tabela 14 Resultados das análises dos poços monitorados nas Bacias Hidrográficas Apodi/Mossoró e Norte de Escoamento Difuso - Abril/2015.

Poço	Município	Sódio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	N(NO-3) (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)
VMP*		200	0,3	250	250	10	1000
GAL0001	Galinhos	1265,00	0,11	388,89	2385,42	2,75	5250,80
MOS0064	Mossoró	281,00	0,01	176,82	658,00	5,15	2604,00
GDR0071	Gov. Dix-Sept Rosado	150,70	0,02	63,78	406,00	4,18	1820,00
GDR0067	Gov. Dix-Sept Rosado	87,20	0,02	2,17	70,00	4,13	414,00
ALX0001	Alexandria	82,00	0,01	0,65	189,00	3,17	344,00
ABR0019	Areia Branca	83,90	0,02	16,82	49,00	2,85	324,00
MAT0002	Martins	32,70	0,02	9,17	154,00	1,82	94,00
PAL0048	Portalegre	60,90	0,02	7,17	105,00	6,33	216,00
APO0366	Apodi	42,40	0,02	11,54	140,00	0,87	352,00
UPA0030	Upanema	15,20	0,02	5,08	35,00	3,38	282,00
UPA0033	Upanema	13,00	0,02	8,46	49,00	2,08	330,00
BAR0069	Baraúnas	57,40	0,02	822,00	101,00	4,43	822,00
BAR0233	Baraúnas	101,80	0,02	28,98	308,00	5,30	1460,00
BAR0216	Baraúnas	54,30	0,30	14,96	91,00	<1,00	342,00
BAR0502	Baraúnas	89,70	0,02	28,63	245,00	6,48	1380,00
BAR0100	Baraúnas	65,90	0,02	22,23	182,00	5,28	1030,00
BAR0298	Baraúnas	76,60	0,02	48,23	154,00	7,77	1284,00

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

Tabela 15 Resultados das análises dos poços monitorados nas Bacias Hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu e Norte de Escoamento Difuso- Abril, 2015.

ID	Município	Sódio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	N(NO-3) (mg/L)	STD (mg/L)
VMP*		200	0,3	250	250	10	1000
SDM1451	Serra do Mel	410,71	0,25	492,30	1176,14	15,74	3267,60
ARO0062	Alto do Rodrigues	440,48	0,01	392,90	762,01	24,29	2441,60
PAV0058	Pedro Avelino	158,33	0,20	107,62	480,40	4,01	1504,00
PAV0057	Pedro Avelino	132,14	0,06	131,28	231,92	4,83	834,80
PEN0059	Pendência	114,28	0,08	209,88	142,46	0,44	940,95
ABE0026	Afonso Bezerra	60,00	0,11	5,64	102,71	0,88	296,80
IPA0028	Ipanguaçu	52,72	0,89	9,09	46,38	0,10	220,00
JPI0001	Jardim de Piranhas	229,03	0,05	33,00	469,41	14,02	1549,20
LNO0042	Lagoa Nova	518,50	0,33	49,08	1089,82	1,86	2242,50
ACI0001	Acarí	244,44	0,72	39,51	475,98	0,00	1538,40
ASS0066	Assu	29,41	0,04	4,97	92,77	5,35	480,00
TLT0039	Tenente Laurentino	601,83	0,09	9,57	1272,00	6,81	2593,60
CNS0001	Currais Novos	86,84	0,03	9,50	42,67	5,92	499,60

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

Tabela 16 Resultados das análises dos poços monitorados nas Bacias Hidrográficas Curimataú, Catu, Jacu, Trairi, Maxaranguape, Boqueirão, Norte e Leste de Escoamento Difuso- Abril, 2015.

ID	Município	Sódio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	N(NO-3) (mg/L)	STD (mg/L)
CAM0051	Canguaretama	24,76	2,66	35,00	28,16	1,36	113,32
ARE0011	Ares	23,80	0,14	30,16	29,82	1,94	286,14
TBS0002	Tibau do Sul	20,95	0,56	20,25	28,16	1,05	120,69
TBS0001	Tibau do Sul	41,43	0,19	46,00	49,70	3,13	295,46
SGE0012	Sen. G.Avelino	19,00	0,19	4,90	33,13	2,32	113,39
MAX0059	Maxaranguape	16,48	0,08	5,00	23,19	4,49	87,09
MAX0262	Maxaranguape	7,57	0,09	5,06	14,91	0,00	76,43
TOU0081	Touros	8,92	0,09	6,79	16,57	0,00	48,89
RFO0011	Rio do Fogo	11,89	0,07	7,28	11,91	3,47	60,38
RFO0010	Rio do Fogo	10,45	0,33	5,13	18,22	0,00	42,49
TOU0010	Touros	12,43	0,09	0,00	69,19	0,00	122,24
SMG0002	São M.do Gostoso	125,00	0,14	110,00	231,92	37,42	785,00
PRZ0054	Parazinho	175,00	0,14	118,34	748,76	9,94	2138,00
PGR0013	Pedra Grande	296,77	0,18	142,01	752,07	12,53	2088,00
TAP0002	Taipu	212,50	1,17	126,67	801,77	3,23	1992,40
JCA0001	João Câmara	83,63	0,47	16,44	175,59	0,47	756,80
JAD0056	Jandaíra	73,80	0,14	236,21	165,65	1,19	769,60
CNO0446	Caiçara do Norte	110,05	0,13	60,00	361,13	7,71	1290,00
PMA0011	Porto do Mangue	64,21	0,01	36,96	46,38	0,08	321,10

6.2.3 Ferro

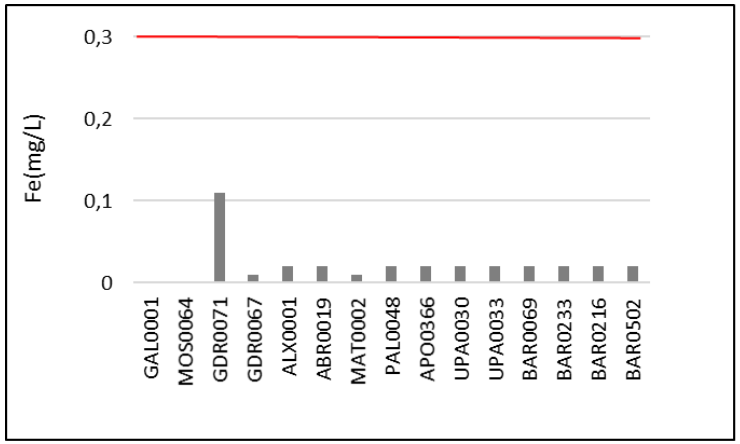
Em relação a ocorrência de Ferro, 09 (18%) de 50 poços monitorados, Tabelas 14 a 17 e Figura 20, apresentam concentrações de Ferro acima do valor máximo permitido, conforme a Resolução CONAMA N° 396/2008 / Padrão para águas classe 02, que é de 0,3 mg/L. Estas ocorrências foram nas bacias hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu e Bacias da parte Leste do Estado. Os municípios da bacia hidrográfica Piancó/Piranhas/Açu foram: Ipanguaçu (IPA 0028) com 0,89 mg/L; Lagoa Nova (LN00042) com 0,35 mg/L e Acari (ACI 0001) com 0,72 mg/L. Os municípios das bacias hidrográficas da parte Leste do Estado do RN foram: Canguaretama (CAM0051) com 2,66 mg/L; Tibau do Sul (TBS0002) 0,56 mg/L; Taipu (TAP0002) 1,17 mg/L, João Câmara (JCA0001) 0,47 mg/L, Baia Formosa (BFO001) 0,62 mg/L e Rio do Fogo (RFO0010) com 0,33 mg/L.

Igualmente as interpretações que constam no Relatório Técnico de 2014, observa-se, também, que as ocorrências de Ferro fora do padrão, quando correlacionadas com os valores de pH verifica-se que tanto em meio ácido como básico, ocorreram concentrações de ferro acima do padrão de potabilidade (0,3 mg/L). Pode-se atribuir a presença de ferro a própria constituição mineralógica das rochas sedimentares da formação Barreiras (Canguaretama e Tibau do Sul) ou nas formações geológicas de coberturas sedimentares (Lagoa Nova) ou nas formações do embasamento cristalino (Ipanguaçu, Lagoa Nova, Acari, Taipu e João Câmara).Para tal confirmação se faz necessárias a realização de análises dos perfis litológicos, como também ampliar a quantidade de amostras para análises químicas, tendo como foco a respectiva investigação. Além destas observações, considerar a importância do mapeamento das fontes potenciais de contaminação no entorno dos poços tubulares.

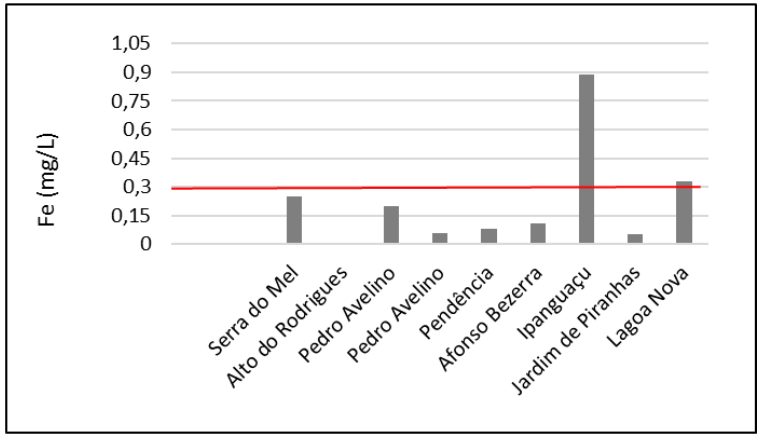
Tabela 17 Ocorrências de Ferro acima do valor permitido, conforme a Resolução CONAMA 396/2008.

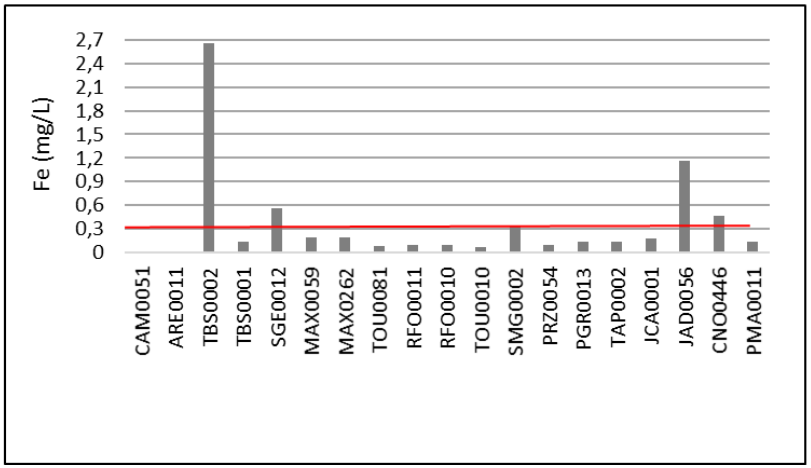
Bacias Hidrográficas	ID	Município	Ferro	pH
Municípios da Bacia Hidrográfica Piancó/Piranhas/Açu	IPA0028	Ipanguaçu	0,89	8,30
	LNO0042	Lagoa Nova	0,33	3,70
	ACI0001	Acarí	0,72	6,90
Municípios das Bacias Hidrográficas da parte Leste do RN	CAM0051	Canguaretama	2,66	5,00
	TBS0002	Tibau do Sul	0,56	5,80
	BFO0001	Baia Formosa	0,62	6,50
	RFO0010	Rio do Fogo	0,33	7,02
	TAP0002	Taipu	1,17	7,10
	JCA0001	João Câmara	0,47	7,90

Bacias Hidrográficas Apodi/Mossoró e Norte de Escoamento difuso



Bacias Hidrográficas Piancó/Piranhas/Açu e Norte de Escoamento difuso





Poços localizados nas Bacias da região leste do Estado

Figura 20 Comportamento do Ferro nas dimensões dos municípios das bacias Hidrográficas do RN.

VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 – Padrão para águas classe 02

6.2.4 - Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados aos Indicadores Biológicos

De acordo com a Resolução CONAMA 396/2008, a água utilizada para beber e preparar alimentos deve ser isenta de microrganismos patogênicos. Diante dessa preconização, verificou-se que dos 44 poços monitorados, quanto aos coliformes totais e termotolerantes durante a campanha de Abril/2015, 08 poços apresentaram ausência de coliformes totais e termotolerantes, tabela 18. Na campanha de 2014 todos 50 poços monitorados apresentaram desconformidade com a Resolução CONAMA 396/2008. Portanto, enfatizam-se, aqui, algumas considerações, que muitas destas, já vêm sendo destacadas pela equipe do IGARN, desde a primeira campanha do Programa Água Azul:

(i) A exemplo dos resultados das campanhas anteriores as desconformidades continuam significativas;

(ii) 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;

(iii) A definição de um perímetro de proteção, principalmente para os poços que tem captação para o consumo humano;

(iv) Articulação entre os órgãos gestores, afins com a temática, no sentido de realizar orientação ao usuário sobre a importância da área de proteção do poço, desinfecção e manutenção do poço, como também o manuseio correto durante o bombeamento;

Tabela 18 Resultados das análises quanto aos coliforme totais e termotolerantes.

Local da coleta	Poço	Nomenclatura	Bacia	Munícipio	Coliformes Totais (UFC/100 mL)	Coliformes Termo. (UFC/100 mL)
Vila Rio Grande do Sul	p-01	SDM1451	Piranhas-Açu	Serra do Mel	1600	1000
Distrito Estreito	P-62	ARO0062	Piranhas-Açu	Alto do Rodrigues	103	84
Colégio	P-01	GAL0001	Difusa Norte	Galos	3400	122
Fazenda Laginha	P-58	PAV0058	Difusa Norte	Pedro Avelino	42	34
Chafariz I	P-26	ABE0026	Piranhas-Açu	Afonso Bezerra	3500	3200
Sede CAERN	P-28	IPA0028	Piranhas-Açu	Ipanguaçu	4200	3400
Assentamento Palheiros I	P-66	ASS0066	Piranhas-Açu	Assu	32	24
Sítio Maracujá - José Jerry	P-01	JPI0001	Piranhas-Açu	Jardim de Piranhas	1203,3	14,6
Granja Adelson	P-42	LNO0042	Piranhas-Açu	Lagoa Nova	488,4	155,3
Escritório CAERN P03	P-19	ABR0019	Apodi-Mossoró	Areia Branca	Ausente	Ausente
Comunidade Santo Antônio (Santana)	P-64	MOS0064	Apodi-Mossoró	Mossoró	170	17
Fazenda Melão Cristal	PB-233	BAR0233	Apodi-Mossoró	Baraúnas	50	17
Vertente	PB-298	BAR0298	Apodi-Mossoró	Baraúnas	280	33
Moinho Novo	PB-216	BAR0216	Difusa Norte	Baraúnas	50	0
Primavera	PB-502	BAR0502	Difusa Norte	Baraúnas	350	30
Baixa da Aroeira	PB-36	BAR0036	Difusa Norte	Baraúnas	181	50
Mata Burro - Fazenda Líder	PB-69	BAR0069	Difusa Norte	Baraúnas	90	< 2
CAERN Aluvião	P-27	ENC0072	Apodi-Mossoró	Encanto	< 2	< 2
Chafariz Martins	P-02	MAT0002	Apodi-Mossoró	Martins	< 2	< 2
Terminal turistico da Bica	P-48	PAL0048	Apodi-Mossoró	Portalegre	900	< 2
CAERN P01	P-34	CAR0034	Apodi-Mossoró	Carnaúba	> 1600	> 1600
Umbuzeiro de Cima	P-39	TLT0039	PIRANHAS-AÇU	Tenente Laurentino	>2419,06	20,1

Continuação da Tabela 18

Local da coleta	Poço	Nomenclatura	Bacia	Munícipio	Coliformes Totais (UFC/100 mL)	Coliformes Termo. (UFC/100 mL)
Praia de Sagi	P-001	BFO0001	Difusa Leste	Baia Formosa	256	168
Barra de Cunhaú	P-05-1	CAM0051	Curimataú	Canguaretama	36	2
Escritório da CAERN P-01	P-01-1	ARE0011	Jacu	Ares	Ausente	Ausente
Praia de Pipa CAERN P-01	P-01	TBS0002	CATU	Tibau do Sul	Ausente	Ausente
Praia de Tibau do Sul P-01	P-01	TBS0001	CATU	Tibau do Sul	16	4
Baixa do Dutra - CAERN	P-01-2	SGE0012	Trairí	Senador Georgino Avelino	104	24
Poço Escritório SAAE	PS-0059	MAX0059	Maxaranguape	Maxaranguape	6	4
Praia de Caraubas - Poço SAAE	PS-0262	MAX0262	Difusa Leste	Maxaranguape	32	24
Poço Assentamento Golandim	PS-0081	TOU0081	Punaú	Touros	7	4
Poço SAAE - Punau	P-11	RFO0011	Difusa Leste	Rio do Fogo	Ausente	Ausente
Escritório SAAE	P-02	RFO0010	Difusa Leste	Rio do Fogo	Ausente	Ausente
Escritório SAAE	P-10	TOU0010	Boqueirão	Touros	Ausente	Ausente
Colégio Olimpio Teixeira	P-02	SMG0002	Boqueirão	São Miguel do Gostoso	21	13
Granja Deus Seja Louvado	P-54	PRZ0054	Difusa Norte	Parazinho	Ausente	Ausente
Associação Rural Alto da Aroeira	P-13	PGR0013	Difusa Norte	Pedra Grande	166	4
Sítio Pau D'Àgua - Ingá	P-01	TAP0002	Ceará Mirim	Taipu	134	43
Assentamento Lajeado	P-01	JCA0001	Ceará Mirim	João Câmara	4100	82
Sede Escritório CAERN	P-56	JAD0056	Difusa Norte	Jandaíra	3400	1700
Fazenda Cabeço	PS-0446	CNO0446	Difusa Norte	Caiçara do Norte	61	19
Fazenda EMPARN	P-57	PAV0057	Difusa Norte	Pedro Avelino	171	125
CAERN P-04 Mulungu	P-59	PEN0059	Piranhas-Açu	Pendência	Ausente	Ausente
CAERN P02	p-18	PMA0011	Difusa Norte	Porto do Mangue	1500	1200

6.2.5 Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados a Presença de Agrotóxicos no Município de Baraúnas

No que diz respeito às análises dos agrotóxicos, apenas os poços localizados no município de Baraúnas, foram amostrados para determinação da presença de agrotóxicos. A seleção do município de Baraúna para as análises de agrotóxicos se justifica pelos registros de estudos anteriores em relação a presença de nitrato em uma área rural, onde existe a prática da agricultura irrigada. Melo *et al*. (2007) destaca estudos de FERNANDES *et al. (*2005) que menciona sobre a utilização do cloreto de potássio (KCl) como fertilizante na agricultura da Chapada do Apodi, no qual o íon potássio é facilmente assimilado pelo sistema solo-planta, enquanto que o íon cloreto, que é conservativo, é carreado para o aquífero, tornando-se fonte de salinização das águas. Melo et al. Discute sobre as elevadas concentrações de nitrato, que na época foram constatadas concentrações nas faixas de entre 7,0 a 22,0 mg/L de N, estando a maioria dos poços com concentrações superiores a 10 mg/L de N, que é o limite estabelecido pela Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) para o consumo humano, o que se atribuiu a intensa prática da agricultura irrigada com o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Na campanha de 2014, as amostras dos 05 poços analisados em Baraúnas, quanto à presença de $N(NO^{-}_{3})$, apresentaram concentrações de N acima de 10 mg/L, variando entre 19,56 a 47,46 mg/L, conforme Tabela 19(a). No entanto, na campanha de abril de 2015 todos os poços apresentaram concentrações de $N(NO^{-}_{3})$ abaixo de 10 mg/L, inclusive 02 dos poços que, também, foram monitorados na campanha de 2014, conforme pode ser observado nas Tabelas 19 (a) e (b).

Tabela 19 Comparação entre os resultados de $N(NO^{-}_{3})$ nas campanhas de 2015 e 2014.

(a) Resultados da Campanha de 2014

ID	Municipio	NO-3
BAR0094	Baraúnas	19,563
BAR0047	Baraúnas	38,8
BAR0233	Baraúnas	47,46
BAR0036	Baraúnas	36,97
BAR0069	Baraúnas	40,1

(b) Resultados da Campanha de 2015 e comparação entre 2 dos mesmos poços monitorados nas campanhas de 2014 e 2015.

Poço	Município	Nitrato (N) 2014	Nitrato (N) 2015
VMP*		10	10
BAR0069	Baraúnas	40,1	4,43
BAR0233	Baraúnas	47,46	5,30
BAR0216	Baraúnas	-	<1,00
BAR0502	Baraúnas	-	6,48
BAR0100	Baraúnas	-	5,28
BAR0298	Baraúnas	-	7,77

Em relação a presença de agrotóxicos, os resultados das análises indicaram a ausência de contaminação da água por agrotóxicos, nos 06 poços analisados, igualmente às campanhas anteriores. A Tabela 20 representa os parâmetros e os resultados obtidos, que foram iguais nas 06 amostras (BAR069, BAR0233, BAR0216, BAR0502, BAR0100 e BAR0298). Diante do exposto, aborda-se nesse relatório as mesmas considerações registradas pela equipe do IGARN, nos relatórios anteriores, sobre a afirmação da ausência de agrotóxicos nas águas subterrâneas no município de Baraúnas, no entanto com os seguintes destaques: "Existe a possibilidade de contaminação anterior e a coleta ter sido feita posteriormente a um intervalo de várias meias-vidas". A equipe destaca, ainda, a 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. Nessa mesma condução de raciocínio, ressalta-se que 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.

Tabela 20 Resultados das análises de agrotóxicos no município de Baraúnas.

PARÂMETRO	UNIDADE	LD	LQ	VMP	BRANCO	RESULT.
2,4-D	µg/L	0,015	0,05	30	< LD	< LD
Alaclor	µg/L	0,003	0,01	20	< LD	< LD
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	µg/L	0,9	3	10	< LD	< LD
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,0009	0,003	0,03	< LD	< LD
Atrazina	µg/L	0,015	0,05	2	< LD	< LD
Bentazona	µg/L	0,015	0,05	300	< LD	< LD
Carbofurano	µg/L	0,3	1	7	< LD	< LD
Clordano (Cis + Trans)	µg/L	0,003	0,01	0,2	< LD	< LD
Clorotalonil	µg/L	0,015	0,05	30	< LD	< LD
Clorpirifós	µg/L	0,3	1	30	< LD	< LD
DDT (p,p-DDT + p,p-DDE+ p,p-DDD)	µg/L	0,009	0,03	2	< LD	< LD
Endossulfan (a + b + Sulfato)	µg/L	0,015	0,05	20	< LD	< LD
Endrin	µg/L	0,003	0,01	0,6	< LD	< LD
Glifosato + AMPA	µg/L	0,04	0,15	500	< LD	< LD
Heptacloro e heptacloro epóxido	µg/L	0,0009	0,003	0,03	< LD	< LD
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,015	0,05	1	< LD	< LD
Lindano (gama HCH)	µg/L	0,0015	0,005	2	< LD	< LD
Malation	µg/L	0,003	0,01	190	< LD	< LD
Metolacloro	µg/L	0,015	0,05	10	< LD	< LD
Metoxicloro	µg/L	0,015	0,05	20	< LD	< LD
Molinato	µg/L	0,015	0,05	6	< LD	< LD
Pendimentalina	µg/L	0,015	0,05	20	< LD	< LD
Pentaclorofenol	µg/L	0,015	0,05	9	< LD	< LD
Permetrina	µg/L	0,015	0,05	20	< LD	< LD
Propanil	µg/L	0,015	0,05	20	< LD	< LD
Simazina	µg/L	0,03	0,1	2	< LD	< LD
Trifluralina	µg/L	0,015	0,05	20	< LD	< LD

6.3 Considerações Finais Sobre os Resultados das Análises dos Poços nos Demais Municípios do Interior do Estado do RN

A primeira campanha de 2015, no mês de abril, compreendeu 50 poços que tiveram suas águas coletadas para análises físico-químicas e biológicas. Tendo como referência a Resolução CONAMA 396/2008, que estabelece os valores máximos permissíveis para o Nitrato, Cloreto, Sódio, Sulfato, Sólidos Totais Dissolvidos e Ferro, foram verificadas as seguintes situações que estão em desconformidade com a respectiva Resolução:

Nitrato: 05 poços (10%), dos poços monitorados, apresentaram concentrações de (N) no composto Nitrato (NO-3) iguais ou acima de 10 mg/L.

Sódio: 10 poços (20%), dos poços monitorados, apresentaram concentrações de Sódio iguais ou acima de 200 mg/L, com valores variando de 212,50 mg/L a 1265,0 mg/L.

Cloreto, 16 (32%), dos poços monitorados apresentaram concentrações de Cloreto iguais ou acima de 250 mg/L, com valores variando de 308 mg/L a 2385,42 mg/L.

Sólidos Totais Dissolvidos: 18 (36%), dos poços monitorados, apresentaram concentrações iguais ou acima de 1000 mg/L, com valores variando de 1030 mg/L a 5250,80 mg/L.

Ferro: dos 50 poços monitorados 09 (18%), dos poços monitorados, apresentaram concentrações de Ferro iguais ou acima de 0,30 mg/L, com valores variando de 0,30 mg/L a 2,66 mg/L.

Conforme as interpretações dos resultados, conjectura-se que os mecanismos de contaminação por nitrato, dos poços monitorados, principalmente os poços localizados nas áreas urbanas, poderão estar associados às presenças de fossas e à má construção dos sistemas sépticos, como também ao maior tempo de atividade urbana combinado com a vulnerabilidade do sistema hidrogeológico, seja o meio poroso ou fissural. Assim, recomenda-se que informações, dessa natureza, na medida do possível, sejam adicionadas à rede de monitoramento para dar suporte às interpretações. Nesse caso, o Banco de Dados deverá compreender informações, além dos resultados das análises físicas, químicas e biológicas. Este sistema de suporte à gestão das águas subterrâneas, seja no meio urbano ou não, ele é de grande valia para as intervenções do órgão gestor, principalmente no que se refere ao fechamento dos

poços, cujas águas estão contaminadas. Nessa perspectiva, verifica-se as várias possibilidades de estudos e investigações, junto às instituições de pesquisa, como também de articulação com às instituições afins, além das discussões nos órgãos colegiados, como os Comitês de Bacias e os Conselhos, visando a solução do problema.

No que se referem as elevadas concentrações de Cloreto e de Sólidos Totais Dissolvidos, especificamente o poço de Galinhos, igualmente a campanha de 2014, destaca-se um conjunto de fatores endógenos e exógenos que poderão atuarem na salinização da água subterrânea. Investigações específicas são necessárias para a verificação dos mecanismos de salinização local. Conforme registros do Diagnóstico do município de Galinhos realizado pela CPRM, em 2005 verificou-se a predominância de águas salobras e salinas em 85% dos 40 poços amostrados. Este mesmo levantamento indica que o município de Galinhos está inserido, geologicamente, na Província Borborema, cuja constituição geológica compreende os sedimentos da Formação Jandaíra, do Grupo Barreiras e pelos depósitos Aluvionares. Vale destacar, também, que a região se insere nas proximidades de áreas salineiras, cuja interferência na composição química dos solos (meio não saturado) pode interferir na qualidade das águas subterrâneas, através da própria lixiviação do solo pelas águas pluviais. Portanto, a presença da atividade salineira na região, deve ser considerada nesses processos e mecanismos de salinização das águas subterrâneas. O pó de sal pode ser levado pelo vento e se depositar paulatinamente no solo ao longo dos anos. Nesse caso, a salinização se processa, basicamente, por sais marinhos aerotransportados e depositados no solo. Outo aspecto a ser considerado é o efeito de possível intrusão salina, considerando as características altimétricas e geomorfológicas da região de Galinhos. Silva et al. (2005), em um mapeamento geoambiental do município de Galinhos, verificou que as Planícies de Maré e Flúvio/Estuarina (41,90 km²) estão situadas em áreas de baixo gradiente próximas à costa, com declividade baixa em direção ao mar. Estas áreas e canais principais de drenagens onde formam superfícies planas a suavemente inclinadas há poucos metros acima do nível médio das águas fluviais e/ou estuarinas são inundáveis em períodos de cheias. Estas configurações geoambientais favorecem a mistura com as águas do mar. Esse enfoque, no entanto, carece de estudos investigatórios no que se refere a potencialidade dos impactos nas águas subterrâneas. Além desses fatores exógenos, deve-se associar, ainda, as possibilidades da água que, armazenada no meio cárstico poderá agir através dos processos de interação água/rocha. Esse mecanismo de interação combinado com as baixas atividades de

circulação da água e os processos de dissolução da rocha tem o poder de salinizar as águas ali armazenadas. Essa última linha de raciocínio sugere, também, parte das explicações quanto às elevadas concentrações de sais nas águas subterrâneas armazenadas em fraturas e fendas das rochas do embasamento cristalino. Esse último destaque vale para os poços tubulares com águas salinizadas localizados em terrenos cristalinos.

Em relação às concentrações mais elevadas de ferro, deve-se inicialmente considerar a própria constituição mineralógica das rochas sedimentares da formação Barreiras (Canguaretama, Baia Formosa, Rio do Fogo,) ou das formações geológicas das coberturas sedimentares (Lagoa Nova) ou das formações do embasamento cristalino (Lagoa Nova, Acari, Taipu e João Câmara). Assim, como foi destacado no Relatório de 2014 se faz necessária a realização de análises dos perfis litológicos locais, como também ampliar a quantidade de amostras para análises químicas, tendo como foco a respectiva investigação. Além destas observações, considerar a importância do mapeamento das fontes potenciais de contaminação, no entorno dos respectivos poços tubulares.

No que se refere as elevadas concentrações de Sulfato, especialmente nos poços de Galinhos, Baraúnas, Serra do Mel e Alto do Rodrigues, pode-se associar a lixiviação de compostos sulfatados como gipsita e anidrita, constituintes das rochas carbonáticas presentes na região, além de atentar para as possíveis fontes de contaminação na área de exploração para a indústria do cimento e cal.

Em relação a presença de coliformes totais e termotolerantes em 80% dos poços analisados indica a necessidade urgente de ações que compreendam desde a desinfecção do poço a definição de um perímetro de proteção, principalmente para os poços que têm captação para o consumo humano. Ressalta-se, ainda, a relevância da articulação entre os órgãos gestores, afins com a temática, no sentido de realizar orientação ao usuário sobre os seguintes aspectos: (i) as águas com a presença de coliformes, não devem ser utilizadas para beber ou para preparar alimentos, 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; e (ii) a importância da área de proteção do poço, desinfecção e manutenção do poço, como também o manuseio correto durante o bombeamento.

Quanto às análises dos agrotóxicos, realizadas nos poços localizados no município de Baraúnas, igualmente as campanhas anteriores, verificou-se a ausência de agrotóxicos nas águas dos poços monitorados. Diante do exposto, aborda-se nesse relatório as mesmas considerações registradas pela equipe do IGARN nos relatórios anteriores: “Existe a possibilidade de contaminação anterior e a coleta ter sido feita posteriormente a um intervalo de várias meias-vidas”. Nessa mesma condução de raciocínio, ressalta-se que 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 da coleta de água ter acontecido após um intervalo de tempo de várias meias vidas. Outro aspecto importante diz respeito à escala temporal em relação ao monitoramento realizado, pois a área avaliada não faz uso contínuo de agrotóxicos e, portanto, a meia-vida curta desses compostos pode influenciar nos resultados”.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Estudos Hidrogeológicos para a Orientação do Manejo das Águas Subterrâneas na Região Metropolitana de Natal. Relatório Final. Volumes 1 e 2. Brasília/DF: ANA, 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed.. New York. 1998.

Bartram, J. & Balance, R. (1996). (Ed.)Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programme. Published on behalf of UNDP & WHO Chapman & Hall, London. 383 pp.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, Resolução Nº 396, de 08 de abril de 2008.

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

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

MEDEIROS, G. C. S. Método Avaliativo do Risco de Contaminação por Nitrato nas Águas Subterrâneas na Região Metropolitana de Natal/RN. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Curso Engenheira Ambiental, 2015.

MELO, J.G; FEITOSA, E.C.; DA SILVA, E.R.. Hidrogeologia da Região do complexo lagunar do Bonfim/RN. Águas Subterrâneas, São Paulo, 2000.

PEREIRA R.; SILVA JR G. C.; GUIMARÃES JR J. A. 2000. Analysis of an Alternative Source to Improve the Trairi Water Supply System, RN – Brazil. In: SBG, International geological Congress, 31, Rio de Janeiro – Brasil, CD-ROM, Resumo

PORTARIA MS n.º 2914/2011 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental.

RIO GRANDE DO NORTE - PROGRAMA ÁGUA AZUL. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 8º RELATÓRIO PARCIAL, 2014.

RIO GRANDE DO NORTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS . Relatório Final do Cadastramento e Nivelamento de Poços do Aquífero Barreiras no município do Natal/RN, 2005.

Stein, P. Hidrogeoquímica das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar Potiguar/RN e caracterização da salinização do aquífero cárstico Jandaíra. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2013- Recife, 204 folhas.

TIBURTIUS, E.R.L., PERALTA ZAMORA, P.P, EMMEL, A., LEAL, E.S Degradação de BETEXS via processo oxidativo avançados. Qui. Nova, v.28,n.1.p.61-64, 2005.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition 1996, 651 pages.

ANEXO 1 Informações gerais sobre os poços, nos demais municípios da RMN.

POÇO	ENDEREÇO	BAIRRO	PROPRIETÁRIO
ALE0758	PRAÇA DOM PEDRO II, 1055	ALECRIM	COLEGIO NOSSA SENHORA DAS NEVES
CAN0447	AVENIDA DA INTEGRACAO	CANDELÁRIA	MÁRMORE LTDA
CAN1253	AVENIDA JAGUARARI, S/N	CANDELÁRIA	CONDOMíNIO GREEN WOODS
CAN1312	BR 101, S/N	CANDELÁRIA	CARREFOUR
CPM0668	RUA M.JOEL CASSIO 1875	CAPIM MACIO	COMDOMINIO ITATIAIA
GUA0768	LIXÃO DE CIDADE NOVA, SEM N°	GUARAPES	PREFEITURA DE NATAL
LGN0453	AVENIDA PRUDENTE DE MORAIS	LAGOA NOVA	ESTADIO MACHADAO
NDE0087	AVENIDA BRIGADEIRO GOMES RIBEIRO, SEM N°	NOVA DESCOBERTA	CAERN (P-3 NOVA DESCOBERTA)
NSA0269	RD DN 160 KM 03 S/N BL A	N.S DA APRESENTAÇÃO	GUARARAPES
PAJ0180	AVENIDA MOEMA TINÈCO, 2490	PAJUÇARA	POSTO NOSSA SENHORA SANTANA
PAR0118	ETA LAGOA DO JIQUI	PARNAMIRIM	CAERN (ETA DO JIQUI)
PET0377	RUA TRAIRI, 581	PETRÓPOLIS	ED. EWERTON CORTEZ
PIT1318	RUA SERRA DO SALITRE, SN	PITIMBU	CAERN (P-9 PITIMBU)
PLA0065	RUA JARDIM DO ÉDEN	PLANALTO	CAERN (P-1 PLANALTO)
PNE0787	ESTRADA DE PIRANGI - ROTA DO SOL, SEM N°	PONTA NEGRA	ABC
POT0003	RUA ARAGUARI S/N	SANTA CATARINA	HOSPITAL SANTA CATARINA
POT0605	RUA DO COQUEIRO, S/N°	POTENGI	CAERN (P-44 POTENGI)
PQD0690	VIA COSTEIRA, SEM N°	PARQUE DAS DUNAS	CENTRO DE CONVENÇıES
STR1176	RUA CORONEL FLAM═NIO	SANTOS REIS	IATE CLUBE DE NATAL
TIR0355	RUA DOM JOSÉ TOMÁZ, 1041	TIROL	CONDOMINIO ARIANE
TIR1173	AVENIDA SEN. SALGADO FILHO, 1559	TIROL	IFRN

ANEXO 2 Resultados das análises, da primeira campanha nos poços na RMN, especificamente na cidade de Natal. Resultados em mg/L.

Bacia Hidrográfia/ Aquífero	ID	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)	Nitrito (expresso em N) (mg/L)	Nitrato (expresso em N) (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	pH
BH Rio Doce/Aquif. Dunas/Barreiras	VMP*	-	-	200	-	0,3	250	250	-	1	10	1000	
	NSA0269	1,20	2,19	57,14	0,77	0,02	23,27	72,89	4,86	0,00	4,74	254,32	5,80
	PAJ0180	9,64	10,96	38,09	3,33	0,05	0,00	56,32	8,50	0,00	22,48	269,28	6,20
BH Faixa Leste Escoamento Difuso/Aquif. Dunas/Barreiras	ALE0758	2,81	11,33	28,50	6,58	0,07	19,63	34,47	1,82	0,00	15,88	193,25	5,30
	CAN1253	3,61	6,33	20,47	4,47	0,03	0,65	26,50	6,67	0,00	12,96	186,40	5,50
	CAN1312	4,22	5,97	18,42	3,68	0,09	0,75	21,54	12,14	0,00	12,13	172,80	5,90
	LGN0453	1,81	4,51	16,22	0,77	0,45	0,64	19,88	2,42	0,00	8,68	99,96	5,00
	NDE0087	2,41	4,51	17,57	2,37	0,11	0,37	24,62	4,85	0,00	7,99	102,87	5,60
	PET0377	1,00	3,65	23,50	2,63	0,08	0,61	32,83	1,21	0,00	7,80	121,30	4,80
	PQD0690	5,42	2,80	15,14	1,28	0,14	9,06	24,85	8,49	0,00	2,86	83,64	7,00
	TIR0355	9,24	9,62	22,00	6,84	0,10	10,92	34,47	4,85	0,00	16,68	190,67	5,30
	TIR1173	1,20	6,58	26,00	2,63	0,17	0,37	29,54	1,21	0,00	14,22	144,23	4,80
BH Potengi/Aquif. Dunas/Barreiras	CPM0668	5,02	8,65	27,62	2,82	0,08	0,77	31,47	4,86	0,00	18,54	176,12	5,80
	GUA0768	2,21	6,21	22,86	3,33	0,19	6,12	49,70	3,64	0,00	2,21	140,76	5,10
	PIT1318	3,82	4,38	17,63	2,11	0,19	0,75	19,88	7,28	0,00	10,72	140,80	5,50
	PLA0065	2,61	5,24	17,37	2,37	0,09	1,19	19,88	4,25	0,00	10,14	147,60	5,20
	PNE0787	1,00	2,68	11,35	1,54	0,11	2,30	23,19	3,03	0,00	0,47	53,04	5,30
	POT0003	23,29	15,10	12,97	7,69	0,08	7,16	23,19	145,67	0,00	0,29	200,60	7,20
	STR1176	43,98	33,98	31,00	5,79	0,07	45,40	39,39	285,26	0,00	0,00	410,58	7,30

ANEXO 3 Resultados das análises dos poços dos demais municípios da RMN. Resultados em mg/L

ID	Município	Bacia Hidrográfia/ Aquífero	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)	Nitrito (expresso em N) (mg/L)	Nitrato (expresso em N) (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	pH	Condutividade elétrica (µS/cm)	Dureza Total (mg/L)
VMP*			-	-	200	-	0,3	250	250	-	1	10	1000			
CMI0809	Ceará-Mirim	BH Ceará Mirim/Aq.Barreiras	2,21	2,56	16,84	4,47	0,42	11,18	26,50	10,92	0,00	0,62	59,38	5,80	87,32	16,05
EXT0001	Extremoz	BH Rio Doce/ Aq.Dunas/Barreiras	3,01	6,94	20,00	4,86	0,08	5,16	29,82	10,32	0,00	9,91	129,87	5,70	190,99	36,10
MAC0001	Macaíba	BH Potengi/Barreiras	1,81	2,07	10,81	1,84	0,26	0,00	23,19	3,64	0,00	1,12	55,93	5,60	82,26	13,04
NFL0001	Nísia Floresta	BH Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso/Aq.Dunas/ Barreiras	2,61	3,05	27,62	6,84	0,18	7,48	53,01	15,78	0,00	0,45	183,60	5,80	229,90	19,05
NFL0007	Nísia Floresta		1,00	4,02	22,86	4,21	0,24	0,61	31,47	3,64	0,00	7,93	185,20	5,30	187,95	19,05
SJM0052	São José do Mipibu		2,61	4,26	18,37	5,00	0,22	0,00	26,50	12,14	0,00	5,89	162,00	5,50	166,31	24,07
PNM0005	Parnamirim	BH Pirangi/Aq. Dunas/Barreiras	5,42	6,46	19,45	4,47	0,19	0,00	26,50	12,14	0,00	11,46	190,00	5,70	214,80	40,12
PNM0001	Parnamirim		1,81	2,56	14,05	2,63	0,06	0,00	19,88	4,85	0,00	5,31	76,06	5,04	111,86	15,04