

COMPORTAMENTO DO NITRATO EM POÇOS TUBULARES NO ENTORNO DA LAGOA DO BONFIM – NÍSIA FLORESTA/RN

Vera Lúcia Lopes de Castro¹; Maria Cândida Barreto Cunha²; Guttenberg Martins³
& Rachel Araújo de Medeiros⁴

RESUMO: As águas subterrâneas representam um importante manancial de abastecimento humano, que necessitam de cuidados especiais, sobretudo quando sua utilização para o consumo humano acontece em cidades onde não existem sistemas de esgotamento sanitário ou em áreas agricultáveis. Por outro lado a precipitação líquida, que é aquela que efetivamente atinge o solo, é um dos elementos controladores da poluição hídrica, principalmente tratando-se de sistemas em meio poroso e de elevada permeabilidade. Nessa perspectiva, esse estudo teve como objetivo analisar as possíveis relações entre as precipitações pluviométricas e a variação do comportamento das concentrações de nitrato no sistema aquífero Dunas/Barreiras, no entorno da Lagoa do Bonfim, município de Nísia Floresta/RN. As análises das águas foram realizadas no âmbito de uma bateria de 07 poços tubulares, que faz parte do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, responsável pelo abastecimento público, atual, de 32 sedes municipais, 164 comunidades e uma população de 266.879 habitantes.

Palavras-Chave: Dunas/Barreiras, Pluviometria, Nitrato.

ABSTRACT: Groundwater is an important humans supply source, which needs special care, especially when its use for human consumption occurs in cities where there are no sewage treatment or in agricultural areas. On the other hand the liquid precipitation, that is the one which effectively reaches the ground, is another element controller of water pollution. From this perspective, the study aims to investigate the relationship between the current situation of the nitrate concentration and the pluviometrics precipitations in the Dunas/Barreiras aquifer system, surrounding the Bonfim lake, Nísia Floresta – Rio Grande do Norte/Brazil. The water analyses were performed in 07 wells of the Monsenhor Expedito Adductor System, responsible for the public water supply of 32 cities, 164 rural communities and a population of 266.879 inhabitants.

Keywords: Dunas/Barreiras, Pluviometry, Nitrate.

¹Geóloga , Professora - Escola de Ciências & Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. veracastro@ect.ufrn.br

²Tecnóloga Ambiental- Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. candidacunha84@gmail.com

³Geólogo Professor - Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. guttenbergmartins@yahoo.com.br

⁴Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade federal do Rio Grande do Norte. chelmedeiros@hotmail.com

1.0 - INTRODUÇÃO

No cenário atual, as águas subterrâneas, apesar de estarem de certa forma protegidas por camadas ou formações geológicas, sofrem com o crescimento desordenado das cidades, sejam estas metrópoles, de médio porte ou simplesmente pequenos vilarejos. Isso devido, sobretudo, a falta de um planejamento articulado entre as diversas políticas setoriais, principalmente entre as políticas de desenvolvimento urbano, do meio ambiente, dos resíduos, dos recursos hídricos e da educação e saúde. Essa condução de modelo de gestão tem comprometido as potencialidades naturais dos sistemas aquíferos, que mesmo sendo menos vulneráveis à poluição do que as águas superficiais, uma vez que ocorra contaminação, a sua autodescontaminação, através de mecanismos de fluxo natural, dependendo do tipo de contaminante, pode até tornar-se economicamente inviável.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar as possíveis relações entre as precipitações pluviométricas e a variação do comportamento das concentrações de nitrato no sistema aquífero Dunas/Barreiras, no entorno da Lagoa do Bonfim, município de Nísia Floresta/RN, cuja metodologia envolveu a interpretação dos resultados das análises das águas de 07 poços tubulares e da sua relação com as precipitações pluviométricas da região. Destaca-se que o presente trabalho é fruto de um diagnóstico preliminar realizado com o intuito de subsidiar um projeto de pesquisa durante os anos de 2014 e 2015.

A área de estudo está localizada na faixa costeira leste do Estado do Rio Grande do Norte, compreendendo parte dos municípios de São José de Mipibú e de Nísia Floresta, sendo limitada pelas coordenadas UTM de 9.327 a 9.338 km N e 246 a 269 km W, e abrangendo uma área de aproximadamente 200 km², figura 01. Em relação ao aspecto geomorfológico está situada na faixa sedimentar da costa oriental do Estado, fazendo parte de uma extensa bacia litorânea. O relevo apresenta-se suavemente ondulado, com baixo escoamento superficial e de elevadas taxas de infiltração. Nas proximidades dos rios ocorrem declividades do terreno, formando vales profundos.

A região envolve um sistema lacustre formado por seis lagoas: Bonfim (maior reservatório natural da região litorânea oriental do Estado do Rio Grande do Norte), Redonda, Urubu, Boa Água, Ferreira Grande e Carcará, todas conectadas pelo aquífero livre, o qual é composto por rochas terciárias areno-argilosas da Formação Barreiras (PEREIRA et al., 1996).

A região caracteriza-se por um clima tropical quente, com uma estação seca e outra chuvosa, sendo esta última restrita aos meses de abril até agosto. A precipitação pluviométrica média anual na cidade de Nísia Floresta é em torno de 1.273mm. Segundo dados da EMPARN, no ano de 2011, a precipitação acumulada foi de 1.978,5mm, em 2012 de 919,0mm e em 2013 foi de 1.814,00mm (Posto Pluviométrico de Nísia Floresta).

O arcabouço hidrogeológico da região é formado por Dunas constituídas por areias quartzosas de idade Quaternária e sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras de idade Terciária. Estes depósitos são caracterizados por elevadas porosidade e permeabilidade intersticial conduzindo a uma significativa infiltração dos excedentes hídricos pluviométricos no solo e subsolo. Consequentemente, o sistema aquífero apresenta as maiores potencialidades renováveis de água subterrânea do Estado e uma rede hidrográfica incipiente.

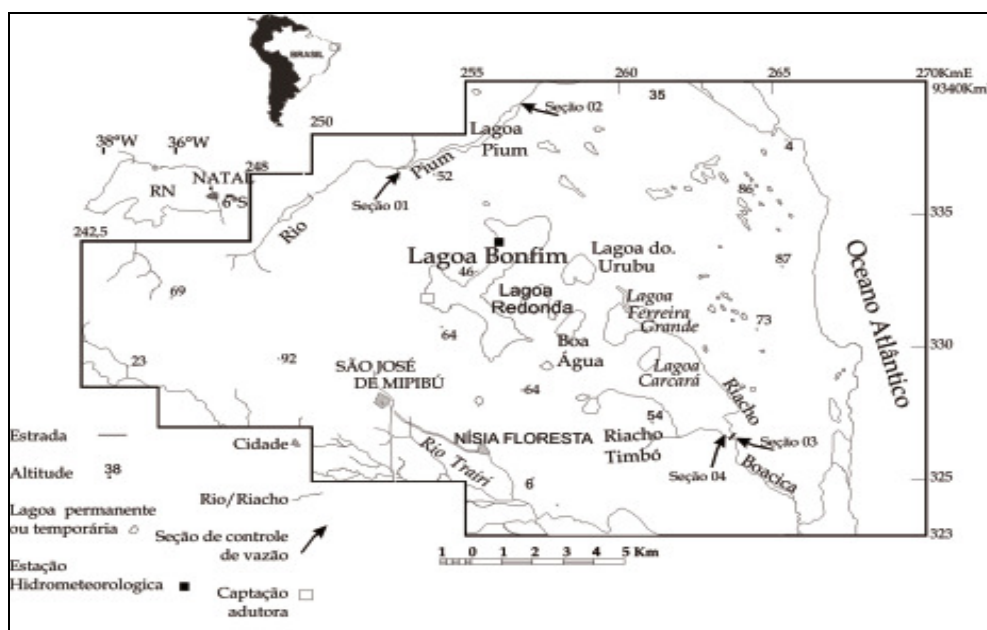


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: (SERHID, 1998).

2.0 - METODOLOGIA DE TRABALHO

Inicialmente foi realizado levantamento bibliográfico de estudos anteriores e artigos científicos, além da base cartográfica da região. Em uma segunda fase foi realizado levantamento de dados sobre a qualidade da água, através das análises de controle de qualidade cedidas pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) – Regional Litoral Sul e das precipitações pluviométricas de Nísia Floresta, através de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN (EMPARN). Os dados foram sistematizados em planilhas e foram gerados gráficos demonstrando a relação do comportamento do NO_3^- , em cada um dos poços estudados, e as respectivas relações com as precipitações pluviométricas no período de junho de 2011 a março de 2013.

3.0 - CONTEXTO TEÓRICO

Diversas são as atividades que podem afetar e/ou alterar as composições físico-químicas, bacteriológicas ou radioativas nos aquíferos, no entanto, essas atividades são consideradas essenciais à permanência do homem na terra.

Um dos graves problemas das áreas urbanizadas e/ou áreas em expansão urbana é o lançamento de esgotos sem tratamento no solo, que através da infiltração pode atingir os aquíferos e produzir contaminação. Além do lançamento existem os diversos tipos de sistemas que são utilizados e que operam de forma ineficiente, como é o caso das fossas sépticas e sumidouros.

A questão do esgotamento sanitário vem sendo tratada cada vez mais de forma rígida e indispensável para o planejamento das cidades, especialmente aquelas que utilizam como manancial de abastecimento as águas subterrâneas. No Brasil, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada em 2008, 34,8 milhões de pessoas não tem acesso à rede coletora de esgotos, desse total 15,3 milhões está na Região Nordeste. Ou seja, essas pessoas estão expondo em risco sua saúde devido à falta de políticas adequadas de saneamento básico.

Outro exemplo de atividade que pode causar contaminação nos aquíferos é a agricultura, principalmente quando realizada de forma irresponsável, sem o manejo adequado do solo e uso indiscriminado de agrotóxicos, que acabam por contaminar a água, além de acelerar processos de salinização do solo.

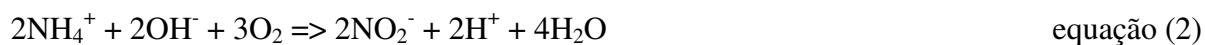
O nitrato é um dos compostos mais estudado em águas subterrâneas, devido a sua intrínseca relação com a presença de contaminação pela inexistente ou ineficiência do tratamento de efluentes domésticos, tornando-se então um problema de saúde pública e de grande interesse socioeconômico, quando também da sua inter-relação com o crescimento urbano desordenado e pela conseguinte falta de saneamento básico.

O fato é que o íon nitrato é um contaminante persistente, especialmente em ambientes oxidantes como as águas subterrâneas, onde se encontra fortemente estabilizado e de difícil diluição ou remoção pelos processos simples de tratamento de água.

O nitrogênio nas águas subterrâneas, na forma de nitrato, pode originar-se da atmosfera, de esgotos dispostos sobre a superfície do solo, de atividades agrícolas e de resíduos vegetais. A matéria orgânica existente nos esgotos e nos resíduos vegetais produz amoníaco ou o íon amônio através do processo de decomposição e mediante a participação de bactérias especializadas (amonificação), segundo a reação:

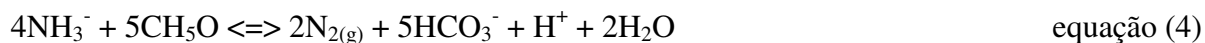


O composto liberado tanto pode ser adsorvido pelo solo e usado pelas plantas como nutriente como também pode ser oxidado biologicamente por bactérias para formar nitritos e posteriormente nitratos (nitrificação), que chegam as águas subterrâneas. O fenômeno processa-se mediante as reações:



A formação de nitritos é mediada pelas bactérias do gênero *nitrosomonas* e a formação de nitratos requer a participação de bactérias do gênero *nitrobacter*.

Os nitratos sob condições anaeróbicas e presença de matéria orgânica, podem ser reduzidos a amônio (NH_4^+) e nitrogênio (N_2) através do processo de desnitrificação, sempre com a participação de bactérias especializadas, mediante a reação:



4.0 - CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

A região onde se encontram os sete poços tubulares está situada no setor a leste da Lagoa do Bonfim, numa faixa de aproximadamente 3,0km de largura, que através dos estudos realizados pela SERHID/RN (1998) comprovou-se a existência de maior transmissividade, da ordem de $4,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Essa ordem de grandeza da transmissividade se dá devido à elevada espessura saturada dos sedimentos Barreiras (60,0m) e a constituição granulométrica dominante de arenitos grosseiros e cascalhos.

Os mesmos estudos indicam que nessa região ocorrem dois aquíferos, um descrito como superior do tipo livre e o outro denominado de inferior do tipo semi-confinado, ambos estão separados por uma camada argilosa descontínua. A recarga do aquífero livre se dá pelas precipitações que ocorrem na superfície do terreno através da infiltração. Já a recarga no aquífero semi-confinado ocorre por sistemas de fluxo oriundos da margem leste da Lagoa do Bonfim, além da drenança vertical descendente, conforme apresentado na figura 02.

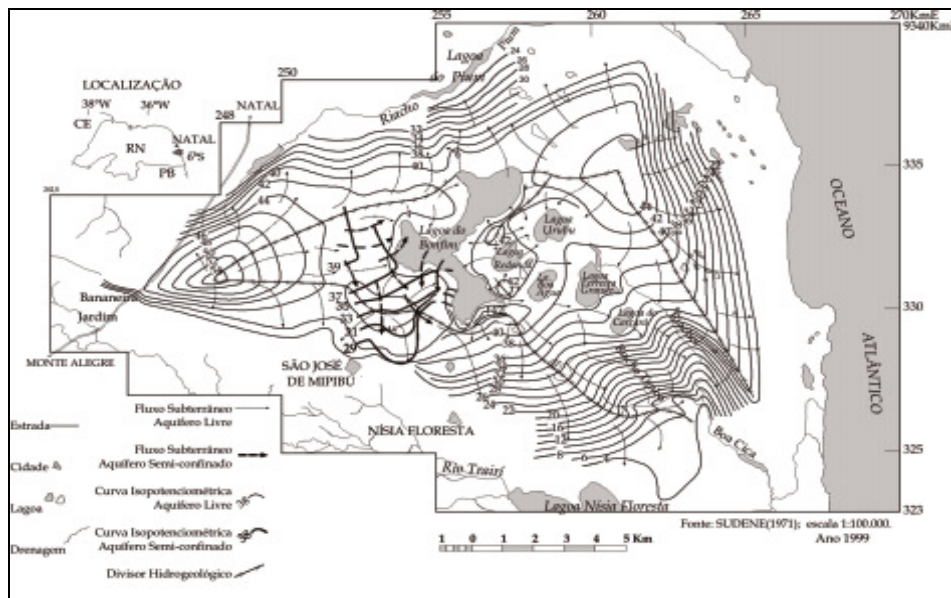


Figura 02. Comportamento dos fluxos subterrâneos do aquífero livre no entorno da Lagoa do Bonfim. Fonte: (SERHID/RN, 1998).

A capacidade de produção dos poços produtores varia de 80 a 150m³/h, (Tabela 01) e as condições de exploração dos poços foram definidas por um modelo analítico de simulação de baterias, com a utilização dos seguintes parâmetros hidrodinâmicos (SERHID/RN, 1998):

- Transmissividade (T) = 4,8 x 10⁻³ m²/s
- Coeficiente de armazenamento (S) = 3,3 x 10⁻⁴
- Fator de drenança (B) = 1000m

A profundidade do nível da água varia de 0,60 a 43,85 m. As vazões de exploração da bateria de poços da área produtora no período de 24/24h podem ser verificadas na tabela 1 abaixo, conforme dados disponíveis em SERHID/RN (1998).

Tabela 01. Vazão de exploração e profundidade dos poços tubulares. Fonte: (SERHID/RN, 1998).

Nº POÇO	VAZÃO DE EXPLORAÇÃO 24/24h (m ³ /h)	PROFUNDIDADE DE PERFURAÇÃO (m)
01	150,0	86,0
02	130,0	82,0
03	80,0	94,0
04	150,0	90,0
05	120,0	100,0
06	100,0	100,0
07	75,0	92,0

5.0 - USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O uso das águas subterrâneas, através da bateria de 07 poços tubulares, (figura 03), juntamente com as águas superficiais da Lagoa do Bonfim, faz parte do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, com aproximadamente 315,0 km de extensão, que passou a operar, como um sistema misto, a partir de junho de 2000, com uma vazão aproximada, na época, de 240L/s, de forma que os sete poços tubulares entraram em operação, contribuindo com uma vazão, na época, de aproximadamente 121,46L/s. Atualmente a Adutora abastece 32 municípios e 164 comunidades rurais. O projeto do sistema adutor considerou que no ano 2016 a vazão deveria ser elevada para 452L/s, beneficiando uma população de 266.879 habitantes.

Nos anos de 2011 e 2012 o Sistema Adutor Monsenhor Expedito, (água superficial e água subterrânea) produziu um volume médio mensal de 1.052.209,44m³/mês e 1.062.291,66m³/mês, respectivamente e até outubro de 2013, 1.042.631,60m³/mês, ou seja: 401,57 L/s (2011), 404,32 L/s (2012) e 396,43 L/s (2013) mensais.

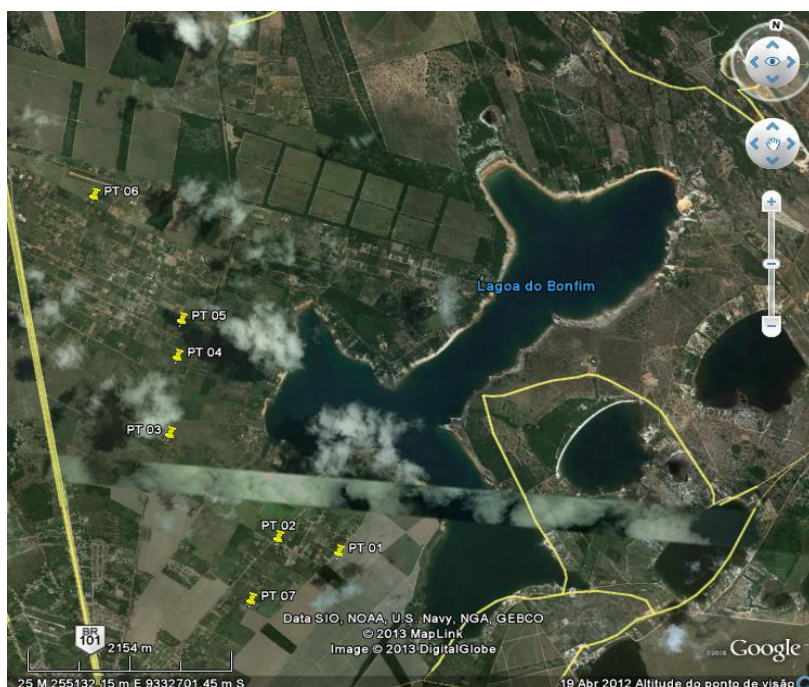


Figura 03. Localização dos poços tubulares no entorno da Lagoa do Bonfim/RN.

6.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises sobre a concentração de nitrato (NO_3^-) nos sete poços tubulares estão apresentados na tabela 02, e foram realizadas nos períodos de junho e dezembro do ano de 2011, junho e dezembro do ano de 2012 e em março de 2013. A última data não obedeceu a sequencia que vinha sendo dada, devido às mudanças no cronograma da CAERN.

Tabela 2. Concentração do nitrato (mg. L^{-1}) nos poços tubulares (PT) no entorno da Lagoa do Bonfim/RN.

	MANANCIAL	PT 01	PT 02	PT 03	PT 04	PT 05	PT 06	PT 07
	JUNHO/2011	0,81	2,36	3,11	2,26	1,93	0,43	8,91
	DEZEMBRO/2011	0,87	2,43	3,12	2,33	2,03	0,47	8,72
MÊS/ANO	JUNHO/2012	0,92	2,38	3,07	2,34	2,03	0,46	8,76
	DEZEMBRO/2012	1,18	-	3,40	2,67	2,31	0,64	9,43
	MARÇO/2013	1,19	6,07	2,44	3,19	2,13	0,58	9,21

As concentrações de nitrato variaram de acordo com cada poço, no mês de junho de 2011, os poços PT01 e PT06 apresentaram concentrações de $0,81 \text{ mg. L}^{-1}$ e $0,43 \text{ mg. L}^{-1}$, respectivamente, bem abaixo do valor máximo permitido pela legislação brasileira de potabilidade de água, que é $10,0 \text{ mg. L}^{-1}$ (Portaria 2.914/2011), no entanto o poço PT07 apresentou teor de nitrato de $8,91 \text{ mg. L}^{-1}$, próximo desse valor máximo permitido. Os demais poços (PT02, PT03, PT04 e PT05) apresentaram concentrações entre $1,93$ e $3,11 \text{ mg. L}^{-1}$.

Os valores das concentrações de nitrato no mês de dezembro de 2011 continuaram próximos àqueles encontrados seis meses antes. Os poços PT01 e PT06 apresentaram concentrações inferiores a $1,0 \text{ mg. L}^{-1}$, enquanto que no poço PT07 foi de $8,72 \text{ mg. L}^{-1}$, e os demais poços apresentaram valores entre $2,03$ e $3,12 \text{ mg. L}^{-1}$.

No mês de junho de 2012, um ano após o primeiro período de análises, as concentrações de íon nitrato variaram pouco, enquanto os poços PT01 e PT06 apresentaram concentrações de $0,92 \text{ mg. L}^{-1}$ e $0,46 \text{ mg. L}^{-1}$, respectivamente, o poço PT 07 apresentou teor de nitrato de $8,76 \text{ mg. L}^{-1}$. Os demais poços tubulares apresentaram valores entre $2,03$ e $3,07 \text{ mg. L}^{-1}$.

No mês de dezembro de 2012 as concentrações de nitrato nos poços PT01 e PT06 apresentaram valores de 1,18 mg. L⁻¹ e 0,64 mg. L⁻¹, respectivamente, de modo que o poço PT01 apresentou um pequeno aumento na concentração de íon nitrato, comparado aos valores obtidos anteriormente. O poço PT07 apresentou um aumento atingindo concentrações da ordem de 9,43mg. L⁻¹.

As concentrações de nitrato, no mês de março de 2013, nos poços PT01 e PT06 apresentaram valores de 1,19 mg. L⁻¹ e 0,58 mg. L⁻¹, respectivamente. O poço tubular 07 apresentou concentração de íon nitrato de 9,21mg. L⁻¹. Os demais poços apresentaram valores entre 2,13 e 6,07mg. L⁻¹. Nesse mesmo período, as análises indicaram uma concentração de nitrato no poço PT 02, de 6,07 mg. L⁻¹, enquanto que as análises anteriores indicaram concentrações de 2,36 mg. L⁻¹, 2,43 mg. L⁻¹, 2,38 mg. L⁻¹.

A análise geral indica as maiores concentrações de nitrato no PT07 e no PT03, cuja situação sugere uma associação com a expansão urbana atrelada a ausência de saneamento ambiental. Essa interpretação é corroborada com o comportamento do PT06, cujas concentrações de nitrato estão, menores e o poço está localizado em uma área distante de núcleos urbanos.

A interpretação dos dados, também, incluiu observações sobre as relações entre as precipitações pluviométricas, na região, e o comportamento da evolução das concentrações do nitrato, tabelas 03 e 04 e figura 04. Essa investigação adotou como marco referencial a primeira campanha de medição, realizada em junho de 2011, destacando-se que os dois meses anteriores, abril e maio, apresentaram significativos índices pluviométricos, da ordem de 318,4 e 309,2 mm.

A interpretação dos dados, tabelas 03 e 04, demonstra que foram 24 ocorrências de aumento da concentração de nitrato no período de junho de 2011 a março de 2013. Dentre estas 24 ocorrências 79,2% (19 ocorrências) foram no período mais seco envolvendo os meses de dezembro de 2011 e 2012 e março de 2013.

No período chuvoso, junho/2012, foram verificados 05 registros do aumento da concentração de nitrato, equivalente a 20,8% do total desse tipo de ocorrência.

Quanto aos registros de diminuição da concentração de nitrato, tendo como marco referencial a primeira campanha de medição, realizada em junho de 2011, foram observados um total de 04 registros. Dentre estes, destacam-se 02 ocorrências no PT07, nos meses de dezembro/2011 e junho/2012 e 02 ocorrências no PT03 nos meses de junho/2012 e março/2013.

Tabela 3. Análise da relação entre os dados de precipitações e da concentração de nitrato.

Mês	Precipitações (mm)	PT 01	PT 02	PT 03	PT 04	PT 05	PT 06	PT 07
		Concentrações de nitrato (mg. L ⁻¹)						
abr/11	318,4							
mai/11	309,2							
jun/11	262,6	0,81	2,36	3,11	2,26	1,93	0,43	8,91
out/11	22,3							
nov/11	26,1							
dez/11		0,87	2,43	3,12	2,33	2,03	0,47	8,72
abr/12	61,2							
mai/12	144,4							
jun/12	181,2	0,92	2,38	3,07	2,34	2,03	0,46	8,76
out/12	27,0							
nov/12	1,0							
dez/12	1,4	1,18	3,31	3,4	2,67	2,31	0,64	9,43
jan/13	35,0							
fev/13	89,7							
mar/13	32,1	1,19	6,07	2,44	3,19	2,13	0,58	9,21

Tabela 4. Variações das concentrações de nitrato em relação à primeira campanha de amostragem (junho/2011).

Mês	Precipitações (mm)	PT 01	PT 02	PT 03	PT 04	PT 05	PT 06	PT 07
abr/11	318,4	Primeira campanha de amostragem (junho/2011)						
mai/11	309,2							
jun/11	262,6	0,81	2,36	3,11	2,26	1,93	0,43	8,91
out/11	22,3							
nov/11	26,1							
dez/11		+0,06	+0,07	+0,01	+0,07	+0,1	+0,04	-0,19
abr/12	61,2							
mai/12	144,4							
jun/12	181,2	+0,11	+0,02	-0,04	+0,08	+0,1	+0,03	-0,15
out/12	27,0							
nov/12	1,0							
dez/12	1,4	+0,37	+0,95	+0,29	+0,41	+0,38	+0,21	+0,52
jan/13	35,0							
fev/13	89,7							
mar/13	32,1	+0,38	+3,71	-0,67	+0,93	+0,2	+0,15	+0,3

Legenda: (+) aumento da concentração de nitrato; (-) diminuição da concentração de nitrato

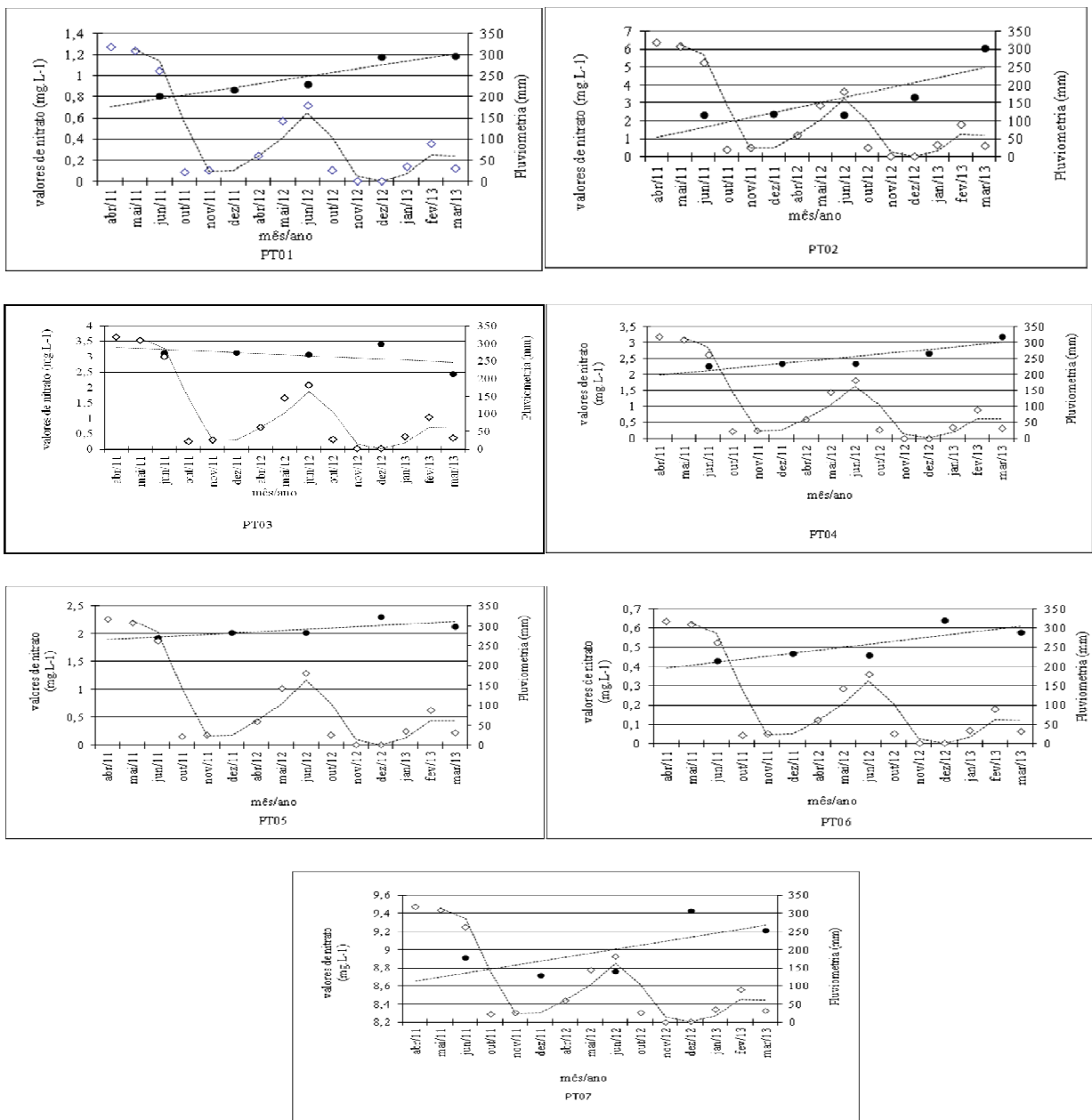


Figura 04. Comportamento do NO₃⁻ nos poços (PT01, PT02, PT03, PT04, PT05, PT06 e PT07) e suas relações com as precipitações pluviométricas.

Legenda: ● Concentrações de Nitrato ◇ Pluviometria

7.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma maneira geral observa-se que apesar dos poços apresentarem valores de nitrato, ainda, aceitáveis para o consumo humano, é perceptível a tendência do aumento dessas concentrações independentemente dos índices pluviométricos. No entanto, há uma indicação de que no período em que as precipitações pluviométricas são mínimas, ou seja, no período seco, tanto o número de ocorrências do aumento das concentrações de nitrato cresce, como também os valores dessas variações. Outro ponto que merece destaque é a ocorrência sintomática, de que alguns poços

próximos aos núcleos urbanos, como o PT02 e o PT07, apresentaram maiores concentrações de nitrato, enquanto alguns poços que estão afastados de algum processo de urbanização, à exemplo do PT06, que apresentou menor ritmo de crescimento, como também as menores concentrações de nitrato.

Uma das fundamentações para esclarecer todos esses comportamentos é o fato do sistema aquífero ser constituído por formações geológicas permeáveis, vulnerabilidade elevada e influência direta da recarga. Portanto, dependendo das várias questões a serem analisados quanto aos aspectos construtivos dos poços tubulares, do uso e ocupação do solo, do posicionamento espacial das fontes de contaminação em relação aos poços tubulares, dentre outros, deduz-se que tanto poderá ocorrer a diluição das concentrações do nitrato como também tais concentrações serem potencializadas.

No entanto, é indispensável ressaltar que o sistema aquífero em estudo, urge por intervenções expressivas no âmbito de algumas principais Políticas Públicas, como a do meio ambiente, dos recursos hídricos, da saúde, do saneamento, dos resíduos, dentre outras, através da articulação dos respectivos órgãos gestores. Essa condução do processo de gestão é a base para assegurar o abastecimento com qualidade para 266.879 habitantes, atualmente beneficiados.

Destaca-se que em Parecer Técnico elaborado por Rebouças (1997), sobre o estudo da disponibilidade hídrica da Lagoa do Bonfim, já eram alertados os riscos de degradação da qualidade da água, tendo em vista a crescente ocupação humana e as instalações de atividades de lazer, sem sistemas sanitários adequados, sem serviços de coleta do lixo doméstico e com disposição na forma de lixões. Além disso, o autor, ainda alertou para o fato do desenvolvimento crescente da agricultura irrigada com utilização de fertilizantes.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE, Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Controle de Qualidade dos Mananciais, 2011, 2012 e 2013.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE, Empresa de Pesquisa Agropecuária (EMPARN). Monitoramento Pluviométrico, 2011, 2012 e 2013.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE, Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SERHID). Pesquisa hidrogeológica do Complexo Lagunar do Bonfim. Convênio UFRN/SERHID, 100p., Agosto. 1998.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE, Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SERHID). Estudos da disponibilidade hídrica da Lagoa do Bonfim, 1997.

PEREIRA, R.; JUNIOR, G.C.de S.; JUNIOR, J.A.G. Avaliação das perdas subterrâneas da Lagoa do Bonfim. Revista de Geologia, vol. 16, n° 2, p. 37-48, 2003. Disponível em: <www.revistadegeologia.ufc.br>.

REBOUÇAS, A. C. Parecer Técnico Consubstanciado sobre “Estudo da disponibilidade hídrica da Lagoa do Bonfim”, Elaborado pela Empresa Costa – Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda, (1997).