

# SALINIZAÇÃO DE AQUÍFEROS EM ZONAS COSTEIRAS DO LITORAL LESTE DO RIO GRANDE DO NORTE

**Roberto Pereira<sup>1</sup> ; Janine Reginalda Guimarães Vieira <sup>2</sup> & João José Alves da Silva <sup>3</sup>**

**Resumo** – A atividade de carcinocultura tem se desenvolvido muito no litoral do Rio Grande do Norte nos últimos anos, o que vem trazendo uma série de benefícios na geração de empregos e atividades de exportação. Entretanto uma preocupação crescente ocorre com os impactos negativos também não podem ser esquecidos, pois os mesmos podem trazer prejuízos para o sustentação ambiental desta mesma atividade. Assim este trabalho tem por objetivo mostrar os efeitos de salinização dos aquíferos na zona costeira do município de Canguaretama, sul da cidade de Natal, os quais podem ocorrer devido à infiltração de efluentes das atividades de produção de camarões, bem como à superexploração das águas subterrâneas gerando gradientes invertidos. O trabalho mostra também que a compartimentação hidrogeológica termina por proteger os mananciais subterrâneos inferiores.

**Abstract** – – The shrimp culture activity has a good development in the coast of Rio Grande do Norte in the last years, what brings a series of benefits in the generation of jobs and export activities. However, a growing concern happens with the negative impacts, which cannot be forgotten, because they can bring damages for the environmental sustentation of this same activity. So, this work aims to show the effects of salinization of the aquifers in the coastal area of the municipal district of Canguaretama, south of the city of Natal, which can occur due to the infiltration of effluents of the activities of shrimps production, as well as to the over-exploration of the underground waters generating inverted gradients. The work also shows that the hydrogeologic compartmentation protects the inferior underground manantials

**Palavras-Chave** – aquíferos, salinização; zonas costeiras.

---

<sup>1</sup> CEFETR – RN/GERN, Av. Senador Salgado Filho 1559, Tirol, CEP 59015-000, (0xx84)40052636, [rpereira-roma@cefetm.br](mailto:rpereira-roma@cefetm.br).

<sup>2</sup> UFRN – PPGEQ, [Janine\\_Vieira@yahoo.com.br](mailto:Janine_Vieira@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> CEFET – RN/GERN, Curso de Graduação em Tecnologias do Meio Ambiente, Av. Senador Salgado Filho 1559, Tirol, CEP 59015-000, (0xx84)40052636

## 1 -Introdução

A atividade de carcinocultura tem se desenvolvido muito no litoral do Rio Grande do Norte nos últimos anos, o que vem trazendo uma série de benefícios na geração de empregos e atividades de exportação. Entretanto uma preocupação crescente ocorre com os impactos negativos, os quais também não podem ser esquecidos, pois os mesmos podem trazer prejuízos para o sustentação ambiental desta mesma atividade. Assim este trabalho tem por objetivo mostrar os processos de salinização dos aquíferos na zona costeira do município de Canguaretama, sul da cidade de Natal, pois a produção de camarões exige uma grande renovação de água salgada, associada com a diluição de água doce explotada de poços tubulares. Como consequência um grande volume de efluentes com salinidade que pode ultrapassar os 30.000 mg/L de STD pode estar sendo descartado no solo, através de sumidouros e valas de infiltração.

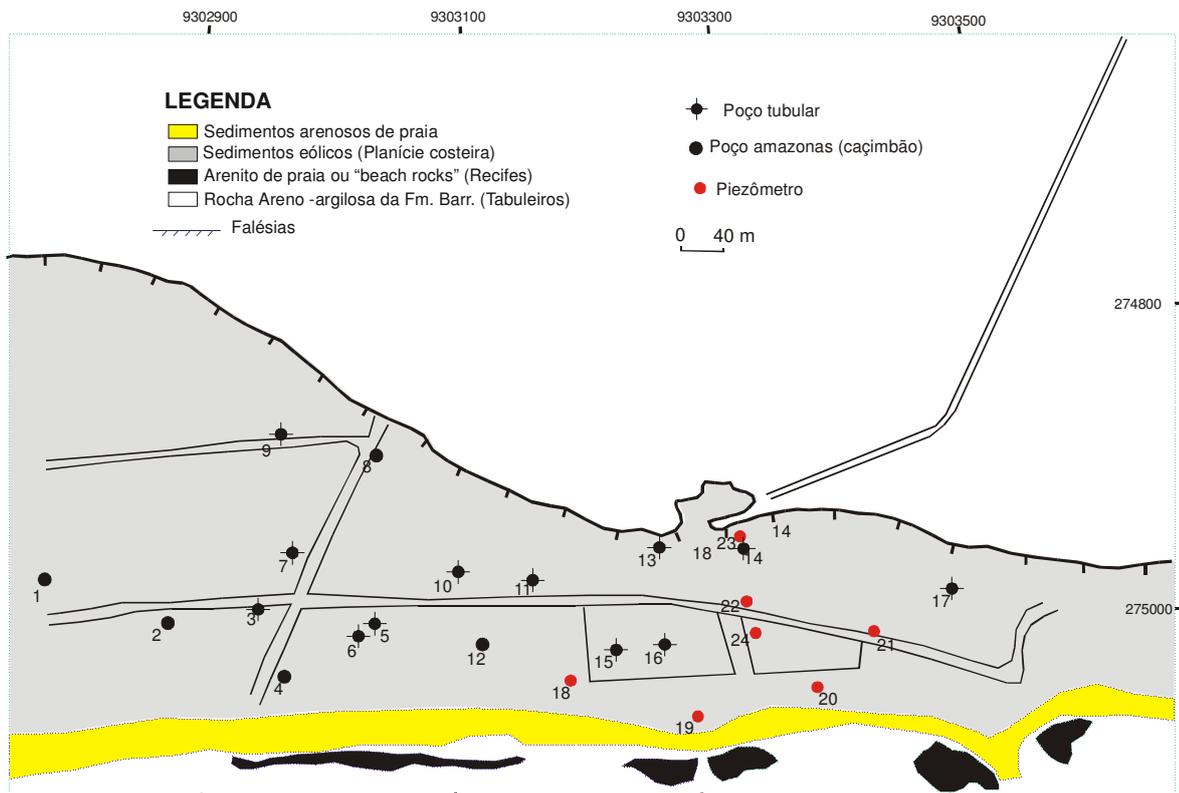
## 2 – Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

A região em que se encontra a área estudada é caracterizada pelos tabuleiros da Formação geológica **Barreiras** (Mabesoone *et al.*, 1991) a oeste, sendo esta limitada, a leste, pelas falésias (“barreiras”) com pelo menos dez metros de desnível (Figura 1). Estas falésias “mortas” atestam a presença do mar outrora escavando a base das mesmas, decorrentes das antigas oscilações do nível do mar. Esta área escavada é chamada de planície de deflação ou planície costeira, a qual apresenta uma cobertura eólica que pode chegar até 8 m ou mais de espessura.

Temos ainda os sedimentos inconsolidados das praias e os recifes formados pelos “beach rocks” ou arenitos de praias (Bezerra *et al.*, 1993), os quais são descontínuos e funcionam como dissipadores das energias das ondas.

Particularmente, com respeito à Formação Barreiras ela é geralmente constituída por materiais areno-argilosos, conforme se pode verificar nas “barreiras” e pode, costumeiramente, gerar compartimentações hidrogeológicas, de acordo com diversas literaturas do RN. Apenas os poços 13 e 14 apresentam perfis geológicos (Figura 2), o que dificultou em parte as observações de subsuperfície, sobretudo porque os mesmos foram construídos através de sonda rotativa o que dificulta, em parte, a descrição mais exata das estratificações geológicas. Apesar disso, os perfis revelaram que a parte superior é bastante argilosa gerando condições favoráveis para uma compartimentação hidrogeológica na área, conforme podemos constatar.

Provavelmente, a camada denominada de argilito arenoso ou arenito fino a médio argiloso a muito argiloso, situada entre as profundidades de 21 a 30 m seria a responsável por esta compartimentação, funcionando como uma camada confinante.

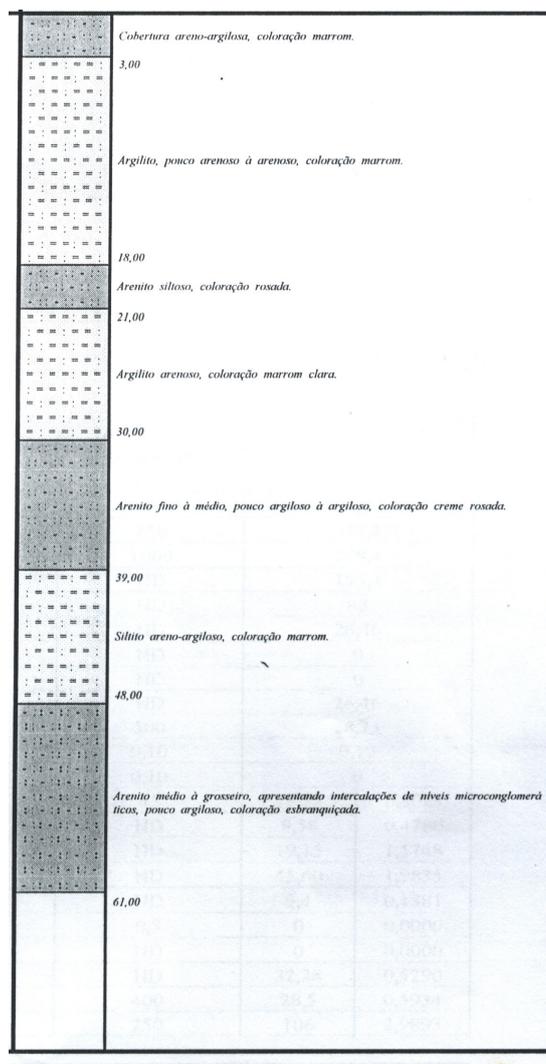


**Figura 1.** Mapa geológico - geomorfológico e de localização dos poços cadastrados na área estudada.

### 3 - Compartimentação Hidrogeológica

Além das evidências geológicas, outras apontam e que vem confirmar esta estrutura hidrogeológica estratificada, ou seja, a existência de um lençol inferior confinado e outro superior, do tipo livre, em contato com a zona não saturada, recebendo diretamente toda a carga do efluente que está sendo infiltrada.

Geralmente em condições hidrogeológicas normais para uma mesma formação geológica, a salinidade tendem a aumentar com a profundidade devido ao maior tempo de permanência desta água em contato com os minerais das rochas, promovendo a dissolução. No poço 6, por exemplo, o qual é mais profundo (com 36 m) que aqueles do seu entorno (com salinidade variando de 199,4 mg/L, no poço 4, a 261 mg/L, no poço 12), apresenta uma salinidade em torno de 330 mg/L, demonstrando valores de **background** bastante elevado, próximo do limite de água potável que é de 500 mg/L de sais (ver figura 05, no item 5).



**Figura 2.** Perfil geológico do poço 13 para localização.

Na área trabalhada pode se constatar uma inversão de salinidade muito significativa (Figura 3). Por exemplo, enquanto o poço 16, com profundidade 36 m, apresenta uma salinidade média de 184,3 mg/L, outros mais rasos apresentam salinidades em torno de 3.150 mg/L (poço 15) ou 5.069 mg/L (piezômetro 24). Da mesma maneira enquanto os poços tubulares profundos (60 m) 13 e 14 apresentam salinidades 218 e 188 mg/L, respectivamente, o piezômetro 23, adjacente ao poço 14, revela uma salinidade em torno de 334 mg/L. O próprio poço tubular 17 com 330 mg/L de sais dissolvidos, pertencente à pousada Morada da Lua, deve representar um valor natural e estar conectado ao lençol de água inferior, uma vez que a curva de isovalores de salinidade em torno de 1.000 mg/L está muito próxima do mesmo e certamente teria provocado a salinização deste poço (ver figura 5, no item 5). Diante disso, é bom lembrar que o valor de 305 mg/L foi usado como referência para construir as curvas de isovalores neste local, sendo esta, no melhor das hipóteses,

uma boa condição para verificar o aumento da salinização em direção a este poço. Portanto, é bem provável que um poço raso detectaria um valor maior de salinidade.

O nível dinâmico dos poços 13 e 14 revelaram um rebaixamento de 8,86 m e 9,3 m, sendo que o poço 16 registrou apenas 1,94 m. De qualquer maneira estes processos de rebaixamentos, caso existisse apenas um aquífero, inevitavelmente geraria um fluxo convergente para os mesmos recebendo toda a água subterrânea salinizada pelos efluentes infiltrados.

Convém ressaltar que os níveis d'água dos poços rasos estariam, durante o dia, sujeitos às variações de acordo com eventuais cargas de infiltração. Isto foi particularmente monitorado para o poço 15. Neste caso, o nível d'água do poço subia de tal maneira que se registrou variações diurnas de até 46 cm.

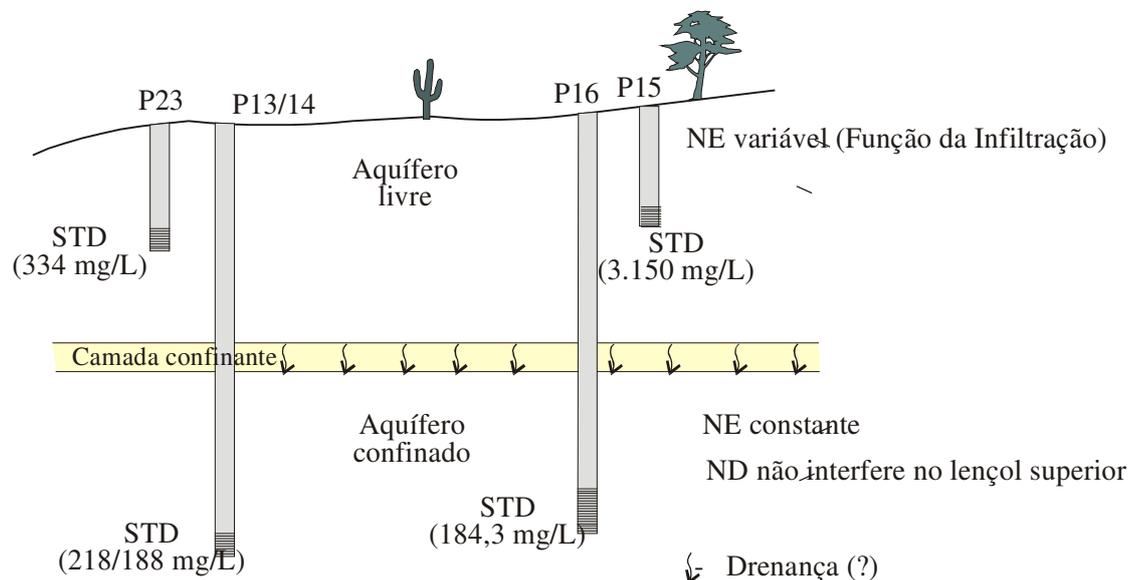
O poço 16 não mostrou qualquer relação hidráulica com o poço 15, durante as observações de rebaixamento e recuperação do mesmo (poço 16). Além disso, o seu nível estático se mostrava também praticamente constante, diferente do comportamento do poço 15. Por outro lado, o poço 16 mostrou conexão hidráulica com os poços 13 e 14, quer dizer, durante os rebaixamentos (e recuperação) destes poços o nível estático do poço 16 rebaixou de 3,21 para 3,275 m (rebaixamento de 6,5 cm). Considerando então a distância mínima de cerca de 84 m entre estes dois conjuntos de poços (poços 13-14 e 16), pode-se supor uma expansão significativa do cone de rebaixamento gerado pelos poços 13 e 14, típica de aquíferos confinados.

Não foi feita análise para avaliar a permeabilidade da camada semiconfinante, tendo em vista a necessidade da implantação de mais piezômetros de observação profundo, todavia nas condições hidrogeológicas alteradas atuais, caso ocorra qualquer efeito de drenagem, esta será de forma descendente, comprometendo a longo prazo a qualidade da água do aquífero inferior. É possível, porém, pelos desníveis de carga nas condições estáticas entre os poços 16 (carga = 0,637 m), aquífero inferior, e 19 (carga = 0,426 m), aquífero livre, da ordem de 21 cm, que nas proximidades do mar o fluxo tenha características ascendente (Figura 6, item 6), o que seria também comum.

#### **4 - Fluxo Subterrâneo**

O mapa potenciométrico ou de fluxo é construído com base em curvas que apresentam os mesmos valores de carga. As cargas são as cotas absolutas do nível d'água dos poços em relação ao nível do mar. Para tanto, foi feito um cadastramento de todos os poços da região estudada, além da implantação de 7 piezômetros rasos, e posteriormente realizado um levantamento topográfico (altimetria) da boca destes pontos d'água, através de poligonais abertas por caminhamento, usando estação total e GTS 229. Tendo em vista que na área não havia uma referência de nível, considerou-

se inicialmente a boca do piezômetro 18, como cota absoluta igual a zero, mas como muitos valores ficariam negativos próximo à praia, esta cota de referência foi alterada para 2 m acima do nível do mar. Assim, já que o nível do mar é considerado cota zero, as cargas calculadas se aproximam do real, porquanto, por exemplo, a carga do piezômetro 19, o mais junto à praia, tem carga de 0,426.

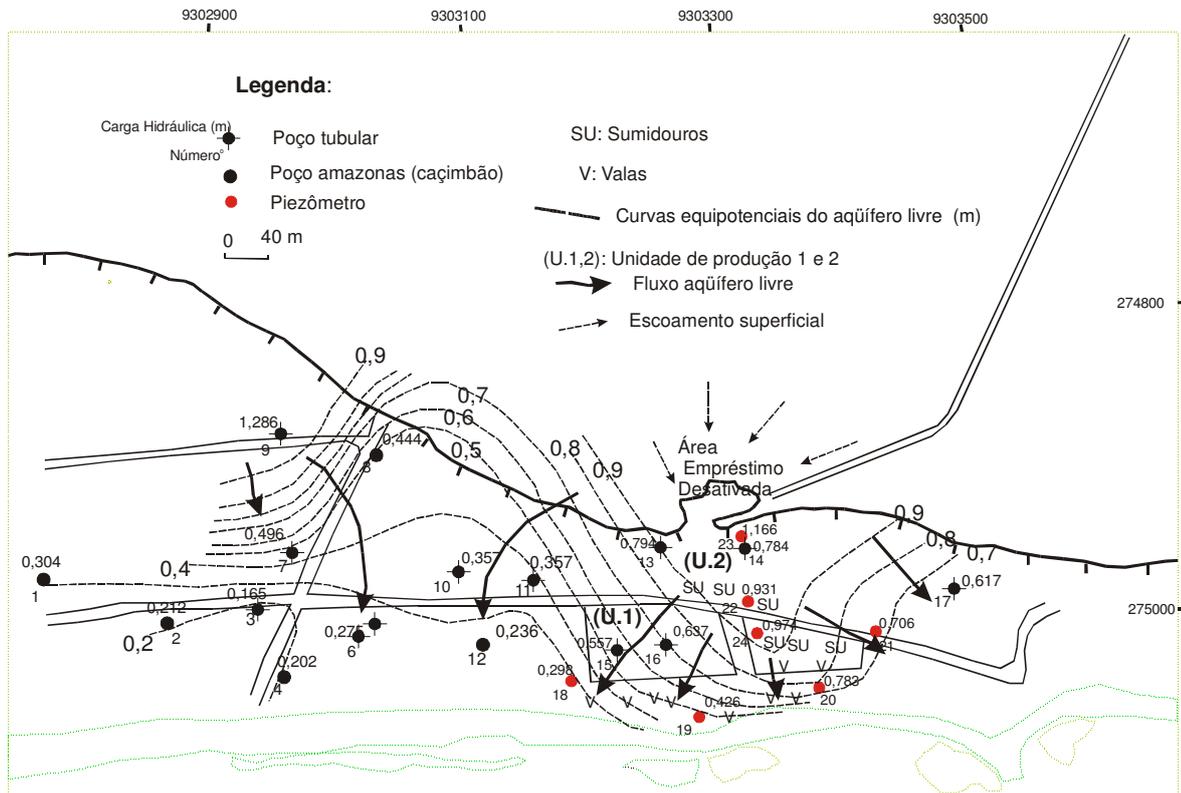


**Figura 3.** Perfil W – E, retratando uma síntese de algumas das características da compartimentação hidrogeológica na área estudada.

O mapa potenciométrico ou de fluxo do aquífero livre (superior) (Figura 4) mostra um divisor de águas subterrâneas onde uma parte migra para sudeste-leste e outra para nordeste-leste, ambas em direção ao mar.

Aparentemente não se vê um fluxo no sentido oeste, em direção aos poços 13 e 14, todavia é certa que em alguns momentos poderá perfeitamente ocorrer fluxos neste sentido, em função de cargas de efluente infiltrada, até haver um novo equilíbrio. Isto pode ser possível conforme a salinidade encontrada no piezômetro 23 (em torno de 334 mg/L).

Apesar de não ter sido construído o mapa potenciométrico do aquífero inferior, está claro que o fluxo normal é de oeste para leste, sendo que um fluxo invertido sempre se verifica durante os bombeamentos (ver figura 6, item 6).



**Figura 4.** Mapa de fluxo subterrâneo do aquífero livre na área estudada.

## 5 - CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA BÁSICA E A PLUMA DE SALINIZAÇÃO

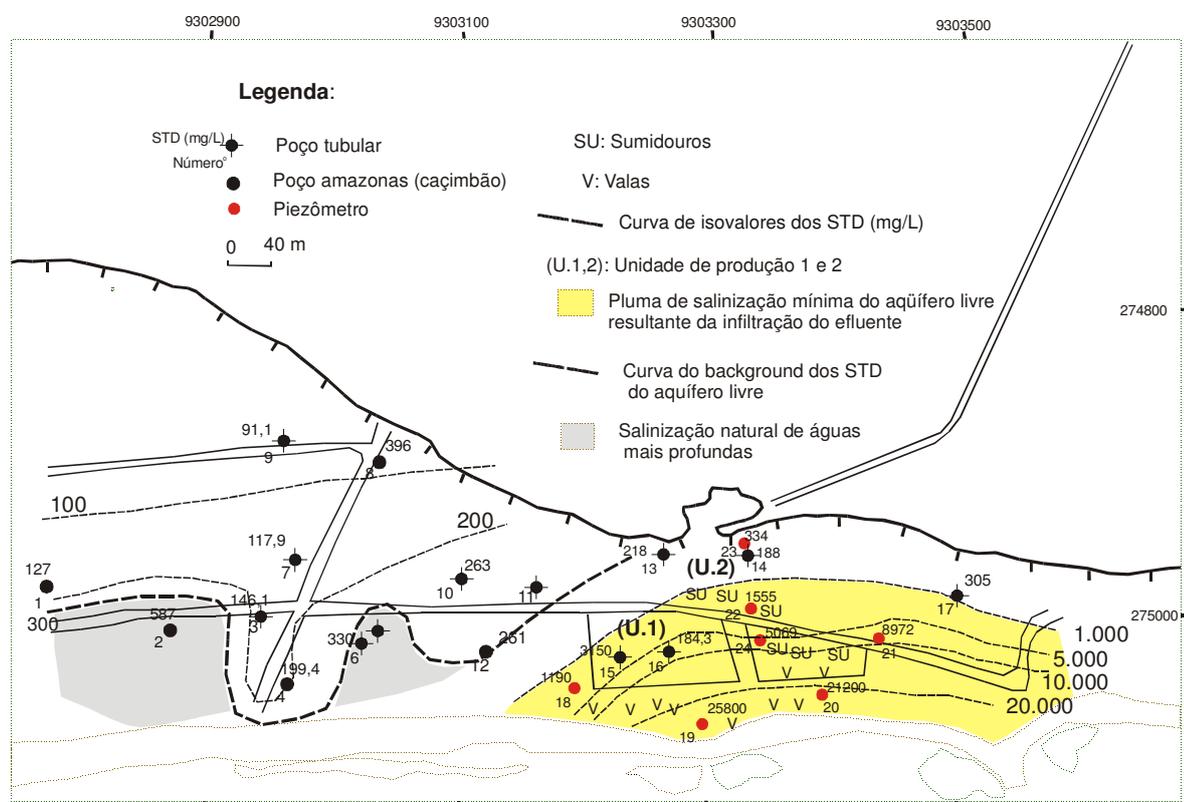
A salinidade (STD) das águas dos poços cadastrados foram obtidas, em sua grande maioria in loco, através de um condutivímetro portátil. Quando precisou de diluição (águas do mar, efluentes e alguns piezômetros próximos do mar) as amostras foram conduzidas ao laboratório do CEFET-RN. As leituras das águas dos poços foram sempre renovadas até a salinidade estabilizar, antes de ser feitas as medidas.

De um modo geral observa-se no mapa de salinidade (Figura 5) que o padrão de dispersão do contaminante possivelmente infiltrado é controlado pelos fluxos subterrâneos, com valores aumentando em direção a sudeste e a nordeste, bem como para leste, justamente onde deve estar as maiores quantidades dos sumidouros e valas. Valores de até 25.800 mg/L foram encontrados (piezômetro 19) próximo do mar, sendo mais diluído que o efluente (33.650 mg/L) devido à mistura com a água doce do aquífero. A salinidade do mar ficou em torno de 33.690 mg/L, próxima da do efluente. De qualquer forma, a curva de isovalores de 1000 mg/L de STD permite visualizar a dimensão da pluma do contaminante gerada.

Conforme já dissemos valores de poços profundos mais próximos do mar, em torno de 305 mg/L (poço 17) e 330 mg/L (poço 06), parece representar ainda um valor de background (normal), marcando a maior influencia do mar em subsuperfície.

Geralmente caçimbão (ou água de caixa d'água) pode apresentar uma salinidade maior do que o normal tendo em vista o processo de concentração pela evaporação. Assim, no ponto 2 procurou-se representar o valor obtido de 587 mg/L do caçimbão apenas para ressaltar novamente que, de acordo com as informações verbais, o poço tubular de apenas 16 m de profundidade apresenta água salobra, sendo que o de 36 m mostrou água salgada, de tal modo que ambos estão, atualmente, desativados.

É possível porém que isto represente mesclas da água do mar resultante de avanços localizados na cunha salina (conforme será discutido adiante), por consequência dos bombeamentos nestes poços privados. De qualquer maneira, estas informações parecem revelar que a interface mar/água doce pode estar rasa.



**Figura 5.** Mapa da distribuição dos STD.

## 6 - Avanço da Cunha Salina

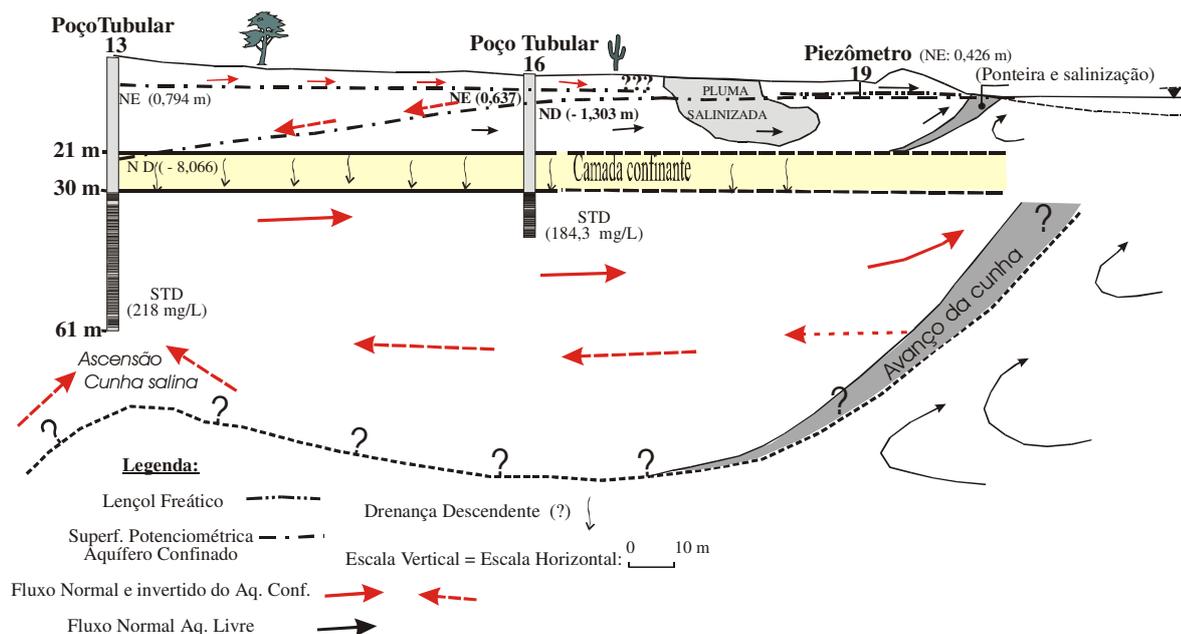
Segundo Fetter (1994), o resultado dos bombeamentos de águas doces em zonas costeiras é o avanço da água do mar, comumente chamado de cunha salina. A interface água doce/salgada é geralmente uma zona de mistura com inclinação para o continente. Considerando que a água salgada é mais densa que a água doce, esta última se encontra sobre a primeira. O avanço da água salgada em direção ao continente se faz de forma “passiva” e “ativa”. No primeiro caso decorre naturalmente da própria variação de descarga da água doce em direção ao mar. Nestas condições a zona de mescla migrará lentamente para o continente (podendo levar centenas de anos) até alcançar

uma posição de equilíbrio com as novas condições de descarga do continente. No segundo caso, **avanço ativo**, é devido às atividades antrópicas, geralmente associadas com bombeamentos de poços.

Para exemplificarmos fatos semelhantes na área estudada, quando ponteiros para a captação de água salgada foram implantadas na região (maio de 2002), inicialmente as águas bombeadas da ponteira eram ainda doce. Todavia no decorrer dos 3 meses subseqüentes elas foram salinizando até se tornarem água salgada, devido ao avanço da cunha salina no aquífero livre (Figura 6). É claro que em parte se deve às contribuições das infiltrações dos efluentes.

Um cenário mais grave que pode estar em curso é um possível avanço ativo, agora associado ao aquífero inferior, conforme ilustrado ainda no perfil hidrogeológico da figura 6.

Neste perfil, a carga hidráulica ou cota absoluta do nível dinâmico do poço (13) está em - 8,066 m e no poço (16) -1,303 m. Isto significa que esta última pode estar abaixo do nível do mar, uma vez que está cerca de 87,7 cm abaixo do nível estático do piezômetro 19, o qual encontra-se muito próximo do nível do mar. Desse modo, pode-se estar provocando um fluxo invertido do mar para o continente, durante os bombeamentos dos poços 13 e 14, gerando condições para um avanço severo da cunha salina, inclusive com possível ascensão da água do mar subjacente a estes poços. A situação talvez não seja tão evidente tendo em vista o caráter intermitente do bombeamento, através de um dispositivo automático de desligamento do funcionamento da bomba. Estas observações explicaria o porque das águas destes poços (13 e 14) estarem mais salinizadas que o poço 16, mesmo porque este último estaria capturando provavelmente fluxos rasos. Está evidente também o gosto salobro das águas de abastecimento local extraída destes poços.



**Figura 6.** Perfil hidrogeológico W – E, evidenciando possíveis problemas de avanços ativos da cunha salina, relacionados principalmente com o bombeamento do aquífero confinado.

## 7 – Conclusões e Recomendações

- A salinização acentuada do aquífero livre na área estudada deve resultar das atividades de efluentes infiltrados nos sumidouros e valas de infiltração, os quais migram em direção ao mar, acompanhando o fluxo subterrâneo, gerando uma pluma salinizada. Esta está limitada pelo background da salinidade da água em torno de 330 mg/L. Parte destes valores elevados do background pode originar de ambiente naturalmente salinizado pelas ingressões marinhas nas épocas das marés de grande amplitude, quando rompem os cordões de dunas.

- A compartimentação hidrogeológica, devido a uma camada argilosa está preservando o manancial inferior, garantindo a água potável que é utilizada em eventuais sistema industrial e de abastecimento humano;

- É possível que um avanço ativo da cunha salina esteja ocorrendo em função dos bombeamentos de poços tubulares;

- Sempre que possível deve-se lançar os efluentes salgados e devidamente tratado no mar, para que ocorre a diluição natural.

- Monitorar níveis e qualidade das águas para observar a evolução dos problemas apontados anteriormente;

## 8 –Referencias Bibliográficas

MABESOONE J. M. *et al.* 1991. Nota Explicativa dos Mapas. In : *Estudos Geológicos: Revisão Geológica da Faixa Costeira de Pernambuco, Paraíba e Parte do Rio Grande do Norte*, UFPE - Recife, Série B, v. 10, p. 21-31.

BEZERRA F.H.R., Saadi A., Moreira J.A.M., Lins F.A.P.L., Nogueira A.M.B., Macedo J.W.P, Lucena L.F., Nazaré Jr. D. 1993. Estruturação Neotectônica do Litoral de Natal-RN, com Base na Correlação entre Dados Geológicos, Geomorfológicos e Gravimétricos. *In: SBG Núcleo MG, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, 4, Belo Horizonte, Bol. **12**:317-321.

FETTER C.W. 1994. *Applied Hydrogeology*. 3<sup>a</sup> ed. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall, 691 p.