



## Estudos de Caso e Notas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

# Monitoramento do nível freático na área da Refinaria Abreu e Lima – Ipojuca-PE

## Water table monitoring in Abreu e Lima Refinery área – Ipojuca-PE

Ana Gabriella dos Santos Batista<sup>1</sup>; José Geilson Alves Demetrio<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Geociências -PPGEOC, Recife-PE.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

✉ [anaghaby20@hotmail.com](mailto:anaghaby20@hotmail.com), [geilsonad@yahoo.com.br](mailto:geilsonad@yahoo.com.br),

### Resumo

#### Palavras-chave:

Monitoramento.  
Refinaria Abreu e Lima.  
Suape.  
freático

O monitoramento da variação da superfície potenciométrica de um aquífero é uma atividade fundamental para a compreensão do comportamento hidrodinâmico do mesmo. A Refinaria Abreu e Lima, conforme estabelecido no EIA/RIMA, vem realizando o monitoramento do aquífero freático, em sete poços de monitoramento, nos domínios de suas instalações, desde de maio de 2009. Infelizmente esse monitoramento não foi contínuo, principalmente porque alguns poços foram danificados, mas o volume de informações obtido foi substancial, principalmente nos dois anos de monitoramento automático, com registro horário dos níveis de água. Os dados de variação do nível da água, confrontados com os dados de precipitação, mostraram que o nível da água no aquífero está intimamente ligado ao regime das chuvas, com respostas bastante rápidas, sendo o pico de chuva defasado em doze horas do pico de subida da água no poço. Também foi feita uma análise das variações dos níveis estáticos com as variações da condutividade hidráulica do aquífero, determinada por *Slug* teste. As oscilações dos níveis da água nos ficaram entre 2,0 e 5,0 metros.

### Abstract

#### Keywords

monitoring.  
Refinery Abreu e Lima.  
Suape.  
freatic

Monitoring the variation of the potentiometric surface of an aquifer is a fundamental activity to understand the hydrodynamic behavior of the aquifer. The Abreu e Lima Refinery, as established in the EIA / RIMA, has been monitoring the water table in seven monitoring wells in the domains of its facilities since May 2009. Unfortunately, this monitoring was not continuous, mainly because some wells were damaged, but the volume of information obtained was substantial, especially in the two years of automatic monitoring, with hourly recording of water levels. The water level variation data, compared with the rainfall data, showed that the level of the water in the aquifer is closely linked to the rainfall regime, with very fast responses, with the rain peak lagged at twelve hours of the rise of the water in the well. An analysis was also made of the variations of the static levels with the variations of the hydraulic conductivity of the aquifer determined by *Slug* test. The oscillations of the water levels were between 2.0 and 5.0 meters

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i2.29538>

## 1. INTRODUÇÃO

Todo estudo hidrogeológico, normalmente, é baseado em dados de curta duração, por exemplo, teste de aquífero de vinte quatro horas de bombeamento. A rigor, os resultados só seriam válidos para esses tempos, mas a exploração da água é planejada para alcances maiores, no caso de abastecimento público, geralmente, utiliza-se 20 anos. Assim, na realidade, estudos baseados em dados de curta duração apontariam os rumos iniciais da exploração. Para se fazer correções desta, são indispensáveis anos de monitoramento, no caso, nível da água, qualidade da água, volumes bombeados, e nos casos de aquíferos livres, precipitações, para formar uma série histórica de dados. Só com esse conjunto de informações é possível corrigir as recomendações iniciais de exploração, bem como, realizar caracterizações hidrogeológicas mais próximas da realidade, principalmente para ampliações de sistemas de bombeamento de água subterrânea.

A Refinaria Abreu e Lima - RNEST, compreende uma área de 630 ha, situada no Complexo Industrial de Suape, município de Ipojuca-PE, localizada as margens do tronco rodoviário TDR sul, tem como principais vias de acesso a BR 101 e a PE-60. A Figura 01 mostra o mapa de localização da área de estudo.

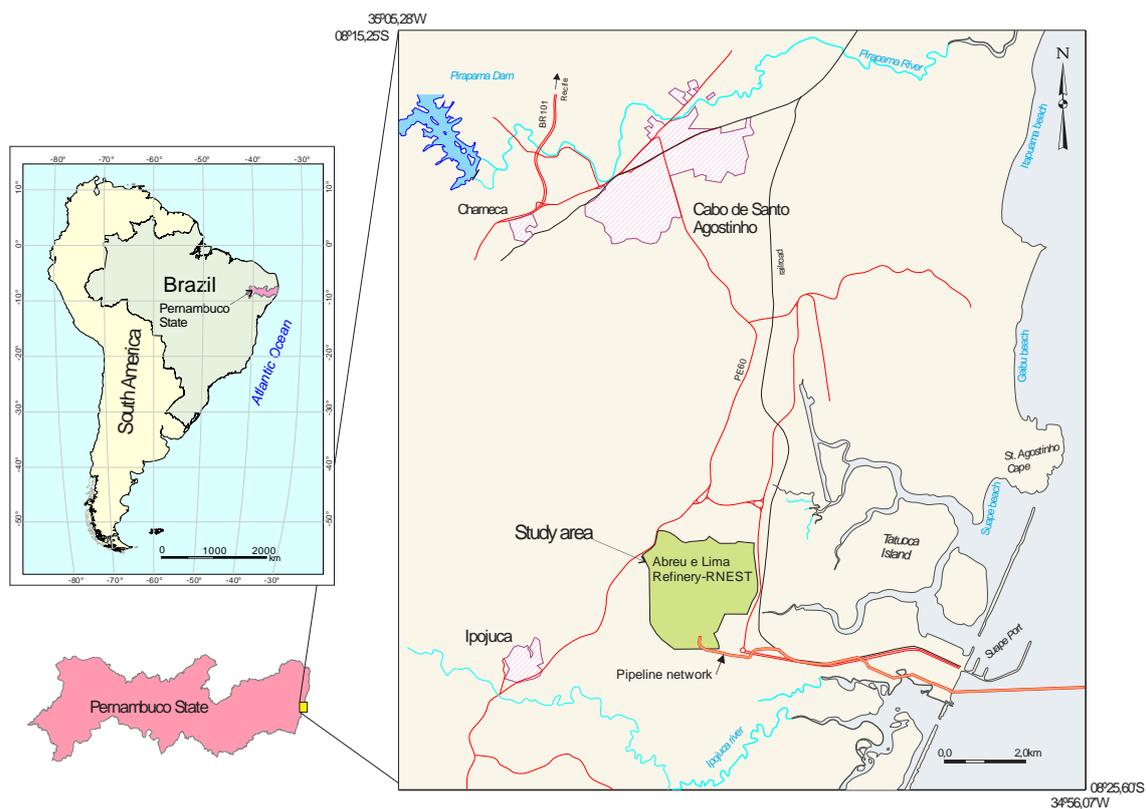
Segundo UNEP/WHO,1996, o monitoramento é um processo programado de amostragem, medições e armazenamento de dados sobre várias características do aquífero.

De acordo com Uil, et al.,(1999), um monitoramento deve prover informações sobre a dinâmica do aquífero em relação às variações sazonais e efeitos antrópicos.

Para Mestrinho, 2008, o monitoramento em águas subterrâneas “é um processo sistemático que engloba a coleta, o armazenamento, a análises e a interpretação de dados”.

Resumindo, o monitoramento é um processo contínuo que fornece dados de diversos aspectos do aquífero, para orientar a sua gestão.

Figura 01 - Localização da RNEST.



O clima dominante na área, segundo a classificação de Köppen é do tipo As', ou seja, clima tropical chuvoso com estação seca bem definida.

Para a análise da precipitação foram utilizados os dados da estação Cabo - Barragem Suape 491, operada pela Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC (Pernambuco State Climate and Water Agency), distante cerca de dois quilômetros da RNEST.

As médias mensais dos últimos sessete anos de observação mostram que o período chuvoso é de março a agosto, e que o período seco é de setembro a dezembro, ficando a média anual em torno dos 2000 mm

Do ponto de vista geológico a RNEST está na Bacia Pernambuco (BPE), localizada na porção do litoral sul do estado de Pernambuco, inserida totalmente na Província Borborema, no domínio meridional, do Terreno Pernambuco-Alagoas. (Lima Filho, 1998)

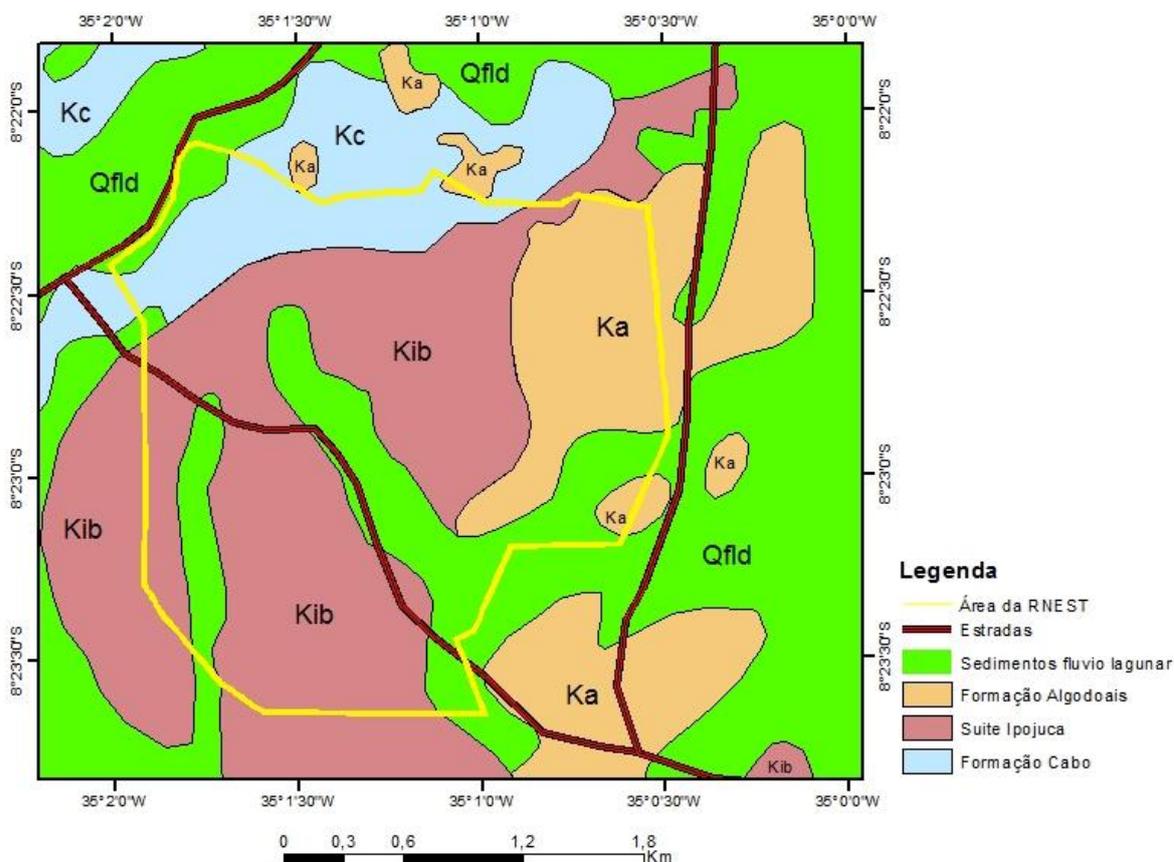
A BPE é limitada a norte pelo ramo leste da Zona de Cisalhamento Pernambuco (ZCPE), próximo à cidade de Recife, e a sul pelo Alto de Maragogi-Barreiros, no município de São José da Coroa Grande. (Lima Filho *op. cit.*).

Na sua porção submersa a bacia se estende para leste através do Platô de Pernambuco, que representa uma feição desenvolvida sobre a crosta continental estirada com aproximadamente 250 a 300 km de extensão (Alves & Costa, 1986; Lima Filho, 1998; Barbosa & Lima Filho, 2006).

A BPE é composta por apenas seis unidades estratigráficas: Formações Cabo (Aptiano-Albiano), Estivas (Cenomaniano-Turoniano), Algodais (Santoniano - Campaniano), além da Suíte Magmática Ipojuca que corta toda a sequência. (Maia et al., 2012).

O Serviço Geológico do Brasil-CPRM (Brazil Geological Survey) apresentou em 1999 Mapa Geológico da Região Metropolitana do Recife, do qual foi retirada a porção no entorno da RNEST, apresentada na figura 02.

Figura 02 - Mapa Geológico em torno da RNEST, CPRM, 1999.



Na área da RNEST dominam as rochas vulcânica da suíte magmática Ipojuca, dominadas por basaltos, traquitos e riolito. Seguidas das rochas da formação Cabo, constituído por conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos, Algodoads formada por arenitos e conglomerados podendo apresentar fragmentos de rochas vulcânicas, além da camada siltica argilosa e de sedimentos de mangues recentes.

Hidrogeologicamente ocorrem na BPE os aquíferos Cabo, Boa viagem, e o Barreiras, sendo o Cabo o mais importante deles (Batista, 2017). O aquífero Cabo apresenta uma baixa condutividade hidráulica ( $1,1 \times 10^{-5}$  m/s), devido à presença da argila e caulim na composição do cimento, bem como por intercalações de camadas ou lentes siltico-argilosas.

Essa variação faciológica ocorre tanto na vertical como na horizontal, fazendo com que se apresente ora com maior permeabilidade, onde predomina a fácies arenosa ora com menor permeabilidade, onde predomina a fácies siltico-argilosa (Borba et al., 2012).

Segundo Costa, 1994, o aquífero Boa Viagem é formado por sedimentos recentes como aluviões, terraços fluviais, terraços marinhos, areias de praia, paleomangues e dunas antigas, ora recobrimdo os sedimentos do aquífero Beberibe e Cabo e ora sobre o embasamento cristalino na região mais a oeste. Apresenta uma condutividade hidráulica média da ordem de  $1,7 \times 10^{-4}$  m/s.

A hidrogeologia local, na área da RNEST, é uma consequência da geologia, portanto, o aquífero freático, na sua maioria, tem origem a partir dos solos de alteração das rochas vulcânicas, que geram mantos de alteração de natureza essencialmente siltico/argiloso.

Os solos da RNEST, devido ao caráter argiloso, a rigor, não poderiam ser chamados de aquífero, uma vez que, por definição, estes são formações que podem armazenar e ceder água em quantidades razoáveis, (Fetter, 2001). O mais adequado seria o usar o termo aquífero, que, segundo Fetter, *op. cit.*, é a formação de baixa permeabilidade que pode armazenar e ceder água lentamente. Porém, esses conceitos não são rígidos, permitem uma certa flexibilidade.

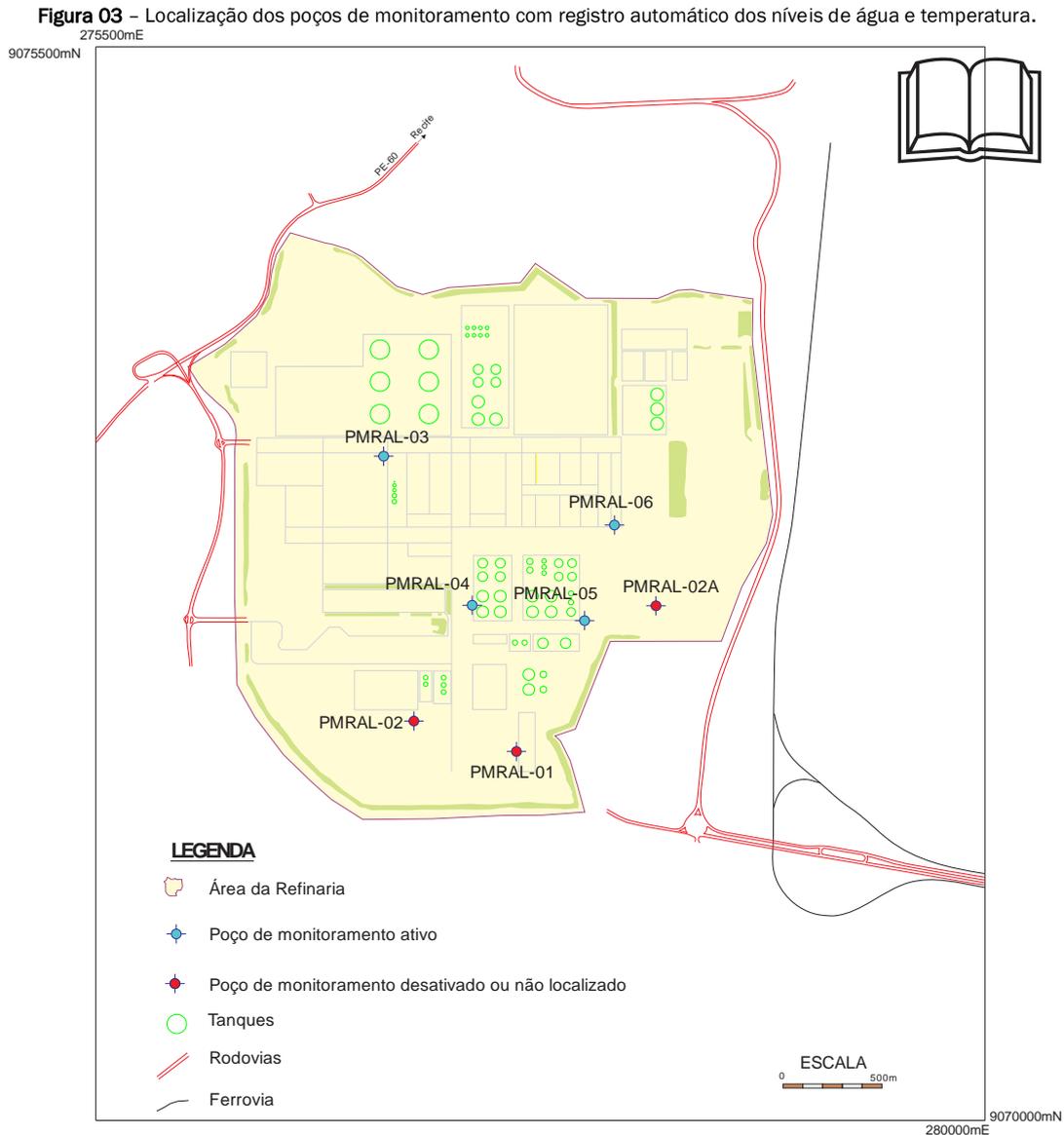
O termo aquífero, normalmente é utilizado para uma camada semipermeável que separa dois aquíferos, nunca sozinha. Admitindo-se que haja uma camada siltica-argilosa da qual se consegue retirar alguma água para se abastecer, esta, com certeza, seria denominada de aquífero. Por essas razões, nesse trabalho empregou-se o termo aquífero freático, ou simplesmente freático, para se denominar o solo de alteração, no qual os poços de monitoramento foram construídos. Para corroborar a natureza argilosa dos solos da RNEST, foram realizados quatro *slug* testes, cuja condutividade hidráulica média foi de  $6,55 \times 10^{-7}$  m/s.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram oriundos de dois Programas Básicos Ambientais – PBA, no período de 2014 a 2017, nos quais foram realizadas oito campanhas de monitoramento, utilizando quatro poços de observação, nos quais foram medidos os níveis estáticos, feitas coletas de amostras de água para análises físico-químicas.

O monitoramento de nível de água foi feito de forma manual, utilizando medidor de nível convencional, e sensores automáticos, porém, nesse trabalho será apenas apresentado o monitoramento de nível de água feito de forma automática.

Para a realização do monitoramento automático da variação da superfície freática foram construídos quatro poços. Os poços foram denominados de PMRAL-03 a PMRAL-06 e foram construídos entre 18/09/2014 e 18/10/2014. Os poços ficaram com a profundidade variando entre 7,3 e 15,0 metros. Na figura 03 são apresentadas as posições dos quatro poços de monitoramento.



A partir de 02 de dezembro de 2014 foram instalados, nos quatro poços, sensores automáticos para o registro da variação do NE. Esses sensores, na realidade, registram a pressão da coluna de água sobre eles mais a pressão atmosférica. Para corrigir o efeito da pressão atmosférica, foi instalado um sensor específico no PMRAL-03. Fazendo-se a correção da pressão atmosférica obtém-se o registro apenas da variação da coluna de água, que é a informação desejada.

Foram utilizados sensores da Schlumberger, denominados de Diver e Baro, este último apenas para o registro da pressão atmosférica. Ambos foram programados para registro horário dos dados. No caso do Diver foram registrados a data, hora, coluna de água mais pressão atmosférica e a temperatura. Para o Baro foram registrados os mesmos dados, apenas com a diferença dele registrar a pressão atmosférica sem a coluna de água, uma vez ele fica instalado acima do nível da água no poço.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A última leitura realizada foi no dia 16 de janeiro de 2017, totalizando 776 dias de monitoramento contínuo, um pouco mais de dois anos e um mês. Nos gráficos da figura 04 são apresentadas as variações diárias do nível da água. Na parte superior do gráfico são apresentadas as precipitações mensais para o posto 491-Cabo (Barragem de Suape), obtidas na página da APAC.

Infelizmente alguns sensores apresentaram problemas e só foi possível o registro completo de todo o período de monitoramento, no poço PMRAL-06. Nos poços PMRAL-03 e PMRAL-05 se conseguiu o registro dos níveis da água por um período de pouco mais de um ano, enquanto para o PMRAL-04 só foram observados apenas oito meses.

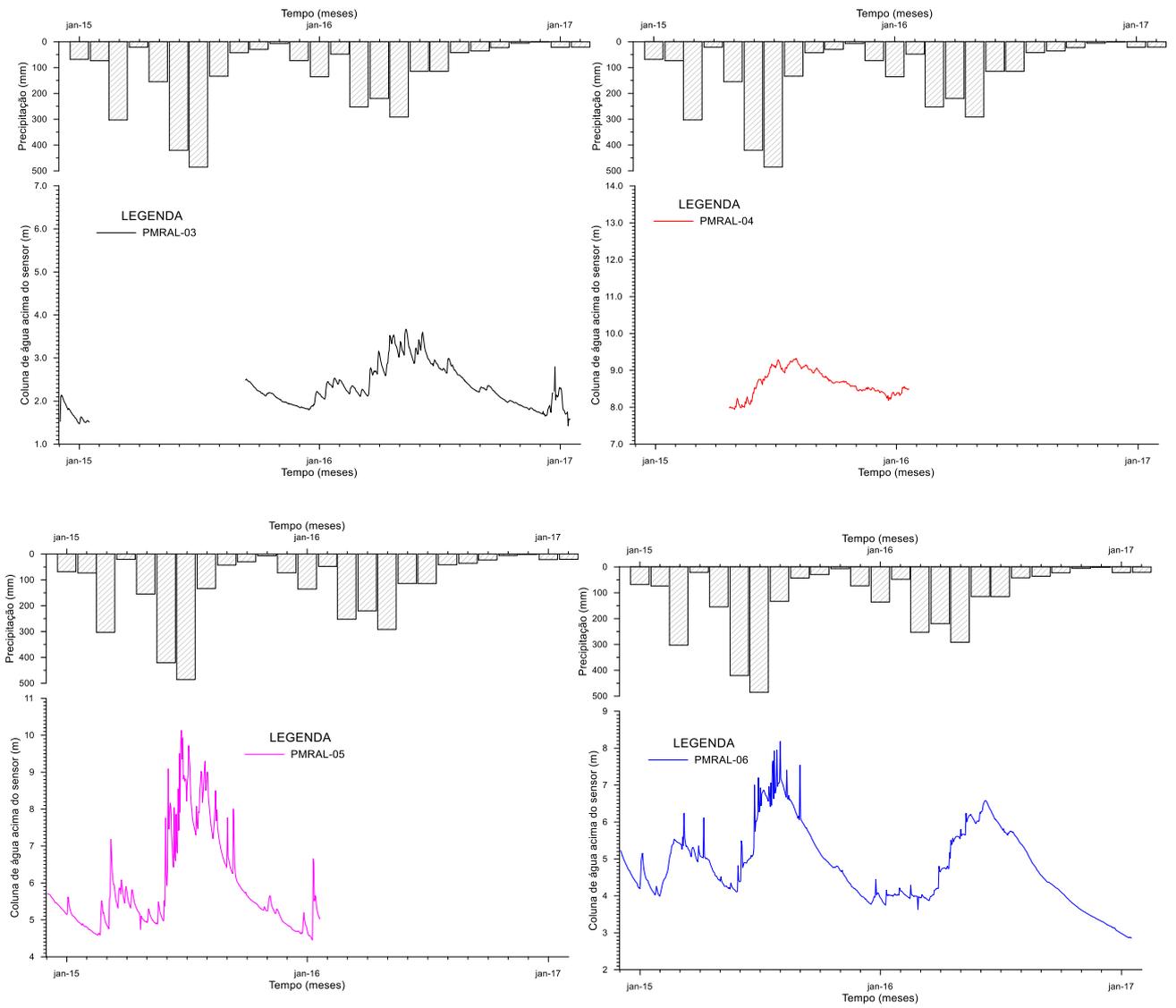
Apesar das falhas em alguns sensores o volume de informação foi substancial e serviu para caracterizar muito bem que as variações do nível da água nos poços da RNEST estão intimamente ligadas com as precipitações. Percebe-se que períodos de precipitação maiores resultam em elevação do nível da água nos poços, e que essa elevação é proporcional à intensidade das chuvas. Conforme observado no gráfico do poço PMRAL-06, o período chuvoso de 2015 foi mais intenso do que o de 2016, o que se reproduziu na variação dos níveis da água no poço.

Percebe-se que os poços PMRAL-03 e PMRAL-04, apesar das ausências de dados de alguns períodos, tem variações semelhantes, da mesma forma entre os poços PMRAL-05 e PMRAL-06, diferindo apenas na intensidade. Enquanto nos primeiros as oscilações ficaram em torno de dois metros nos outros ficaram entre quatro e cinco metros.

Inicialmente imaginava-se que o comportamento hidráulico do poço PMRAL-03 fosse semelhante ao PMRAL-05, e o PMRAL-04 semelhante ao PMRAL-06, por conta das condutividades hidráulicas determinadas no Slug teste. Nos dois primeiros poços a condutividade hidráulica foi da ordem de  $1,0 \times 10^{-7} \text{m/s}$ , nos dois últimos em torno de  $1,0 \times 10^{-6} \text{m/s}$ .

Porém, outro fator que poderia ser importante no controle da variação do nível da água no aquífero, seria a proximidade dos poços PMRAL-03 e PMRAL-04 com as tubovias, conforme mostrado na figura 05. Estas são escavações com cerca de quatro metros de profundidade e aproximadamente cinquenta metros de largura, onde são instalados um conjunto de tubos, por onde flui os óleos para o porto de Suape, além de outros fluídos. Essas escavações funcionam como dreno do freático, daí a menor oscilação do nível da água nos poços que ficam a menos de vinte metros de distância.

**Figura 04-** Variação do nível da água nos poços PMRAL-03 a PMRAL-06, entre dezembro de 2014 e janeiro de 2017.



**Figura 05-** Localização dos poços de monitoramento em relação as tubovias.

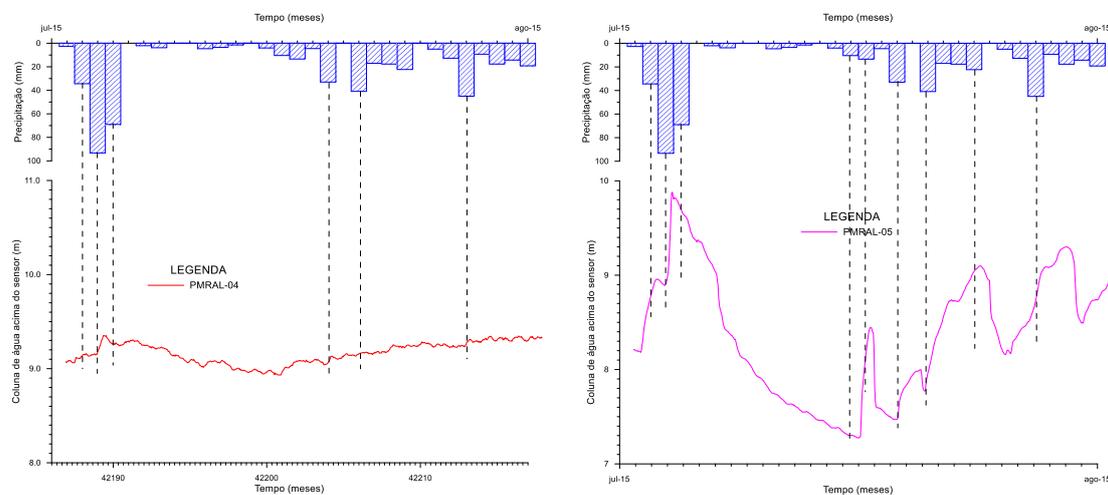


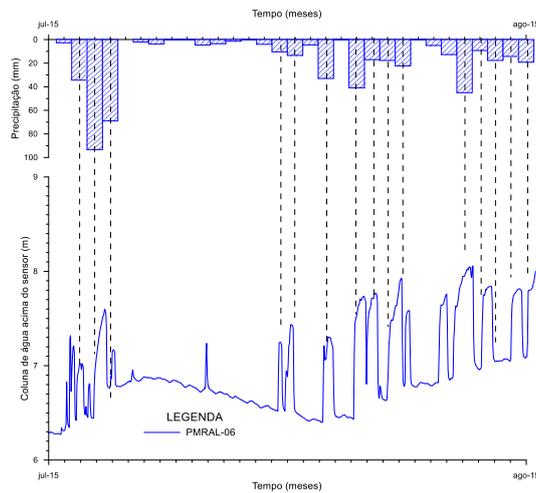
Quando se analisa os gráficos a nível mensal observa-se que o tempo de resposta do aquífero a precipitação é de aproximadamente de um mês, ou seja, os picos de elevação da superfície freática são defasados de um pouco mais de trinta dias dos picos da chuva. Essa resposta parece compatível com a natureza argilosa do freático na área da RNEST. No entanto, quando se observa a variação do nível da água para uma frequência horária a reação parece ser bem diferente. Para realçar essa característica foi selecionado o mês de julho de 2015, por ser um mês chuvoso e com dados em três poços de observação, sendo o período chuvoso com o maior número de poços com observação de variação do nível estático.

No gráfico da figura 06 é apresentado um zoom da curva da variação do nível da água para o mês de julho de 2015, dos poços PMRAL-04, PMRAL-05 e PMRAL-06. Essas curvas foram elaboradas com os dados horários, enquanto a chuva mostrada na parte superior dos gráficos é para uma frequência diária, do posto 491.

É nítida a diferença da reação do aquífero no local dos três poços. São formatos e amplitudes totalmente distintos. Como a maior distância entre os poços é de cerca de 1300,0 metros (PMRAL-03 – PMRAL-05), admite-se que as precipitações não variaram ao ponto de produzirem curvas tão diferentes, assim, o mais provável é que o comportamento observado nas curvas da figura 07 devam-se as variações nas características do aquífero.

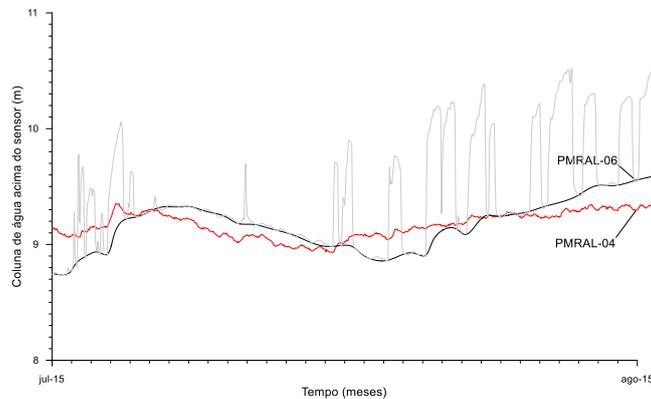
**Figura 06-** Variação do nível da água nos poços PMRAL-04, PMRAL-05 e PMRAL-06, frequência de observação horária, durante o mês de julho de 2015 e a precipitação diária do mesmo período.





A curva do poço PMRAL-06, sem os picos da variação horária, é bastante semelhante à curva do poço PMRAL-04, como se pode verificar na figura 07 a seguir:

**Figura 07** - Comparativo entre as curvas do PMRAL-04 e PMRAL-06 sem os picos horários.



Uma hipótese para justificar a semelhança entre essas curvas poderia ser a proximidade das condutividades hidráulicas determinadas, nos locais desses dois poços, pelo *Slug* teste, porém, quando as curvas foram analisadas para um período maior de observação, o comportamento no poço PMRAL-04 foi mais parecido com o do poço PMRAL-03, do que com o poço PMRAL-06. Continuando no campo das hipóteses, essa contradição aparente poderia ser explicada da seguinte forma: No período curto de observação prevaleceriam no formato das curvas a semelhança hidráulica, porém, para o período longo a drenagem pelos canais das tubovias dominariam a evolução da curva nos poços.

Outro fato que chama a atenção é a diferença de variação do nível entre os poços PMRAL-06 e PMRAL-05, sendo neste visivelmente maiores neste último. Como a condutividade hidráulica-K é maior no PMRAL-06, conseqüentemente a infiltração seria mais favorável, o que deveria resultar em variações maiores do nível da água no poço. Todavia, não se pode esquecer da porosidade efetiva, que é o volume de água que se poder retirar, por drenagem gravitacional, de um metro cúbico do aquífero. Como K é menor no PMRAL-05, provavelmente isto se deve ao aumento do teor de silte/argila do aquífero. A porosidade efetiva, para os materiais finos, decresce com a diminuição dos grãos. Assim, a porosidade efetiva no PMRAL-05 deve ser menor do que no PMRAL-06.

A porosidade pode ser escrita da seguinte forma:

$$S_y = \frac{V_d}{V_t} \tag{1}$$

Sendo:

$S_y$  = porosidade efetiva

$V_d$  = volume drenado ( $L^3$ )

$V_t$  = volume total ( $L^3$ )

No caso da precipitação o volume drenado corresponde a infiltração efetiva no aquífero. Admitindo-se que por  $m^2$  foram infiltrados volumes semelhantes no local dos poços analisados, se tem:

$$S_y = \frac{I}{A \cdot \Psi} \tag{2}$$

Sendo:

$S_y$  = porosidade efetiva

$I$  = infiltração ( $L^3$ )

$A$  = área de ocorrência da infiltração ( $L^2$ )

$\square$  = altura da coluna de água que sobe devido a infiltração ( $L$ )

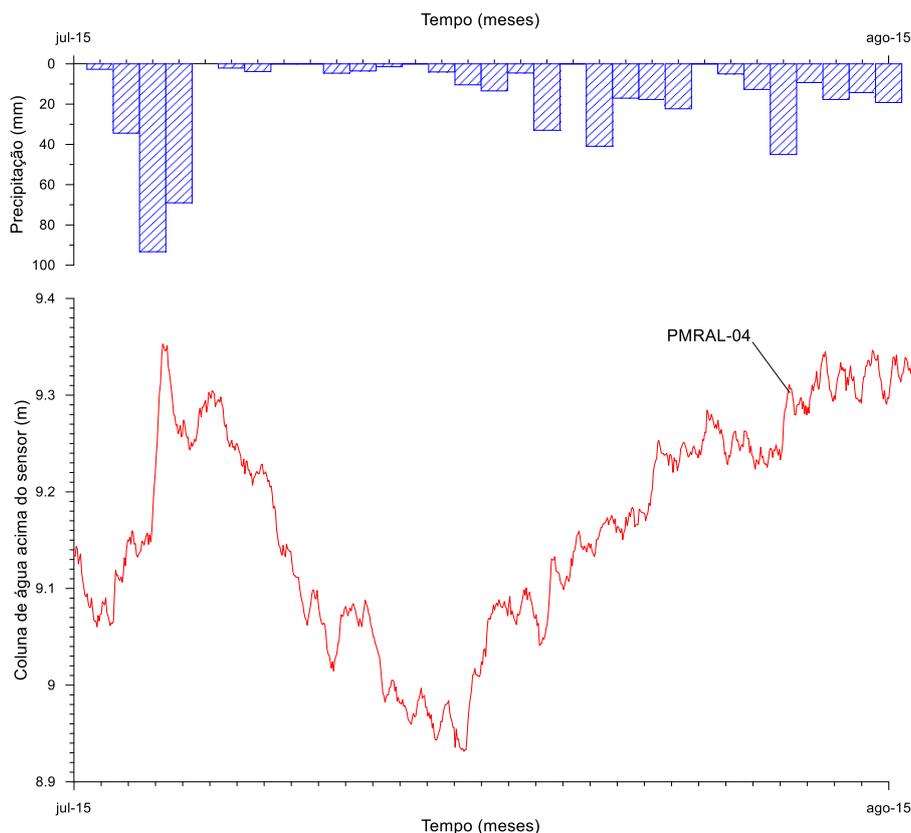
Da equação (2) se tem que  $S_y$  é inversamente proporcional a  $\square$ . Assim, a maior oscilação dos níveis da água no poço PMRAL-05, provavelmente, está associada a uma menor porosidade efetiva, em decorrência do aquífero conter um teor mais alto de silte/argila.

Os picos observados, principalmente, nas curvas dos poços PMRAL-05 e PMRAL-06, que mostram uma resposta do aquífero, quase que imediata, à precipitação, apenas com poucas horas de defasagem entre os picos de chuva e da subida do nível da água no poço. Esse fenômeno não se pode aferir melhor porque o registro das chuvas é diário. Se os registros da precipitação também fossem horários se poderia definir com precisão o tempo de reação do freático. Chama a atenção as intensidades de reação, a variação de nível foi de aproximadamente de um metro, porém bastante curto o tempo de duração da resposta. O nível da água sobe tão rápido quanto desce, mas nunca voltando a posição anterior, sempre acima. Também se observa que a intensidade dos picos do nível da água nem sempre é proporcional as chuvas. Nos dias 15 e 16 de julho, figura 06, as precipitações registradas são relativamente pequenas, um pouco mais 10 mm, porém os picos no nível da água foram equivalentes aos observados no dia 04 de julho, quando a precipitação foi superior a 90 mm. Uma possibilidade para explicar essa incoerência seria o posicionamento do posto pluviométrico em relação aos poços. O posto 491 da APAC está cerca de 3,5 km do poço mais próximo, assim, é possível que as chuvas do dia 15 e 16, no local dos poços, tenham sido mais intensas do que as registradas. O ideal seria que a estação meteorológica fosse instalada entre os poços.

Todos os dados levantados não permitiram nem mesmo a elaboração de uma hipótese para explicar por que em alguns poços aparece na curva da variação do nível da água picos tão fortes e em outros não. Uma possibilidade seria a escala utilizada em alguns gráficos. Nos gráficos da figura 07, como dito, foi utilizada a mesma escala vertical para os três poços, a fim de facilitar a comparação visual entre as curvas. Com isso, para o poço PMRAL-04, onde se observou a menor variação de nível, a curva ficou "achatada" em relação às demais. Na figura 08 é apresentada a curva do poço PMRAL-04 em uma escala diferente da anterior, de forma a eliminar o "achatamento".

Como se pode perceber, mesmo realçada os picos praticamente não existem. Há um "ruído" na curva que pode ser associado a precisão do equipamento, que é da ordem de 2,5 cm, ou seja, a escala não favorece ou dificulta a visualização dos picos.

**Figura 08-** Variação do nível da água no poço PMRAL-04 para o mês de julho de 2015.



## 5. CONCLUSÕES

A partir dos dados levantados e das análises realizadas chega-se as seguintes conclusões:

A rede de monitoramento atual é insuficiente para cumprir adequadamente seu papel. Mas a ampliação da rede já está prevista e encontra-se em fase de implantação. O previsto é construir mais dez poços, para totalizar uma rede de catorze poços. A estrutura subterrânea da RNEST (tubos, galerias, etc) é um fator que dificulta o posicionamento dos poços de monitoramento, tornando difícil conciliar os aspectos hidrogeológicos com os aspectos construtivos da refinaria.

Há uma forte relação da variação da superfície freática com as chuvas. Nos meses úmidos os níveis são mais altos, invertendo-se no período seco. Foi observado, que a nível mensal, a defasagem entre o pico de chuva e o pico de elevação do nível da água é aproximadamente de trinta dias.

Para um monitoramento manual foi mostrado que o intervalo entre as medidas deve ser de um mês, no máximo dois meses. Com essa frequência é possível registrar de forma satisfatória a evolução da superfície freática de forma representativa.

Nos poços PMRAL-03 e PMRAL-04 as oscilações do nível estático, ao longo do período observado, ficaram em torno de dois metros, enquanto, no PMRAL-05 e PMRAL-06 as variações foram entre quatro e cinco metros.

## REFERÊNCIAS

ALVES, E. C.; COSTA, M. P. A. Interpretação sismo-estratigráfica da porção norte do platô de Pernambuco e suas possíveis correlações com a Bacia de Pernambuco-Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Geologia, p. 286-297. 1986.

AMARAL, C. A. Geomorfologia e declividade do Município de Ipojuca/Pernambuco. Recife: CPRM/FIDEM, 1998.

ANA Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos e proposição de modelo de gestão compartilhada para os aquíferos da chapada do Apodi, entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará, Vol. I - Aspectos Gerais da Área do Projeto: Hidroclimatologia, Fisiografia, Uso e Ocupação do Solo, Socioeconomia e Demandas, Processamento Digital de Imagens de Satélite, Brasília, Agência Nacional de Águas 2010.

AUGE, Miguel. Métodos y técnicas para el monitoreo de acuíferos. 2006.

BARBOSA, J. A.; LIMA FILHO, M. F. Aspectos Estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços. Boletim de Geociências da PETROBRAS, v. 14, n. 1, p. 287-306, 2006.

BARBOSA, J.A.; FERREIRA, P.J.; LIMA FILHO, M. Dente de um picnodontiforme (Actinopterygii, Neopterygii) da Formação Estiva, Cenomaniaco-Turoniano da Bacia de Pernambuco, NE do Brasil. GAEA Journal of Geoscience, 4(2):p 43-48, 2008.

BATISTA, M. J. A. F., Comportamento de elementos químicos no sistema rocha-solo-sedimento-planta na área mineira de Neves Corvo: Implicações Ambientais, Tese doutorado, Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, Lisboa, 2003.

BRITO NEVES, B. B.; CORDANI, U. G. Tectonic Evolution of South America during the late Proterozoic. Precambrian Research, v. 53, n. 1-2, p. 23-40, 1991.

BORBA, A. L. S., DA COSTA, M. R., COSTA FILHO, W. D., de Azevedo, P. V. N. G., Jardim, F. C. F. V. Qualidade das águas do Aquífero Cabo na Região Metropolitana de RECIFE-PE. Águas Subterrâneas, 2012.

COSTA, W.D., SANTOS, A.C., COSTA FILHO, W.D., O Controle Estrutural na Formação dos Aquíferos na Planície do Recife. In: 8o Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife, p. 38-43. 1994.

CPRM – Serviço Geológico. Mapa geológico da RMR-Metropolitana de, 1:50000, 1999. Recife Escala

DEMÉTRIO, J. G. A., DE MELO, J. G., DINIZ FILHO, J. B., DOS SANTOS BATISTA, A. G., & da C. OLIVEIRA, R.. Monitoramento do Aquífero Jandaíra na região de Baraúna - RN. Águas Subterrâneas, 30(2), p.261-268. 2016.

FETTER, C. W. Applied Hydrogeology. 4th. . Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001.

LIMA FILHO, Mario Ferreira de. Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1998.

LIMA FILHO, MAIA, F.D; BARBOSA, J.A.; SOUZA, E.M. Eventos tectônicos e sedimentares nas bacias de Pernambuco e da Paraíba: implicações no quebraamento do gondwana e correlação com a bacia do Rio Muni. Geociências 25. UNESP, São Paulo, p. 117 –126, 2006.

MAIA, M.FB. Revisão estratigráfica do intervalo Aptiano-Albiano da Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 226,2012.

MESTRINHO, S. S. P, FEITOSA, F.A.C. Manoel Filho, J., FEITOSA, E.C Monitoramento em água subterrânea. In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Feitosa, A.C.F.; Filho, J.M.; Feitosa, E.C.; Demetrio, J.G.A. (Org.) 3. ed., p. 673-686, 2008.

UIL. H.; GEER. F.C; GEHERELS J.C. KLOOSTERMAN State of the art on monitoring and assessment of groundwaters. UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment, Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO. Lelystad, 1999.

UNEP/WHO. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. Organização Mundial da Saúde. Genebra. 1996.

