

UTILIZAÇÃO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS PARA ANÁLISE DA INTERAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL E ÁGUA SUBTERRÂNEA NUM ESTUDO DE FILTRAÇÃO EM MARGENS

Laércio L. dos Santos¹; Jaime J. S. P. Cabral²; Anderson L. R. de Paiva³ & Maria do Rosário Zucchi⁴

RESUMO – A disponibilidade de água em quantidade e qualidade para abastecimento humano é uma preocupação para gerenciamento das cidades. Neste sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas alternativos de tratamento de água utilizada para o abastecimento, seja um reservatório ou um rio, que sejam eficazes, de baixo custo e que possam contribuir com a qualidade ambiental e de vida das populações. É com essa intenção que a Técnica de Filtração em Margem (FM) foi aplicada nas margens do Rio Beberibe, no terreno onde está localizado a Estação Elevatória de Caixa d'água da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) na fronteira das cidades de Olinda e Recife como uma tecnologia sustentável de tratamento de água. Com o objetivo de verificar se a água bombeada do poço contém água superficial do rio foi realizado um estudo de isótopos estáveis da região. Os resultados obtidos na análise isotópica indicam que no poço de produção existe uma mistura da água do rio com a água do lençol freático.

ABSTRACT – Good quality water for human supply has been a concern for city management. For a suitable supply it is necessary the development of efficient and low cost water treatment systems for rivers and artificial lakes, for improving environmental characteristics and people life quality. For this objective, bankfiltration has been applied at Beberibe river banks. Experimental site is located at Caixa d'água station belonging to COMPESA (Sanitation and water public supply in Pernambuco) at the border between Recife and Olinda. For analyzing the provenance of pumped water, a stable isotope study has been carried out. Results have shown that pumped water is a mixture of river water and phreatic groundwater.

Palavras-chave – Isótopos, Filtração em Margem, Água Subterrânea.

1) Doutorando em Engenharia Civil - Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, (DECIV/CTG/UFPE), Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife/PE. Caixa Postal 7800. CEP: 50741 - 530. Tel: (81) 2126 - 7216 / (83) 8812 - 7312. E-mail: laercioeng@yahoo.com.br;

2) Professor Associado DECIV/CTG/UFPE – Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife/PE. Caixa Postal 7800. CEP: 50741 - 530. Tel: (81) 2126 - 7216 / (81) 9987-8260. E-mail: jcabral@ufpe.br;

3) Professor Adjunto do Núcleo de Tecnologia/Centro Acadêmico do Agreste/UFPE - BR-104 km 59, s/n, Sítio Juriti, Caruaru/PE. CEP:55.002-970. Tel: (81) 2126-7772. E-mail: anderson.paiva@ufpe.br;

4) Professor Adjunto III – Universidade Federal da Bahia – UFBA, Rua Barão de Jeremoabo, s/n - Campus Universitário de Ondina, CEP.: 40170-115 - Salvador, BA – Brasil. Tel: (71) 3283-6680. E-Mail: maria.zucchi@gmail.com

1 - INTRODUÇÃO

As ações antrópicas têm modificado o clima em diversas regiões e muitas vezes as condições necessárias à manutenção da vida têm sido prejudicadas. A conscientização da importância dos recursos hídricos na qualidade de vida da população vem originando demandas crescentes de informações para a elaboração de projetos, principalmente em pequenas bacias hidrográficas.

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os diversos usos, em especial, água para abastecimento humano, é uma preocupação da humanidade e tem sido debatido em diversas regiões, principalmente nas regiões tropicais e nas semi-áridas.

Com o aumento da população ao longo dos anos, a gama de usos de água cresceu juntamente com as restrições relativas à sua qualidade. Os usos da água evoluíram ao longo do tempo, envolvendo a alimentação e higiene pessoal, agricultura, navegação, produção industrial, resfriamento de termoeletricas e usinas nucleares e atividades recreativas.

Desde o início da humanidade a água tem sido utilizada como meio de disposição, depuração, dispersão e transporte de águas residuárias (domésticas e industriais, águas de drenagem de minas, de drenagem urbana, águas de retorno da irrigação, por exemplo) (Gastaudini,2003). Qualquer uso da água provoca impactos sobre a qualidade do meio ambiente aquático. Além dos diversos usos diretos, várias atividades humanas tem efeitos indiretos e indesejáveis sobre os ambientes aquáticos, a saber: desmatamento e urbanização, liberação acidental de substâncias químicas e de águas residuárias, lixiviação de resíduos sólidos e excessivo uso de fertilizantes e agrotóxicos.

No ambiente urbano, os mananciais são em geral extremamente poluídos devido ao intenso despejo de efluentes de esgotos domésticos e industriais e ao uso e ocupação do solo desordenado, já que, os grandes centros urbanos, geralmente se originaram em suas margens sem levar em consideração o ecossistema aquático. Sendo assim, a grande quantidade de esgotos, aliadas a drenagem de grandes áreas asfaltadas tem contribuído para a alta poluição dos corpos hídricos superficiais prejudicando ou neutralizando o seu aproveitamento para o abastecimento humano.

Apesar de grandes avanços no desenvolvimento de tecnologias para o tratamento das águas para abastecimento público nos últimos 100 anos, ainda existem muitas dificuldades na busca por soluções seguras para garantir a produção de água potável a partir de mananciais superficiais. Essa busca torna-se incessante, uma vez que, a cada dia, novos compostos naturais e industriais são produzidos e até mesmo gerados durante o próprio tratamento de água que pode manifestar-se em concentrações potencialmente perigosas para a saúde humana.

Neste sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas alternativos de tratamento de água utilizada para o abastecimento, seja um reservatório ou um rio, que sejam eficazes, de baixo custo e que possam contribuir com a qualidade ambiental e de vida das populações.

A tecnologia de Filtração em Margem (FM) foi aplicada nas margens do Rio Beberibe, no terreno onde está localizado a Estação Elevatória de Caixa d'água da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) na fronteira das cidades de Olinda e Recife como uma tecnologia sustentável de tratamento de água utilizada para o abastecimento.

Segundo Ray et AL. (2002) são apontados de imediato dois benefícios da tecnologia de Filtração nas Margens: o primeiro benefício seria a minimização da necessidade do uso de produtos químicos como desinfetantes e coagulantes no controle de patogênicos das águas superficiais; e o segundo benefício apontado foi à diminuição dos custos com o tratamento da água para a comunidade sem aumento de risco à saúde humana. É claro que, sendo um pré-tratamento, em alguns casos, ainda é necessária uma simples desinfecção para proporcionar a água padrões de potabilidade aceitáveis.

O Sistema de FM é geralmente composto por poços nas margens de rios ou reservatórios, e, com a utilização de um bombeamento constante, cria-se uma diferença de carga hidráulica entre o rio e o aquífero, fazendo com que a água superficial atravesse subterraneamente através do meio poroso para os poços de bombeamento. No Rio Beberibe, foi construído um poço a uma certa distância das margens do rio, sendo realizado um bombeamento constante, fazendo com que a água do rio ultrapasse o solo até o poço sendo realizado nesse processo um tratamento natural e eficiente. A água captada é na verdade um percentual de água subterrânea e da água superficial. Dependendo do uso final e do grau de filtração e atenuação dos contaminantes, pode ser necessários ou não, tratamentos adicionais como uma simples desinfecção.

Com o objetivo de verificar se a água bombeada do poço contém água superficial do rio foi realizado um estudo isotópico da região. Foram coletadas amostras da água do rio, do poço de produção e de um poço distante da Estação Elevatória de Caixa d'água.

2 - UTILIZAÇÃO DE ISOTOPOS EM ESTUDOS AMBIENTAIS

Uma das contribuições da ciência moderna para o conhecimento das reservas hídricas é o desenvolvimento de técnicas nucleares aplicadas para medir a concentração dos isótopos ambientais nas águas. Essas técnicas, juntamente com dados convencionais, permitem obter informações que não são acessíveis por outros métodos ou são difíceis de serem obtidas. Elas se aplicam aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e às interações entre eles.

O elemento químico que apresenta o mesmo número de prótons e diferentes número de massa (isos = igual; topos = lugar, na tabela dos elementos químicos) são chamados de isótopos. Eles podem ser estáveis e instáveis ou radioativos. São conhecidos cerca de 270 elementos químicos estáveis e mais de 1.700 instáveis.

Os isótopos estáveis são aqueles que não se transformam em outros por decaimento radioativo. Eles são excelentes traçadores para acompanhar a água no ciclo hidrológico, a partir da formação de chuvas, durante sua permanência em superfície e na infiltração, até chegar aos aquíferos, pois os diversos estágios do ciclo imprimem neles suas marcas (Frischkorn, 2008).

Os isótopos instáveis ou radionuclídeos são aqueles que em algum tempo vão se transformar em outro, que pode ser estável ou radioativo como ele (Santiago et al., 1998). Por ser, estatisticamente, relacionado com o tempo, o fenômeno da radioatividade se presta para a determinação do tempo de permanência ou idade de um traçador radioativo no aquífero ou, em outras palavras, serve para fazer a datação da água.

Nesse trabalho serão analisados os isótopos estáveis com o objetivo de investigar a presença da água do Rio Beberibe no poço de produção instalado em suas margens.

2.1 - Isótopos Estáveis

A utilização de isótopos ambientais em estudos hidrogeológicos remonta há vários anos, tendo-se iniciado com os trabalhos pioneiros de Urey et al. e Epstein & Mayeda na década de 50 (in Clark & Fritz, 1997). O emprego de isótopos ambientais, assim denominados por serem encontrados de forma generalizada no meio ambiente em quantidades que permitem seu uso como traçadores ou marcadores cronológicos, é muito difundido a nível mundial, constituindo nos dias de hoje uma ferramenta que se pode considerar como tradicional no meio técnico hidrogeológico (Fritz & Fontes, 1980).

No contexto hidrológico e hidrogeológico os isótopos ambientais são utilizados como traçadores (de águas superficiais e subterrâneas), em estudos de proveniência, de recarga e de idade de um aquífero (Clark & Fritz, 1997).

Classicamente, os padrões de fluxo são determinados a partir de pontos onde se mede o nível piezométrico da água e as transmissividades são estimadas a partir de ensaios de bombeamento, sem que se tenha evidência direta do tipo, origem e idades da água.

A hidrologia isotópica preenche parcialmente esta lacuna, e os isótopos ambientais são particularmente indicados, pois representam os melhores traçadores uma vez que, no caso do ^3H , ^2H e ^{18}O constituem as próprias moléculas de água.

Os isótopos de um elemento químico são caracterizados pelo mesmo número atômico e diferentes números de massa. Esta diferença no número de massa é provocada pela variação do número de nêutrons do elemento e condiciona comportamentos distintos do elemento em relação a um determinado isótopo, modificando localmente a abundância relativa entre os vários isótopos na natureza, em um processo denominado de fracionamento isotópico. Quanto maior a diferença de massa entre eles, maior o fracionamento. O fracionamento pode ocorrer por mudança de fase ou estado, diferença na taxa de reação química e diferença na velocidade de difusão molecular (Clark & Fritz, 1997).

Nem todos os isótopos ocorrem na natureza em proporções significativas ou mensuráveis. Dentre os isótopos radioativos, por exemplo, alguns são obtidos somente de forma artificial, em laboratório. Os isótopos que têm ocorrência natural e que acompanham os ciclos naturais do meio ambiente (ciclo hidrológico, do carbono e outros) são denominados comumente de "ambientais". A maioria dos estudos com isótopos ambientais têm-se centrado na utilização dos isótopos de hidrogênio (^1H , ^2H , ^3H), carbono (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C), nitrogênio (^{14}N , ^{15}N), oxigênio (^{16}O , ^{18}O) e enxofre (^{32}S , ^{34}S). Estes são os elementos mais importantes nos sistemas biológicos e participam na maioria das reações de interesse hidrogeoquímico (Fritz & Fontes, 1980). Mais recentemente o ^{36}Cl e o ^3He têm sido bastante utilizados. A distinção do uso de cada um desses isótopos é função dos objetivos de cada trabalho e dos meios de que se dispõe.

Geralmente a abundância do isótopo (abundância isotópica) na natureza é baixa, mas em alguns casos a ação antrópica ao longo do tempo favoreceu o aumento desta (como no caso de ^2H , ^3H , ^{13}C e ^{14}C com as bombas nucleares).

As propriedades dos isótopos que tornam atrativo o seu uso são o fracionamento e a radioatividade (quando existente permite, através da abundância isotópica e da taxa de decaimento, estimar idades). As quantidades absolutas de isótopos presentes em uma amostra são difíceis de serem determinadas. Afortunadamente, as diferenças relativas entre os isótopos podem ser determinadas facilmente através de medição da relação diferencial com espectrômetros de massa. Esta relação diferencial ou concentração isotópica (δ) (Equação 1) é expressa, então, como uma proporção (partes por mil - ‰) entre a razão medida na amostra e a razão medida em um padrão de referência internacional (antigamente SMOW - Standard Mean Ocean Water e atualmente VSMOW - Viena Standard Mean Ocean Water), medidos simultaneamente no mesmo aparelho e expressos da seguinte forma para o ^{18}O como exemplo (Clark & Fritz, 1997):

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{AMOSTRA}} = \frac{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{AMOSTRA}} - \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{PADRÃO}}}{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{PADRÃO}}} \quad (1)$$

Onde $\delta^{18}\text{O}$ amostra é a concentração isotópica em partes por mil de ^{18}O na amostra:

$\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{AMOSTRA}}$ é a razão relativa entre ^{18}O e ^{16}O na amostra

$\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{PADRÃO}}$ é a razão relativa entre ^{18}O e ^{16}O no padrão internacional.

Até a chuva alcançar o lençol freático e mesmo depois, no fluxo da água subterrânea na zona saturada, a água tem sua composição modificada pelo fracionamento gerado pelos processos de evaporação, uso pelas plantas, mudanças climáticas e reações com o solo/rocha (Clark & Fritz, 1997). Neste contexto a caracterização isotópica das entradas atmosféricas serve de base para a compreensão dos processos atuantes em subsuperfície. Para ^{18}O e ^2H estudos intensivos da precipitação em todo o mundo estabeleceram uma reta de água meteórica onde as regiões mais frias são representadas pelas águas mais depletadas. Para estudos locais o ideal é o uso de uma reta meteórica local (Clark & Fritz, 1997). Visando a calibração destes isótopos na atmosfera a Agência Internacional de Energia Atômica (OIEA) mantém um banco de dados da mensuração de ^2H , ^3H e ^{18}O em estações meteorológicas ao longo de todo o mundo.

As estações no Brasil (embora nem sempre com uma série temporal completa) são: São Gabriel, Belém, Manaus, Fortaleza, Benjamin Constant, Ceará Mirim, Porto Velho, Salvador, Cuiabá, Brasília, Rio de Janeiro e Porto Alegre.

2.2 - Aplicação de Isótopos na Região Nordeste

O Nordeste brasileiro engloba 10 estados em um total 1.606.000 Km² sendo que mais da metade desta área está incluída no "Polígono das Secas" caracterizado por clima semi-árido, baixa precipitação (valores mínimos podem chegar a 250 mm/ano), altas taxas de evapotranspiração, escassez de recursos hídricos, solos com baixa capacidade de infiltração e água subterrânea com alto conteúdo de sais (350-25.000 ppm de total de sais dissolvidos), segundo Salati et al. (1979a). Os estudos isotópicos da água subterrânea na região Nordeste do Brasil iniciaram-se com a preocupação de caracterizar e compreender os mecanismos de recarga dos principais aquíferos da região para fins de abastecimento (Gat et al., 1968).

A reta meteórica local (Equação 2) é próxima da reta meteórica mundial, e foi obtida com várias estações meteorológicas da região, e pode ser observada a seguir:

$$\delta^2H = 10(\pm 2) + 8,2(\pm 0,8)\delta^{18}O \quad (2)$$

A bacia Potiguar (principalmente a Formação Açú) foi uma das primeiras áreas investigadas para água subterrânea com o uso de isótopos (Ferreira de Melo et al., 1969). Os resultados mostraram uma composição isotópica próxima à da chuva, indicando a origem meteórica para as águas subterrâneas (Ferreira de Melo et al., 1969). A ocorrência do processo de evaporação foi verificada pelo aumento no conteúdo de isótopos pesados tanto na chuva como nas águas subterrâneas. Não foi observada uma correlação significativa entre o conteúdo de sais e a composição isotópica da água o que é um indicativo de que os mecanismos de mineralização são independentes dos mecanismos de recarga d'água no Nordeste brasileiro (Ferreira de Melo et al., 1969).

Salati et al. (1979a) e Frischkorn et al. (1989) também não observaram relação entre o tempo de residência das águas subterrâneas (por meio de isótopos ^{18}O , 3H , 2H e ^{14}C) e a salinidade destas. Estes resultados apontam para uma origem independente dos sais e da água subterrânea. Entre as hipóteses de explicação destaca-se a de uma transgressão marinha pretérita, a formação de sais por evaporação intensa ou ainda a influência dos ventos marinhos no carreamento de sais (Ferreira de Melo et al., 1969).

Resultados de 3H e ^{14}C indicaram tempos de residência de 10 a 100 anos para os aquíferos cristalinos e de mais de 30.000 anos para os aquíferos sedimentares (Salati et al., 1979a). Nas áreas sedimentares existem indícios (baixa composição isotópica em relação a chuva) de que estes aquíferos sofreram recarga por águas meteóricas antigas, em condições distintas das atuais, ou seja, um paleoclima (Salati et al., 1979a).

Estudos mais recentes no Ceará (bacia do Cariri), onde o abastecimento hídrico é feito exclusivamente por água subterrânea, indicam uma diferenciação isotópica entre os aquíferos sedimentares profundos (Rio da Batateira e Missão Velha) e o aquífero dos aluviões (Silva et al., 1996). Nos aquíferos Rio da Batateira e Missão Velha existe uma correlação negativa entre o conteúdo de ^{14}C e a condutividade elétrica. Segundo Silva et al. (1996) quanto menor o conteúdo de ^{14}C nestas águas (maior a idade da água, porque são anteriores às bombas nucleares), mais efetivo o processo de dissolução, aumentando a condutividade elétrica. Nos aluviões a correlação positiva foi associada à entrada de águas modernas com alta concentração de ^{14}C e também a lavagem de aerossóis do ar e do solo pela chuva e pelo escoamento, aumentando a condutividade elétrica (Silva

et al.,1996). Situação semelhante também foi observada para a Formação Pimenteiras na bacia Piauí-Maranhão (Batista et al., 1998). O detalhamento da composição isotópica (^{14}C e ^3H) do aquífero Missão Velha permitiu reconhecer, na parte superior, idades até 3100 anos, e na parte inferior idades de 1900 a 9200 anos (Santiago et al., 1990).

Estudos nos aquíferos sedimentares (sistema aquífero Cabeças) da bacia Piauí-Maranhão não identificam uma correlação entre idades mais antigas e o aumento da salinização porque de maneira geral as águas são pouco mineralizadas. Neste contexto, o parâmetro condutividade elétrica não fornece indícios da idade das águas (Carneiro et al., 1998).

No Recife um uso recente de isótopos ambientais negou a salinização dos aquíferos costeiros pelo avanço da cunha salina. Segundo Costa Filho et al. (1998) a diferença isotópica (^{18}O e ^2H) entre a água subterrânea e a água do mar invalida a hipótese de intrusão marinha. Provavelmente os sais foram originados de um processo interno de dissolução e/ou mistura com águas marinhas provenientes de manguezais.

3 – ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo está situada na Região Metropolitana de Recife (RMR), na divisa entre Olinda e Recife, limitada pelas coordenadas UTM 9115500 a 9116000 Norte e 289500 a 290000 Leste (Figura 1).

A estação elevatória de Caixa d'Água, local da pesquisa, está situada no bairro de Caixa d'Água – Olinda, sendo o rio Beberibe o limite entre os municípios de Olinda e Recife neste trecho da RMR.

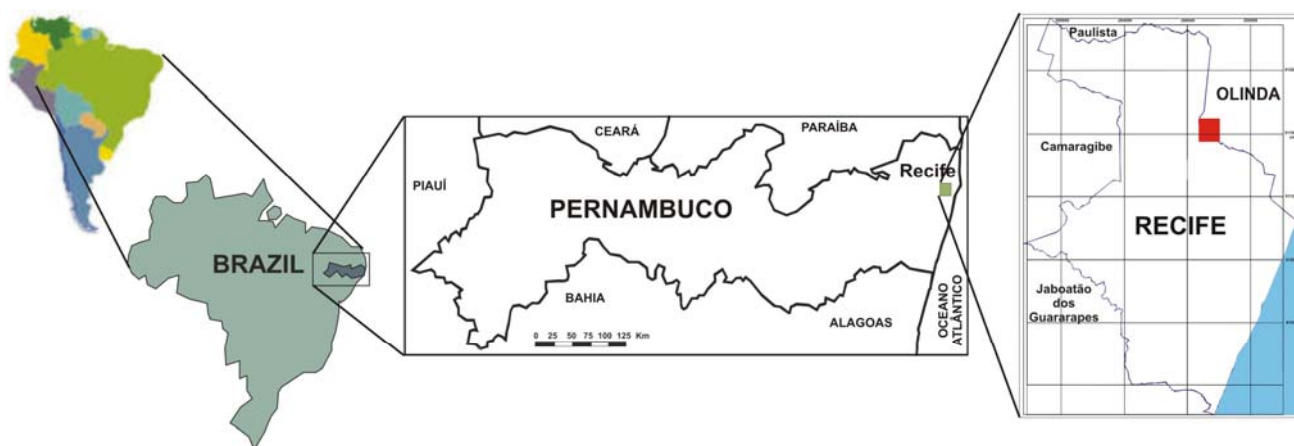


Figura 1 - Localização da área de estudo (Paiva, 2009)

3.1 - Qualidades das Águas Superficiais

As atividades antrópicas impactantes à bacia do rio Beberibe são: atividades industriais, atividades urbanas (esgoto doméstico, escoamento superficial), atividades agrícolas, desmatamento ciliar, construção de rodovias e pontes (escoamento pluvial) e lixões.

Segundo o cadastro das indústrias da CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) na bacia, existem sete potencialmente poluidoras. Com respeito ao uso de agrotóxicos na bacia do Rio Beberibe não se percebe qualquer possibilidade de contaminação, permanecendo as atividades dentro dos atuais limites. O lixão existente na bacia, em Aguazinha (Perimetral II), está situado a jusante da EE Caixa d'Água.

A bacia do Beberibe já possuiu 11 estações de amostragem da qualidade de água, monitorados pela CPRH, algumas destas estações já desativadas. Cinco destas estações mantiveram-se permanentemente inclusas na rede de monitoramento. Duas estações são de interesse maior para a área de estudo: BE 2- 11, na captação da COMPESA em Caixa d'Água, no trecho de classe 2; e BE 3-15, jusante da Indústria Minerva S.A., antes de receber o afluente Riacho Morno em caixa d'Água, na rua Estepe, fundo da casa N° 51.

Segundo dados históricos da rede de monitoramento da CPRH, até a estação BE 2 – 11 ocorre problemas de coliformes fecais, com pouco ou nenhum problema apresentado em relação a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido (OD). A jusante desta última estação já ocorre problemas tanto para DBO, OD e coliformes fecais, extrapolando os limites de qualidade da água para o respectivas classes, nas quais estão enquadrando os trechos do rio na bacia.

3.2 – Localização do poço de produção e dos Piezômetros instalados na Área de Estudo

Objetivando um conhecimento mais detalhado da geologia na área alvo do estudo, foram realizados seis furos de sondagem (Figura 2), sendo um deles no leito do rio. Com as informações obtidas com os perfis de sondagem foram traçadas duas seções litológicas, uma paralela e outra transversal ao rio Beberibe.

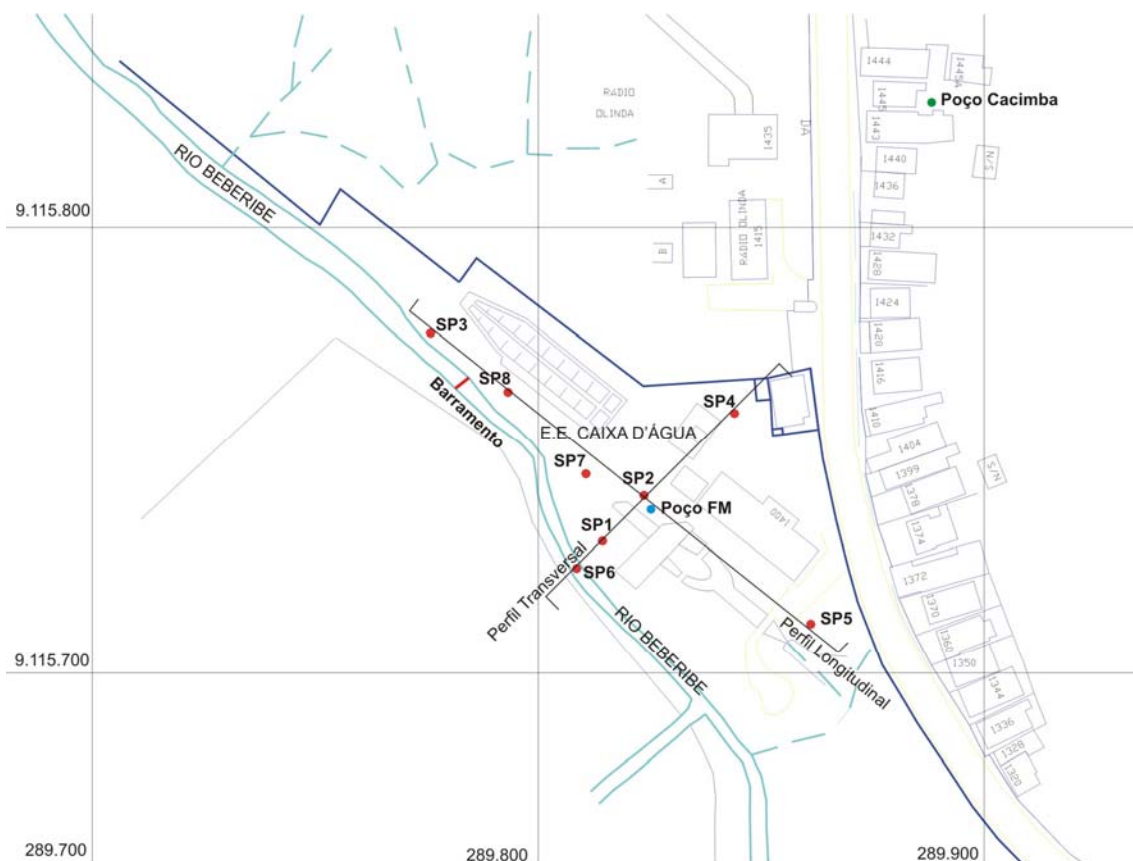


Figura 2- Localização dos piezômetros na Estação Elevatória de Caixa d'Água (Paiva, 2009)

A Foto 1 apresenta a perfuração do poço de produção para FM. No primeiro plano observa-se o tanque para a lama e a calha para circulação. O fluido utilizado para a perfuração foi o Polysafe 2000. A Foto 2 apresenta a instalação do poço de Filtração nas Margens e a Foto 3 apresenta a vista superior do poço.



Foto 1 – Perfuração do Poço de Filtração nas Margens na ETA Caixa D'água.



Foto 2 – Instalação do Poço de Filtração em Margem.



Foto 3 – Vista superior do Poço de Filtração em Margem.

As coletas para a realização da análise isotópica ocorreram nos seguintes pontos:

- No Rio Beberibe;
- No Poço construído para FM;
- No Poço Cacimba (aproximadamente 120 metros de distância).

Todas as amostras foram coletadas e inseridas em recipientes de vidro com batoque para impermeabilizar e não haver condições de passagem de gases. As amostras foram enviadas para o laboratório da UFBA para análise isotópica do Oxigênio e Deutério.

O poço de produção construído para a FM possui uma profundidade de 13 metros e uma vazão bombeada contínua de 12,5 m³/h. A parte inicial do poço foi revestida com tubo cego e a partir dos 7 m de profundidade até a base do poço foi utilizado filtro com abertura de 0,5 mm.

O poço cacimba está localizado a aproximadamente 120 metros da Estação Elevatória de Caixa D'água. Sua profundidade é de aproximadamente quatro metros e diâmetro de um metro.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise e definição dos locais onde seriam as coletas foram efetivamente realizadas duas campanhas para coletar e enviar as amostras para a Universidade Federal da Bahia – UFBA. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das análises isotópicas no experimento do Bairro de Caixa D’água em Recife/Olinda

Local da Coleta	Data da coleta			
	08/12/2009		14/12/2009	
	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) $\pm 0,1\text{‰}$	δD (‰) $\pm 1\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) $\pm 0,1\text{‰}$	δD (‰) $\pm 1\text{‰}$
Poço de Produção	-1,2	1,4	-1,5	0,5
Poço Cacimba	-0,7	2,4	-1,3	1,4
Rio Beberibe	-1,1	0,8	-1,6	0

* Os valores do $\delta\text{O}18\text{e}$ δD foram referenciados em relação ao padrão internacional SMOW

Os dados isotópicos sugerem que a água do poço de produção possui uma composição isotópica próxima da água do rio, ou seja, que a água coletada do poço de FM é uma mistura da água do lençol freático (cacimba) e da água do Rio Beberibe.

Os resultados obtidos podem ser analisados através da Figura 3 abaixo, onde foram plotados os resultados para cada campanha e que confirma a proximidade dos resultados obtidos para a água do poço de produção e da água do rio.

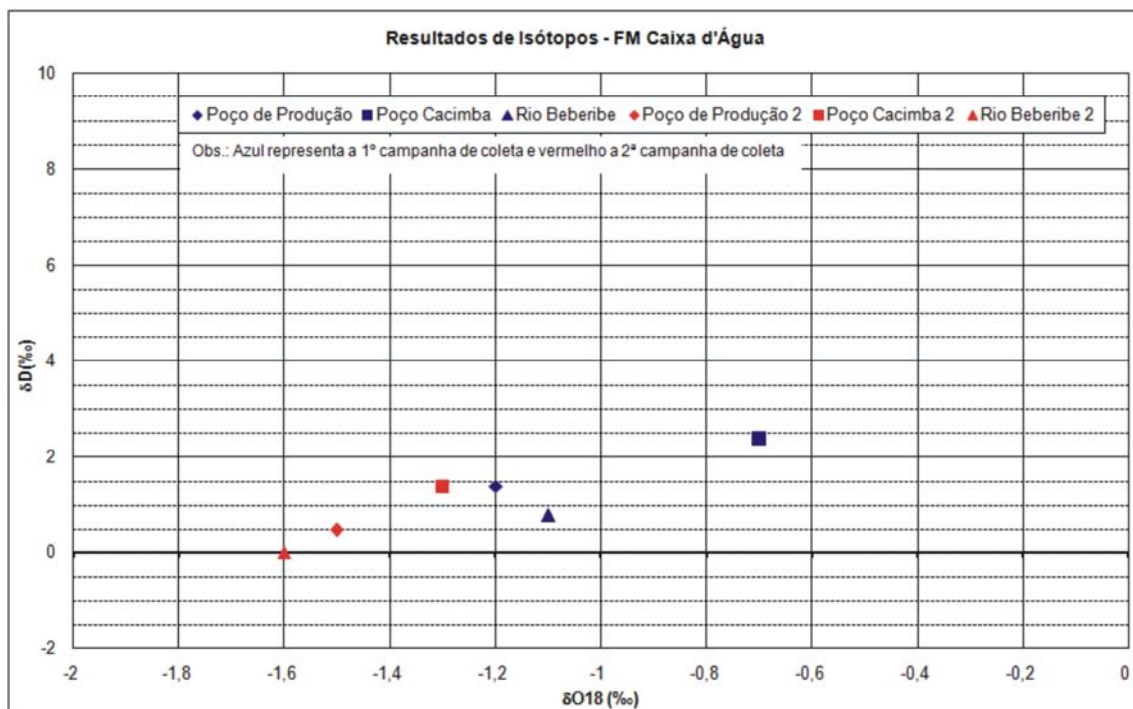


Figura 3. Resultados obtidos para a análise isotópica

5 – CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos das análises isotópicas realizadas até o momento na estação experimental de Filtração nas Margens no Bairro de Caixa D'água ao lado do rio Beberibe pode-se concluir o que se segue:

Os resultados das amostras correspondentes à análise do oxigênio 18 e do deutério apresentam certa similaridade entre as águas do rio e do poço de FM;

Os resultados das análises das concentrações isotópicas sugerem que a água bombeada no poço de produção é na realidade uma mistura da água do lençol freático e da água do rio Beberibe.

O percentual de água do rio que consegue chegar ao poço ainda não foi identificado, e estudos mais detalhados são necessários para essa estimativa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FACEPE pelo auxílio proporcionado ao estudo através dos programas de fomento e bolsas.

6 - BIBLIOGRAFIA

BATISTA, J.R.X., Santiago, M.M.F., Frischkorn, H., Mendes Filho, J. e Foster, M. 1998. Isótopos ambientais na água subterrânea de Picos - PI. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10, 1998, São Paulo. CD-ROM. São Paulo, ABAS.

CARNEIRO, C.E.C.D., Santiago, M.M.F, Frischkorn, H., Mendes Filho, J. e Foster, M. 1998. Oxigênio-18, Deutério e condutividade elétrica para caracterização da água subterrânea no vale do Gurguéia. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10., 1998, São Paulo. CD-ROM. São Paulo, ABAS.

CLARK, I. e Fritz, P. 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. New York, CRC Press. 328p.

COSTA FILHO, W.D., Santiago, M.M.F, Costa, W.D. e Mendes Filho, J. 1998. Isótopos estáveis e a qualidade das águas subterrâneas na planície do Recife. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10, 1998, São Paulo. CD-ROM. São Paulo, ABAS.

FRISCHKORN, H., Santiago, M.F. e Serjo, A.N. 1989 - Isotope study of wells in crystalline rock of the semi-arid northeast of Brazil. In: REGIONAL SEMINAR FOR LATIN AMERICA ON THE USE OF ISOTOPE TECHNIQUES IN HYDROLOGY, 1989, Ciudad de México. Abstracts... Cidade de México, OIEA, p. 73-89.

FRITZ, P. e Fontes, J. Ch. (eds.) 1980. Handbook of environmental isotope geochemistry. Elsevier, Amsterdam. 322 p.

- GASTAUDINI, M. C. C., Mendonça, A. S. F. 2003. Conceitos para a Avaliação da Qualidade da Água. Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Capítulo 15.
- GAT, J.R., Mazor, E. e Mercado, A. 1968. Aplicações potenciais de técnicas isotópicas e geoquímicas aos problemas hidrológicos do Nordeste brasileiro. Relatório à Comissão de Energia Atômica e à SUDENE. 28p.
- PAIVA, A. L. R. 2009. O processo de filtração em margem e um estudo de caso no rio Beberibe. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.
- RAY et al. Introduction. Riverbank Filtration: improving source-water quality. Kluwer Academic Publishers. California, USA. 2002. p.1-17.
- SALATI, E., Dall'olio A., Matsui, E. e Gat, J.R. 1979b. Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study. Water Resources Research, 15: 1250-1258.
- SALATI, E., Leal, J.M. e Campos, M.M. 1979a. Isótopos ambientais aplicados a um estudo hidrogeológico do Nordeste brasileiro. Recife, SUDENE. Série Hidrogeologia, nº 58. 55p.
- SANTIAGO, M.F., Frischkorn, H. e Serejo, A.N. 1990. Estudo isotópico das águas do Cariri. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 4, 1986, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, ABAS, p.338-342.
- SILVA, C.M.S.V., Santiago, M.F., Frischkorn, H e Mendes Filho, J. 1996. Distinção entre águas dos aluviões e águas profundas nos municípios de Crato e Juazeiro do Norte - CE. CD-ROM. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 9, 1996, Salvador. CD-ROM São Paulo, ABAS.
- SILVA, R.B.G., Kimmelman, A.A. e Rebouças, A.C. 1985. Estudo hidrogeoquímico e isotópico das águas subterrâneas do aquífero Botucatu - resultados parciais para a região norte da bacia do Paraná. In: SIMP. REG. DE GEOLOGIA, 5, 1985, São Paulo. Atas São Paulo. v.2, p.489-502.