

Variações da Dureza da Água Captada de Poços do Aquífero Beberibe na Cidade de João Pessoa-PB

Márcio de Moraes Cordeiro, Carmem Lúcia Moreira Gadelha, Eudes de Oliveira Bomfim, Tarciso Cabral da Silva

Universidade Federal da Paraíba - Centro de Tecnologia – CT

moraescordeiro@yahoo.com.br, carmemgadelha@yahoo.com.br, eudes.bomfim@ig.com.br, tarcisocabral@gmail.com

Recebido: 05/12/11 - revisado: 31/01/12 - aceito: 10/08/12

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo investigar as variações da dureza da água captada através de poços no aquífero Beberibe na zona urbana da cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Foi desenvolvido a partir da análise dos perfis litológico-construtivos e dados da qualidade da água de poços tubulares profundos construídos para abastecimento de água na cidade. Os perfis geológicos elaborados, incluindo os poços, possibilitaram o estabelecimento de uma relação entre o valor do parâmetro dureza da água e a distância do topo do filtro do poço à superfície inferior da formação Gramame, esta constituída de rochas calcáreas. Os resultados obtidos permitiram inferir que quanto maior a distância entre o topo do filtro e a formação Gramame, menor a dureza da água captada. Conclui-se que a distância mínima de quarenta e cinco metros entre o topo do filtro e a base dessa formação deve ser obedecida no projeto de poços tubulares para se obter água subterrânea com dureza aceitável para o uso doméstico.

Palavras-Chave: águas subterrâneas, aquífero Beberibe, dureza da água, projeto de poços.

INTRODUÇÃO

Diante dos problemas de crescimento populacional nas cidades, a utilização de água subterrânea tem aumentado como alternativa atraente para o abastecimento doméstico e industrial. Além de sua maior disponibilidade, a água subterrânea é geralmente de boa qualidade natural e se encontra mais protegida da degradação, entre outras vantagens. No entanto, pode conter alta concentração de sais, entre eles os de cálcio e de magnésio, por estar intimamente em contato com materiais solúveis do solo e das rochas, no seu entorno e em áreas de recarga, e assim, apresentar elevado teor de dureza. Também, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), a baixa velocidade de fluxo, as maiores pressões e temperaturas, a fonte de recarga do aquífero e o clima da região contribuem para a maior mineralização da água subterrânea. Secundariamente, as características dessa água se relacionam com os produtos de atividades humanas desenvolvidas na superfície.

Os dados do Censo de 2000 já apontavam que aproximadamente 61% da população brasileira era abastecida com água subterrânea, sendo 6%

através de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos (IBGE, 2000).

No semiárido nordestino, mesmo em caso de elevado teor salino, como nas áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos fissurados, a água subterrânea constitui, com frequência, a única fonte de suprimento.

Em algumas das cidades litorâneas, capitais de maiores concentrações urbanas, têm ocorrido problemas com a exploração de águas subterrâneas. São conhecidos a contaminação por nitrato em Natal (MELO & REBOUCAS, 1996), a salinização em Maceió (ROCHA et al., 2006) e os acentuados rebaixamentos dos níveis potenciométricos em Recife (COSTA, 2006).

Para a cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, conforme informações da CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, referentes ao ano de 2003, cerca de 10% do abastecimento público anual fornecido à cidade eram provenientes de poços operados pela companhia, correspondendo a um volume de 5.426.839m³ de água. A disponibilidade hídrica subterrânea, expressa como o total das vazões dos poços da CAGEPA correspondia a 17,07 milhões de m³/ano, representan-

do aproximadamente 35,4% do volume demandado anualmente (BARBOSA, 2007).

A utilização da água subterrânea em João Pessoa tem aumentado de forma significativa nos últimos anos, e as indicações são de que esta tendência deverá continuar, haja vista o crescimento econômico observado. No entanto, os estudos e informações disponíveis sobre a água subterrânea no estado da Paraíba, ainda são insuficientes e dispersos. As pesquisas existentes são poucas, descontínuas e muitas vezes não conclusivas. Os dados que são gerados, por ocasião da execução de obras de captação, são pulverizados e, com frequência, indisponibilizados pelas empresas construtoras.

Estes dados poderiam fornecer informações técnicas reais aos órgãos gestores dos recursos hídricos, tanto sobre os aspectos de produção, geológico, relativo às camadas de rochas existentes, como das características físico-químicas da água. A dureza das águas captadas tem sido um problema de ocorrência frequente em poços implantados na cidade e, no entanto, não foi encontrado nenhum relato sobre qualquer investigação científica acerca desse fato. Evidentemente já era conhecido que as formações calcáreas ocorrentes seriam as fornecedoras do carbonato de cálcio que conferiam dureza às águas captadas sem, no entanto, haver entendimento claro dos níveis desse processo.

No trabalho de Cordeiro (2007), a hipótese elaborada era de que quanto menor a distância do filtro do poço à formação calcária suprajacente, maior era a facilidade com que este transferia carbonato de cálcio para a água captada através do filtro e bombeada.

Nesse contexto, o estudo relatado sucintamente a seguir objetivou investigar as variações da dureza da água captada do aquífero Beberibe, na zona urbanizada do município de João Pessoa, em função da distância do filtro do poço tubular à superfície inferior da formação Gramame.

GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está inserida na bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba que possui uma largura média aproximada de 25 km e uma espessura máxima de 400 m e se estende entre as bacias de Sergipe-Alagoas e Potiguar. É constituída, do sul para o norte, nas sub-bacias de Olinda, Alhandra, Miriri, Canguaretama e Natal (Figura 1) e verificam-se, quatro formações: Barreiras, Itamaracá,

Gramame, Maria Farinha, Beberibe (BARBOSA et al., 2003).

O aquífero Beberibe constitui o principal manancial hídrico subterrâneo da cidade de João Pessoa. Além do abastecimento público de água, é amplamente utilizado para suprir os parques industriais e recreativos. Apresenta uma sequência de arenitos de granulação variada, tendo na base, clastos de natureza silicosa e sedimentos calcíferos no topo, chegando a atingir mais de 200 m de espessura (LUMMERTZ, 1977).

Segundo Barbosa et al. (2003), a porção inferior da formação Beberibe é caracterizada por arenitos continentais quartzosos, de granulação variável, com intercalações de siltitos e folhelhos, enquanto que na parte superior predominam arenitos duros, compactos, com abundante cimento calcífero. Com base nas diferenças litológicas, a formação Beberibe foi subdividida em dois subníveis denominados aquífero Beberibe inferior (mais silicosa) e aquífero Beberibe superior (mais calcífera).

As características litológicas deste aquífero proporcionam uma estratificação química de sua água, sendo cloretada e mais agressiva na porção inferior e carbonatada, com dureza elevada. Isto ocorre em consequência do progressivo aumento de bicarbonatos e carbonatos, da base para o topo do aquífero, devido ao aumento acentuado do cimento calcífero na porção superior da formação Beberibe e a presença de arenitos calcíferos e calcarenitos que se intercalam em camadas e/ou lentes de dimensões variadas.

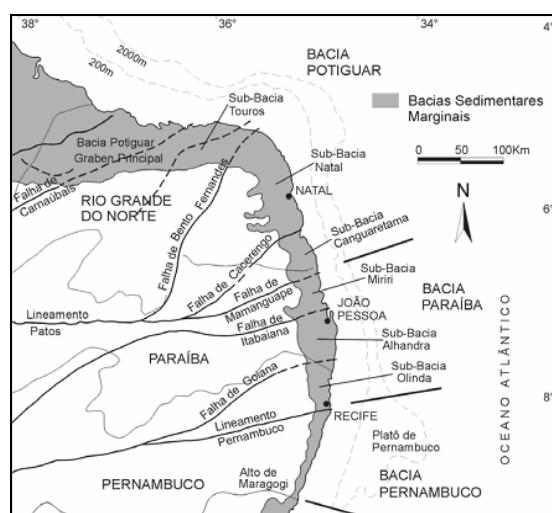


Figura 1 - Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba

Fonte: Barbosa et al. (2003)

A formação Itamaracá, composta por depósitos de arenitos carbonáticos, folhelhos e carbonatos com siliciclatos ricamente fossilíferos, é contemporânea da Beberibe. Essas formações apresentam suas relações ainda sob conflito entre os estudiosos. Isso ocorre devido à ausência de uma completa interpretação da formação Itamaracá além de suas várias intercalações com a formação Beberibe (LIRA, 2005).

No caso da formação Gramame, esta se constitui por calcários argilosos, com algumas intercalações finas de argilas compreendendo os calcarenitos e calcários arenosos.

A formação Maria Farinha restringe-se a uma faixa estreita entre o Recife e o vale do rio Goiana, com cerca de 30 m. É constituída por uma seqüência de calcários detriticos, bem estratificados, fossilíferos, variando dolomíticos e argilosos nas camadas superiores.

Os sedimentos terciários e quaternários surgem como partes constituintes da bacia Pernambuco-Paraíba, quando estas não afloram, sendo a principal formação o grupo Barreiras. Essa formação é constituída de argilas arenosas e também de origem continental, mostrando níveis arenosos mais grossos. Quando sobrepostas com as rochas do embasamento cristalino ganham maior importância, sendo explotadas através de cacimbas e poços amazonas.

Os sedimentos quaternários formam um aquífero superficial pouco profundo, bastante poroso, litológica e hidrodinamicamente heterogêneo, constituído, principalmente, por cascalhos, areias, siltes e argilas. Nesses sedimentos estão reunidas todas as coberturas de origem coluvial e aluvial, cordões de dunas ao longo da costa e as aluviões recentes que ocorrem ao longo dos rios e riachos do domínio deste aquífero. Este sistema aquífero também apresenta importância hidrogeológica em áreas localizadas e restritas, onde é explotado através de poços pouco profundos, quase sempre inferiores a 40 m, tornando o aquífero muito vulnerável à salinização pela intrusão marinha, entre outras ameaças.

Dureza da Água Subterrânea

Em condições naturais, a dureza é uma característica química da água proveniente da dissolução de rochas calcíneas ou outros minerais que contenham cálcio e magnésio. Ela ocorre na forma de bicarbonato e sua solubilidade é função da quantidade de gás carbônico dissolvido que, por sua vez, depende da temperatura e da pressão. Pode ser expressa como sendo temporária, permanente e a

dureza total corresponde à soma. Dureza temporária ou de carbonatos é devida aos íons de cálcio e de magnésio que, sob aquecimento, se combinam com íons bicarbonato e carbonato, podendo ser eliminada por fervura. Em caldeiras e tubulações por onde passa água quente (chuveiro elétrico, por exemplo) os sais formados devido à dureza temporária se precipitam formando crostas e criando uma série de problemas, como o entupimento. Já a dureza permanente é devida aos íons de cálcio e magnésio que se combinam com sulfato, cloreto, nitrato e outros, dando origem a compostos solúveis que não podem ser retirados pelo aquecimento. Assim, esse parâmetro de qualidade da água é expresso em miligrama por litro (mgL^{-1}) ou miliequivalente por litro (meqL^{-1}) de CaCO_3 (carbonato de cálcio) independentemente dos íons que a estejam causando.

Embora não haja uma convenção formal, a título de praticidade, a água pode ser classificada, quanto ao valor da dureza, em: mole, moderada, dura e muito dura, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1- Classificação da água quanto à dureza

Dureza ($\text{mgL}^{-1} \text{CaCO}_3$)	Tipo de água
0 - 50	Água mole
50 - 150	Moderada
150 - 300	Dura
> 300	Muito dura

Fonte: Von Sperling (2005)

O Mapa Geológico do Território Brasileiro permite observar regiões como o Nordeste, o Centro-Oeste e o Sudeste, que apresentam solos que podem conferir dureza elevada à água subterrânea, o que limita o seu uso para o abastecimento, tanto doméstico quanto industrial (VON SPERLING, 2005).

Não há evidências claras de que este parâmetro cause problemas sanitários. Contudo, em determinadas concentrações, pode deixar um sabor desagradável na água, reduzir a formação de espumas e causar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à maior precipitação dos minerais em temperaturas elevadas.

Assim, o limite máximo para a dureza de $500 \text{ mgL}^{-1} \text{CaCO}_3$, estabelecido através da Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011), se deve mais a questões econômicas, como o aumento exagerado do consumo de sabões em lavanderias e outros problemas que podem ocorrer

em determinados processos industriais que utilizam água, como na indústria de bebidas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foi necessário, inicialmente, aprofundar conhecimentos sobre a hidrogeologia local, agregando maiores informações sobre os aquíferos, para gerar os perfis litológicos com base em dados construtivos de poços existentes.

Assim, foram selecionados 25 poços localizados na zona urbana da cidade de João Pessoa (Figura 2), a partir das seguintes fontes: poços para abastecimento público da CAGEPA, poços instalados pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS e poços particulares em uso ou desativados.

Para a seleção dos poços buscou-se, nas fichas cadastrais elaboradas por ocasião da sua instalação, aqueles que possuíssem perfis construtivos, perfis litológicos e dados de análises da qualidade da água realizadas durante o teste de vazão, contendo informações técnicas tais como: profundidade, diâmetro, posicionamento dos filtros em relação à formação Gramame e a dureza da água captada.

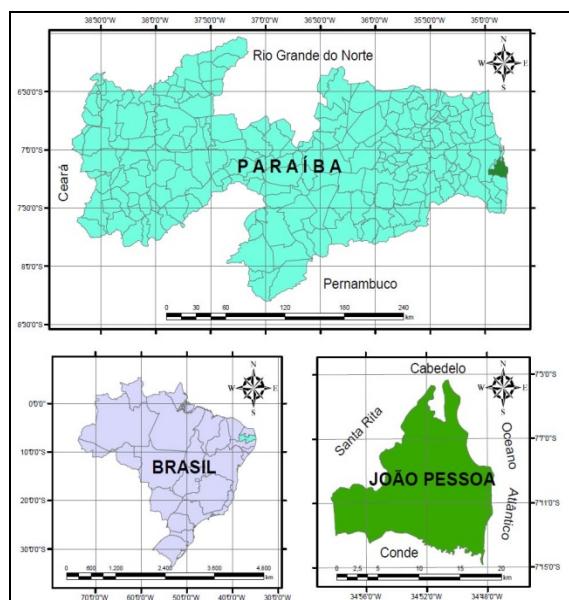


Figura 2 - Localização da área de estudo

Fonte: Menezes et al. (2007)

De posse das informações técnicas dos poços selecionados foram traçados perfis para facilitar a visualização das quatro variáveis necessárias para quantificar a pesquisa: as coordenadas geográficas dos poços, sua profundidade, a localização do filtro em relação à superfície inferior da formação Gramame e a dureza da água.

Segundo a topografia da área e a localização dos poços, buscou-se obter o melhor conjunto de dados que pudesse gerar informações de interesse. Assim, foram traçados seis perfis (Figura 3), sendo denominados A-A', B-B', C-C', D-D', E-E' e F-F' no sentido Leste-Oeste (E-W) e D-D', E-E' e F-F' no sentido Norte-Sul (N-S).

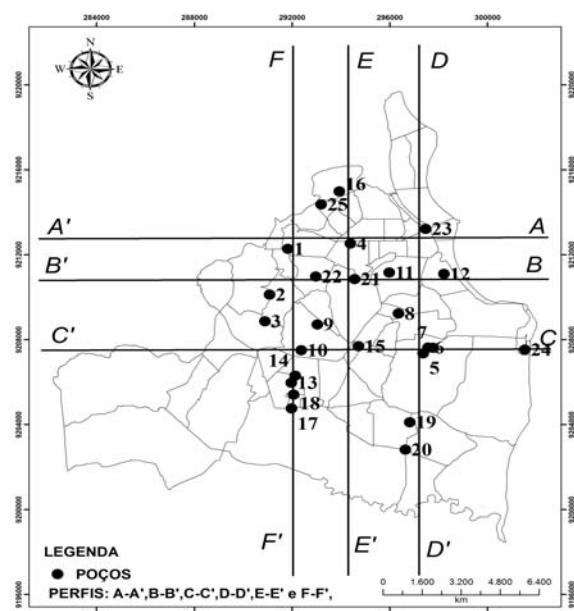


Figura 3 - Distribuição dos perfis na área de estudo

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Quadro 1 constam os poços utilizados e os perfis traçados a partir deles.

Nem todos os poços utilizados na análise da dureza da água foram selecionados para a elaboração dos perfis mostrados a seguir. Assim, devido a localização, os poços de números 2 e 3 no bairro de Cruz das Armas, nº 8 em Anatolia, nº 9 no Cristo Redentor e nº 25 em Mandacaru, não aparecem nos perfis.

A partir do perfil de cada poço, das seções superior e inferior do filtro de captação mostradas no perfil construtivo e da posição da formação cal-

cárea no perfil litológico, foi possível determinar a distância vertical da parte superior do filtro (que pode ser visto nos perfis em hachuras legendadas com os valores da dureza) até a superfície inferior calcária da formação Gramame, essa hipoteticamente sendo a fonte responsável por valores elevados da dureza da água captada.

Quadro 1 - Poços utilizados nos perfis

Perfil	Nº do poço	Denominação
A-A'	23	Manaíra
	4	Torre
	1	Centro
B-B'	12	Altiplano
	11	Castelo Branco
	21	UFPB
	22	Jaguaribe
C-C'	24	Penha
	6	Mangabeira VII
	7	Mangabeira VII
	5	Mangabeira I
	15	José Américo
	10	Parque de Exposição
D-D'	23	Manaíra
	12	Altiplano
	6	Mangabeira VII
	7	Mangabeira VII
	19	Valentina II
	20	Valentina III
E-E'	16	Alto do Céu
	4	Torre
	21	UFPB
	15	José Américo
F-F'	1	Centro
	22	Jaguaribe
	10	Parque de Exposição
	13	Funcionários IV
	14	Funcionários II
	17	Grotão I
	18	Grotão II

O perfil A-A' (Figura 4) compreende os poços de números 23, 4 e 1, localizados respectivamente nos bairros de Manaíra, Torre e Centro. A maior profundidade (240 m) e a maior distância (36 m) entre a parte superior do filtro e as rochas calcáreas (base inferior da formação Gramame) foram observadas no poço nº 1. Para essa situação, a dureza observada foi de 240 mgL⁻¹ CaCO₃ classificando a água como dura. Já o valor da dureza de 152 mgL⁻¹ Ca-

CO₃, água ainda considerada como dura, foi observado no poço 23, onde a distância da formação Gramame ao topo do filtro é de 22 metros.

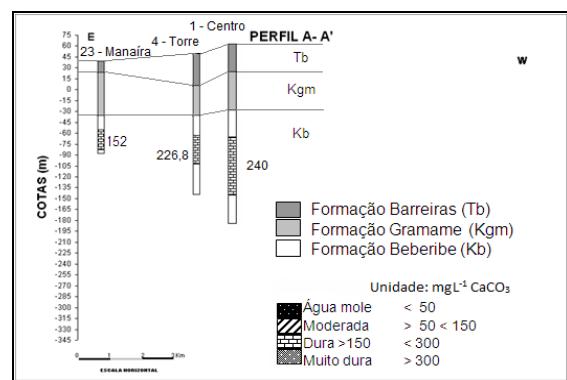


Figura 4 - Perfil A-A'

O perfil B-B' (Figura 5) compreende os poços de números 12, 11, 21 e 22, nos bairros Atilplano, Castelo Branco, Cidade Universitária e Jaguaribe, respectivamente. Nesse perfil, a maior profundidade, de 300 m, foi observada no poço nº 12. Já a menor distância de 16 metros entre a base da formação Gramame e o topo do filtro ocorreu no poço nº 11, o que indicou o valor elevado da dureza de 230,6 mgL⁻¹ CaCO₃. Por outro lado, a maior distância, de 35 m, foi observada no poço nº 21, onde a dureza foi de 188 mgL⁻¹ CaCO₃.

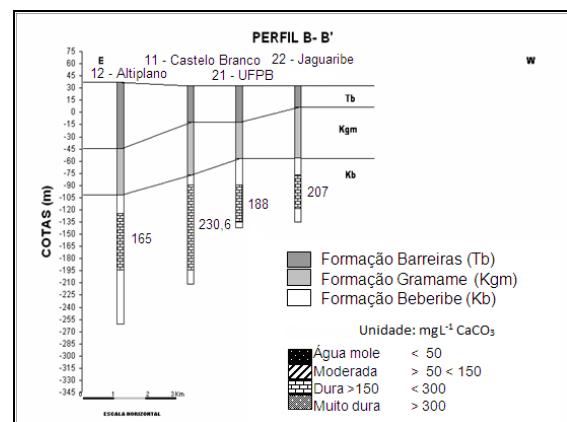


Figura 5 - Perfil B-B'

No perfil C-C', apresentado na Figura 6, com os poços de números 24, 6, 7, 5, 15 e 10, e que abrange os bairros Penha, Mangabeira VII, Manga-

beira VII, Mangabeira I, José Américo e Cristo Redentor, no Parque de Exposições, respectivamente, a maior profundidade (de 300 m) foi observada no poço nº 7. A maior distância de 53 m, da parte superior do filtro para a formação calcárea, também foi observada nesse poço assim como o menor valor da dureza de $120 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$, classificando a água como de dureza moderada. O poço nº 10 apresentou a menor distância, de 15 m, entre o topo do filtro e a formação Gramame e a maior dureza, de $256 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$, entre os poços desse perfil, ou seja, água dura.

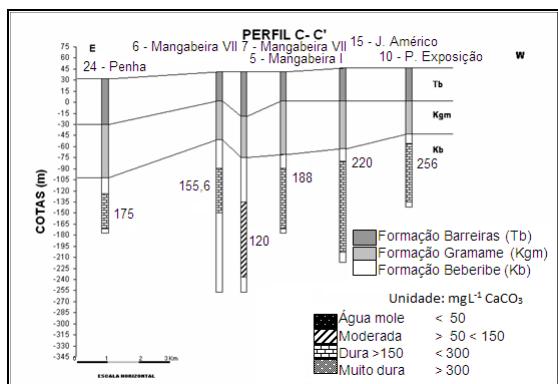


Figura 6 - Perfil C-C'

Pode ser observado no perfil construtivo do poço nº 6 (Figura 6), que a perfuração atingiu 300 m. No entanto, o filtro foi colocado próximo da superfície inferior da formação Gramame, não havendo o aproveitamento devido do poço. A proximidade do filtro à formação Gramame, tudo indica, resultou na obtenção de água dura (dureza igual a $155,6 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$).

Conforme mostra a Figura 7, o perfil D-D' é composto pelos poços de números 23, 6, 7, 5, 19 e 20 nos bairros de Manaíra, Mangabeira VII, Mangabeira VII, Mangabeira I, Valentina II e Valentina III, respectivamente.

No perfil D-D', sentido Norte/Sul, foi observada a maior profundidade no poço nº 7 (Mangabeira VII), com 300 m. A maior distância de 53 m, da parte superior do filtro para a formação calcárea, também foi observada nesse poço assim como o menor valor da dureza de $120 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$, classificando a água como de dureza moderada, tal qual observado no perfil C-C'. A menor distância de 10 m, ocorreu no poço nº 5, com a dureza de $188 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (água dura) sendo a maior entre os poços do perfil.

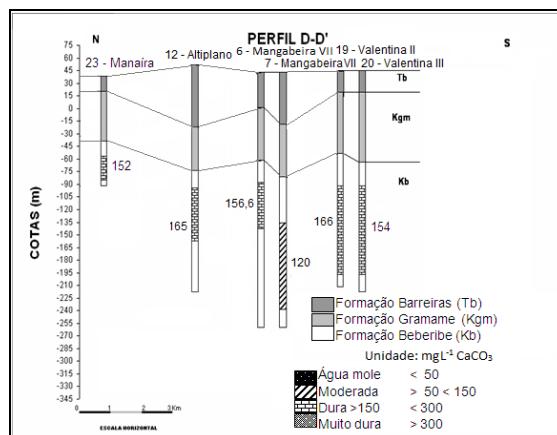


Figura 7 - Perfil D-D'

O perfil E-E' (Figura 8), compreende os poços de números 16, 04, 21 e 15, localizados nos bairros Alto do Céu, Torre, Cidade Universitária (UFPB) e José Américo. Esse perfil, apresentou o menor valor da dureza no poço de nº 16, ou seja, $54 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$, (dureza moderada) e a maior distância, de 62 m, entre a formação Gramame e o topo do filtro. O poço nº 15 apresenta a menor distância, de 20 m, entre o filtro e a formação Gramame, e dureza de $220 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$, o segundo maior valor registrado entre os poços do perfil. O poço de nº 4 no mesmo perfil apresentou a maior dureza ($226,8 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$), sendo portanto um poço de produção de água dura.

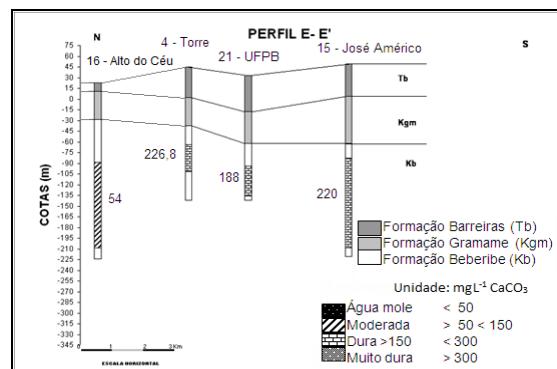


Figura 8 - Perfil E-E'

Na Figura 9 observa-se que o perfil F-F' compreende os poços de números 1, 22, 10, 13, 14, 17, 18, nos bairros Centro, Jaguaripe, Cristo Redentor (Parque de Exposição), Funcionários IV, Funcionários II, Grotão I e Grotão II. O maior valor da

dureza ($256 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$) foi observado no poço de nº 10, justamente no poço da menor distância entre a formação Gramame e o topo do filtro, de 15 m. Já o menor valor de $94 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$, ocorreu no poço de nº 14, onde a distância atinge 65 m.

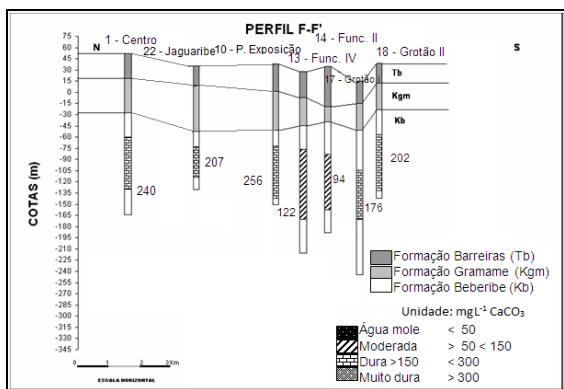


Figura 9 - Perfil F-F'.

A análise conjunta dos perfis revelou que, dos 25 poços estudados, 28% apresentaram água de dureza moderada, sendo 7% na subclasse 2 (de 50 e $100 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$) e 21% na subclasse 3 (de 100 a $150 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$). Os outros 72% dos poços apresentaram dureza elevada, sendo 40% na subclasse 4 (150 e $200 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$), 28% na subclasse 5 (200 e $250 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$) e 4% (250 e $300 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$) na subclasse 6.

Da totalidade dos poços analisados apenas quatro apresentaram valores do parâmetro dureza da água entre 50 e $150 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$, classificando-a como moderada. São os poços nº 7 em Mangabeira VII, nº 16 no Alto do Céu, nº 13 no Funcionários IV e nº 14 no Funcionários II. Esses poços se assemelham pela distância superior a 50 m entre a base inferior da formação Gramame e a parte superior do filtro de captação de água.

Por outro lado, os poços nº 1 no Centro, nº 4 na Torre, nº 5 em Mangabeira I, nº 6 em Mangabeira VII, nº 10 no Cristo Redentor (Parque de Exposições), nº 11 no Castelo Branco, nº 12 no Altiplano, nº 15 no José Américo, nº 17 no Grotão I, nº 18 no Grotão II, nº 19 no Valentina II, nº 20 no Valentina III, nº 21 na UFPB, nº 22 em Jaguaribe, nº 23 em Manaíra, e nº 24 na Penha apresentaram valores acima de $150 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$, ou seja, água dura. As distâncias do topo do filtro até a formação Gramame para esses poços são as menores, sempre abaixo de 50 m.

Estes valores indicam uma relação entre a posição do filtro e a dureza da água captada. À primeira vista, quanto maior a distância, menor a dureza da água.

Na tentativa de se estabelecer uma relação entre o valor da dureza da água e distância entre o topo do filtro e superfície inferior da formação Gramame, essas variáveis foram cruzadas, resultando na Figura 10.

A correlação obtida ($r = 0,68$) classificada como clara ou forte, mostra que, na medida em que se instala o filtro em um poço, ainda que profundo, mas próximo da formação Gramame, maior é a possibilidade de se obter água com dureza elevada. Portanto, não basta que o poço seja perfurado até uma distância considerável dessa formação para se obter água de baixa dureza, mas também é fundamental o posicionamento do filtro em relação à formação Gramame.

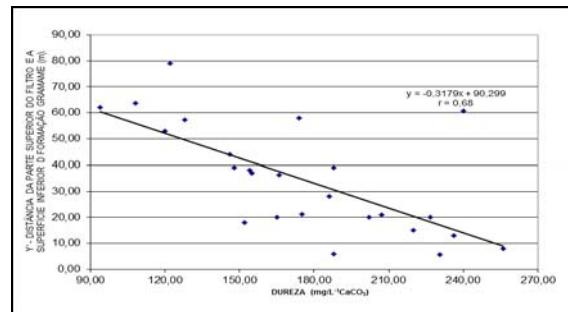


Figura 10 - Relação entre a dureza da água e a distância entre a parte superior do filtro e a superfície inferior da formação Gramame

Da análise da Figura 10 fica fácil perceber que um poço com filtro instalado a uma distância de 45 metros ou menos da Formação Gramame deve produzir água dura. No entanto, vale ressaltar que a Portaria MS 2.914 de 2011 estabelece, como o máximo permitido para consumo humano, a dureza da água de $500 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho tratou de uma investigação sobre a dureza da água captada em poços instalados na cidade de João Pessoa, onde são comuns relatos sobre o excesso de carbonato de cálcio na água distribuída para consumo.

Sendo as rochas calcáreas altamente solúveis na água, especulava-se que a posição do filtro do poço tubular, relativamente a essas rochas, influenciaria na qualidade da água, especificamente na sua dureza.

A busca pelo motivo dessa problemática resultou na análise feita, sendo o traçado dos perfis essencial para a sua compreensão.

Da análise apresentada sucintamente neste trabalho, a partir da pesquisa realizada, pode ser concluído que a instalação dos filtros de poços próximos à formação Gramame contribui fortemente para a captação de água de dureza elevada. Assim, para obtenção de uma água de baixa dureza, oscilando de mole a moderada, a instalação do filtro deve obedecer a uma distância mínima de, pelo menos, 45 metros abaixo da parte inferior da formação Gramame.

Tendo em vista a importância do problema da dureza da água subterrânea captada de poços em regiões onde ocorrem formações calcáreas, sugere-se, à luz dos resultados obtidos nesse trabalho, outras investigações que possam produzir parâmetros relevantes para o projeto de novos poços.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2002.

BARBOSA, J. A.; SOUZA, É. M.; LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. A estratigrafia da bacia Paraíba: uma reconsideração. Coleção Estudos Geológicos. Recife, v. 13, 2003. p. 89-108.

BARBOSA, L. K. L. Zoneamento de aquíferos através da delimitação de perímetros de proteção de poços de abastecimento público de água: O caso da cidade de João Pessoa/PB. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 14 dez. 2011.

CORDEIRO, M. M. de; Variações da Dureza da Água Subterrânea do Aquífero Beberibe na Zona Urbanizada de João Pessoa – PB. 2007. Dissertação

(Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: PPGEU, 2007.

COSTA, W. D. et al. Monitoramento dos Aquíferos Costeiros de Pernambuco na região do Recife. In: CABRAL, J. J. S. P., et al. Água Subterrânea: Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade Aproveitamento. Tópicos Especiais em Recursos Hídricos. v. 4, Cap. 9, Recife, PE: Editora Universitária da UFPE, 2004, pp. 365-390.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo de 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 11 nov 2011.

LIRA, G. A. R. Sistema de informações baseado nas características dos poços de abastecimento público em áreas urbanas litorâneas no Estado da Paraíba. 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: PPGEU, 2005.

LUMMERTZ, F. B. Aspectos de Hidráulica Subterrânea na área da grande João Pessoa. Dissertação Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1977.

MELO, J. G.; REBOUÇAS, A. C. Contaminação de Águas Subterrâneas por nitrato na zona sul de Natal/RN. Revista Água Subterrânea, São Paulo, v. 1, 1996. p.71-83

MENEZES, L. F. de; CABRAL DA SILVA, T.; FIGUEIREDO, E. C. T. P.; RAFAEL, R. A. Evolução Urbana e Vulnerabilidade dos Aquíferos Superiores no Município de João Pessoa – PB. RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online), v. 63, 2011. p. 267-280.

ROCHA, W. J. S. da; CAMPOS, J. E. G.; LIMA, J. C. de. Considerações sobre a Evolução da Salinização das Águas Subterrâneas em Maceió-AL. In: VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Gravatá. Anais... Gravatá/PE, out 2006.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1, 3. ed. Belo Horizonte/MG: Editora Universitária, 2005.

***Variations of Hardness of Water From Wells in the
Beberibe Aquifer in the City of João Pessoa-PB***

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the variations of the hardness of water pumped from tubular wells in the Beberibe aquifer in the urban area of João Pessoa, capital of the state of Paraíba, Brazil. It was developed from the analysis of the lithology profiles and water quality data from deep tubular wells used to supply drinking water in the city. The geological profiles made, including the wells, allowed establishing a relationship between water hardness and distance from the top of the screen to the bottom surface of the Gramame formation, this composed of limestone rocks. The results allowed inferring that the greater the distance between the top of the screen and the bottom surface of the Gramame formation, the lower the water hardness. It was found that the minimum distance of forty-five meters between the top of the screen and the bottom of the Gramame formation must be observed in the design of tubular wells to obtain groundwater with acceptable hardness for domestic use.

Key-words: groundwater, Beberibe aquifer, water hardness, design of wells