

QUALIDADE DA ÁGUA EM FONTES SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

Margarida REGUEIRA DA COSTA ;

Engenheira Civil, Bolsista do CNPq no exterior (Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – UFPE / TU-Berlin): requeira.costa@uol.com.br

José Almir CIRILO;

Engenheiro Civil; Prof. Dr. da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, Departamento de Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental) – Pernambuco, Brasil: almir.cirilo@terra.com.br

Günter GUNKEL;

Priv. Doz. Dr. da Universidade Técnica de Berlim (TU Berlin, Departamento de Controle Qualidade de Água) - Alemanha: guenter.gunkel@TU-Berlin.de

Suzana Maria GICO LIMA MONTENEGRO.

Engenheira Civil; Prof. Dr. da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, Departamento de Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental) – Pernambuco, Brasil: suzanam@ufpe.br

RESUMO

A heterogeneidade de situações agroclimáticas e sócio-econômicas do semi-árido brasileiro exige adaptações, ao nível local, das tecnologias de utilização e conservação dos recursos hídricos. Em decorrência disso, é preciso analisar as alternativas de obtenção de água para usos diversos. Dentre elas pode-se destacar a exploração racional dos aquíferos aluviais que, no estágio atual de necessidades de água para a região, são tão importantes quanto os grandes aquíferos.

Neste trabalho foi feita uma abordagem sobre uma destas alternativas através da construção de barragens subterrâneas no Nordeste do Brasil, em particular Mutuca - Município de Pesqueira, Estado de Pernambuco, analisando-se o comportamento qualitativo do aquífero aluvionar barrado para um período de aproximadamente um ano hidrológico.

Palavras-Chave: barragens subterrâneas; aluvião; semi-árido.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Agenda 21, documento discutido e aprovado durante a Conferência do Rio em 1992, são necessários planejamento e administração integrados de todos os tipos de recursos de água para solucionar os problemas da crescente escassez e da gradual degradação destes recursos em muitas regiões, além de uma mudança de comportamento no uso deste recurso em várias partes do mundo.

Planos de desenvolvimento racional precisam abranger usos múltiplos, incluindo suprimento de água e saneamento, conservando a água e minimizando o desperdício. Nas áreas rurais, é preciso ainda alcançar o equilíbrio entre o uso da água para a produção sustentável de alimentos e para outros propósitos, assim como aperfeiçoar a educação sanitária, de modo a proporcionar uma redução drástica de doenças associadas à água.

Segundo dados do World Bank (2002), mais de um bilhão de pessoas no mundo não têm acesso adequado à água e 1,7 bilhão não têm condições sanitárias mínimas. Perto de 40% do contingente humano vivem em regiões geográficas banhadas por rios e seus afluentes com disponibilidade hídrica inferior a 2.000 metros cúbicos por pessoa por ano, onde é fixado em 2.500 m³/pessoa.ano o índice mínimo de suficiência à vida em comunidade (Thame, 2000). A World Commission on Water, suportada pela ONU e Banco Mundial, estima ainda que o crescimento da população requererá um aumento de 17% da disponibilidade de água para irrigação e 70% para abastecimento urbano, o que associado aos demais usos, deverá representar um acréscimo de 40% na demanda total.

O Brasil, por suas dimensões continentais e diversidade geográfica, apresenta situações bastante distintas quanto à disponibilidade hídrica intra e inter-regionais, sendo afetado tanto pela escassez quanto pela abundância. Porém, assim como os demais países subdesenvolvidos apresenta baixa cobertura de serviços de saneamento (água e esgoto), existindo ainda nas cidades, vilas e pequenos povoados 40 milhões de pessoas sem abastecimento d'água e 80 % do esgoto coletado não é tratado (BALTAR, 1997).

A situação é ainda mais grave nas áreas onde ocorre escassez extrema (nordeste brasileiro) onde o abastecimento de água na área afetada demorou muito a ser encarado a partir de obras de engenharia civil onde ainda hoje, em muitas localidades, a população tem que pagar preços exorbitantes pela água de má qualidade vinda de outras regiões (SUASSUNA, 2000). Em forte

contraste a isso, em outras regiões semi-áridas do mundo, como na Ásia e no norte da África, foram há muito tempo construídas instalações de captação de água de chuva, verdadeiras obras de arte, que coletavam a água da chuva dos telhados ou da superfície da terra e a levaram para grandes cisternas onde a população retirava seu suprimento, possuindo então um abastecimento de água satisfatório (AUDRY E SUASSUNA, 1995).

Em relação à obtenção de água para a agricultura e dessedentação de animais, como a região agreste de Pernambuco é caracterizada por solos rasos e índices de precipitação extremamente variados, até alguns anos passados, a população rural difusa, localizada próximo aos leitos de rios e riachos quase sempre secos, aproveitavam a água acumulada nos aluviões logo após a época das chuvas para a utilização na pequena agricultura irrigada de ciclo curto: hortaliças, batata, cenoura e beterraba, entre outras. Entretanto, tais atividades foram aos poucos desaparecendo em função da baixa capacidade de acumulação das aluviões, da demanda crescente por água e da inconstância climática, com períodos freqüentes de seca.

Pesquisadores como DUQUES (1973), chamaram a atenção para a utilização e exploração racional dos aquíferos aluviais que, no estágio atual de necessidades de água, são tão importantes quanto os grandes aquíferos. Segundo BRITO (1999), o uso de barragens de fluxo da água subterrânea é apresentado como uma concepção antiga, onde os autores reportam-se as construções que remontam à época do Império Romano, na Sardenha, e a civilizações antigas do Norte da África. Segundo o IPT (1981), este tipo de barragem foi utilizado também no Saara, por hidrogeólogos franceses, com vistas à exploração de uma agricultura de vazante, a fim de promover o uso sustentável desses sistemas.

Genericamente, barragem subterrânea é toda estrutura que objetiva impedir o fluxo subterrâneo de um aquífero pré-existente ou criado concomitantemente à construção da barreira impermeável (SANTOS & FRANGIPANI, 1978), ficando a água armazenada no perfil do solo, permitindo assim um aproveitamento mais racional da água contida nos aluviões. A finalidade deste armazenamento é principalmente a dessedentação de animais e a pequena agricultura na área de acumulação a montante do barramento (CIRILO et.al, 2000).

Reconhecendo assim a precariedade dos serviços de saneamento, especialmente nas regiões do semi-árido do Brasil, fato este que sempre esteve atrelado a uma política governamental ineficiente para o setor, bem como a dificuldade de se estabelecer uma situação de sustentabilidade hídrica,

surge a necessidade de se estudar o conjunto destas ações, que visem não só a obtenção, mas também o armazenamento e distribuição da água.

Esse trabalho apresenta os resultados de um estudo realizado em um aquífero aluvial represado por barragens subterrâneas sucessivas, no agreste do estado de Pernambuco visando através do conhecimento de dinâmica hidrossalina promover o aproveitamento racional e sustentável dos recursos hídricos.

A TECNOLOGIA DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

A construção da barragem subterrânea consiste em escavar o depósito aluvional contido na calha do rio ou riacho, transversal à direção de escoamento do curso d'água até o embasamento cristalino, fazendo a impermeabilização da vala. Neste, o solo permanece ainda saturado durante alguns meses, alimentado por águas que escoam do terreno saturado em níveis mais elevados do que a calha principal, porém este fluxo subterrâneo, em função dos gradientes hidráulicos, vai pouco a pouco percolando sub-superficialmente até o seu esgotamento. Se a água que percola diariamente pelo depósito aluvial for contida, haverá a reservação de água no aluvião, elevando o nível freático, aumentando o armazenamento de água e estabelecendo condições favoráveis de captação a montante (MONTEIRO, 1984).

Baseado neste princípio, A UFPE (Universidade Federal de Pernambuco) em 1980 desenvolveu um modelo de construção de barragens subterrâneas denominado COSTA & MELO (COSTA, 1997). O modelo desenvolvido apresentava 3 características: O primeiro, a presença de um poço amazonas, localizado antes do barramento artificial, possibilitando o monitoramento do nível da água e retirada da água para múltiplos usos. Outra característica foi a presença de uma trincheira forrada com lona de plástica (material impermeável) na construção do septo da barragem, e a construção de um enrocamento de pedras com aproximadamente 50 cm de altura com a finalidade de reter por mais tempo o escoamento (Figure 1).

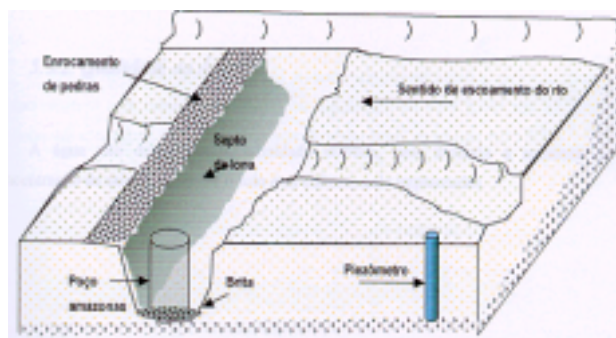


Figura 1 – Modelo de barragem subterrânea desenvolvida pela UFPE (COSTA, 1997).

Segundo COSTA (1987), Clóvis Lima, em 1985 (São Mamede, PB), dedicava-se em buscar uma alternativa para armazenar água em sua fazenda. Após contato com o grupo da UFPE, construiu uma barragem subterrânea, posteriormente mais três, com poço Amazonas (modelo Costa & Melo), estando hoje com cerca de 40 ha irrigados por micro-aspersão, exportando mangas. Atualmente este é o modelo mais difundido no Estado de Pernambuco (Brasil), existindo ainda o modelo adotado pelo CAATINGA (Entidade não governamental), e o usado pelo CPATSA (COSTA,1997).

O modelo desenvolvido pelos pesquisadores da UFPE apresenta ainda como vantagens em relação aos outros modelos: rapidez e baixo custo de execução, presença do cacimbão e utilização de mão-de-obra da comunidade local para a construção.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Para a investigação e aprimoramento da técnica de construção de barragens subterrâneas, o GRH/UFPE (Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco), instalou um campo experimental, próximo a localidade de Mutuca, entre os municípios de Belo Jardim e Jataúba, (36°43'43" - 36°24'17"; 8°16'55" - 8°05'21"), zona fisiográfica do Agreste Pernambucano. Na figura 2 é apresentado o esquema em cascata das barragens subterrâneas localizadas em Fundão, Cafundó e Mimoso - Mutuca.

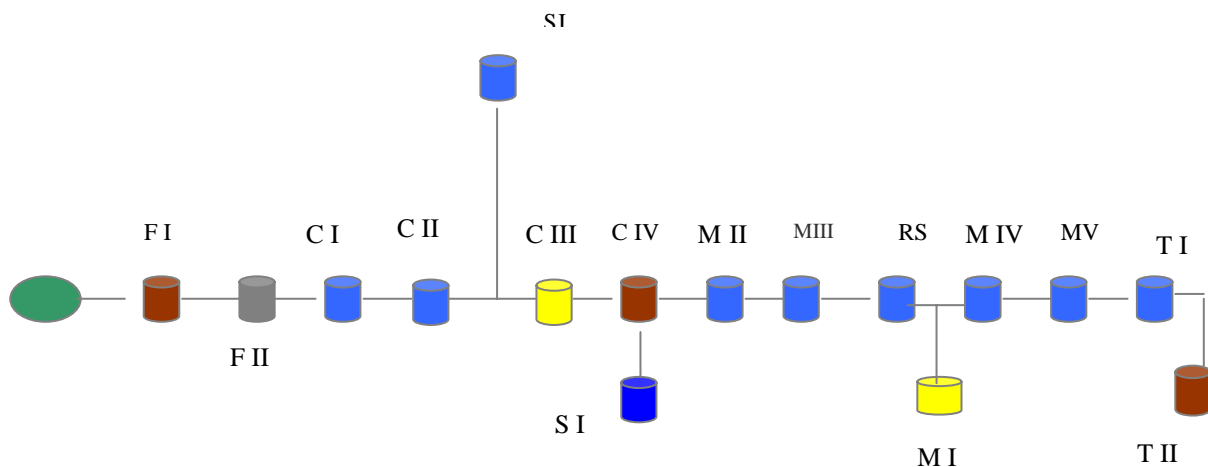


Figura 2 – Esquema das barragens monitoradas pela UFPE, destacando em azul as barragens escolhidas para o monitoramento, as amarelas as assoreadas, em marrom as barragens secas, em cinza uma barragem natural já existente e em verde a barragem superficial (COSTA, 2002).

O critério de escolha do local de estudo foi a concentração de grande parte das barragens subterrâneas de maior porte construídas no Estado em uma pequena bacia hidrográfica, além do fato de as obras terem sido locadas por geólogos em solos aluviais relativamente profundos, utilizando critérios estritamente técnicos. As barragens possuíam uma profundidade inicial considerada de média a grande (4 a 10 metros), e uma extensão variando de 30 a 110 metros.

A microrregião caracteriza-se por apresentar um clima que, segundo a classificação Koeppen, é semi-árido muito quente tipo estepe, sujeito a chuvas torrenciais e acentuada irregularidade no regime pluviométrico, com um período chuvoso variando de 4 a 5 meses de duração (março a julho) onde, em termos de distribuição percentual, pode-se dizer que 75 a 80% da precipitação acontece no período da quadra chuvosa e apenas de 20 a 25%, no período seco. A precipitação média anual é de cerca de 630mm para a estação pluviométrica de Jataúba (COSTA; 2002).

A qualidade de águas das barragens foi monitorada pelo GRH/UFPE (mensalmente por 3 anos), especialmente em relação a concentração de sal e a presença de *Escherichia coli*.

Monitoramento e métodos analíticos

Com exceção do pH, da condutividade elétrica e da temperatura, todos os demais parâmetros foram determinados em laboratório da análise, usando o STANDARD METHODS (1992), utilizando o método especificado no quadro 1.

Quadro 1 - Métodos utilizados na obtenção dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos.

PARÂMETRO	MÉTODO
Turbidez (ftu)	Com auxílio de turbidímetro
Cor (uH)	Ótico Comparativo
Alcalinidade total, Carbonato e Cloretos	Titulação Potenciométrica
Dureza e Cálcio	EDTA (Titulação)
Sódio e Potássio	Fotômetro de Chamas
Ferro Total e Manganês	Fotômetro Merck
Nitrito	Kit de Nitrito
Nitrato	Método de Ácido Cromatrópico
Sulfato	Turbidímetro
Condutividade Elétrica	Condutivímetro
Magnésio	Diferenciação de Cálcio e Dureza
Amônia	Kit de amônia
pH	Phmetro
Cloreto	Titulação
Sulfato	Turbidímetro
Coliforme total, Coliforme fecal	Membrana Filtrante

Ftu = unidade nefelométrica de turbidez

RESULTADOS

Problemas construtivos

No levantamento efetuado nas barragens subterrâneas após as chuvas ocorridas em 1999, constatou-se que enquanto que a maioria das barragens subterrâneas acusavam um bom volume de água acumulada nos aluviões a montante do septo impermeável, outras poucas acusavam baixos volumes. Foi procedido então uma análise das causas que provocaram estes insucessos, listados abaixo:

- Construção de barragem próxima à cabeceira do riacho;
- Ausência do enrocamento de pedras, diminuindo o tempo de permanência da água para infiltração;
- Construção de poço amazonas com tubos de concreto pré-moldado com baixa porosidade, permitindo praticamente apenas a entrada de água pelo fundo do poço.

Na busca de solucionar o problema de baixo volume de captação de água, foram colocados enrocamentos de pedras a jusante das barragens (Figura 3) e construídos outros poços amazonas, desta feita com tijolos perfurados, como mostra a figura 4.



Figura 3 - Enrocamento de pedras na barragem SJ (Mutuca-PE).



Figura 4 - Poço amazonas construído com tijolos furados na porção inferior e tijolos maciços na parte superior.

Após a solução dos problemas, as barragens subterrâneas passaram a acumular um significativo volume de água, evidentemente que o volume acumulado assim como a qualidade da água depende da administração do uso da água.

Os benefícios das barragens subterrâneas foram analisados através de entrevistas com a população onde foi verificado que sete barragens nesta área são usadas para a agricultura, realizada através da irrigação (cenoura e beterraba) e para dessedentação de animais. Verificou-se ainda que algumas famílias tiveram até 3 colheitas em um ano, usando para isto apenas a barragem subterrânea com uma irrigação controlada.

As características construtivas das barragens localizadas nos riachos Fundão, Cafundó, Mimoso e Travessão estão descritas no quadro 2.

Quadro 2 – Características construtivas das Barragens Subterrâneas da Região de Mutuca.

Local	Nome da barragem	Sigla	Profundidade máxima (m)	Extensão do eixo (m)	Alcance a montante (m)	Nº famílias beneficiadas
Fundão	Fundão I	FI	5,4	50	1.000	21
	Fundão II	FII	4,4	50	300	15
Cafundó	Cafundó I	CI	4,3	36	1.800	24
	Cafundó II	CII	5,5	42	1.300	18
	Cafundó III	CIII	6,0	65	3.000	18
	Cafundó IV	CIV	6,0	64	700	14
Mimoso	Mimoso I	MI	8,0	63	1.100	>15
	Mimoso II	MII	10,0	55	1.100	>15
	Mimoso III	MIII	8,5	76	1.100	>15
	Mimoso IV	MIV	8,5	76	1.000	>15
	Mimoso V	MV	7,5	52	1.200	13
	Riacho Salgado	RS	7,3	92	1100	32
Travessão	Travessão I	TI	6,0	110	1.700	18
	Travessão II	TII	4,0	30	2.000	12
Minador	Sítio Imbé	SI	6,0	52	1.800	>60
J. Vermelho	São José	SJ	6,0	47	3600	>15

Fonte: (Costa, 2002).

Aspectos qualitativos da água

Considerando-se o rigor climático do semi-árido do Nordeste, não é de se esperar águas de ótima qualidade nas aluviões ou reservatórios superficiais. De um modo geral, com efeito, as águas nos depósitos aluviais e açudes da região são, com freqüência, sensivelmente carregadas em sais, podendo, no entanto, serem consideradas como aceitáveis para alguns usos, sobretudo na ausência de outros mananciais disponíveis.

Os valores de potabilidade da água variam em cada região. Entretanto, há uma tendência mundial para a adoção dos parâmetros estabelecidos pela norma da OMS (Organização mundial de saúde), assim nas análises das amostras de água foram adotados estes valores.

No quadro 3 são apresentados alguns parâmetros da norma de qualidade de água do Brasil, U.S.A., Canadá e Alemanha.

Quadro 3 – Padroes de Potabilidade da OMS (1), Brasil (2, 3). Canadá (4), EU (5) e Alemanha (6), da CETESB (1990) in Feitosa et al. (1997).

	Parâmetro	Unidade	Fonte de referência					
			1	2	3	4	5	6
I	Cor	Pt/L	15	20	5	15	15	-
	Turbidez	UNT	5	5	1	5	1-5	-
	pH	-	6.5-8.5	-	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9.5
	Fluoretos	mg/l F	1.5	0.6-1.7	0.6-1.7	1.5	4.0	1.5
	Nitratos	mg/l N	10	10	10	10	10	50
	Nitritos	mg/l N	-	-	-	1.0	-	0.1
II	Cloretos	mg/ Cl	250	600	250	250	250	-
	Dureza Total	mg/l	500	-	500	-	-	-
	Ferro Total	mg/l Fe	0.3	1.0	0.3	0.05	0.05	0.05
	Manganês	mg/l Mg	0,1	0,5	0,1	0,05	0,05	0,05
	Sódio	mg/l Na	200	-	-	-	-	-
	STD	mg/L	1.000	1.000	1.000	500	500	-
III	Col. Totais	NMP em 100 ml	0	-	0	10	-	-
	Colif. Fecais	NMP em 100 ml	0	-	0	0	-	-
NOTAS:								
I - Parâmetros físicos e organolépticos					1- OMS- Organização Mundial de Saúde (recomendado);			
II-Parâmetros químicos que afetam a qualidade organoléptica					2- Dec. Fed. nº 79637 de 09/03/77;			
III -Parâmetros microbiológicos					3- Port. 36 do Min. Da Saúde de 19/01/90;			
					4- Canada (Guidelines for Canadian Drinking Water Quality);			
					5- EUA;			
					6- Germany (TVO 2000).			

Fonte: Adaptada de CETESB, 1990, in Feitosa et al, 1997.

Para efeito comparativo dos resultados, foram realizadas análises de amostras de água do aquífero aluvial e de um reservatório superficial localizado a montante das barragens subterrâneas. Porém é evidente que o principal problema da qualidade de água para abastecimento humano, na zona semi-árida, é a concentração de sal e a contaminação por bactérias coliformes.

Nas amostras de água do reservatório superficial verificou-se que a concentração de cloreto estava acima de 520 mg/l, valor este superior ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para suprimento humano, que é de 250 mg de Cl/l. Uma queda acentuada deste valor foi

observada com a chegada da estação chuvosa, continuando entretanto, acima do valor limite da norma (Quadro 3).

Nas barragens subterrâneas, observou-se que em algumas barragens com uso, a concentração de cloreto estava próximo ao valor recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para suprimento humano, porém foi verificado também uma sensibilidade na concentração de cloretos à ocorrência de precipitação. Nos períodos logo após a ocorrência de precipitação, com períodos antecedentes secos, observa-se um incremento na concentração de sais pelo efeito da lavagem do solo com carreamento de sais chegando a valores superiores a 480 mg/l, diminuindo estes valores com o uso.

Os dados de condutividade elétrica (CE) mostraram que a precipitação proporciona uma diluição e conseqüentemente, a queda da condutividade elétrica no reservatório superficial, porém uma evolução da classe C3 ($750 < CE < 2250 \mu S/cm$, $25^\circ C$ e sólidos dissolvidos entre 480 e 1440mg/l) praticamente não foi verificada. Enquanto que no aquífero aluvial, observou-se um aumento na CE na água após o fim das chuvas, e uma posterior queda promovida pela diluição e utilização da água armazenada. Esse tem sido o comportamento típico das barragens em utilização contínua.

Os valores de pH e Alcalinidade Total, pouco são afetados pelo início do período chuvoso na região, estando dentro dos valores estabelecidos como limites. Como o pH é a medida da concentração de H^+ na água, este não sofre alterações significativas nos períodos seco e chuvoso. A alteração de seus valores é devido à variação da temperatura, pois as concentrações são função do grau de ionização, que dependem diretamente da temperatura da água. Os valores recomendados pela OMS variam de 6,5 a 8,5. As amostras nos dois subsistemas permanecem abaixo destes valores, na maior parte do ano.

Os valores médios verificados de Dureza Total do reservatório superficial, estavam abaixo do limite recomendado pela OMS como padrão de potabilidade, que é de 500 mg/L enquanto que as amostras do aluvião encontram-se em alguns casos acima do limite aceitável. Com o aumento da precipitação, foi verificado uma queda da concentração no açude devido a diluição de elementos como cálcio e magnésio. O mesmo não ocorre no aluvião, devido as características do solo, que não deve apresentar quantidades suficientes destes carbonatos. O pH próximo da neutralidade também colabora com a não dissolução de possíveis carbonatos presentes no solo. Pela classificação de Logan (1965), a água do açude e a do aluvião são consideradas duras (acima de 200 mg de $CaCO_3/L$).

As concentrações do Nitrato (NO₃⁻) foram menores que 9 mg/l, inferior ao limite estabelecido pela OMS.

Em relação à contaminação por organismos patogênicos, apesar do fato de que nas barragens subterrâneas haver menos possibilidades de ocorrer a contaminação, todas as análises realizadas no aquífero superficial e subterrâneo, caracterizaram a água como "não potável", em consequência da presença, em grande número, de coliformes totais e coliformes fecais (*Escherichia coli*), oriundos, provavelmente, da presença de animais que se utilizam do açude para dessedentação ou na área a montante das barragens subterrâneas. Neste caso, sugere-se para o açude, a construção de bebedouros à jusante do mesmo para evitar que os animais se aproximem, e para as barragens subterrâneas, a retirada dos animais da área a montante destas além de uma orientação, para ambos os casos, para que população efetue uma filtragem, ou mesmo que ferva a água que será utilizada para consumo humano.

DISCUSSAO

O monitoramento da qualidade de água na região de Mutuca apontou como principais problemas à salinização da água e a contaminação por coliformes.

Em relação à salinização, o monitoramento nas barragens subterrâneas vem justificando a necessidade de manejo no sistema. Os resultados demonstram que nas barragens localizadas em áreas de recarga proveniente de solos Litólico (Figura 5), que produzem infiltração e escoamento hipodérmico mais lento (COSTA, 2002), existe uma oscilação esperada para a salinidade após as primeiras precipitações, enquanto que nas barragens onde não existe nenhum uso da água a salinização cresce, o que era esperado. Esse comportamento também acontece com a acumulação em açudes neste tipo de solo.

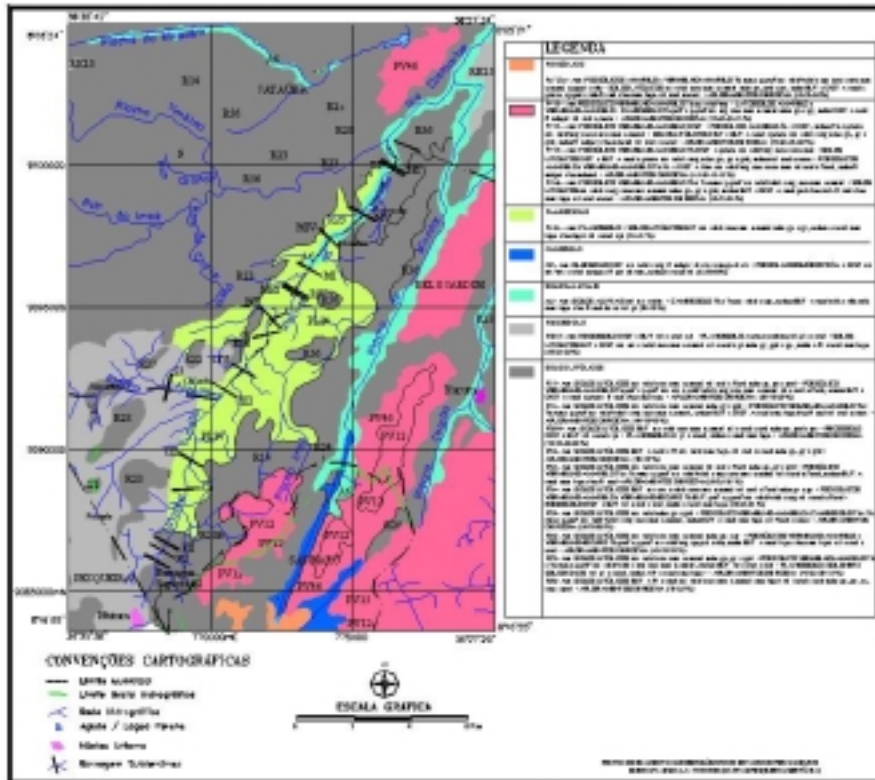


Figura 5 – Mapa de solos da região em estudo.

Como proposta de manejo da salinidade, está em fase de implantação o cultivo de halófitas do gênero *Atriplex* nas áreas com problema. Essa prática vem sendo implementada, com bastante sucesso, em outras áreas experimentais a cargo da equipe.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do CT – HIDRO e do CNPq do governo do Brasil.

BIBLIOGRAFIA

Agenda 21 (1997). Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 2ª edição, Brasília (Brasil), Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas.

BALTAR, L. A. A. (1997). "A Participação da Iniciativa Privada no Setor de Saneamento Básico no Brasil". In: Relatório do Seminário Internacional: Gestão de Recursos Hídricos e de Saneamento – A Experiência Alemã, Rio de Janeiro (Brasil).

AUDRY, P. & SUASSUNA, J. (1995). A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão pernambucano: caracterização, variação sazonal, limitações de uso. Recife, 128p. CNPq.PDCT/NE (Brasil).

BRITO; L. T. de L. (1999). "Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido". Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental, v.3, n.1, p. 111-115, Campina Grande-PB (Brasil), DEAg/UFPB.

CIRILO, J. A., COSTA, W. D., ABREU, G. H. F. G ; COSTA, M. R. (2000). "Monitoramento das Barragens Subterrâneas". In. V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000, Natal (Brasil), v.1 p. 168-176.

COSTA,W.D. (1987). "Pesquisa hidrogeológica visando a implantação de barragens subterrâneas em aluviões". Anais do 1º Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, ABAS, Recife-PE, Brasil.

COSTA, W. D. (1997). Manual de barragens subterrâneas. Conceitos básicos, Aspectos Locacionais e Construtivos. Recife-PE, Brasil.

COSTA, M. R. (2002). Avaliação de reservatórios constituídos por barragens subterrâneas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco-Pernambuco (Brasil), 189p..

DUQUE, J. G. (1973). O Nordeste e as lavouras xerófilas. Fortaleza, Banco do Nordeste, Brasil.

FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J.(1997). Hidrologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza (Brasil): CPRM, LABHID-UFPE, 412p.:il.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981). Levantamento das potencialidades para implantação de barragens subterrâneas no Nordeste brasileiro: Bacias dos rios Piranhas-Acú (RN) e Jaguaribe (CE). 56p.il. (IPT.Relatório, 14887. São Paulo, SP-Brazil).

MONTEIRO, L.C.C. (1984). Barragens Subterrâneas: Uma Alternativa para Suprimento de Água em Região Semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, vol.1, 421-430p. Fortaleza, CE- Brasil.

SANTOS, J. P. & FRANGIPANI, A. (1978). Barragens Submersas - Uma Alternativa para o Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2, São Paulo, SP.. ANAIS - São Paulo (Brasil), ABGE, V. 1. p. 119-126.

STANDART METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1992). United States of America.

SUASSUNA, J. (2000). Contribuição ao estudo hidrológico do semi-árido nordestino. Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 98p., Brasil.

Thame, A. C. M. (org.). A cobrança pelo uso da água. São Paulo (Brasil): IQUAL, 2000.

World Bank (2002). WORLD BANK – The World Bank Participation Sourcebook. Sourcebook Index. www.worldbank.org/wbi/sourcebook.