

I-024 - QUALIDADE DE ÁGUA EM FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO NA CHAPADA DO ARARIPE, CE

Simone B. de Carvalho

Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável. Tecnóloga em Saneamento Ambiental. Técnica da Companhia de Água e Esgotos do Ceará (CAGECE).

Maria Gorethe de Sousa Lima

Doutora em Engenharia de Processos, Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos/Saneamento) e Engenheira Química. Professora Adjunto na UFCA e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável (PRODER/UFCA).

Lucimara Alves Bandeira

Mestre em Gestão Ambiental e Tecnóloga em Gestão Ambiental. Técnica do Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Cariri (UFCA).

Luiz Alberto Ribeiro Mendonça

Doutor, Mestre e Graduado em Engenharia Civil. Professor Associado na UFCA. Bolsista de Produtividade em Pesquisa, CNPq Nível 2, Comitê CA.

Fernando José Araújo da Silva⁽¹⁾

Doutor, Mestre e Graduado em Engenharia Civil. Professor Adjunto na UFC e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pós-DEHA/UFC.

Endereço⁽¹⁾: Bloco 713, 1º andar, *Campus* do PICI, Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE. Brasil. CEP 60451-970. Fone: (85) 33669624. E-mail: fjas@cariri.ufc.br

RESUMO

A maioria das estações de tratamento encontra-se trabalhando acima de sua capacidade e requerendo um Foi empreendido um estudo sobre qualidade de água no meio rural, no sul do Ceará (Chapada do Araripe), Nordeste brasileiro. A investigação ocorreu em duas localidades inseridas numa região denominada semiárido brasileiro (SAB). Esta é caracterizada por elevada incerteza climática no que tange à regularidade e intensidade de precipitações, e associada a altas taxas de evaporação. Assim, é característico na região o déficit hídrico, em maior ou menor grau, com comprometimento do progresso socioeconômico. Urge então a busca por fontes alternativas de água, com destaque para a captação e armazenamento deste recurso em cisternas. O estudo teve caráter indutivo, com enfoque quali-quantitativo, compreendendo período de agosto de 2012 a janeiro de 2013. O local objeto da investigação compreendeu as comunidades rurais difusas Barreiro Grande e Matinha, situadas no setor centro-sul da Chapada do Araripe, Ceará. Estas comunidades eram abastecidas por água proveniente de cisternas e barreiro. O estudo mostrou que as fontes alternativas de abastecimento de água – *it est*, cisternas - apresentaram restrições higiênico-sanitárias, qualificadas com padrão insatisfatório para assegurar seu uso para consumo humano. O combate à escassez hídrica deve ser acompanhado de ação de controle da qualidade da água.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança hídrica, Qualidade de água de chuva, Saneamento rural.

INTRODUÇÃO

Na região nordeste do Brasil o semiárido é a área de maior abrangência territorial entre os espaços naturais que o constituem. Há diferentes abordagens para definição dos limites do semiárido brasileiro (SAB), com destaque para os seguintes critérios: a) índice de aridez (de Thorntwaite); b) fator de risco de ocorrência de seca; c) delimitação de unidades geossistêmicas; d) limite superior de isoieta de precipitação de 800 mm/ano; e e) percentual diário de déficit hídrico (BRASIL, 2005). O clima do SAB é caracterizado por médias térmicas elevadas (25°C, ± 2) e duas estações bem distintas: uma seca, na qual chove muito pouco, e uma úmida, quando ocorrem precipitações irregulares e diferenciadas. O mapa da Figura 1 mostra o semiárido brasileiro.



Figura 1: Localização do semiárido brasileiro (SAB).
Fonte: BRASIL (2006).

A despeito da discussão conceitual sobre as dimensões do semiárido brasileiro, a expressão se refere à descrição de precipitações médias anuais entre 250 e 800 mm, distribuídas entre três e cinco meses do ano. Este perfil climático corresponde ainda à formação vegetal de caatinga, que é composta prioritariamente por arbustos que perdem as folhas nos meses mais secos ou pastagens que secam na época de estiagem, com propósito principal de reduzir as perdas por transpiração. A fisionomia desta região varia de acordo com as condições climáticas e edáficas mais específicas (MOREIRA; TARGINO, 2007).

Hidrologicamente o déficit hídrico no semiárido brasileiro resulta principalmente da escassez, da irregularidade e da má distribuição das precipitações pluviométricas na estação chuvosa. Tais condições se consorciaram a altas taxas de evaporação durante o período de estiagem e, em maior parte de sua área devido ao elevado escoamento superficial das águas, resultante de características litológicas dominantes (i.e. embasamento cristalino) (D'ALVA; FARIAS, 2005).

Quanto ao convívio com a escassez hídrica na região, as populações difusas sofrem ônus maior, em função da baixa capacidade de gerar renda, mas principalmente pela falta de água. Isto afeta a qualidade de vida nas dimensões educação, saúde e capacidade produtiva. Frente a esta realidade, tais populações não podem dispor de infraestrutura com vínculos econômicos, comprometendo assim seu progresso.

Face ao contexto aqui identificado, no SAB a gestão da água exige abordagem específica para o enfrentamento da vulnerabilidade hídrica. Isto é particularmente importante para as populações difusas. Tal enfoque deve permitir melhor conservação dos recursos hídricos, a fim de que o quadro de escassez seja minimizado. Esta escassez tende a crescer em razão de incremento populacional, das incertezas climáticas e da utilização incorreta dos recursos hídricos.

O fato é que a incerteza climática no SAB impulsiona organizações públicas e privadas à busca de recursos para convívio com a seca. Em paralelo, a democratização ao acesso à água deve considerar medidas de longo prazo com base em tecnologias alternativas e estratégias priorizadas em programas que visam o

desenvolvimento sustentável da região. Enseja-se assim o combate à vulnerabilidade hídrica, como uma das principais vias de descentralização da gestão da água, a partir da implantação de ações de convivência, principalmente em comunidades rurais. Em tal contexto, a segurança hídrica é tema central do Programa Um Milhão de Cisternas (P_{1MC}), cujo propósito, no início dos anos 2000, era beneficiar uma população de cerca 5 milhões de pessoas em toda região semiárida (SILVA *et al.*, 2009).

O P_{1MC} deveria viabilizar o acesso à água potável para beber e cozinhar, através das cisternas de placas, desencadeado como movimento de articulação e de convivência sustentável com o bioma caatinga. As cisternas devem promover estocagem de água de chuva para o abastecimento das famílias nos períodos de estiagem. O programa aponta na direção de um novo projeto de desenvolvimento para a região, orientado pela perspectiva do direito coletivo das populações à água de qualidade para consumo, por meio de instrumentos simples, replicáveis, baratos e próximos as casas dos agricultores.

As instalações utilizadas na captação e armazenamento de água de chuva são simples. As águas precipitadas escoam pelos telhados das casas (área de captação), cujo tamanho determina a quantidade a ser armazenada. As estruturas hidráulicas de coleta, calhas, podem ser de materiais diversos: canos de PVC cortados no meio, folhas de zinco, ou até mesmo chapas de latas de óleo ou madeira. As calhas são localizadas nas linhas inferiores dos beirais e conduzem as águas diretamente para as cisternas em tubos de queda (geralmente de PVC) (GNADLINGER, 1999).

A utilização de cisternas vai além da captação da água de chuva, pois as mesmas podem ser abastecidas, também, por água oriunda de carros-pipa, sendo esta uma prática comum, apesar de não prevista nos preceitos do P_{1MC}. Também, as cisternas são muito suscetíveis à contaminação microbiana, pois dependem de cuidado no manejo da água em todas as etapas (i.e. captação, armazenamento e retirada) (BESERRA; SOUSA; PINHO, 2010). As famílias beneficiadas são responsáveis pelo controle e monitoração da água, para assegurar qualidade à mesma. Ressalta-se ainda, que nos períodos de estiagem mais intensos também há a utilização de barreiros (estruturas de terra de pequeno porte escavadas para armazenamento de água), mais vulneráveis à contaminação. Portanto, a escassez hídrica peculiar do semiárido não deve ser preocupante somente em termos de quantidade, mas também referente à qualidade.

Sem dúvida, a utilização de cisternas é prática a ser incentivada, porém é necessário garantir a qualidade da água consumida, oriunda de precipitações e/ou de carros-pipa. O fato é que os riscos à saúde humana existem, quer por ausência de abastecimento, quer por fornecimento inadequado. O desafio que trata da universalização desses serviços abrange não apenas o fornecimento, mas também o controle e a vigilância sanitária sobre a qualidade da água.

O conteúdo dos dois últimos parágrafos serviu de reflexão básica para o presente estudo, que contempla comunidades rurais difusas residentes na Chapada do Araripe, sul do Estado do Ceará. Para estas, as únicas fontes de abastecimento de água são provenientes de cisternas e barreiros. A investigação busca avaliar a qualidade da água proveniente de fontes alternativas de abastecimento.

METODOLOGIA

Sobre o estudo

O estudo empreendido tem caráter indutivo, com enfoque quali-quantitativo, delineado por pesquisa bibliográfica e experimental. A pesquisa foi desenvolvida no período de agosto de 2012 a janeiro de 2013. O local objeto da investigação compreendeu as comunidades rurais difusas Barreiro Grande e Matinha, situadas no setor centro-sul da Chapada do Araripe, Ceará (Figura 2). Estas comunidades eram abastecidas por água proveniente de cisternas e barreiro. A Tabela 1 traz a identificação e mostra a localização das fontes consideradas no estudo.

As fontes de abastecimento do estudo não recebiam nenhum tipo de tratamento para desinfecção, sendo atribuído pela população consumidora sabor desagradável ao cloro. A água proveniente do barreiro, por apresentar grande turbidez, era submetida a tratamento com pedra hume ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12(H_2O)$), considerada uma técnica cultural.

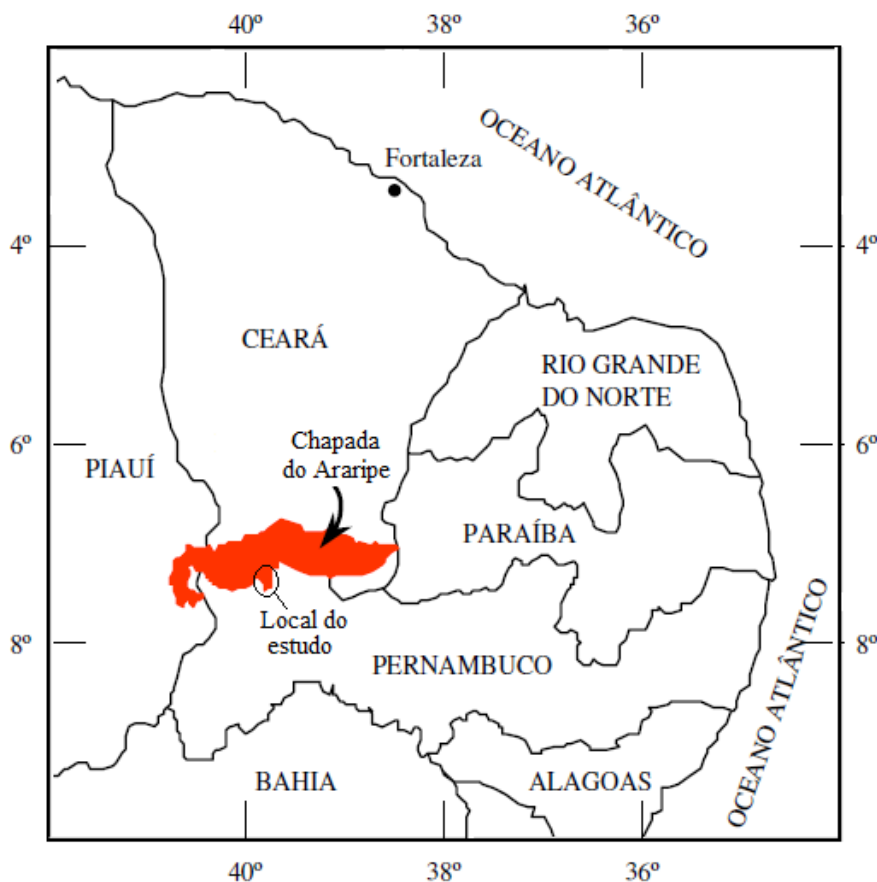


Figura 2: Localização da área de estudo.

Tabela 1: Cisternas e barreiro no setor oriental da Chapada do Araripe, Ceará.

Pontos	Coordenadas Geográficas		Descrição dos pontos
	Latitude	Longitude	
C ₁	7°21'44,92"S	39°28'40,23"O	Cisterna (n° 310.357) - comunidade Barreiro Grande
C ₂	7°22'25,06"S	39°30'22,28"O	Cisterna (n° 310.392) - comunidade Matinha
C ₃	7°22'8,30"S	39°30'36,87"O	Cisterna (n° 310.354) - comunidade Matinha
B _R -AB B _R -AT	7°21'43,62"S	39°28'36,32"O	Água bruta (AB) e tratada (AT) com pedra hume do barreiro na comunidade Barreiro Grande

Procedimentos analíticos

Com frequência mensal, foram coletadas amostras de água nas três cisternas (C₁, C₂, C₃) e no barreiro (água bruta - B_R-AB e tratada - B_R-AT) para determinação dos seguintes parâmetros: pH, turbidez (T_{URB}) e coliformes totais (CT), coliformes termotolerantes (C_{TMT}) e *Escherichia coli* (EC). As metodologias empregadas nas análises estão descritas em APHA (2005).

As amostras de água coletadas para análises físico-químicas foram armazenadas em garrafas plásticas, com capacidade de 2 litros, e preservadas em caixas isotérmicas com gelo e encaminhadas ao laboratório. Para determinação de CT, C_{TMT} e EC foram utilizados frascos de vidro âmbar (volume de 125 ml) previamente lavados e esterilizados a 121°C por 15 minutos. Após as coletas as amostras eram acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo e encaminhadas para análise imediata.

Os resultados obtidos em análise foram cotejados com os valores máximos permissíveis (VMP) da Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011, que dispõe sobre a qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 contém uma síntese descritiva das análises realizadas nas águas das fontes alternativas de abastecimento do estudo. Os resultados da tabela mostram que o pH médio das águas das cisternas foi compatível com o intervalo de 6,0 a 9,5 determinado na Portaria 2914/11. Porém, na água não tratada do barreiro o pH foi um pouco inferior ao limite normativo. Este fato pode estar associado à composição do solo do local, através de processo de dissolução mineral, tornando a água do barreiro ligeiramente ácida. Quando a água de barreiro recebeu tratamento com a pedra hume, que é composta de sulfato de alumínio e potássio, o pH médio decresceu mais ainda, alcançando valores inferiores a 4,0 unidades, em razão da protonação da água e baixa capacidade de absorção destes (*i.e.* baixa alcalinidade).

A turbidez média nas amostras de água das cisternas foi compatível com o limite máximo permissível da Portaria 2914/MS (até 5 UNT). As maiores concentrações deste parâmetro foram verificadas nas amostras de água do barreiro, devido às partículas sólidas suspensas. Estes sólidos eram constituídos de partículas inorgânicas, mas possivelmente havia detritos orgânicos, levados ao corpo d'água pelo vento ou por escoamento superficial. O tratamento da água do barreiro realizado com pedra hume proporcionou redução considerável (88,9%) da turbidez.

O sulfato de alumínio e potássio possui poder floculante, auxiliando na sedimentação de partículas suspensas. O tratamento praticado no local é, entretanto, essencialmente empírico e sem um controle com perfil técnico. Isto é facilmente verificado quando se compara o coeficiente de variação ($CV = [\sigma/\text{média}] \times 100\%$) da turbidez na água bruta ($CV = 36\%$) com o verificado na água tratada ($CV = 132\%$). Outro indicativo é dado pela razão entre a mediana e a média, com valores de 1,085 e 0,044, nas mostras bruta e tratada, respectivamente. A interpretação consiste em observar o módulo da distância do valor da razão em relação à unidade, muito maior no caso das amostras tratadas ($ABS [1,0-0,044] = 0,956$) em relação às amostras brutas ($ABS [1,0-1,085] = 0,085$).

Os resultados das análises bacteriológicas mostraram que as fontes apresentavam algum grau de inadequação em relação ao padrão sanitário. A portaria do Ministério da Saúde tolera a presença de coliformes totais, desde que a presença de *E. coli* não ocorra. Todas as amostras de águas provenientes de cisternas apresentaram CT, C_{TMT} e EC. Somente a cisterna C_2 apresentou resultados compatíveis, pois na prática valores de $EC \leq 2$ são virtualmente nulos. Em campo, a inspeção visual indicou que esta fonte era a mais bem cuidada. Os usuários da C_2 declararam que durante a captação as águas das primeiras chuvas eram descartadas. Os mesmos informaram ainda que utilizavam solução de cloro para desinfecção. Este proceder já havia sido destacado no estudo desenvolvido por Tavares (2009).

A água do barreiro é utilizada quando não há alternativa de abastecimento, com usos para tarefas domésticas, higienização corporal, beber e cozinhar, substituindo assim a água da cisterna. Nas amostras do B_R -AB foram constados os mais elevados níveis de densidade de coliformes. O tratamento com a pedra hume reduziu a densidade bacteriana observada na água bruta com remoções de 1,853; 1,753 e 1,377 unidades de Log_{10} , para CT, C_{TMT} e EC, respectivamente. O efeito do tratamento é semelhante ao que ocorre na turbidez, de maneira que a sedimentação de partículas suspensas promove também redução do conteúdo microbiano.

A Tabela 2 mostra a correlação ente os parâmetros do estudo. Destaca-se que a turbidez influencia mais significativamente as concentrações de C_{TMT} e EC (*i.e.* correlação positiva). As densidades de CT apresentaram coeficiente de correlação (r) maior com C_{TMT} do que com EC.

O estudo verificou que as cisternas atendiam a necessidades diversas, e não apenas consumo potável. Com base nesta premissa observou-se um foco de contaminação, resultante do fato de que a demanda de água vai além do volume oferecido pela captação. Quando necessário, as cisternas também recebiam água oriunda de carros-pipa. Tal prática é comum, porém negada pelos preceitos do P_{IMC} . O abastecimento das cisternas com carros-pipa embora possa minimizar o problema da disponibilidade de água, torna-se uma fonte potencial de

contaminação por fatores ligados à origem da água, pela vulnerabilidade a qual está exposta durante o transporte, pelas condições de higiene e limpeza dos carros.

Tabela 2: Resultados das análises físico-químicas e bacteriológica (em NMP) em amostras de água proveniente de cisternas e de barreio nas comunidades rurais na Chapada do Araripe – CE.

Descritor estatístico	pH	T_{URB} (UNT)	CT (NMP/ 100 mL)	C_{TMT} (NMP/ 100 mL)	EC (NMP/ 100 mL)
C₁					
Média	7,30	0,50	1,1E+03	2,8E+01	1,4E+01
Mediana	7,36	0,51	1,6E+03	2,3E+01	1,3E+01
Média Geométrica	7,28	0,49	7,5E+02	2,6E+01	1,3E+01
σ	0,63	0,09	7,4E+02	1,4E+01	5,8E+00
C₂					
Média	7,42	0,20	7,5E+01	5,8E+00	2,0E+00
Mediana	8,08	0,21	7,0E+01	7,0E+00	2,0E+00
Média Geométrica	7,35	0,20	6,6E+01	5,1E+00	2,0E+00
σ	1,10	0,05	4,1E+01	2,7E+00	0,0E+00
C₃					
Média	7,22	0,46	2,9E+02	1,2E+02	3,4E+00
Mediana	7,56	0,46	2,4E+02	1,2E+02	2,0E+00
Média Geométrica	7,15	0,46	2,7E+02	1,1E+02	3,0E+00
σ	1,11	0,04	1,3E+02	2,3E+01	2,2E+00
B_R-AB					
Média	5,76	179,80	1,6E+03	9,0E+02	5,4E+02
Mediana	5,69	195,00	1,6E+03	8,0E+02	1,4E+02
Média Geométrica	5,76	170,03	1,6E+03	6,3E+02	1,7E+02
σ	0,34	64,69	0,0E+00	6,9E+02	7,0E+02
B_R-AT					
Média	3,77	19,89	2,3E+01	1,2E+01	8,6E+00
Mediana	4,12	0,87	2,2E+01	1,1E+01	7,0E+00
Média Geométrica	3,74	3,70	2,0E+01	1,1E+01	7,3E+00
σ	0,52	26,33	4,7E+00	3,9E+00	5,5E+00

Tabela 3: Matriz de correlação entre os parâmetros do estudo (($\alpha = 0,05$, dados agrupados)).

Parâmetro	Log CT	Log C_{TMT}	Log EC	pH	T_{URB}
Log CT	1				
Log C_{TMT}	0,741	1			
Log EC	0,569	0,725	1		
pH	0,398	-0,010	-0,266	1	
T_{URB}	0,509	0,651	0,650	-0,231	1

CONCLUSÃO

Todas as fontes alternativas de abastecimento de água nas comunidades residentes na Chapada do Araripe, sul do Ceará, apresentaram restrições higiênico-sanitárias, qualificadas com padrão insatisfatório para assegurar seu uso para consumo humano.

Reforça-se a idéia de que a preocupação com a escassez hídrica não deve ser suprida apenas em termos de quantidade como é meta prioritária de programas. Os resultados aqui verificados indicam risco à saúde pelo fornecimento de água sem qualidade.

As comunidades carecem de um trabalho de orientação em relação à forma de manejo e conservação destas cisternas. Importa informá-las dos riscos a que estão expostas, em razão da qualidade inadequada da água consumida. A implantação de medidas preventivas são ferramentas essenciais para manter a eficiência do programa e assegurar qualidade de vida à população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition. American Public Health Association. New York, 2005. 1527p.
2. BEZERRA, N.S.; SOUSA, M.J.G.; PINHO, A.I. Análise microbiológica de água de cisternas na localidade Cipó dos Tomaz, município do Crato-Ce. Cad. Cult. Cienc. v. 1, n. 1, p. 37-43, Jul/Dez., 2010.
3. BRASIL. Nova delimitação do semiárido brasileiro. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Brasília, DF, 2006. 35p.
4. BRASIL. Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas. Ministério da Integração Nacional. Brasília, DF, 2005. 118p.
5. D'ALVA, O.A.; FARIAS, L.O.P. Programa cisternas: um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização. Cadernos de Estudos Desenvolvimento Social em Debate, n^o 7. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome; Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação, 2005.
6. GNADLINGER, J. Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro. In: 9^a Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina, Brasil, 1999.
7. MOREIRA, E.; TARGINO, I. De território a território de esperança: organização agrária e resistência camponesa no semiárido paraibano. Revista Nera v. 10, n. 10, p. 72-93, Jan/Jun, 2007.
8. SILVA, J.B.; GUERRA, L.D.; GOMES, R.A.; FERNANDES, M. Ecologia política das cisternas de placas: uma abordagem sociológica das medidas governamentais recentes relativas aos problemas de abastecimento de água em comunidades rurais de Boa Vista e Montadas-PB. Cronos, v. 10, n. 2, p. 121-143, jul./dez, 2009.
9. TAVARES, A.C. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semiárido paraibano. Dissertação de Mestrado. PRODEMA, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. 2009.