

# DISPOSITIVOS PARA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA ARMazenada EM CISTERNAS DO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO – DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

*Julio Cesar Azevedo Luz de Lima<sup>1</sup>, Felipe Henrique Borba Alves<sup>2</sup>, Manuella Lopes Figueiras<sup>3</sup>, Luis Medeiros de Lucena<sup>4</sup>, Sylvana Melo dos Santos<sup>5</sup>, Sávia Gavazza dos Santos Pessoa<sup>6</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Civil, UFPE, Brasil. juliocesaraezevedo@gmail.com

<sup>2</sup> Núcleo de Tecnologia do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, UFPE, Brasil. fellipehba@hotmail.com

<sup>3</sup> Núcleo de Tecnologia do CAA, UFPE, Brasil. manu.figueiras@hotmail.com

<sup>4</sup> Núcleo de Tecnologia do CAA, UFPE, Brasil. luis\_lucenaquim@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Núcleo de Tecnologia do CAA, UFPE, Brasil. sylvana.ufpe@gmail.com

<sup>6</sup> Núcleo de Tecnologia do CAA, UFPE, Brasil. savia@ufpe.br

## Abstract

This work evaluates a water deviation device used to remove rainwater pollutants from a collection system formed by roof and pipes, before a cistern. The experiments were carried out during two rain events that had occurred, after a long period of drought (three months without rain). After pass throughout the collection system it was observed an increase in the values of some parameters in rainwater: turbidity, color, heterotrophic bacteria and fecal coliforms. Samples collected before and after the deviation system indicated that the device was efficient in reduce the turbidity (62,4% in 2009 and 49,6% in 2010), total coliforms (94,2% in 2009 and 93,8% in 2010) and heterotrophic bacteria (37,3% in 2009 and 44,8% in 2010). These results indicated that the automatic deviation of first rainwater have important role in avoiding cistern contamination.

**Keywords:** Cisterns, sanitary barriers, water quality.

## Introdução

A disponibilidade hídrica no nordeste brasileiro é um grave problema da região devido à irregularidade temporal e espacial das precipitações. Para se ter uma idéia, ao longo do ano, apenas em um período curto de 3 a 4 meses ocorrem precipitações, sendo que se observam períodos longos, da ordem de 8 a 9 meses (período de estiagem), sem precipitação. A gravidade deste cenário se acentua ao considerar a alta taxa de evapotranspiração que caracteriza o clima semi-árido da região. As médias de precipitações que, em geral, variam de 200 a 700 mm por ano não são tão pequenas quando comparadas com outras regiões semiáridas do mundo (Cabral e Santos, 2007). O acesso á água de qualidade para o consumo humano consiste em um grande desafio para a população de baixa renda, representando um drama social, principalmente na época das secas.

Em áreas rurais, a segurança alimentar e nutricional da população são condicionadas diretamente pela disponibilidade de água para consumo humano, para a dessedentação de animais e para a produção agroalimentar. Após 60 dias período das chuvas, 550 mil dos 2,6 milhões de estabelecimentos rurais da região passam a viver sem qualquer tipo de água para o consumo humano ou animal, nos seus próprios agroecossistemas familiares. Ao considerar um período de 120 dias após o término das chuvas, pode-se projetar que mais de um milhão de estabelecimentos ficarão sem qualquer fonte de água no período de seca (Articulação do Semi-árido Brasileiro, 2002).

Para atender as demandas das necessidades humanas em água potável, especialmente a dessedentação, tem-se destacado a experiência da construção de cisternas para armazenamento de água da chuva. Embora as águas pluviais sejam de boa qualidade, é necessário que alguns cuidados sejam tomados. É importante que a qualidade da água da chuva armazenada nas cisternas seja conhecida, a fim de verificar o seu padrão de potabilidade, uma vez que esta água é utilizada para o consumo da população (KATO, 2006). Resultados demonstram que a água da chuva captada com equipamentos seguros de armazenamento apresenta uma qualidade elevada ao ser comparada com outras fontes de abastecimento de água tradicionais. (Albuquerque, 2004; Gould e McPherson, 1987).

De acordo com Amorim e Porto (2003), a atenção com o uso de água dessa natureza vai além do fornecimento de água de boa qualidade, pois, ao contrário de um sistema de água potável tradicional, onde é vedada a entrada de contaminantes, uma cisterna é um sistema "aberto", cuja manutenção da qualidade é função da consciência e conhecimento prático sobre preservação da qualidade da água, pelos consumidores. Embora, em algumas situações, a quantidade de água armazenada pelas cisternas seja suficiente para suprir as necessidades básicas da comunidade na época da estiagem, essa água normalmente está fora dos padrões de potabilidade (Brito et al., 2005; Al-Salaymeh et al., 2011).

Para o uso humano, a captação de água de chuva necessita de um reservatório seguro e fechado, para que não haja vazamentos ou contaminação, bem como perdas por evaporação. Este tipo de sistema não deve ser instalado com o único objetivo de garantir o montante de água demandado pelas necessidades locais. A premissa fundamental do emprego deste tipo de sistema para uso humano, inclusive ingestão, deve ser garantir a qualidade original da água de chuva, desde sua coleta até o seu uso. Assim

sendo, visando evitar a contaminação da água captada que será direcionada ao sistema pela lavagem do telhado (com impurezas após o período, longo ou curto, de estiagem) é necessário desviar as primeiras águas de chuva, sendo feita de forma manual ou com uso de aparelhos automáticos. Segundo o Manual de Saneamento divulgado pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), deve este descarte ser feito para evitar que a água afluyente à cisterna, contenha impurezas provenientes de dejetos de pássaros ou outros animais e poeira. Tradicionalmente isto é feito desconectando os tubos condutores de descida, que normalmente devem permanecer desconectados com o início da chuva, e reconectados manualmente, pouco depois de iniciada a chuva. May (2004) avaliou a qualidade da água da chuva após passar pela superfície de captação e nos reservatórios de armazenamento e concluiu que as amostras de água coletadas nos reservatórios de acumulação apresentaram melhores resultados em relação às amostras coletadas do telhado. Segundo a autora isso ocorre devido ao descarte da primeira chuva, retirada do material orgânico grosseiro como folhas e galhos e sedimentação do material particulado proveniente do telhado.

A retirada da água da cisterna é outro ponto vulnerável no que se refere à qualidade da água, pois condições de higiene inadequadas podem levar à contaminação da água que será ingerida pelo usuário final. Por isso, tecnologias inovadoras e de baixo custo, como o desenvolvimento de bombas manuais que permitam a extração de bons volumes de água podem significar a redução de casos de doença de veiculação hídrica para muitas famílias (Gould e Nissen-Peterson, 1999; Gnadlinger, 1999; Schistek, 2005). A forma mais comum de retirada da água da cisterna e transporte até o interior das residências é feita com baldes ou latas, muitas vezes inapropriado guardados próximos a animais domésticos (Xavier, 2006). O uso de bombas tipo “bola de gude” pelas comunidades do semiárido pernambucano tem sido abolido pelas comunidades em virtude da baixa vazão de fornecimento de água.

Portanto, a qualidade da água da chuva armazenada em cisternas depende da pureza da atmosfera, que não se configura em problema na zona rural, dos materiais usados para construir a área de captação e das impurezas depositadas na superfície do telhado, onde a exposição a raios ultravioletas, calor e dessecação no telhado já elimina grande parte de bactérias contaminadoras; das calhas que conduzem a água para a cisterna, da maneira como se tira a água da mesma, (com ou sem contato humano) e do tipo de tratamento antes do consumo. Spinks et al. (2003) elaboraram um esquema de seqüência de possível contaminação e de tratamento para adequação da qualidade da água armazenada em cisternas ao consumo humano (Figura 1).

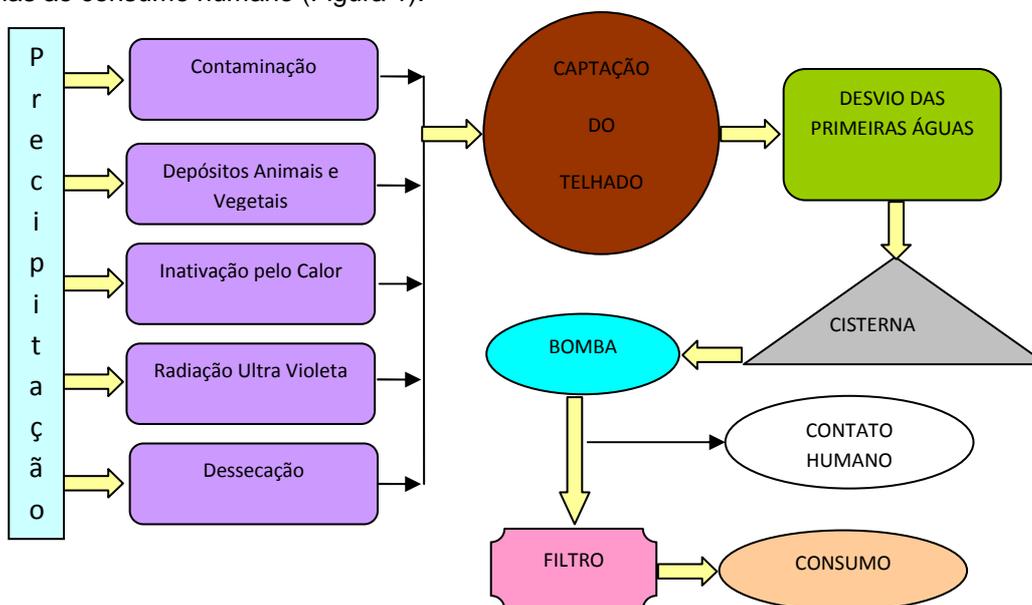


Figura 1 – Seqüência de possível contaminação e tratamento de um sistema familiar de captação de água de chuva compreendendo telhado, desvio da primeira água de chuva, cisterna, bomba e filtro (adaptado de Spinks,2003)

Embora a água da chuva tenha se mostrado própria para diversos usos no estado bruto é recomendado que se faça um tratamento simplificado, pois esporadicamente os valores das legislações foram ultrapassados. Em geral, turbidez e *Escherichia coli*, foram os principais parâmetros que ultrapassaram os limites das legislações e a redução nos valores desses dois parâmetros aumentaria o potencial de aproveitamento das águas pluviais (Hagemann, 2009).

Por se tratar de uma tecnologia simples e barata, para muitas famílias, a construção de cisternas constitui uma solução imediata para enfrentar a escassez de água durante os períodos de estiagem no semiárido brasileiro. Embora o sistema de captação e armazenamento de águas de chuva se mostre uma

solução interessante e eficiente, no enfrentamento da escassez hídrica, a garantia da qualidade da água para fins potáveis apenas pode ser alcançado com o atendimento à Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Desta forma, no presente trabalho foi avaliada a eficácia de um sistema de desvio automático das primeiras águas da precipitação atmosférica, como alternativa para melhoria da qualidade da água armazenada em cisternas no agreste pernambucano.

## Material e Métodos

A presente pesquisa foi desenvolvida no Agreste do Estado de Pernambuco, no município de Pesqueira (Figura 2) que dista aproximadamente 238 km da capital do Estado, e situa-se entre a Serra do Gavião e a Serra do Ororubá (na unidade geoambiental do Planalto da Borborema), com altitude de 654 m e vegetação com dominância de caatinga. De acordo com informações do IBGE (2009), a população do município de Pesqueira é de aproximadamente 64.454 habitantes. Apresenta clima tropical do tipo semiárido e temperatura média anual é de 27°C, com umidade relativa média anual do ar de 73 %, e a velocidade média do vento é de 2,5 m/s. De acordo com Rodrigues et al. (2010) os meses de março, abril, maio, junho e julho são os mais chuvosos, representando mais de 66% do total anual das chuvas dessa região. De acordo com os autores, os meses de novembro e dezembro contribuem positivamente no total anual das chuvas de Pesqueira, sendo considerados os meses que precedem a estação chuvosa dessa área, onde as frentes frias são os principais sistemas responsáveis pelas chuvas nesse período. Os meses de setembro, outubro e novembro são os menos chuvosos.

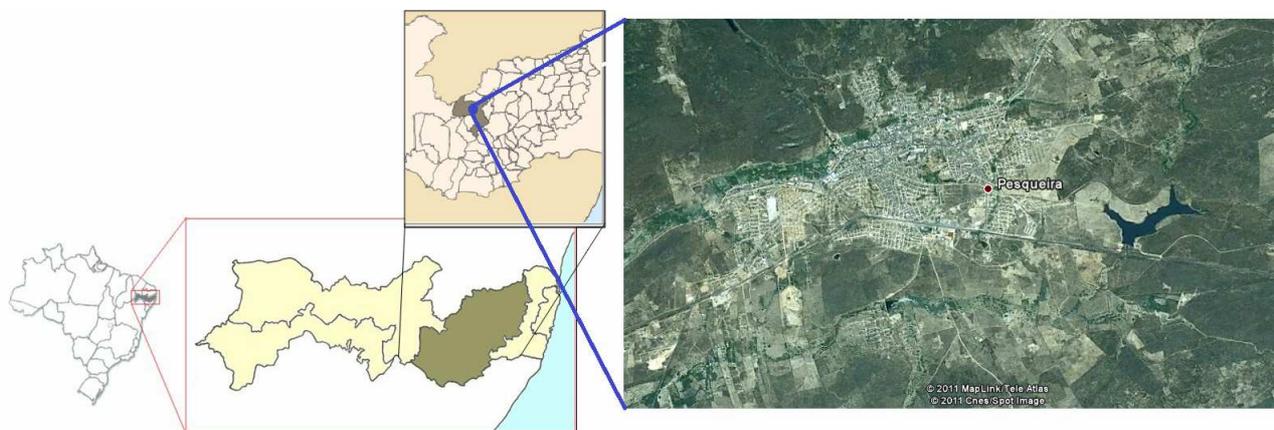


Figura 2: Localização do Estado de Pernambuco, com destaque para a região do Agreste, para o município de Pesqueira e para a localização do centro urbano.

No presente trabalho para avaliação da eficácia do desvio das primeiras águas de chuva, como barreira sanitária para melhoria da qualidade da água armazenada em cisternas, foi instalado em residência da zona rural do município de Pesqueira, sistema de coleta e dispositivo automático de desvio das primeiras águas de chuvas construído exclusivamente em tubos e conexões de PVC (Figura 3). De acordo com Andrade Neto (2004), o desvio de descarte é apenas um pequeno tanque para o qual são desviadas automaticamente as primeiras águas de cada chuva, simplesmente através de um desvio intercalado na tubulação de entrada da cisterna, que deriva para esse pequeno tanque as águas de lavagem da superfície de captação.

O funcionamento do dispositivo utilizado para armazenamento e descarte do primeiro milímetro das primeiras águas de chuva, construído e instalado em Pesqueira, baseia-se nos princípios físicos dos vasos comunicantes e do fecho hídrico, em que à medida que o telhado é lavado, processa-se o acúmulo de água nos tubos verticais e só após estes estarem completamente cheios, é que a água é direcionada para a cisterna. É fundamental que depois de cada evento chuvoso, o dispositivo seja esvaziado, através de uma tubulação de descarga (Figura 3C), a qual deve ser novamente fechada permitindo o funcionamento do dispositivo para o desvio automático das primeiras águas do próximo evento.

A geometria do dispositivo possibilita seu completo esvaziamento e limpeza por descarga hidráulica. Os materiais constituintes completamente em PVC garantem estanqueidade, facilidade de montagem e desmontagem não necessitando de mão de obra especializada, ajustável a qualquer área de captação com possibilidade de ser desmontado, transportado e remontado..

Os experimentos realizados para avaliar a eficácia da barreira sanitária e observar sua influência ao longo do tempo, bem como possíveis pontos de contaminação durante o percurso da água captada através do telhado e direcionada à cisterna foram realizados em agosto de 2009 e em setembro de 2010, tendo como primeiro parâmetro de análise a qualidade da água da precipitação atmosférica. Como o objetivo da pesquisa foi avaliar a eficácia do dispositivo e sua influência na melhoria da qualidade da água direcionada

para a cisterna após entrar em contato com a superfície de captação não foi considerada nesta pesquisa a influência da chuva antecedente na limpeza da superfície de captação (telhado).

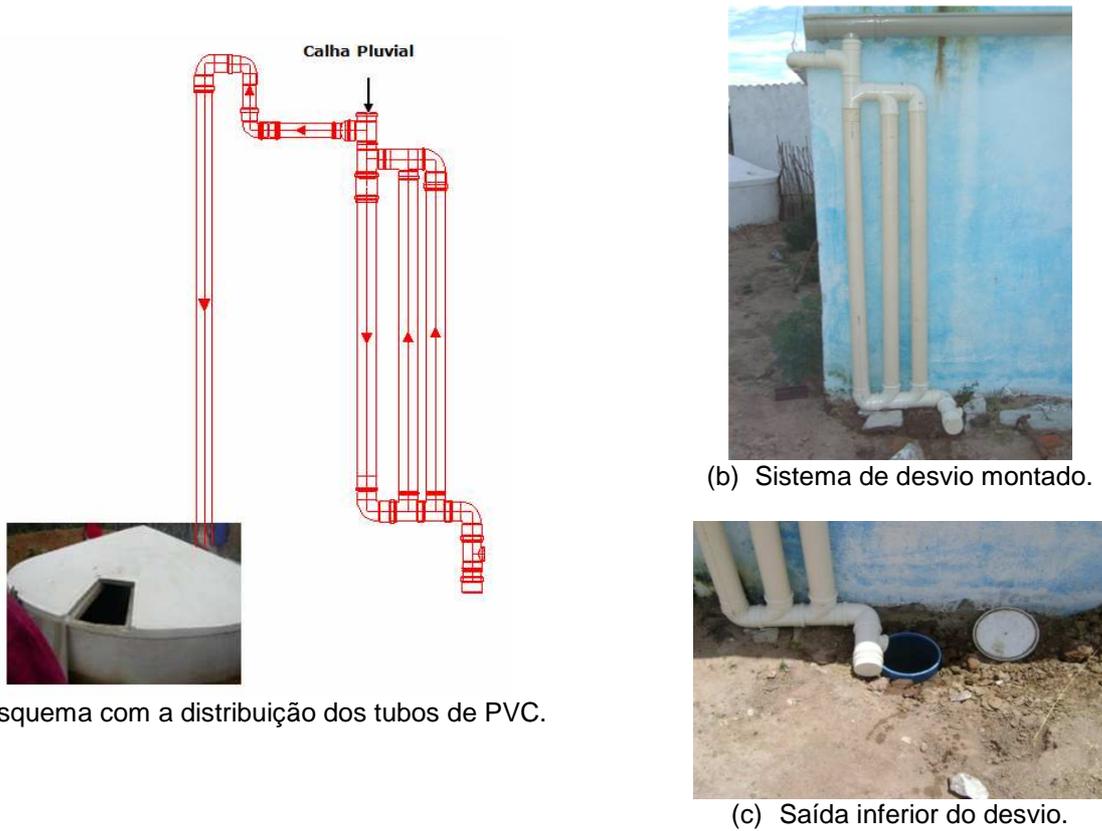
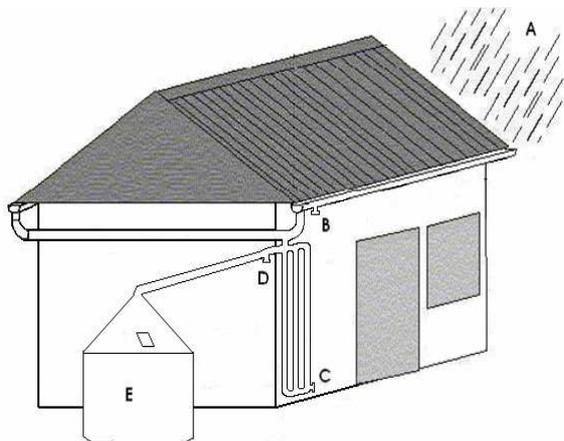


Figura 3: Dispositivo de descarte das primeiras água de chuva instalado em Pesqueira (PE).

Para análise dos possíveis pontos de contaminação e da eficiência do dispositivo de descarte, realizou-se inicialmente a definição dos pontos de amostragem da água durante a precipitação, que estão apresentados na Figura 4 e descritos a seguir:

- Ponto A: a água de chuva foi coletada em recipiente de plástico (bacia) sem contato com a superfície do telhado e desinfetado com álcool a 70%;
- Ponto B: a água é captada antes do desvio das primeiras águas, após ter passado pelo telhado e pelas calhas em PVC;
- Ponto C: a água é coletada no interior do desvio após ficar completamente cheio, através da abertura do ponto de descarga para realização da limpeza do sistema (Figura 3c);
- Ponto D: a água é coletada imediatamente após o desvio, logo após o completo enchimento do sistema de tubos;
- Ponto E: a água é coletada própria cisterna através da bomba manual utilizada pela família.



Distribuição dos sete pontos de coleta:  
Antes do telhado (chuva) → Ponto A  
Antes do desvio → Ponto B  
Interior do desvio → Ponto C  
Após o desvio → Ponto D  
Interior da Cisterna → Ponto E

Figura 4: Esquema de localização dos pontos de coleta do experimento de chuva.

Todas as amostras foram coletadas, no mesmo dia, enquanto ainda chovia, com todo material devidamente esterilizado. Tomou-se o cuidado de fazer a coleta das amostras em uma das primeiras chuvas de um ciclo chuvoso, pois assim puderam-se obter os dados do pior caso de precipitação, uma vez que, além de “lavar” os telhados, a chuva faz o arraste de partículas em suspensão da atmosfera. Imediatamente após a coleta o material foi enviado ao Laboratório de Engenharia Ambiental - LEA da UFPE em Caruaru, distante 100Km de Pesqueira, para análises de pH, condutividade, turbidez, cor aparente, alcalinidade total, coliformes totais e bactérias heterotróficas totais. As amostras foram transportadas, devidamente acondicionadas e refrigeradas a baixa temperatura, cujas análises dos parâmetros foram iniciadas em até 24 horas após coleta. A metodologia utilizada na determinação de cada parâmetro está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Metodologia utilizada nas análises

Parâmetro	Método
pH, condutividade	Potenciométrico
Turbidez, cor aparente	Espectrofotométrico
Alcalinidade Total	Titulométrico
Coliformes totais	Colilert®
Bactérias heterotróficas totais	Contagem em placas – “Pour Plate”

## Resultados e Discussões

Foram analisados 02 (dois) eventos de precipitação, sendo um em agosto de 2009 e outro em setembro de 2010. Em ambos os eventos o volume precipitado foi suficiente para coletar as amostras em todos os pontos especificados na Figura 4.

A Figura 5 apresenta os resultados obtidos para o pH ao longo do percurso da precipitação atmosférica. Tanto para a água coletada da atmosfera como para a que passou pelos telhados, os valores do pH apresentaram pouca variação. No entanto, o pH no interior da cisterna esteve próximo de 8,0, devido a influência da alcalinidade do cimento presente no material de construção da cisterna. Com relação ao parâmetro de potabilidade da portaria 518/04 do MS, o pH, em todos os pontos, atendeu ao limite estabelecido.

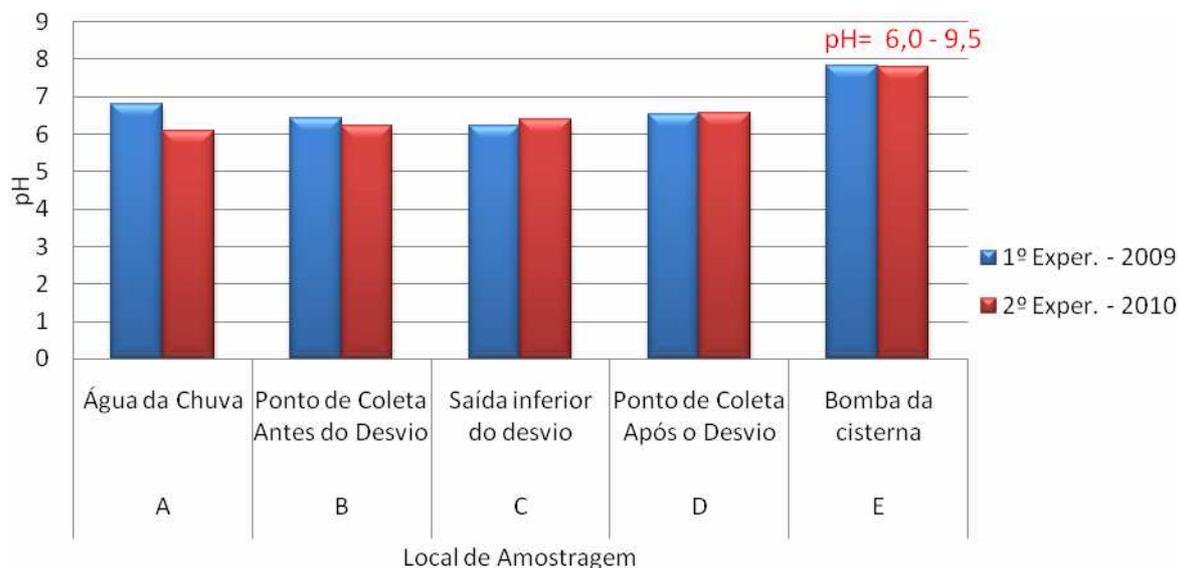


Figura 5. Valores de pH observados ao longo do sistema de coleta de água de chuva.

Comportamento semelhante ao pH foi observado para alcalinidade (Figura 6), que apresentou variação entre 5 e 8 mg CaCO<sub>3</sub>/L nos quatro primeiros pontos, com valor máximo observado no interior da cisterna, igual 29,38 mg CaCO<sub>3</sub>/L no ano de 2009 e de 40,50 mg CaCO<sub>3</sub>/L em 2010. É provável que também esse aumento significativo de alcalinidade seja decorrente da solubilização de compostos usados na confecção das cisternas. Para água da chuva, dados semelhantes foram encontrados por Hagemann (2009), quando encontrou valores médios de alcalinidade entre 3,5 e 8,0 mg CaCO<sub>3</sub>/L, na água coletada diretamente da atmosfera. Neste estudo realizado por Hagemann (2009) a coleta da água da chuva foi realizada no município de Santa Maria / RS próximo a rodovia RST 284 buscando avaliar a qualidade da água da chuva nas proximidades de uma potencial fonte de poluição atmosférica.

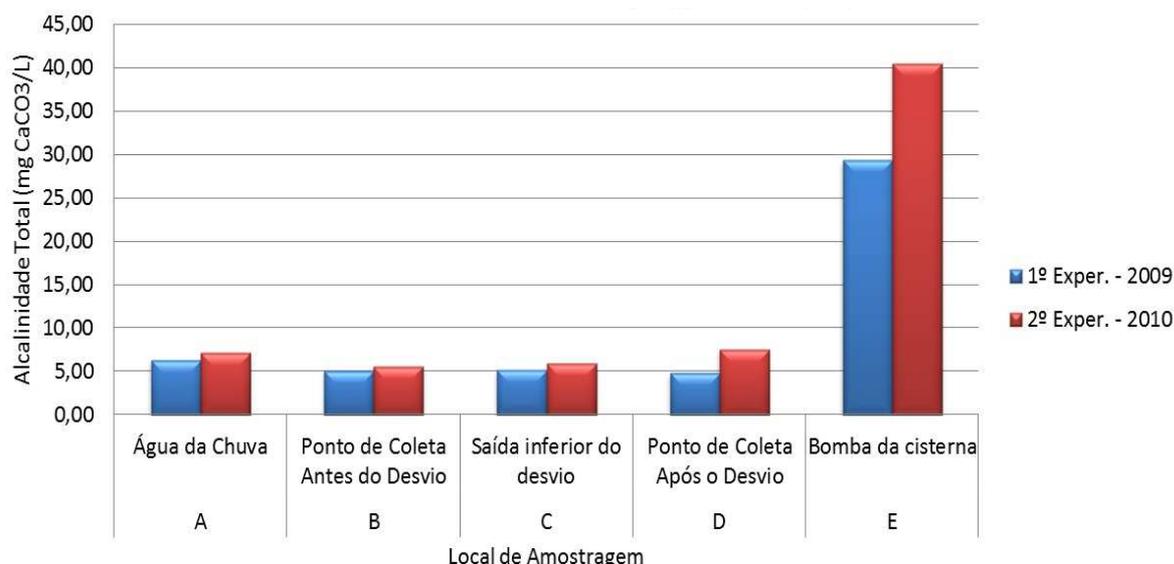


Figura 6. Valores de alcalinidade (mg CaCO<sub>3</sub>/L) observados ao longo do sistema de coleta de água de chuva.

Com relação à condutividade o comportamento em ambos os experimentos também foi semelhante ao observado para pH e condutividade. Observou-se que, em 2010, o valor máximo foi obtido no interior da cisterna (79,90  $\mu$ S/cm). Os valores médios antes de a água entrar em contato com a cisterna não ultrapassaram 10  $\mu$ S/cm, como pode ser visto na Figura 7.

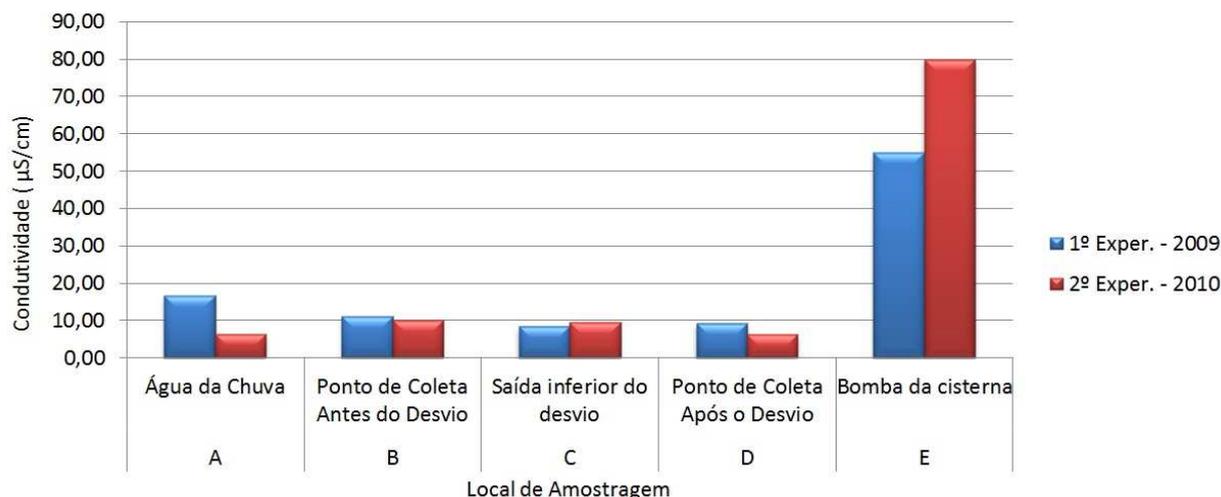


Figura 7: Valores de condutividade ( $\mu$ S/cm) observados ao longo do sistema de coleta de água de chuva

Observa-se, portanto um aumento da alcalinidade e da condutividade da água armazenada no interior da cisterna, construída a 7anos, em relação aos experimentos realizados em 2009 e 2010. O aumento da alcalinidade pode está relacionado a dissolução da superfície de cimento presente nas paredes da cisterna, removendo o carbonato de cálcio presente na composição do cimento. Uma água mais alcalina pode influenciar de maneira negativa a manutenção e vida útil da cisterna. Essa mesma tendência foi também observada com o aumento da condutividade, expressando indiretamente a capacidade de corrosão da água armazenada e, indiretamente, a salinidade e a quantidade de sólidos dissolvidos presentes.

Em relação à turbidez (Figura 8) os valores obtidos após o desvio, ponto D, em ambos os experimentos, comparados com os valores obtidos no interior do desvio, ponto C, indicaram que o dispositivo de descarte foi eficiente em reter as partículas em suspensão e evitar que estas chegassem às cisternas promovendo uma remoção de 62,4% em 2009 e 49,6% em 2010. Observa-se ainda que em ambos os experimentos os valores encontrados nos pontos após o desvio e no interior da cisterna atendem ao padrão de potabilidade estabelecido pela portaria 518/2004 do MS que limita a turbidez em 5 NTU na rede de distribuição.

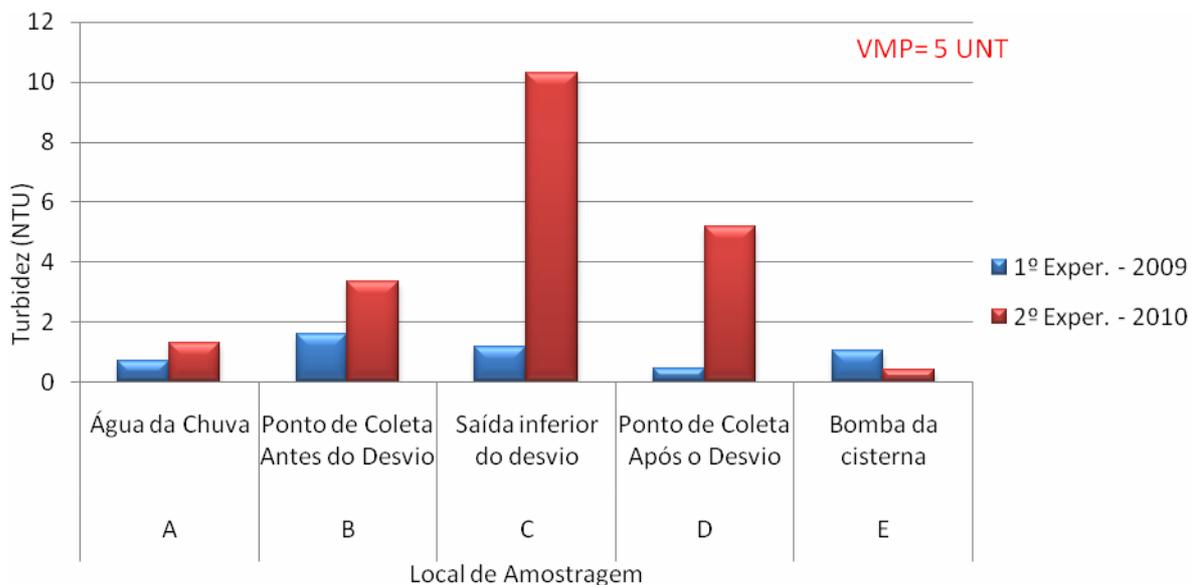


Figura 8: Valores de turbidez (NTU) observados ao longo do sistema de coleta de água de chuva.

Durante os períodos secos, as áreas de captação da água de chuva interceptam e acumulam resíduos como folhas, poeira, pequenos animais mortos, fezes de animais, poluentes do tráfego e indústrias, entre outros. A primeira parte da chuva tende a lavar a atmosfera e a superfície de captação carregando consigo os poluentes presentes nestes dois ambientes. A qualidade da água da primeira chuva vai depender, entre outros fatores, dos tipos de poluentes presentes na área e do período antecedente sem precipitação. A determinação de um parâmetro simples como a turbidez pode ser a princípio um eficiente indicador de contaminação.

O reservatório de descarte é um dispositivo que se destina à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. O seu objetivo é evitar que a primeira parcela da chuva interfira na qualidade da água coletada posteriormente. Os sólidos suspensos são os principais responsáveis pela turbidez causando difusão e absorção da luz. Valores elevados podem reduzir a eficiência da desinfecção da água, pela proteção física dos microorganismos do contato direto com o desinfetante.

Observando o ponto E da figura 8, podemos constatar que após a instalação do desvio no ano de 2009 houve uma redução de 60,9% da turbidez quando comparado a 2010, reduzindo de 1,05 NTU para 0,41 NTU. Sendo assim, fica caracterizada a eficiência do desvio das primeiras águas de chuva na melhoria da qualidade da água armazenada em cisternas.

A Figura 9 apresenta os resultados referentes ao parâmetro cor aparente. Os sólidos dissolvidos são os principais responsáveis por conferir coloração à água. Observa-se que o valor máximo foi obtido no ano de 2009 na água que passou pelo telhado, com valor igual a 6,0 mg Pt-Co/L. Os valores encontrados no interior da cisterna estão semelhantes com os valores encontrados na água da chuva (< 1 mg Pt-Co/L). Isso indica que a lavagem do telhado representa importante fonte de contaminação da água por cor. Apesar disso, destaca-se que o dispositivo de desvio foi eficiente em evitar que essa contaminação chegasse ao interior da cisterna. Essa observação indica que é provável que a cor detectada nas amostras coletadas nos pontos B, C e D seja proveniente de material em suspensão na água, uma vez que foi retida pelo dispositivo de desvio. Em todos os pontos os valores encontrados estão abaixo do valor máximo permitido pela portaria 518/2004 do MS que estabelece limite de 15 UNT para ser considerada como potável.

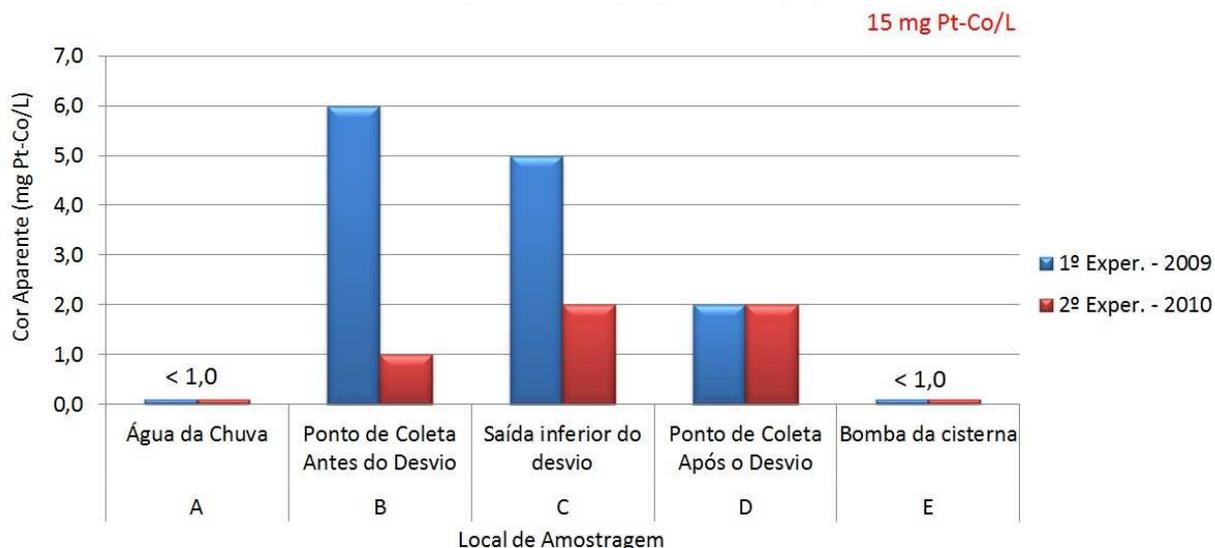


Figura 9: Valores de cor aparente (mg Pt-Co/L) observados ao longo do sistema de coleta de água de chuva

Os valores observados para os indicadores coliformes fecais e bactérias heterotróficas totais, respectivamente, são apresentados nas Figuras 10 e 11. Esses resultados reforçam a importância do desvio das primeiras águas de chuvas como barreira sanitária na melhoria da qualidade da água armazenada em cisternas. Foi observada redução de 94,2% no ano 2009 e 93,8% no ano de 2010 dos coliformes totais, do ponto D ao ponto C, ou seja representado pelo material que ficou retido no desvio. Quando a referência passa a ser bactérias heterotróficas a redução foi de 37,3% no ano de 2009 e 44,8% no ano de 2010, entre os pontos C e D. Mais uma vez, os pontos que apresentaram mais unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas, possuem relação direta com a turbidez. Houve ausência de *Escherichia coli* (*E. coli*) em todas as amostras, em ambos os experimentos.

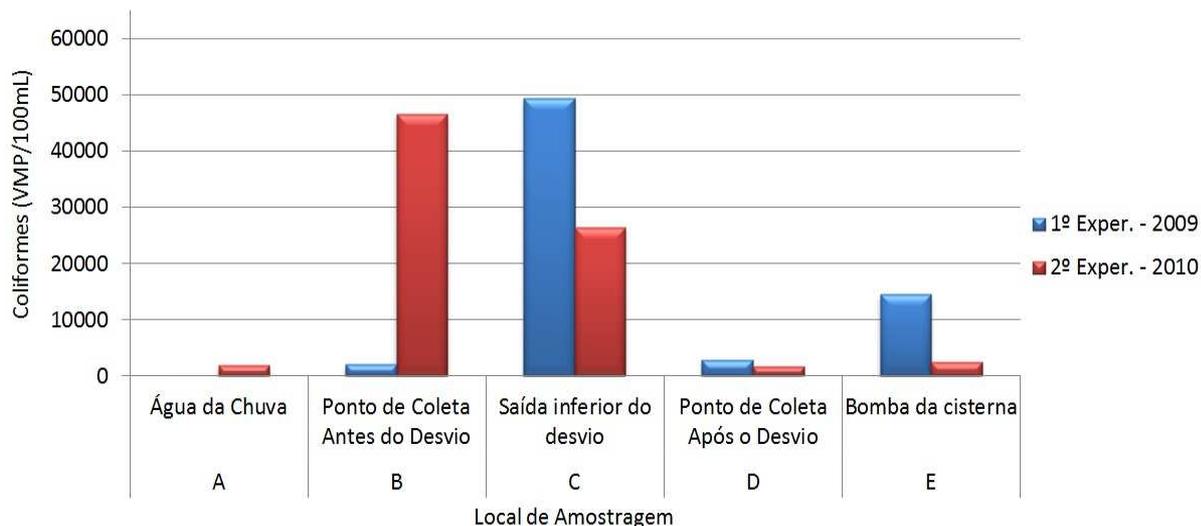


Figura 10: Valores de coliformes totais (VMP/100mL) observados ao longo do sistema de coleta de água de chuva

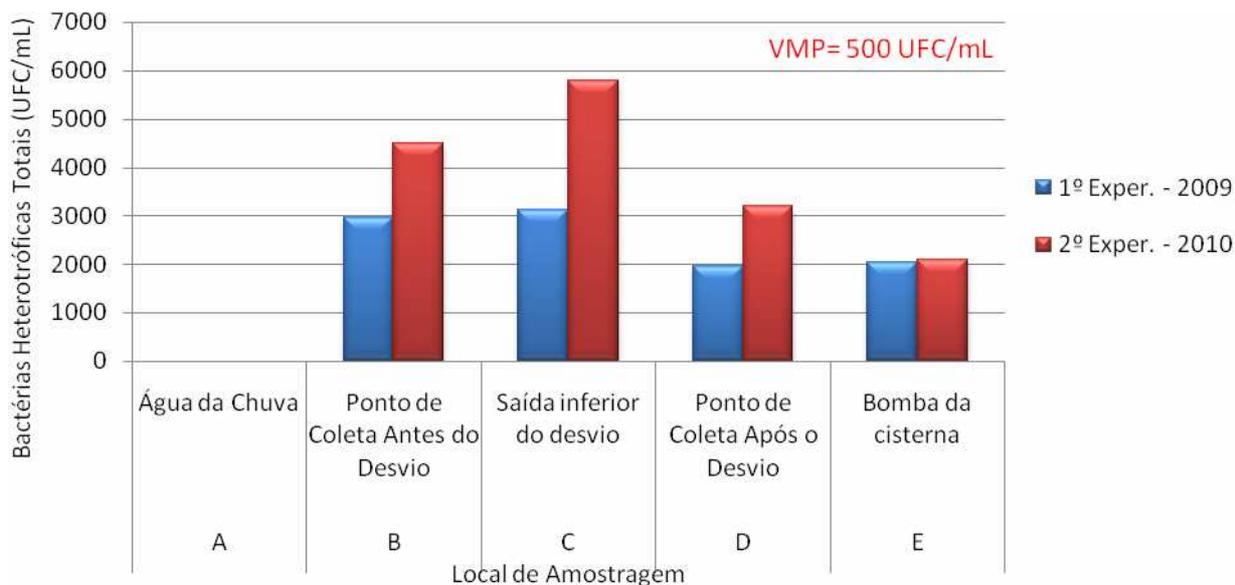


Figura 11: Valores de unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas (UFC/mL) observados ao longo do sistema de coleta de água da chuva

### Conclusão

Os resultados do experimento de captação de água de chuva indicaram que a água da chuva sem contato com o telhado apresenta características de potabilidade (Portaria 518/2004). No entanto, após passar pelo telhado impurezas são adicionadas à água, conferindo aumento nos teores de turbidez, cor, além da contaminação por coliformes totais e bactérias heterotróficas. Ao atingir o dispositivo de desvio automático das primeiras águas de chuva, foi observada redução importante de alguns parâmetros, quando comparados o ponto D em relação ao ponto C, como: turbidez (62,4% em 2009 e 49,6% em 2010), coliformes totais (94,2% em 2009 e 93,8% em 2010) e bactérias heterotróficas (37,3% em 2009 e 44,8% em 2010). Esses resultados indicam que o desvio automático das primeiras águas de chuva exerceu seu papel retendo parte das impurezas decorrente do contato da água da chuva com a superfície de captação ou presentes na atmosfera, interferindo diretamente e melhorando a qualidade da água armazenada na cisterna.

Além da retenção imediata de impurezas, outra conclusão importante foi constatar que em pouco mais de um ano percebe-se a influência da utilização do desvio das primeiras chuvas na qualidade da água armazenada no interior da cisterna, uma vez que houve uma redução de coliformes totais em 82,9% comparando os resultados de 2009 em relação a 2010, além da expressiva redução da turbidez (60,9%) durante o mesmo período.

Nesse caso específico o sistema apresentou capacidade em reduzir de forma significativa os coliformes totais e turbidez, enquadrando nos níveis aceitáveis de potabilidade (portaria 518/2004) todos os parâmetros, exceto o bacteriológico. A redução da turbidez é fundamental para promover uma desinfecção eficaz além da redução do uso de produtos químicos para desinfecção, onde o mais utilizado ainda é o cloro. A desinfecção é um tratamento essencial e prioritário para qualquer água que esteja ou possa vir a estar contaminada por microorganismos patogênicos. Certamente novas investigações devem ser realizadas para os devidos reparos que deverão ser feitos para excelência do modelo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelas bolsas de iniciação tecnológica industrial e pelo apoio financeiro ao projeto “Avaliação de Barreiras Sanitárias para Melhoria da Qualidade da Água Armazenada em Cisternas no Semi-árido Pernambucano”, Processo Nº 577035/2008-8 aprovado no âmbito do Edital MCT/CNPq/CT-Hidro/CT-Saúde nº 45/2008 - Água e Saúde Pública.

## Referências

- ALBUQUERQUE, T.M.A. **Seleção Multicriterial de Alternativas para o Gerenciamento de Demanda de Água na Escala de Bairro**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.
- AL-SALAYMEH, A.; AL-KHATIB, I.A.; ARAFAT, H.A. *Towards Sustainable Water Quality: Management of Rainwater Harvesting Cisterns in Southern Palestine*. In: **Water Resources Management**, 25:1721–1736, 2011.
- AMORIM, M.C.C.; PORTO, E.R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, 2003, Juazeiro. CD Rom.
- ANDRADE NETO, C.O. *Proteção Sanitária das Cisternas Rurais*. In: **XI SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio Grande do Norte, 2004. CD Rom.
- ARTICULAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO (ASA). **Programa de Formação e Mobilização para a convivência com o Semi-Árido Brasileiro: Um Milhão de Cisternas Rurais**. Recife, 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria n° 518*, de 25 mar. 2004; Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, 2004.
- BRITO, L.; PORTO, E.; SILVA, A.; SILVA, M.; HERMES, L.; MARTINS, S. S. *Avaliação das características físico-químicas e bacteriológicas das águas das cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE*. In: **Anais do V Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**. Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, ABCMAC. Teresina, 2005, CD Rom.
- CABRAL, J.J.S.P.; SANTOS, S.M. *Capítulo 3 – Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro*. In: **O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas**. Editora Universitária da UFPE, Recife, p. 65-104, 2007.
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento, cap. 2, p. 59-62. Brasília: **Ministério da Saúde**, 1999. p. 54-57. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/eng/eng\\_saneam.pdf](http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/eng/eng_saneam.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2008. Arquivo em formato pdf.
- GNADLINGER, Johann: Apresentação Técnica de Vários Tipos de Cisternas para Comunidade Rurais no Semi-Árido Brasileiro, **9ª Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva**, Petrolina, PE, 1999.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSON, E. **Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply. Design, Construction and Implementation**, Londres 1999.

GOULD, J.E.; MCPHERSON, H.J. Bacteriological quality of rainwater in roof and ground catchment systems in Botswana. **Water International**. Vol. 12, nº. 3, p. 135-138. Disponível em: <<http://md1.csa.com/partners/viewrecord.php?request=gs&collection=ENV&recid=1738034>>. Acesso em 12 dez. 2010.

HAGEMANN, Sabrina, E. **Avaliação da Qualidade da água da Chuva e da Viabilidade de sua Captação e Uso**. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2009.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** (2009) Em: *Cidades*. <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 fev. 2010.

RODRIGUES, D.F.B.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, T.P.N.; SILVA, A.P.N. *Variação Temporal de Elementos Meteorológicos no Município de Pesqueira-PE*. In: **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia – A Amazônia e o Clima Global**, Belém, 2010. CD Rom.

KATO, Mario T. Qualidade da água de cisterna utilizada para fins de consumo humano no município do Poço Redondo-SE. In: **III SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA**. 2006, Fortaleza. Anais. Fortaleza: FUNASA, 2006. p.151-159.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SCHISTEK, Harald: Uma nova tecnologia de construção de cisternas usando como estrutura básica tela galvanizada de alambrado, **5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Teresina, PI, 2005.

SPINKS, A. T.; DUNSTAN, R.H.; COOMBES, P.B.; KUCZERA, G., Water Quality Treatment Processes in Domestic Rainwater Harvesting Systems, **28th International Hydrology and Water Resources Symposium 10** -14 November 2003, Wollongong, Australia.

XAVIER R. P. **Ocorrência de contaminação por bactérias e por protozoários patogênicos intestinais em águas de consumo nas comunidades rurais do município de Tuparetama-PE**. Monografia apresentada ao curso de Biomedicina. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.