

IX-034 - INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA NO DESEMPENHO DO DISPOSITIVO DE DESVIO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA APLICADO ÀS CISTERNAS DO SEMIÁRIDO.

Júlio Cesar Azevedo Luz de Lima⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola Politécnica de Pernambuco. Mestrado em Engenharia Civil (área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

José Roberto Santo de Carvalho⁽²⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco

Manuella Lopes Figueiras⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco

Sylvana Melo dos Santos⁽⁴⁾

Graduada em Engenharia Civil Universidade Federal de Pernambuco. Mestrado em Engenharia Civil (área de Geotecnia) pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Professor adjunto da Universidade Federal de Pernambuco.

Sávia Gavazza⁽⁵⁾

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas. Doutora em Engenharia Civil Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP. Professor adjunto da Universidade Federal de Pernambuco. Atualmente desenvolve estudos de pós doutorado na Universidade de Cornell (EUA).

Endereço⁽¹⁾: Rua Maria Gomes da Silva, 199 – Ouro Preto - Olinda- PE - CEP: 53370-680 - Brasil - Tel: (81) 9488 – 5269 e-mail: juliocesar@compesa.com.br

RESUMO

Devido às condições geográficas e climáticas o semiárido brasileiro enfrenta grandes problemas de escassez de água. As tecnologias para a captação da água de chuva e o uso de cisternas para armazenamento podem minimizar o problema da falta de água para os moradores desta região. Apesar de representar uma solução interessante e eficiente no enfrentamento da escassez hídrica, se faz necessário a implantação e avaliação de dispositivos que permitam também a garantia do armazenamento de água com qualidade compatível com a finalidade de consumo humano. Dispositivos de desvio constituem parte integrante do sistema teto-ductos-cisterna e baseiam-se em conceitos hidráulicos como os princípios dos vasos comunicantes e do fecho hídrico. O presente trabalho concentra-se em estudar a influência da intensidade pluviométrica no desempenho do dispositivo automático de desvio das primeiras águas de chuva, como barreira sanitária para evitar a contaminação da água armazenada em cisternas do semiárido, bem como a determinação do volume de água a ser descartado. Para avaliação da influência da intensidade da precipitação (23 mm/h e 46 mm/h) e de cada um dos quatro primeiros milímetros de chuva conduzidos para o interior da cisterna sobre a qualidade da água armazenada, foram realizados cinco experimentos. A primeira intensidade de precipitação simulada foi de 23 mm/h (típica no semiárido pernambucano) e a segunda de 46 mm/h (representativa de evento extremo). Os experimentos, realizados em instalação experimental do campus de Caruaru da UFPE, indicaram que o desvio do primeiro milímetro de chuva é extremamente importante para garantir o encaminhamento de água de boa qualidade às cisternas e promoveu a remoção de 93,2; 93,7; 98 e 100%, respectivamente de cor, turbidez, coliformes totais e *E.coli*, quando se utilizou precipitação simulada.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido, cisternas, dispositivo de desvio, barreiras sanitárias, qualidade da água, intensidade pluviométrica.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano, as atividades humanas e a industrialização têm provocado a deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, tornando inviável, em alguns casos, o tratamento para consumo humano. Por outro lado, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2008) afirma que em 2025 cerca de 1,8 bilhões de pessoas viverão em países ou regiões com absoluta escassez de água e dois terços da população mundial enfrentará dificuldades relacionadas à disponibilidade desse recurso.

No nordeste brasileiro a disponibilidade hídrica é um grave problema devido à irregularidade temporal e espacial das precipitações. Ao longo do ano, apenas em um período curto de 3 a 4 meses, ocorrem precipitações, acompanhadas por longos períodos, de 8 a 9 meses, sem precipitação. A gravidade deste cenário se acentua ao considerar a alta taxa de evapotranspiração que caracteriza o semiárido. Apesar disso, 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, como por exemplo, as precipitações no semiárido chinês, que estão entre 300 e 450 mm por ano (CABRAL e SANTOS, 2007).

Além do *déficit* hídrico, quando disponível, no que se refere à qualidade, a água é capaz de produzir impactos positivos e negativos na vida das pessoas. A água contaminada continua a ser uma das maiores ameaças à saúde humana, pois é veículo condutor de diversas doenças. Em 2008, quase 900 milhões de pessoas não tinham acesso à água potável e só 57% da população mundial recebia água encanada. Ainda existem 2,6 bilhões de pessoas que sofrem com falta de água porque não possuem sistema de esgotamento sanitário. Nas áreas rurais, sete em cada dez pessoas não têm acesso à água encanada (SUSTAINLABOUR, 2012). É neste âmbito que o aproveitamento de água pluvial pode ser encarado como uma solução que contribui para a minimização destes problemas. Diante desse cenário, faz-se necessário buscar alternativas para que a população das áreas com baixa disponibilidade hídrica possa ter água de qualidade e em quantidade suficiente para desempenhar suas funções diárias.

A captação de água de chuva pode ser bastante vantajosa, pois fornece água no ponto de consumo, e os membros da família têm controle total dos seus próprios sistemas, pois são eles que manuseiam o sistema, o que reduz problemas de operação e manutenção dando mais autonomia aos mesmos quando comparamos aos sistemas convencionais de abastecimento de água. Por outro lado, esta tecnologia corresponde à oferta limitada do recurso que está condicionada à incerteza das chuvas. Para que a água da chuva coletada e armazenada seja de boa qualidade para consumo humano, as pessoas devem ser incentivadas a usar uma das várias alternativas para a lavagem do telhado, como a coleta ou eliminação do primeiro fluxo de água que passa através dos telhados. O primeiro fluxo contém a maior parte das impurezas, provenientes de entulho, excrementos de pássaros e de outros contaminantes presentes nas superfícies de captação e calhas, acumuladas ao longo do tempo, principalmente durante os períodos de seca.

Assim, este trabalho justifica-se pela iniciativa de se desenvolver e avaliar a eficiência de um dispositivo automático de desvio das primeiras águas de chuva e como este interfere na redução dos contaminantes encaminhados às cisternas. Os resultados e argumentos produzidos podem auxiliar na implementação de outras atividades com objetivos similares. Dada a carência de informações referentes a este tema no que se refere ao monitoramento e controle da qualidade da água das cisternas é que surge a necessidade da produção do conhecimento desta natureza, onde os resultados e argumentos produzidos podem auxiliar na melhoria da qualidade desta água e na execução de outras atividades com temas afins. Assim, a qualidade, a captação, o transporte, o manuseio, o uso, o armazenamento e o tratamento realizado pelas famílias, podem ter um impacto positivo na saúde.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do presente trabalho foi construído no Campus de Caruaru da UFPE uma instalação experimental para simulação de chuva composta pelas seguintes unidades:

1) Área de captação: composto por dois telhados independentes, item 2 da Figura 1, construídos em telhas de cerâmica, modulado em áreas de 50 m² (telhado “a”) e 59 m² (telhado “b”), totalizando 109 m², com inclinação de 14,8% em relação à horizontal. A água coletada em cada telhado não se mistura e é direcionada para cisternas independentes (Figura 1).

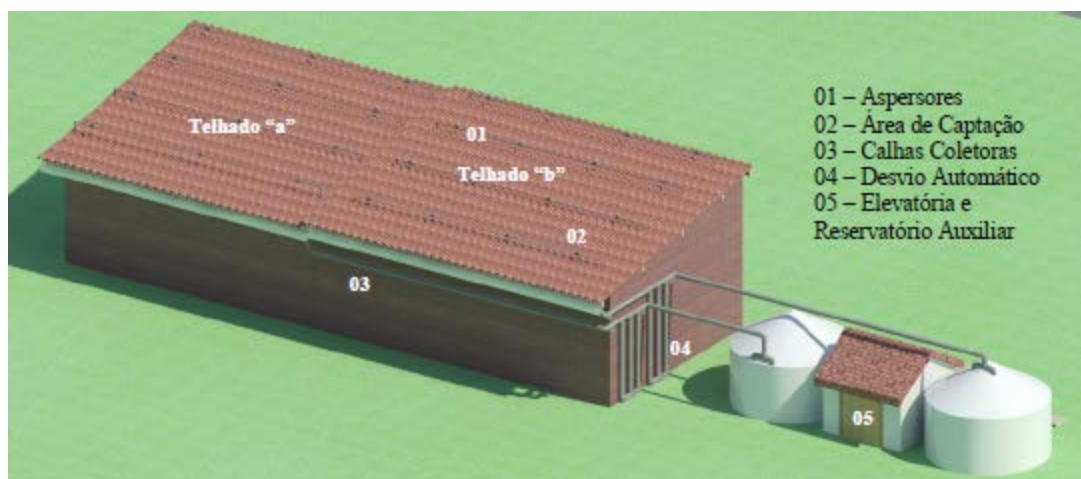


Figura 1: Esquema da instalação experimental do Campus do Agreste da UFPE

2) Aspersores: foram utilizados 28 fixos, tipo sempre verde, (item 1 da Figura 1), distribuídos uniformemente em toda a área de captação para simulação de chuva, instalados 40 cm acima da área de captação (telhado), onde se utilizou de esticadores e cabos de aço para fixação. Objetivando diminuir as perdas de água utilizou-se aspersores de 360° na parte central, 180° nas bordas do telhado e 90° nas quinas (Figura 1).

3) Calhas coletoras: utilizadas para coleta da água de cada telhado e condução da mesma para o desvio automático. Foram confeccionadas em PVC com DN – 100 mm, sendo que foram instaladas com a inclinação de 0,5% (item 3 da Figura 1).

4) Desvio automático: na saída da calha da área de influência de cada telhado foi instalado dispositivo automático em tubos de PVC para descarte das primeiras águas de chuva (item 4 da Figura 1). O dispositivo, dimensionado para descarte do primeiro milímetro de cada evento chuvoso, que foi instalado no telhado com área de 50 m², possui 6,65 m de tubos, enquanto o do telhado com 59 m² possui 7,85 m de tubos, sendo que cada metro de tubo armazena 7,54 litros de água.

5) Reservatório auxiliar: para controle da qualidade da água utilizada na simulação pluviométrica foi instalado reservatório em polipropileno com capacidade de 1000 L. Este reservatório também serve de poço de sucção para a elevatória e possui autonomia para simular até 9 mm de chuva, considerando área de captação de 109 m², desconsiderando as perdas provocadas pelo vento. Para evitar a entrada de pequenos animais e consequente contaminação da água armazenada, foi feita vedação do reservatório com uma lona plástica.

6) Cisternas: foram construídas duas cisternas em placas, com capacidade individual de 16000 L. As cisternas possuem as mesmas características das utilizadas no P1MC e, para dar maior versatilidade ao sistema, as mesmas foram divididas para formar quatro reservatórios com capacidade de 8000 L.

7) Sistema de esgoto: a saída de cada um dos quatro compartimentos das cisternas converge para uma única caixa de reunião com capacidade de 750 L. Esta caixa exerce duas funções: caixa de passagem no momento de limpeza e lavagem das cisternas ou poço de sucção, para abastecer o reservatório auxiliar com a água armazenada na cisterna de placas.

8) Medidores de vazão: para aferição do volume de água utilizado na simulação pluviométrica foi instalado, na tubulação de recalque para cada telhado, um hidrômetro volumétrico para vazão mínima de 0,015 m³/h.

9) Elevatória: o sistema de bombeamento para aduzir água, da própria cisterna ou do sistema público, até os aspersores se dá por meio de bomba centrífuga, com potência de 1 CV e bitola de 1". O sistema elevatório possuem duas opções de sucção, sendo uma do reservatório auxiliar e outra do poço de sucção ou sistema de esgoto e quatro opções de recalque, sendo uma para cada reservatório, inferior e auxiliar, e uma para cada superfície de captação.

10) Medidores de pressão: foi instalado a montante de cada medidor de vazão um manômetro analógico, objetivando, a partir da variação da pressão, controlar a intensidade da água precipitada sobre o telhado no momento da realização do experimento.

11) Painel de controle: para facilitar a operação de todo o sistema, as válvulas, registros, hidrômetros, manômetros e botoeira de liga/desliga foram instalados em um único painel conforme.

Como a região é pouco arborizada e existem poucos animais nas proximidades, principalmente pássaros, não foi detectado, nos primeiros testes do sistema, contaminação por coliformes após contato da água com a superfície de captação. A maior parcela de contaminação observada é por material argilo arenoso, uma vez que o sistema está localizado ao lado do estacionamento do campus da UFPE em Caruaru e este não é pavimentado (Figura 2). Neste caso, para avaliar a influência da intensidade precipitada e volume de água descartado sobre aos parâmetros microbiológicos, a contaminação da área de captação foi realizada artificialmente.



Figura 2: Fotografia da instalação experimental de cisternas ao lado do estacionamento da UFPE em Caruaru.

Para a contaminação, por coliformes, da área de captação, foi utilizado lodo anaeróbio coletado em uma estação de tratamento de esgoto operada pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. A estação escolhida foi a ETE Mangueira, composta por um reator UASB seguido de uma lagoa de polimento, localizada no município do Recife, distante 130 km do município de Caruaru.

Em cada simulação foram utilizados 400 mL de lodo (40,2 g SSV/L), que apresenta boa diversidade microbiana (LUCENA *et al.*, 2011), sem diluição, divididos em quatro partes iguais de 100 mL. Esse lodo foi uniformemente aspergido sobre o telhado.

No estudo para verificação da influência da intensidade pluviométrica na determinação do volume a ser descartado, objetivando verificar a melhoria da qualidade da água, foi utilizado apenas uma das áreas de captação da instalação experimental. O telhado utilizado foi o de 59 m² de área, por ser o maior e estar mais próximo de todo o sistema, ficando o sistema do outro telhado devidamente fechado.

Foram realizados cinco experimentos e simuladas duas intensidades diferentes e, para cada intensidade, foram desviados até 4 milímetros. Nos três primeiros experimentos (1, 2 e 3) foram avaliados apenas parâmetros físico-químicos; nos demais experimentos (4, 5) foram incluídos os parâmetros bacteriológicos (Tabela 1). Os experimentos 1 e 2 foram realizados após 7 dias sem chuva e o experimento 3 após 24 horas sem chuva. Nos demais experimentos, face à necessidade da contaminação artificial do telhado, não foi considerado o período de chuva antecedente.

Tabela 1: Planejamento das atividades de simulação pluviométrica

Experimentos	Intensidade (mm/h)	Bacteriologia	Sem desvio	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
1	A	não	T0	T1	T2	T3	T4
2	B	não	T0	T1	T2	T3	T4
3	B	não	T0	T1	T2	T3	T4
4	A	sim	T0	T1	T2	T3	T4
5	B	sim	T0	T1	T2	T3	T4

Para separação de cada milímetro que passou pelo telhado foram utilizados quatro baldes plásticos (A, B, C e D), graduados para acumular 59 L em cada balde. Desta forma, cada balde armazenava 1 mm. Visando a não ocorrência de perdas no processo de desvio das primeiras águas também foi adaptada uma mangueira flexível para facilitar o direcionamento da água aos baldes.

Antes do início de cada simulação, foi realizado o enchimento do reservatório auxiliar em polipropileno com capacidade de 1000 L e retirada a amostra da água utilizada na precipitação. A água utilizada em todas as simulações foi oriunda do sistema público de abastecimento de água.

Ao iniciar cada simulação, tempo inicial (T0), foi realizada anotação da leitura do medidor de vazão, sendo o tempo e a leitura do medidor de vazão aferidos a cada milímetro desviado. Em cada simulação foram retiradas para análises dez amostras conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Pontos de coleta das amostras retiradas em cada simulação

Amostras	Pontos de Coleta
1	Interior do reservatório auxiliar - água utilizada para simulação de precipitação
2	Antes do desvio - primeira água ao chegar no balde "A"
3	Após desviar o primeiro milímetro - primeira água ao chegar no balde "B"
4	Após desviar o segundo milímetro - primeira água ao chegar no balde "C"
5	Após desviar o terceiro milímetro - primeira água ao chegar no balde "D"
6	Após desviar o quarto milímetro - primeira água após encher o balde "D"
7	Interior do balde "A"
8	Interior do balde "B"
9	Interior do balde "C"
10	Interior do balde "D"

A retirada da amostra no interior de cada balde foi realizada imediatamente após o seu enchimento, seguido de agitação, evitando descaracterizar a amostra em função de uma possível decantação dos materiais mais grosseiros no interior do balde. Em laboratório as amostras de 07 a 10 foram misturadas em proporção 1:1 para simular a água desviada da cisterna e armazenada no interior do desvio das primeiras águas de chuva, conforme apresentado na Tabela 3. Apenas as amostras de 01 a 06 foram analisadas da forma em que foram coletadas em campo.

Tabela 3: Amostras para simular água armazenada no interior do desvio

Interior do Desvio	Amostras
1º milímetro	07
2º milímetro	07 + 08
3º milímetro	07 + 08 + 09
4º milímetro	07 + 08 + 09 + 10

Os seguintes parâmetros foram analisados, de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005), em todas as amostras: cor real e aparente (2120C); turbidez (2130B); pH e alcalinidade (2320B); sólidos suspensos totais – SST (2540D); coliformes totais e *E.Coli* (9223B); e bactérias heterotróficas (9215 B).

RESULTADOS

Uma vez que a precipitação é simulada, não se observa nos resultados obtidos modificações na qualidade da água em virtude da influência da atmosfera. As modificações de qualidade observadas são decorrentes do contato da água com o telhado e calhas (sistema de captação) e suas impurezas.

As eficiências de redução de turbidez durante o descarte dos primeiros milímetros dos experimentos realizados foram em média superiores a 90%, tendo os experimentos 01, 03 e 05 resultados inferiores à média, porém com eficiências acima de 80% (Figura 3). Ressalta-se que não houve influência da intensidade pluviométrica na remoção da turbidez, visto que os experimentos 03 e 05 foram realizados adotando intensidades extremas. As

maiores eficiências foram observadas nos experimentos onde a turbidez antes do desvio do primeiro milímetro foram superiores (experimentos 02 e 04).

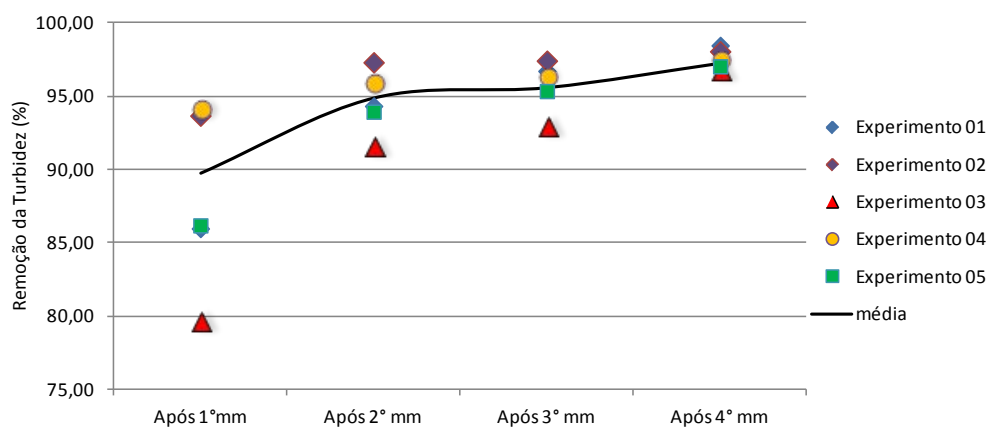


Figura 3: Eficiência na remoção da turbidez em cada experimento.

O mesmo fenômeno observado na remoção da turbidez ocorreu com a remoção da cor. As eficiências de remoção foram em média superiores a 90%, tendo os experimentos 01, 03 resultados inferiores à média, porém com eficiências acima de 75% (Figura 4). Não se detectou influência da intensidade pluviométrica na remoção da cor e as maiores eficiências foram observadas nos experimentos em que a cor antes do desvio do primeiro milímetro também foi superior (experimentos 02, 04 e 05).

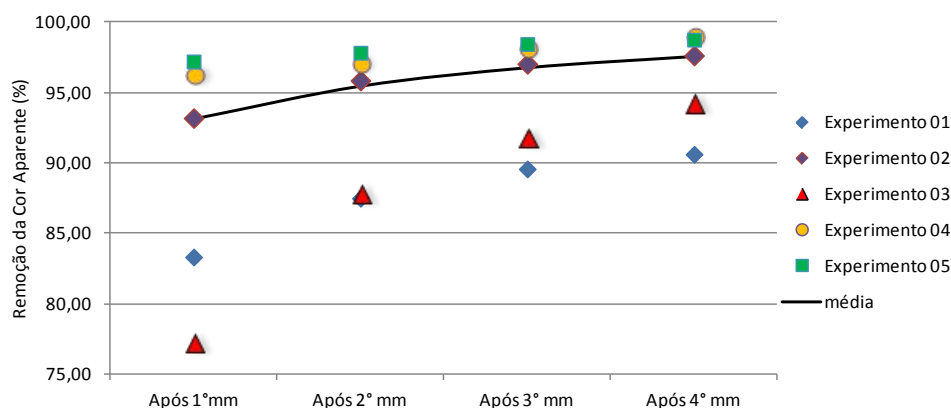


Figura 4: Eficiência na remoção da cor em cada experimento.

Analisando a média dos parâmetros cor e turbidez relativo aos cinco experimentos realizados, constatou-se que o primeiro milímetro foi responsável pela maior parcela de contribuição na melhoria da qualidade da água, onde as impurezas foram direcionadas para o interior do desvio impedindo que chegassem à cisterna (Figura 5). O incremento proveniente do descarte dos demais milímetros (2º, 3º e 4º mm) teve pouca alteração em relação ao primeiro, confirmando a importância do descarte do primeiro milímetro em cada evento chuvoso.

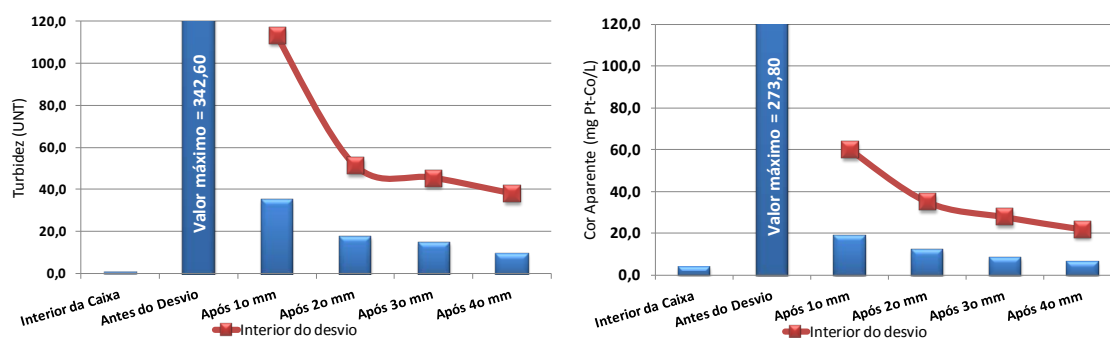


Figura 5: Média dos parâmetros cor e turbidez durante os experimentos com precipitação simulada.

A eficiência de remoção dos parâmetros microbiológicos observado nos experimentos 04 e 05 são apresentadas na Figura 6. A remoção de coliformes totais após desvio do primeiro milímetro foi da ordem de 98%, com a menor intensidade, e chegando a 99% quando simulada a maior intensidade de precipitação. No entanto, para bactérias heterotróficas, observamos uma remoção de 95% no experimento 04 (menor intensidade), sendo este valor atingido pelo experimento 05 (maior intensidade) apenas após o desvio do quarto milímetro. Mais uma vez constatamos que a maior eficiência apresenta-se no experimento com maior valor do parâmetro obtido no ponto antes do desvio, visto que o valor máximo das bactérias heterotróficas obtido no experimento 05 é cinco vezes menor que o obtido no experimento 04.

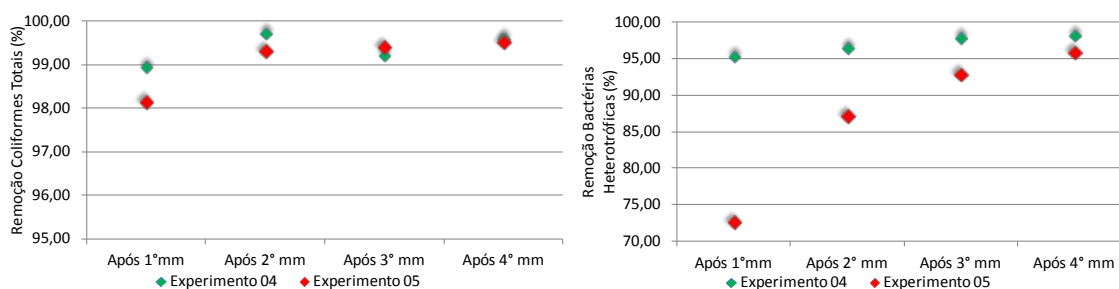


Figura 6: Eficiência de remoção bacteriológica durante os experimentos com precipitação simulada.

Para *E.coli* o desempenho foi ainda melhor, redução de 99% no experimento 04 e 100% no experimento 05 após o desvio do 1º milímetro da precipitação simulada. Neste caso fica mais evidente a importância de se desviar o primeiro milímetro de precipitação.

Em monitoramento realizado durante 3 anos em 23 cisternas localizadas na ilha de Kefalonia – Grécia, foi constatado que 40,9% das 300 amostras apresentavam *E.coli*, mesmo que em pequena concentração. A pesquisa ainda revelou que os parâmetros microbiológicos foram afetados principalmente pelo nível de limpeza das áreas de captação (SAZAKLI, ALEXOPOULOS e LEOTSINIDIS, 2007).

CONCLUSÕES

A realização dos experimentos demonstrou que a degradação da qualidade da água observada durante a simulação pluviométrica foi decorrente exclusivamente do contato da água com o telhado e calhas (sistema de captação). Não se detectou influência significativa dos valores de intensidade de precipitação avaliados (23 mm/h e 46 mm/h) sobre a introdução de poluentes na água, bem como sobre a remoção destes para os quatro primeiros milímetros avaliados, para cor e turbidez e parâmetros bacteriológicos analisados. Isso decorre do fato de o material existente na superfície de captação da instalação experimental ser predominantemente fino (argilo-arenoso), podendo ser facilmente carregado, mesmo com chuvas de menor intensidade. Durante a simulação pluviométrica foram identificados valores médios para cor aparente e turbidez, após contato da água com a superfície de captação, na ordem de 274 mg Pt-Co/L e 342 NTU, respectivamente, ocorrendo remoção média de 93,2% para cor aparente e 98% para a turbidez após o desvio do primeiro milímetro. Em relação aos parâmetros bacteriológicos também se observou excelente eficiência, após descarte do primeiro milímetro, na

remoção de coliformes totais e *E.coli*, atingindo índices de 98 e 100%, respectivamente. Portanto, os estudos realizados confirmam a viabilidade da técnica de captação e armazenamento da água de chuva, podendo caracterizar-se como uma solução para abastecimento de água de qualidade para consumo humano e indicam que o desvio do primeiro milímetro de chuva é extremamente importante para garantir o encaminhamento de água de boa qualidade às cisternas, sendo configurado como barreira sanitária à contaminação da água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro ao projeto “Conservação e Uso Sustentável da Água e Educação Ambiental em Comunidades do Semiárido Pernambucano”, Processo Nº 562731/2010-5 aprovado no âmbito do Edital 35/2010 - Linha Temática 1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed. Washington DC, 2005.
2. CABRAL, J.J.S.P. ,SANTOS, S.M. Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro. In: O USO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS, 65-104. Recife: Editora Universitária, 2007.
3. FAO - Food and Agriculture Organization. Water scarcity, 2008. <<http://www.fao.org/water/issues/scarcity.html>>. Acesso em: 24 de dezembro de 2010.
4. LUCENA, R. M.; M.; MORAIS, M. A. J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; KATO, M. T. . Study of the microbial diversity in a full-scale UASB reactor treating domestic wastewater. World J Microbiol Biotechnol, 27 (12), 2893-2902, 2011.
5. SAZAKLI, E., ALEXOPOULOS, A., LEOTSINIDIS, M. Rainwater harvesting quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. Water Research. v.41, n. 9, p. 2039-2047, 2007.
6. SUSTAINLABOUR – International Labour Foundation for Sustainable Development. Acesso Sustentável aos alimentos, à energia e à água. In: RIO +20. 2012, Rio de Janeiro-RJ. Anais.. Rio de Janeiro-RJ, 2012.