

## QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA EM JOÃO PESSOA: ESTUDO COMPARATIVO COM DIVERSOS PADRÕES DE QUALIDADE CONFORME OS USOS PRETENDIDOS PARA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

**Ysa Helena Diniz Morais de Luna**

Graduanda em engenharia Ambiental na Universidade Federal da Paraíba. ([ysa\\_luna@hotmail.com](mailto:ysa_luna@hotmail.com))

**Natália Cibely Bezerra Santana**

Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental na Universidade Federal da Paraíba. ([natalianet@msn.com](mailto:natalianet@msn.com))

**Romildo Henriques dos Anjos Júnior**

Graduando em Química na Universidade Federal da Paraíba. ([anhosjr@yahoo.com.br](mailto:anhosjr@yahoo.com.br))

**Gilson Barbosa Athayde Júnior**

Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. ([gilson@ct.ufpb.br](mailto:gilson@ct.ufpb.br))

### Resumo

Com este artigo, estudou-se a qualidade da água de chuva em um sistema instalado na cidade de João Pessoa-PB, tendo como objetivo verificar sua adequabilidade para usos residenciais. Utilizou-se como padrões comparativos de qualidade os descritos em NBR 15527/2007 (ABNT, 2007), NBR 13969/1997 (ABNT, 1997), Sautchunk *et al.* (2005), Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) e Portaria MS 2914/2011 (BRASIL, 2011). Foram testados dois mecanismos de melhoria da qualidade da água, a saber: dispositivos de descarte dos primeiros milímetros de chuva e filtro de areia. Os resultados mostraram que a qualidade da água, seja a bruta, antes de contato com a superfície de captação, seja a armazenada no reservatório, apresenta boa qualidade, compatível com diversos usos previstos em uma residência, tais como: descargas de bacias sanitárias, irrigação de gramado e de plantas ornamentais, lavagem de veículos e limpeza de calçadas e ruas. Verificou-se, também, o atendimento aos padrões da Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) classe 1 que se destina, dentre outros usos, ao abastecimento humano após tratamento simplificado. Com relação aos padrões de potabilidade, preconizados pela Portaria MS 2914/2011 (BRASIL, 2011), ocorreram apenas quatro casos de não atendimento para a turbidez e o não-atendimento para todos os casos referentes a coliformes totais e termotolerantes.

**Palavras-chave:** água de chuva, dispositivo de descarte, usos da água.

### Abstract

The rainwater quality from a system installed in the city of João Pessoa-PB was studied in order to check its suitability for residential uses. Some quality standards in use in Brazil were considered as comparison base: NBR 15527/2007 (ABNT, 2007), NBR 13969/1997 (ABNT, 1997), Sautchunk (2005), CONAMA resolution 357/2005 (BRASIL, 2005) and Portaria MS 2914/2011 (BRASIL, 2011). Two mechanisms for improving water quality, namely purge devices of the first millimetres of rainwater and sand filters, were tested. The results showed that, in general, the water quality either before contact with the roof, or that is stored in the reservoir, presents a good quality, compatible with several uses common in a residence, such as: toilet flush, irrigation of lawn and ornamental plants, vehicle washing and cleaning of sidewalks and streets. The quality standards for class 1 CONAMA resolution 357 (BRASIL, 2005), which aims, among other uses, the human supply after simplified treatment, were also complied. With respect to drinking standards, recommended by Portaria MS 2914/2011 (BRASIL, 2011), only four cases of non-attendance was observed for the turbidity and in the case of total and thermotolerant coliform bacteria, the non-attendance occurred in all the cases.

**Keywords:** rainwater, purge device, water uses.

## INTRODUÇÃO

O aproveitamento da água de chuva captada em telhados para usos menos restritivos surge como uma solução alternativa sustentável que contribui para o uso racional da água potável. Conforme comentado por Athayde Júnior *et al.* (2008), em caso de locais desprovidos de abastecimento público de água, tal alternativa se justifica por si só, devido aos diversos benefícios advindos da oferta de água. Em locais que dispõem de serviços de abastecimento de água, mas que passam por crises de desabastecimento, o aproveitamento de água de chuva desempenharia importante papel na complementação da oferta desse bem natural. E no caso de locais com serviços de abastecimento de água, os quais atendem plenamente à demanda, tal alternativa, ainda, poderia ser considerada sob o ponto de vista econômico, em proveito do usuário, em comparação com a água fornecida pela concessionária local.

Quando do uso de água de chuva em residências, relatos apontam que a economia de água de abastecimento pode variar de 30 a 89% (TOMAZ, 2003; GHISI *et al.*, 2006; ATHAYDE JÚNIOR *et al.*, 2008; ABDULLA; AL-SHAREEF, 2009) dependendo da qualidade, do tratamento conferido e dos usos que serão feitos da mesma.

No quesito da economia, Athayde Júnior *et al.* (2008) demonstraram a viabilidade de tal alternativa aplicada a residências na cidade de João Pessoa. No quesito de qualidade, Pimentel *et al.* (2008) efetuaram uma revisão de literatura no âmbito nacional e concluíram que a água de chuva coletada diretamente da atmosfera é, em geral, de boa qualidade, mas que ao escoar pela superfície de captação adquire poluentes.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a qualidade da água da chuva que escoar em superfícies para ser captada, na cidade de João Pessoa-PB, no sentido de avaliar a viabilidade de sua utilização para fins não potáveis em edificações residenciais.

### 1.1. Qualidade da água de chuva coletada diretamente da atmosfera

Devido ao processo de destilação natural pelo qual passa a água pluvial no ciclo hidrológico, ao condensar-se, esta se apresenta bastante pura. No entanto, a composição dessa água pode ser

alterada pelos componentes da atmosfera e presença de carga poluidora originada nos centros urbanos e pólos industriais.

Sobre a qualidade de água de chuva coletada diretamente da atmosfera, antes do contato com a superfície de captação, Jaques *et al.* (2006) reportam valores de pH que variaram entre 4,92 e 5,80, levemente ácidos, porém, dentro dos padrões de potabilidade. Os autores comentam que o fato do pH da água da chuva ser levemente ácido, este é considerado normal, devido à presença de gases, como CO<sub>2</sub> e SO<sub>4</sub>, que reagem com a água da chuva formando ácidos e diminuindo o pH. Jaques *et al.* (2006) reportaram valores de DBO<sub>5</sub> em água de chuva coletada diretamente da atmosfera, na cidade de Florianópolis-SC, que variaram de 0,8 a 6,4 mg/L.

Vaccari *et al.* (2005) relatam estudo sobre a qualidade da água de chuva de Vitória-ES, na qual os valores de dureza se apresentaram relativamente baixos, sendo esta uma importante característica da chuva, pois viabiliza sua utilização inclusive em indústrias que, muitas vezes, precisam que esse parâmetro seja próximo de zero. Outros resultados desse estudo se referem aos baixos valores de DBO e à ausência de coliformes termotolerantes.

### 1.2. Qualidade da água de chuva após escoamento sobre o telhado

A qualidade físico-química e microbiológica da água de chuva pode ser alterada após seu escoamento sobre o telhado, uma vez que pode incorporar partículas depositadas sobre essa superfície, tais como: as fezes de aves e roedores, fuligem, poeira, folhas e, eventualmente, animais mortos em decomposição, que podem conter agentes microbiológicos.

Jaques *et al.* (2006) analisaram a qualidade da água da chuva após a passagem por dois tipos de telhados: os de telhas cerâmicas e os de fibrocimento. Para o telhado cerâmico, os valores de pH variaram entre 5,64 e 7,30, enquanto para o de fibrocimento, o pH variou entre 6,32 e 8,0. Esses valores são superiores aos correspondentes coletados antes do contato com o telhado (4,92 a 5,80), sugerindo que a incorporação à água de partículas acumuladas nos mesmos, tais como fuligem, poeira, folhas e fezes de animais, dentre outras, elevam seu pH.

Jaques *et al.* (2006), reportam, também, valores de dureza mais elevados em relação àqueles encontrados na água de chuva antes do contato com o telhado (o valor de cor mais elevado foi de 180 uH). Em relação aos parâmetros microbiológicos, Jaques *et al.* (2006) relatam que foi detectada a presença de coliformes termotolerantes nas amostras de água e chuva que escoaram sobre os dois tipos de telhado, com diminuição do número de organismos com o tempo decorrido durante a chuva.

### 1.3. Qualidade da água de chuva no reservatório de acumulação

Estudos realizados por Gonçalves (2006) e Gnadlinger (2007) mostram que, em termos de parâmetros físicos, a qualidade da água de chuva armazenada no reservatório melhora com o tempo, sobretudo por causa do processo de sedimentação dos sólidos presentes na mesma.

Gonçalves (2006) analisou a qualidade da água de chuva no reservatório, após sete dias de armazenamento, e verificou que a concentração dos sólidos suspensos totais (SST) foi igual a zero. Por outro lado, Gonçalves (2006) não observou redução significativa em relação ao parâmetro coliformes totais.

Em relação ao pH, foi verificado por Gonçalves (2006) e Pinheiro *et al.* (2005) que os valores estiveram dentro dos limites de referência. Por outro lado, estudos realizados por Hernandez e Amorin (2007) apontam valor máximo de pH em água de chuva armazenada em cisterna de 9,7,

tendo os autores apresentado como causa possível desse alto valor, o contato da água com o material alcalino presente na cisterna.

Jaques *et al.* (2006) detectaram coliformes termotolerantes em um reservatório que recebia água de uma telhado de zinco em Florianópolis-SC; o valor médio foi de  $1,31 \times 10^1$  NMP/100 mL.

### 1.4. Padrões de qualidade da água conforme os usos em edificações

Para definir os parâmetros de qualidade da água de chuva a serem avaliados, é necessário definir seus usos pretendidos. A NBR 15527 *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis* (ABNT, 2007) fornece os requisitos para o aproveitamento da água de chuva e se aplica a usos não potáveis, cuja água pode ser utilizada após tratamento adequado, como descargas de bacias sanitárias, paisagismo, lavagem de veículos, limpeza de calçadas, ruas e pátios, e usos industriais. Em relação aos padrões de qualidade da água, a referida norma indica que estes devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista; no entanto, para usos mais restritivos, a norma fornece os padrões mostrados na Tabela 1.

Existem, também, os parâmetros descritos na NBR 13969 (ABNT, 1997), que trata das classes de água de reuso, estabelecendo padrões que a mesma deve atender conforme os usos pretendidos (Tabela 2).

**Tabela 1 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos mais restritivos não potáveis**

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 MI
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre <sup>a</sup>	Mensal	0,5 a 3 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT , para usos menos restritivos; < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

<sup>a</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

Fonte: ABNT (2007).

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (SAUTCHUNK *et al.*, 2005), a água para

reuso predial está dividida em quatro classes, conforme seus usos preponderantes. A classe 1

engloba o uso em bacias sanitárias, lavagem de pisos, uso para fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos. Para a água de reuso de classe 2, a utilização prevista é associada às fases de construção da edificação, a citar: lavagem de agregados, compactação do solo e controle de poeira. Já na classe 3, os usos pretendidos se referem à irrigação de áreas verdes e à rega de jardins. Para a água de classe 4, o uso pretendido relaciona-se ao resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento). Neste

trabalho, serão abordados apenas os usos previstos na classe 1 e 3 (Tabela 3), uma vez que aqueles previstos para as classes 2 e 4 são específicos em demasia. Para efeito comparativo, pode-se fazer uso, ainda, dos padrões para água potável destinada ao consumo humano, descritos na Portaria MS Nº 2914 (BRASIL, 2011), ou ainda os padrões para água superficial bruta, descritos na Resolução CONAMA Nº 357 (BRASIL, 2005).

**Tabela 2 – Parâmetros de qualidade de água de reuso**

Parâmetro	Classe 1 (lavagem de carros)	Classe 2 (lavagem de pisos, calçadas, irrigação)	Classe 3 (descarga de vasos sanitários)
Turbidez (uT)	5	5	10
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	200	500	500
STD (mg/L)	200	-	-
pH (faixa)	6 – 8	-	-

Fonte: ABNT (1997).

**Tabela 3 – Parâmetros característicos para água de reuso**

Parâmetro	Classe 1	Classe 3
Coliformes fecais (Nº/100 mL)	Não detectáveis	≤ 200
pH	Entre 6,0 a 9,0	Entre 6,0 a 9,0
Cor (uH)	≤ 10 uH	< 30 uH
Turbidez (uT)	≤ 2 uT	< 5 uT
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L	-
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	≤ 10 mg/L	< 20 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	-
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L	-
Nitrogênio total (mg/L)	≤ 5 mg/L	-
Sólidos suspensos totais (mg/L)	≤ 5 mg/L	< 20 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 500 mg/L	-
Cloretos (mg/L) - irrigação superficial	-	< 350 mg/L
Cloro residual (mg/L) - irrigação superficial	-	Máximo de 1 mg/L
Sódio (SAR) – irrigação com aspersores	-	≤ 3,0
Cloretos (mg/L) - irrigação com aspersores	-	< 100 mg/L

Fonte: SAUTCHUNK *et al.* (2005).

### 1.5. Unidades para melhoria da qualidade da água de chuva

Para que a qualidade da água não seja comprometida, é aconselhável o descarte dos primeiros milímetros de chuva, correspondente ao volume para limpeza do telhado devido às deposições nele encontradas (TOMAZ, 2003; CAMPOS, 2004; MAY, 2004; TORDO, 2004;

JAQUES *et al.*, 2006; VACCARI *et al.*, 2005; VILLARREAL; DIXON, 2005; HERNANDES; AMORIM, 2007). Rodrigues *et al.*, (2007), citando a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC), sugerem que devem ser descartados, a fim de limpar a superfície de captação, de 1 a 2 litros de água por metro quadrado do telhado, o que corresponde a 1 – 2

mm de precipitação pluviométrica. Outra forma de prover o tratamento da água coletada e preservar a sua qualidade é a utilização de filtros, que podem usar areia ou outros meios para promover a filtração (CIPRIANO, 2004; TORDO, 2004).

## METODOLOGIA

A área estudada localiza-se no bairro de Água Fria, na cidade de João Pessoa – PB, e trata-se do escritório de uma construtora que dista 6,5 km do mar, considerando a direção predominante dos ventos da cidade em estudo. A precipitação média anual em João Pessoa é de 2132 mm (Série histórica 1961-90), com maior precipitação média (381,5 mm) ocorrendo em abril, e menor precipitação média (37,4 mm), em setembro (INMET, 2011).

Para caracterização das águas pluviais, foram instalados dois sistemas de captação de água de chuva, denominados A e B. Ambas as superfícies de captação eram de telha cerâmica, com área de 100 m<sup>2</sup>. A coleta direta da água de chuva foi realizada através de um recipiente de acrílico conectado a uma garrafa de polietileno (PET), no qual a água era captada sem que tivesse sido escoada pelo telhado; este dispositivo era limpo diariamente para remoção de poeira, fuligem e outros contaminantes e foi instalado adjacente às áreas de captação de água de chuva, distando cerca de 10 m das mesmas.

O sistema de coleta “A” foi composto por telhado, conduto horizontal, conduto vertical, dois dispositivos de descartes, sendo o primeiro com capacidade de 100 litros, para desviar o primeiro milímetro de chuva, e o segundo, instalado em série, com capacidade de 200 litros, para desviar o segundo e o terceiro milímetros de chuva, além do reservatório de acumulação de 2000 litros, constituído de resina plástica (Figuras 1 e 2). Os dispositivos de descarte foram construídos de forma que a eliminação das primeiras águas de chuva fosse automática. Por sua vez, o sistema de coleta “B” foi composto por telhado, condutores, filtro de areia e reservatório de acumulação de 2000 litros. Na construção do filtro de areia, foi utilizado um reservatório com capacidade de 1500 litros contendo duas camadas, sendo a primeira constituída de 15 cm de brita nº 19 e a segunda, de 50 cm areia média (diâmetro efetivo de 0,48 mm; coeficiente de

uniformidade de 1,55). Entre as camadas foi colocada uma manta geotextil com a finalidade de impedir que a areia fosse carregada para fora do filtro. Além disso, foi colocada uma telha de fibrocimento para evitar a erosão do leito de areia devido à descarga de água proveniente da tubulação de chegada (Figuras 3 e 4).

Para acompanhamento da quantidade de chuva diária, foi utilizado um pluviômetro já existente no local, com graduação a cada dois milímetros e meio e capacidade máxima de 130 mm. A leitura foi realizada sempre por volta das nove horas da manhã.

As coletas de água de chuva em cada ponto foram realizadas no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012. Foi coletada, apenas, uma amostra em cada um dos meses nos quais ocorreram eventos chuvosos suficientes para acúmulo de água no dispositivo de coleta de água diretamente da atmosfera (cerca de 20 mm de precipitação). As datas das coletas realizadas foram: 14/02/2011, 10/03/2011, 16/05/2011, 06/06/2011, 12/07/2011, 09/08/2011, 09/01/2012 e 25/01/2012, totalizando oito coletas.

Para avaliação da qualidade das águas pluviais, foram realizadas coletas nos seguintes pontos:

**P<sub>ATM</sub>** – Ponto de coleta da água de chuva antes do contato com a superfície de captação;

**P<sub>D1</sub>** – Ponto de coleta no primeiro dispositivo de descarte;

**P<sub>D2</sub>** – Ponto de coleta no segundo dispositivo de descarte;

**P<sub>R1</sub>** – Ponto de coleta no reservatório de acumulação localizado após os dispositivos de descarte das primeiras chuvas.

**P<sub>R2</sub>** – Ponto de coleta no reservatório de acumulação localizado após o filtro de areia.

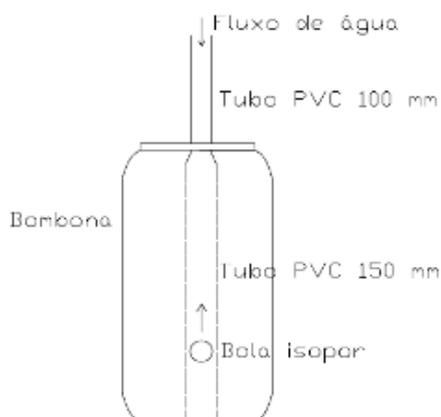
Os parâmetros escolhidos para avaliação da qualidade da água foram: pH, cor, turbidez, dureza, cloretos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), nitrato, amônia, sólidos totais dissolvidos (STD), coliformes totais e coliformes termotolerantes. As análises laboratoriais dos parâmetros físico-químicos foram realizadas no Laboratório de Saneamento da UFPB. As técnicas de análises utilizadas foram aquelas preconizadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Os resultados obtidos foram analisados mediante a comparação gráfica dos valores

obtidos com os limites estabelecidos e/ou sugeridos em ABNT (1997; 2007), BRASIL (2005; 2011), e Sautchuk *et al.* (2005). Foi realizada, também, análise de variância através do método

gráfico GT-2 (SOKAL; ROHLF, 2012), com nível de significância de 5% para comparação simultânea das médias em cada um dos pontos de coleta.

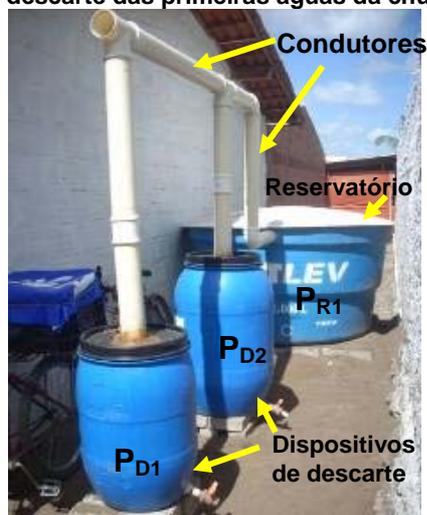
**Figura 1 – Esquema dos dispositivos automáticos de descarte**



**Figura 3 – Montagem do filtro – colocação de brita na base do filtro**



**Figura 2 – Montagem dos dispositivos automáticos de descarte das primeiras águas da chuva**



**Figura 4 – Finalização do filtro – colocação de areia na camada superior do filtro**



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação total do ano de 2011 foi de 2.221 mm. As maiores precipitações ocorreram nos meses de abril a agosto, sendo que, apenas no mês de abril, o valor foi de 404 mm. As menores precipitações ocorreram nos meses de janeiro a março e de setembro a dezembro, com valor mínimo de 28,5 mm no mês de setembro.

### 3.1. Comportamento temporal dos parâmetros analisados

Apresenta-se, a seguir, o comportamento temporal dos parâmetros analisados, bem como o valor máximo permitido/sugerido pelos diversos regulamentos/normas, conforme os usos da água.

O pH das amostras de água de chuva coletadas não apresentou grande variação ao longo do tempo. De acordo com a Figura 6, observa-se que os resultados em todas as coletas realizadas estiveram numa faixa de valores entre 6 e 7, estando de acordo com todos os padrões de qualidade abordados neste trabalho (NBR N° 15527, NBR N° 13969 – classe 1, ANA – classes 1 e 3, Portaria MS N° 2914, Resolução CONAMA N°

357 – classe 1). Muitas vezes, a água de chuva apresenta um pH ácido em função da poluição atmosférica, mas não foi o caso das águas analisadas neste trabalho, visto que, em João Pessoa, a atividade industrial, que normalmente lança gases poluentes na atmosfera, não é tão intensa e, ainda, o distrito industrial está numa localização distante (cerca de 7 km) e à jusante conforme a direção predominante dos ventos em relação aos pontos de coleta da água. Diferentemente do caso reportado por Hernandez e Amorin (2007), não foi observada a alteração do pH por reações com o material cimentício constituinte das paredes do reservatório, uma vez

que os reservatórios foram constituídos de resina plástica.

Os valores de cor foram iguais a zero em 21 das 40 amostras coletadas, com valor máximo encontrado no ponto PD<sub>2</sub> em uma única coleta (09/01/2012). Essa faixa de valores está compatível com os valores encontrados por Hernandez e Amorin (2007), Costa *et al.* (2007), Jaques *et al.* (2006), Anecchini *et al.* (2006) e Pinheiro *et al.* (2005). Conforme pode-se observar na Figura 7, nenhum limite estabelecido pelos padrões abordados neste trabalho foi ultrapassado (NBR N° 15527/07; ANA/05 – classes 1 e 3; Portaria MS N° 2914/11).

Figura 6 – Comportamento temporal do pH

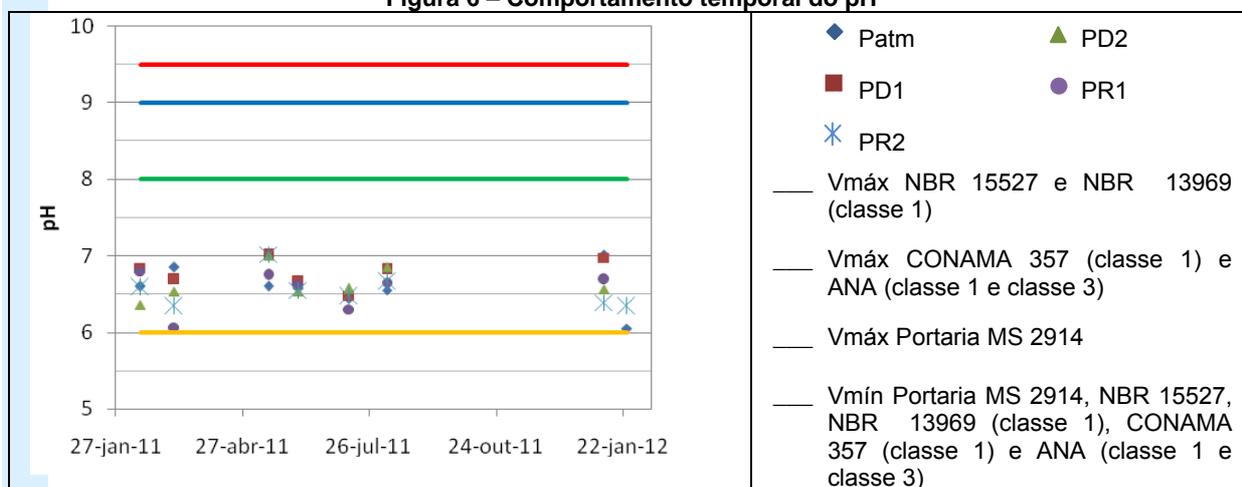
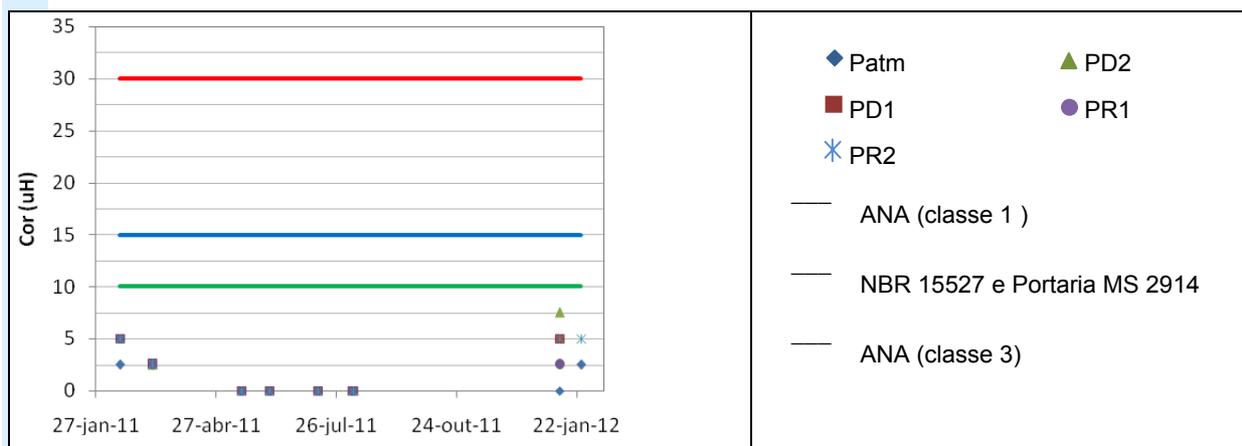


Figura 7 – Comportamento temporal da cor



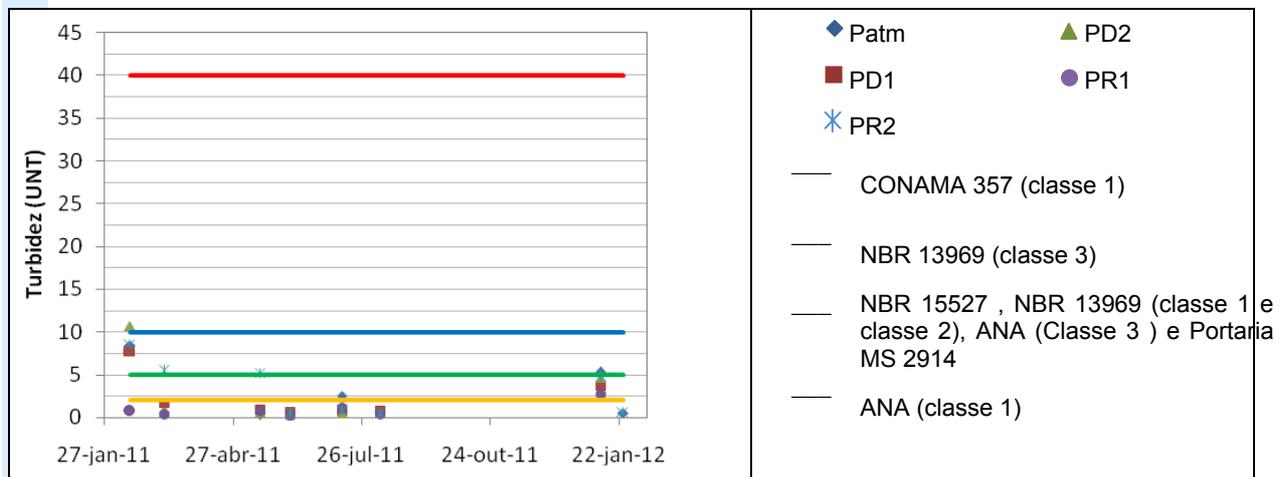
Os valores de turbidez (Figura 8) estiveram entre 0,25 e 10,70 uT, apresentando comportamento semelhante aos encontrados por Vaccari *et al.* (2005), Hernandez e Amorim (2007), Costa *et al.* (2007), Jaques *et al.* (2006),

Anecchini *et al.* (2006) e Pinheiro *et al.* (2005). O valor máximo encontrado ocorreu no ponto PD<sub>2</sub>, um dos dispositivos de descarte. O limite de 40 UNT referido pela resolução CONAMA 357 – classe 1 não foi ultrapassado nenhuma vez. O

limite preconizado pela NBR N° 13969 – classe 3 – foi ultrapassado uma única vez (em PD<sub>2</sub>), enquanto que o limite de 5 UNT, preconizado pelas NBR N° 15527/07, NBR N° 13969/07 –

classes 1 e 2, ANA/05 – classe 3 e Portaria MS N° 2914/11, foi ultrapassado três vezes. Já o limite de 2 UNT referido pela ANA – classe 1 foi ultrapassado 11 vezes (29,7% dos casos).

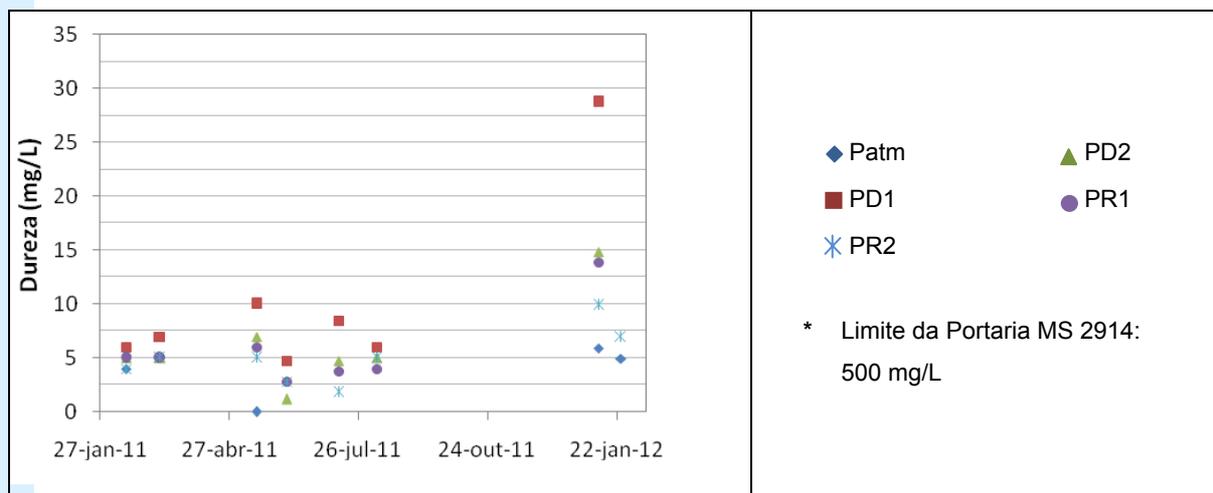
**Figura 8 – Comportamento temporal da turbidez**



Nas águas de chuva analisadas, não foi identificada dureza elevada, cujo maior valor encontrado foi de 28,7 mg/L (Figura 9), caracterizando-as como águas moles (dureza inferior a 50 mg/L) e favorecendo o uso destas em indústrias que utilizam sabão em seus processos de fabricação. Assim como nos estudos realizados

por Vaccari *et al.* (2005), Costa *et al.* (2007), Jaques *et al.* (2006) e Pinheiro *et al.* (2005), em todas as coletas realizadas, os valores de dureza ficaram bem abaixo dos padrões de potabilidade da Portaria MS N° 2914/11, que estabelece o valor máximo de 500 mg/L para o consumo humano.

**Figura 9 – Comportamento temporal da dureza**



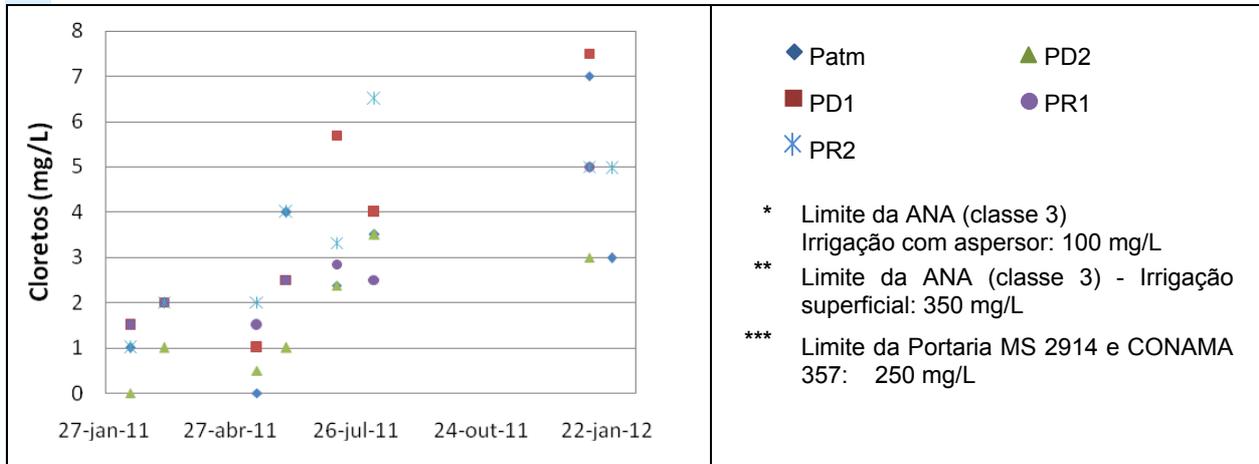
Neste estudo, não foram verificados elevados níveis de cloretos (Figura 10), igualmente aos casos relatados por Vaccari *et al.* (2005), Costa *et al.* (2007), Jaques *et al.* (2006) e Pinheiro *et al.* (2005). Todos os valores encontrados estiveram abaixo do valor máximo

(250 mg/L) estabelecido pela Portaria MS N° 2914/11 e dos valores máximos (100 ou 350 mg/L) estabelecidos por ANA/2005 (classe 3).

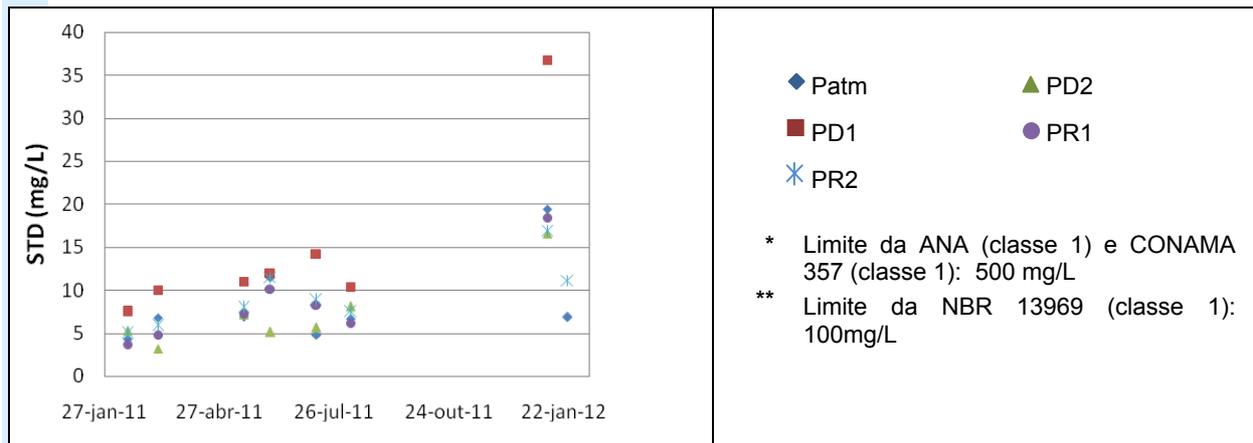
Conforme pode-se observar na Figura 11, os valores de STD variaram de 3,2 a 36,8 mg/L, apresentando-se bem inferiores aos padrões

estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 classe 1, pela ANA /05 – classe 1 (500 mg/L) e pela NBR 13969/07 – classe 1 (200 mg/L).

**Figura 10 – Comportamento temporal dos cloretos**



**Figura 11 – Comportamento temporal dos STD**



A DBO<sub>5</sub> presente nas águas de chuva não foi elevada e os resultados encontrados estiveram entre 0 e 2,8 mg/L (Figura 12), valores estes próximos aos reportados por Jaques *et al.* (2006), os quais variaram de 0,8 a 6,4 na água coletada diretamente da atmosfera, e de 3,0 a 3,5 mg/L para a água de chuva que escoava sobre telhado cerâmico. Já nas águas coletadas do reservatório de acumulação que recebia água de um telhado metálico, analisadas por Anecchini *et al.* (2006), os valores variaram de 1,2 a 2 mg/L. Verificou-se, portanto, que as águas analisadas no presente trabalho apresentaram resultados condizentes com os reportados por Jaques *et al.* (2006) e Anecchini *et al.* (2006), valores estes abaixo

daqueles máximos previstos em ANA/05 – classes 1 e 3 e Resolução CONAMA N° 357/05 – classe 1.

A maioria dos valores de amônia variaram de 0 a 1,14 mg/L (Figura 13), compatíveis com os limites estabelecidos pela Portaria MS N° 2914/11, pela Resolução CONAMA N° 357/05 – classe 1 e por ANA/05 – classe 1. A exceção foi o PR<sub>1</sub> em que em uma única coleta superou o limite da Portaria MS 2914, apresentando o valor de 3,61 mg/L.

Segundo a Portaria MS N° 2914/11, ANA/05 – classe 1 e CONAMA 357 – classe 1, o parâmetro nitrato deve ser menor ou igual a 10 mg/L, condição atendida pelas águas de chuva analisadas neste trabalho (Figura 14), em que os valores de nitrato variaram de 0,36 a 4,4 mg/L, com valor máximo encontrado no PD<sub>2</sub>.

Figura 12 – Comportamento temporal da DBO<sub>5</sub>

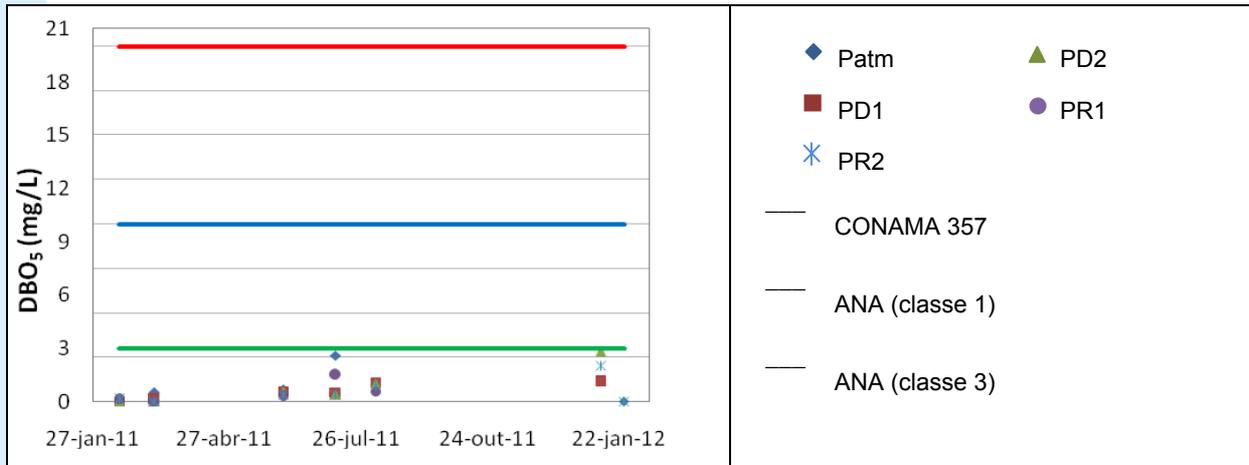


Figura 13 – Comportamento temporal da amônia

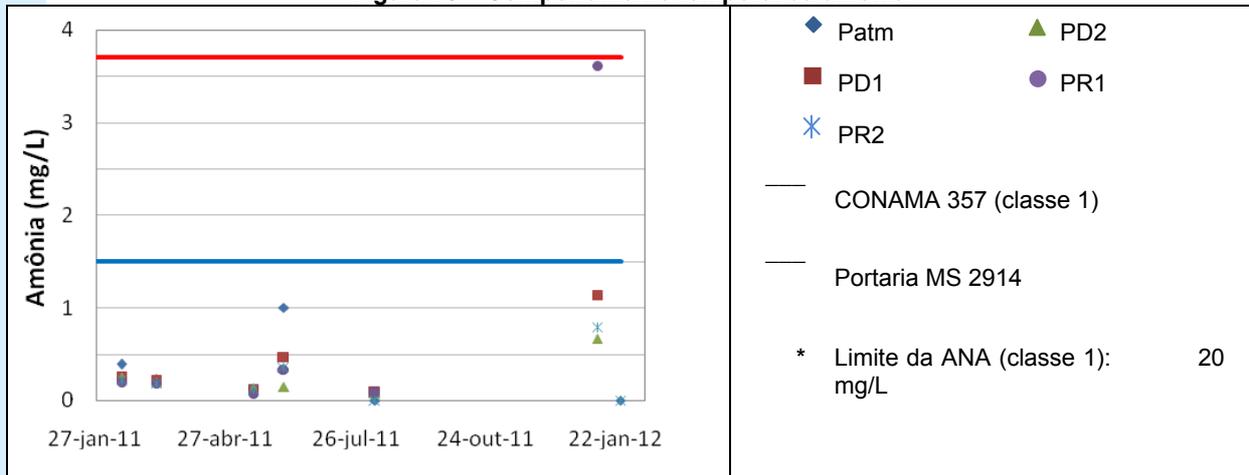
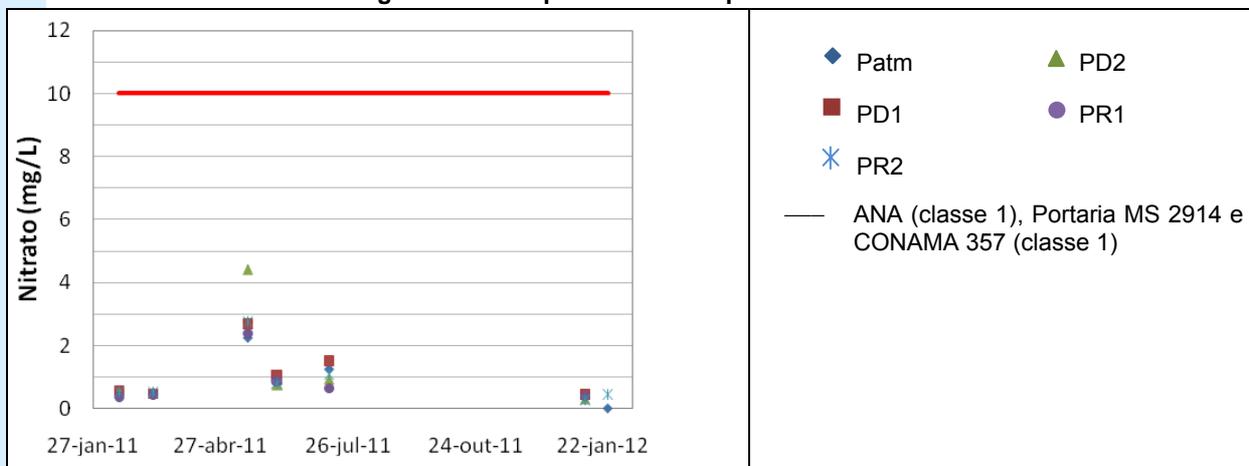


Figura 14 – Comportamento temporal do nitrato



Observou-se que os coliformes totais e termotolerantes foram detectados em todas as amostras de águas pluviais, tanto antes (coletada diretamente a partir da atmosfera) como após passagem pelo telhado (Figuras 15 e 16), caracterizando a água como imprópria para uso potável. Esse resultado não é surpreendente, uma vez que as águas aqui estudadas não passaram por um processo de desinfecção. Por outro lado, como os resultados para tais parâmetros foram relativamente baixos, esses microorganismos podem ser removidos por desinfecção, podendo

tornar a água potável. No estudo de Jaques *et al.* (2006) e Vaccari *et al.* (2005), nas águas de chuva coletadas diretamente da atmosfera, não foram detectados esses microorganismos, diferentemente das águas analisadas neste trabalho. Por outro lado, para os demais pontos de coleta, o comportamento desses parâmetros se apresentaram compatíveis com as águas coletadas após a passagem pelo telhado e no reservatório dos referidos estudos, em que os valores variaram de 0 a 77 NMP/100mL.

Figura 15 – Comportamento temporal de coliformes totais

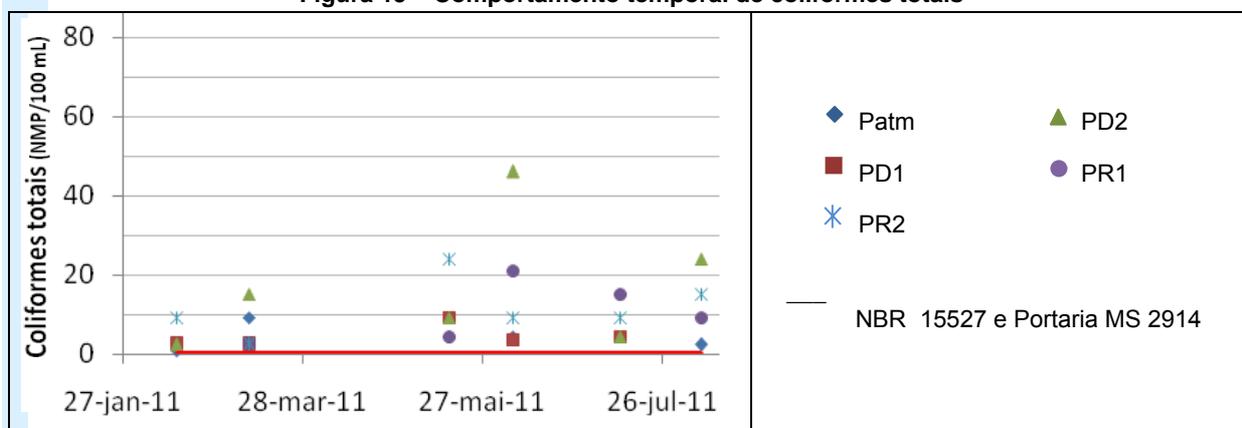
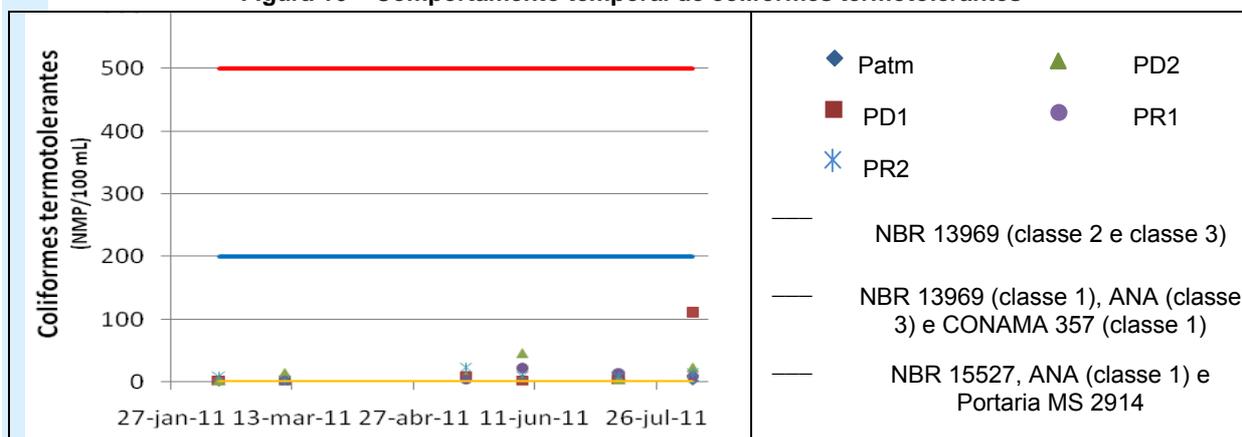


Figura 16 – Comportamento temporal de coliformes termotolerantes



### 3.2. Comparação simultânea das médias dos parâmetros analisados

Utilizou-se a análise de variância através do método gráfico GT-2 (SOKAL; ROHLF, 2012), com nível de significância de 5% para comparação simultânea das médias. Verificou-se que não houve diferenças significativas entre as médias dos diversos parâmetros estudados, para todos os

pontos, inclusive entre o PR1 e PR2 (os dois reservatórios). Dessa forma, não se pôde concluir sobre qual dos dois sistemas é o mais adequado para melhoria da qualidade da água após escoamento pelo telhado: os dispositivos de descarte ou o filtro de areia. Parte dessa constatação se deve ao fato de que a água coletada diretamente a partir da atmosfera, bem

como a que escoa sobre o telhado já são de qualidade excelente.

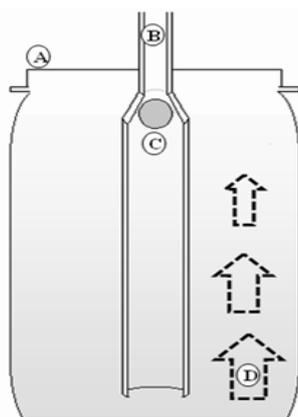
Com a finalidade de se verificar mais profundamente a influência dos dispositivos de descarte ao longo do período de estudo, em 25/01/2012 estes foram desmontados e procedeu-se o reviramento da água no fundo deles (ver figuras 17 e 18). Na figura 19, apresentam-se as amostras coletadas em  $P_{ATM}$ ,  $P_{D1}$  (residual),  $P_{D2}$  (residual) e  $P_{R2}$ . Em seguida, revisou-se o comportamento dos parâmetros estudados. Os resultados são apresentados nas figuras de 20 a 28.

Com exceção do pH (Figura 20) e nitrato (Figura 28), todos os parâmetros apresentaram valores acima do máximo obtido anteriormente para o próprio ponto ( $PD_1$  ou  $PD_2$ ) sem reviramento da água residual acumulada no fundo do dispositivo. Em relação à cor, o maior valor

encontrado passou de 5 mg/L para 100 mg/L no  $P_{D1}$  e de 7,5 mg/L para 20 mg/L no  $P_{D2}$  (Figura 21). A turbidez na última coleta realizada, antes da agitação dos sedimentos acumulados no fundo, apresentou valores iguais a 3,71 no  $P_{D1}$  e 4,68 mg/L no  $P_{D2}$ , passando para 54,93 mg/L e 43,18 mg/L, respectivamente (Figura 22). Quanto aos sólidos totais dissolvidos, os resultados encontrados foram bastante elevados, sendo de 5.815 mg/L para o  $P_{D1}$  e de 2.396 mg/L para o  $P_{D2}$  (Figura 25).

Verificou-se, portanto, que os dispositivos de descarte contribuíram para a melhoria da qualidade da água, visto que as sujeiras presentes nos telhados foram retidas e acumuladas neles (Figura 19), corroborando a necessidade da implantação dessas unidades de tratamento antes do reservatório de acumulação, visando a garantir a qualidade da água para os usos pretendidos.

**Figura 17 – Esquema básico do interior dos dispositivos de descarte**



- A – Bombona;
- B – Entrada da água da chuva
- C – Esfera flutuante / bloqueadora
- D – Direção de C devido fluxo de água

**Figura 18 – Resíduo acumulado no fundo do segundo dispositivo de descarte ( $PD_2$ )**



**Figura 20 – Comparação do resultado de pH com as coletas anteriores**

**Figura 19 – Amostras coletadas no  $P_{ATM}$ ,  $PD_1$ ,  $PD_2$  e  $PR_1$ , respectivamente**



**Figura 21 – Comparação do resultado de cor com as coletas anteriores**

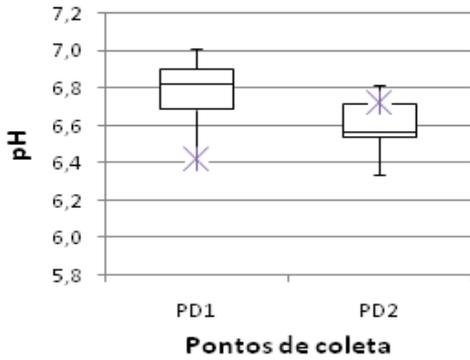


Figura 22 – Comparação do resultado de turbidez com as coletas anteriores

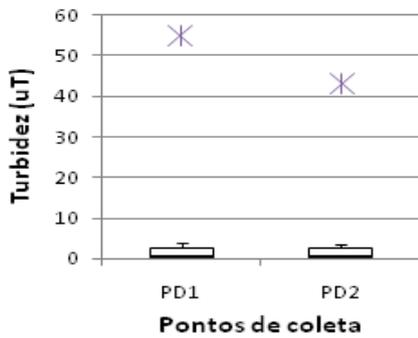


Figura 24 – Comparação do resultado de cloretos com as coletas anteriores

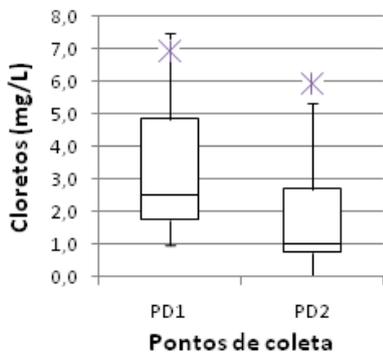


Figura 26 – Comparação do resultado de DBO com as coletas anteriores

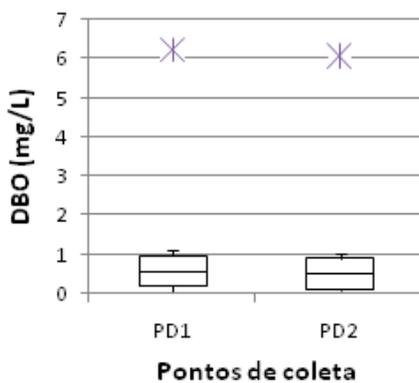


Figura 23 – Comparação do resultado de dureza com as coletas anteriores

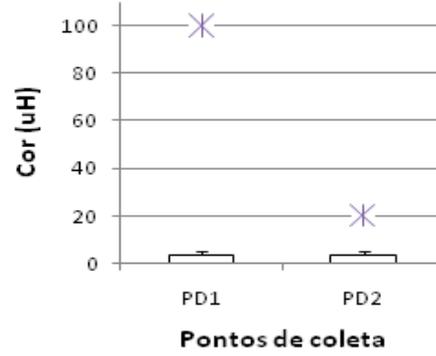


Figura 25 – Comparação do resultado de STD com as coletas anteriores

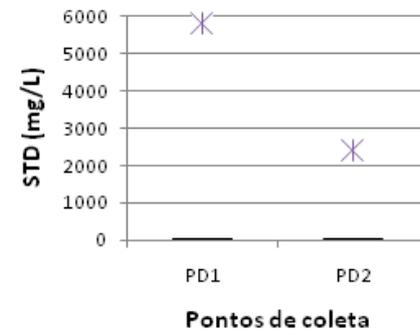


Figura 27 – Comparação do resultado de amônia com as coletas anteriores

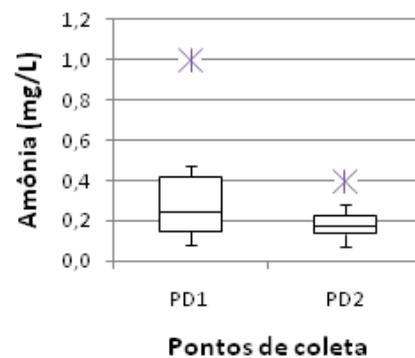
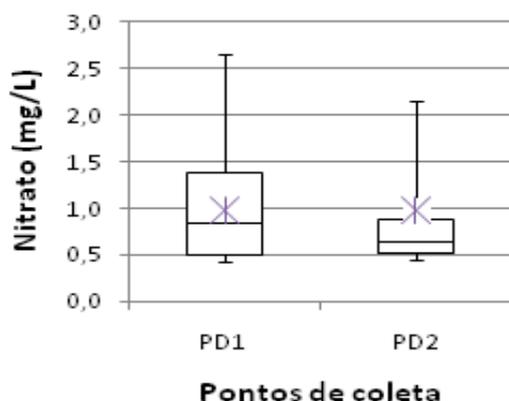


Figura 28 – Comparação do resultado de nitrato com as coletas anteriores



### CONCLUSÃO

A água pluvial em seu estado bruto, antes de entrar em contato com a superfície de captação, apresenta uma boa qualidade, com raras exceções, compatível com os padrões para usos mais restritivos estabelecidos pela NBR N° 15527/2007 (ABNT, 2007), que fornece os requisitos para o aproveitamento da água de chuva em usos não potáveis, tais como descargas de bacias sanitárias, irrigação de gramado e de plantas ornamentais, lavagem de veículos e limpeza de calçadas e ruas. A qualidade dessa água foi, também, compatível com os padrões sugeridos pela NBR 13969/1997 (ABNT, 1997) que fornece os requisitos para águas de reuso com as finalidades de lavagem de carros (classe 1), de pisos e de calçadas, irrigação (classe 2) e descarga de vasos sanitários (classe 3); e pela ANA/2005 que fornece requisitos para uso em bacias sanitárias, lavagem de pisos, uso para fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos (classe 1) e irrigação de áreas verdes e rega de jardins (classe 3). As exceções de atendimento a esses padrões foram de um único caso para turbidez (NBR 15527/2007, NBR 13969/1997 – classe 1 e classe 2, e ANA/2005 – classe 3) e, em todos os casos, para coliformes totais e termotolerantes. Ainda com relação a esse ponto de estudo, verificou-se o atendimento integral aos padrões da Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) classe 1, que se destina, dentre outros usos, ao abastecimento humano após tratamento simplificado. Com relação aos padrões de potabilidade, preconizados pela Portaria MS

2914/2011 (BRASIL, 2011), ocorreu, também, um único caso de não atendimento para a turbidez e para todos os casos de coliformes totais e termotolerantes. Tais exceções de não atendimento não são surpreendentes, uma vez que se trata de água bruta, sem tratamento.

Ao escoar pela superfície de captação a qualidade da água se deteriora, devido às sujeiras presentes nos telhados, principalmente após um período de estiagem. Esse fato ficou evidente quando da análise da água residual acumulada no fundo dos dispositivos de descarte dos primeiros milímetros de chuva, apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas entre as médias dos diversos pontos de coleta e para os diversos parâmetros. Também não foram detectadas diferenças significativas entre a qualidade da água desses reservatórios e a qualidade da água coletada diretamente da precipitação atmosférica. Tal fato pode estar relacionado à boa qualidade da água bruta, já que não há muito a ser removido pelos sistemas de melhoria da qualidade da água aqui estudados. Uma vez que não foram detectadas diferenças significativas entre a qualidade da água dos reservatórios dos dois sistemas, constata-se que ambos se equivalem como unidades de melhoria da qualidade da água.

Com relação à água armazenada nos reservatórios, a qualidade também foi boa, atendendo aos padrões de qualidade abordados neste estudo, com algumas exceções, a saber: dois casos para turbidez (para NBR 15527/2007, NBR 13969/1997 – classe 1 e classe 2, ANA/2005 – classe 1); e todos os casos para coliformes totais e termotolerantes. No tocante aos padrões da Resolução CONAMA 357/2005, todos os padrões foram atendidos. Com relação à Portaria MS 2914/2011, ocorreram dois casos de não atendimento para turbidez, quais sejam, um caso para amônia e todos os casos para coliformes totais e termotolerantes.

Conclui-se, por fim, que um sistema de aproveitamento de águas de chuva é eficaz para abastecimento de água de uma residência, resguardado o uso potável da mesma. Sugerem-se estudar alternativas de potabilização dessas águas, de modo que todos os usos de água previstos em uma residência possam ser atendidos.

## REFERÊNCIAS

- ABDULLA, F. A.; AL-SHAREEF, A. W.. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. **Desalination**, v. 243, p. 195-207, 2009.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13969**: Tanques séptico – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- ANNECHINI, K. P. V.; REBOUÇAS, T. C.; GONÇALVES, R. F.; BOLSONI, P. Estudo da qualidade da água da chuva na cidade de Vitória com vistas ao aproveitamento não potável em edificações. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, **8.**, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza; ABES, 2006.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. New York: Public Health Association Inc., 1998.
- ATHAYDE JUNIOR, G. B.; DIAS, I.C.S; GADELHA, C.L.M. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, v. 8, p. 85-98, 2008.
- BRASIL. **PORTARIA do Ministério da Saúde Nº 2914**, de 14 de dezembro de 2011.
- \_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 357**, de 17 de março de 2005.
- CAMPOS, M.A.S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- CIPRIANO, R.F.P. **Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso**. 2004. 89 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.
- COSTA, I. Y. L. G.; SANTOS, C. A. G.; NÓBREGA, R. L. B. Análise físico-química da água de chuva na cidade de João Pessoa para uso não potável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, **6.**, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCMAC, 2007.
- GHISI, E; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R.W. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 41, p. 204-210, 2006.
- GNADLINGER, J. Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semi-árido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, **6.**, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCMAC, 2007.
- GONÇALVES, R. F. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 332 p.
- HERNANDES, A. T.; AMORIM, S. V. Avaliação quantitativa e qualitativa de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação na cidade de Ribeirão Preto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, **6.**, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCMAC, 2007.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 15 jun. 2011.
- JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F.; LAPOLLI, F. R.. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, **8.**, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza; ABES, 2006.
- MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 1, p. 244 -254 , 2012.
- PIMENTEL, C. H. L.; FREITAS FILHO, J. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B. Qualidade de águas pluviais no Brasil: estado da arte. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, **13.**, 2008, Belém do Pará. **Anais...** Belém do Pará: ABES, 2008.
- PINHEIRO, A.; VALLE, J. A. B.; TORDO, O.C. Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande.  
**Anais...** Campo Grande: ABES, 2005.

RODRIGUES, H. K.; SANTOS, L. A.; BARCELOS, H. P.; PÁDUA, V. L. Dispositivo automático de descarte da primeira água de chuva. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCMAC, 2007.

SAUTCHUNK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L.H.; COSTI, L.O.; ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M.; MAY, S.; BONI, S.S.N.; SCHMIDT, W.. **Manual de conservação e reuso da água em edificações.** Agência Nacional de Águas. 2005.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry** – the principles and practice of statistics in biological research. 4. ed. New York: W. H. Freeman and Company. 2012. 937 p..  
TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar, 2003. 180 p.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. 2004.

VACCARI, K. P.; REBOUÇAS, T. C.; BOLSONI, P.; BASTOS, F.; GONÇALVES, R. F. Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005.

VILLARREAL, E. L.; DIXON, A. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden. **Building and Environment**, v. 40 n. 9, p. 1174-1184, 2005.