Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

- MESTRADO -

QUALIDADE DAS ÁGUAS DE CHUVA EM JOÃO PESSOA – PB: ESTUDO COMPARATIVO COM PADRÕES DE QUALIDADE PARA USO RESIDENCIAL

por

Natalia Cibely Bezerra Santana

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba
para obtenção do grau de Mestre

JOÃO PESSOA – PB **JUNHO - 2012**

Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

- MESTRADO -

QUALIDADE DAS ÁGUAS DE CHUVA EM JOÃO PESSOA – PB: ESTUDO COMPARATIVO COM PADRÕES DE QUALIDADE PARA USO RESIDENCIAL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre.

Natalia Cibely Bezerra Santana

ORIENTADOR: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior

JOÃO PESSOA – PB **JUNHO – 2012**

S232q Santana, Natalia Cibely Bezerra.
Qualidade das águas de chuva em João Pessoa-PB: estudo comparativo com padrões de qualidade para uso residencial / Natalia Cibely Bezerra Santana.- João Pessoa, 2012.
83f. : il.
Orientador: Gilson Barbosa Athayde Júnior
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT
1. Engenharia Urbana e Ambiental. 2. Água pluvial – aproveitamento. 3. Qualidade da água. 4. Água de chuva – análise - uso.

UFPB/BC CDU: 62:711(043)

QUALIDADE DAS ÁGUAS DE CHUVA EM JOÃO PESSOA-PB: ESTUDO COMPARATIVO COM DIVERSOS PADRÕES PARA USO RESIDENCIAL

NATALIA CIBELY BEZERRA SANTANA

Dissertação aprovada em 18 de junho de 2012

Período Letivo: 2012.1

Prof. Dr. GILSON BARBOSA ATHAYDE JÚNIOR – UFPB
Orientador

Profª. Drª. CARMEM LÚCIA MOREIRA GADELHA - UFPB
Examinador Interno

Prof. Dr. FLÁVIO RUBENS LAPOLLI – UFSC
Examinador Externo

João Pessoa-PB
2012

Dedico este trabalho aos meus pais Paulo e Fátima, à minha irmã Nataly e ao meu noivo George.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que iluminou toda minha trajetória acadêmica, desde a graduação até o mestrado, me fortalecendo para seguir em frente e alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, que sempre incentivaram meus estudos. Ao meu pai Paulo, que esteve ao meu lado me dando todo apoio necessário. À minha mãe Fátima, que com suas palavras de coragem nunca permitiu que eu fraquejasse em meio aos obstáculos.

À minha irmã Nataly, exemplo de determinação e força, a quem tenho profunda admiração.

Ao meu noivo George, pelo companheirismo e pelos pensamentos positivos ao torcer por mim.

Ao meu professor orientador, Gilson Barbosa, pelas orientações, dedicação, paciência e principalmente, por ter sido um dos grandes incentivadores da minha carreira acadêmica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da UFPB pela oportunidade e ensinamentos adquiridos.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

À Ysa Luna, bolsista de iniciação científica, e ao técnico de laboratório Romildo dos Anjos Jr., pela imprescindível colaboração nas análises em laboratório, assim como ao Laboratório de Saneamento da UFPB, coordenado pela Profª. Carmem Lúcia, pela disponibilização dos equipamentos e materiais utilizados nas análises e coletas das amostras.

À construtora Ecomax, que disponibilizou o espaço para instalação dos sistemas de captação de água pluvial.

Á todos que diretamente ou indiretamente contribuíram com palavras de incentivo, gestos, ou mesmo me ajudando e prestando auxílio durante esta etapa da minha vida.

RESUMO

O acelerado crescimento populacional em diversos países e a escassez dos recursos hídricos têm se tornado uma preocupação crescente em todo o mundo. De acordo com a ONU, a demanda de água cresce com velocidade duas vezes maior que o crescimento da população, desta forma haverá sérios problemas de disponibilidade hídrica em muitos países e que será um desafio para os governos assegurar um adequado abastecimento de água potável a toda população. Dentre as fontes alternativas para o abastecimento de água uma das mais promissoras é a captação de águas pluviais para aproveitamento, onde a água potável é substituída por uma água menos cara e mais acessível, preservando assim o seu uso onde não seria necessária a potabilidade. Assim, o objetivo desta pesquisa é de analisar a qualidade da água de chuva na cidade de João Pessoa, para fins de comparação com diversos padrões de qualidade conforme os usos da água em residências. No sistema de captação montado para o estudo foram coletadas amostras em 5 pontos do sistema, quais sejam: coleta direta da atmosfera, após escoamento sobre o telhado, nos dispositivos de descarte dos primeiros milímetros de precipitação, e em 2 reservatórios de acumulação. Os resultados mostraram que a qualidade da água pluvial em seu estado bruto e antes de entrar em contato com a superfície de captação é boa, compatível com os padrões estabelecidos pelas NBR's Nº 15.527/07 e Nº 13.969/97 (classes 1, 2 e 3), pela ANA/05 (classe 1) e pela Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 1 de água doce). Ao escoar pelo telhado a qualidade da água se deteriora devido ao acúmulo de impurezas, principalmente após um período de estiagem. Entretanto, verificou-se que promovendo tratamento simplificado à água de chuva, como a filtração simples ou o descarte das primeiras chuvas, a qualidade dela volta a ser satisfatória, podendo ser aproveitada para fins não potáveis, tais como descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos e veículos, irrigação de jardins. Em relação à Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/11, verificou-se o não atendimento apenas aos padrões de potabilidade estabelecidos para os coliformes totais e fecais, não devendo, portanto, a água ser utilizada com finalidades potáveis.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial; qualidade da água; água de chuva.

ABSTRACT

The ever so accelerated population growth in several countries coupled to water resources scarcity have become a crucial problem worldwide. According to the UN, the demand for water is twice as much as that of population growth; so many countries will suffer serious problems of water availability, which will certainly be a challenge for most governments to ensure sufficient supply of drinking water for the population. Among the alternative sources of water supply, one of the most promising is that derived from rainwater collecting; where drinking water is replaced by water which is both less expensive and far more accessible, preserving, therefore, its use where drinkability would not be needed. The purpose of the present research is to analyze the quality of rainwater in the city of João Pessoa and to compare it with several quality standards according to its usages in a residence. Samples were collected at 5 points of the system, namely: direct collection from the atmosphere following water precipitation over roofs; from the first millimeters of precipitation collected from water discarded devices; and from two storage reservoirs. Results revealed that rainwater quality both in its raw state and before its contact with the capturing surface is good; therefore, compatible with the standards established by the NBR's No.15.527/07 and No.13.969/97 (classes 1, 2 and 3), by ANA/05 (class1), and by CONAMA Resolution No.357/05 (class1 of freshwater). Upon flowing over the roof, water quality is deteriorated due to the accumulation of impurities, especially after a dry season. However, it was found that by giving rainwater a simplified treatment, such as simple filtration, or by discarding water from first rains, its quality may be restored up to a satisfactory level, making it compatible to non-potable use, such as in toilet discharge, general cleaning and garden watering. By examining the Ministry of Health Decree No. 2.914/2011, one could verify that the non-conformity alone with the established standards for total and fecal coliforms may render water useless for potable purposes.

Keywords: Rainwater use; water quality; rainwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pátio utilizado como área de captação de água pluvial na China. 21

Figura 2: Instalação de calha para coletar água de chuva no semi-árido de Petrolina – PE. 22

Figura 3: Esquema básico de dispositivo automático de descarte das primeiras chuvas 40

Figura 4: Bombona instalada na tubulação entre a calha e o reservatório. 41

Figura 5: Filtro para remoção de partículas grosseiras..... 41

Figura 6: Filtro para evitar entupimentos nos tubos verticais. 42

Figura 7: Localização da área de estudo no município de João Pessoa. 44

Figura 8: Colocação de brita na base do filtro..... 46

Figura 9: Colocação de uma manta geotêxtil. 46

Figura 10: Colocação de areia na camada superior do filtro. 46

Figura 11: Colocação de uma telha de fibrocimento. 46

Figura 12: Sistema A de captação de águas de chuva. 46

Figura 13: Esquema básico de funcionamento dos dispositivos automáticos de descarte. 47

Figura 14: Construção dos dispositivos automáticos de descarte das primeiras chuvas. 47

Figura 15: Montagem do Sistema B de captação de águas de chuvas. 47

Figura 16: Coleta da água de chuva diretamente da atmosfera. 48

Figura 17: Pluviômetro instalado na área de estudo..... 49

Figura 18: Coleta de água no dispositivo de descarte (PD1)..... 50

Figura 19: Coleta de água no reservatório (PR2). 50

Figura 20: Amostras de água de todos os pontos de coleta. 50

Figura 21: Altura pluviométrica do local de estudo no ano de 2011 e janeiro de 2012. 52

Figura 22: Variação temporal do pH para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes..... 56

Figura 23: Variação temporal dos valores de cor para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes. 57

Figura 24: Variação temporal dos valores de turbidez para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes. 58

Figura 25: Variação temporal dos valores de condutividade. 59

Figura 26: Variação temporal dos valores de dureza para os pontos estudados frente à legislaçãoexistente. 60

Figura 27: Variação temporal dos valores de cloretos para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes. 61

Figura 28: Variação temporal dos valores de STD para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes. 62

Figura 29: Variação temporal dos valores de DBO para os pontos estudados. 63

Figura 30: Variação temporal dos valores de Amônia para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes. 63

Figura 31: Variação temporal dos valores de Nitrato para os pontos estudados. 64

Figura 32: Variação temporal dos valores de coliformes totais para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes. 65

Figura 33: Variação temporal dos valores de coliformes termotolerantes para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes. 65

Figura 34: Comparação simultânea das médias de pH. 71

Figura 35: Comparação simultânea das médias de cor. 71

Figura 36: Comparação simultânea das médias de turbidez. 71

Figura 37: Comparação simultânea das médias de condutividade 71

Figura 38: Comparação simultânea das médias dos valores de dureza. 72

Figura 39: Comparação simultânea das médias dos valores de cloretos. 72

Figura 40: Comparação simultânea das médias dos valores de STD. 72

Figura 41: Comparação simultânea das médias dos valores de DBO. 72

Figura 42: Comparação simultânea das médias dos valores de amônia. 72

Figura 43: Comparação simultânea das médias dos valores de nitrato. 72

Figura 44: Comparação simultânea das médias dos valores de coliformes totais. 73

Figura 45: Comparação simultânea das médias dos valores de coliformes termotolerantes. 73

Figura 46: Esquema básico do interior dos dispositivos de descarte. 74

Figura 47: Resíduo acumulado no fundo do segundo dispositivo de descarte..... 74

Figura 48: Amostras coletadas no Patm, PD1, PD2 e PR2, respectivamente. 74

Figura 49: Comparação do resultado de pH com as coletas anteriores..... 75

Figura 50: Comparação do resultado de cor com as coletas anteriores..... 75

Figura 51: Comparação do resultado de turbidez com as coletas anteriores..... 75

Figura 52: Comparação do resultado de condutividade com as coletas anteriores. 75

Figura 53: Comparação do resultado de dureza com as coletas anteriores. 76

Figura 54: Comparação do resultado de cloretos com as coletas anteriores. 76

Figura 55: Comparação do resultado de STD com as coletas anteriores. 76

Figura 56: Comparação do resultado de DBO com as coletas anteriores. 76

Figura 57: Comparação do resultado de amônia com as coletas anteriores..... 76

Figura 58: Comparação do resultado de nitrato com as coletas anteriores. 76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da qualidade da água em dois reservatórios na Zâmbia 23

Tabela 2– Qualidade da água de chuva antes do contato com a superfície de captação 25

Tabela 3– Qualidade da água de chuva após escoamento sobre a superfície de captação 28

Tabela 4– Resultados das análises no reservatório de água de chuva e no reservatório de água subterrânea misturada com água de chuva..... 30

Tabela 5– Qualidade da água de chuva no reservatório de acumulação 31

Tabela 6– Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis 33

Tabela 7 – Padrões de qualidade para consumo humano 34

Tabela 8– Padrões de qualidade para água doce classe 1..... 35

Tabela 9 – Parâmetros característicos para água de reuso de classe 1 36

Tabela 10 – Parâmetros básicos para água de reuso de classe 2 36

Tabela 11 – Parâmetros básicos para água de reuso de classe 3 37

Tabela 12 – Parâmetros básicos para água de reuso de classe 4 38

Tabela 13 – Parâmetros para água de reuso 39

Tabela 14 - Tendência central e amplitude dos resultados obtidos 55

Tabela 15 - Frequência de atendimento dos valores do Patm. 68

Tabela 16 - Frequência de atendimento dos valores do PD1. 68

Tabela 17: Frequência de atendimento dos valores do PD2..... 69

Tabela 18: Frequência de atendimento dos valores do PR1..... 69

Tabela 19: Frequência de atendimento dos valores do PR2..... 70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

ASA – Articulação no Semi-Árido Brasileiro

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EPA – Serviço de Proteção Ambiental

NBR – Norma Brasileira

NMP – Número mais provável

OD – Oxigênio dissolvido

OMS - Organização Mundial de Saúde

pH – Potencial Hidrogeniônico

P1MC - Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um Milhão de Cisternas Rurais

P_{ATM} – Ponto de coleta da água de chuva antes do contato com a superfície de captação

P_{D1} – Ponto de coleta no primeiro dispositivo de descarte

P_{D2} – Ponto de coleta no segundo dispositivo de descarte

P_{R1} – Ponto de coleta no reservatório de acumulação localizado após os dispositivos de descarte das primeiras chuvas

P_{R2} – Ponto de coleta no reservatório de acumulação localizado após o filtro de areia

PVC – Policloreto de Vinil

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente

uH – unidades de escala Hazen

uT – unidades de turbidez

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14

2 OBJETIVOS 15

2.1 Objetivo geral 15

2.2 Objetivos específicos 15

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16

3.1 Aproveitamento de águas pluviais no Brasil e no mundo 16

3.2 Componentes básicos de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.... 19

3.2.1 Área de captação 20

3.2.2 Condutores 21

3.2.3 Reservatório de armazenamento 22

3.3 Qualidade das águas pluviais 24

3.3.1 Qualidade da água de chuva coletada diretamente da atmosfera 25

3.3.2 Qualidade da água de chuva após escoamento sobre o telhado 26

3.3.3 Qualidade da água de chuva no reservatório de acumulação 29

3.3.4 Qualidade da água no reservatório Gramame-Mamuaba 32

3.3.5 Padrões de qualidade da água conforme os usos 33

3.3.6 Operações e critérios de projeto para garantir a qualidade da água 39

3.3.7 Unidades para melhoria da qualidade da água de chuva 40

3.4 Considerações finais acerca de estudos sobre a qualidade da água de chuva.. 43

4 METODOLOGIA 44

4.1 Área de estudo 44

4.2 Materiais e métodos 45

4.3 Pontos de coleta 49

4.4 Datas das coletas realizadas 50

4.5 Parâmetros analisados 51

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 52
5.1 Dados pluviométricos 52
5.2 Tendência central e amplitude do conjunto de dados obtidos 53
5.3 Comportamento temporal dos resultados para os parâmetros estudados 56
5.3.1 pH 56
5.3.2 Cor 57
5.3.3 Turbidez 58
5.3.4 Condutividade 58
5.3.5 Dureza 59
5.3.6 Cloretos 60
5.3.7 Sólidos totais dissolvidos 61
5.3.8 DBO 62
5.3.9 Amônia 63
5.3.10 Nitrato 64
5.3.11 Coliformes Totais e Termotolerantes 64
5.4 Freqüência de atendimento dos resultados aos padrões de qualidade 66
5.5 Comparação simultânea das médias dos parâmetros analisados 71
5.6 Resíduos acumulados nos dispositivos de descarte 73
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 77
6.1 Conclusões 77
6.2 Sugestões para trabalhos futuros 78
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água é um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico, sendo essencial à vida humana, ao desenvolvimento econômico e à preservação do meio ambiente. Esse recurso tem se tornando cada vez mais escasso, principalmente devido ao crescimento populacional acentuado e desordenado e ao aumento do consumo *per capita* de água aliado à poluição dos mananciais.

Diante desse cenário, cresce a necessidade de buscar fontes alternativas de água para solucionar os problemas de escassez hídrica em muitas regiões do Brasil e do mundo.

O aproveitamento da água de chuva é uma forma de uso eficiente da água, onde a água potável é substituída por uma água menos cara e mais acessível, preservando assim o seu uso onde não seria necessária a potabilidade.

Além disso, em regiões urbanizadas, devido a ocupação das áreas e a conseqüente impermeabilização dos solos, é grande o volume de águas pluviais que escoam pela superfície aumentando os riscos de enchentes. Portanto, a captação da água de chuva para aproveitamento também contribui para minimizar a sobrecarga na rede de drenagem urbana.

Um dos grandes problemas enfrentados pela técnica de aproveitamento de água de chuva nos grandes centros urbanos refere-se à aceitação social. Athayde Júnior et al (2008) pesquisaram sobre a aceitação da utilização da água de chuva perante a população de João Pessoa e constatou que mais da metade dos entrevistados têm conhecimento do uso das águas pluviais em residências, sendo que mais de um terço já a utilizou eventualmente. Somando-se o percentual das pessoas que já utilizaram águas pluviais com aquele relativo às pessoas que utilizariam águas pluviais em residências caso tivessem conhecimento da opção, a parcela de utilização aumentaria para quase dois terços (65,63%) dentre a população pessoense, demonstrando o alto grau de aceitação da alternativa.

Handia et al (2003) também pesquisaram a aceitação social do sistema de aproveitamento de águas pluviais em duas comunidades na Zâmbia, com população de 29.000 habitantes em Chazanga e 18.000 em Linda e constataram que mais de 90% dos entrevistados já utilizaram água de chuva em suas residências e aqueles que nunca a

utilizaram mostraram interesse na prática alternativa de abastecimento de água, confirmando a aceitação do uso dessas águas, inclusive em âmbito internacional.

Outra restrição que ainda existe para o aproveitamento da água de chuva para uso doméstico é a sua qualidade. Para que a alternativa seja bem aceita, é preciso haver viabilidade econômica da mesma e a qualidade da água ser de padrão aceitável.

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é analisar a qualidade da água da chuva na cidade de João Pessoa, para avaliar a viabilidade técnica de sua utilização para fins não potáveis e propor diretrizes para projeto de sistema de aproveitamento de águas pluviais no que se refere aos aspectos de qualidade das águas para utilização em residências.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a qualidade das águas de chuva em um sistema instalado na cidade de João Pessoa.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar amostras de águas de chuva coletadas em pontos de um sistema de captação de águas pluviais, quais sejam: coleta direta da atmosfera, após escoamento pela superfície de captação, nos dispositivos de descarte das primeiras chuvas e nos reservatórios de acumulação;
- Comparar os parâmetros analisados com os padrões de qualidade da água citados em: Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/11, Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 1), NBR Nº 15.527/07, NBR Nº 13.969/97 (classes 1, 2 e 3) e na Agência Nacional de Água (classe 1);
- Comparar a eficiência de duas unidades de tratamento para água de chuva: filtro de areia e dispositivo de descarte das primeiras chuvas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aproveitamento de águas pluviais no Brasil e no mundo

O acelerado crescimento populacional em diversos países e a escassez de recursos hídricos têm se tornado uma preocupação crescente em todo o mundo. De acordo com a Organização das Nações Unidas, a população mundial está crescendo atualmente em 77 milhões de pessoas por ano, o que significa que, mantendo esta taxa de crescimento haverá cerca de 9 bilhões de pessoas no mundo em 2050. Isso representa um aumento de 50% sobre a população mundial. Portanto, haverá sérios problemas de disponibilidade de água em muitos países e que será um desafio para os governos assegurar um adequado abastecimento de água potável a toda a população (GHISI, 2006).

No Brasil, o consumo *per capita* de água em residências é de cerca de 150 litros diários (SNIS, 2009), distribuídos em: 27% consumo (cozinhar, beber), 25% higiene (banho, escovar os dentes), 12% lavagem de roupa, 33% em descargas de vasos sanitários e 3% outros usos (lavagem de carro, etc). Isso demonstra que se existir uma fonte de água complementar ao abastecimento da concessionária local, pode-se economizar mais de 1/3 de toda água (NOGUEIRA, 2003).

Tomaz (2003) relata que quando se utiliza a água da chuva, cerca de 30% de água da rede pública é economizada, assim como foi mencionado anteriormente por Nogueira (2003). Vale salientar que Nogueira obteve esse percentual ao considerar apenas a utilização dessa água em descarga de bacia sanitária, visto que numa residência só este uso já consome em média 33% do consumo total.

A captação de água de chuva é uma técnica muito antiga e que foi sendo abandonada ao longo do tempo. Registros históricos mostram que essa água já era utilizada pela humanidade há milhares de anos, mas à medida que os sistemas de abastecimento de água foram se expandindo a prática do seu aproveitamento foi perdendo força (GONÇALVES, 2006). Atualmente, vem-se buscando um resgate dessa prática como fonte alternativa de água, porém com a utilização de novas tecnologias que viabilizem a implantação do sistema.

A literatura relata diversas experiências de sucesso no manejo e aproveitamento de água pluvial, tanto no âmbito nacional como internacional.

Em alguns países são oferecidos financiamentos para a construção de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, é o caso dos Estados Unidos, Alemanha e Japão (JAQUES, 2005).

Na Alemanha, um estudo realizado por Herrmann e Schmida (1999) mostrou que o potencial de economia de água potável numa residência pode variar de 30% a 60%, dependendo da demanda e da área do telhado. Na Austrália, Coombes et al (1999) analisaram o consumo de água em 27 residências em Newcastle, na Austrália, e concluíram que o uso da água de chuva pode promover economia de água potável em cerca de 60%. No Brasil, um estudo realizado por Ghisi et al (2006) em 62 municípios, mostrou que a água da chuva captada pode ser utilizada em usos não potáveis, resultando numa redução do consumo de água potável em cerca de 69%. Lima et al (2011) analisaram o potencial de economia de água potável pelo uso de água pluvial em residências de 40 cidades da região Amazônica no Brasil e verificaram um potencial médio de 76%.

Com base na literatura pesquisada, nota-se que o percentual de economia de água potável ao utilizar uma fonte alternativa de água depende dos usos aos quais ela será destinada, da precipitação da região e da área disponível para captação de água pluvial, podendo variar de 30% a 69%.

Segundo A *Environmental Protection Agency* (*EPA*) – Serviço de Proteção Ambiental aponta que nos Estados Unidos - existem mais de 200 mil reservatórios para aproveitamento de água de chuva (TOMAZ, 2003).

O Japão é outro país onde o uso de água pluvial assume um papel de destaque. De acordo com Campos (2004), por se tratar de um país pobre em recursos naturais, são comuns ações que promovem o uso racional da água. Zaizen et al (2000) citam exemplos de alguns ginásios no Japão que utilizam a água da chuva na descarga dos vasos sanitários e na irrigação. É o caso dos estádios de Tóquio, Nagoya e Fukuoka. Na cidade de Tóquio em particular, por estar distante 190 km do ponto de captação de água potável e por ter grandes áreas pavimentadas impedindo a infiltração da água no solo, o governo obriga que em áreas de terrenos maiores de 10.000 m² ou em edifícios que tenham mais que 3.000 m² de área construída, devem ser construídos reservatórios de detenção de água de chuva (TOMAZ, 2003).

Na China, desde o ano de 1990, a captação de água de chuva tornou-se uma estratégia do governo para solucionar os problemas de escassez nas regiões áridas e semi-áridas do país. Para expandir esta fonte alternativa de água foi criado um projeto

denominado “Projeto 121”, cujo objetivo era que cada família de agricultores construísse pelo menos duas cisternas com capacidade de 20 a 50m³ para cada hectare de terra destinado ao plantio de legumes ou árvores frutíferas. De 1990 a 2004 foram construídas cerca de 2 milhões de cisterna na zona rural de Gansu na China, este resultado significativo fez com que o governo e os agricultores chineses percebessem o valor real das águas pluviais. Os agricultores de Gansu, em 5 anos, aumentaram suas rendas em 18,2% com a venda de produtos agrícolas poduzidos usando água de chuva na irrigação (ZHU et al, 2004).

No Brasil, em algumas cidades, a exemplo de São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre, também existem legislações que obrigam empresas de grande porte a coletar águas pluviais, visando à redução de enchentes.

Na cidade de São Paulo, a Lei Municipal nº 13.276 (São Paulo, 2002), aprovada em 04 de janeiro de 2002, torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m², como medida para a contenção de enchentes.

Por outro lado, existem empresas brasileiras que adotam o sistema de aproveitamento das águas pluviais como uma forma de minimizar os gastos com o consumo de água canalizada e assumirem uma posição de destaque frente às políticas ambientais e sociais. É o caso da Ford, que utiliza água de chuva em alguns de seus processos internos, bem como o fabricante de acessórios metálicos para automóveis Keko (CARLON, 2005).

Já no semi-árido brasileiro a escassez de água em algumas localidades faz com que a população busque fontes alternativas de água para suprir as necessidades do uso doméstico, inclusive para cozinhar e beber, e das atividades na agricultura.

Iniciado em julho de 2003, o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do Semi-Árido brasileiro, através do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização, envolvimento e capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. O objetivo do P1MC é beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas em toda região semi-árida, com água potável para beber e cozinha, através das cisternas de placas (ASA, 2011).

Segundo a *ASA – Articulação no Semi-Árido Brasileiro*, cada cisterna tem capacidade de armazenar 16 mil litros de água (para 8 meses de abastecimento). A água

das chuvas é captada através de calhas instaladas nos telhados. A *ASA* relata também que a cisterna é construída por pedreiros das próprias localidades, formados e capacitados pelo P1MC e também pelas próprias famílias, que executam os serviços gerais de escavação, aquisição e fornecimento da areia e da água. Os pedreiros são remunerados e a contribuição das famílias nos trabalhos de construção se caracteriza com a contrapartida no processo.

Conforme enfatizado por Athayde Júnior *et al* (2006), em caso de locais desprovidos de sistema de abastecimento público de água, tal alternativa se justifica por si só, devido aos diversos benefícios advindos do abastecimento de água. Em locais que dispõem desse serviço, mas que passam por crises de desabastecimento, o aproveitamento de águas de chuva desempenharia importante papel na complementação da oferta de água. Já no caso de locais com serviços de abastecimento de água que estão funcionando bem e atendendo plenamente à demanda, ainda tal alternativa poderia ser considerada sob o ponto de vista econômico em comparação com a água fornecida pela concessionária local.

Em áreas de grande pluviosidade, o sistema de captação de águas pluviais pode ser aplicado como medida preventiva de enchentes e a água captada pode atender à demanda dos serviços em que a potabilidade não é necessária. Já em casos extremos, em áreas de seca, como é o caso do semi-árido nordestino, o sistema de captação de água pluvial pode ser a única fonte de água disponível.

3.2 Componentes básicos de um sistema de aproveitamento de águas pluviais

Um sistema de aproveitamento de água de chuva é um sistema descentralizado e alternativo para suprimento de água, uma vez que possui características próprias e individualizadas, sendo na essência independente de um sistema centralizado, além de promover a conservação dos recursos hídricos (GONÇALVES, 2006).

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva consiste basicamente em captar a água da chuva que escoa das superfícies impermeáveis, normalmente telhados ou lajes da edificação, a qual, em seguida, é conduzida até o local de armazenamento através das calhas e dos condutores verticais e horizontais.

Desta forma, pode-se dizer que um sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial é formado por três elementos básicos: área de captação, condutores e reservatório de armazenamento.

3.2.1 Área de captação

É a área utilizada para a coleta de água pluvial. Geralmente a captação é feita através das coberturas (telhado ou a laje da edificação).

Campos (2004) relata que a área de captação é um ponto crítico para o dimensionamento correto do sistema, uma vez que será a partir dela que será determinada a quantidade de água possível de ser captada e aproveitada. Além disso, essa área é critica no que diz respeito à qualidade da água captada, por ela estar exposta a poluentes, inclusive ela depende também do próprio material constituinte da área de captação.

Yaziz et al (1989) analisaram a qualidade das águas pluviais captadas em dois tipos diferentes de telhado, um composto por telhas de ferro galvanizado localizado no campus de uma Universidade de Agricultura na Malásia e outro por telhas cerâmicas localizado numa residência adjacente ao campus. Em ambos os sistemas as calhas e tubulações são de PVC. Foram coletadas 5 amostras de água de 1 litro durante um evento chuvoso em cada sistema. Os autores observaram que os coliformes fecais variaram de 4 a 8 NMP/100mL para o telhado de ferro galvanizado e de 8 a 13 NMP/100mL para o telhado de cerâmica e que os coliformes totais variaram de 25 a 63 NMP/100ml e de 41 a 75 NMP/100mL, respectivamente. Entretanto, verificaram que na quarta e quinta amostra em ambos os sistemas os coliformes fecais estiveram ausentes. As concentrações médias de zinco no telhado de ferro galvanizado foi 5 vezes maior que no de cerâmica, indicando a ação da lixiviação, mas em ambos os telhados os valores estiveram bem abaixo dos padrões de qualidade para consumo humano naquele país.

Yaziz et al (1989) também relataram que a intensidade de precipitação e o número de dias secos que antecedem um evento chuvoso afetam significativamente a qualidade da água de chuva captada, devido ao acúmulo de poeira, folhas, sujeiras que ocorre na superfície de captação.

Segundo May (2004), dependendo do uso final da água coletada e do tratamento a ser aplicado, a coleta de água de chuva pode ser feita também através de pisos pavimentados, tais como pátios, calçadas e estacionamentos, dentre outras partes.

Na china, existem casos em que a água da chuva é captada em superfícies impermeáveis ao nível do solo e armazenada em tanques subterrâneos (GNADLINGER, 2000) (Figura 1).

Figura 1: Pátio utilizado como área de captação de água pluvial na China.
Fonte: GNADLINGER, 2000**.**

3.2.2 Condutores

As calhas, os condutores verticais (tubos de queda) e horizontais são os dispositivos que transportam a água da chuva captada no telhado até o reservatório de armazenamento. A NBR 10.884 – Instalações Prediais de Águas pluviais (ABNT, 1989) fornece os critérios para o dimensionamento das calhas e dos condutores verticais e horizontais.

As calhas utilizadas para captar a água do telhado podem ser de vários tipos de material, desde os mais específicos até materiais alternativos normalmente usados no semi-árido como tubos de PVC cortados ao meio ou folhas de zinco dobradas em forma de “U” (GNADLINGER, 2000). A Figura 2 apresenta um exemplo de calha para coleta de chuva no semi-árido de Petrolina-PE.

Figura 2: Instalação de calha para coletar água de chuva no semi-árido de Petrolina – PE.
Fonte: Cavalcanti, 2011.

Para garantir a eficiência do sistema, deve-se fazer manutenção periódica dos condutores, principalmente para que não ocorra entupimentos e não prejudique a qualidade da água. Recomenda-se a utilização de grades para retirada de folhas e gravetos, que podem acumular-se na saída da calha ou ao longo do seu comprimento (MAY, 2004).

3.2.3 Reservatório de armazenamento

O reservatório de armazenamento é um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial, porque tem como objetivo armazenar a água da chuva coletada.

É a variável do sistema que mais pesa no custo de implantação (ABDULLA, 2009). Segundo Thomas (2001), o custo do reservatório pode variar de 50% a 85% do custo total de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

A eficiência do sistema depende da quantidade de água captável, em outras palavras, quanto maior o reservatório mais chuva será armazenada. Entretanto, tal relação pode inviabilizar a implantação do sistema já que a aquisição ou construção de reservatórios de grandes proporções, na maioria das vezes com capacidade ociosa, acarretará além de um custo significativo um problema de espaço físico para sua implantação.

Para o dimensionamento adequado do reservatório devem ser considerados a área de captação, a demanda de água, o índice pluviométrico da região e o coeficiente de escoamento, que varia com a inclinação do telhado e com o material da superfície de captação (GONÇALVES, 2006).

Segundo Gonçalvez (2001), a melhor forma de armazenamento de água é a cisterna subterrânea. Sem luz e calor, retarda-se a ação das bactérias. Em geral, qualquer material impermeável e não tóxico pode ser usado: fibra de vidro, tanques de polietileno, aço inox ou concreto. As cisternas maiores são normalmente feitas de concreto, material para o qual ainda se tem a vantagem de neutralizar a acidez da água da chuva. Há ainda as cisternas metálicas que, devido à absorção de calor, poderão "purificar" a água através da esterilização (CAMPOS, 2004).

No estudo realizado por Handia et al (2003), analisou-se a qualidade da água em dois reservatórios de armazenamento de águas pluviais já existentes na cidade de Batoka na Zâmbia, sendo um construído em concreto e o outro em tijolo queimado. A água era captada do telhado cujo material constituinte era o ferro, as calhas eram chapas de ferro dobradas e não existia dispositivo de descarte dos primeiros milímetros de chuva. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da qualidade da água em dois reservatórios na Zâmbia

Parâmetro	Reservatório A (concreto)	Reservatório B (tijolo)	OMS (VMP)
pH	7,3	7	6.5 - 8.5
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	12,6	8,5	1000
Sulfato (mg/L)	1,66	1,69	250
Turbidez (mg/L)	0,42	0,56	5
Chumbo (mg/L)	< 0.01	< 0.01	0,01
Zinco (mg/L)	0,62	0,67	3
Cloretos (mg/L)	6	5	250
Nitrato	5,11	4,15	10
Coliformes totais (NMP/100mL)	8	0	0
Coliformes fecais (NMP/100mL)	7	0	0

Fonte: Handia et al (2003).

Os resultados mostram que para o tanque B construído em tijolo queimado todos os parâmetros estudados estiveram abaixo do valor máximo permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), indicando que a água de chuva armazenada neste reservatório pode ser utilizada para fins potáveis. Já para o tanque A construído em concreto os parâmetros bacteriológicos não estiveram ausentes conforme recomenda a OMS, embora apresentaram-se com valores baixos, indicando que após tratamento adequado esta água pode se tornar potável. Observa-se portanto, que mesmo sem

descarte do primeiro fluxo de água, em ambos os tipos de reservatórios a qualidade da água já é satisfatória.

Em termos de viabilidade econômica, apesar do elevado custo do reservatório Athayde Júnior et al (2008) apontam que, em geral, a técnica de aproveitamento de água de chuva em residências é viável, notadamente para padrão sócio-econômico elevado de edificação, para os quais os valores da tarifa de água cobrada pela concessionária local são mais elevados.

3.3 Qualidade das águas pluviais

As principais restrições para o aproveitamento da água de chuva para uso doméstico têm sido as que se referem aos aspectos da sua qualidade. De acordo com Gnadlinger (2007), a qualidade de qualquer água é determinada pela qualidade da fonte de água, por sua exposição a contaminantes durante o processo de manejo (captação, armazenamento, tratamento) e pela forma como chega ao consumidor.

A qualidade da água da chuva depende das características da área onde o sistema de aproveitamento de águas pluviais será implantado, tais como clima, topografia e proximidade de fontes poluidoras (VÁSQUEZ et al, 2003; EVANS et al, 2006), como também dos materiais constituintes da área de captação (YAZIZ et al, 1989; ZHU et al, 2004), das impurezas depositadas na superfície do telhado, das calhas e tubulações que conduzem a água para o reservatório, do local do armazenamento e por fim do tipo de tratamento antes do consumo.

Para a utilização da água de chuva é necessário estudá-la qualitativamente, e para isso deve-se estabelecer os padrões de qualidade que a mesma deve atender de acordo com os usos pretendidos.

Entre os principais parâmetros de controle de qualidade da água de um sistema de utilização como fonte alternativa à distribuição pública para fins não potáveis estão aqueles que possam acarretar em repulsa quanto à sua utilização como cor, odor, turbidez e presença de sólidos, que possam ocasionar risco à saúde como presença de bactérias e organismos patogênicos e que possam ocasionar danos aos sistemas e instalações como pH e dureza.

3.3.1 Qualidade da água de chuva coletada diretamente da atmosfera

A água pluvial pode ser considerada como uma água de boa qualidade, principalmente devido ao processo de destilação natural. A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora (TOMAZ, 2003).

Nas áreas como centro urbanos e pólos industriais as alterações nas concentrações naturais da água de chuva ocorrem devido a poluentes do ar, como o dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x), provenientes do processo de combustão (GONÇALVES, 2006).

Budhavant et al (2011) analisaram a qualidade das águas pluviais em diferentes regiões do sudoeste da Índia e verificaram que os valores de pH mais elevados ocorreram nas localidades com tráfego intenso de veículos, em função da poluição atmosférica.

Vaccari et al (2005) afirmam que em regiões próximas aos oceanos a água da chuva apresenta elementos como o sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar. Isto ocorre porque ao promover a limpeza da atmosfera, a chuva traz consigo os contaminantes presentes na mesma, podendo afetar as características naturais da água da chuva.

A Tabela 2 apresenta os resultados de algumas análises da água de chuva coletada diretamente da precipitação atmosférica para diferentes cidades brasileiras.

Tabela 2– Qualidade da água de chuva antes do contato com a superfície de captação

Parâmetros	Unidade	Fonte				*Portaria Nº 518/04 MS (VMP)	Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 2) (VMP)
		Jaques et al (2006)	Vaccari et al (2005)	Hernandes e Amorin (2006;2007)	Costa et al (2007)		
Local		Florianópolis - SC	Vitória - ES	Ribeirão Preto - SP	João Pessoa - PB		
pH	-	4,92 - 5,80	4,70 - 8,32	4,90 - 6,50	5,24	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0
Cloretos	mg/L	<< 250	0,50 - 25,1	---	17,2	250	250
Dureza	mg/L	< 500	4,80 - 39,5	---	20,1	500	-
Cor	uH	---	---	2,50 - 10	0	15	75
Turbidez	uT	---	0,20 - 9,80	2,84 - 7,29	0,34	5	100
DBO	mg/L	0,80 - 6,40	1,70 - 29	---	---	-	5
DQO	mg/L	10 - 144	0 - 34,80	---	---	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0	0	---	---	Ausentes	1.000

*Vigente à época.

Fonte: Adaptado de Pimentel *et al* (2008).

Os valores de pH apresentados apontam para uma chuva levemente ácida. Esse fato é considerado normal, devido à presença de gases como CO_2, SO_x e NO_x, que reagem com a água da chuva formando ácidos e diminuindo o pH (JAQUES et al, 2006).

Os resultados dos cloretos ficaram bem abaixo do valor máximo estabelecido pela Portaria Nº 518/ 2004 (vigente à época) do Ministério da Saúde e da Resolução do CONAMA Nº 357/2005.

Conforme descreve a literatura, 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 este parâmetro seja próximo de zero, a citar indústrias que utilizam sabão nos seus processos de fabricação (VACCARI et al, 2005).

Os valores de DBO também apresentaram resultados baixos, com exceção do valor máximo encontrado no estudo de Vaccari et al (2005). A DQO seguiu a mesma tendência, apresentando uma variação maior no estudo de Jaques et al (2006).

Por fim, a água de chuva coletada diretamente da atmosfera apresentou-se isenta de coliformes termotolerantes. Portanto, os resultados pesquisados corroboram a afirmação de que a água pluvial é de boa qualidade.

3.3.2 Qualidade da água de chuva após escoamento sobre o telhado

Parte da contaminação da água da chuva se dá após sua passagem pela superfície de captação. Os fatores de contaminação são as fezes de aves e roedores, animais mortos em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores presentes nas coberturas.

Segundo Tomaz (2003), as fezes de pássaros e de outros animais pequenos depositadas sobre os telhados e carregadas com a chuva, podem causar problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastro-intestinais, ao serem carreadas pela água de chuva.

Para que a qualidade da água não seja comprometida, os primeiros milímetros de chuva devem ser descartados no sistema de aproveitamento de águas pluviais. No caso dessa água ser captada a partir do telhado é aconselhável o descarte para que seja feita a limpeza do telhado devido à elevada concentração de poluentes e matéria orgânica encontrados no mesmo (CAMPOS, 2004; MAY, 2004; TORDO, 2004, VILLARREAL *et al*, 2005; SILVA *et al*, 2012).

Silva et al (2012) analisaram durante uma ano a qualidade da água de chuva no município de Itabira-MG, referente as precipitações de 5mm, 10mm, 15mm e 20mm. Ao final do estudo concluíram que o volume precipitado e, principalmente, o período sem chuvas anterior a coleta da amostra exercem forte influência na qualidade da água de chuva amostrada. Perceberam que as amostras coletadas referentes às precipitações de maiores volumes e em dias sucessivos de chuvas apresentaram qualidade superior àquelas coletadas referentes às precipitações de menores volumes e após longos períodos sem chuvas, devido ao menor acúmulo de materiais na superfície de captação e maior diluição dos mesmos na água acumulada. Os autores relatam também que os parâmetros de qualidade analisados nas amostras das águas de chuvas coletadas não atenderam em todo o momento os limites recomendados pela NBR 15.527/2007, quanto aos padrões para usos da água de chuva em fins não potáveis. Demonstrando que apesar da boa qualidade da água da chuva, esta deve passar por etapas de tratamento para sua utilização nesta finalidade.

Segundo a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, devem ser descartados, a fim de limpar a superfície de captação, de 1 a 2 litros de água por metro quadrado do telhado (RODRIGUES *et al*, 2007), o que corresponde a 1 – 2 mm de precipitação pluviométrica.

Quando se utiliza como área de captação o telhado da residência, deve-se ter o cuidado também de verificar qual o material que este telhado foi confeccionado. Segundo Terry (2001) *apud* Tomaz (2003), os telhados mais eficientes na coleta da água de chuva para verificação de sua qualidade são em ordem crescente: telhas cerâmicas, plásticos, fibrocimento, metálico. Ghanayem (2001) *apud* Tomaz (2003), concluiu que geralmente o pH da água de chuva encontra-se na faixa 4,5 a 5,8 ,mas quando a água de chuva entra em contato com o telhado, o pH aumenta para cerca de 6,5.

Jaques et al (2006) analisaram a qualidade da água da chuva após a passagem por dois tipos de telhados: de telhas cerâmicas e 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. O cimento amianto é composto por mais de 90% de cimento e menos de 10% de fibras de amianto crisotila, cuja fórmula química é $Mg_3\ Si_2\ O_5\ (OH)_4$, geralmente é responsável pelo aumento do pH. Portanto, as alterações verificadas nos dois tipos de telhados confirmam que as partículas acumuladas nos mesmos, bem como as composições diferentes dos materiais elevam o pH.

A Tabela 3 apresenta os resultados de alguns estudos realizados sobre a qualidade da água de chuva coletada após escoamento sobre a superfície de captação.

Tabela 3– Qualidade da água de chuva após escoamento sobre a superfície de captação

Parâmetros	Unidade	Fonte				*Portaria Nº 518/04 MS (VMP)	Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 2) (VMP)
		Jaques et al (2006)	Vaccari et al (2005)	Hernandes e Amorin (2006;2007)	Costa et al (2007)		
Local		Florianópolis - SC	Vitória - ES	Ribeirão Preto - SP	João Pessoa - PB		
pH	-	5,64 - 8	5,61 - 9,18	6,40 - 6,90	6,72	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0
Cloretos	mg/L	<< 250	0 - 54,40	---	10,5	250	250
Dureza	mg/L	< 500	6,70 - 98,80	---	21,4	500	-
Cor	uH	15 - 180	---	2,50 - >25	0	15	75
Turbidez	uT	1,31 - 45,60	0,80 - 41,50	1,70 - 804	0,81	5	100
DBO	mg/L	0,80 - 6,40	1,0 - 27	---	---	-	5
DQO	mg/L	10 - 144	4,90 - 79,20	---	---	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Presentes	0 - 50	< 1 - 77	---	Ausentes	1.000

*Vigente à época.

Fonte: Adaptado de Pimentel *et al* (2008).

Para a água da chuva coletada após a passagem pelo telhado, foram observados valores de pH e dureza mais elevados. Os valores de cloretos se apresentaram bem abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 518/04 (vigente à época) e da Resolução CONAMA Nº 357/05, onde o valor máximo permitido é de 250 mg/L. Já o valor de cor mais elevado foi de 180 uH, ultrapassando o valor máximo estabelecido tanto pela Portaria do Ministério da Saúde como pela Resolução CONAMA.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, foi detectado a presença de microorganismos nas amostras de água, o que indica a contaminação por fezes de animais de sangue quente. Entretanto, os estudos relatam que, com o passar do tempo, esses microorganismos diminuíram, melhorando a qualidade da água. Por esta razão, é recomendado que as primeiras chuvas devem ser descartadas (JAQUES et al, 2006; VACCARI et al, 2005; COSTA et al, 2007; HERNANDES e AMORIM, 2007).

No estudo de Yaziz et al (1989), para avaliar a qualidade da água após escoamento pela superfície de captação e determinar a quantidade necessária para o descarte das primeiras chuvas, amostras de água foram coletadas através de 5 garrafas de 1 litro cada posicionadas uma ao lado da outra no sistema de captação e todas continham em seu interior uma bola de ping pong para bloquear a entrada de água na garrafa e conduzi-la para a próxima. Ao final do estudo os autores relatam que todos os parâmetros apresentaram concentrações mais baixas ao longo dos 5 litros coletados e que, embora os coliformes fecais apresentando-se ausentes a partir do quinto litro das primeiras

chuvas, é necessário mais pesquisas para concluir a quantidade do descarte. Vale salientar que este resultado dependeu da área de captação escolhida para o trabalho, que foi 15m², das condições climáticas do local do estudo e da distância de fontes poluidoras. Assim, conforme já mencionado em estudo mais recente realizado por Rodrigues et al (2007), é indicado descartar de 1 a 2 litros por m² de área de captação.

3.3.3 Qualidade da água de chuva no reservatório de acumulação

Segundo a pesquisa de Martinson et al (2003), cada evento de escoamento da água de chuva pelo telhado tem como conseqüência uma possível contaminação bacteriológica no tanque de armazenamento. Por outro lado, estudos mostram que em termos físicos a qualidade da água no reservatório melhora com o tempo, sobretudo por causa do processo de sedimentação dos sólidos presentes na água de chuva (GONÇALVES, 2006; GNADLINGER, 2007).

Gonçalves (2006) analisou a qualidade da água de chuva no reservatório, após sete dias de armazenamento. Neste estudo verificou-se que os resultados dos sólidos suspensos totais (SST) foram iguais a zero. Entretanto, não foi observada redução significativa em relação ao parâmetro coliformes totais. Ao final da pesquisa o autor chegou à conclusão que o reservatório de armazenamento de água de chuva pode funcionar como um decantador, visto que proporciona a sedimentação dos sólidos presentes na água. Já em termos microbiológicos não foram verificadas grandes alterações, pois como a água da chuva é considerada de boa qualidade, o baixo número de microorganismos encontrados estão dispersos e seu peso próprio não é suficiente para a sedimentação.

Sazakli et al (2007) estudaram a qualidade da água de chuva na parte norte da ilha de Kefalonia na Grécia, onde são poucos os reservatórios de água subterrânea na parte norte da ilha, devido à estrutura geomorfológica, existindo apenas 2 poços profundos na área e de baixa capacidade, por esta razão é prática comum a captação de águas pluviais para aproveitamento nas residências, inclusive com finalidades potáveis. O sistema de captação da água de chuva era composto pela superfície de captação, sendo esta uma área pavimentada, por dispositivo de descarte dos primeiros fluxos de água e por 23 reservatórios de armazenamento, sendo 13 que recebem apenas água de chuva e 10 de água subterrânea misturada com água de chuva. As amostras foram coletadas nos reservatórios quatro vezes por ano, a partir do verão de 2002 até a primavera de 2005.

Nos resultados reportados por Sazakli et al (2007) e apresentados na tabela 4, os valores de pH das águas de chuva coletadas variou de 7,63 a 8,80, indicando que uma condição alcalina da mesma. A condutividade apresentou valor médio de 103 µS/cm para o reservatório com apenas água de chuva e 375 µS/cm para o de água subterrânea misturado com água de chuva. Os autores do estudo relatam que os valores de condutividade foram mais elevados no inverno, enquanto que no verão ocorreu diminuição provavelmente devido à sedimentação que ocorre nos reservatórios no período de estiagem. Em relação aos cloretos e à dureza, os maiores valores encontrados foram, respectivamente, de 16 mg/L e 74 mg/L para as águas de chuva, enquanto que para as outras foi de 78 mg/L para os cloretos e de 402 mg/L para a dureza. Por outro lado, em 80,3% das amostras de água de chuva foram detectados coliformes totais e em 40,9% foram encontrados coliformes fecais. Os percentuais correspondentes para a outra água não diferiram, apresentando valores de 72,7% e 40,9%, respectivamente.

Tabela 4– Resultados das análises no reservatório de água de chuva e no reservatório de água subterrânea misturada com água de chuva

Parâmetro	Água de chuva (n = 156)			Água subterrânea misturada com água de chuva (n = 144)			CMA* (98/93/UE
	Média	Min-Máx	Amostras acima da CMA* (%)	Média	Min-Máx	Amostras acima da CMA* (%)	
pH	8,31	7,63 - 8,80		7,86	7,36 - 8,6		6,5 - 9,5
Condutividade (µS/cm)	103,00	56 - 220		375,00	312 - 973		2500
Nitrato (mg/L)	7,04	5,28 - 13,02		7,14	5,28 - 24,7		50
Nitrito (mg/L)	0,013	0,003 - 0,043		0,013	0,003 - 0,125		0,50
Amônia (mg/L)	0,01	0,01 - 0,05		0,03	0,01 - 0,10		0,50
Fosfato (mg/L)	0,09	0,01 - 0,62		0,12	0,04 - 0,66		6,67
Sulfato (mg/L)	8,00	1 - 13		5,00	1 - 215		250
Cloreto (mg/L)	7,00	3 - 16		13,00	5 - 78		250
Dureza (mg/L)	40,00	24 - 74		200,00	155 - 402		-
Alcalinidade (mg/L)	42,50	6 - 48		185,00	150 - 340		-
Cálcio (mg/L)	15,20	10,6 - 19,2		44,80	25,4 - 90		-
Magnésio (mg/L)	0,60	0,4 - 2,4		26,40	19,1 - 37,5		-
Sódio (mg/L)	6,00	2 - 11		12,00	6 - 82		200
Potássio (mg/L)	2,40	0,7 - 3,6		10,00	0,4 - 2,6		12
Fluoreto (mg/L)	<0,01	<0,01 - <0,01		0,19	0,07 - 0,20		1,50
Ferro (mg/L)	0,011	0,006 - 0,04		0,01	0,007 - 0,130		0,20
Manganês (mg/L)	0,001	<0,005 - 0,073	1,0	0,005	<0,0005 - 0,040		0,05
Cádmio (mg/L)	0,0005	<0,0001 - 0,00019		0,022	<0,01 - 0,00148		0,005
Chumbo (mg/L)	< 0,002	<0,002 - 0,0069		0,02	<0,002 - 0,0122	4,60	0,01
Cobre (mg/L)	< 0,0025	<0,0025 - 0,013		0,0031	<0,0025 - 0,0392		2
Cromo (mg/L)	< 0,0013	<0,0013 - 0,0048		<0,0013	<0,0013 - 0,0034		0,05
Níquel (mg/L)	< 0,01	<0,01 - 0,0122		<0,01	<0,01 - 0,0147		0,02
Zinco (mg/L)	0,01	<0,01 - 0,077		<0,01	<0,01 - 0,035		-
Coliformes totais (UFC/100mL)	11,00	0 - 570	80,3	5,000	0 - 500	72,70	0
E. Coli (NMP/100mL)	0,00	0 - 250	40,9	0,00	0 - 280	40,90	0
Enterococos (UFC/100mL)	0,00	0 - 32	28,8	0,00	0 - 120	43,20	0

* CMA – Concentração máxima admissível.
* n – número de amostras.

Fonte: Sazakli et al, 2007.

Ao final do estudo, Sazakli et al (2007) concluíram que a qualidade química das águas pluviais na ilha de Kefalonia é bastante satisfatória, em que nenhum parâmetro apresentou resultados acima das concentrações máximas permitidas para fins potáveis. Contrariamente, a qualidade microbiológica não foi aceitável para consumo humano, embora tenha se apresentado com valores baixos. Outra conclusão da pesquisa, é que a gestão integrada do sistema de aproveitamento de água de chuva deve consistir de limpeza regular tanto da superfície de captação como dos reservatórios, que também devem conter dispositivos de descarte das primeiras chuvas e que a desinfecção da água é necessária para garantir a qualidade da água no ponto de consumo.

A Tabela 5 apresenta resultados de análises da qualidade da água no reservatório de trabalhos realizados em diferentes localidades do Brasil.

Tabela 5– Qualidade da água de chuva no reservatório de acumulação

Parâmetros	Unidade	Fonte				*Portaria Nº 518/04 MS (VMP)	Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 2) (VMP)
		Jaques et al (2006)	Annecchini et al (2006)	Hernandes e Amorin (2006;2007)	Pinheiro et al (2005)		
Local		Florianópolis - SC	Vitória - ES	Ribeirão Preto - SP	Blumenau - SC		
pH	-	5,13	6,21 - 6,53	6,3 - 9,7	5,21 - 6,82	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0
Cloretos	mg/L	13,95	---	---	2,82 - 5,64	250	250
Dureza	mg/L	11,78	---	---	3 - 48	500	-
Cor	uH	5	0,7 - 2,5	2,5 - 10	7 - 43	15	75
Turbidez	uT	4,7	0,2 - 0,5	0,95 - 5,30	0,2 - 5,0	5	100
DBO	mg/L	---	1,2 - 2,0	---	---	-	5
DQO	mg/L	---	---	---	---	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	13,1	---	1 - 77	2 - 900	Ausentes	1.000

* Vigente à época.

Fonte: Adaptado de Pimentel *et al* (2008).

Os coliformes termotolerantes estiveram presentes nas amostras coletadas, chegando até a 900 NMP/100mL, caracterizando a não potabilidade da água. Porém, observa-se que os resultados bacteriológicos apresentados estão abaixo do limite máximo estabelecido na Resolução CONAMA Nº 357/05 para corpos d'água classe 2.

Em relação ao pH, foi verificado que, no geral, os valores estiverem abaixo dos limites de referência, com exceção dos estudos de Hernandes e Amorin (2006; 2007), cujo valor máximo encontrado foi de 9,7. Segundo os autores citados, isto decorreu do contato da água com o material alcalino presente na cisterna, local onde ocorreu forte mudança de pH.

3.3.4 Qualidade da água no reservatório Gramame-Mamuaba

Para efeito comparativo da qualidade das águas de chuva com águas de mananciais utilizadas no abastecimento público de água, apresenta-se a seguir o caso do reservatório Gramame-Mamuaba, o principal manancial do sistema que atende a grande João Pessoa.

Lucena et al (2009) analisaram os dados de qualidade da água do reservatório de água Gramame-Mamuaba, que abastece a cidade de João Pessoa, obtidos do programa de monitoramento da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) no período entre 2004 e 2007, com o objetivo de comparar a água do reservatório, que está classificada como água doce de classe 2, com os padrões estabelecidos pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/05 para esta classe e verificaram que apenas o oxigênio dissolvido apresentou-se fora do padrão no ano de 2006.

Analisando os dados de coliformes termotolerantes desta água, verifica-se que variaram de 0 a 800 VMP/100ml, já os resultados desses microorganismos para as águas de chuva coletadas diretamente da atmosfera e analisadas por Jaques et al (2006) e Vaccari et al (2005) estiveram isentas destes microorganismos (ver tabela 1), estando portanto, compatíveis aos padrões de água potável. Para as águas de chuva analisadas após a passagem pela superfície de captação, eles obtiveram valores de coliformes que variaram entre 0 a 50 VMP/100ml e Hernandes e Amorin (2006;2007) obtiveram valores entre 1 a 77 VMP/100ml, demonstrando que apesar de não ter sido observado condição de potabilidade para a água de chuva neste ponto de coleta, os valores obtidos estiveram bem abaixo daqueles referentes ao reservatório de Gramame-Mamuaba.

Para as águas de chuva analisadas no reservatório de acumulação por Jaques et al (2006), Pinheiro et al (2005), Hernandes e Amorin (2006;2007), os coliformes termotolerantes apresentaram-se também presentes e numa faixa de variação entre 13,1 e 900 VMP/100ml, caracterizando também a água como imprópria para o uso potável, entretanto observa-se que o maior valor de 900 VMP/100ml encontrado por Pinheiro et al (2005) está próximo ao valor de 800 VMP/100ml apresentado por Lucena et al (2009) para o reservatório Gramame-Mamuaba, indicando que assim como as águas superficiais após tratamento adequado tornam-se potáveis, as águas pluviais também poderiam tornar-se adequadas ao consumo humano após tratamento.

3.3.5 Padrões de qualidade da água conforme os usos

Para avaliar a qualidade da água da chuva é necessário estabelecer padrões de qualidade aos quais ela deva atender, conforme seus usos pretendidos para ela.

Em 24 de outubro de 2007 entrou em vigor a NBR 15527 – *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis* (ABNT, 2007). Esta Norma fornece os requisitos para o aproveitamento da água de chuva e se aplica a usos não potáveis em que estas águas podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, para descargas de bacias sanitárias, irrigação de gramado e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios e alguns usos industriais.

Em relação aos padrões de qualidade da água, a referida norma indica que estes devem ser estabelecidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Por outro lado, para usos mais restritivos, ela fornece os seguintes padrões (Tabela 6). Vale salientar que a norma não define quais são estes usos mais restritivos.

Tabela 6– Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre[a]	Mensal	0,5 a 3 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT[b] , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH[c]
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

[a] No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

[b] uT é a unidade de turbidez.

[c] uH é a unidade Hazen.

Fonte: ABNT (2007).

Na ausência de padrões de qualidade para usos menos restritivos, pode-se adotar as legislações disponíveis atualmente, que estabelece padrões de qualidade para a água tratada e destinada ao consumo humano, através da Portaria Nº 2.914/11 do Ministério da Saúde, como também da Resolução CONAMA Nº 357/05 que estabelece os padrões de qualidade para corpos d'água.

A portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914 (BRASIL, 2011) dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A água potável deve estar em conformidade com os padrões de aceitação para consumo humano apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Padrões de qualidade para consumo humano

Parâmetros	Unidade	VMP
pH	-	6,0 a 9,5
Cor	uH	15
Turbidez	uT	5
Dureza	mg/L	500
Cloretos	mg/L	250
STD	mg/L	1000
Nitrato	mg/L	10
Nitrito	mg/L	1
Amônia	mg/L	1,5
Coliformes Totais	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL

Fonte: BRASIL (2011).

Segundo a Resolução CONAMA Nº 357 (BRASIL, 2005), as águas doces de classes 1, 2 e 3 se destinam, entre outros usos, ao abastecimento para consumo humano, entretanto para a classe 1 este uso deve ser após tratamento simplificado e para a classe 2 e 3 após tratamento convencional.

Os padrões de qualidade para a classe 2 já foram mencionados nas tabelas 2, 3 e 5, e para a classe 1 encontram-se descritos na Tabela 8.

Tabela 8– Padrões de qualidade para água doce classe 1

Parâmetros	Unidade	CONAMA Nº 357/05 (classe 1)
pH	-	6,0 a 9,0
Turbidez	uT	< 40
Dureza	mg/L	-
Cloretos	mg/L	< 250
STD	mg/L	< 500
DBO	mg/L	< 3
Nitrato	mg/L	< 10
Amônia	mg/L	< 3,7
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	< 200

Fonte: Brasil (2005).

Segundo a *Agência Nacional de Águas - ANA* (SAUTCHUNK et al, 2005), as águas para reuso são divididas 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 as águas de reuso de classe 2, os usos previstos são associados 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 são irrigação de áreas verdes e rega de jardins. Para as águas de classe 4, o uso pretendido é resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

As Tabelas 9 a 12 apresentam os parâmetros a serem verificados em cada uma das quatro classes de água de reuso.

Tabela 9 – Parâmetros característicos para água de reuso de classe 1

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 a 9,0
Cor (uH)	≤ 10 uH
Turbidez (uT)	≤ 2 uT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total (mg/L)	≤ 0,1 mg/L
Sólidos suspensos totais (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 500 mg/L

Fonte: Sautchunk et al (2005).

Tabela 10 Parâmetros básicos para água de reuso de classe 2

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais	≤ 1000/100 mL
pH	Entre 6,0 a 9,0
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO (mg/L)	≤ 30 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Sólidos suspensos totais (mg/L)	30 mg/L

Fonte: Sautchunk et al (2005).

Tabela 11 – Parâmetros básicos para água de reuso de classe 3

Parâmetros		Concentrações
pH		Entre 6,0 a 9,0
Salinidade		0,7 < EC (dS/m) < 3,0
		450 < SDT (mg/L) < 1500
Irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3,0 a 9,0
	Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
	Cloro residual (mg/L)	Máximo de 1 mg/L
Irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	≤ 3,0
	Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L
	Cloro residual (mg/L)	< 1 mg/L
Irrigação de culturas alimentícias	Boro (mg/L)	0,7 mg/L
Regas de jardim e similares		3,0 mg/L
Nitrogênio total (mg/L)		5 - 30 mg/L
DBO (mg/L)		< 20 mg/L
Sólidos suspensos totais (mg/L)		< 20 mg/L
Turbidez (uT)		< 5 uT
Cor aparente (uH)		< 30 uH
Coliformes fecais		≤ 200/100 mL

Fonte: Sautchunk et al (2005).

Tabela 12 – Parâmetros básicos para água de reuso de classe 4

Parâmetros	Sem recirculação	Com recirculação
Sílica (mg/L)	50	50
Alumínio (mg/L)	Sem recomendação	0,1
Ferro (mg/L)	Sem recomendação	0,5
Manganês (mg/L)	Sem recomendação	0,5
Amônia (mg/L)	Sem recomendação	1,0
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	1000	500
Cloretos (mg/L)	600	500
Dureza (mg/L)	850	650
Alcalinidade (mg/L)	500	350
Sólidos suspensos totais (mg/L)	5000	100
pH	5,0 - 8,3	6,8 - 7,2
Coliformes totais (NMP/100mL)	Sem recomendação	2,2
Bicarbonato (mg/L)	600	24
Sulfato (mg/L)	680	200
Fósforo (mg/L)	Sem recomendação	1,0
Cálcio (mg/L)	200	50
Magnésio (mg/L)	Sem recomendação	30
OD (mg/L)	Presente	Sem recomendação
DQO (mg/L)	75	75

Fonte: Sautchunk et al (2005).

Existe também a NBR 13.969 - *Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação* (ABNT, 1997), que também trata das classes de reuso da água, estabelecendo padrões que a mesma deve atender conforme os usos pretendidos, a citar:

- Classe 1 – Lavagem de carros;
- Classe 2 – Lavagem de pisos, calçadas, irrigação; e
- Classe 3 – Descarga de vasos sanitários.

A Tabela 13 apresenta os padrões estabelecidos para cada classe de reuso.

Tabela 13 – Parâmetros para água de reuso

Parâmetro	Unidade	VMP		
		Classe 1	Classe 2	Classe 3
pH	-	6 a 8	-	-
Turbidez	uT	5	5	10
Cloro residual	ppm	0,5 a 1,5	> 0,5	-
STD	ppm	200	-	-
Coliformes fecais	NMP/100mL	200	100	500

Fonte: ABNT (1997).

3.3.6 Operações e critérios de projeto para garantir a qualidade da água

Na implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial devem-se estabelecer critérios tanto nos aspectos quantitativos como qualitativos.

Os aspectos quantitativos estão sujeitos à precipitação local e ao dimensionamento correto de todo o sistema. Já os aspectos qualitativos estão relacionados com cuidados que devem ser tomados nas fases de construção, operação e manutenção do sistema, para garantir a qualidade da água captada e armazenada (CAMPOS, 2004).

Conforme citado no estudo de Carlon (2005), alguns desses cuidados são:

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de microorganismos;
- A tampa de inspeção deve ser fechada;
- A saída do extravasor deve conter grade para evitar a entrada de animais;
- Pelo menos uma vez por ano deve ser feita a limpeza no reservatório, removendo a lama que se acumula no fundo;
- O reservatório deve conter uma pequena declividade no fundo para facilitar a limpeza e retirada de lodo;
- A limpeza das calhas deve ser freqüente, principalmente nos locais onde há presença de árvores;
- A tubulação de água de chuva deve ser de outra cor para realçar o uso não potável;
- Deve ser verificada a necessidade de filtração e cloração da água de chuva armazenada;
- Não deverá ser feita a conexão da rede de água potável com a rede de água de chuva no sistema de distribuição.

3.3.7 Unidades para melhoria da qualidade da água de chuva

Diversos estudos encontrados na literatura têm mostrado que as primeiras chuvas são as mais poluídas num evento chuvoso, principalmente após um longo período de estiagem. Isto ocorre porque a chuva inicial lava a atmosfera e a superfície de captação, que contém muitas impurezas, devido à deposição no telhado de matéria orgânica eliminada pelos pássaros e/ou trazidas pelo vento, como folhas, gravetos e pequenos insetos. Portanto, esta água inicial da chuva deve ser desviada do reservatório de acumulação, para não comprometer a qualidade da água armazenada para aproveitamento (CAMPOS, 2004; MAY, 2004; TORDO, 2004; VILLARREAL *et al*, 2005; SILVA et al, 2012).

Souza et al (2011) avaliaram a aplicabilidade de dispositivos de descarte automático das primeiras águas de chuva como barreiras sanitárias, por meio da investigação da qualidade da água encaminhada às cisternas. Os resultados obtidos indicaram que esses dispositivos de descarte têm influência positiva em reduzir substancialmente a concentração de importantes parâmetros indicadores da qualidade da água, como turbidez, coliformes totais e bactérias heterotróficas totais, configurando-se como eficientes barreiras sanitárias para melhoria da qualidade da água encaminhada às cisternas.

Várias técnicas são empregadas para o descarte desta água de lavagem da atmosfera e do telhado, que podem ser de forma manual ou de forma automática, como por exemplo através de dispositivos de auto-limpeza (Figura 3).

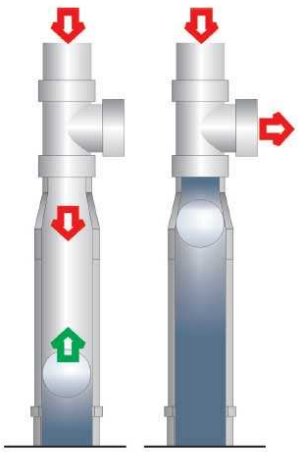


Figura 3: Esquema básico de dispositivo automático de descarte das primeiras chuvas
Fonte: ALVES et al, 2008.

No estudo realizado por Rodrigues *et al* (2007), com o intuito de conceber à população do semi-árido brasileiro um sistema de captação com um dispositivo de proteção sanitária simples e eficiente, foi utilizado uma bombona plástica com capacidade de 100 litros para captar água da chuva de área superficial de 50 m² (Figura 4).

Figura 4: Bombona instalada na tubulação entre a calha e o reservatório.
Fonte: Rodrigues et al, 2007.

Outra forma de evitar a contaminação da água coletada e preservar a sua qualidade é a utilização de filtros. O filtro por onde a água escoa antes de ser armazenada na cisterna usa como meio filtrante areia e pedra calcária britada, material que neutraliza a acidez natural da chuva (GONÇALVEZ, 2001).

Existem também filtros específicos para remoção de partículas grosseiras, tais como folhas e gravetos, depositadas sobre a área de captação (Figura 5).

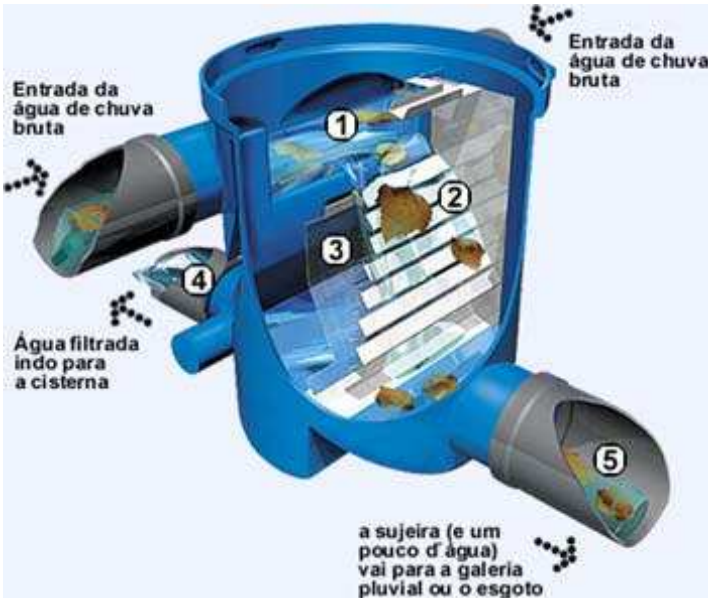


Figura 5: Filtro para remoção de partículas grosseiras
Fonte: 3P Technik, 2011.

O filtro funciona da seguinte maneira: A água de chuva, ao chegar no filtro pelas aberturas superiores (1) é "freada" na represa superior, sendo então conduzida para descer nas cascatas (2), pelo princípio do super-represamento. A limpeza preliminar se dá pelo princípio das cascatas. A sujeira mais grossa, como folhas e gravetos, desce pelas cascatas e vai direto para a galeria pluvial/de esgoto (5). A água de chuva, já livre das impurezas maiores, passa então pela tela (malhas de 0,26 mm) abaixo das cascatas (3). Devido ao desenho especial da tela ela conduz a sujeira fina por ela retida também para a canalização, i.e. ela é auto-limpante. Com isso se obtém intervalos grandes de manutenção. A água limpa se encaminha para a cisterna (4) e a sujeira vai para a canalização pluvial ou de esgoto (5). Este filtro é recomendado para telhados até 200 m² (3P TECHNIK, 2011).

Cilento et al (2012) apresentaram uma concepção de equipamento, para a melhoria da qualidade da água da chuva, que une o descarte das primeiras chuvas a um sistema de filtração de sólidos grosseiros, sendo o elemento filtrante formado por telas de nylon. A água a ser desprezada e as sujeiras retidas na tela de nylon são direcionadas para um duto lateral do dispositivo e o mesmo é conectado à tubulação que conduzirá o material descartado para as galerias pluviais. Possui também um sistema simples de fechamento do compartimento de descarte das primeiras chuvas, composto por uma pequena tampa articulada e presa a uma bóia.

Para evitar entupimentos nos tubos de descida, pode-se instalar um filtro (Figura 6) que é simplesmente inserido no tubo vertical sem que influencie o fluxo d'água. As impurezas são jogadas para fora na frente do filtro (3P TECHNIK, 2011).

Figura 6: Filtro para evitar entupimentos nos tubos verticais.
Fonte: 3P Technik, 2011.

3.4 Considerações finais acerca de estudos sobre a qualidade da água de chuva

Pelo exposto, constata-se que a qualidade da água pluvial, em seu estado bruto e antes de entrar em contato com a superfície de captação, apresenta uma boa qualidade, entretanto, ao escoar por esta sua qualidade diminui, devido às sujeiras presentes nos telhados, principalmente após um período longo de estiagem.

Por outro, verifica-se que promovendo tratamento simplificado à água de chuva, como a remoção de folhas e o descarte de 1 a 2 mm das primeiras chuvas, a qualidade dela pode apresentar-se compatível para ser aproveitada para fins não potáveis, tais como descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos e veículos, irrigação de jardins, atendendo inclusive à maioria dos parâmetros estabelecidos pela portaria de potabilidade Nº 2.914/11 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para corpos de água doce de classe 2.

Neste contexto, este trabalho vem ampliar os conhecimentos relacionados à captação de águas pluviais e o seu aproveitamento para usos não potáveis, através de um estudo qualitativo da água de chuva, visando propor diretrizes de projeto para sistemas de aproveitamento de água de chuva, no que se refere aos aspectos da qualidade das águas para utilização em residências, incentivando o uso seguro desta fonte alternativa de água.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área onde foram realizados os estudos localiza-se no bairro de Água Fria, na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba (Figura 7) e trata-se do escritório de uma construtora que executa um condomínio vertical de 92.236 m^2 previstos. O condomínio em construção e o escritório estão inseridos em um terreno de 35.000 m² e está situado a 6 quilômetros do mar, considerando a direção predominante dos ventos. As coordenadas geográficas da área são: Latitude 7° 9' 12,27" S e Longitude 34° 51' 2,72" O.

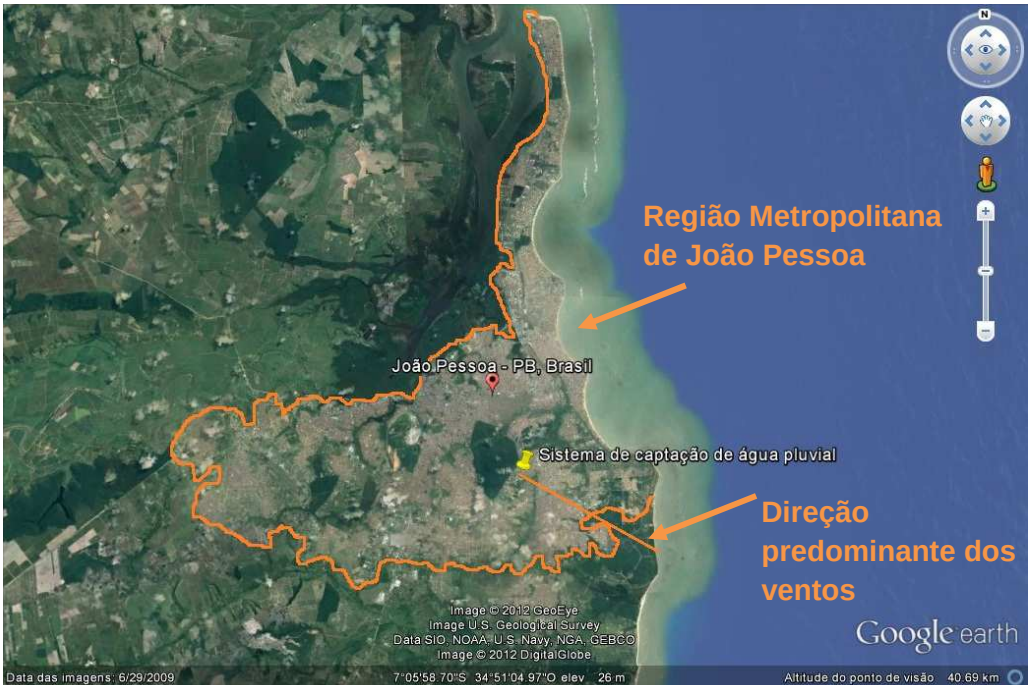


Figura 7: Localização da área de estudo no município de João Pessoa.
Fonte: Google Earth, 2011.

O clima de João Pessoa é tropical úmido, com temperatura média anual de 25,7 °C, sendo o mês de julho o que apresenta média mais baixa, em torno de 23,6 ºC, e os meses de outubro a fevereiro os de médias mais elevadas, em torno de 26,6 ºC. As temperaturas máximas, superiores a 31 ºC, geralmente ocorrem no período de dezembro a fevereiro.

A precipitação total anual é em torno de 2132 mm (Série histórica 1961-1990), com maior precipitação (381,5 mm) ocorrendo entre os meses de março e agosto e menor precipitação (37,4 mm) ocorrendo entre os meses de setembro e fevereiro.

4.2 Materiais e métodos

Para caracterização das águas pluviais, foram instalados dois sistemas de captação de água de chuva, denominados A e B, ambos localizados no referido escritório.

A superfície de captação de cada sistema é um telhado cerâmico, cuja área é de 100 m². O sistema de coleta “A” é composto pelo telhado, condutores, filtro de areia e reservatório de acumulação de 2000 litros. Por sua vez, o sistema de coleta “B” é composto pelo telhado, conduto horizontal, conduto vertical, dois dispositivos de descartes, sendo o primeiro com capacidade de 100 litros, para descartar o primeiro milímetro de chuva e o segundo, instalado subseqüentemente ao primeiro, com capacidade de 200 litros, para descartar o segundo e o terceiro milímetro de chuva, e o reservatório de acumulação de 2000 litros.

Na construção do filtro de areia, foi utilizado um reservatório com capacidade de 1500 litros contendo duas camadas de materiais de granulometrias diferentes. A primeira camada é constituída de brita nº 19 e a segunda de areia média. Com a finalidade de impedir que a areia fosse carreada para fora do filtro, foi colocada entre as camadas de brita e areia uma manta de drenagem denominada de Bidim. Além disso, foi colocada uma telha de fibrocimento para distribuir uniformemente o fluxo da água captada.

As Figuras 8 a 11 apresentam as etapas de construção do filtro de areia.

Figura 8: Colocação de brita na base do filtro.

Figura 9: Colocação de uma manta geotêxtil.

Figura 10: Colocação de areia na camada superior do filtro.

Figura 11: Colocação de uma telha de fibrocimento.

Figura 12: Sistema A de captação de águas de chuva.

Os dispositivos de descarte foram construídos de forma que a eliminação das primeiras chuvas fosse automática. O princípio de funcionamento deles está ilustrado no esquema básico apresentado na Figura 13 e a Figura 14 apresenta a construção desses dispositivos.

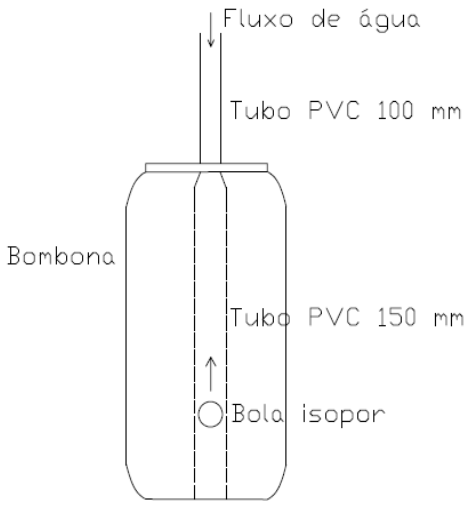


Figura 13: Esquema básico de funcionamento dos dispositivos automáticos de descarte.

Figura 14: Construção dos dispositivos automáticos de descarte das primeiras chuvas.

A Figura 15 ilustra a montagem do sistema B.

Figura 15: Montagem do Sistema B de captação de águas de chuvas.

A coleta direta da água de chuva foi realizada através de um recipiente de acrílico conectado a uma garrafa de polietileno (PET), onde a água foi captada antes de escoar pelo telhado (Figura 16). Vale salientar que este sistema só era instalado na ocorrência de precipitação, evitando exposição do mesmo no período de estiagem, do contrário seria necessário o descarte das primeiras águas, devido ao acúmulo de sujeira.

Figura 16: Coleta da água de chuva diretamente da atmosfera.

Para o acompanhamento da quantidade de chuva precipitada diariamente, foi instalado também na área de estudo um pluviômetro com graduação a cada dois milímetros e meio e capacidade máxima de 130 mm (Figura 17).

Figura 17: Pluviômetro instalado na área de estudo.

A leitura foi realizada sempre por volta das nove horas da manhã e diariamente, com exceção dos sábados e domingos. Entretanto, quando ocorria um evento chuvoso nesses dias, a leitura realizada na segunda-feira acumulava a chuva do final de semana, não prejudicando o total mensal de chuva precipitada.

4.3 Pontos de coleta

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

P_{ATM} – Ponto de coleta da água de chuva antes do contato com a superfície de captação (Figura 16);

P_{D1} – Ponto de coleta no primeiro dispositivo de descarte (Figura 15);

P_{D2} – Ponto de coleta no segundo dispositivo de descarte (Figura 15);

P_{R1} – Ponto de coleta no reservatório de acumulação localizado após os dispositivos de descarte das primeiras chuvas (Figura 15).

P_{R2} – Ponto de coleta no reservatório de acumulação localizado após o filtro de areia (Figura 12);

4.4 Datas das coletas realizadas

A realização das coletas de água de chuva aconteceu no período de fevereiro de 2011 a fevereiro de 2012. A freqüência das coletas foi em função da ocorrência do evento chuvoso, sendo realizadas uma vez por mês em cada ponto. As datas das coletas realizadas foram: 14/02/2011, 10/03/2011, 16/05/2011, 06/06/2011, 12/07/2011, 08/08/2011, 09/01/2012 e 25/01/2012.

As Figuras 18 a 20 apresentam algumas coletas realizadas.

Figura 18: Coleta de água no dispositivo de descarte (PD1).

Figura 19: Coleta de água no reservatório (PR2).

Figura 20: Amostras de água de todos os pontos de coleta.

4.5 Parâmetros analisados

Os parâmetros definidos para a análise da qualidade da água estão associados aos padrões de potabilidade (Portaria Nº 2.914/11) e aos padrões de qualidade para os corpos d'água doce (Resolução CONAMA Nº 357/05), a saber: cor, turbidez, pH, condutividade, cloretos, dureza, demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), nitrito, 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 Universidade Federal da Paraíba e dos parâmetros bacteriológicos no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da referida Universidade.

As técnicas de análises utilizadas foram determinadas de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995).

Cor – a determinação foi feita pelo fotocolorímetro (colorimetria feita por comparação);

Turbidez – a determinação foi feita pelo turbímetro com faixa de trabalho de 0,1 a 1000 uT;

pH – as medições de pH foram feitas com um pHmetro digital com compensação de temperatura automática;

Condutividade – parâmetro determinado com condutivímetro digital com compensação de temperatura automática;

Cloretos – foi utilizado o método de Mohr (titulação por precipitação);

Dureza – determinada através de titulação por complexometria;

$DBO_{5,20}$ – determinada através da medição de oxigênio pelo método de Winkler;

Nitrito – determinado por sonda multiparâmetros;

Nitrato – determinado por sonda multiparâmetros;

Amônia – determinada pelo método fotométrico da nesslerização direta;

STD – determinado por gravimetria (filtração em membranas);

Coliformes totais e termotolerantes – foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Dados pluviométricos

O gráfico a seguir (Figura 21) apresenta os resultados da leitura do pluviômetro instalado no local de estudo, indicando a quantidade de chuva no período de janeiro de 2011 a janeiro de 2012.

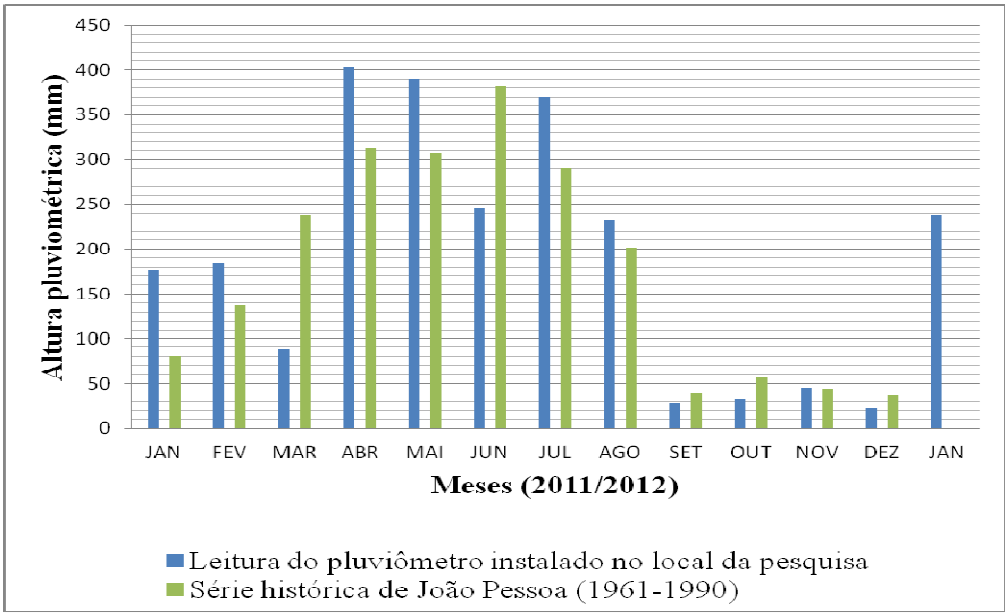


Figura 21: Altura pluviométrica do local de estudo no ano de 2011 e janeiro de 2012.

A precipitação total do ano de 2011 foi de 2.221 mm. As maiores precipitações ocorreram entre os meses de abril e agosto, atingindo um valor máximo de 404 mm no mês de abril. As menores precipitações ocorreram entre os meses de janeiro e março e de setembro e dezembro, com valor mínimo de 28,5 mm no mês de setembro.

Verificou-se que esses resultados de precipitação encontrados estiveram condizentes com a série histórica de João Pessoa de 1961 a 1990 (INMET, 2011).

Considerando como exemplo uma área de captação de 400m² e a precipitação anual encontrada neste trabalho (2.221mm), estima-se um volume total anual de água de chuva aproveitável igual a 717m³. Comparando este valor com a estimativa realizada no estudo de Bezerra et al (2010) para uma edificação localizada em Curitiba, onde a precipitação média anual é de 1.487,50mm e a área de captação também de 400m², resultando num volume total de água de 481m³, verifica-se que do ponto de vista quantitativo os dados pluviométricos de João Pessoa são interessantes quanto ao aproveitamento da água de chuva.

5.2 Tendência central e amplitude do conjunto de dados obtidos

Os resultados obtidos pelo conjunto das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas em amostras coletadas em diversos pontos de um sistema de captação de água pluviais instalado na cidade de João Pessoa-PB, sendo eles coleta direta da atmosfera, após escoamento pela superfície de captação, nos dispositivos de descarte das primeiras chuvas e nos reservatórios de acumulação, permitiram avaliar a qualidade da água de chuva na área estudada. Na Tabela 14, apresenta-se um resumo dos resultados obtidos para todos os pontos de coleta.

Verificou-se que a qualidade das águas pluviais analisadas apresentou boa qualidade, atendendo, inclusive, à maioria dos padrões de qualidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/11.

Os valores médios de pH, cor, turbidez, dureza, cloretos, STD e amônia em todos os pontos de coleta estiveram abaixo das concentrações máximas permitidas para o consumo humano, diferentemente dos valores médios de coliformes totais e termotolerantes, em que estiveram presentes em todos os pontos de coleta, não estando portanto compatível com a Portaria de potabilidade.

Também observou-se que as concentrações médias desses microorganismos apresentaram valores baixos, com menor média de coliformes totais e termotolerantes de 4,23 NMP/100mL para as águas de chuva antes de entrar em contato com o telhado (P_{atm}) e maior média 21,95 NMP/100mL e 21,72 NMP/100mL para os coliformes totais e termotolerantes, respectivamente, no primeiro dispositivo de descarte (P_{D1}). Ao comparar os resultados obtidos para os coliformes termotolerantes com aqueles encontrados no estudo de Lucena et al (2009) nas águas do reservatório de Gramame-Mamuaba, já mencionado anteriormente, verifica-se que o intervalo de valores para as águas pluviais aqui estudadas foi de 0,90 a 110 NMP/100mL, enquanto que para as águas brutas do reservatório que abastece a cidade de João Pessoa foi de 0 a 800NMP/100mL, indicando que assim como as águas superficiais após tratamento adequado removem esses microorganismos e tornam-se potáveis, as águas de chuva também podem tornarem-se adequadas ao consumo humano após tratamento.

Em relação aos padrões de qualidade para as águas de reuso estabelecidos pela ANA (SAUTCHUNK et al, 2005) e pela NBR Nº 13.969 (ABNT, 1997), assim como para os padrões definidos pela norma de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis, verificou-se que as médias dos parâmetros estudados estiveram compatíveis

com eles, com exceção da turbidez para classe 1 da ANA (2005) e coliformes termotolerantes para classe 1 da ANA (2005) e NBR Nº 15.527. Vale salientar que isto ocorreu porque foi considerado a média e como em algumas coletas houve discrepância entre os valores mínimos e máximos, aquela teve seu resultado elevado, no caso da turbidez. Já no caso dos coliformes que deveriam estar ausentes, não foi verificado nenhum valor mínimo igual a zero. Vale ressaltar novamente que os padrões estabelecidos pela NBR Nº 15.527 são para usos mais restritivos e que estes não foram definidos por ela, ficando a critério do projetista a definição dos mesmos, assim como os padrões para usos menos restritivos.

Média		
mínimo	máximo	nº de ocorrências

Tabela 14 - Tendência central e amplitude dos resultados obtidos

Parâmetro	Unidade	Patm			PD1			PD2			PR1			PR2		
pH	-	6,59			6,78			6,63			6,55			6,55		
		6,05	7,02	8	6,48	7,01	7	6,36	7,00	7	6,07	6,80	7	6,34	7,02	8
Condutividade	µS/cm	16,9			29,23			14,82			17,14			18,87		
		9,63	38,9	8	16,1	73,6	7	6,57	33,2	7	8,63	36,8	7	11,10	33,9	8
Cor	uH	0,94			1,79			2,14			1,43			2,19		
		0,00	2,50	8	0,00	5,00	7	0,00	7,5	7	0,00	5,00	7	0,00	5,00	8
Turbidez	uT	2,33			2,28			2,59			1,17			3,01		
		0,25	8,45	8	0,58	7,76	7	0,33	10,70	7	0,26	4,79	7	0,43	8,57	8
Dureza	mg/L	3,31			10,13			6,11			5,78			5,06		
		0,00	5,94	8	4,71	28,70	7	1,18	14,85	7	2,80	13,86	7	1,83	9,90	8
Cloretos	mg/L	2,86			3,46			1,62			2,55			3,6		
		0,00	7,00	8	1,00	7,50	7	0,00	3,50	7	1,50	5,00	7	1,00	6,50	8
STD	mg/L	8,41			14,56			7,31			8,39			9,36		
		4,30	19,45	8	7,49	36,80	7	3,20	16,60	7	3,67	18,40	7	5,00	16,95	8
DBO	mg/L	0,78			0,57			0,8			0,5			0,55		
		0,00	2,60	5	0,00	1,11	6	0,00	2,82	6	0,00	1,50	5	0,00	2,03	7
Amônia	mg/L	0,32			0,38			0,25			0,75			0,24		
		0,00	1,00	5	0,08	1,14	6	0,08	0,67	6	0,07	3,61	6	0,00	0,79	7
Coliformes Totais	NMP/100mL	4,23			21,95			16,82			10,38			11,53		
		0,90	9,30	6	2,30	110,00	6	2,30	46,00	6	2,30	21,00	5	2,30	24,00	6
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	4,23			21,72			16,82			10,38			11,53		
		0,90	9,30	6	2,10	110,00	6	2,30	46,00	6	2,30	21,00	5	2,30	24,00	6

Patm - água bruta da chuva	PD1 - 1º dispositivo de descarte	PD2 - 2º dispositivo de descarte	PR1 - Reservatório após descarte	PR2 - Reservatório após filtro de areia

5.3 Comportamento temporal dos resultados para os parâmetros estudados

5.3.1 pH

O pH das amostras de água de chuva coletadas não apresentou grande variação ao longo do tempo. De acordo com a Figura 22, observa-se que os valores em todas as coletas realizadas estiveram numa faixa de pH de 6 a 7, estando portanto, dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria Nº 2.914/11, Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 1), NBR Nº 15527/07, NBR Nº 13969/07 (classes 1) e ANA/05 (classe 1, classe 2 e classe 3).

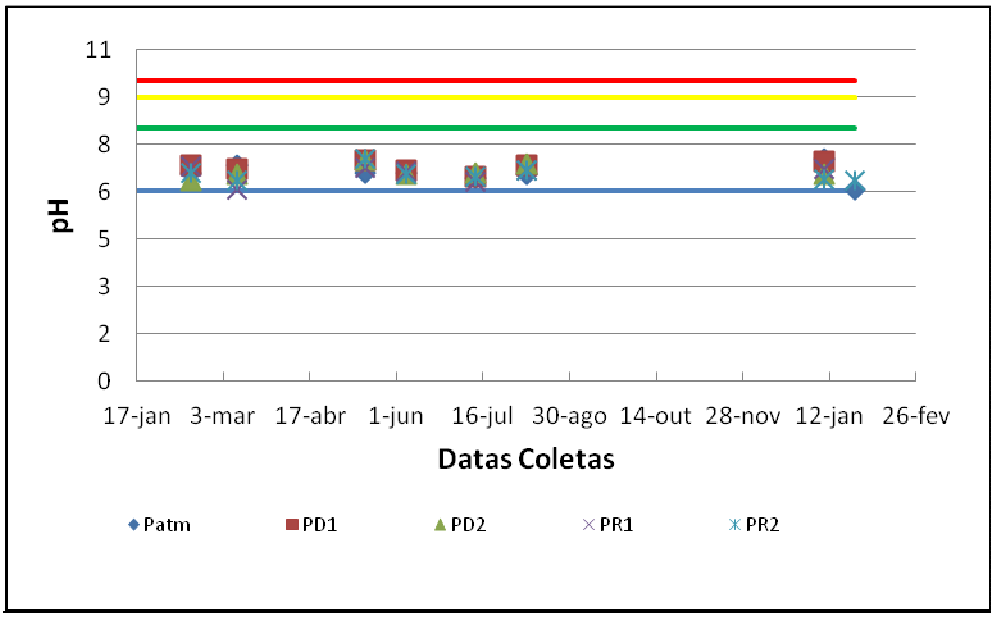


Figura 22: Variação temporal do pH para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes.

Vmín Portaria Nº 2.914/11, CONAMA Nº 357/05 (classe 1), NBR's Nº 15527/07 e Nº 13969 (classe 1) e ANA/05 (classe 1)

VmaxP Portaria Nº 2.914/11

Vmáx NBR Nº 15527/07 e NBR Nº 13969 (classe 1)

Vmáx CONAMA Nº 357/05 (classe 1) e ANA/05 (classe 1)

Muitas vezes, as águas de chuva apresentam um pH ácido em função da poluição atmosférica (JAQUES, 2005; HERNANDES e AMORIM, 2006 e 2007; COSTA et al, 2007; ANNECCHINI et al, 2006; PINHEIRO et al, 2007; VACCARI et al, 2005; GOULD; NISSEN-PETERSEN, 1999 apud CAMPOS 2004). Não foi o caso das águas analisadas neste trabalho, visto que em João Pessoa a atividade industrial não

é tão intensa e ainda o Distrito Industrial está numa localização distante e a jusante em relação aos pontos de coleta da água, conforme a direção predominante dos ventos.

5.3.2 Cor

Os valores de cor foram iguais a zero em 50% das coletas, estando compatíveis com os valores encontrados por Hernandes e Amorim (2006 e 2007), Costa et al (2007), Jaques (2005), Annecchini et al (2006) e Pinheiro et al (2005), e o maior valor encontrado não superou o valor máximo de 15 uH estabelecido pela Portaria nº 2.914/11 e NBR 15527/07, nem o valor máximo de 10 uH estabelecido pela ANA (classe 1).

Em todas as amostras analisadas verificou-se que os valores de cor diminuíram em relação ao início da estação chuvosa (Figura 23), apresentando valores mais elevados nas duas primeiras coletas, o que é explicável devido à sujeira acumulada nos telhados no período de estiagem, que em geral ocorre entre os meses de Setembro e Dezembro. Nesta ocasião, a coloração da água aumenta como resultado da existência de sólidos dissolvidos, provenientes da decomposição da matéria orgânica presente nos telhados.

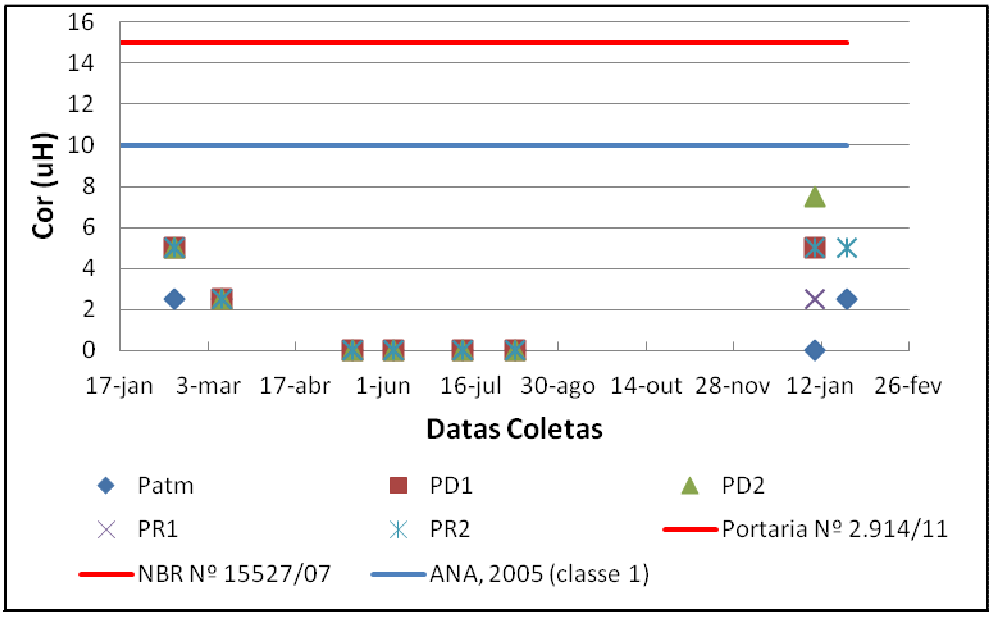


Figura 23: Variação temporal dos valores de cor para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes.

5.3.3 Turbidez

Os valores de turbidez estiveram entre 0,25 e 10,70 uT, apresentando resultados semelhantes aos encontrados na literatura (VACCARI et al, 2005; HERNANDES e AMORIM, 2006 e 2007; COSTA et al, 2007; JAQUES, 2005; ANNECCHINI et al, 2006; PINHEIRO et al, 2005).

Em algumas coletas ocorreram valores de turbidez acima do limite de 5 uT para água potável, assim como dos limites estabelecidos por ANA/05 (classe 1), NBR Nº 15527/07 e NBR Nº13369 (classes 1, 2 e 3), conforme ilustrado no gráfico da Figura 24.

A análise deste parâmetro demonstrou que os sólidos em suspensão estiveram presentes em maiores proporções nas primeiras águas coletadas (início da estação chuvosa) e que com o passar do tempo foram diminuindo e se enquadrando dentro dos padrões de qualidade.

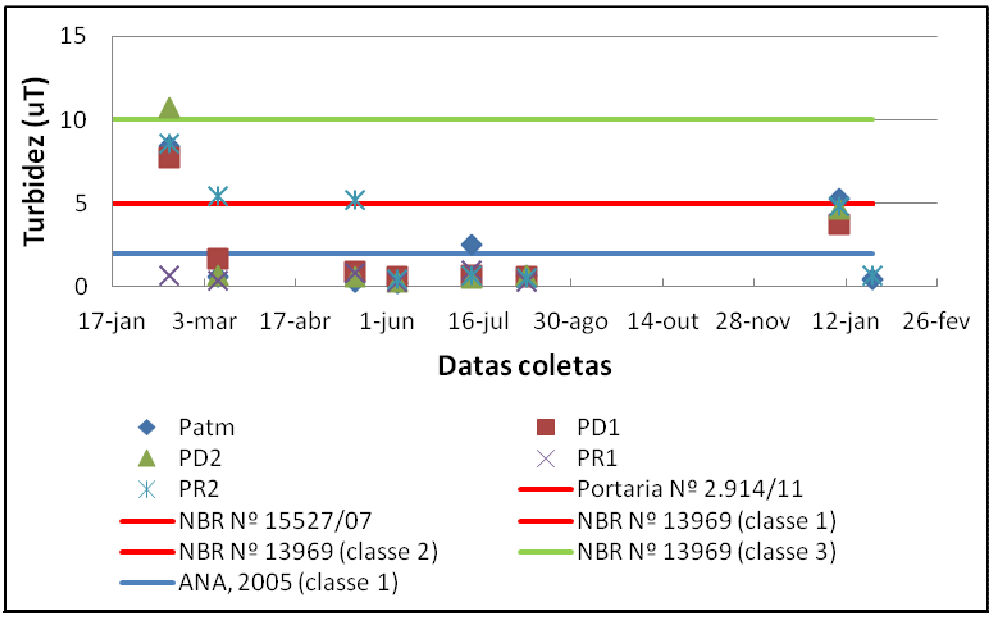


Figura 24: Variação temporal dos valores de turbidez para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes.

5.3.4 Condutividade

De acordo com o gráfico da Figura 25, observa-se que os resultados das análises deste parâmetro não apresentaram variação apreciável ao longo do tempo. Os valores de condutividade da água de chuva bruta variaram de 9,63 a 38,90 µS/cm, enquanto que após a passagem da água pela superfície de captação foram registrados valores de 16,10

a 73,60 µS/cm. A condutividade para as amostras coletadas nos reservatórios teve valor médio de 17,14 µS/cm para o reservatório após os dispositivos de descarte e 18,87 µS/cm para o reservatório após o filtro de areia. De acordo com os resultados apresentados verificou-se que os maiores valores foram encontrados no primeiro dispositivo de descarte, indicando a influência positiva desta unidade de tratamento na qualidade da água de chuva.

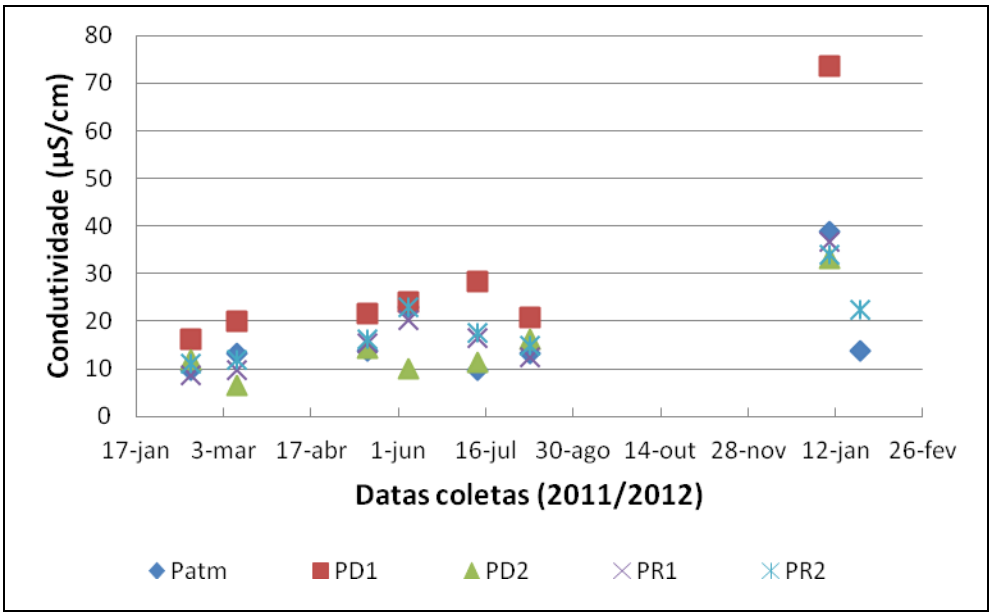
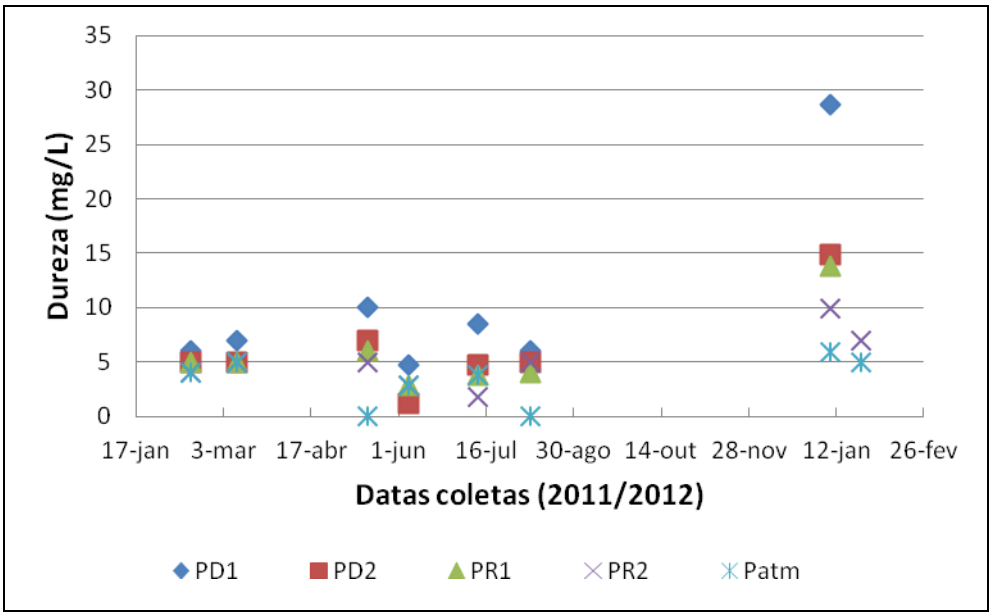


Figura 25: Variação temporal dos valores de condutividade.

5.3.5 Dureza

Assim como nos estudos realizados por Vaccari et al (2005), Costa et al (2007), Jaques (2005) e Pinheiro et al (2005), em todas as coletas realizadas os valores de dureza ficaram bem abaixo dos padrões de potabilidade da Portaria Nº 2.914/11, que para o consumo humano é estabelecido o valor máximo de 500 mg/L, assim como dos padrões definidos por ANA/05 (classe 4).

A Figura 26 apresenta a evolução dos resultados de dureza ao longo do tempo.



*VMP Portaria Nº 2.914/11 é de 500mg/L.

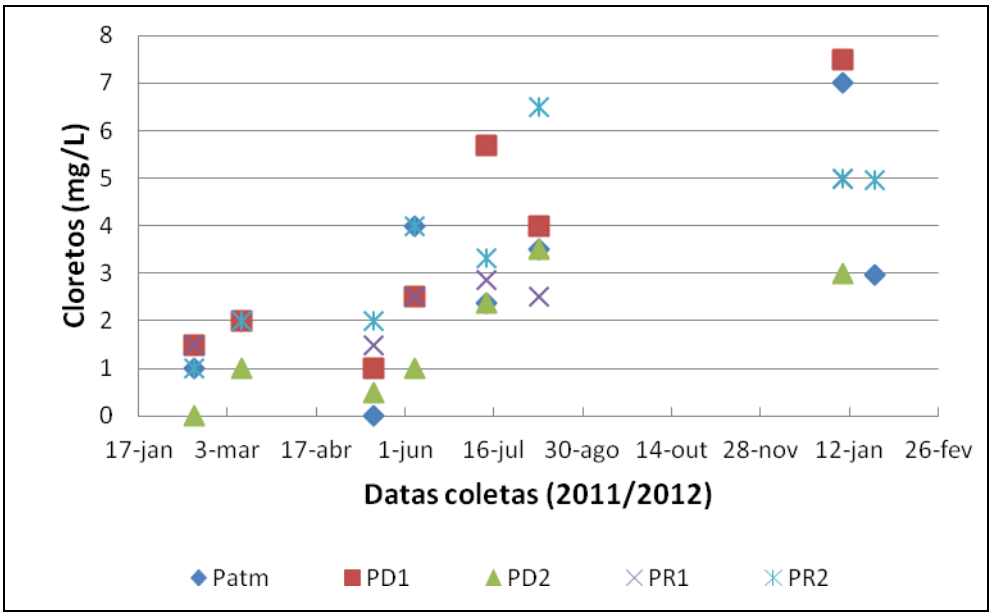
Figura 26: Variação temporal dos valores de dureza para os pontos estudados frente à legislaçãoexistente.

Nas águas de chuva analisadas não foi identificado valor elevado para dureza. O maior valor encontrado foi de 28,7 mg/L no primeiro dispositivo de descarte, caracterizando-se como água mole (dureza inferior a 50 mg/L de $CaCO_3$), sendo indicado seu uso em indústrias que utilizam sabão em seus processos de fabricação.

5.3.6 Cloretos

Neste estudo não foram verificados elevados níveis de cloretos, uma vez que a área onde o sistema de pesquisa foi instalado não está próxima ao mar (Figura 7).

Todos os valores encontrados estiveram abaixo do valor máximo (250 mg/L) (figura 27) estabelecido pela Portaria Nº 2.914/11 e dos valores estabelecidos por ANA/2005 (classe 4), igualmente aos casos relatados por Vaccari et al (2005), Costa et al (2007), Jaques (2005) e Pinheiro et al (2005).



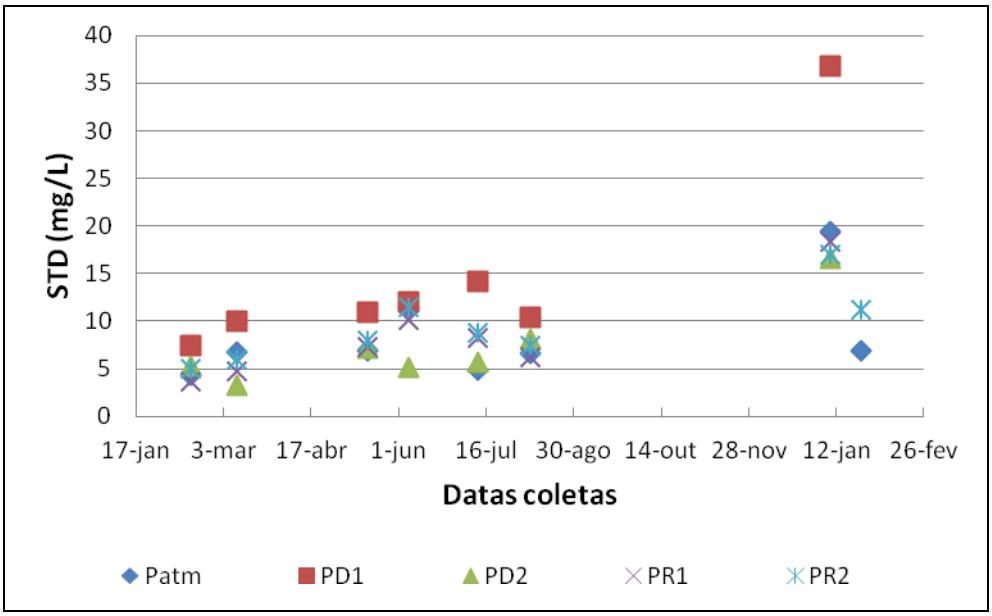
*VMP Portaria Nº 2.914/11 e Resolução CONAM Nº 357/05 (classe 1) é de 250mg/L.

Figura 27: Variação temporal dos valores de cloretos para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes.

5.3.7 Sólidos totais dissolvidos

Conforme pode-se observar na Figura 28, a quantidade dos sólidos totais dissolvidos apresentou-se bem inferior aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para classe 1 (500 mg/L), pela NBR 13969/07 para classe 1 (200 mg/L), pela ANA /05 para classe 1 (500 mg/L) e pela Portaria de potabilidade Nº2.914/11 (1000 mg/L).

Os valores variaram de 3,2 a 36,8 mg/L, diferentemente do caso relatado por Hernandes e Amorim (2006), em que os resultados encontrados variaram de 8 a 982 mg/L, sendo o maior valor referente às águas coletadas no dispositivo de descarte.



*VMP Resolução CONAM Nº 357/05 (classe 1) e ANA/05 (classe 1) é de 500mg/L.
**VMP NBR 13969 (classe 1) é de 200mg/L.
**VMP PortariaNº2.914/11 é de 1000mg/L.

Figura 28: Variação temporal dos valores de STD para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes.

Conforme já salientado anteriormente por Gonçalves (2006), a presença de sólidos totais dissolvidos nas águas de chuva geralmente está associada à presença de poluentes atmosféricos, poeiras e fuligens que entram em contato com a água através da superfície de captação. Por esta razão, justifica-se os maiores resultados encontrados serem do primeiro dispositivo de descarte (Figura 28), visto que retém as primeiras chuvas (mais sujas).

5.3.8 DBO

A DBO presente nas águas de chuva não foi elevada e na maioria das coletas os resultados encontrados estiveram entre 0 e 2,82 mg/L (Figura 29).

Nos estudos realizados por Jaques (2005) e Vaccari et al (2005), foram encontrados valores que variaram de 0,8 a 29 mg/L, para as águas coletadas diretamente da atmosfera e após a passagem pela superfície de captação. Já nas águas coletadas do reservatório de acumulação, analisadas por Annecchini 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 aquelas estudadas nas literaturas citadas anteriormente.

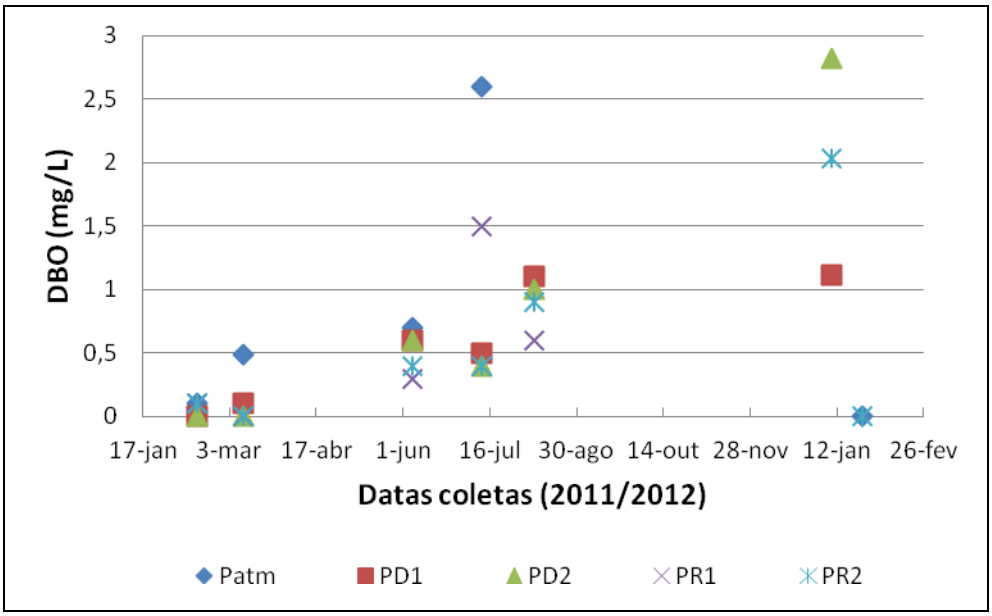


Figura 29: Variação temporal dos valores de DBO para os pontos estudados.

5.3.9 Amônia

Os valores de amônia variaram de 0 a 1,14 mg/L, com exceção do P_{R1} em que o maior resultado encontrado foi de 3,61 mg/L. Em geral, a presença de amônia indica existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, o que pode justificar o fato de ter ocorrido este pico, diferindo das demais onde os resultados foram iguais e próximos a zero (Figura 30), os quais se apresentaram compatíveis com os limites estabelecidos pela Portaria Nº2.914/11 e pela Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 1) e pela ANA/05 (classe 4).

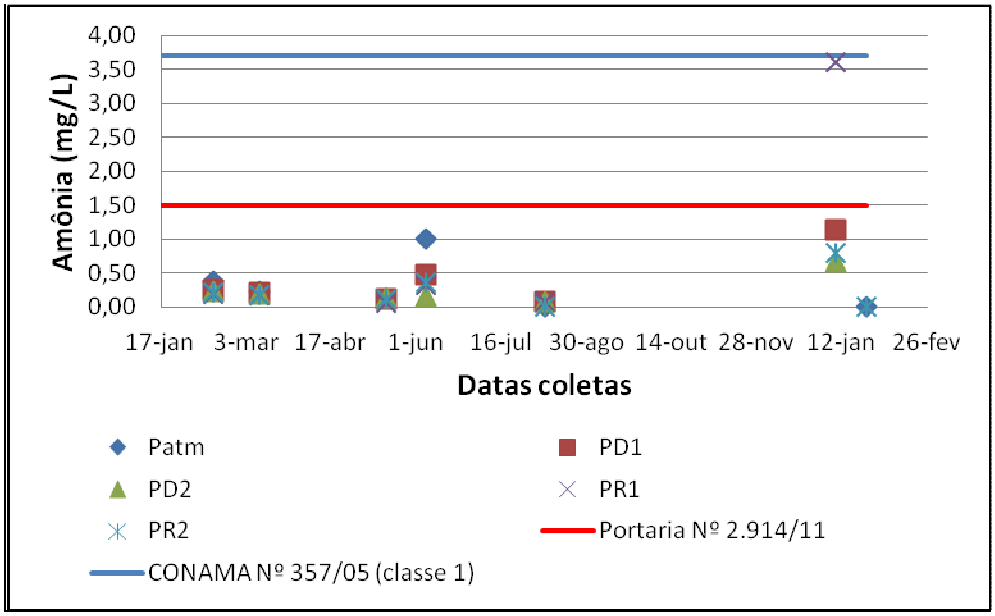


Figura 30: Variação temporal dos valores de Amônia para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes.

5.3.10 Nitrato

Segundo a Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/11 e ANA/05 (classe 1), o parâmetro nitrato deve ser menor ou igual a 10 mg/L, condição atendida pelas águas de chuva analisadas neste trabalho (Figura 31), em que os valores de nitrato variaram de 0 a 4,4 mg/L.

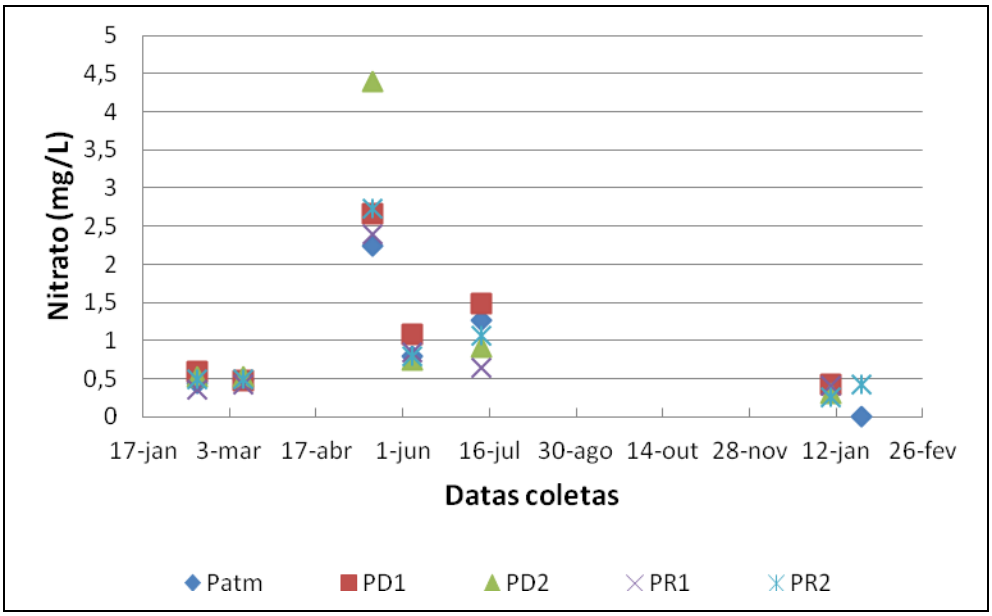


Figura 31: Variação temporal dos valores de Nitrato para os pontos estudados.

5.3.11 Coliformes Totais e Termotolerantes

Observou-se que em todas as coletas os coliformes totais e termotolerantes apresentaram-se presentes nas amostras de águas pluviais tanto bruta como após passagem pelo telhado (Figuras 32 e 33), caracterizando a água como imprópria para uso potável, o que não é de se surpreender, uma vez que as águas aqui estudadas não passaram por um processo de desinfecção. Entretanto como os resultados para estes parâmetros foram relativamente baixos, estes microorganismos podem ser removidos por desinfecção, tornando a água potável.

Por outro lado, observou-se que os resultados apresentaram valores abaixo dos padrões de qualidade estabelecidos para outros usos, a citar: Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 1), com exceção do P_{R1} na 1ª coleta, e da NBR Nº 13969/07 (classes 1 e 2), com exceção do P_{R1} e P_{D1}, nas 1ª e 6ª coletas, respectivamente.

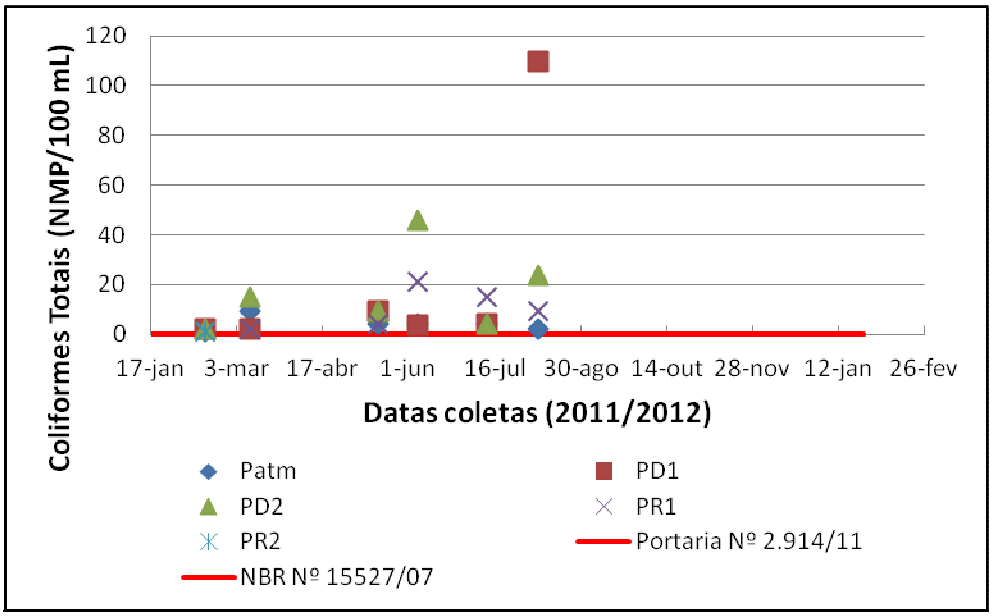


Figura 32: Variação temporal dos valores de coliformes totais para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes.

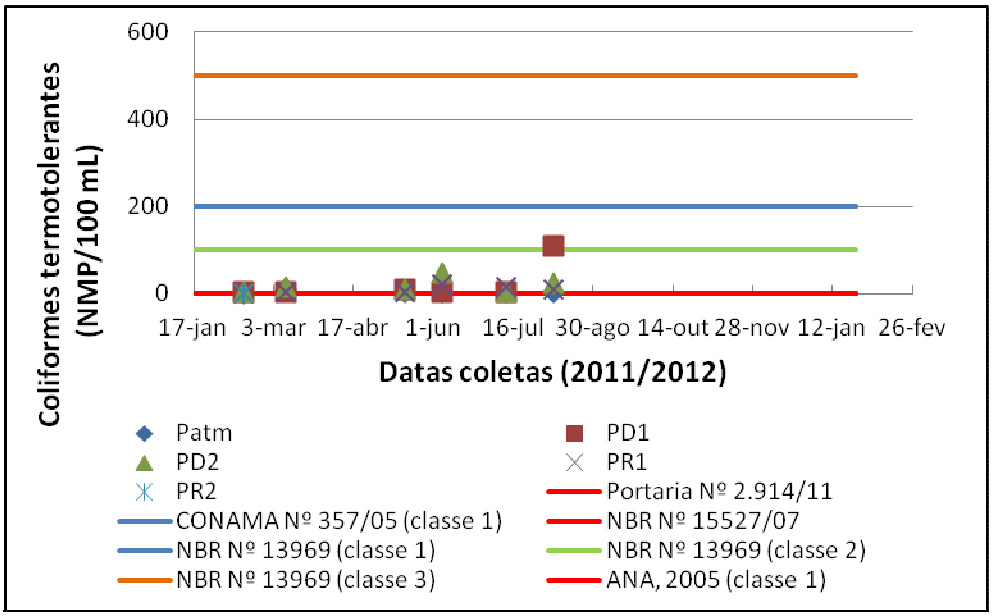


Figura 33: Variação temporal dos valores de coliformes termotolerantes para os pontos estudados frente à legislação e normas existentes.

Nas águas de chuva coletadas diretamente da atmosfera no estudo de Jaques (2005) e Vaccari et al (2005), não foram detectados esses microorganismos, diferentemente das águas analisadas neste trabalho. Por outro lado, para os demais pontos de coleta o comportamento destes 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.

5.4 Freqüência de atendimento dos resultados aos padrões de qualidade

Para verificação da qualidade da água da chuva, os parâmetros analisados em cada ponto de coleta foram comparados com os padrões de qualidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011, Resolução CONAMA Nº 357/2005 (classe 1), NBR 15527/2007 - Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, NBR 13969/1997 (classes 1, 2 e 3) e ANA/2005 (classe 1), que dispõem dos requisitos necessários para qualidade da água conforme os usos pretendidos. As Tabelas 15 a 19 apresentam as freqüências de atendimento aos padrões exigidos em cada uma delas para todos os pontos de coleta.

Observou-se que as águas coletadas diretamente da atmosfera apresentaram boa freqüência de atendimento aos padrões de qualidade verificada na tabela 15. Em relação aos padrões de potabilidade, verificou-se que os coliformes totais e termotolerantes estiveram presentes nestas águas em todas as coletas (0% de atendimento). Já a turbidez e a amônia em algumas coletas também não atenderam aos limites estabelecidos, entretanto, seus percentuais de atendimento foram elevados (83,33%). Para a NBR Nº 13969/07 (classe 3) todos os parâmetros atenderam 100% aos limites estabelecidos, para as demais classes desta norma apenas a turbidez não foi atendida 100%. Para a Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 1) e ANA/05 (classe 1) as freqüências de atendimento foram em sua maioria 100% atendidas, já para a NBR Nº 15527/07 apenas o pH e a cor foram atendidos em todas as coletas.

Considerando o uso potável da água de chuva e os resultados do primeiro dispositivo de descarte (Tabela 16), observou-se que os coliformes totais e termotolerantes estiveram presentes (0% de atendimento), assim como para a NBR Nº 15527, mas para os outros parâmetros as freqüências de atendido foram satisfatórias (83,33%). Para a NBR Nº 13969/07 (classe 3) todos os parâmetros atenderam 100% aos limites estabelecidos, para a classe 1 ainda desta norma apenas a turbidez não foi atendida 100%, enquanto que para a classe 2 nenhum parâmetro foi atendido em sua totalidade. Para a Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 1) e ANA/05 (classe 1) as freqüências de atendimento foram em sua maioria 100%, já para a NBR Nº 15527/07 apenas pH e cor foram atendidos em todas as coletas.

Verificou-se que as freqüências de atendimento das águas do segundo dispositivo de descarte (Tabela 17) foram semelhantes às do primeiro (tabela 16), diferindo na DBO da Resolução CONAMA Nº 357/05, em que a freqüência foi de 83,33%, na turbidez da

NBR Nº 13969/07 (classe 3), em que o atendimento no P_{D1} foi de 100% e no P_{D2} de 83,33% e nos coliformes termotolerantes da classe 2 desta norma, em que os resultados de todas as coletas atenderam ao limite máximo permissível.

Comparando as Tabelas 18 e 19, pode-se verificar que ambos os reservatórios atenderam 100% a todos os padrões exigidos pela NBR Nº 13969 para classe 3, onde o uso da água é não potável e destinado à descarga de vasos sanitários, para a classe 2 desta norma a turbidez não foi atendida em 100% no reservatório instalado após o filtro, entretanto em todas as coletas os coliformes analisados neste ponto de coleta estiveram abaixo do valor máximo permissível. Diferentemente no reservatório instalado após os dispositivos de descarte, em que tais microorganismos foram detectados em quantidade superior ao limite estabelecido. Verificou-se ainda que para os padrões da Portaria Nº 2.914/11, da NBR Nº 15527/07 e ANA/05 (classe 1), nenhum resultado de coliformes atendeu aos limites definidos por elas, indicando a necessidade de tratamento para remoção dos mesmos, assim como ocorre nas águas superficiais brutas destinadas ao abastecimento humano.

Verificou-se, portanto, que a qualidade das águas pluviais na área estudada é boa, haja visto os elevados percentuais de atendimento aos padrões normativos estabelecidos para usos não potáveis e inclusive à maioria dos padrões de potabilidade, com exceção apenas dos coliformes totais e termotolerantes, que apresentaram percentuais de atendimento iguais a zero. Por outro lado, conforme os resultados apresentados nos gráficos das figuras 32 e 33 mostram que seus valores foram baixos em comparação com aqueles encontrados no estudo de Lucena et al (2009) já mencionado anteriormente, indicando que após tratamento adequado para a remoção destes microorganismos estas águas podem torna-se adequadas também para o consumo humano.

Tabela 15 - Frequência de atendimento dos valores do Patm.

Parâmetros	Unidade	Portaria Nº 2.914/11	Freq.	CONAMA Nº 357/05 (classe 1)	Freq.	NBR Nº 15527/07	Freq.	NBR Nº 13969 (classe	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 2)	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 3)	Freq.	ANA, 2005 (classe 1)	Freq.
pH	-	6,0 a 9,5	100%	6,0 a 9,0	100%	6,0 a 8,0	100%	6,0 a 8,0	100%	-	-	-	-	6,0 a 9,0	100%
Cor	uH	< 15	100%	-	-	< 15	100%	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Turbidez	uT	< 5	83,33%	< 40	100%	< 5	83,33%	< 5	83,33%	< 5	83,33%	< 10	100%	< 2	66,67%
Dureza	mg/L	< 500	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloretos	mg/L	< 250	100%	< 250	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STD	mg/L	< 1000	100%	< 500	100%	-	-	< 200	100%	-	-	-	-	< 500	100%
DBO	mg/L	-	-	< 3	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Nitrato	mg/L	-	-	< 10	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Amônia	mg/L	< 1,5	83,33%	< 3,7	83,33%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes totais	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	-	-	Ausência em 100 mL	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	< 200	100%	Ausência em 100 mL	0%	< 200	100%	< 100	100%	< 500	100%	Ausentes	0%

Tabela 16 - Frequência de atendimento dos valores do PD1.

Parâmetros	Unidade	Portaria Nº 2.914/11	Freq.	CONAMA Nº 357/05 (classe 1)	Freq.	NBR Nº 15527/07	Freq.	NBR Nº 13969 (classe	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 2)	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 3)	Freq.	ANA, 2005 (classe 1)	Freq.
pH	-	6,0 a 9,5	100%	6,0 a 9,0	100%	6,0 a 8,0	100%	6,0 a 8,0	100%	-	-	-	-	6,0 a 9,0	100%
Cor	uH	< 15	100%	-	-	< 15	100%	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Turbidez	uT	< 5	83,33%	< 40	100%	< 5	83,33%	< 5	83,33%	< 5	83,33%	< 10	100%	< 2	83,33%
Dureza	mg/L	< 500	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloretos	mg/L	< 250	100%	< 250	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STD	mg/L	< 1000	100%	< 500	100%	-	-	< 200	100%	-	-	-	-	< 500	100%
DBO	mg/L	-	-	< 3	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Nitrato	mg/L	-	-	< 10	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	-
Amônia	mg/L	< 1,5	83,33%	< 3,7	83,33%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes totais	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	-	-	Ausência em 100 mL	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	< 200	100%	Ausência em 100 mL	0%	< 200	100%	< 100	83,33%	< 500	100%	Ausentes	0%

Tabela 17: Frequência de atendimento dos valores do PD2.

Parâmetros	Unidade	Portaria Nº 2.914/11	Freq.	CONAMA Nº 357/05 (classe 1)	Freq.	NBR Nº 15527/07	Freq.	NBR Nº 13969 (classe	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 2)	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 3)	Freq.	ANA, 2005 (classe 1)	Freq.
pH	-	6,0 a 9,5	100%	6,0 a 9,0	100%	6,0 a 8,0	100%	6,0 a 8,0	100%	-	-	-	-	6,0 a 9,0	100%
Cor	uH	< 15	100%	-	-	< 15	100%	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Turbidez	uT	< 5	83,33%	< 40	100%	< 5	83,33%	< 5	83,33%	< 5	83,33%	< 10	83,33%	< 2	83,33%
Dureza	mg/L	< 500	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloretos	mg/L	< 250	100%	< 250	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STD	mg/L	< 10000	100%	< 500	100%	-	-	< 200	100%	-	-	-	-	< 500	100%
DBO	mg/L	-	-	< 3	83,33%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Nitrato	mg/L	-	-	< 10	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Amônia	mg/L	< 1,5	83,33%	< 3,7	100,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes totais	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	-	-	Ausência em 100 mL	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	< 200	100%	Ausência em 100 mL	0%	< 200	100%	< 100	100%	< 500	100%	Ausentes	0%

Tabela 18: Frequência de atendimento dos valores do PR1.

Parâmetros	Unidade	Portaria Nº 2.914/11	Freq.	CONAMA Nº 357/05 (classe 1)	Freq.	NBR Nº 15527/07	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 1)	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 2)	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 3)	Freq.	ANA, 2005 (classe 1)	Freq.
pH	-	6,0 a 9,5	100%	6,0 a 9,0	100%	6,0 a 8,0	100%	6,0 a 8,0	100%	-	-	-	-	6,0 a 9,0	100%
Cor	uH	< 15	100%	-	-	< 15	100%	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Turbidez	uT	< 5	100%	< 40	100%	< 5	100%	< 5	100%	< 5	100%	< 10	100%	< 2	100%
Dureza	mg/L	< 500	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloretos	mg/L	< 250	100%	< 250	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STD	mg/L	< 1000	100%	< 500	100%	-	-	< 200	100%	-	-	-	-	< 500	100%
DBO	mg/L	-	-	< 3	83,30%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Nitrato	mg/L	-	-	< 10	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Amônia	mg/L	< 1,5	83,33%	< 3,7	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes totais	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	-	-	Ausência em 100 mL	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	< 200	83,33%	Ausência em 100 mL	0%	< 200	83,33%	< 100	83,33%	< 500	100%	Ausentes	0%

Tabela 19: Frequência de atendimento dos valores do PR2.

Parâmetros	Unidade	Portaria Nº 2.914/11	Freq.	CONAMA Nº 357/05 (classe 1)	Freq.	NBR Nº 15527/07	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 1)	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 2)	Freq.	NBR Nº 13969 (classe 3)	Freq.	ANA, 2005 (classe 1)	Freq.
pH	-	6,0 a 9,5	100%	6,0 a 9,0	100%	6,0 a 8,0	100%	6,0 a 8,0	100%	-	-	-	-	6,0 a 9,0	100%
Cor	uH	< 15	100%	-	-	< 15	100%	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Turbidez	uT	< 5	50%	< 40	100%	< 5	50%	< 5	50%	< 5	50%	< 10	100%	< 2	50%
Dureza	mg/L	< 500	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloretos	mg/L	< 250	100%	< 250	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STD	mg/L	< 1000	100%	< 500	100%	-	-	< 200	100%	-	-	-	-	< 500	100%
DBO	mg/L	-	-	< 3	83,33%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Nitrato	mg/L	-	-	< 10	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	100%
Amônia	mg/L	< 1,5	83,33%	< 3,7	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes totais	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	-	-	Ausência em 100 mL	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	0%	< 200	100%	Ausência em 100 mL	0%	< 200	100%	< 100	100%	< 500	100%	Ausentes	0%

5.5 Comparação simultânea das médias dos parâmetros analisados

Nas Figuras 34 a 45, apresenta-se um comparativo das médias dos parâmetros estudados, para os diversos pontos de coleta.

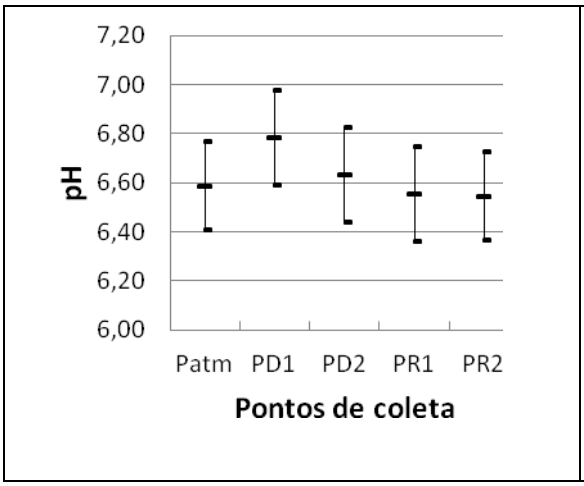


Figura 34: Comparação simultânea das médias de pH.

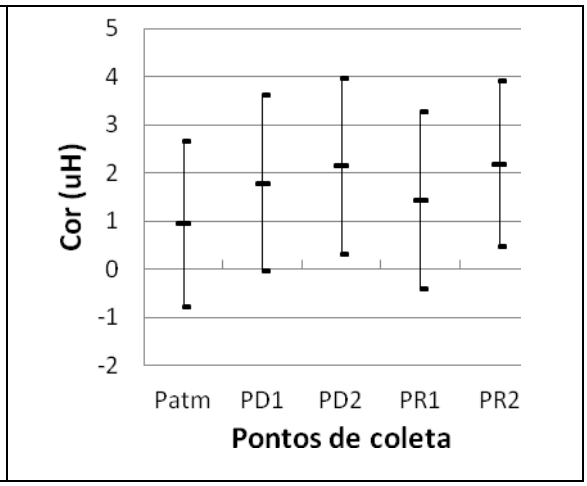


Figura 35: Comparação simultânea das médias de cor.

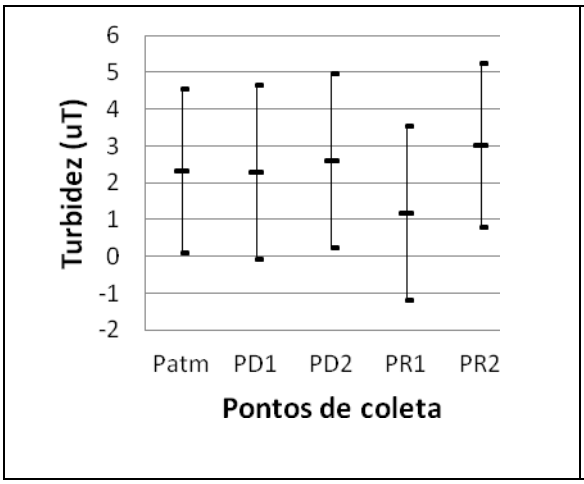


Figura 36: Comparação simultânea das médias de turbidez.

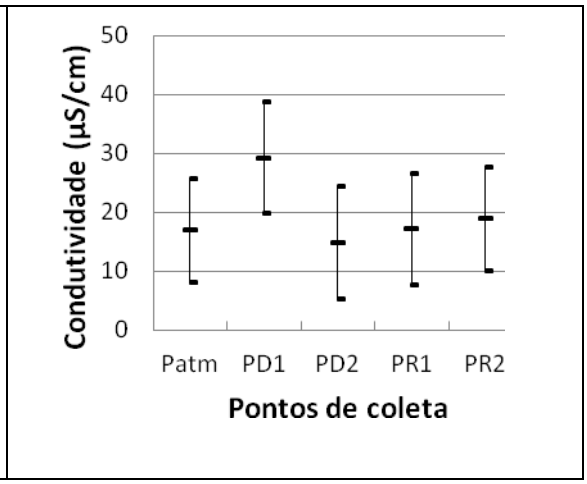


Figura 37: Comparação simultânea das médias de condutividade

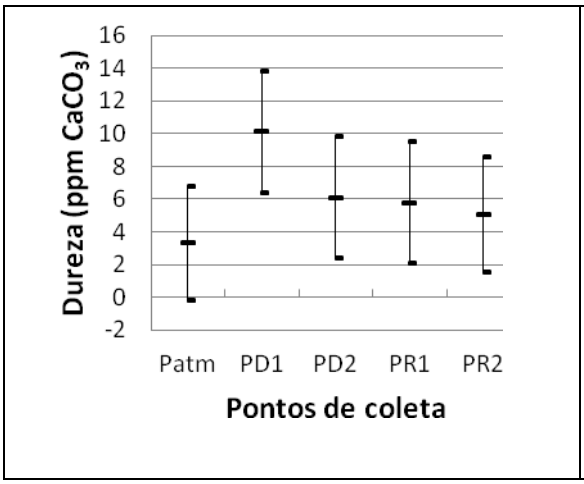


Figura 38: Comparação simultânea das médias dos valores de dureza.

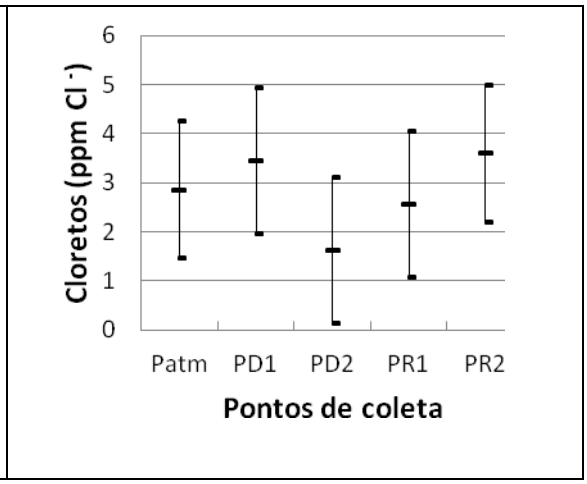


Figura 39: Comparação simultânea das médias dos valores de cloretos.

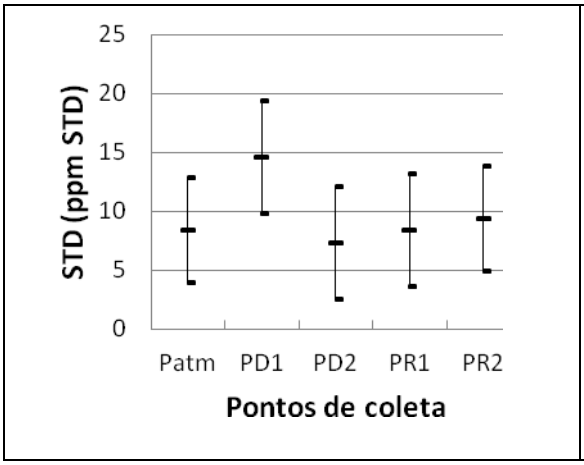


Figura 40: Comparação simultânea das médias dos valores de STD.

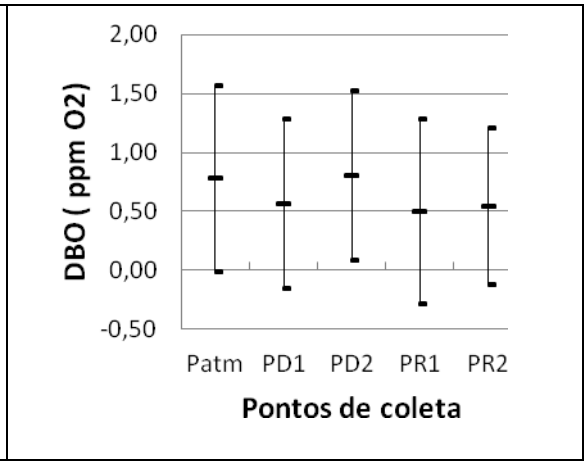


Figura 41: Comparação simultânea das médias dos valores de DBO.

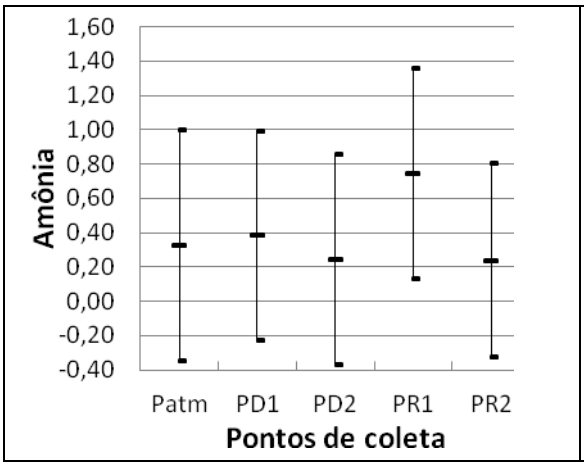


Figura 42: Comparação simultânea das médias dos valores de amônia.

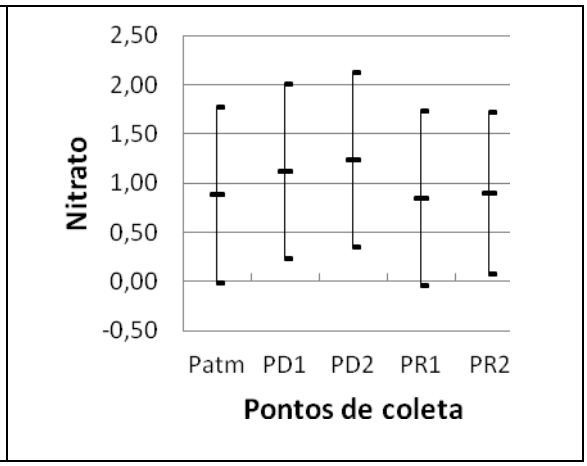


Figura 43: Comparação simultânea das médias dos valores de nitrato.

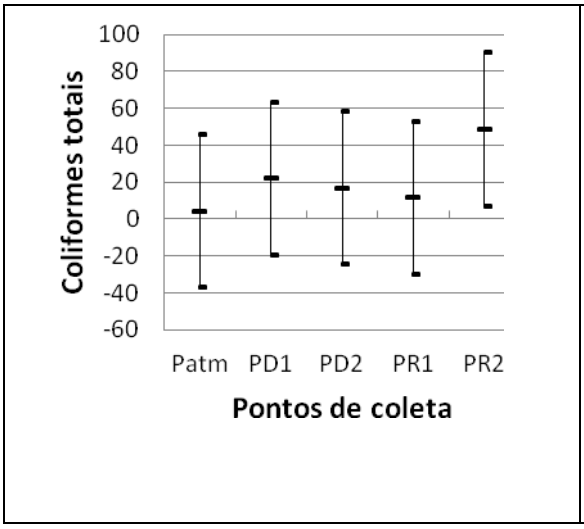


Figura 44: Comparação simultânea das médias dos valores de coliformes totais.

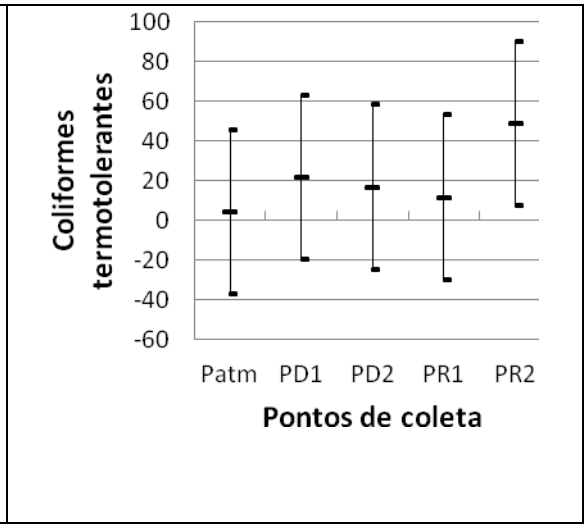


Figura 45: Comparação simultânea das médias dos valores de coliformes termotolerantes.

Verificou-se que as médias de todos os parâmetros estudados não apresentaram diferenças significativas entre as águas pluviais no seu estado bruto e nos demais pontos de coleta (Figuras 34 a 45).

Em relação à eficácia das unidades de tratamento estudadas, os resultados obtidos indicaram que não há diferença entre o filtro de areia e os dispositivos de descarte. Ambos são eficazes, uma vez que melhoram a qualidade da água da chuva após esta passar pela superfície de captação.

O fato das coletas de água nos dispositivos de descarte não terem sido realizadas no instante do evento chuvoso fez com que os sedimentos retidos nestas unidades decantassem no fundo e sendo o ponto de coleta localizado a uma certa distância acima dele estes resíduos não foram analisados, o que justifica não ter ocorrido diferença significativa entre os demais pontos de coleta.

5.6 Resíduos acumulados nos dispositivos de descarte

Com a finalidade de se verificar 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 (Figuras 46 a 48). Este conteúdo revirado foi analisado para os mesmos parâmetros já analisados no monitoramento anterior.

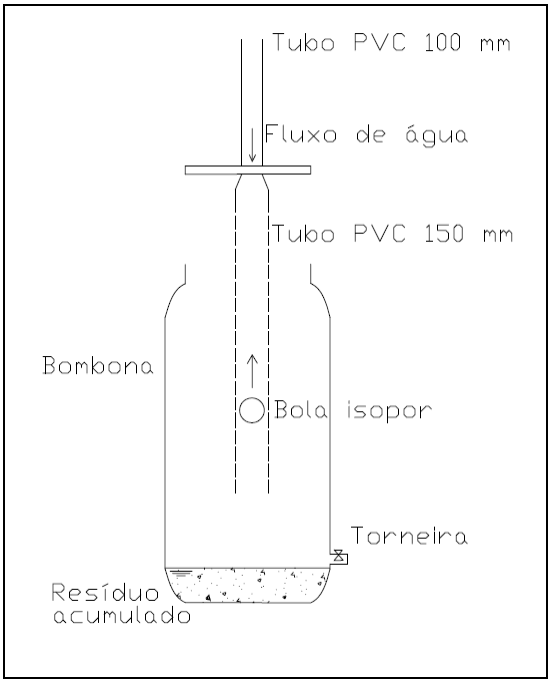


Figura 46: Esquema básico do interior dos dispositivos de descarte.

Figura 47: Resíduo acumulado no fundo do segundo dispositivo de descarte.

Figura 48: Amostras coletadas no Patm, PD1, PD2 e PR2, respectivamente.

Verificou-se que os valores de pH, dureza, cloretos, amônia e nitrato não apresentaram diferenças apreciáveis em relação aos resultados encontrados nas coletas realizadas anteriormente (Figuras 49, 53, 54, 57 e 58).

Por outro lado, para os parâmetros cor, turbidez, condutividade, STD e DBO, observou-se que os valores aumentaram consideravelmente. Em relação à cor o maior valor encontrado passou de 5,0 mg/L para 100 mg/L no P_{D1} e de 7,5 mg/L para 20 mg/L no P_{D2} (Figura 50).

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 51). A condutividade atingiu o valor de 50 mg/L no PD1 e 33,4 mg/L no PD2 (Figura 52). 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 55). Os valores de DBO também apresentaram-se elevados em relação às coletas anteriores (Figura 56).

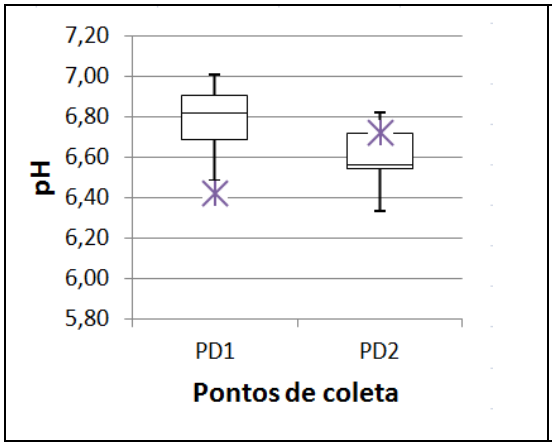


Figura 49: Comparação do resultado de pH com as coletas anteriores.

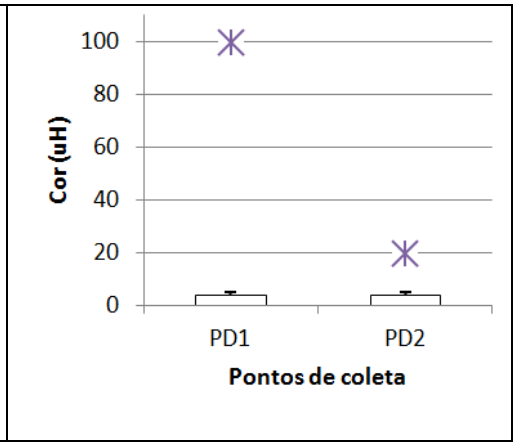


Figura 50: Comparação do resultado de cor com as coletas anteriores.

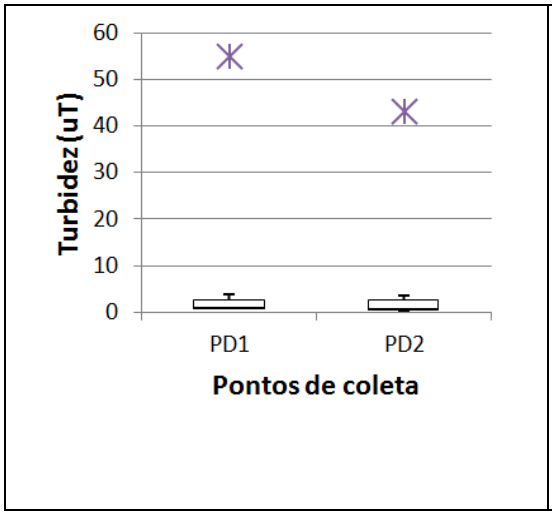


Figura 51: Comparação do resultado de turbidez com as coletas anteriores.

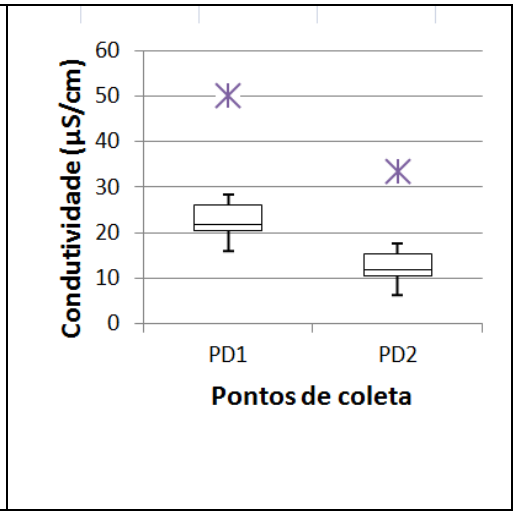


Figura 52: Comparação do resultado de condutividade com as coletas anteriores.

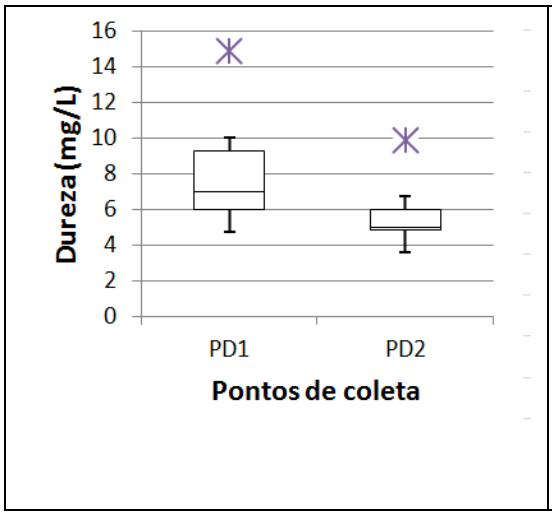


Figura 53: Comparação do resultado de dureza com as coletas anteriores.

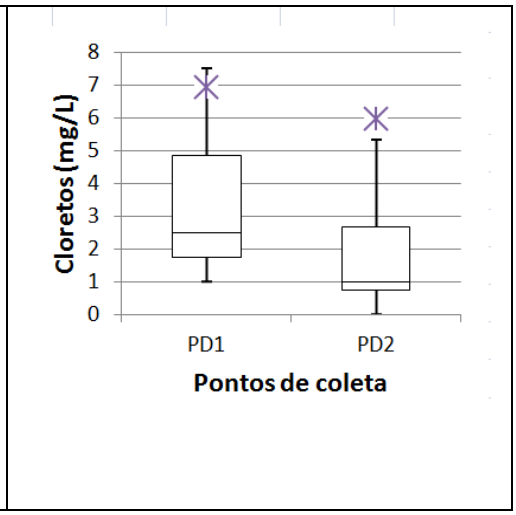


Figura 54: Comparação do resultado de cloretos com as coletas anteriores.

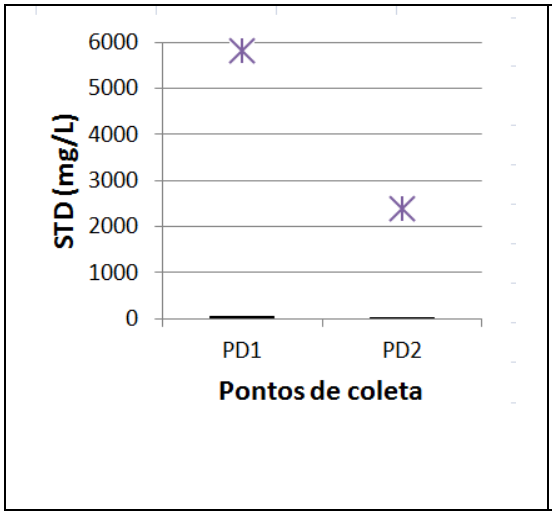


Figura 55: Comparação do resultado de STD com as coletas anteriores.

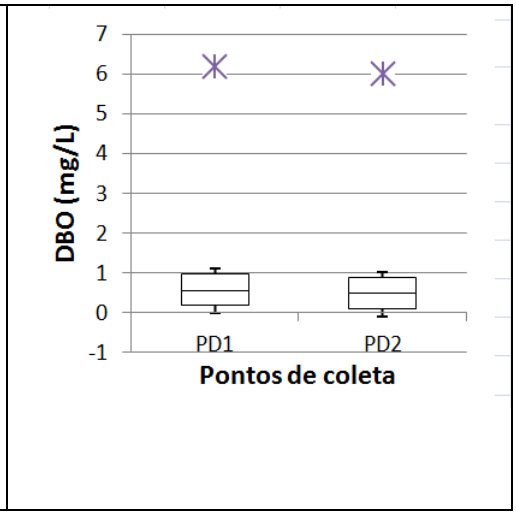


Figura 56: Comparação do resultado de DBO com as coletas anteriores.

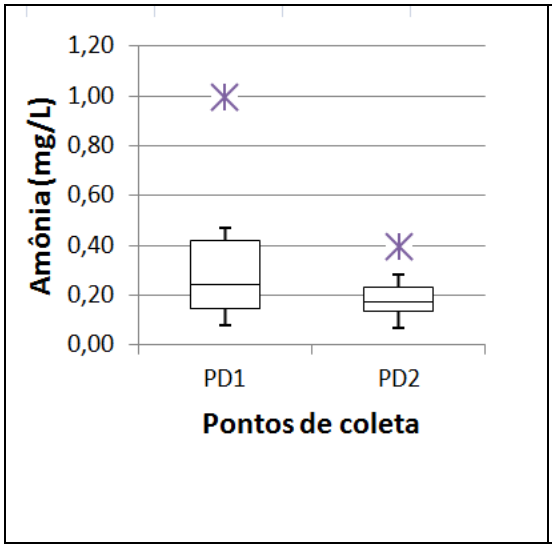


Figura 57: Comparação do resultado de amônia com as coletas anteriores.

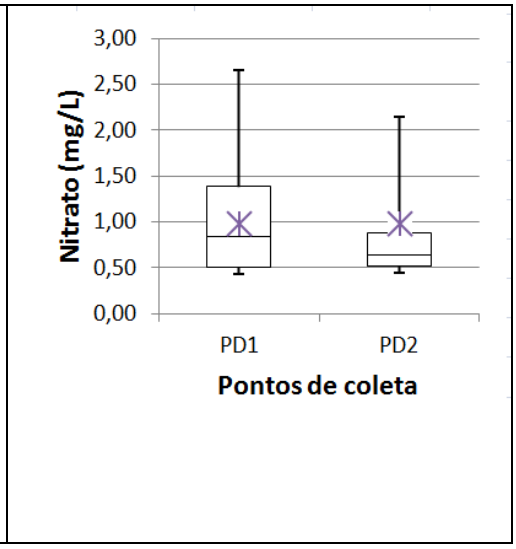


Figura 58: Comparação do resultado de nitrato com as coletas anteriores.

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 (Figuras 47 e 48), corroborando a necessidade da implantação destas unidades de tratamento antes do reservatório de acumulação, visando garantir uma melhor qualidade da água para os usos pretendidos.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

Constatou-se que a qualidade da água pluvial, em seu estado bruto, antes de entrar em contato com a superfície de captação é boa, compatível com os padrões estabelecidos pela NBR Nº 15.527/07, 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, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios e usos industriais. Também foram atendidos os limites estabelecidos pela NBR Nº 13.969/97 (classes 1, 2 e 3) e pela ANA/05 (classe 1), que tratam de padrões de qualidade conforme as classes de reuso de água, em que o uso também é destinado para fins não potáveis. Comparando os resultados obtidos com a Resolução CONAMA Nº 357/05 (classe 1 de água doce), que fornece padrões de qualidade para corpos d´água, eles também apresentaram-se compatíveis.

Ao escoar pela superfície de captação a qualidade da água se deteriora, devido às sujeiras presentes nos telhados, principalmente após um período de estiagem. Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas entre as médias dos diversos pontos de coleta e para os diversos parâmetros, este fato ficou evidente quando da análise do resíduo acumulado no fundo dos dispositivos de descarte dos primeiros milímetros de chuva.

Verificou-se que, promovendo tratamento simplificado à água de chuva, como a filtração simples ou o descarte dos primeiros três milímetros de chuva, a qualidade dela melhorou, tornando-a novamente compatível para ser aproveitada em fins não potáveis, tais como descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos e veículos, irrigação de jardins, uma vez também atendidos os padrões estabelecidos pelas NBR’s Nº 15.527/07 e Nº 13.969/97 (classes 1, 2 e 3) e pela Agência Nacional de Água (ANA/05 – classe 1), assim como aos padrões da Resolução CONAMA Nº 357/05 para corpos de água doce de classe 1.

Em relação à eficácia das unidades de tratamento estudadas, os resultados obtidos indicaram que não há diferença entre o filtro de areia e os dispositivos de descarte. Ambos são eficazes, uma vez que melhoram a qualidade da água da chuva após esta passar pela superfície de captação.

Apesar de a qualidade da água analisada nos reservatórios ter se apresentado em conformidade com os padrões normativos mencionados anteriormente, para o consumo humano verificou-se o não atendimento aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/11, haja vista a detecção de coliformes totais e fecais em todas as amostras analisadas, não devendo portanto, ser utilizada com finalidades potáveis. Por outro lado, verificou-se que a água bruta do reservatório Gramame-Mamuaba, que abastece a cidade de João Pessoa, também não esteve ausente desses microorganismos, conforme relatam Lucena et al (2009), indicando que assim como acontece nas águas superficiais utilizadas para o abastecimento convencional da cidade tornar-se potáveis após tratamento adequado, as águas pluviais também podem torna-se adequadas ao consumo humano após tratamento.

Portanto, pode-se dizer que o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva é eficaz desde que haja controle de sua qualidade e verificação da necessidade de unidades de tratamento, de forma que não comprometa a saúde de seus usuários, nem a vida útil dos sistemas envolvidos.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Estudar processos e alternativas de desinfecção de modo a adequar a qualidade da água de chuva ao padrão de potabilidade. Desta forma, aumentar-se-iam as possibilidades de utilização desta água em residências.

Em virtude das grandes vantagens trazidas pelo sistema de aproveitamento de água pluvial, como a conservação dos recursos hídricos, através da redução do consumo de água potável nas edificações e o controle de enchentes, auxiliando os sistemas urbanos de drenagem, é necessário que o governo institua uma política de incentivo à implantação efetiva desse sistema alternativo de suprimento de água, subsidiando recursos como forma de incentivo à população.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3P TECHNIK. Sistemas para aproveitamento da água de chuva. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com>. Acesso em: 11 de Julho de 201.

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 10.844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

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.

ALVES, W. C.; ZANELLA, Luciano ; SANTOS, M. F. L. . Sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis. Téchne. Revista de Tecnologia da Construção, v. único, p. 99-104, 2008.

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: VIII SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Fortaleza, 2006.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Edition. 1995.

ASA – Articulação no Semi-Árido Brasileiro. Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/. Acesso em 05 de Julho de 2011.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; FAGUNDES, G. S.; GOMES, T. A.; BORBA JÚNIOR, J. C. Viabilidade econômica do aproveitamento de águas pluviais em edifícios residenciais de João Pessoa. In: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza, 2006.

ATHAYDE JUNIOR, G. B.; DIAS, Isabelly Cícera Souza ; GADELHA, Carmem Lúcia Moreira . 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.

BEZERRA, S.M.C.; CHRISTNAN, P.; TEIXEIRA, C.A.; FARAHBAKHSH, K. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15.527/07e Decreto Municipal 293/06 de Curitiva-PR. Ambiente Construído, v.10, n.4, p.219-231. Porto Alegre, 2010.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914, de 14 de dezembro de 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005.

BUDHAVANT, K.B.; RAO, P.S.P.; SAFAI, P.D.;ALI, K. Influence of local sources on rainwater chemistry over Pune region, India. Atmospheric Research 100 (2011), p.121–131.

CAMPOS, M.A.S.. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos. Universidade Federal de São Carlos. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. São Carlos, 2004.

CARLON, M.R.. Percepção dos atores sociais quanto às alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC. Universidade do Vale do Itajaí. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade do Vale do Itajaí. Santa Catarina, 2005.

CAVALCANTI, N.B.. A importância da calha para captação de água de chuva para cisterna. Disponível em: <http://fatosefotosdacaatinga.blogspot.com//>. Acesso em 07 de Julho de 2011.

CILENTO, F.C.; ZANELLA, L.; ALVES, W.C. Desenvolvimento de equipamento para remoção de sólidos e descarte da primeira chuva. In: XV Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2012.

COOMBES P.J.; ARGUE J.R.; KUCZERA G. Figtree place: a case study in water sensitive urban development (WSUD). Urban Water, v.1, n.4, p.335-343, 1999.

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: 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de água de chuva. Belo Horizonte, 2007.

EVANS, C.A., COOMBES, P.J., DUNSTAN, R.H., 2006. Wind, rain and bacteria: the effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. Water Research 40 (1), 37–44.

GHISI, E.. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. Building and Environment, v. 41, p. 1544-1550, 2006.

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.. Coleta de água de chuva em áreas rurais. Associação Internacional de Sistemas de coleta de água de chuva. 2º Fórum Mundial da Água. Holanda, 2000.

GNADLINGER, J.. Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semi-árido brasileiro. In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Belo Horizonte, 2007.

GONÇALVES, R.F. Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GONÇALVEZ, V. B. Sistemas de captação de água de chuva. In: Captação e aproveitamento de água de chuva – Sistemas residenciais. Florianópolis, 2001.

GOOGLE EARTH – MAPAS. Disponível em: <HTTP: //mapas.google.com> Acesso em 15 de junho de 2011.

HANDIA, L., TEMBO, J. M., MWIINDWA, C., 2003. Potential of Rainwater harvesting in urban Zambia. Physics and Chemistry of the Earth 28, p. 893 – 896.

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: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis, 2006.

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: 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de água de chuva. Belo Horizonte, 2007.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. Urban Water, v.1, n.4, p.307-316, 1999.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas (1961-1990). Disponível em: www.inmet.gov.br**.** Acesso em 15 de junho de 2011.

JAQUES, R.C.. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2005.

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: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza, 2006.

LIMA, J.A.; DAMBROS, M.V.R.; ANTÔNIO, M.A.P.M.; JANZEN, J.G.; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, n.3, p.291-298, 2011.

LUCENA, R. L.; PACHECO, C.; MACEDO, D. R. G.; MENEZES, M. F.; BARBOSA, J. E. L.; GORLACH-LIRA, K.. Qualidade da água de um reservatório destinado ao abastecimento público da capital do Estado da Paraíba – Brasil. In: XII EGAL – Encontro de Geógrafos da América Latina. Montevidéu, 2009.

MARTINSON, B.; THOMAS, T.. Research into roofwater harvesting for water supply in low-income countries. American Rainwater Cathcment System Association Conference. Estados Unidos, 2003.

MAY. S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para consumo não potável em edificações. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação de

Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

NOGUEIRA, P. F. Escassez de água, 2003.

PIMENTEL, C. H. L.; FREITAS FILHO, J. S..; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.. Qualidade de águas pluviais no Brasil: Estado da arte. In: XIII Simpósio Luso-Brsaileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belém do Pará, 2008.

PINHEIRO, A.; VALLE, J. A. B.; TORDO, O.C. Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, 2005.

RODRIGUES, H. K.; SANTOS, L. A.; BARCELOS, H. P.; PÁDUA, V. L. Dispositivo automático de descarte da primeira água de chuva. In: 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de água de Chuva. Belo Horizonte, 2007.

SÃO PAULO. Lei municipal n.º 13.276, de 4 de janeiro de 2002.

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. ANA – Agência Nacional de Águas. Manual de Conservação e reuso da água em edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

SAZAKLI, E.; ALEXOPOULOS, A.; LEOTSINIDIS, M., 2007. Rainwater harvesting quality assesstment and utilization in Kefalonia Island, Greece. Water Research 41, p. 2039-2047.

SILVA, L.C.; VIEIRA, P.C.; FREITAS, R.B. Avaliação da qualidade da água de chuva para fins não potáveis na cidade de Itabira/MG. In: XV Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2012.

SINIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Ministério das Cidades, 2009.

SOUZA, S.H.B.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, S.M.; PESSOA, S.G.S. Avaliação da qualidade da água e da eficiência de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.16, n.3, p.83-93, 2011.

THOMAS, T. Choosing rainwater tanks for the sertão. In: 3º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de água pluvial, 2001.

TOMAZ, P.. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Navegar, 2003.

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: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, 2005.

VÁSQUEZ, A.; COSTOYA, M., PENA, R.M.; GARCIA, S.; HERRERO, C., 2003. A Rainwater quality monitoring network: a preliminary study of the composition of Rainwater in Galicia (NW Spain). Chemosphere 51, p. 375-386.

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

YAZIZ, M.; GUNTING, H.; SAPIARI, N., GHAZALI, A., 1989. Variation in rainwater quality from roof catchment. Water Research 23 (6), 761-765.

ZAIZEN, M., URAKAWA, T., MATSUMOTO, Y., TAKAI, H., 2000. The Collection of Rainwater from dome stadiums in Japan. Urban Water, v. 1, n.4, p. 355-359.

ZHU, K.; ZHANG, L.; HART, W.; LIU, M.; CHEN, H., 2004. Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of Northern China. Journal of Arid Environment 57, p. 487-505.