

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA E BIOLOGIA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS AMBIENTAIS

JÉSSICA DE CASTRO BUZETI

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA  
EM RESERVATÓRIOS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM CURITIBA  
– PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

JÉSSICA DE CASTRO BUZETI

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA  
EM RESERVATÓRIOS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM CURITIBA  
– PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Disciplina do Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais do Departamento Acadêmico de Química e Biologia – DAQBI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> MSc.Stella Maris da Cruz Bezerra

CURITIBA

2014

JÉSSICA DE CASTRO BUZETI

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA  
ARMAZENADA EM RESERVATÓRIOS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS  
EM CURITIBA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial à obtenção do grau de TECNÓLOGO EM PROCESSOS AMBIENTAIS pelo Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBi) do *Campus* Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela seguinte banca examinadora:

**Membro 1** – PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. KARINA QUERNE DE CARVALHO PASSIG  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, (UTFPR)

**Membro 2** – PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. CELIMAR AZAMBUJA TEIXEIRA  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, (UTFPR)

**Orientadora:** PROF<sup>a</sup>. M. Sc. STELLA MARIS DA CRUZ BEZERRA  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, (UTFPR)

**Coordenadora do Curso** - PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. VALMA MARTINS BARBOSA

Curitiba, 13 de março de 2014

Esta Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

*Dedico este trabalho a tudo e todos  
que, de alguma maneira,  
contribuíram para a realização  
deste e que me fizeram confiante,  
sem nunca perder a esperança.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela minha saúde, minha família e amigos, por me dar forças todos os dias para que eu conseguisse avançar em mais uma etapa da vida.

Aos meus pais e irmã que me apoiaram e aguentaram meu mau humor, quase sem reclamar, mas nunca me deixaram desistir.

Agradeço à minha orientadora Stella Maris da Cruz Bezerra que nunca deixou de responder um e-mail, disponibilizou seu tempo e paciência e me ajudou a concluir este trabalho com eficiência.

Ao professor Marcus Liz por ter compartilhado o seu conhecimento e contribuído para a realização deste trabalho.

À Pollyana Boletti por ter contribuído com informações e pesquisas valiosas, além do seu tempo e disposição.

Agradeço à professora Karina Carvalho e à Ellen Baettker por terem emprestado o laboratório e equipamentos, cedido seu tempo e atenção, para que este trabalho pudesse ser realizado.

As professoras Celimar Teixeira e Aliandra Medeiros, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho.

Agradeço aos síndicos, moradores e zeladores dos edifícios estudados que doaram seu tempo e atenção, permitindo a realização deste projeto.

A empresa Geoambiente, pelo apoio e compreensão na flexibilidade dos horários de trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela disponibilização de materiais, equipamentos e espaço, para que esse projeto se tornasse possível.

*O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.*

***Albert Einstein***

## RESUMO

BUZETI, Jéssica C. Avaliação da Qualidade da Água de Chuva Armazenada em Reservatórios de Edifícios Residenciais em Curitiba. 2013. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

O presente estudo teve como objetivo monitorar, durante quatro meses, a qualidade da água de chuva armazenada em três reservatórios de edifícios residenciais no município de Curitiba (PR). A análise foi realizada com base nos parâmetros de qualidade estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15527/2007 e metodologias *Standard Methods* descritas na leitura. Os edifícios residenciais selecionados para este trabalho, denominados A, B e C, foram escolhidos devido ao fato de serem os primeiros edifícios do município de Curitiba (PR) a se anteciparem às exigências do Programa de Conservação de Uso Racional de Água nas Edificações (PURA), e possuírem sistema de aproveitamento da água de chuva para consumo não potável, o qual foi avaliado em trabalhos anteriores. Os resultados do reservatório do edifício A indicaram, em análises prévias a este trabalho, concentrações altas de coliformes totais e termotolerantes, além de valores superiores ao limite estabelecido pela ABNT para turbidez e cor aparente. Porém, o reservatório do edifício A se encontrava desativado e não foi avaliado nesta etapa. No edifício B os resultados também apontam concentrações de coliformes totais e termotolerantes, e valores de cor aparente e pH superiores ao limite da ABNT. Já o edifício C apresenta valores superiores ao padrão da ABNT apenas de coliformes totais e termotolerantes. Foi possível observar uma redução relevante das concentrações de coliformes no edifício C, ao passo que no edifício B, foi possível observar um aumento. Estes resultados não indicam que a água de chuva do edifício B esteja imprópria para uso não potável, porém é recomendado que seja utilizado algum desinfetante para o tratamento.

**Palavras-chave:** Água de Chuva. PURA. Curitiba. Edifícios. Qualidade. ABNT.

## ABSTRACT

BUZETI, Jéssica de Castro. Assessment of Rainwater Harvested in Storage Tanks at Residential Buildings in the City of Curitiba - PR. 2014. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

This present study had the objective of monitoring, over four months, the water quality from the rainwater in three different residential building reservoirs in the municipal region of Curitiba (PR). The analysis was based on the parameters of quality established by the Brazilian Association of Technical Norms (ABNT) NBR 15527/2007 and methodologies Standard Method described in the reading. The residential buildings selected for this study, designated A, B, and C, were chosen for the fact that they were the first buildings in Curitiba (PR) to precede requirements of the PURAE, and possess a system that utilizes the rainwater for non-potable consumption, which has been analyzed in previous studies. The results from the reservoir from Building A indicated, in previous studies, high concentrations of total and thermotolerant coliforms, beyond the highest values of the limits established by the ABNT for turbidity and apparent color. However, Building A's reservoir was unavailable and was not evaluated in this stage. In Building B, the results also indicate concentrations of total and thermotolerant coliforms, and values of apparent color and pH superior to the limit set by the ABNT. Currently, Building C presents values superior to the standards set by the ABNT only in total and thermotolerant coliforms. It was possible to observe a significant reduction in the coliform concentration in Building C, while simultaneously observing an increase in Building B. These results do not indicate that the rainwater from Building B is unsuitable for non-potable consumption; however, it is recommended that a disinfectant be utilized in the treatment.

**Keywords:** Rainwater. PURAE. Curitiba. Buildings. Quality. ABNT.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ponto de coleta no edifício “B” .....	24
Figura 2 – Ponto de coleta do edifício “C” .....	25
Figura 3 – Frasco utilizado para amostras microbiológicas.....	26
Figura 4 – Frasco utilizado para amostras físico-químicas .....	26
Figura 5 – Armazenamento das amostras microbiológicas.....	26
Figura 6 – Resultados de Coliformes Totais e valor de referência da ABNT 15527/2007 .....	32
Figura 7 – Resultados de Coliformes Termotolerantes e valores de referência da ABNT 15527/2007.....	32
Figura 8 – Resultados de Cloro Residual Livre e valor de referência da ABNT 15527/2007 .....	34
Figura 9 – Resultados da Turbidez e valor de referência da ABNT 15527/2007.....	35
Figura 10 – Resultados da Cor Aparente e valor de referência da ABNT 15527/2007 .....	36
Figura 11 – Resultados de pH e valor de referência da ABNT 15527/2007.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exigências do PURAE para Diversos Tipos de Edificações.....	17
Tabela 2 – Parâmetros para Avaliação da Qualidade de Água de Chuva .....	19
Tabela 3 – Resumo dos Resultados Analíticos para o Edifício “A” .....	39
Tabela 4 – Resumo dos Resultados Analíticos para o Edifício “B” .....	40
Tabela 5 – Resumo dos Resultados Analíticos para o Edifício “C” .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

°C Graus Celsius

cm Centímetro

Fcv Fator de Correção Volumétrico

g Grama

L Litro

m<sup>2</sup> Metro quadrado

mg Miligrama

mL Mililitro

N Normalidade

NBR Norma Brasileira

pH Potencial hidrogeniônico

PR Paraná

PURAE Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações

P1MC Programa Um Milhão de Cisternas

TCC Trabalho de Conclusão de Curso

THM Trialometanos

uH Unidade Hazen

UNT Unidade Nefelométrica de Turbidez

UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná

V Volume

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. OBJETIVO GERAL .....	12
2.1 Objetivos Específicos .....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
3.1 A Importância da Água .....	13
3.2 Aproveitamento da Água da Chuva.....	14
3.3 A Legislação em Curitiba Sobre o Aproveitamento da Água da Chuva .....	16
3.4 Aspectos Qualitativos da Água de Chuva .....	18
3.5 Parâmetros Usualmente Empregados na Análise da Qualidade da Água de Chuva Para Fins Não Potáveis .....	18
3.5.1 Coliformes Totais .....	19
3.5.2 Coliformes Termotolerantes .....	20
3.5.3 Cloro Residual Livre .....	20
3.5.4 Turbidez .....	21
3.5.5 Cor Aparente .....	21
3.5.6 pH.....	21
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 Amostragem .....	23
4.2 Método Analítico.....	26
4.2.1 Coliformes Totais .....	27
4.2.2 Coliformes Termotolerantes .....	28
4.2.3 Cloro Residual Livre .....	28
4.2.4 Turbidez .....	30
4.2.5 Cor Aparente .....	30
4.2.6 pH.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	31
5.1 Tratamentos .....	31
5.2 Coliformes Totais e Termotolerantes .....	31
5.3 Cloro Residual Livre .....	34
5.4 Turbidez .....	35
5.5 Cor Aparente .....	36
5.6 pH.....	37
5.7 Tabela de Resultados.....	39
6. CONCLUSÃO.....	42
7. ETAPAS FUTURAS .....	44
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural não renovável e imprescindível para a existência e sobrevivência dos seres vivos na Terra. O uso da água está diretamente relacionado a aspectos econômicos, ecológicos, biológicos e sociais de uma população. Porém, com o crescimento populacional e com o avanço da tecnologia, o consumo da água vem sendo cada vez mais intenso, comprometendo o futuro das próximas gerações.

No intuito de amenizar a escassez da água, é necessário realizar o gerenciamento da atividade humana, incluindo o aprendizado de se usar racionalmente a água, pela minimização de efluentes líquidos, de emissores atmosféricos e de resíduos sólidos (BARROS e AMIN, 2006). Diante deste contexto, verifica-se a importância do investimento em pesquisas para métodos alternativos de abastecimento de água potável, incluindo o aproveitamento da água da chuva.

Há inúmeras vantagens no aproveitamento da água da chuva, tais como o controle da drenagem, prevenção de enchentes, conservação da água, restauração do ciclo hidrológico em áreas urbanas e educação ambiental (ZAIZEN *et al.*, 1999). São práticas conservacionistas e de redução da poluição ambiental, que podem fazer a diferença quando se trata da preservação deste bem precioso.

A utilização de sistemas para coleta da água da chuva vem se tornando mais urgente a cada ano, devido à implantação de leis e regulamentações constantemente aprimoradas. O município de Curitiba, por exemplo, já dispõe de legislações sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações (BEZERRA *et al.*, 2010).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar as condições da qualidade da água da chuva armazenada em reservatórios de edifícios residenciais no município de Curitiba (PR), com base nos parâmetros de qualidade indicados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma brasileira NBR 15527/2007 (ABNT, 2007).

## **2. OBJETIVO GERAL**

Monitorar durante 4 meses a qualidade da água de chuva armazenada em reservatórios de três edifícios residenciais, para consumo não potável, na cidade de Curitiba (PR).

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Analisar a qualidade da água da chuva de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15527/2007, coletada em reservatórios de armazenamento de água de chuva de três edifícios de Curitiba;
- Comparar os resultados obtidos com os resultados analíticos de trabalhos anteriores, realizados em 2008 e 2009, para os mesmos reservatórios;
- Avaliar a qualidade atual da água da chuva armazenada, verificando também a frequência da limpeza dos reservatórios;
- Averiguar a existência de algum tipo de tratamento aplicado à água da chuva armazenada e a respectiva eficiência; e
- Verificar se a água da chuva armazenada está sendo utilizada para finalidades não potáveis.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A Importância da Água

A água pode ser considerada como o único recurso natural que participa em todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial, aos valores culturais e religiosos de uma sociedade. Além de ser um elemento da natureza indispensável à vida de todos os seres aquáticos ou terrestres, seja como componente bioquímico de seres vivos ou como meio de vida de várias espécies vegetais e animais. Ainda é o elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário (BRANCO, 2003).

A escassez da água potável é um problema e tem sido agravado pela falta do uso sustentável e do manejo adequado desse recurso natural. Segundo Andreoli et al. (2000) os fatores responsáveis pelo comprometimento da qualidade e quantidade dos recursos hídricos são os desequilíbrios ambientais, resultantes do desmatamento e do uso indevido do solo, das destruições dos ambientes naturais nas regiões urbanas, industriais e agrícolas.

Além dos fatores citados, o crescimento populacional intenso contribui para o problema de escassez dos recursos hídricos, além do uso abusivo e mal administrado do recurso. O desperdício é causado tanto pelo desconhecimento, falta de informação e orientação, quanto pela deficiência técnica nos serviços de abastecimento, causando vazamentos.

Embora a Terra seja composta por três quartos de água, deve-se considerar que a maior parte dessa água é imprópria para o consumo. Segundo o Relatório das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Mundo, publicado em 2006, 97% da água está nos mares, e num primeiro momento imprópria para o uso agrícola e industrial e para o consumo humano (PNUD, 2006). Neste mesmo relatório indica-se que outros 2% de água doce estão nas calotas polares, em forma de gelo ou neve e que restam apenas 1% disponíveis nos rios, lagos e lençóis freáticos.

Segundo Tundisi (2003), no Brasil, a região norte é a região com maior disponibilidade hídrica do país (68,5% de água doce do país), mas a que tem menor densidade populacional. O Sudeste também possui boa disponibilidade hídrica (6% de água doce), mas enfrenta problemas com o aumento da urbanização e o crescimento da população. Isso se reflete também na região Sul com 6,5% dos recursos hídricos. Por outro lado, o nordeste brasileiro apresenta escassez de água, onde estão apenas 3,3% destes recursos. A região Centro-oeste do país (15,7% de água doce) também tem seus recursos hídricos ameaçados pela poluição e pela falta de gestão.

Diante desse quadro observa-se que, apesar de o Brasil ser um país rico em recursos hídricos superficiais e subterrâneos, ainda é visível o problema de abastecimento irregular de água potável, decorrente dos desequilíbrios ambientais, como desmatamentos, crescimento demográfico e do uso abusivo da água. Desta forma, é necessária a adoção de práticas de uso racional e de reuso da água.

### **3.2 Aproveitamento da Água da Chuva**

A água da chuva faz parte do ciclo hidrológico, portanto é uma das formas de ocorrência de água na natureza, sendo importante para a recarga de rios e aquíferos, para o desenvolvimento das espécies vegetais e também para remover partículas de poeira e poluição existentes na atmosfera.

O manejo e o aproveitamento da água da chuva não é uma prática nova, existem relatos desse tipo de atividade a milhares de anos atrás, antes mesmo da era cristã. Porém essa prática perdeu força com a inserção de tecnologias mais modernas de abastecimento, como a construção de grandes barragens, o desenvolvimento de técnicas para o aproveitamento de águas subterrâneas, a irrigação encanada e a implementação dos sistemas de abastecimento (ANNECCHINI, 2005).

Atualmente, a utilização da água de chuva voltou a ganhar força e em alguns países desenvolvidos é incentivada pelo oferecimento de benefícios para a construção de sistemas para sua captação e armazenamento, como por exemplo, nos Estados Unidos, na Alemanha e no Japão. Segundo Anecchini (2005) vários



países europeus e asiáticos utilizam amplamente a água da chuva nas residências, nas indústrias e na agricultura, sendo considerada um meio simples e eficaz para atenuar o problema ambiental de escassez de água.

No Brasil, uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente no Nordeste, devido ao incentivo e financiamento pelas Organizações Não Governamentais (ONG's) em parceria com o governo, como por exemplo, o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Desde que surgiu em 2003, o P1MC já construiu mais de 400 mil cisternas, beneficiando mais de 2 milhões de pessoas no semiárido brasileiro (ASA, 2013). Já em metrópoles como São Paulo e Rio de Janeiro, a coleta de água de chuva tornou-se obrigatória para alguns empreendimentos, a fim de contribuir para minimizar a ocorrência de enchentes.

Em Curitiba (PR) também é obrigatória a coleta de água de chuva para fins não potáveis. A lei municipal 10.785/2003 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE (CURITIBA, 2003), posteriormente regulamentado pelos Decretos Municipais 293/2006 e 212/2007. O PURAE tem como principal objetivo propor medidas para conservar e fazer uso racional da água, utilizar fontes alternativas para captação de água e conscientizar os usuários; ainda prevê a utilização de aparelhos e dispositivos economizadores de água e medição individualizada de água nos apartamentos (CURITIBA, 2006 e 2007).

O uso de água de chuva para fins não potáveis que dizer, basicamente, que a água pode ser utilizada para atividades que não envolvam o consumo direto desta água, como por exemplo, lavagem de calçadas e automóveis, descarga e jardinagem.

Portanto, a água de chuva pode ser utilizada em várias atividades para fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola, tanto como fonte principal quanto como fonte suplementar de água. Além de ser um recurso hídrico relativamente acessível independente das condições econômicas e sociais, a água da chuva ainda é uma fonte de água doce que não é passível de ser cobrada pelo seu uso, tornando-se uma contribuição descentralizada importante.

### 3.3 A Legislação em Curitiba Sobre o Aproveitamento da Água da Chuva

Como já foi relatado no tópico anterior, em Curitiba (PR) foi introduzida a Lei Municipal nº 10.785/2003 em 18 de setembro de 2003, a qual criou no município o Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações (PURA) (CURITIBA, 2003). Esse programa indica em seu artigo primeiro o objetivo de “instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água”.

As disposições dessa LEI devem ser aplicadas nos projetos de construções de novas edificações na capital do Paraná. Dentre as especificações, o PURA regulamenta que os projetos de engenharia devem prever alguns dispositivos economizadores de água e ainda o uso de águas “servidas” ou “cinzas”. Estas são águas que já foram utilizadas e seguem a um reservatório específico para ser reaproveitada em atividades que não requeiram o uso de água potável (art. 7º). A Secretaria Municipal de Urbanismo, da Prefeitura Municipal de Curitiba, só concede alvará de construção se esses requisitos forem respeitados (art. 10º).

Vale ressaltar que esta legislação não entrou em vigor imediatamente em 2003, quando a lei foi criada. Somente três anos depois da criação do PURA, é que foi instituído o Decreto Municipal nº 293, em 22 de março de 2006, para sua regulamentação. O Decreto determina alguns detalhes para a obtenção do licenciamento de construções no Município, explicitando que é obrigatória a implantação de mecanismo de captação de água da chuva nas coberturas das edificações, a qual deverá ser armazenada para posterior utilização em atividades que não exijam o uso de água potável (art.2º).

O mesmo decreto estabelece que, em edificações de habitação coletiva, de área total seja igual ou superior a 250m<sup>2</sup>, é obrigatória a instalação de hidrômetros para a medição individualizada do volume de água potável por unidade (art. 3º). Este decreto também torna obrigatória a utilização de aparelhos e dispositivos hidráulicos redutores do consumo de água e, ainda, determina que em edificações comerciais e industriais, os pontos de consumo de água devem ter controle de volume fixo de descarga (art. 4º) e, em edificações com área igual ou superior a 5.000m<sup>2</sup>, é

obrigatória a instalação de um sistema de coleta e tratamento de águas servidas (art. 6º).

Em 29 de março de 2007, entrou em vigor outro Decreto Municipal nº 212, trazendo o novo Código de Edificações do Município de Curitiba e, somente então, o PURAE foi efetivamente implantado (CURITIBA, 2007).

Na tabela 1 são relacionados os tipos de edificações com as seguintes exigências do PURAE: 1 – Captação e armazenamento da água de chuva; 2 – Dispositivos hidráulicos redutores do consumo de água potável; 3 – Hidrômetros individuais e 4 – Sistema de coleta e tratamento das águas servidas.

**Tabela 1 – Exigências do PURAE para Diversos Tipos de Edificações**

Tipos de Edificações	Exigências			
	1	2	3	4
Habitação unifamiliar	x	X		
Habitação de uso institucional	x	X		
Habitação transitória 1 (apartamento, hotel e pensão)	x	X		
Habitação transitória 2 (hotel)	x	X		
Habitação transitória 3 (motel)	x	X		
Comunitário 1- ensino, assistência social a saúde e biblioteca	x	x		
Comunitário 2 -lazer, cultura, ensino, saúde e culto religiosos	x	x		
Comunitário 3- lazer e ensino	x	x		
Comércio e serviço até 400 m <sup>2</sup>	x	x		
Posto de abastecimento	x	x		
Habitação coletiva e ou conjunto residencial (edifícios com área total construída por unidade igual ou superior a 250 m <sup>2</sup> e nas residências isoladas)	x	x	x	
Habitação unifamiliar em série	x	x	x	
Casas populares em série	x	x	x	
Comércio e serviço acima de 400 m <sup>2</sup>	x	x		x *
Edifício de escritórios	x	x		x *
Estacionamento comercial	x	x		x *
Centro comercial	x	x		x *
Super e hipermercado	x	x		x *
Lava rápido	x	x		x *
Clínica e ambulatório	x	x		x *
Indústria	x	x		x *

\*Apenas para as edificações com área computável construída igual ou superior a 5.000 m<sup>2</sup>.  
Fonte:Christan (2008).

### **3.4 Aspectos Qualitativos da Água de Chuva**

A água de chuva tem sido utilizada desde os tempos antigos para aumentar o abastecimento de água e, em alguns lugares, como por exemplo, onde ocorrem secas graves, é fonte principal de água. Segundo Tomaz (1998) vários fatores interferem direta e indiretamente na qualidade da água da chuva, como a localização geográfica (zona urbana ou rural, além da proximidade do oceano), regime de chuvas, presença de vegetação, condições meteorológicas, estação do ano e presença de carga poluidora.

A coleta de água para fins não potáveis pode não requerer grandes cuidados de purificação, dependendo do local em que for coletada, embora algum grau de filtração, muitas vezes, seja necessário. Outras formas de tratamento podem usar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração (MAY, 2004).

São inúmeros fatores que podem influenciar a qualidade da água de chuva. Desta forma, é necessário caracterizar a qualidade física, química e biológica da água de chuva no local exato onde se pretende averiguar a viabilidade de seu aproveitamento.

### **3.5 Parâmetros Usualmente Empregados na Análise da Qualidade da Água de Chuva Para Fins Não Potáveis**

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Em Curitiba (PR), cidade onde foi desenvolvido este trabalho, não há legislações específicas que definam a qualidade necessária da água de chuva para ser aproveitada em fins não potáveis.

Portanto, para avaliação da qualidade da água de chuva coletada, foram utilizados como padrão de referência os parâmetros estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a qual publicou a ABNT NBR 15527/2007, que trata do aproveitamento de água de chuva captada em coberturas em áreas urbanas, para seu aproveitamento em fins não potáveis (ABNT, 2007).

Anteriormente, já foram realizadas investigações em alguns edifícios residenciais e comerciais em Curitiba, por Christan (2008); Decker e Ferreira (2008) e Souza e Müller (2009), para avaliar a qualidade da água de chuva armazenada nos reservatórios e da chuva atmosférica. Os dados obtidos nesses trabalhos também serão utilizados como base de estudo para a pesquisa. Na tabela 2 são apresentados os parâmetros e a referência contidos na norma ABNT NBR 15527/2007:

**Tabela 2 – Parâmetros para Avaliação da Qualidade de Água de Chuva**

<b>Parâmetros</b>	<b>Referência</b>
<b>Coliformes Totais</b>	Ausência em 100 mL
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	Ausência em 100 mL
<b>Cloro Residual Livre</b>	0,5 a 3,0 mg/L
<b>Turbidez</b>	< 2,0 UNT, para usos menos restritivos < 5,0 UNT
<b>Cor Aparente</b>	< 15 uH
<b>pH</b>	6,0 a 8,0

Fonte: ABNT (2007).

### 3.5.1 Coliformes Totais

Coliformes totais são bactérias do grupo coliforme (bacilos gram-negativos). Os coliformes totais podem ser aeróbios ou anaeróbios facultativos e sua presença não é necessariamente um indicativo de contaminação fecal, pois este inclui em sua maioria bactérias não entéricas. Esse parâmetro serve como um indicador de qualidade higiênico-sanitária da água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Além disso, os coliformes totais podem ser utilizados como um indicador de risco de contaminação biológica e devem ser verificados devido ao manuseio da água pelos moradores dos condomínios residenciais estudados.

### **3.5.2 Coliformes Termotolerantes**

Os coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas que pertencem ao subgrupo das bactérias do grupo coliforme e estão presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos. Podem estar presentes em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal. O uso dessas bactérias termotolerantes são mais eficientes como indicativo de poluição sanitária, uma vez que são restritas ao trato intestinal de animais endotérmicos, diferentemente da bactéria coliforme “total” (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Portanto, os coliformes termotolerantes também são indicadores de contaminação biológica, podendo indicar risco de contaminação aos usuários que entrarem em contato direto com a água.

### **3.5.3 Cloro Residual Livre**

Cloro residual livre é a soma das concentrações de ácido hipocloroso e de íon hipoclorito, que são formados a partir da hidrólise do cloro. O ácido e o íon são os principais responsáveis pela oxidação da matéria orgânica indesejada e suas concentrações variam com a temperatura e pH da água, sendo de importância vital na inibição do crescimento bacteriano (BRASIL, 2006).

### 3.5.4 Turbidez

Segundo Von Sperling (1996) a turbidez é caracterizada por sólidos em suspensão e representa o grau de interferência da passagem da luz através da água. Esses sólidos em suspensão podem reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese, além de poder servir de abrigo para microrganismos patogênicos.

A turbidez é quantificada através de um aparelho denominado turbidímetro e a sua unidade é UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez). A turbidez elevada pode tornar a água tóxica, pois prejudica a desinfecção da água, principalmente a inativação de vírus.

### 3.5.5 Cor Aparente

A cor aparente é determinada pela alteração na aparência da água através de substâncias dissolvidas ou em suspensão, dependendo da quantidade e da natureza do material presente. Para a quantificação da cor são utilizados métodos de comparação visual e a unidade é representada por uH (unidade Hazen) (VON SPERLING, 1996).

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005) se a água for desinfetada com cloro livre aparecem algumas substâncias precursoras de trihalometanos (THM) e outros compostos halogenados. Portanto, faz-se necessária a quantificação de cor na água chuva, pois é muito comum associar a qualidade da água à cor que ela apresenta.

### 3.5.6 pH

O pH representa o potencial hidrogeniônico e é a concentração de íons hidrogênio  $H^+$  (em escala anti-logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade de água. A faixa de pH está entre 0 a 14 (VON SPERLING, 1996).

Águas com valores baixos de pH tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais e paredes de concreto, enquanto águas com valor elevado de pH tendem a formar incrustações (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Por isso, é importante monitorar o pH da água da chuva para evitar danos às instalações.



## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Amostragem

As amostras foram coletadas mensalmente, durante 4 meses, da torneira disponível para utilização de água de chuva pertencentes a dois edifícios residenciais de Curitiba (PR). As amostras para os parâmetros físico-químicos foram analisadas nos laboratórios de Saneamento e Análise de Contaminantes da UTFPR. Já as amostras para os parâmetros microbiológicos foram analisadas pelo laboratório terceirizado.

Os edifícios residenciais foram selecionados por já apresentarem estudos semelhantes realizados anteriormente por Christan (2008) e Decker e Ferreira (2008), os quais auxiliaram na análise da qualidade atual da água de chuva.

O edifício residencial denominado “A” está localizado no bairro Água Verde, possui 48 unidades habitacionais com área individual dos apartamentos variando entre 288 e 535 m<sup>2</sup>. Este edifício possui um reservatório de água da chuva de 5.000 litros, enterrado sob o jardim. Após várias tentativas de contato com a síndica do prédio, foi informado que o reservatório para armazenamento de água da chuva não mais está sendo utilizado, impossibilitando a continuação da pesquisa na área.

O edifício residencial “B” está localizado no bairro Bigorriho, possui 45 unidades habitacionais com apartamentos de área individual variando de 126 a 350 m<sup>2</sup>. Possui um reservatório de armazenamento de água da chuva com capacidade para 10.000 litros, localizado no subsolo do prédio. A água é captada através de calhas na cobertura, mas também de ralos nos pisos da área comum, distribuídos no interior do edifício. De acordo com o zelador do prédio, a cada 6 meses é realizada limpeza no reservatório, a partir de uma empresa terceirizada, e a água é utilizada para lavar a calçada. As amostras de água da chuva foram coletadas diretamente da torneira convencional (Figura 1), abastecida pelo reservatório.



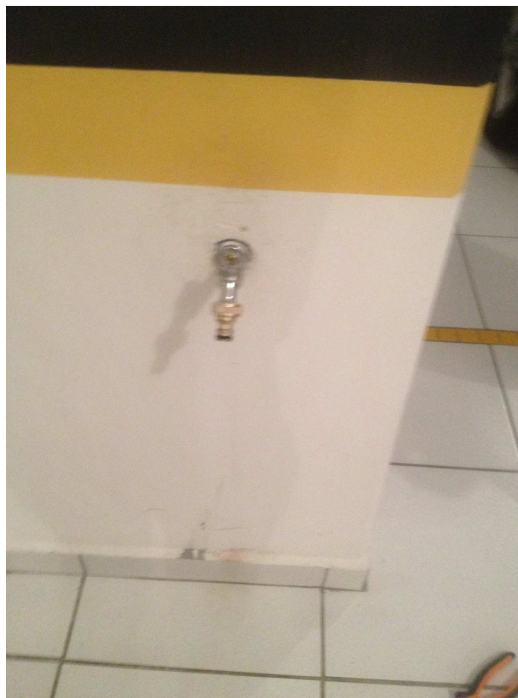
**Figura 1 – Ponto de coleta no edifício “B”**

Fonte: Autoria própria

O edifício residencial “C” é localizado no bairro Cabral, possui duas torres de 7 andares cada, totalizado 14 unidades habitacionais de 639 m<sup>2</sup> de área. O edifício possui um reservatório de água da chuva de capacidade de 38.000 litros, localizado no subsolo.

A água da chuva armazenada no reservatório maior, é bombeada até a cobertura e distribuída em outros 4 reservatórios menores de 8.600 litros cada. A água da chuva captada é utilizada para descargas dos vasos sanitários, lavagem das calçadas e para jardinagem.

Foram coletadas amostras da água de chuva diretamente da torneira de acesso restrito (Figura 2), a qual é abastecida pelo reservatório.



**Figura 2 – Ponto de coleta do edifício “C”**

Fonte: Autoria própria

As coletas para análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram realizadas no período entre novembro de 2013 a fevereiro de 2014, nos dias 13/11/2013, 11/12/2013, 14/01/2014 e 04/02/2014. Os frascos utilizados na coleta microbiológica (Figura 3) foram cedidos pelo laboratório contratado, com o volume de 250 mL e de material polietileno previamente esterilizado. Os fracos de vidro utilizados na coleta físico-química (Figura 4) foram cedidos pelo laboratório de Análise de Contaminantes, com o volume de 1 L e de cor âmbar. As técnicas de amostragem foram realizadas com base na Norma ABNT NBR 9898/1987.

As amostras microbiológicas coletadas foram armazenadas em caixas de isopor com gelo (Figura 5), a fim de manter a temperatura abaixo de 10° C, com o objetivo de retardar a ação biológica, reduzir a hidrólise, a volatilidade e absorção dos compostos e elementos químicos. Estas amostras foram analisadas em um prazo máximo de 24 horas após a coleta.



**Figura 3 – Frasco utilizado para amostras microbiológicas**

Fonte: Autoria própria



**Figura 4 – Frasco utilizado para amostras físico-químicas**

Fonte: Autoria própria



**Figura 5 – Armazenamento das amostras microbiológicas**

Fonte: Autoria própria

## 4.2 Método Analítico

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos utilizados para avaliar a qualidade da água da chuva estão descritos na Tabela 2 (ver capítulo 3), os quais estão previstos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15527/2007 (ABNT, 2007).

As análises físico-químicas foram realizadas nos laboratórios de Análise de Contaminantes e Saneamento da UTFPR. Porém, não foi possível realizar as análises microbiológicas no laboratório da UTFPR em função da indisponibilidade do reagente e incompatibilidade de horários para o acompanhamento da análise no laboratório. Portanto, as análises microbiológicas foram realizadas por um laboratório contratado para este fim.

#### **4.2.1 Coliformes Totais**

O teste para coliformes totais foi realizado através do método de tubos múltiplos, seguido do teste confirmativo, com base na metodologia *Standard Methods* 9221 B e C (APHA, 2005).

Para a realização do método de tubos múltiplos foram utilizados 15 tubos de ensaio, sendo que em 5 continham caldo lactosado de concentração dupla e 10 mL de amostra inoculada em cada tubo. Nos 10 tubos restantes com caldo lactosado de concentração simples, foram inoculados 1 mL de amostra e nos 5 últimos tubos, 0,1 mL de amostra. Os tubos foram incubados a 35° C de 24 a 48 horas. A formação de gás dentro do tubo confirma positivamente a presença de coliformes e, neste caso, o teste confirmativo é feito. A não formação de gás durante o período de incubação é considerado como resultado negativo e o teste termina.

O teste confirmativo só foi realizado nos tubos que formaram gases, portanto, deram positivo para coliformes totais. Para realização do teste, foi utilizado meio de cultura Verde Brilhante Bile a 2%, contido em novos tubos. Com uma alça de platina previamente flambada, retirou-se uma porção de amostra do tubo positivo para inocular no tubo correspondente, contendo meio Verde Brilhante. A inoculação dos tubos foi realizada a 35° C em 24 a 48 horas. A confirmação foi dada pela formação de gases dentro do tubo.

#### 4.2.2 Coliformes Termotolerantes

O teste para coliformes termotolerantes foi realizado com os tubos que deram positivos para coliformes totais, e com todos os tubos negativos em que houver crescimento após 48 horas, com base na metodologia *Standard Methods* 9221 B, C e E (APHA, 2005). Para confirmação de Coliformes, utilizou-se o caldo EC (*Escherichia coli*), por eles serem definidos como coliformes capazes de fermentar a lactose, com produção de gás, no período de 48 horas, a 45,5° C. Se houver formação de gases o resultado é considerado positivo.

#### 4.2.3 Cloro Residual Livre

O cloro residual livre foi determinado com base na metodologia *Standard Methods* 4500-Cl B (APHA, 2005), através do Método Iodométrico.

As soluções de ácido acético concentrado, tiosulfato de sódio 0,025 N e indicador amido à 1,0 % foram utilizadas, além de 0,2 g de iodeto de potássio. A determinação do cloro residual foi realizada através da titulação da amostra e o iodeto de potássio, com a solução tiosulfato de sódio, até a coloração virar de azul para incolor.

A solução de Tiosulfato de Sódio 0,25 N foi preparada pesando 62,05 g de Tiosulfato de Sódio Pentahidratado e dissolvido com 800 mL de água destilada em um béquer de 1000 mL. Posteriormente foi adicionado 0,40 g de Hidróxido de Sódio e transferido para um balão volumétrico de 1000 mL.

Depois, a solução de Tiosulfato de Sódio 0,025 N foi preparada a partir de 100 mL da solução de Tiosulfato de Sódio 0,25 N e transferida para um balão de 1000 mL, completado com água destilada.

Para calcular o fator de correção volumétrico, foi preparada a solução de Biiodato de Potássio 0,025 N, pesando 0,8125 g de Biiodato de Potássio e dissolvido em 500 mL. Depois, foi transferido para um balão volumétrico de 1000 mL e completado com água destilada.

Posteriormente, foi adicionado em um erlemmeyer 100 mL de água destilada, 2 g de Iodeto de Potássio, 10 gotas de ácido sulfúrico concentrado e 10 mL de solução de Biiodato de Potássio 0,025 N. A solução foi agitada e titulada com solução de Tiosulfato de Sódio 0,025 N e indicador amido 1%.

A solução amido 1% foi preparada a partir de 0,10 g de amido solúvel em um béquer de 10 mL, com pouca água. A solução foi misturada até formar uma pasta. Em um béquer de 10 mL foi adicionado água destilada e fervida em aquecedor elétrico, acrescentando aos poucos a pasta de amido, em constante agitação. A solução foi deixada em repouso por 12 horas. Posteriormente, o sobrenadante foi transferido para um frasco e adicionado 0,02 g de ácido salicílico e homogeneizado. O resíduo foi descartado.

Para efetuar o cálculo do fator de correção volumétrico, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$F_{cv} = 10 / V$$

Em que:

F<sub>cv</sub> = Fator de correção volumétrico;

V = Volume médio gasto da solução de Tiosulfato de Sódio (mL).

O processo de fatoraçoão foi realizado em triplicata. O cálculo do cloro em mg/L foi realizado através da fórmula:

$$\text{mg/L Cl}_2 = \frac{V_g \times F_{cv} \times N \times 35.450}{V}$$

Em que:

V<sub>g</sub> = mL de solução de tiosulfato de sódio gasto na titulação da amostra (mL);

F<sub>cv</sub> = Fator de correção volumétrico;

N = Normalidade da solução de tiosulfato de sódio = 0,025 N;

V = Volume da amostra em mL.

#### 4.2.4 Turbidez

A determinação da turbidez foi realizada pelo turbidímetro, com base na metodologia *Standard Methods* 2130 B (APHA, 2005). A leitura foi feita em uma cubeta com a amostra homogeneizada e foi obtido resultado em unidades nefelométricas de turbidez (UNT). O turbidímetro foi previamente calibrado.

#### 4.2.5 Cor Aparente

A análise da cor foi realizada através de um disco comparador, onde é feita a comparação de água destilada com a amostra homogeneizada. O disco comparador foi girado até a coincidência de cor entre o tubo com água e o tubo com a amostra. A metodologia utilizada foi *Standard Methods* 2120 B (APHA, 2005).

#### 4.2.6 pH

A leitura do pH da amostra foi realizada através do aparelho pHmetro, o qual foi previamente calibrado com as soluções padrão (pH 4 e pH 7), com base na metodologia *Standard Methods* 4500 H<sup>+</sup> (APHA, 2005).



## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As amostras de água da chuva provenientes dos reservatórios dos edifícios “B” e “C” foram analisadas nos dias 13/11/2013, 11/12/2013, 14/01/2014 e 04/02/2014. Os parâmetros microbiológicos não foram analisados pelo laboratório contratado no dia 11/12/2013 devido a um problema com a capela do laboratório e, também, no dia 04/02/2014 devido ao curto período de tempo para a análise.

### **5.1 Tratamentos**

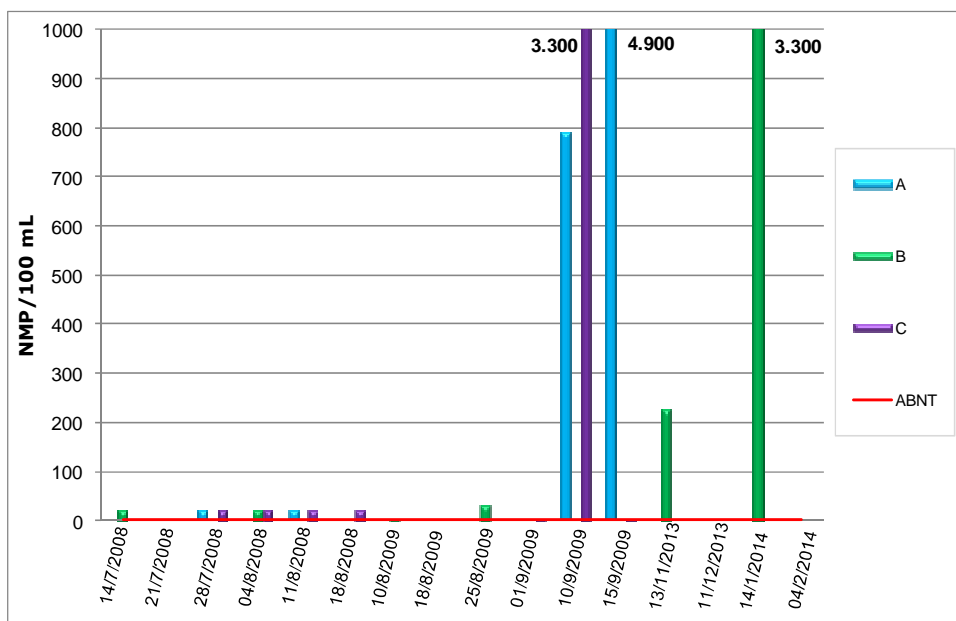
De acordo com estudos anteriores de Christan (2008); Decker e Ferreira (2008) e Souza e Müller (2009), realizados no edifício “A”, o tratamento da água da chuva coletada era feito através de um filtro, na entrada do reservatório, com o objetivo de reter partículas maiores. Porém, tanto o reservatório de água de chuva quanto o filtro, encontram-se desativados.

Em relação ao edifício “B”, o tratamento da água de chuva coletada é feito através de um sistema de grades metálicas, para reter partículas maiores e por um tanque de decantação, construído em concreto, localizado no subsolo do prédio.

Já no edifício “C”, a água da chuva coletada é tratada através de um filtro de telas e por uma grade, o qual retém as partículas maiores. Nenhum dos edifícios estudados utiliza produtos químicos como forma de tratamento da água da chuva. Porém, segundo informações do zelador, no edifício “C” já foi utilizado hipoclorito de sódio para o tratamento da água, mas deixaram de usar, pois pensaram não fazer diferença na qualidade da água.

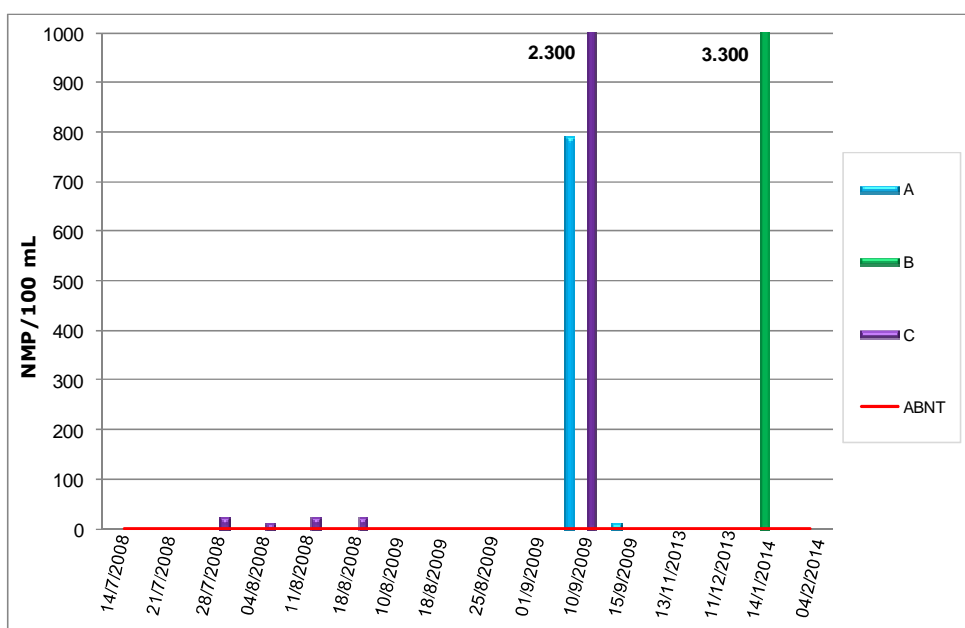
### **5.2 Coliformes Totais e Termotolerantes**

Nas figuras 6 e 7 são apresentados os resultados de Coliformes Totais e Termotolerantes, respectivamente, nos estudos realizados nos anos 2008, 2009, 2013 e 2014, e os valores de referência da ABNT NBR 15527/2007.



**Figura 6 – Resultados de Coliformes Totais e valor de referência da ABNT 15527/2007**

Fonte: Autoria própria



**Figura 7 – Resultados de Coliformes Termotolerantes e valores de referência da ABNT 15527/2007**

Fonte: Autoria própria

No edifício “A” é possível observar que aproximadamente 65% das amostras apresentaram Coliformes Totais e Termotolerantes inferiores ao limite de detecção utilizado pelo laboratório. Embora, no ano de 2009, nos dias 10/09 e 15/09, os valores desses mesmos parâmetros apresentaram-se muito superior ao limite estabelecido pela ABNT NBR 15527/2007, a qual indica ausência em 100 mL de amostra. De todas as amostras analisadas, pelo menos 50% apresentaram coliformes totais superiores ao limite estabelecido pela Norma. Estes resultados indicam que a água de chuva encontrava-se fora dos padrões de qualidade estabelecidos pela ABNT NBR 15527/2007.

Os resultados do Edifício “B” apresentaram Coliformes Totais em 80% dos dias analisados, ao passo que os resultados de Coliformes Termotolerantes apresentaram valores em 15% das amostras analisadas. Durante a realização deste estudo, em 2013 e 2014, foram identificados valores muito altos de Coliformes Totais nos dias 13/11/2013 e 14/01/2014, assim como de Coliformes Termotolerantes também no dia 14/01/2014.

Isto pode ser explicado pelo fato de que a água de lavagem das calçadas também segue para o reservatório de armazenamento de água de chuva através da coleta pelos ralos no chão do piso da área comum do edifício.

Dessa forma, verifica-se que a água da chuva não atende os padrões microbiológicos estabelecidos pela ABNT NBR 15527/2007, podendo apresentar risco à saúde dos usuários que tenham contato direto com a água. Entretanto, não necessariamente inviabiliza o uso desta água para fins não potáveis. É recomendado o uso de algum processo de desinfecção e limpeza frequente do reservatório, a fim de evitar o acúmulo de resíduos e material microbiológico.

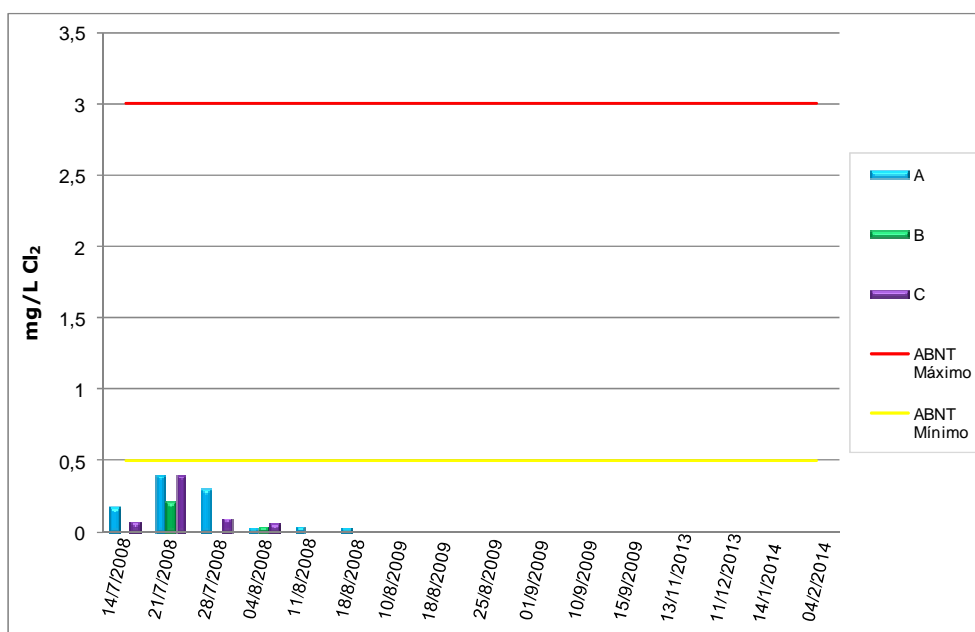
No edifício “C” os resultados analíticos dos anos de 2008 e 2009, indicaram presença de Coliformes totais e termotolerantes em pelo menos 50% das amostras analisadas. Vale ressaltar que no dia 01/09/2009 foi realizada apenas a análise para Coliformes totais. Estes resultados indicam que a água estava fora dos padrões para consumo não potável, de acordo com a ABNT NBR 15527/2007.

Porém, no presente estudo, os resultados apresentaram Coliformes Totais e Termotolerantes inferiores ao limite de quantificação utilizado pelo laboratório, os quais indicam que houve uma redução da concentração ao longo dos anos, provavelmente devido à limpeza constante do reservatório. Dessa forma, a água da

chuva encontra-se dentro dos padrões microbiológicos estabelecidos pela ABNT NBR 15527/2007.

### 5.3 Cloro Residual Livre

Na figura 8 são apresentados os resultados de Cloro Residual Livre realizado nas amostragens de 2008, 2009, 2013 e 2014, e o valor de referência da ABNT NBR 15527/2007.



**Figura 8 – Resultados de Cloro Residual Livre e valor de referência da ABNT 15527/2007**

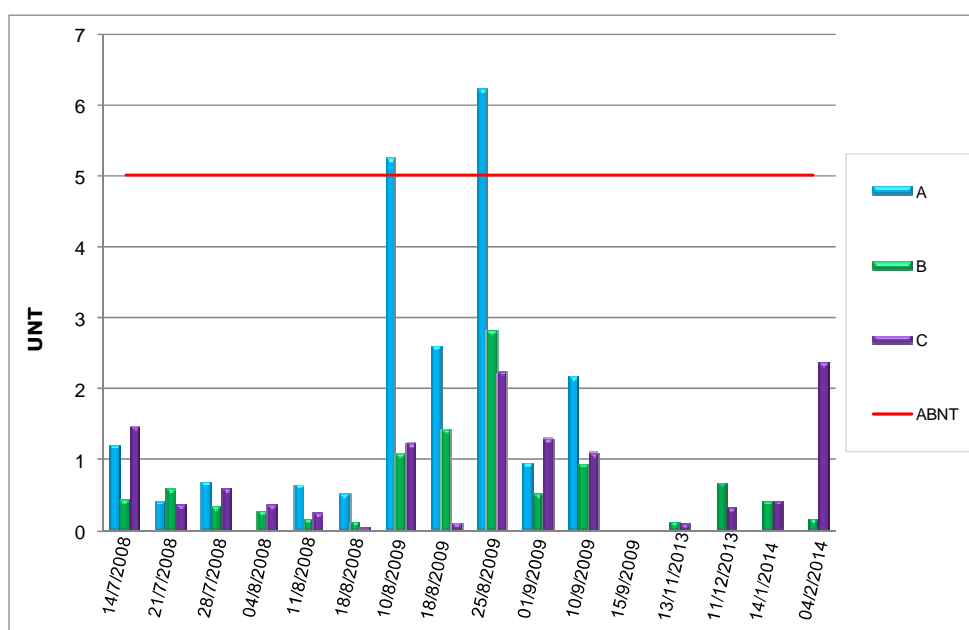
Fonte: Autoria própria

Os resultados analíticos para a análise de Cloro dos edifícios “A”, “B” e “C” indicaram concentrações inferiores ao limite de quantificação (LQ) do laboratório para a maioria dos dias amostrados. A ABNT NBR 15527/2007 recomenda que a água da chuva tenha uma concentração mínima de cloro, para a garantia da qualidade. No caso dos edifícios estudados, nenhum deles realiza cloração no reservatório, portanto, os valores deram negativos ou muito abaixo na concentração mínima indicada da Norma. Em 2008 foram observadas concentrações mínimas de

cloro presente na água, o que pode ser justificado pelo fato de que em época de estiagem os reservatórios dos edifícios recebem parcelas da água da rede municipal de abastecimento, ocorrendo o armazenamento da água de chuva misturado com a água potável da rede pública.

#### 5.4 Turbidez

Na figura 9 são apresentados os valores de turbidez em UNT, realizadas nos estudos de 2008, 2009, 2013 e 2014.



**Figura 9 – Resultados da Turbidez e valor de referência da ABNT 15527/2007**

Fonte: Autoria própria

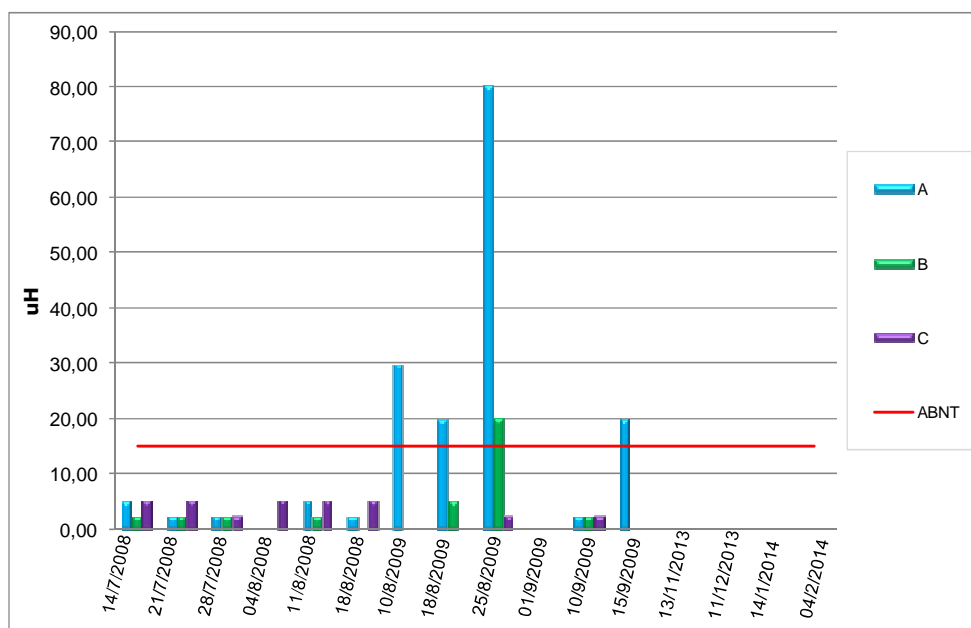
Os resultados analíticos do edifício “A” apresentaram valores de turbidez superior ao valor de referência da ABNT NBR 15527/2007 em apenas duas das dez amostragens realizadas. Nas demais, as concentrações permaneceram dentro dos padrões de qualidade.

Nos edifícios “B” e “C”, os valores de turbidez das amostras da água de chuva não ultrapassaram o padrão estabelecido pela ABNT NBR 15527/2007. Na última pesquisa realizada (2013/2014), todas as amostras dos edifícios “B” e “C” também permaneceram dentro dos padrões para turbidez.

Estes resultados indicam que a água está dentro dos padrões de qualidade para consumo não potável, de acordo com a Norma ABNT NBR 15527/2007, sem nenhum inconveniente sanitário. O ideal é que a limpeza dos reservatórios continue sendo realizada em curtos períodos de tempo (quatro vezes ao ano, por exemplo), para que não haja acúmulo de sólidos suspensos na água da chuva, que podem servir de abrigo para microrganismos. A figura 9 apresenta os valores de turbidez em UNT, realizadas nos estudos de 2008, 2009, 2013 e 2014.

## 5.5 Cor Aparente

Na figura 10 é apresentado o histórico das análises de cor aparente e a comparação com a ABNT NBR 15527/2007.



**Figura 10 – Resultados da Cor Aparente e valor de referência da ABNT 15527/2007**

Fonte: Autoria própria

Nas análises referentes aos estudos anteriores (2008 e 2009) a cor aparente apresentou concentração superior ao valor de referência estabelecido pela ABNT NBR 15527/2007 em aproximadamente 30% das amostras analisadas do edifício “A” e em apenas uma amostra analisada no edifício “B”. Já no edifício “C”, os resultados apresentaram valor máximo de 5,0 uH, estando dentro dos padrões de qualidade.

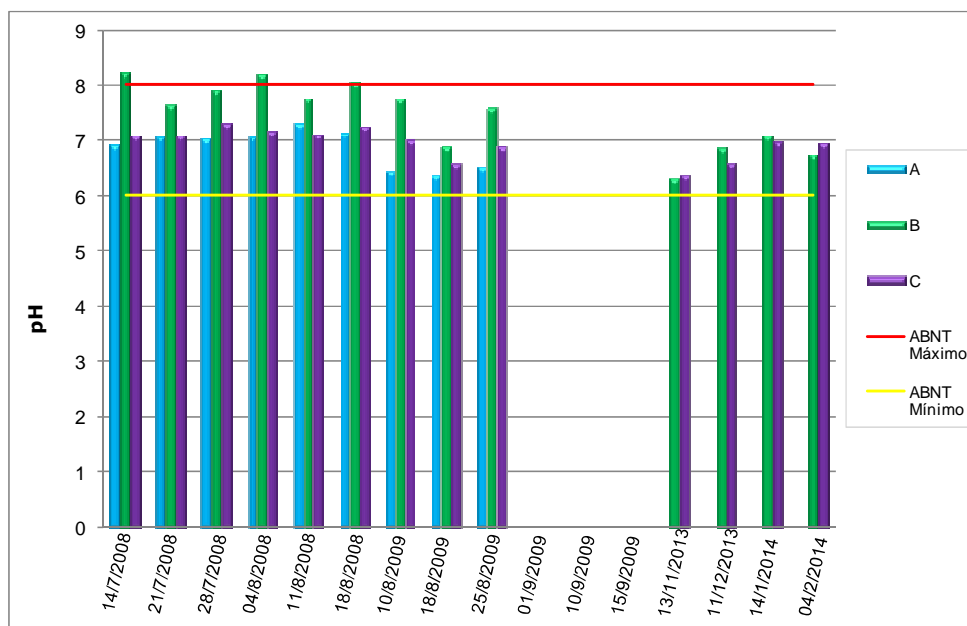
No último estudo realizado em 2013 e 2014 a cor foi analisada através do equipamento de Disco Comparador, onde a cor da amostra é comparada com a cor da água destilada. Os resultados analíticos obtidos dos edifícios “B” e “C” não apresentaram cor aparente identificadas nas amostras da água de chuva em todos os dias de coleta.

O valor mais alto para cor aparente foi encontrado no edifício “A” no dia 25/08/2009 referente a 80,00 uH, porém o edifício não mais utiliza o sistema de coleta de água da chuva para o aproveitamento.

Apesar de a cor possuir valores altos nas pesquisas nos anos de 2008 e 2009, atualmente a água armazenada nos reservatórios dos edifícios “B” e “C” não apresenta indícios de coloração acima do que é estabelecido pela ABNT NBR 15527/2007. Como a água da chuva é utilizada para fins não potáveis, como lavagem de calçadas, jardinagem e descarga, a cor aparente não apresenta risco à saúde dos usuários que entrarem em contato com esta água.

## **5.6 pH**

Na figura 11 são apresentados os valores de pH das amostras analisadas desde o ano de 2008 e os valores de referência da ABNT NBR 15527/2007.



**Figura 11 – Resultados de pH e valor de referência da ABNT 15527/2007**

Fonte: Autoria própria

Os resultados das amostras coletadas dos edifícios indicaram que o pH está mais próximo da neutralidade. No edifício “A” a média do pH encontrada foi de 6,88. Todos os valores estavam dentro do intervalo de 6,0 a 8,0, estabelecido pela ABNT NBR 15527/2007. Já as amostras do edifício “B” apresentaram valores de 8,23 (14/07/2008), 8,21 (04/08/2008) e 8,03 (18/08/2008), portanto, acima do limite estabelecido. Nos demais dias amostrados, os valores se apresentaram dentro do intervalo indicado na ABNT NBR 15527/2007. Na última pesquisa realizada em 2013 e 2014, os resultados não apresentaram valores fora do intervalo estabelecido pela ABNT NBR 15527/2007.

A média do pH de todas as medições é de 7,47, sendo a menor de 6,30 (13/11/2013) e a maior de 8,23 (14/07/2008). Segundo Von Sperling (1996), valores altos de pH podem causar incrustações nas tubulações para água potável de abastecimento público, o que também pode ser aplicado a água de chuva. Contudo, os resultados encontrados atualmente não indicam a necessidade de correção do pH.

Os resultados das análises das amostras do edifício “C” permaneceram com o pH dentro dos padrões de qualidade da ABNT NBR 15527/2007 durante todas as



amostragens. A média dos valores de pH analisados é de 6,95, sendo o menor valor de 6,35 (13/11/2013) e o maior valor de 7,30 (28/07/2008).

## 5.7 Tabela de Resultados

Os resultados obtidos nos trabalhos anteriores (Christan, 2008; Decker e Ferreira, 2008 e Souza e Müller, 2009) e os resultados obtidos a partir das análises físico-químicas e biológicas realizadas neste trabalho estão apresentados nas tabelas 3, 4 e 5, referentes aos edifícios “A”, “B” e “C”, respectivamente.

**Tabela 3 – Resumo dos Resultados Analíticos para o Edifício “A”**

A									
Parâmetros	Unidade	2008						LQ	ABNT 15527/2007
		14/7	21/7	28/7	4/8	11/8	18/8		
Coliformes Totais	NMP/100mL	<1,10	<1,10	>23,0	<1,10	>23,0	5,10	1,10	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	1,10	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre	mg/L Cl <sub>2</sub>	0,18	0,40	0,30	0,03	0,04	0,03	0,02	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	UNT	1,23	0,44	0,70	*	0,67	0,54	0,01	< 5,0 UNT
Cor Aparente	uH	5,00	2,50	2,50	*	5,00	2,50	2,50	< 15 uH
pH	-	6,91	7,05	7,02	7,05	7,29	7,14	0,01	6,0 a 8,0
Parâmetros	Unidade	2009						LQ	ABNT 15527/2007
		10/8	18/8	25/8	1/9	10/9	15/9		
Coliformes Totais	NMP/100mL	<1,10	<1,10	3,60	<2,00	790,0	4.900	1,10	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1,10	<1,10	<1,10	*	790,0	12,0	1,10	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre	mg/L Cl <sub>2</sub>	*	*	*	<0,02	*	*	0,02	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	UNT	5,25	2,62	6,23	0,97	2,19	*	0,01	< 5,0 UNT
Cor Aparente	uH	30,00	20,00	80,00	<2,50	2,50	20,00	2,50	< 15 uH
pH	-	6,43	6,36	6,51	7,00	*	*	0,01	6,0 a 8,0

(\*): Não amostrado; (-): sem cor

Fonte: Autoria própria

Tabela 4 – Resumo dos Resultados Analíticos para o Edifício “B”

B									
Parâmetros	Unidade	2008						LQ	ABNT 15527/2007
		14/7	21/7	28/7	4/8	11/8	18/8		
Coliformes Totais	NMP/100mL	>23,00	<1,10	<1,10	>23,00	1,10	<1,10	1,10	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	<1,10	1,10	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre	mg/L Cl <sub>2</sub>	<0,02	0,21	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	0,02	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	UNT	0,45	0,60	0,36	0,30	0,19	0,15	0,01	< 5,0 UNT
Cor Aparente	uH	2,50	2,50	2,50	<2,50	2,50	<2,50	2,50	< 15 uH
pH	-	8,23	7,63	7,90	8,21	7,74	8,03	0,01	6,0 a 8,0
Parâmetros	Unidade	2009						LQ	ABNT 15527/2007
		10/8	18/8	25/8	1/9	10/9	15/9		
Coliformes Totais	NMP/100mL	5,10	1,10	33,00	4,00	2,20	2,20	1,10	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1,10	<1,10	<1,10	*	1,10	<1,10	1,10	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre	mg/L Cl <sub>2</sub>	*	*	*	<0,02	*	*	0,02	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	UNT	1,11	1,43	2,82	0,55	0,95	*	0,01	< 5,0 UNT
Cor Aparente	uH	<2,50	5,00	20,00	<2,50	2,50	<2,50	2,50	< 15 uH
pH	-	7,74	6,89	7,58	7,58	*	*	0,01	6,0 a 8,0
Parâmetros	Unidade	2013		2014		LQ	ABNT 15527/2007		
		13/11	11/12	14/1	4/2				
Coliformes Totais	NMP/100mL	230,00	*	3.300,00	*	1,10	Ausência em 100 mL		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<18,00	*	3.300,00	*	1,10	Ausência em 100 mL		
Cloro Residual Livre	mg/L Cl <sub>2</sub>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,5 a 3,0 mg/L		
Turbidez	UNT	0,14	0,69	0,44	0,19	0,01	< 5,0 UNT		
Cor Aparente	uH	-	-	-	-	2,50	< 15 uH		
pH	-	6,30	6,87	7,09	6,72	0,01	6,0 a 8,0		

(\*): Não amostrado; (-): sem cor

Fonte: Autoria própria

Tabela 5 – Resumo dos Resultados Analíticos para o Edifício “C”

C									
Parâmetros	Unidade	2008						LQ	ABNT 15527/2007
		14/7	21/7	28/7	4/8	11/8	18/8		
Coliformes Totais	NMP/100mL	<1,10	<1,10	>23,00	>23,00	>23,00	>23,00	1,10	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1,10	<1,10	>23,00	12,00	>23,00	>23,00	1,10	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre	mg/L Cl <sub>2</sub>	0,07	0,40	0,10	0,06	<0,02	<0,02	0,02	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	UNT	1,48	0,38	0,60	0,37	0,27	0,06	0,01	< 5,0 UNT
Cor Aparente	uH	5,00	5,00	2,50	5,00	5,00	5,00	2,50	< 15 uH
pH	-	7,08	7,07	7,30	7,15	7,11	7,24	0,01	6,0 a 8,0
Parâmetros	Unidade	2009						LQ	ABNT 15527/2007
		10/8	18/8	25/8	1/9	10/9	15/9		
Coliformes Totais	NMP/100mL	<1,10	<1,10	<1,10	7,00	3300,00	5,10	1,10	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1,10	<1,10	<1,10	*	2300,00	3,60	1,10	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre	mg/L Cl <sub>2</sub>	*	*	*	<0,02	*	*	0,02	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	UNT	1,24	0,12	2,25	1,30	1,11	*	0,01	< 5,0 UNT
Cor Aparente	uH	<2,50	<2,50	2,50	<2,50	2,50	<2,50	2,50	< 15 uH
pH	-	7,01	6,58	6,90	7,07	*	*	0,01	6,0 a 8,0
Parâmetros	Unidade	2013		2014		LQ	ABNT 15527/2007		
		13/11	11/12	14/1	4/2				
Coliformes Totais	NMP/100mL	<18,00	*	<1,10	*	1,10	Ausência em 100 mL		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<18,00	*	<1,10	*	1,10	Ausência em 100 mL		
Cloro Residual Livre	mg/L Cl <sub>2</sub>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,5 a 3,0 mg/L		
Turbidez	UNT	0,11	0,33	0,44	2,37	0,01	< 5,0 UNT		
Cor Aparente	uH	-	-	-	-	2,50	< 15 uH		
pH	-	6,35	6,57	6,97	6,95	0,01	6,0 a 8,0		

(\*): Não amostrado; (-): sem cor

Fonte: Autoria própria

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisadas amostras de água de chuva coletadas em três reservatórios na cidade de Curitiba (Paraná). Para o edifício “A” foi possível observar que, entre 2008 e 2009, as amostras apresentaram concentrações altas de coliformes totais e termotolerantes, além de valores altos de cor aparente e turbidez. Entretanto, neste trabalho constatou-se que o sistema de aproveitamento da água da chuva não mais estava sendo utilizado em 2013. Apesar de várias tentativas, não foi possível o contato com as pessoas responsáveis pela decisão para interromper o aproveitamento de água de chuva no edifício “A”.

Porém, é recomendado que o edifício “A” reative o sistema de armazenamento da água da chuva, para o seu aproveitamento, em substituição ao uso da água potável. Para este fim, é recomendado que seja feita limpeza e manutenção no reservatório, além da avaliação da qualidade da água da chuva armazenada. É importante orientar os moradores e zeladores da importância do aproveitamento da água de chuva tanto para a sociedade, quanto para o meio ambiente.

Em relação ao edifício “B”, foi possível observar que, nos anos de 2008 e 2009, houve um aumento da concentração de coliformes totais e termotolerantes presentes na água. Entretanto, estes resultados não impediram que a água continuasse sendo utilizada para a lavagem das calçadas. Como a água de chuva é captada pelo telhado e pelo piso, é improvável que a água esteja inteiramente livre de coliformes em 100 mL de amostra, como determina a Norma ABNT NBR 15527/2007. Portanto, é recomendada a utilização de cloro para tratamento auxiliar. Em relação aos resultados dos parâmetros físico-químicos, a maioria atendeu as exigências da ABNT NBR 15527/2007, com exceção do cloro residual livre, uma vez que não é adicionado cloro na água como uma forma de tratamento químico.

Nos resultados obtidos nas análises das amostras do edifício “C”, constatou-se redução das concentrações em todos os parâmetros analisados desde o ano de 2008, o que indica que o reservatório apresenta-se em boas condições de uso e dentro dos padrões de qualidade exigidos pela ABNT NBR 15527/2007.

O tratamento da água de chuva coletada no edifício “A” era realizado através de um filtro, no qual as partículas maiores são retidas. Porém, o sistema para coleta de água de chuva está, atualmente, desativado. Já nos edifícios “B” e “C”, o tratamento da água é realizado através de um filtro composto por grades metálicas. Nenhum dos edifícios estudados utiliza, atualmente, produtos químicos para tratamento da água. Entretanto, para que os edifícios “B” e “C” atendam ao requisito de cloro residual livre, conforme indicado na Norma ABNT NBR 15527/2007, é necessário que passem a fazer a cloração da água.

Como a escassez da água potável é um fator cada vez mais agravante no Brasil e no mundo, é muito importante que fontes alternativas, como a água de chuva, sejam aproveitadas, principalmente em fins não potáveis.

Finalmente, conclui-se que a qualidade da água de chuva deve ser monitorada seguindo o indicado na Norma ABNT NBR 15527/2007 e que o reservatório seja limpo pelo menos uma vez por ano, a fim de garantir a segurança dos usuários e moradores.

## 7. ETAPAS FUTURAS

- Realizar a continuação do monitoramento da água de chuva dos edifícios estudados, de acordo com a Norma ABNT NBR 15527/2007;
- Realizar coletas da água de chuva em outros pontos de Curitiba, como por exemplo, em locais afastados dos centros urbanos e em locais próximos a áreas industrializadas;
- Verificar qual a influência das áreas industrializadas e da poluição atmosférica na qualidade água de chuva, através da análise dos parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 15527/2007 e de metais pesados;
- Realizar um questionário com usuários da água de chuva nos edifícios, a fim de coletar informações a respeito das vantagens e desvantagens da utilização dessa água; e
- Análise estatística dos resultados para validação dos dados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ANDREOLI, C. V., et al. **Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água**. 9º SILUBESA - Simpósio Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Seguro, abr. p.185-195, 2000.

ANNECCHINI, Karla P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 150p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

APHA, AWAA, WEF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. 2005.

ASA - ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Programa Um Milhão de Cisternas. Pernambuco, Brasil. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>> Acesso em: 27 Ago. 2013.

BARROS, Fernanda G. N.; AMIN, Mário N. **Água: Um Bem Econômico de Valor Para o Brasil e o Mundo**. 34p. Artigo extraído da dissertação de Mestrado em Economia (Universidade da Amazônia) do primeiro autor, intitulada A Bacia Amazônica Brasileira no contexto geopolítico da escassez mundial de água, defendida em abril de 2006, Pará, 2007. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf>> Acesso em: 02.Set.2013

BEZERRA, Stella M. C.; SOUZA, Simonia A; CHRISTAN, Priscila; TEIXEIRA, Celimar A.; FARAHBAKHS, Khosrow. **Políticas Públicas Para Conservação e Uso Racional de Água: Estudo de Caso do Município de Curitiba – Brasil**. Artigo. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

BRANCO, S. M. **Água origem, uso e preservação**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2003. p 87.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

CHRISTAN, Priscila. **Análise das Exigências Impostas pelo Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, Existente na**

**Cidade de Curitiba – PARANÁ.** 105p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CLARKE, Robin; KING, Jannet. **O Atlas da Água.** São Paulo: Publifolha, 2005. 128p.

CURITIBA. **Lei nº. 10.785, de 18 de setembro de 2003.** Cria no município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Curitiba, 18 de setembro de 2003.

CURITIBA. **Decreto nº. 293, de 22 de março de 2006.** Regulamenta a Lei nº 10.785 de 2003 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências. Curitiba, 22 de março de 2006.

CURITIBA. **Decreto nº. 212, de 29 de março de 2007.** Aprova o Regulamento de Edificações do Município de Curitiba e dá outras providências. Curitiba, 29 de março de 2007.

DECKER, Franciele. C.; FERREIRA, Lee Ann. M. **Avaliação de Alguns Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos da Água de Chuva Armazenada em Reservatórios Para Aproveitamento em Fins Não Potáveis na Cidade de Curitiba – PR.** 84p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005.

JQUES, Reginaldo C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PNUD. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2006.** Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, New York, USA. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/HDR/Relatorios-Desenvolvimento-Humano-Globais.aspx?indiceAccordion=2&li=li\\_RDHGlobais](http://www.pnud.org.br/HDR/Relatorios-Desenvolvimento-Humano-Globais.aspx?indiceAccordion=2&li=li_RDHGlobais)> Acesso em: 26 Ago. 2013.



REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 748 p.

SOUZA, Elisabeth. P.; MÜLLER, Juliana. **Consumo de Água Potável na Construção de Edificações: Estimativas e Alternativas Para a Redução**. 101p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TOMAZ, P. **A Conservação da Água**. Ed. Do Autor, 294 p, Guarulhos, 1998.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI – Enfrentando a Escassez**. São Carlos: Editora Rima, 2003.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água**. São Paulo: Publifolha, 2005.

VACCARI, Karla P.; REBOUÇAS, Thais C.; BOLSONI, Pricila; BASTOS, Fernanda; GONÇALVES, Ricardo 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, 2005, Campo Grande, MS.  
Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-233.pdf>>

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas ao tratamento de esgoto**. 2 .ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

ZAIZEN, M.; URAKAWA, T.; MATSUMOTO, Y.; TAKAI, H. **The collection of rainwater from dome stadiums in Japan**. *UrbanWater*, 1(4), p. 356-359, 1999.