



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Roberta Santos de Souza

**Avaliação do Sistema de Armazenamento de Águas Pluviais na
UERJ, *Campus Maracanã***

Rio de Janeiro

2019

Roberta Santos de Souza

**Avaliação do Sistema de Armazenamento de Águas Pluviais na
UERJ, Campus Maracanã**

Projeto Final apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior

Coorientadora: Profª. Dra. Daniele Maia Bila

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

S729 Souza, Roberta Santos de.
Avaliação do sistema de armazenamento de águas pluviais na UERJ, Campus Maracanã / Roberta Santos de Souza. – 2019.
78f.

Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Júnior.
Coorientador: Daniele Maia Bila.
Projeto Final (Graduação) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.
Bibliografia: 66-75

1. Engenharia sanitária - Monografias. 2. Meio ambiente - Monografias. 3. Águas pluviais - Monografias. 4. Recursos hídricos - Monografias. I. Ohnuma Júnior, Alfredo Akira. II. Bila, Daniele Maia. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IV. Título.

CDU 628+502

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste projeto final.

Roberta Santos de Souza

16/12/2019

Assinatura

Data

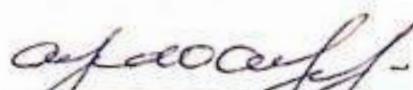
Roberta Santos de Souza

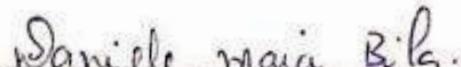
**Avaliação do Sistema de Armazenamento de Águas Pluviais na
UERJ, Campus Maracanã**

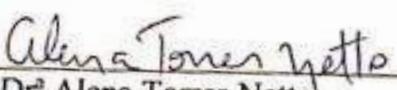
Projeto Final apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

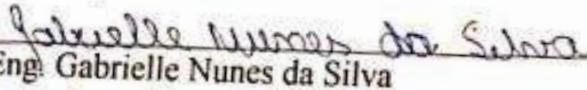
Aprovada em 10 de dezembro de 2019.

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior - Orientador
Faculdade de Engenharia- UERJ


Prof.ª Drª. Daniele Maia Bila - Coorientadora
Faculdade de Engenharia- UERJ


Prof.ª Drª. Alena Torres Netto
Faculdade de Engenharia- UERJ


Ms. Eng. Gabrielle Nunes da Silva
Doutoranda em Engenharia Ambiental-UERJ

Rio de Janeiro

2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e aos meus pais Ivonete Vieira Santos de Souza e Roberto de Souza.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e por sempre ser meu apoio nas dificuldades e adversidades.

Agradeço aos meus pais, Ivonete Vieira Santos de Souza e Roberto de Souza, pelos conselhos e palavras de incentivo.

Ao meu orientador, professor Alfredo Akira Ohnuma Júnior pela paciência e orientação no desenvolvimento do trabalho.

À minha coorientadora, professora Daniele Maia Bila pelo direcionamento no trabalho.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade em aceitar o convite.

Aos professores e funcionários da UERJ que passaram pela minha trajetória no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária que contribuíram para a minha formação.

Aos amigos e colegas que conheci ao longo da graduação os quais pude aprender diariamente, agradeço o apoio e amizade nos momentos difíceis e de conquistas durante este período.

Agradeço a Universidade do Estado do Rio de Janeiro pela oportunidade de ter estudado nesta instituição, a qual me orgulho e que contribuiu muito para meu crescimento pessoal e profissional, agradeço também pela bolsa de Estágio Interno Complementar concedida que contribuiu para o desenvolvimento do trabalho aqui apresentado.

“Entrega o teu caminho ao Senhor, confia nele e o mais Ele fará”.

Salmos 37.5

RESUMO

DE SOUZA, Roberta Santos. *Avaliação do Sistema de Armazenamento de Águas Pluviais na UERJ, Campus Maracanã.* 80f. Projeto final (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

A crescente demanda de água pelos grandes centros urbanos tem levado os corpos hídricos a situações de estresse, de forma que se faz necessário a utilização de fontes alternativas de água para suprir às necessidades humanas, neste panorama a captação, armazenamento e aproveitamento da água de chuva se mostra como uma opção bastante promissora. Partindo desse princípio, este trabalho objetiva a caracterização qualitativa da água pluvial armazenada em um sistema de captação localizado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro-Maracanã. Os parâmetros físico químicos analisados foram pH, turbidez, cloreto, sólidos dissolvidos totais e dureza total, para os quatro pontos de amostragem presentes no sistema sendo *first flush* primário (FF1), *first flush* secundário (FF2), volume morto (VM) e reservatório (RR). Para a caracterização da água armazenada os resultados obtidos foram analisados estatisticamente com a utilização do software R e comparados com os limites estabelecidos por aspectos legais em especial a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 Anexo XX. Observando os resultados a qualidade do sistema se apresentou crescente no sentido do FF1 para o RR onde às amostras em desconformidade pertenciam ao ponto de FF1 e FF2 com valores de pH de $5,91 \pm 0,60$ e $5,94 \pm 0,60$ e com turbidez de $11,8 \pm 4,57$ e $6,6 \pm 2,44$. De uma forma geral pode-se concluir que a qualidade da água é de fato afetada pela sazonalidade apresentando uma melhor qualidade no período úmido, observou-se também que os primeiros milímetros de chuva apresentam uma pior qualidade, fazendo-se necessário o seu descarte. Contudo entende-se que a água apresentou uma qualidade boa o suficiente justificando a viabilidade de utilização deste recurso para fins não potáveis em específico a lavagem de veículos.

Palavras-chave: Captação de água de chuva. Qualidade da água de chuva. Disponibilidade hídrica.

ABSTRACT

DE SOUZA, Roberta Santos. *Evaluation of the RainWater Storage System at UERJ, Campus Maracanã.* 80f. Projeto final (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

The growing demand for water in large urban centers has led water bodies to stress situations, so it is necessary to use alternative sources of water to meet human needs, in this scenario the capture, storage and utilization of rainwater proves to be a very promising option. Based on this principle, this work aims the qualitative characterization of rainwater stored in a catchment system located at the Rio de Janeiro State University-Maracanã. The physical chemical parameters analyzed were pH, turbidity, chloride, total dissolved solids and total hardness, for the four sampling points present in the system: primary first flush (FF1), secondary first flush (FF2), dead volume (VM) and reservoir. (RR). For the characterization of stored water the results obtained were statistically analyzed using the R software and compared with the limits established by legal aspects, especially Consolidation Ordinance No. 5, 2017 Annex XX. Observing the results, the quality of the system was increasing from FF1 to RR where the non-conforming samples belonged to the point of FF1 and FF2 with pH values of 5.91 ± 0.60 and 5.94 ± 0.60 and turbidity of 11.8 ± 4.57 and 6.6 ± 2.44 . In general, it can be concluded that water quality is indeed affected by seasonality and better quality in the wet season. that the first few millimeters of rain are of poorer quality, so they need to be discarded. However, it is understood that the water was of good enough quality justifying the feasibility of using this resource for non-potable purposes in particular car wash

Keywords: Rainwater abstraction. Rainwater quality. Water availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Precipitação média anual no Estado do Rio de Janeiro no período 1971- 2000.	20
Figura 2: Demanda de água por Setor Usuário e Região Hidrográfica do Estado do Rio de Janeiro.....	22
Figura 3: Balanço Hídrico entre demanda e disponibilidade nas regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.....	23
Figura 4: Processos atmosféricos e compostos químicos com formação de poluentes.	25
Figura 5: Municípios abastecidos por SAC (A) e abastecidos por SAI (B).....	27
Figura 6: Esquema representativo dos fluxos do sistema de aproveitamento pluvial.	30
Figura 7: Esquema representativo de um sistema de aproveitamento pluvial.....	31
Figura 8: Fluxograma da metodologia adotada.	37
Figura 9: Visão espacial da UERJ (A), com indicação da localização do sistema (B).....	38
Figura 10: Sequência ilustrativa do descarte inicial.	39
Figura 11: Sistema de captação, tratamento e armazenamento de água de chuva da UERJ....	40
Figura 12: Malha de inox para a filtração de sólidos grosseiros (A) e Especificações do sistema de filtração (B).	41
Figura 13: Pontos de coleta de água de chuva para análise: Volume Morto (A) Reservatório (B), First Flush 1 e Furst Flush 2 (C).....	42
Figura 14: Preparo do material de coleta e identificação dos pontos de amostragem de água de chuva do first flush primário (FF1), first flush secundário (FF2), volume morto (VM) e reservatório (RR).	43
Figura 15: Distância entre a UERJ e a Estação Pluviométrica da Tijuca.	44
Figura 16: Aparelho pHmetro utilizado nas análises de amostras de água de chuva.	46
Figura 17: Turbidímetro e padrões utilizados nas análises de amostras de água de chuva.	47
Figura 18: Sonda Multiparâmetro Aquaread AP-700 de monitoramento de qualidade de água.	50
Figura 19: Representação esquemática de um gráfico box-plot.....	52
Figura 20: Precipitação média mensal da Estação Pluviométrica Tijuca de série histórica de 1997 à 2018 e caracterização de período seco e úmido (ALERTARIO, 2019).	53
Figura 21: Aspecto das amostras de água de chuva dos pontos de amostragem.....	54
Figura 22: <i>Box-plot</i> de pH no período úmido (A) e período seco (B).....	57
Figura 23: Box-plot de turbidez no período úmido (A) e período seco (B).....	58
Figura 24: <i>Box-plot</i> da concentração de cloreto no período úmido (A) e período seco (B).....	59

Figura 25: Box-plot de Dureza Total no período úmido (A) e período seco (B)	60
Figura 26: <i>Box-plot</i> de Sólidos Dissolvidos Totais no período úmido (A) e período seco (B).....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de estresse hídrico de acordo com a disponibilidade hídrica.....	21
Tabela 2: Demanda de água não potável de uso doméstico.....	28
Tabela 3: Padrões estabelecidos pela NBR 15527/2019.....	34
Tabela 4: Padrões estabelecidos pela Lei Municipal de Niterói nº 2630/2009.....	34
Tabela 5: Padrões estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX.....	35
Tabela 6: Datas dos eventos de chuva estudados.....	42
Tabela 7: Procedimentos e materiais para amostragem de água nos pontos de coleta.....	45
Tabela 8: Especificações padrão de sólidos dissolvidos totais.....	51
Tabela 9: Estatística descritiva por ponto coletado durante o período seco entre os meses de julho do ano de 2017 e junho de 2018.....	55
Tabela 10: Estatística descritiva por ponto coletado durante o período úmido entre os meses de julho do ano de 2017 e junho de 2018.....	56
Tabela 11: Comparação da caracterização físico-química da água coletada no RR com os padrões legais.....	63

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Determinação de Cloreto.	48
Equação 2: Determinação de Dureza Total.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária Ambiental

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA- Agência Nacional de Águas

APHA- *American Public Health Association*

ASA- Articulação no Semiárido Brasileiro

AWWA- *American Water Works Association*

CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

ETA- Estação de Tratamento de Água

FF1- *First Flush 2*

FF2- *First Flush 1*

FIESP- Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FUNASA- Fundação Nacional de Saúde

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LES- Laboratório de Engenharia Sanitária

NBR- Norma Brasileira

NTS- Norma Técnica SABESP

OMS- Organização Mundial da Saúde

ONU- Organização das Nações Unidas

PERHI- Plano Estadual de Recursos Hídricos

pH- Potencial Hidrogeniônico

PM1C- Programa Um Milhão de Cisternas

PROSAB- Programa de Pesquisas em Saneamento Básico

PVC- Policloreto de Vinila

RH- Regiões Hidrográficas

RJ- Rio de Janeiro

RR- Reservatório

Sabesp- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SAC- Solução Alternativa Coletiva

SAI- Solução Alternativa Individual

SAP- Sistema de Armazenamento Pluvial

SISAGUA- Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SMG- Secretaria Municipal de Governo

SMO- Secretaria Municipal de Obras

SMU- Secretaria Municipal de Urbanismo

SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UERJ- Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UHP- Unidades Hidrográficas de Planejamento

UNICEF- *United Nations Children's Fund*

USP- Universidade de São Paulo

UTFPR- Universidade Tecnológica Federal do Paraná

VM- Volume Morto

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
OBJETIVO GERAL	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
1.1 Disponibilidade Hídrica.....	19
1.1.1 Disponibilidade Hídrica no Brasil.....	19
1.1.2 Disponibilidade Hídrica no Rio de Janeiro.....	20
1.2 Aspectos de Qualidade das Águas Pluviais	23
1.3 Alternativas Quanto aos Usos de Água da Chuva.....	26
1.4 Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial	28
1.5 Aspectos Legais Associados ás Águas Pluviais	32
1.6 Impactos do Uso de Água Pluvial	35
1.7 Métodos de Tratamento Estatístico de Dados	36
2. METODOLOGIA	37
2.1 Caracterização da Área de Estudo.....	37
2.2 Estrutura do Sistema de Captação e Armazenamento de Águas Pluviais.....	39
2.3 Caracterização Sazonal.....	41
2.4 Amostragem.....	42
2.5 Análises Laboratoriais	44
2.5.1 pH	45
2.5.2 Turbidez	47
2.5.3 Cloreto	48
2.5.4 Dureza Total.....	49
2.5.5 Sólidos Dissolvidos Totais.....	50
2.6 Análise Estatística	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53

3.1 Determinação do Período Seco e Úmido	53
3.2 Caracterização dos Pontos Coletados.....	54
3.2.1Resultados de pH por Ponto de Amostragem e Sazonalidade.....	57
3.2.2Resultados de Turbidez por Ponto de Amostragem e Sazonalidade	58
3.2.3Resultados de Cloreto por Ponto de Amostragem e Sazonalidade.....	59
3.2.4Resultados de Dureza Total por Ponto de Amostragem e Sazonalidade	60
3.2.5 Resultados de Sólidos Dissolvidos Totais por Ponto de Amostragem e Sazonalidade	61
3.3 Proposta de usos para a água pluvial armazenada	62
4.CONCLUSÕES	64
5. SUGESTÕES.....	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A-RESULTADOS DAS ANÁLISES	76

INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental ao desenvolvimento das atividades humanas, como: abastecimento de água, geração de energia, agropecuária, navegação, aquicultura e harmonia paisagística. De acordo com Tundisi (2015), a garantia deste recurso a longo prazo depende de uma governança estratégica e controle das ameaças e efeitos indesejados.

As alterações da dinâmica natural dos recursos hídricos têm gerado, segundo Carmo e Johansen (2016), mudanças nos episódios de chuvas intensas e secas severas, e uma das causas desse efeito está relacionada às mudanças globais do clima. Essas mudanças são capazes de ocasionar a ocorrência de eventos extremos de natureza hidrológica e climatológica.

Os eventos de secas prolongadas e intensas precipitações são danosos às propriedades, à saúde humana e ao funcionamento dos ecossistemas, de modo que a crise hídrica pode afetar três fatores fundamentais: a vulnerabilidade aos desastres; a acessibilidade à água; e a segurança hídrica.

A vulnerabilidade ao desastre, segundo a ANA (2017), considera um balanço hídrico desfavorável, associado aos baixos investimentos em infraestrutura hídrica, como dos sistemas de produção de água e períodos de precipitações abaixo da média. Nesse contexto, agrava-se a situação a períodos de desastre hídrico por escassez, como verificado em diversas regiões do país nos últimos anos.

A acessibilidade à água, apesar dos avanços, ainda pode-se observar no Brasil um risco associado aos sistemas de abastecimento, devido às dificuldades de acesso à água potável e a uma ineficiente rede de saneamento. O acesso a água potável no Brasil ainda permanece como desafio, onde cerca de 83% da população brasileira tem acesso a água potável e 46% do esgoto do país é tratado (TRATA BRASIL, 2018).

De forma suplementar, a segurança hídrica estabelece a necessidade de se ter água em qualidade e quantidade adequadas. Castro (2017) informa que metade da população mundial vive em zonas urbanas com alto consumo hídrico apresentando uma demanda superior à oferta, o que não é sustentável, então é preciso propor novas formas de utilização e gestão das águas urbanas. No Brasil a demanda de água é crescente com uma previsão de 24% de aumento de retirada até o ano de 2030 (ANA, 2018).

Outro fator de destaque na gestão das águas é o desperdício e as perdas em sistemas de redes de distribuição, como: vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados.

Segundo o Trata Brasil (2018) a média das perdas de faturamento total no país em 2016 foi de cerca de 40%, acima da média das nações desenvolvidas, estimado em 15%.

Desse modo, tem sido necessário criar mecanismos de conservação e uso racional da água, a partir de técnicas e tecnologias que possibilitem um uso mais eficaz e consciente. Segundo André (2015), um uso racional da água contribui diretamente para o aumento da disponibilidade, torna flexível a reserva de água presente para outros fins, bem como aperfeiçoa o atendimento do aumento populacional.

Uma tomada de decisão que muito contribui para o equilíbrio entre oferta e demanda é o uso de fontes alternativas para fins não potáveis, como: o reuso da água, a dessalinização da água do mar e a captação e o aproveitamento da água da chuva. Gomes (2014) afirma que o aproveitamento de águas meteóricas se mostra promissor, uma vez que reduz o consumo de água potável, e possibilita ampliar o acesso à água e a disponibilidade de água potável para fins mais nobres.

Nesta perspectiva, a captação e o armazenamento da água de chuva tornam-se uma opção para minimizar os efeitos dos períodos de estiagens severas e contribuir para o aumento da oferta. A água da chuva pode aproveitar a área de captação dos telhados de edificações, com a utilização de calhas e condutores para posterior armazenamento em reservatórios (DE OLIVEIRA, 2012).

Com relação a composição química da água da chuva vale-se ressaltar que está associada a região, uma vez que é influenciada pelas emissões e condições climáticas locais, no entanto o pH comumente observado para a água da chuva é em torno de 5,6, conferindo característica naturalmente ácida, logo os sistemas de aproveitamento de água da chuva devem considerar os padrões de qualidade estabelecidos aos diferentes usos, de forma associada ao volume precipitado disponível e, quando necessário, realizar o tratamento mais adequado para se atingir o nível de qualidade exigido (CAMARA, 2012)

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade da água de chuva armazenada em um sistema de águas pluviais, situado ao lado da garagem de veículos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, bairro Maracanã, cidade do Rio de Janeiro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos consistem em:

- (i) analisar parâmetros físico-químicos de amostras de água de chuva de pontos específicos do sistema de águas pluviais da UERJ;
- (ii) avaliar a influência da sazonalidade na qualidade da água pluvial no período seco e úmido, comparando com padrões da legislação e
- (iii) propor usos para a água pluvial armazenada.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Disponibilidade Hídrica

1.1.1 Disponibilidade Hídrica no Brasil

O planeta Terra apresenta 2/3 de sua superfície coberta por água o que corresponde a um volume de 1,4 milhões de quilômetros cúbicos, onde a maior parte deste recurso aproximadamente 97%, encontra-se nos oceanos (fração salgada) cerca de 2,5% da água do planeta correspondem à fração doce, onde a maior parte se apresenta congelada ou no subsolo, tendo apenas 0,3% da água doce em rios e lagos (GOMES, 2011).

Embora o cenário de disponibilidade de água doce, quando comparada com a quantidade total de água, se mostre aparentemente baixa, para Augusto (2012), o Brasil está em uma posição bastante privilegiada, uma vez que detém cerca de 12% de toda água doce do Planeta. No entanto, esta água não apresenta uma distribuição uniforme ao longo do tempo e de todo território brasileiro. Campos (2013) relata que a região Norte apresenta a maior concentração de água com cerca de 68% dos recursos hídricos brasileiros, porém a maior densidade populacional está nos grandes centros urbanos da região Sudeste, assim como a maior atividade industrial e contendo 6% dos recursos hídricos disponíveis.

Campos (2013) trata da disponibilidade hídrica como a quantidade de água disponível em mananciais associadas a eventos pluviométricos. No sentido de ampliar o acesso a população no aumento da disponibilidade hídrica, são necessárias diversas obras de engenharia com destaque aos reservatórios artificiais, que aperfeiçoam o armazenamento e a disponibilidade hídrica superficial. Esses reservatórios constituem estruturas de regularização de vazões e servem como sistemas de armazenamento para abastecimento de água. Apesar de consideradas ações de gestão dos recursos hídricos, de acordo com a ANA (2018), as alterações causadas no ciclo da água impõem desafios à gestão durante períodos de escassez. Essas alterações podem ocorrer tanto pelas mudanças climáticas, como devido ao aumento contínuo das demandas. Estima-se que até 2030 a demanda de abastecimento da população urbana brasileira deverá aumentar em torno de 24% (ANA, 2018).

De modo associado a disponibilidade hídrica, a pluviosidade é um fator determinante de garantia de acesso a água, seja para o desenvolvimento das atividades humanas, como para

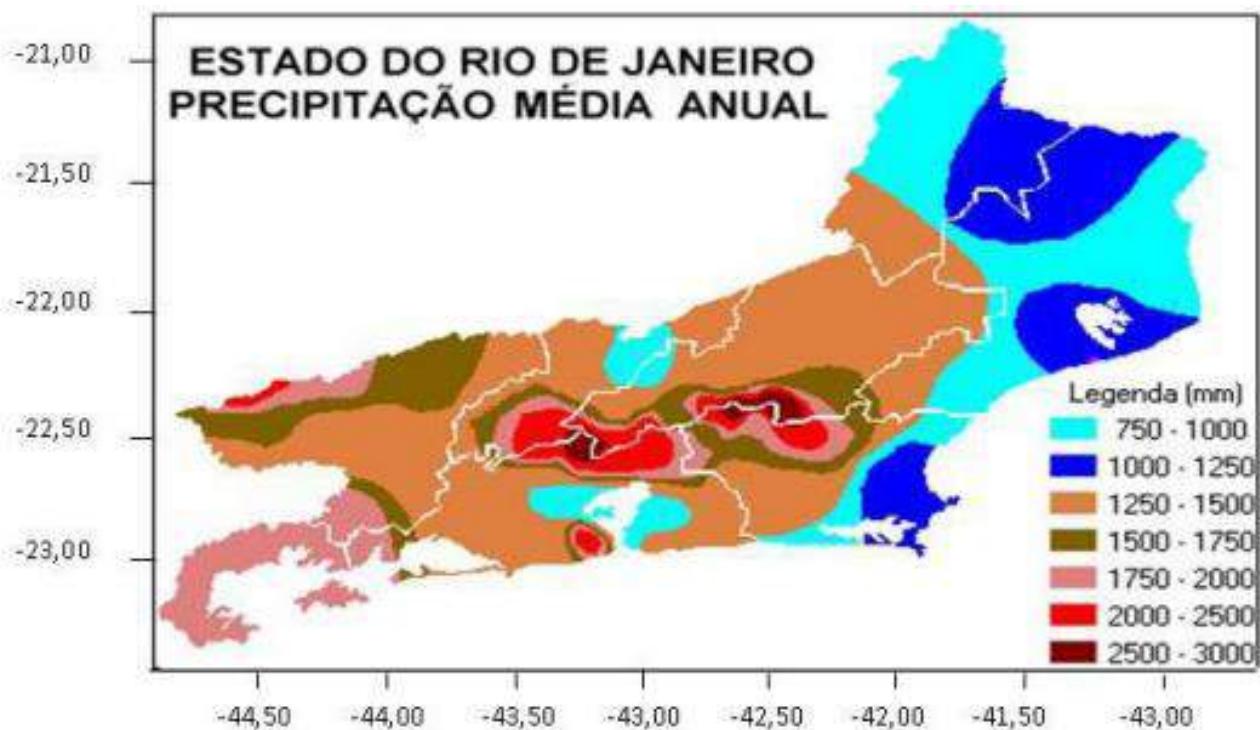
a preservação dos ecossistemas. O Brasil apresenta uma precipitação anual média de 1.761 mm, porém há uma amplitude bastante grande ao longo do território brasileiro variando de mais de 3000 mm na região Amazônica e na faixa de 500 mm no Semiárido Nordestino. Em termos de regiões hidrográficas a maior precipitação anual é observada na região Amazônica (2.205 mm) e a menor pluviosidade na região do São Francisco com 1.003 mm.

1.1.2 Disponibilidade Hídrica no Rio de Janeiro

A região hidrográfica do Atlântico Sudeste que compreende o estado do Rio de Janeiro, área de estudo desta pesquisa, apresenta uma média anual de 1.401 mm cerca de 80% da precipitação média anual do país (ANA, 2013).

O Estado do Rio de Janeiro apresenta na região Norte precipitações anuais em torno de 870 mm, e a região da encosta sul da Serra do Mar a mais chuvosa com 2020 mm (Figura 1) (ANDRE *et al.*, 2008).

Figura 1: Precipitação média anual no Estado do Rio de Janeiro no período 1971- 2000.



A disponibilidade hídrica pode ser obtida a partir da relação entre vazões de referência num determinado curso d'água e a população usuária do sistema de abastecimento de água. Segundo Fernandes *et al* (2015), a Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste apresenta uma disponibilidade hídrica de 1279 m³/hab/ano, o que corresponde a 1,25% do total disponível no Brasil. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), esse valor atende as demandas humanas básicas, no entanto para a escala proposta por Beekman (1998) que relaciona este indicador com estresse hídrico, esta região se encontra em alerta de escassez hídrica (Tabela 1).

Tabela 1: Escala de estresse hídrico de acordo com a disponibilidade hídrica.

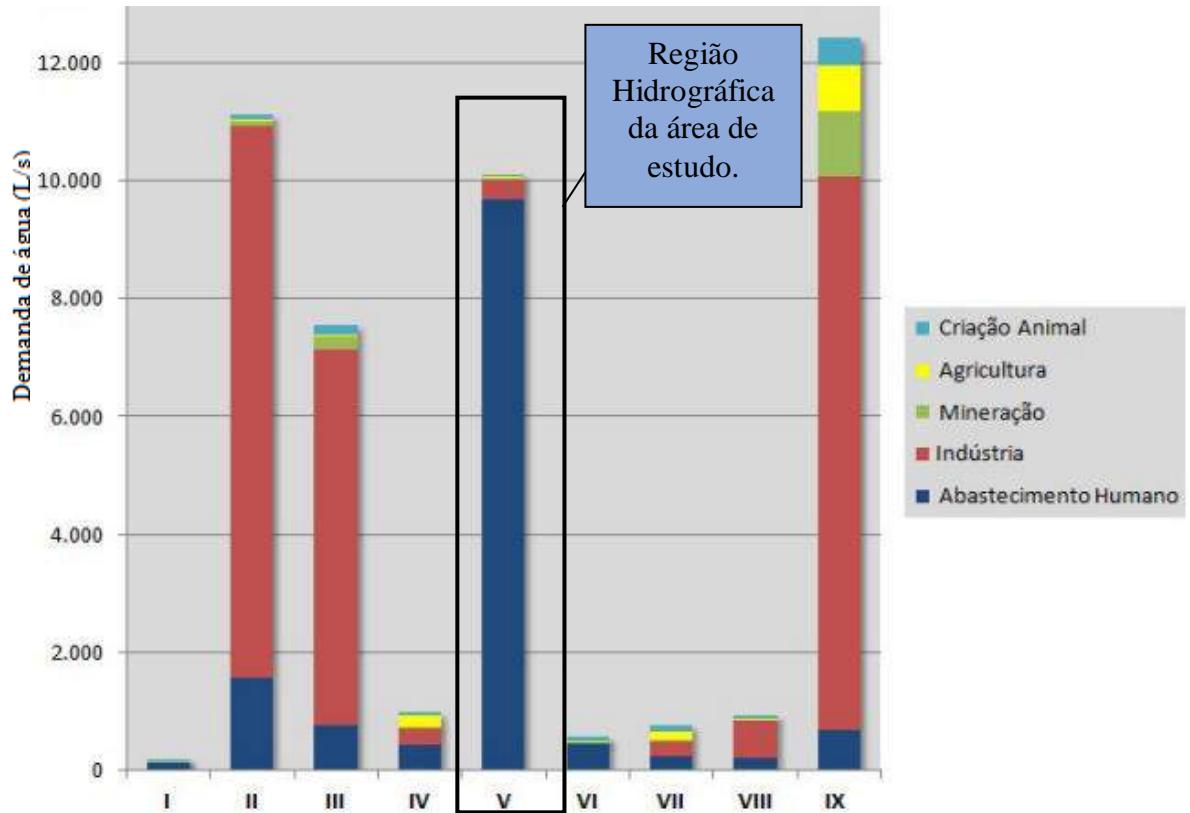
Disponibilidade Hídrica (m³/hab/ano)	Situação
1.700-1.000	ALERTA de escassez hídrica
1.000-500	Escassez hídrica CRÔNICA
<500	Escassez hídrica ABSOLUTA

Fonte: Beekman (1998)

A escassez hídrica é preocupante na medida em que se observa insuficiência de atendimento às necessidades da população, sendo intensificada pela desigualdade social e a falta de manejo estratégico e uso sustentável dos recursos naturais. Para Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2019) cerca de 80 milhões de pessoas no mundo sofrem por não terem seu direito ao uso da água garantido, tornando o acesso a água cada vez um desafio maior.

O estado do Rio de Janeiro é dividido em nove regiões hidrográficas (RH), sendo: Ilha Grande, Guandu, Médio Paraíba do Sul, Piabanga, Baía de Guanabara, Lagos São João, Rio Dois Rios, Macaé e das Ostras e Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. Essas regiões apresentam diversas atividades usuárias de água como: agricultura, indústria, abastecimento humano, criação de animais e mineração. As principais demandas identificadas são da indústria e o abastecimento humano, sendo a Região Hidrográfica V da Baía de Guanabara onde se localiza a cidade do Rio de Janeiro, a RH que apresenta a maior demanda por água no abastecimento humano (PERHI-RJ, 2014) (Figura 2).

Figura 2: Demanda de água por Setor Usuário e Região Hidrográfica do Estado do Rio de Janeiro.

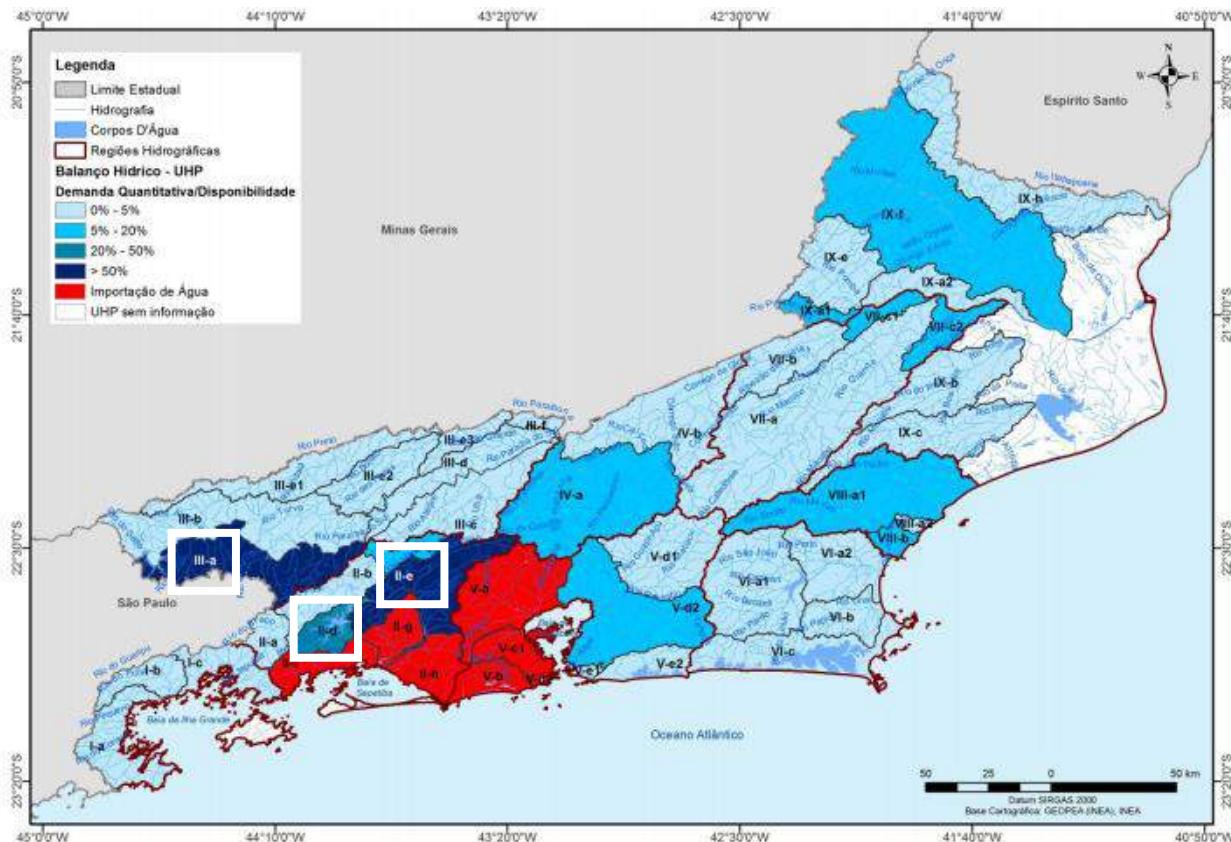


Fonte: Adaptado do PERHI-RJ (2014).

O saldo do balanço hídrico consiste na razão da demanda de água em relação a disponibilidade ofertada, mostrando assim a porcentagem de água disponível no manancial que está comprometida com o consumo (PERHI-RJ, 2014).

As Unidades Hidrográficas de Planejamento (UHP) relacionadas como II-e pertencente ao Guandu, a III-a do Rio Paraíba do Sul – margem direita - montante de Santa Cecília e a II-d Reservatório de Lajes mostraram os valores mais elevados de saldo de balanço hídrico, indicando um maior stress sobre os corpos hídricos. A UHP II-e é considerada a região mais crítica com um comprometimento de 73,6% da vazão disponível. Para o suprimento da demanda do UHP V (Baía de Guanabara) se faz a necessidade de importação de água advinda em sua maioria pela Região Hidrográfica II (Guandu), (PERHI-RJ, 2014) (Figura 3)

Figura 3: Balanço Hídrico entre demanda e disponibilidade nas regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.



1.2 Aspectos de Qualidade das Águas Pluviais

De maneira integrada a disponibilidade hídrica, a viabilidade dos usos múltiplos dos recursos hídricos depende também, fundamentalmente das condições de qualidade da água disponível, sobretudo quanto aos padrões estabelecidos na legislação, de modo que não apresente riscos à saúde da população.

Diversos fatores sociais e ambientais influenciam na qualidade das águas disponíveis para atendimento às necessidades humanas, como: carência de sistemas de esgotamento sanitário, cargas de poluição atmosférica, inexistência de serviços de coleta e tratamento de resíduos sólidos e educação ambiental.

Diversos fatores influenciam nas características físico-química e biológicas das águas pluviais, dentre eles (PROSAB, 2006):

- a localização geográfica, como: proximidade do oceano, áreas urbanas ou rurais;
- às condições meteorológicas, como: a intensidade, a duração e o tipo de chuva e regime de ventos;
- a sazonalidade devido às estações do ano;
- a presença de vegetação e
- a carga poluidora atmosférica.

As atividades antrópicas como circulação de veículos, construção civil e pedreiras, liberam substâncias poluidoras no ar com compostos de enxofre e nitrogênio, compostos orgânicos de carbono, monóxido e dióxido de carbono, compostos halogenados e material particulado que alteram a qualidade do ar e ao promover a limpeza da atmosfera, a chuva traz consigo estes contaminantes afetando as características naturais da água da chuva (PROSAB, 2006).

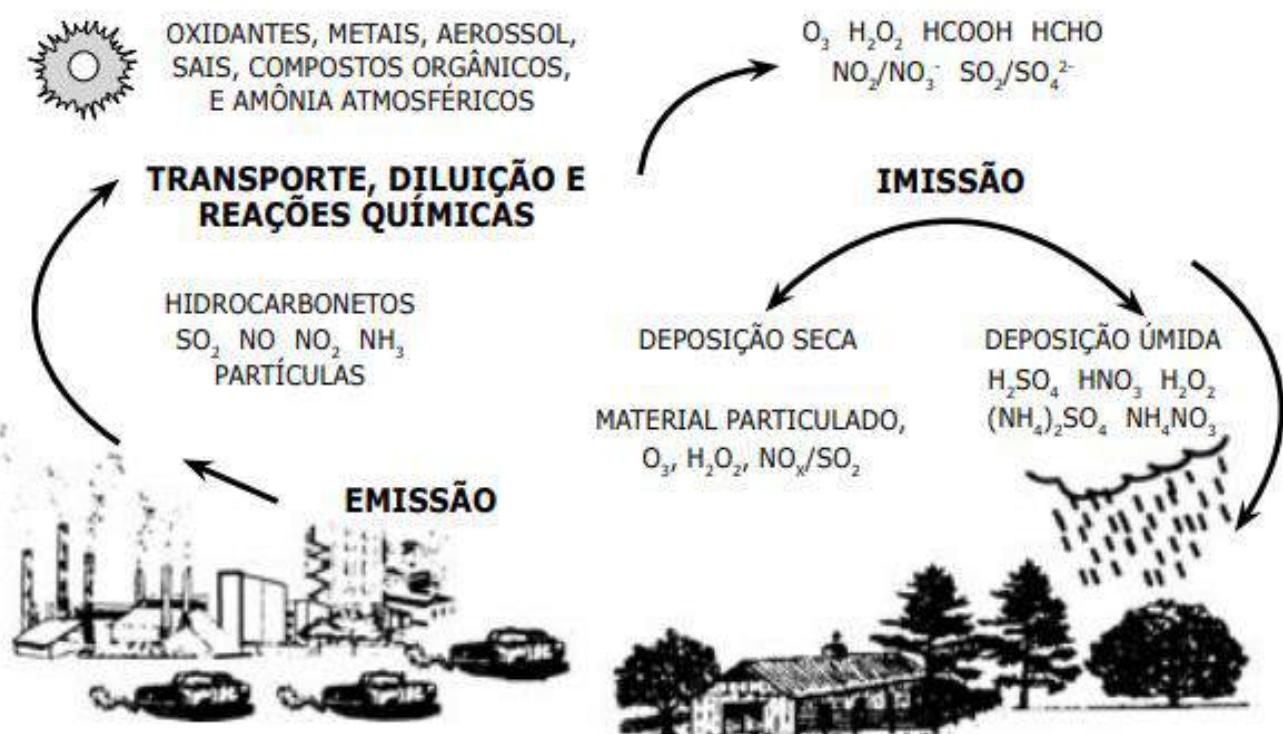
A poluição atmosférica pode ser avaliada nas fontes ou nos emissores de poluentes, sejam: naturais como vulcões ou devida à ações humanas sobretudo de processos industriais, emissões móveis de veículos em geral e fixas de chaminés. A dispersão de poluentes na atmosfera pode atingir a superfície terrestre via deposição úmida que se trata da remoção de gases e material particulado da atmosfera por processos hidrometeóricos, ou seja, com atuação de nuvens, chuva, neve, neblina, etc. ou deposição seca que se refere ao processo de transporte dos poluentes da atmosfera para superfícies sem a presença de precipitação (USP, 2018). Desta forma grandes centros urbanos podem acumular uma maior concentração de poluentes, de modo a acarretar impactos em sistemas ambientais urbanos, como: mananciais, lagoas e reservatórios. (FORNARO, 2006)

As condições da superfície de captação em coberturas de telhados de edificações, de acordo com Heijnen (2012), são também capazes de influenciar a qualidade da água. Fatores como limpeza da superfície de captação, uso de tela ou métodos específicos de filtração e armazenamento alteram o aspecto qualitativo da água.

A sazonalidade também se apresenta como fator determinante de alterações na qualidade da água de chuva. O comportamento pluviométrico na região, sobretudo quanto a sua intensidade e distribuição, dentre outras funções, pode atuar na remoção de poluentes atmosféricos. Períodos prolongados de estiagem tendem a carrear uma maior carga de deposição seca sob a área de captação, o que numa chuva posterior ao período seco, o volume armazenado pode apresentar uma qualidade inferior (GUIMARÃES, 2016).

A composição química de um evento pluviométrico é resultado de diversos fatores, já que os processos atmosféricos interagem entre si e são complexos, envolvendo emissão, transporte, diluição, transformação química e emissão de poluentes (FORNARO, 2006) (Figura 4).

Figura 4: Processos atmosféricos e compostos químicos com formação de poluentes.



Fonte: FORNARO (2006)

Em geral, a qualidade da água armazenada em sistemas de águas pluviais é boa e, nos países em desenvolvimento, frequentemente a qualidade da água da chuva é igual à da água tratada, fornecida pela rede pública (HEIJNEN, 2012). No entanto a água de chuva está suscetível à entrada de contaminantes, como no processo de lixiviação de componentes que possam se dissolver durante a precipitação, e riscos microbianos podem ser introduzidos nos volumes armazenados através de excrementos de animais depositados na superfície de captação.

Nesse sentido, cuidados devem ser tomados para se garantir a qualidade da água nos reservatórios de armazenamento de água pluvial como: o funcionamento correto de dispositivos de retenção de materiais grosseiros e de descarte, evitar a entrada de luz e aberturas que possibilitem a entrada de insetos, a limpeza regular do sistema. Quando os equipamentos de retenção não funcionam adequadamente a tendência é de uma falsa melhora na qualidade da água dentro do reservatório, devido à sedimentação da maior parte dos compostos em suspensão na água, porem este acúmulo acaba por comprometer a qualidade da água, causando ainda a diminuição da capacidade de operação do reservatório (HAGEMANN, 2009).

Uma medida que contribui bastante para a qualidade da água de chuva é o descarte do volume correspondente aos primeiros milímetros de chuva, denominado *first flush*. Este volume depende principalmente da área de captação, do tipo de material do telhado e da exposição à contaminação no local (ABIB, 2010). A Norma NBR 15.527/2019 sugere um descarte de 2 mm da precipitação inicial (ABNT, 2019).

1.3 Alternativas Quanto aos Usos de Água da Chuva

Embora possa apresentar aspectos aparentes de boa qualidade, a água da chuva não tem sido recomendada para ingestão. Dessa forma o mais indicado para águas pluviais é o uso não potável, como: rega de jardins e plantações, lavagem de carros, limpeza de pisos e descargas em bacias sanitárias (IPT, 2015). Em alguns casos extremos de falta d'água onde não se tem uma oferta de uma água mais segura fornecida pela rede de abastecimento, os usos mais nobres são considerados aceitáveis, como beber e cozinhar, desde que sejam tomadas precauções como: filtração e fervura (IPT, 2015).

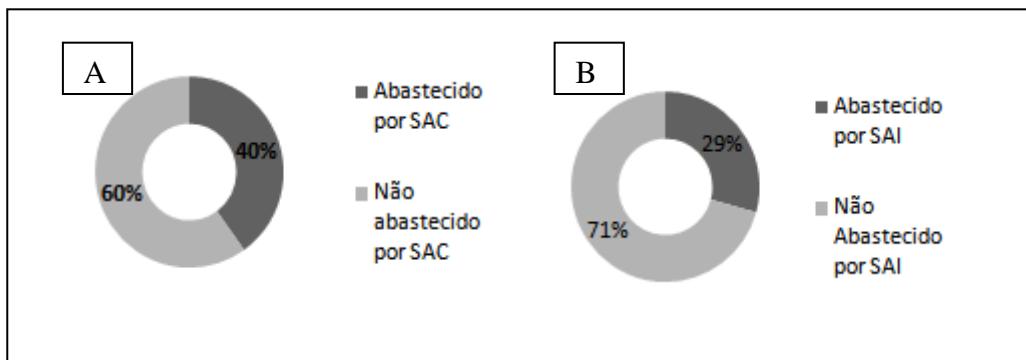
O aproveitamento de água pluvial se apresenta como uma alternativa para suprir a crescente demanda populacional. Segundo Rocha (2012), o uso da água pluvial para fins não potáveis se mostra como uma medida que proporciona a redução do consumo de água potável e a minimização de problemas relacionados à disponibilidade dos recursos hídricos.

É comum o uso de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em países como: China, Nova Zelândia e Tailândia. Segundo Gomes (2014), a construção de estruturas de captação de águas pluviais funciona como uma ferramenta para a promoção do acesso à água, especialmente em áreas rurais, nas quais grande parte da população depende da captação de água de chuva por meio de sistemas simplificados de calhas e condutores.

Em situações de emergência a água de chuva torna-se uma alternativa viável, como na crise hídrica observada em 2015 na região Sudeste, na qual a população do estado de São Paulo teve uma mudança de hábito, a partir da instalação de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva para fins não potáveis como lavar o quintal e descarga sanitária (O Estado de São Paulo, 2015). Outro exemplo de uso de água pluvial em situações críticas é o Semiárido nordestino onde devido a falta d'água famílias captam e armazenam água da chuva para uso doméstico e agropecuário (SARMENTO, 2017).

De forma geral, a problemática está na acessibilidade à água, no Brasil 35 milhões de pessoas não tem acesso a água tratada, o que faz com que a população busque por fontes alternativas, expondo-se a situação de vulnerabilidade hídrica (SNIS, 2019). A Figura 5 mostra o percentual de municípios do estado do Rio de Janeiro que afirmam ter como contribuição de abastecimento sistemas de Solução Alternativa Coletiva (SAC) e Solução Alternativa Individual (SAI), esta última sendo a situação de maior vulnerabilidade uma vez que não conta com o controle de concessionárias (SISAGUA, 2018).

Figura 5: Municípios abastecidos por SAC (A) e abastecidos por SAI (B).



Fonte: Adaptado, SISAGUA (2018)

A utilização de água de chuva como fonte de abastecimento é uma realidade para diversos municípios brasileiros, no estado do Rio de Janeiro os municípios de Teresópolis, Pinheiral e Santo Antônio de Pádua relatam que contam com a captação de água de chuva como uma de suas fontes de água (SISAGUA, 2018).

No relatório de Água Potável Equidade, Segurança e Sustentabilidade (OMS, 2011) há descrição do uso de água de chuva no mundo com cerca de 1% da população total de países em desenvolvimento, cerca de 63 milhões de pessoas, dependem da água pluvial como sua

principal fonte de uso doméstico. Em áreas rurais a dependência da água de chuva corresponde a 2,4% da população, sendo utilizada inclusive para beber.

Cardoso (2010) aponta que países desenvolvidos da Europa, como a Alemanha, e outros como o Japão, Austrália e os Estados Unidos tem se dedicado na implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial e em pesquisas e tecnologias que facilitem e garantem o uso seguro desta fonte alternativa de água. Outras regiões também se encontram na lista, como a África e da Índia.

Existem muitos exemplos de utilização de águas pluviais pelo Brasil onde esta água é utilizada em indústrias como é o caso de uma fábrica de bebidas, que relata em seu site a captação e o aproveitamento da água da chuva para a limpeza de áreas externas, garantindo uma economia de 36% no consumo mensal de água da companhia (COCA-COLA, 2017).

A principal vantagem na utilização da água de chuva é redução da demanda por água potável, Ribeiro (2016) estimou que a oferta de água computada e a demanda da população estipulada, a cidade do Rio de Janeiro possui um potencial de 25% de abastecimento por água de chuva para o consumo total de água. Deste modo, a cidade tem capacidade para reduzir um quarto de sua conta de água somente implementando sistemas de coleta de água de chuva.

As demandas domésticas de fins não potáveis como: bacias sanitárias, torneiras de jardim, lavagem de veículos e lavagem de roupas apresentam exigência de qualidades menos restritivas. Dessa forma se adotando o uso de água de chuva para estes fins causaria uma redução no consumo de água potável (MAY, 2004) (Tabela 2).

Tabela 2: Demanda de água não potável de uso doméstico.

Demand	Consumo Diário
Lavar roupa	30 L.kg ⁻¹ de roupa
Rega de Jardim	1,0 a 2,0 L.m ²
Lavagem de Carro	50 a 150 L.veículo ⁻¹

Fonte: SABESP (2017)

1.4 Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial

A disponibilidade hídrica regional é considerada fator determinante de definição de áreas para implantação de moradias e atendimento às atividades humanas, no desenvolvimento de produtos e execução de determinados serviços. Atualmente, muitas

regiões encontram dificuldades de atendimento de determinadas demandas, devido a intermitência de volumes de reservas hídricas, fazendo necessário o uso de fontes alternativas como o aproveitamento de água da chuva (FERREIRA, 2006).

Giacchini (2010) relata que sistemas de aproveitamento da água da chuva é uma prática milenar adotadas por civilizações como: Astecas, Maias e Incas, como principal fonte de abastecimento de água. Tomaz (2003) traz um dos registros mais antigos do aproveitamento da água pluvial onde em 850 a.c o rei Mesha sugere a construção de reservatórios de água de chuva em cada uma das residências na região onde atualmente é a Jordânia.

No cenário brasileiro o aproveitamento de águas pluviais, ainda que subaproveitado, não se trata de novidade uma vez que inúmeras ações têm sido implementadas no país, como o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), liderado pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA), onde por meio do armazenamento de água de chuva em cisternas a população do Semiárido tem a possibilidade de ter acesso à água sem que seja necessário o deslocamento de quilômetros (ASA, 2011).

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais, de acordo com Dornelles (2012), pode contribuir na redução de picos de vazões efluentes de edificações, devido ao volume armazenado no reservatório, de modo a amenizar o descarte nas redes pluviais públicas otimizando a operação na infra-estrutura da drenagem urbana nas cidades.

Lima (2018) relata que sistemas de águas pluviais necessitam de pouca manutenção ao longo do tempo, como na substituição de filtros e limpeza do sistema de armazenamento.

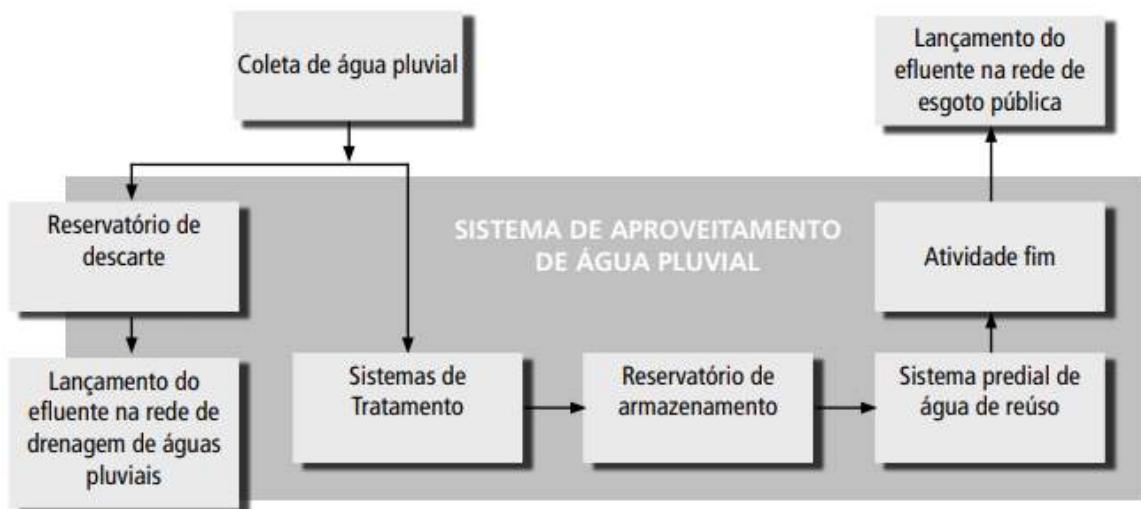
O aproveitamento da água da chuva revela-se como uma alternativa promissora, pois baseia-se em um conceito simples de implementação e manutenção, que depende apenas de superfícies de captação (telhados e lajes), onde são coletadas as precipitações pluviométricas efetivas e então armazenadas, em um reservatório para posterior utilização (VELOSO *et al*, 2012).

Embora a instalação seja simples, um sistema de águas pluviais, deve atender critérios como medida de otimização e eficiência na operação dos recursos. AFIESP (2005) apresenta o fluxograma da água pluvial (Figura 6) bem como uma metodologia básica de projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva com as seguintes etapas:

- determinação da precipitação média local (mm/mês);
- determinação da área de captação;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial da área de captação;
- caracterização da qualidade da água pluvial,

- dimensionamento do reservatório de descarte inicial;
- projeto do reservatório de armazenamento;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.)

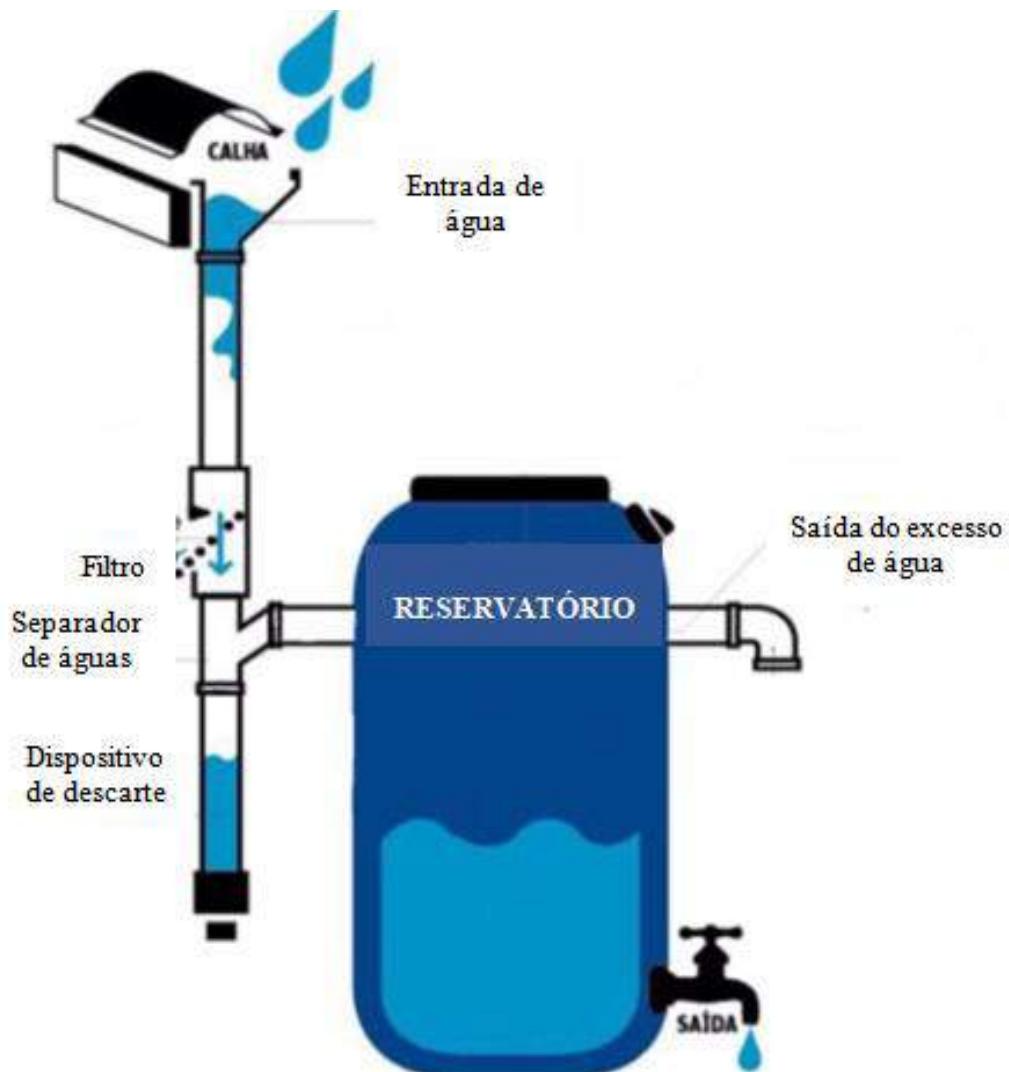
Figura 6: Esquema representativo dos fluxos do sistema de aproveitamento pluvial.



Fonte: FIESP (2005)

Tomaz (2009) propõe um sistema de águas pluviais basicamente composto por: área de captação, calhas e condutores, dispositivo de descarte e reservatório (Figura 7).

Figura 7: Esquema representativo de um sistema de aproveitamento pluvial.



Fonte: EJEAMB (2019)

Em um sistema de águas pluviais a área de captação corresponde a área superficial horizontal em m², de coletada água da chuva como telhados, de materiais cerâmicos, fibrocimento, zinco, plástico ou concreto armado.

Calhas e condutores em PVC ou metálicos constituem peças instaladas junto a área de captação, com o objetivo de coletar e escoar o volume efetivo precipitado até o reservatório.

O dispositivo de descarte inicial da precipitação tem como função desviar os primeiros milímetros de água de chuva que escoa pelo telhado, podendo ser manual ou automático.

O reservatório é utilizado para o armazenamento da água pluvial, podendo ser de concreto armado, alvenaria de tijolos, plásticos, chapas de zinco ou ferro-cimento.

Para se garantir a durabilidade não só do reservatório, mas de todo o sistema, precauções devem ser tomadas, como (PROSAB, 2006):

- as paredes e a cobertura do reservatório devem ser impermeáveis;
- deve-se evitar a entrada de luz no reservatório para evitar a proliferação de algas;
- a entrada da água no reservatório e o extravasor devem ser protegidos por telas para evitar a entrada de insetos e pequenos animais;
- o reservatório deve ser dotado de uma abertura de acesso, para a limpeza;
- a água deve entrar no reservatório de maneira a não provocar turbulência, evitando a resuspensão dos sólidos sedimentados ao fundo;
- o reservatório deve ser limpo uma vez por ano para a retirada do lodo depositado no fundo do mesmo.

1.5 Aspectos Legais Associados á Águas Pluviais

No panorama internacional alguns países merecem destaque no que se refere a marcos legais para a captação e utilização da água de chuva, como é o caso da cidade de Bangalore na Índia que foi a primeira cidade a implantar uma política de aproveitamento de águas pluviais. Na Austrália foi elaborada uma legislação em 2007 para incentivar a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, devido a elevada demanda da irrigação. A Bélgica apresenta uma legislação nacional que obriga as novas construções a tenham um sistema de água de chuva para ser usado em descarga sanitária e usos externos. Em 2010, o estado do Arizona nos Estados Unidos instituiu que 50% da água de irrigação deve ser fornecida por água pluvial (GUIMARÃES, 2016).

No que se refere a legislações brasileiras voltadas para o aproveitamento de água de chuva pode-se destacar a Lei Federal 9.433/1997 conhecida como Lei das Águas onde em 2017 com a Lei 13.501 foi incluído em seus objetivos a promoção de incentivos na captação,

preservação e aproveitamento de águas pluviais, representando um incentivo legal para utilização deste recurso (BRASIL, 1997).

No panorama nacional encontra-se em tramitação o Projeto de Lei nº 4109/2012 que institui o Programa Nacional de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas, em seu capítulo III disserta sobre o reaproveitamento de águas, no qual a utilização de água proveniente das chuvas é mostrada como uma das ações. (BRASIL, 2012)

Alguns estados apresentam legislações sobre o tema como é o caso do Decreto Estadual nº 48.138, de 7 de outubro de 2003 da cidade de São Paulo que institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água em órgãos públicos e de capital misto. O Decreto informa que é permitida somente a lavagem de ruas, calçadas, praças, pisos frios e áreas de lazer com água de reuso ou outras fontes como a pluvial, sendo expressamente vedada a lavagem com água potável, exceto em casos que se confirme existência de material contagioso ou outros que tragam danos à saúde (SÃO PAULO, 2003).

No estado do Rio de Janeiro, local de estudo desta pesquisa, uma lei que se destaca é a Lei Estadual 7463/2016, a qual regulamenta os procedimentos para armazenamento de águas pluviais e águas cinzas para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública, dando providências acerca do sistema de captação (RIO DE JANEIRO, 2016).

Ainda no contexto estadual em 2018 foi aprovada a Lei Estadual 7987/18 que traz o armazenamento da água de chuva como alternativa para os estaleiros atenderem a obrigatoriedade de se reutilizar águas (RIO DE JANEIRO, 2018). Outro marco estadual interessante é a recente Lei Estadual do Rio de Janeiro nº8429/2019, que dispõe sobre a obrigatoriedade de os postos de combustíveis possuírem dispositivo para captação de águas da chuva, nesta lei há um incentivo para o aproveitamento da água captada para irrigação de jardins, descarga dos vasos sanitários, limpeza de pista e de pátios e para lavagem de carros (RIO DE JANEIRO, 2019).

No âmbito municipal o Rio de Janeiro apresenta alguns decretos sobre o tema como é o exemplo do decreto 23.940/2004, onde em alguns casos previstos torna-se obrigatória a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem (RIO DE JANEIRO, 2004). A Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005 disciplina os procedimentos deste decreto, trazendo especificações acerca da desinfecção da água de chuva e os usos potenciais desta água armazenada como lavagens de automóveis, pisos e regas de jardins (RESOLUÇÃO CONJUNTA SMG/SMO/SMU nº 001, 2005).

No quesito de dimensionamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, existem algumas normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como é o caso da NBR 15527/2019 que disserta sobre os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, esta norma traz também os padrões de qualidade que para os usos não potáveis mais restritivos (Tabela 3). Ainda no tocante a NBR, encontra-se em discussão o Projeto ABNT NBR 16783 - Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações (ABNT, 2019).

Tabela 3: Padrões estabelecidos pela NBR 15527/2019.

Parâmetros	Limites
<i>Escherichia coli</i>	<200/100 mL
Turbidez	<5,0 UNT
pH	Entre 6 e 9

Fonte: ABNT (2019)

Uma legislação bastante pertinente no sentido de qualidade é a lei municipal de Niterói nº 2630/2009 que trata dos procedimentos relativos ao armazenamento de águas pluviais para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública, estas legislações ainda que superficialmente apresenta alguns padrões para a qualidade da água de chuva destinada a fins não potáveis (Tabela 4).

Tabela 4: Padrões estabelecidos pela Lei Municipal de Niterói nº 2630/2009.

Parâmetro	Limites
Materiais Flutuantes	Virtualmente ausentes
Odor e Aspectos	Não objetáveis
Óleos e Graxas	Toleram-se incidências
pH	Entre 6 e 9

Fonte: Niterói (2009)

No sentido das legislações de aproveitamento das águas pluviais o que se observa é que o quesito de qualidade ainda é bastante inexplorado, no entanto para se garantir a qualidade podem-se utilizar os padrões estabelecidos para o uso determinado, como por

exemplo, a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 Anexo XX que trata do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Tabela 5).

Tabela 5: Padrões estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX.

Parâmetros	Portaria de Consolidação nº 5 de 2017
pH	6,0-9,5
Turbidez	5 UNT
Sólidos Dissolvidos Totais	1000 mg/L
Cloreto	250 mg/L
Dureza Total	500 mg/L

Fonte: Ministério da Saúde (2017)

1.6 Impactos do Uso de Água Pluvial

O aproveitamento de águas pluviais se mostra como uma alternativa que traz diversos impactos no meio ambiente e na economia, dos quais se pode destacar a redução da demanda de água potável, melhoria da otimização do uso da água, além de propiciar a implantação de práticas agrícolas para economia de água (SOUZA, 2018).

A redução do consumo de água potável acarreta impactos econômicos como a redução no valor da conta d'água, redução no consumo de energia elétrica e na manutenção de equipamentos, uma vez que no uso da água pluvial a manutenção que se faz necessária é pequena (SOUZA, 2018).

O aproveitamento desta água pode ocasionar redução nos custos operacionais de Estações de Tratamento de Água (ETA) já que com uma maior qualidade, há uma redução no consumo de produtos químicos, além de aumentar a vida útil de instalações como as elevatórias (SOUZA, 2018).

Dentre as vantagens sociais destacam-se que com a construção de sistemas de aproveitamento pluvial há uma redução no número de enchentes, já que em especial nos centros urbanos a impermeabilização do solo reduz a infiltração de água ocasionando alagamentos, logo a coleta de água da chuva para seu aproveitamento diminui essa taxa de

água que escoa superficialmente permitindo com que a água fique acessível para usos não potáveis (LIMA, 2018).

1.7 Métodos de Tratamento Estatístico de Dados

A estatística é uma ferramenta de grande valia para tomada de decisões, para Ignácio (2010) isso se deve ao fato da necessidade de uma análise de forma consistente do grande volume de informações produzido na atualidade. Para este mesmo autor pode-se definir o processo estatístico como conjunto de métodos e técnicas que envolvem todo o desenvolvimento de uma pesquisa, incluindo planejamento, coordenação, levantamento de dados por meio de amostragem, até a consistência, processamento e interpretação de dados para explicar os fenômenos estudados.

Em pesquisas de aproveitamento pluvial se faz necessário o tratamento estatístico tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo sendo possível tratamento dos dados de qualidade da água captada quanto do volume armazenado, segundo Naghettini e Pinto (2007), a hidrologia estatística busca de extrair da amostra, os elementos suficientes para concluir, a probabilidade com que uma variável irá igualar ou superar certo valor de referência.

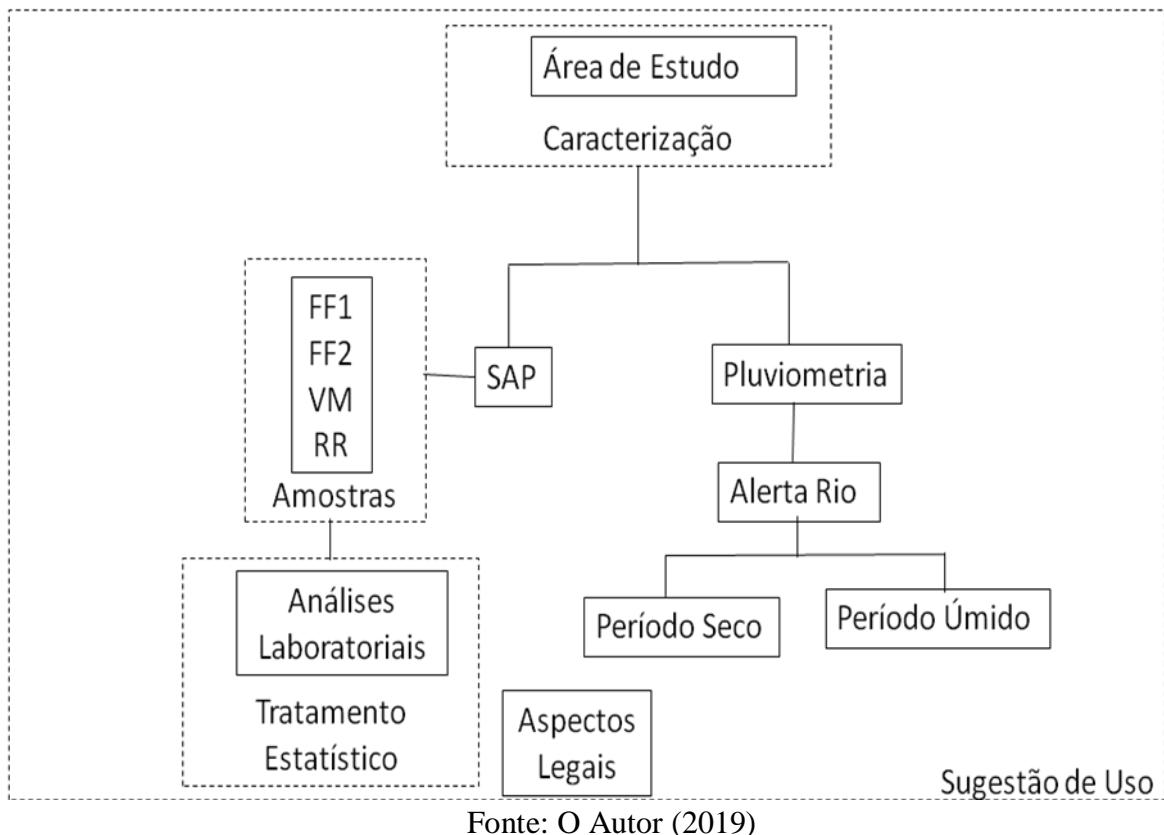
Uma maneira bastante usual de se analisar os dados é através da estatística descritiva a qual de acordo com Naghettini e Pinto (2007) extrai da amostra um conjunto de informações que permitem inferir o comportamento do grupo de dados observados. Para o mesmo autor algumas das medidas que se pode adquirir na estatística descritiva são a média que corresponde a uma medida de posição que corresponder à coordenada no centróide das curvas de frequências, mediana que se trata do segundo quartil logo a cima deste valor estão metade dos dados e que nada mais é que uma medida de dispersão que expressa o grau de variabilidade dos dados, em torno do valor central de uma amostra.

Para facilitar o tratamento dos dados existem diversos *softwares* estatísticos disponíveis como é o caso do DataMelt®, KNIME Analytics Platform®, OpenRefine®, Orange®, R® e tantos outras ferramentas como até o próprio Excel.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste em uma caracterização da área de estudo, na qual foram realizadas análises laboratoriais das amostras coletadas no sistema de aproveitamento pluvial (SAP) dos quatro pontos (FF1, FF2, VM e RR), em paralelo foi definido o período seco e úmido para assim comparar com os aspectos legais e por fim propor uso para a água armazenada (Figura: 8)

Figura 8: Fluxograma da metodologia adotada.



2.1 Caracterização da Área de Estudo

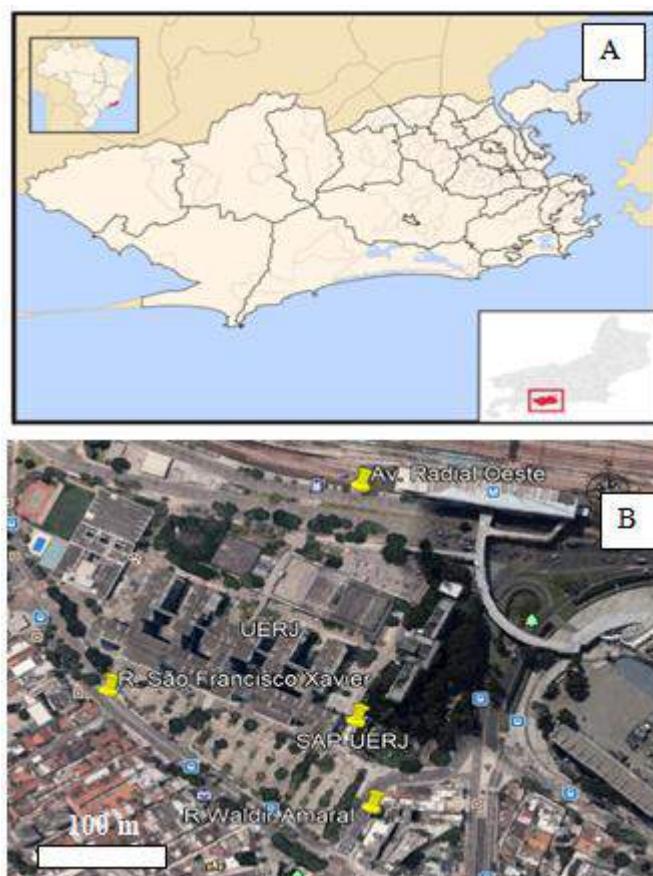
O objeto de estudo desta pesquisa é a qualidade da água captada e armazenada no sistema armazenamento pluvial (SAP) instalado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro *Campus Maracanã*, localizada no município do Rio de Janeiro-RJ no bairro Maracanã.

O município do Rio de Janeiro faz parte da região metropolitana do Estado, estando inserido nas regiões hidrográficas do Paraíba do Sul e Baía de Guanabara, a região do

município a qual o sistema está inserido compreende a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara. O município apresenta uma população de 6.688.927 habitantes e uma área territorial de 1.200,255 km² (IBGE, 2018). Com relação à Universidade do Estado do Rio de Janeiro pode-se destacar que tem uma população composta por 26.683 discentes, 2.496 docentes e 1.044 servidores (DATAUERJ, 2018).

A região do entorno encontra-se bastante urbanizada e apresenta uma grande quantidade de residências, o sistema encontra-se localizado ao lado da Rua Waldir Amaral, que serve como rota para diversos veículos ao longo do dia e de acesso para a Rua São Francisco Xavier, com um fluxo veicular médio em dias úteis de 20.909 veículos trafegantes (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2017). O SAP se situa ao lado da garagem de veículos das UERJ, próximo a um potencial foco de uso desta água, tendo o telhado da garagem como área de captação (Figura 9).

Figura 9: Visão espacial da UERJ (A), com indicação da localização do sistema (B).



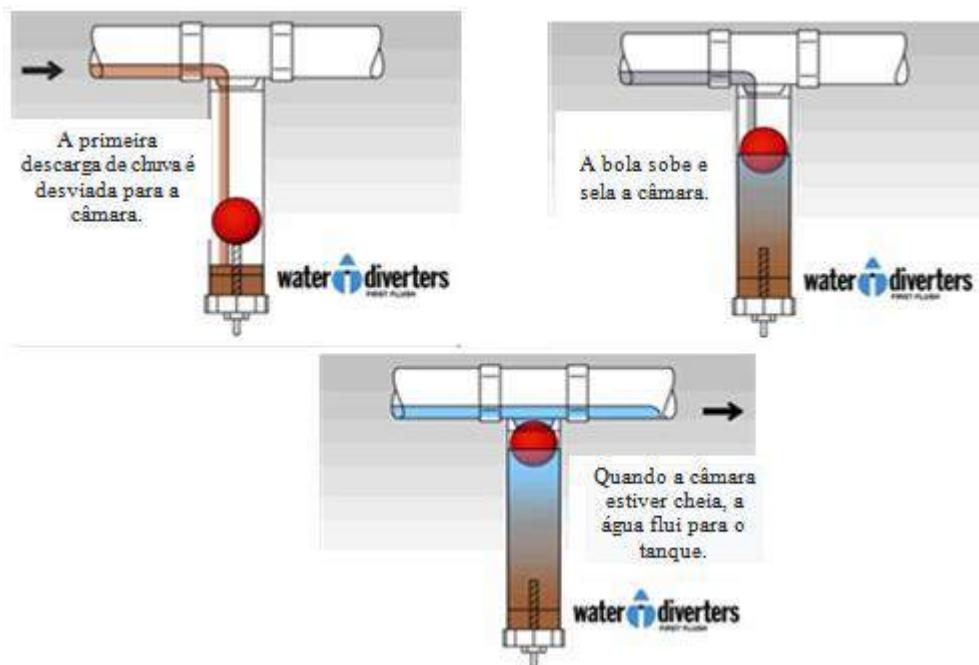
Fonte: Google Earth (2019)

2.2 Estrutura do Sistema de Captação e Armazenamento de Águas Pluviais

O sistema de armazenamento pluvial instalado na UERJ está em operação desde 2016, possui área de captação de 30 m², composto por cobertura de telhado de fibrocimento, calhas e condutores verticais de PVC, sistema de tratamento da água da chuva, e reservação.

O tratamento da água da chuva é realizado primeiramente por filtragem de materiais grosseiros em tela inox e posterior descarte do volume inicial no sistema do *first flush* primário (FF1), que no sistema estudado tem a responsabilidade de separar e/ou descartar 15 litros de precipitação efetiva inicial. O FF1 funciona com um sistema de boia interna à tubulação que veda automaticamente o tubo, na medida em que atinge a capacidade máxima do FF1, e assim a água é direcionada ao *first flush* secundário (FF2), com capacidade de descarte similar ao FF1 (Figura 10). As condições de implantação do sistema de bloqueio ou de separação inicial do volume efetivo precipitado do FF1 e FF2 permitem um descarte acumulado de 1,0 mm de chuva, responsável pela caracterização dos primeiros minutos de chuva.

Figura 10: Sequência ilustrativa do descarte inicial.



Fonte: Water Diverters (2019)

Posterior ao descarte dos volumes iniciais da precipitação efetiva a água da chuva é direcionada ao sistema de filtragem específico denominado *Chove Chuva*, composto por

pastilhas de cloro e pedra de calcário, para adentrar ao reservatório de polietileno. O sistema de reservação conta também com extravasor, pontos de coleta do volume morto (VM), correspondendo a cerca de 200 L e o reservatório (RR) correspondendo a 800 L totalizando a capacidade de 1000 L (Figura11).

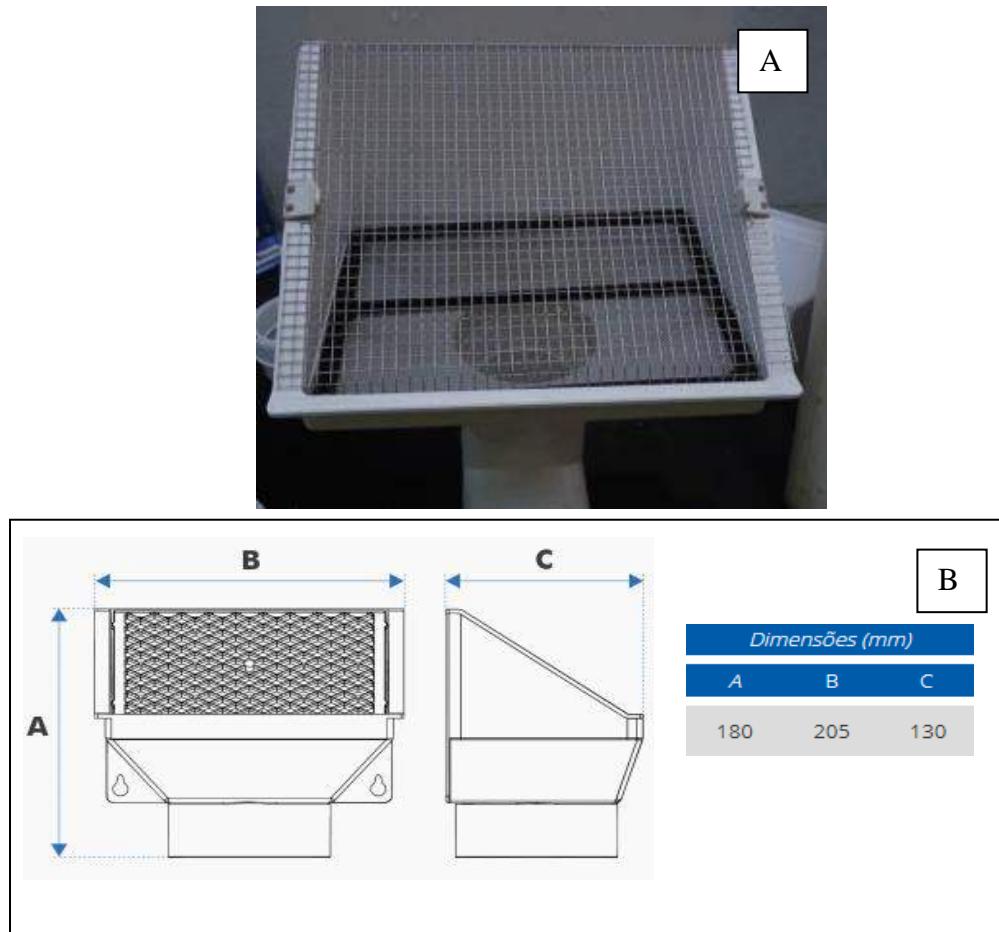
Figura 11: Sistema de captação, tratamento e armazenamento de água de chuva da UERJ.



Fonte: O Autor (2019)

A filtragem inicial da água da chuva é realizada por sistema separador através de uma malha inox principal de 5,0 mm e outra malha inox secundária de 1,0 mm para retenção de detritos grosseiros provenientes do telhado e da calha, como: folhas, galhos de árvores e possíveis dejetos de animais (Figura 12).O SAP admite uma vazão máxima de 10000 L/h com capacidade de atender telhados com áreas de cobertura de até 100 m² em regiões chuvosas e até 250 m² em regiões secas (FORTLEV, 2019).

Figura 12: Malha de inox para a filtração de sólidos grosseiros (A) e Especificações do sistema de filtração (B).



Fonte: (A) O Autor (2018); (B) FORTLEV (2019)

2.3 Caracterização Sazonal

A caracterização sazonal teve como base a série histórica de 1997 a 2018, com dados observados de precipitação da estação Tijuca do Sistema AlertaRio da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (ALERTARIO, 2018), aos quais foram feitas médias mensais para a identificação dos períodos secos e úmidos.

2.4 Amostragem

O período de amostragem consiste de coletas e análises mensais do período entre julho de 2017 e junho de 2018, do qual se estudou um episódio de chuva por mês, de quatro pontos específicos do sistema, sendo: FF1 (12 amostras coletadas), FF2 (12 amostras coletadas), VM (10 amostras coletadas) e RR (9 amostras coletadas), as datas dos eventos de chuva podem ser vistas na Tabela 6.

Tabela 6: Datas dos eventos de chuva estudados.

Data Dos Eventos de Chuva
03/07/2017
30/08/2017
29/09/2017
04/10/2017
01/11/2017
18/12/2017
18/01/2018
05/02/2018
02/03/2018
19/04/2018
30/05/2018
19/06/2018

A quantidade de amostras coletas representam os episódios de chuva estudados que ocorreram durante o ano observado, e houve variação por pontos uma vez que ocorreram eventos de chuva o qual o volume foi insuficiente para encher todos os pontos (Figura13).

Figura 13: Pontos de coleta de água de chuva para análise: Volume Morto (A)
Reservatório (B), First Flush 1 e Furst Flush 2 (C).



Fonte: O Autor (2019)

A coleta de amostra nos pontos FF1 e FF2 teve como objetivo a caracterização dos primeiros minutos ou volumes de chuva efetiva, responsáveis pela lavagem da atmosfera e da área de captação da cobertura do telhado, calhas e condutores da edificação, a realização de análises referentes a estes pontos se justifica ao passo que se pode entender a importância deste descarte para a melhoria da qualidade armazenada no reservatório. O volume morto (VM) corresponde ao ponto de acumulação dos níveis inferiores de volumes acumulados armazenados no reservatório, na medida em que ocorrem processos de decantação de partículas no fundo do sistema de armazenamento. O volume armazenado no reservatório (RR) é o volume efetivo de aproveitamento da água captada e armazenada.

Após cada coleta de amostras, os volumes armazenados foram esvaziados nos pontos de amostragem de modo a contribuir para que as próximas coletas correspondam aos eventos pluviométricos observados.

Para a amostragem dos volumes de água de chuva foram utilizados frascos de polietileno de 1000 mL (Figura 14), as amostras foram preservadas em isopor até o transporte ao Laboratório de Engenharia Sanitária (LES) da UERJ, onde foram realizadas as análises.

Figura 14: Preparo do material de coleta e identificação dos pontos de amostragem de água de chuva do *first flush* primário (FF1), *first flush* secundário (FF2), volume morto (VM) e reservatório (RR).



Fonte: O Autor (2019)

Cada amostra analisada teve como referência eventos de precipitação observados pela estação nº 4 denominada Tijuca (Latitude: -22,931944; Longitude: -43,221667), do Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro, distante cerca de 2,80 Km da área do projeto no *campus Maracanã*, da UERJ (Figura 15).

Figura 15: Distância entre a UERJ e a Estação Pluviométrica da Tijuca.



Fonte: Google Earth (2019).

2.5 Análises Laboratoriais

A caracterização das amostras de água de chuva do sistema de águas pluviais da UERJ consistiu da determinação dos parâmetros físico-químicos: pH, sólidos dissolvidos totais (SDT), turbidez, cloreto e dureza total segundo metodologia descrita em AWWA (APHA, 2012).

A Portaria de Consolidação Nº 5 Anexo XX (BRASIL, 2017) foi utilizada como referência por se tratar do parâmetro mais restritivo de uso da água.

As análises dos parâmetros físico-químicas respeitaram os prazos limites estabelecidos de preservação de amostras, conforme AWWA (APHA, 2012) e descritas na Tabela 7.

Tabela 7: Procedimentos e materiais para amostragem de água nos pontos de coleta.

Parâmetros	Recipientes	Volume Mínimo (ml)	Preservação	Tempo Máximo
Dureza	Vidro ou polietileno	100	HNO ₃ pH<2	6 meses
Cloreto	Vidro ou polietileno	100	Não requer	7 dias
Turbidez	Vidro ou polietileno	200	Proteger da luz	24h
pH	Vidro ou polietileno	200	Análise imediata	-

Fonte: APHA (2012)

Na Tabela 6, pode-se ver que há uma variação de exigências para a preservação das amostras para cada parâmetro em especial para as análises realizadas neste trabalho, as quais tiveram uma atenção para o cumprimento do prazo limite de realização da análise, bem como para o uso de preservante (como é o caso da análise de dureza) e recipiente (optou-se pelo uso de frascos de polietileno) para assim não ocorrer contaminação da amostra coletada e/ou perda do analito de interesse.

2.5.1 pH

O pH é um parâmetro que indica o potencial hidrogeniônico, ou seja, revela a quantidade de prótons H⁺ sendo capaz de determinar se a água apresenta uma característica ácida, básica ou neutra. A escala de pH varia de 0 até 14 onde amostras com pH inferiores a 7 são consideradas ácidas, pH superiores a 7 são básicas e igual a 7 são neutras. A importância de se conhecer o pH de uma água se deve, sobretudo ao fato operacional, uma vez que

determinadas substâncias têm seus efeitos tóxicos atenuados ou magnificados em valores de pH extremos (CETESB, 2019).

Este trabalho teve o método 4500 H+ B como de determinação do pH a partir do cálculo eletrométrico, que consiste na obtenção da atividade de hidrogênio de acordo com a medida potenciométrica, utilizando um eletrodo padrão de hidrogênio e um eletrodo de referência (APHA,2012). A determinação do pH foi realizada em um equipamento pHmetro da marca *Quimis* e modelo 94V/240V 10W Q400ASque consiste de um multímetro com uma escala que converte o valor de potencial do eletrodo em unidade de pH (Figura 16).

Figura 16: Aparelho pHmetro utilizado nas análises de amostras de água de chuva.



Fonte: O Autor (2018)

Previamente a medição das amostras foi realizada a calibração do aparelho com soluções tampão de pH 10, pH 7 e pH 4.A temperatura é um fator fundamental para a medição de pH, uma vez que uma solução neutra apresenta pH igual a 7 à 25°C, de modo que as medições das amostras devem se adequar a temperatura ambiente.

2.5.2 Turbidez

A turbidez em águas é um parâmetro que está relacionado à presença de espécies sólidas em suspensão, que acabam por reduzirem a transparência. Pode ser provocada nas águas devido à presença algas, plâncton, matéria orgânica e outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia (FUNASA, 2006).

O método 2130 B foi utilizado para a determinação da turbidez, conhecido como método nefelométrico, consiste em uma comparação da luz dispersada pela amostra em condições definidas, com a intensidade dispersada por suspensões padrão de referência. Quanto maior a quantidade de luz espalhada na amostra, maior é a turbidez da revelada, sendo expressa em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT) (APHA, 2012).

O turbidímetro, aparelho para determinação da turbidez, utiliza um nefelômetro que conta com um feixe de luz para iluminar a amostra e detectores fotoelétricos que determinam a intensidade de luz. Este trabalho utilizou o turbidímetro da marca *TECNOPON* do modelo *TB-1000*. Previamente a determinação da turbidez, o turbidímetro foi devidamente calibrado, utilizando as soluções padrões de turbidez igual a 0.1, 0.8, 8.0, 80 e 1000 UNT, conforme especificação do fabricante (Figura 17).

Figura 17: Turbidímetro e padrões utilizados nas análises de amostras de água de chuva.



Fonte: O Autor (2018)

De modo a atender aos critérios de ensaios laboratoriais, antes das análises, os frascos com as amostras eram retirados da geladeira com antecedência necessária para que o volume armazenado atingisse a temperatura ambiente, uma vez que na troca de calor prevalece o embaçamento da cubeta e prejudica diretamente a medição da turbidez.

2.5.3 Cloreto

Cloreto estão presentes em amostras de águas através da dissolução de minerais, em altas concentrações, capazes de dar sabor salgado à água ou propriedades laxativas (FUNASA, 2014). Estes íons podem estar presentes em águas brutas e tratadas em concentrações pequenas até centenas de mg/L. As principais fontes de cloreto são os cloretos de sódio, cálcio e magnésio (FUNASA, 2006).

O método argentométrico (Mhor) 4500-Cl⁻ B é utilizado na determinação de cloreto (APHA, 2012), a partir de titulação de amostra contendo cloreto com nitrato de prata e o cromato de potássio age como indicador de ponto final da titulação.

A análise de cloreto demanda de aparelhos de titulação como bureta âmbar de 50 mL, devido o nitrato de prata se degradar na luz, *erlenmayer* de 250 mL, pipeta volumétrica de 50 mL e pipeta automática de 1 mL.

A solução de nitrato de prata é padronizada à 0,0146N, como titulante e a solução indicadora de cromato de potássio à 50 g/L, é utilizada como viragem de cor de amarelo para vermelho tijolo.

Esta análise é realizada com a amostra em pH entre 7 e 10, e os casos em que o pH não se encontra nesta faixa, há necessidade de ajustes com auxílio de hidróxido de sódio 1N ou ácido sulfúrico 1N. Para maior confiabilidade nos resultados das análises, são recomendadas titulação em triplicada para cada amostra, com o ensaio “em branco” realizado com água desmineralizada.

A Equação 1 demonstra o processo de determinação de cloreto (APHA, 2012).

$$mg \frac{Cl^-}{L} = \frac{(A - B) * N * 35450}{D}$$

(Equação 1)

Onde:

A= Volume de nitrato de prata gasto na titulação da amostra (ml).

B=Volume de nitrato de prata gasto na titulação do branco (ml).

N= Concentração padronizada de nitrato de prata (N).

D= Volume de amostra utilizado (ml).

2.5.4 Dureza Total

A dureza de uma água é determinada em razão de sua capacidade de precipitar sabão, devido à presença de cátions como o cálcio e o magnésio. Usualmente se dá pela presença de bicarbonatos e carbonatos, em águas naturais, a dureza total, de modo geral, se equipara aos valores de alcalinidade. Águas duras podem incrustar nas tubulações além de também dificultar a formação de espumas com sabão (GUIMARÃES, 2016).

O método 2340 C é utilizado para determinação da dureza total, a partir de procedimento titulométrico (APHA,2012), que consiste em uma reação de complexação no qual o EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) funciona como quelante formando complexos com os sais de cálcio e magnésio utilizando o ericromo T como indicador, (Figura 21).A dureza total é expressa em mg de CaCO₃/L.

A análise de dureza total demanda de equipamentos de titulação como bureta de 50 mL, *erlenmayer* de 250 mL, pipeta volumétrica de 50 mL e pipeta automática de 1 mL.

De forma similar à obtenção de cloretos, para maior confiabilidade nos resultados das análises, são recomendadas titulação em triplicada para cada amostra, com o ensaio “em branco” realizado com água desmineralizada.

A Equação 2 de determinação da dureza total é expressa a partir da relação de volumes de titulação com o volume da amostra.

$$\text{Dureza (EDTA) mg de } \frac{\text{CaCO}_3}{\text{L}} = \frac{(A - B) * C}{D} * 1000$$

(Equação 2)

Onde:

A= Volume de EDTA gasto na titulação da amostra (ml);

B=Volume EDTA gasto na titulação do branco (ml);

C= mg de CaCo₃ equivalente a 1 mL de EDTA

D= Volume de amostra utilizado (ml).

2.5.5Sólidos Dissolvidos Totais

Para a determinação dos sólidos dissolvidos totais, este trabalho utilizou a sonda multiparamétrica da marca *AgSolve*, modelo *Aquaread AP-700* (Figura 18). Os parâmetros determinados pela sonda são: oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, potencial de oxi-redução, sólidos dissolvidos totais, resistividade, temperatura e salinidade. A calibração foi realizada a partir de solução chamada RapidCal, que calibra a condutividade elétrica em 2570 μ S/cm e o ponto de pH 7.

Figura 18: Sonda Multiparâmetro Aquaread AP-700 de monitoramento de qualidade de água.



Fonte: O Autor (2018)

Para se ter uma análise fidedigna é crucial se conhecer as especificações padrões para o parâmetro analisado (Tabela 8), uma vez que para amostras de concentração fora do alcance

estipulado pelo equipamento a confiabilidade do resultado não pode ser garantida (AgSolve, 2013).

Tabela 8: Especificações padrão de sólidos dissolvidos totais.

Especificações Padrão Dos Parâmetros		
Sólidos Dissolvidos Totais	Alcance	0 a 100,000mg/L (ppm)
	Resolução	2 alcances autom. 0 a 9999mg/L, 10 a 100g
	Precisão	± 1% de leitura ou ± 1mg/L – se maior

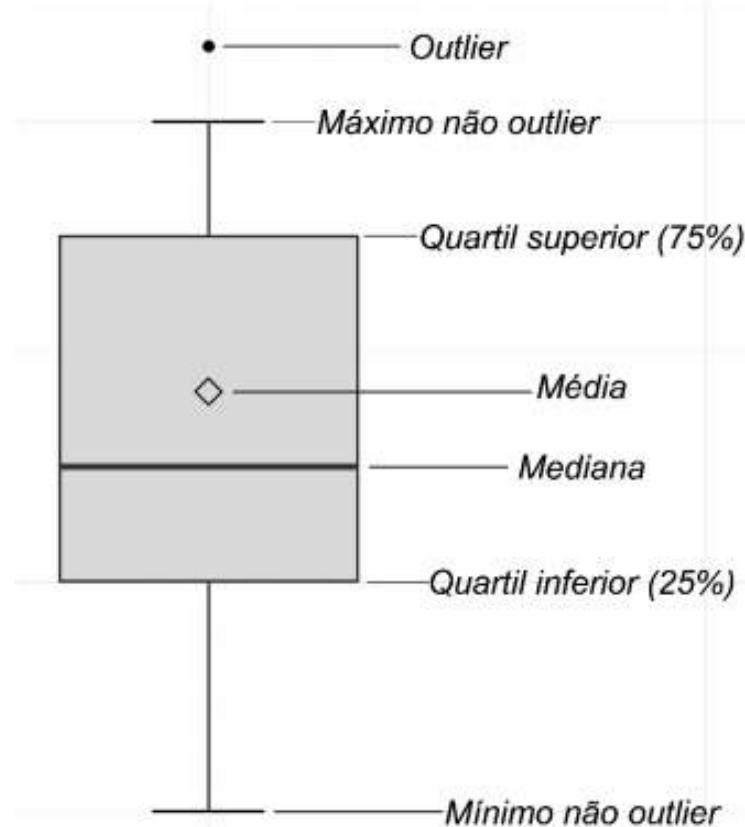
Fonte: AgSolve (2013).

Como medida de evitar possível contaminação de amostras, a medição pela sonda seguiu a ordem de análise dos pontos de coleta, sendo: 1º Reservatório (RR), 2º Volume Morto (VM), 3º *First Flush* primário(FF1) e 4º *First Flush* secundário (FF2).Entre as leituras das medições a sonda foi devidamente lavada com água desmineralizada.

2.6 Análise Estatística

A partir de série histórica de resultados de análises, foi realizada uma análise estatística com o *software* Linguagem R® para o sistema operacional Windows®, comum ambiente livre para computação e gráficos estatísticos. De modo a complementar as análises, foram elaborados gráficos do tipo *box-plot* (Figura 19), que permite uma avaliação quanto a simetria dos dados, a dispersão e a existência ou não de *outliers* ou valores atípicos. Os *box-plots* são considerados métodos de representação estatística adequados para a comparação de dois ou mais conjunto de dados correspondentes às categorias de uma variável, aderente ao caso desta pesquisa uma vez que foram avaliados parâmetros físico-químicos em cada ponto de coleta do sistema de águas pluviais (CAPELA, 2011).

Figura 19: Representação esquemática de um gráfico *box-plot*.



Fonte: GUIMARÃES (2016)

Em um gráfico *box-plot* a linha central em negrito representa a mediana do conjunto de dados e a amplitude interquartílica que é matematicamente igual à diferença entre o 3º quartil e 1º quartil, a parte inferior é delimitada pelo 1º quartil e a parte superior pelo 3º quartil (CAPELA, 2011).

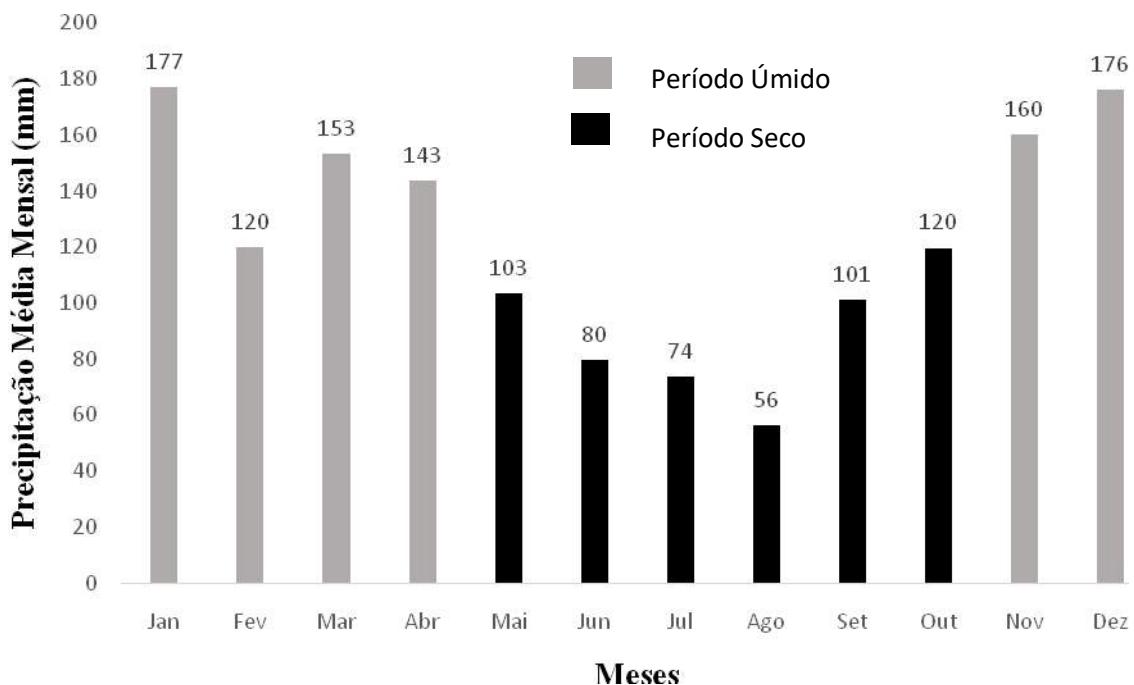
Para se ter uma maior representatividade do comportamento dos parâmetros analisados pela distribuição observada no *box-plot* obteve-se também os valores máximo, mínimos e as médias, e determinou-se o desvio padrão, uma vez que para desvios maiores que a média esta pode não ser representativa do valor real, indicando uma ampla variação ou flutuabilidade dos resultados encontrados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Determinação do Período Seco e Úmido

Ao realizar o tratamento de dados do Sistema AlertaRio-estação Tijuca da série histórica de 1997 à 2018 observou-se que os meses entre maio e outubro apresentaram as menores precipitações acumuladas mensais, de modo a consistir o período seco e os meses entre novembro e abril com as maiores pluviosidades representando o período úmido (Figura 20).

Figura 20: Precipitação média mensal da Estação Pluviométrica Tijuca de série histórica de 1997 à 2018 e caracterização de período seco e úmido (ALERTARIO, 2019).



Fonte: O Autor (2019)

Ao se analisar o perfil da observa-se uma variabilidade do volume de precipitação pluvial isto pode ser justificado por questões como o uso e ocupação do solo e a presença de grandes maciços geográficos inseridos no meio urbano que interfere no padrão de chuvas, em especial no verão, no município do Rio de Janeiro, no entanto é perceptível um

comportamento de sazonalidade associada às características das estações do ano (SICILIANO, *et al.*, 2018).

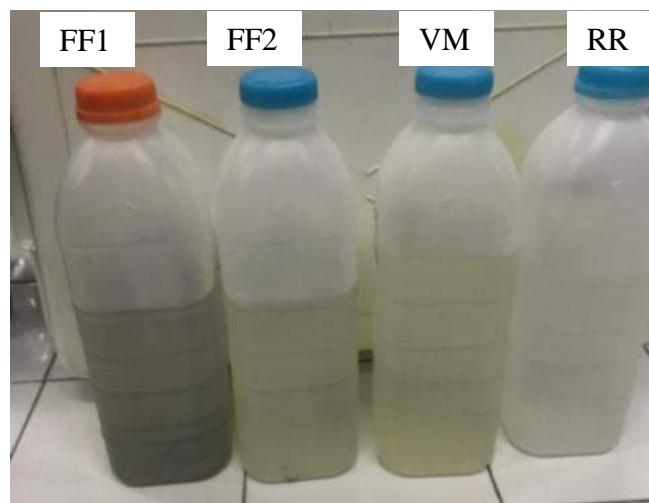
Pode-se observar que os valores médios de precipitação mensal para a série histórica estudada variaram de 56 mm no mês de agosto a 177 mm no mês de janeiro, indicando a amplitude de variação de precipitação ao longo do ano.

Outro ponto importante a se analisar é que embora o mês de fevereiro apresente uma média de precipitação inferior aos outros meses do período úmido, optou-se por considerá-lo como período úmido uma vez que se encontra no meio dos meses de maiores precipitações.

3.2 Caracterização dos Pontos Coletados

Ao se realizar as coletas das amostras foi possível uma caracterização visual dos pontos analisados. Pode-se indicar que há uma variação na qualidade organoléptica da água armazenada nos diferentes pontos, na qual a coleta referente ao ponto FF1 é a que apresenta uma um aspecto mais turvo e à medida que se chega ao ponto de RR esta coloração diminui gradativamente (Figura 21).

Figura 21: Aspecto das amostras de água de chuva dos pontos de amostragem.



Fonte: O Autor (2018)

Ao se observar os resultados obtidos nos parâmetros físico-químicos analisados, pôde-se fazer um tratamento de estatística descritiva para cada ponto coletado em cada período (seco e úmido), observando assim a variação da qualidade da água de chuva ao passar pelos

pontos do sistema de captação e armazenamento. Foi comprovado que a qualidade da água tendeu a melhorar no sentido FF1 para o RR, onde os pontos de *first flushs* (primário e secundário) apresentaram maiores concentrações de poluentes e os pontos de VM e RR menores concentrações (Tabela 9 e 10).

Tabela 9: Estatística descritiva por ponto coletado durante o período seco entre os meses de julho do ano de 2017 e junho de 2018.

Período Seco						
		pH	SDT (mg/L)	Turbidez (UNT)	Cloreto (mg/L)	Dureza Total (mgCaCO ₃ /L)
FF1** (n*=12)	Média	6,82	70,00	2,52	8,63	44,53
	Máximo	7,52	92,00	11,8	16,87	63,45
	Mínimo	5,91	42,00	0,1	1,46	31,59
	Desvio Padrão	0,60	16,65	4,75	5,96	10,74
FF2** (n*=12)	Média	7,08	64,33	1,08	9,20	46,32
	Máximo	7,85	78,00	3,9	16,18	59,40
	Mínimo	5,94	40,00	0,21	2,92	29,70
	Desvio Padrão	0,73	13,49	1,43	4,85	11,58
VM** (n*=10)	Média	6,88	45,20	0,58	4,93	34,18
	Máximo	7,94	72,00	1,21	12,67	59,40
	Mínimo	6,21	24,00	0,24	0,97	17,28
	Desvio Padrão	0,64	18,86	0,38	4,54	17,68
RR** (n*=9)	Média	6,93	48,50	0,43	8,04	26,91
	Máximo	7,58	71,00	0,65	14,62	42,12
	Mínimo	6,53	31,00	0,10	0,97	16,20
	Desvio Padrão	0,50	20,14	0,25	7,09	11,65

*n=número de amostras; **FF1-First Flush 1, FF2- First Flush 2, VM-Volume Morto e RR-Reservatório.

Tabela 10: Estatística descritiva por ponto coletado durante o período úmido entre os meses de julho do ano de 2017 e junho de 2018.

Período Úmido						
		pH	SDT (mg/L)	Turbidez (UNT)	Cloreto (mg/L)	Dureza Total (mgCaCO ₃ /L)
FF1 (n*=12)	Média	6,65	75,50	0,84	10,24	47,32
	Máximo	7,15	151,00	2,50	17,55	81,54
	Mínimo	6,01	24,00	0,08	1,95	28,62
	Desvio Padrão	0,43	45,23	0,92	6,00	18,61
FF2(n*=12)	Média	7,00	69,83	1,88	9,75	49,32
	Máximo	7,46	129,00	6,6	17,55	73,71
	Mínimo	6,19	27,00	0,10	1,95	27,00
	Desvio Padrão	0,51	36,16	2,44	5,62	20,19
VM (n*=10)	Média	6,93	51,60	0,49	6,24	36,13
	Máximo	7,48	59,00	1,06	8,77	55,35
	Mínimo	6,46	33,00	0,15	2,92	22,14
	Desvio Padrão	0,42	11,04	0,34	2,14	12,84
RR (n*=9)	Média	6,92	43,20	0,66	7,21	34,88
	Máximo	7,21	63,00	1,50	14,62	49,95
	Mínimo	6,47	3,00	0,06	2,92	22,68
	Desvio Padrão	0,28	24,15	0,54	4,50	11,47

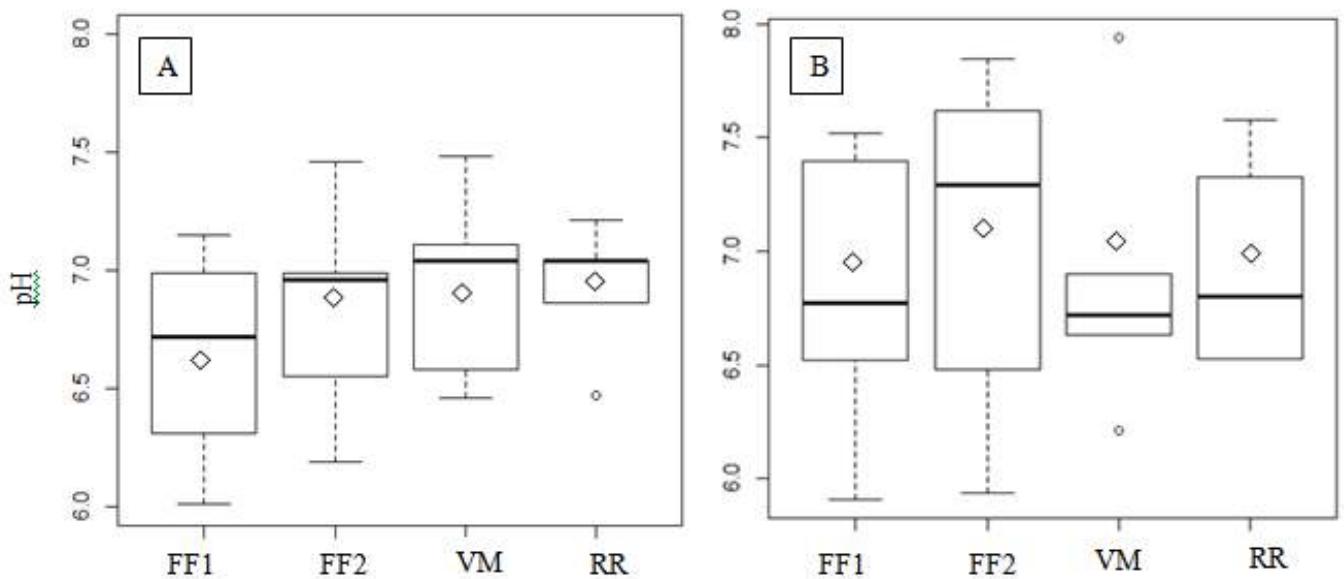
*n=número de amostras **FF1-First Flush 1, FF2- First Flush 2, VM-Volume Morto e RR-Reservatório.

Ao realizar uma análise crítica dos dados estatísticos gerados observou-se que para alguns parâmetros (turbidez nos pontos FF1 e FF2 no período seco e úmido) o desvio-padrão é maior do que a média, indicando uma ampla variação entre os resultados isto pode ser característico de amostras ambientais, uma vez que depende da concentração dos poluentes atmosféricos, esta pode apresentar valores discrepantes (SABINO, 2014).

3.2.1 Resultados de pH por Ponto de Amostragem e Sazonalidade

Para os resultados de pH pode-se observar que as médias para cada ponto tanto no período seco quanto no período úmido apresentaram-se próximo a neutralidade, diferente do que é visto em outros trabalhos como o realizado por Guimarães (2016) que caracterizou amostras de chuva em condições semelhantes no estado do Rio de Janeiro encontrando resultados médios de pH de $5,36 \pm 0,80$ no período seco e $5,37 \pm 0,80$ no período chuvoso, essa diferença pode-se dar devido a variação do material de composição do telhado (superfície de captação) dos sistemas. (Figura 22).

Figura 22: Box-plot de pH no período úmido (A) e período seco (B).



Pode-se observar que do total de amostras analisadas, duas correspondendo a 4,7% do total de amostras, apresentaram valores de pH que não atenderam a exigência da NBR 15527/2019 (ABNT, 2019) que disserta sobre os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, com valores inferiores a 6,0, sendo ambas observadas no período seco, com valores de pH de $5,91 \pm 0,60$ e $5,94 \pm 0,60$ dos pontos de FF1 e FF2, nota-se que, embora ambas estejam em desconformidade com a referida norma o volume armazenado por esses pontos tem por objetivo o descarte e não o uso.

Nos pontos do volume morto (VM) e reservatório (RR), embora haja oscilações, o pH se manteve próximo ao preconizado pela referida norma e se apresentou em conformidade

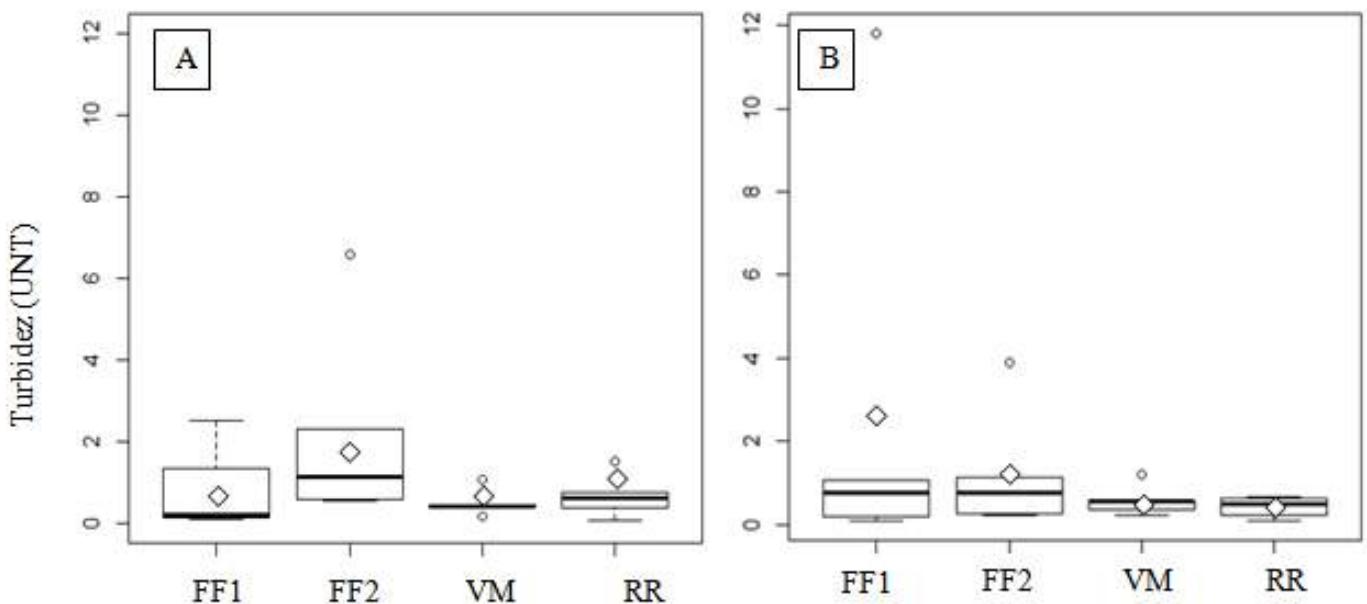
com a Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX (Brasil, 2017) para todas as amostras analisadas.

Outro resultado perceptível pelos gráficos estilo *box-plot* é que no período seco há uma maior variabilidade de resultado apresentando um gráfico mais alongado, mostrando assim uma variação maior da concentração de poluentes durante o período seco.

3.2.2Resultados de Turbidez por Ponto de Amostragem e Sazonalidade

No parâmetro de turbidez observando os valores médios para cada ponto tanto no período seco quanto no período úmido e comparando com outros estudos como o realizado por May (2004) no estado de São Paulo onde a turbidez média encontrada no reservatório foi de $0,9 \pm 1,0$ UNT, extrai-se que os valores se encontram semelhantes (Figura 23)

Figura 22: *Box-plot* de turbidez no período úmido (A) e período seco (B).



A espessura dos gráficos para o período seco e para o período úmido apresentou comportamento similar indicando que a variabilidade encontrada para os dois períodos foi semelhante.

Pode-se observar que do total de amostras analisadas duas delas, correspondendo a 4,7% do total de amostras, apresentaram valores de turbidez fora do exigido pela NBR 15527/2019 (ABNT, 2019) com valores superiores a 5 UNT, sendo uma com valor de $11,8 \pm 2,68$ UNT pertencente ao FF1 durante o período seco e a outra de $6,6 \pm 1,54$ UNT pertencente ao FF2 no período úmido, nota-se que apesar da desconformidade com a norma o volume armazenado por esses pontos tem por objetivo o descarte e não o uso.

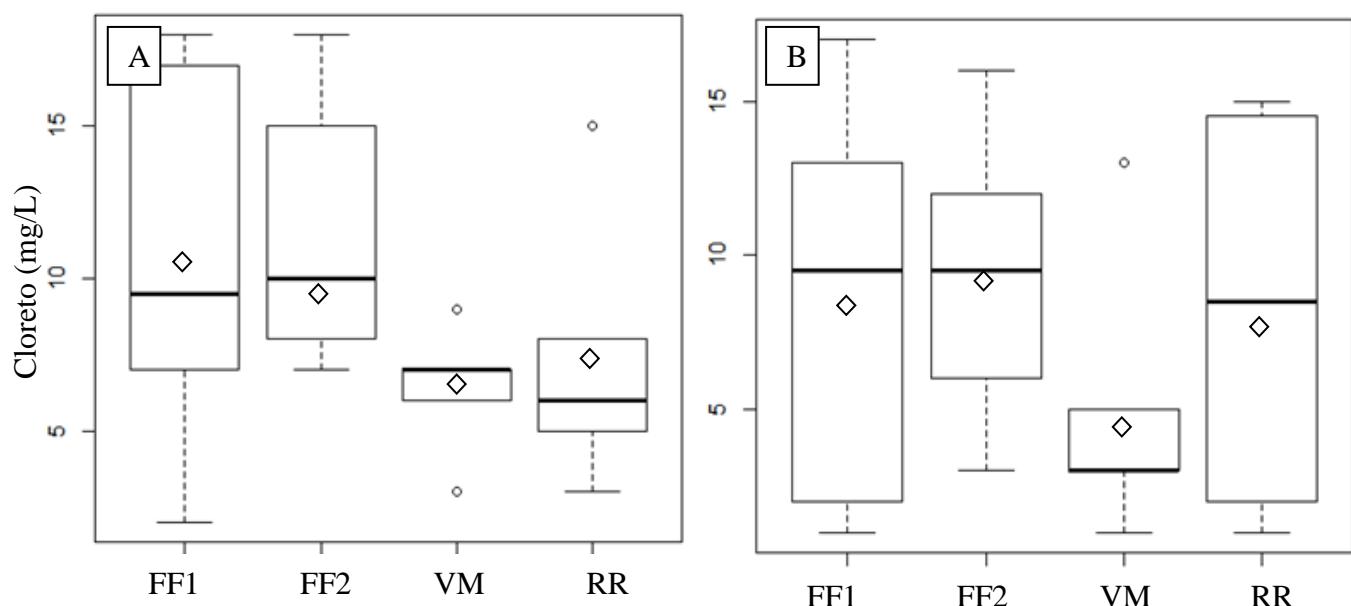
Observa-se que embora as duas amostras citadas estejam em desconformidade, o valor encontrado da amostra do período seco apresentou turbidez mais elevada que as amostras obtidas durante o período úmido.

Nos pontos de volume morto (VM) e reservatório (RR), a turbidez de todas as amostras analisadas se mantiveram em conformidade com Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX (Brasil, 2017).

3.2.3 Resultados de Cloreto por Ponto de Amostragem e Sazonalidade

Comparando as médias encontradas para cada ponto no período seco e úmido (Figura 24) com resultados observados na pesquisa de May (2004) onde o valor médio foi de $13,00 \pm 10$ mg/L pode-se perceber uma semelhança.

Figura 24: *Box-plot* da concentração de cloreto no período úmido (A) e período seco (B).



Analizando o comportamento das amostras pelo gráfico estilo *box-plot*, destaca-se que para o período seco o ponto de reservatório apresentou uma maior variabilidade (gráfico mais

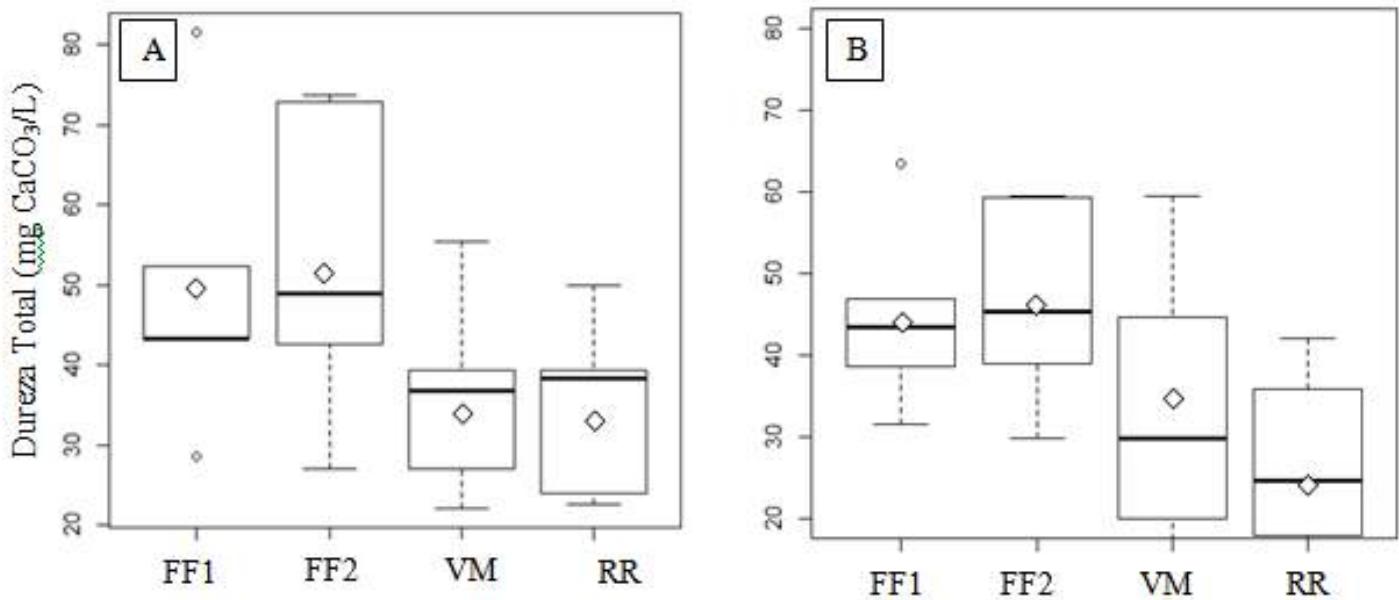
alongado) quando comparada com o período úmido, indicando uma variação mais intensificada de poluentes durante o período seco.

Pode-se observar que tanto as amostras analisadas do período seco, quanto do período úmido, encontram-se em conformidade ao limite estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX (Brasil, 2017), com a concentração de cloreto inferior a 250 mg/L, no entanto, nota-se que para os pontos do FF1 e FF2 apresentaram o comportamento foi bastante similar entre os dois períodos.

3.2.4 Resultados de Dureza Total por Ponto de Amostragem e Sazonalidade

Observando-se as medias obtidas para cada ponto tanto para o período seco quanto para o período úmido (Figura 25) nota-se que estão bastante superiores ao encontrado no estudo realizado por Guimarães (2016) que apresentou valores médios de $5,66 \pm 6,82$ mg/L, esta variação pode ser decorrente do material da superfície de captação bem como a presença de dejetos de animais.

Figura 2523: *Box-plot* de Dureza Total no período úmido (A) e período seco (B).

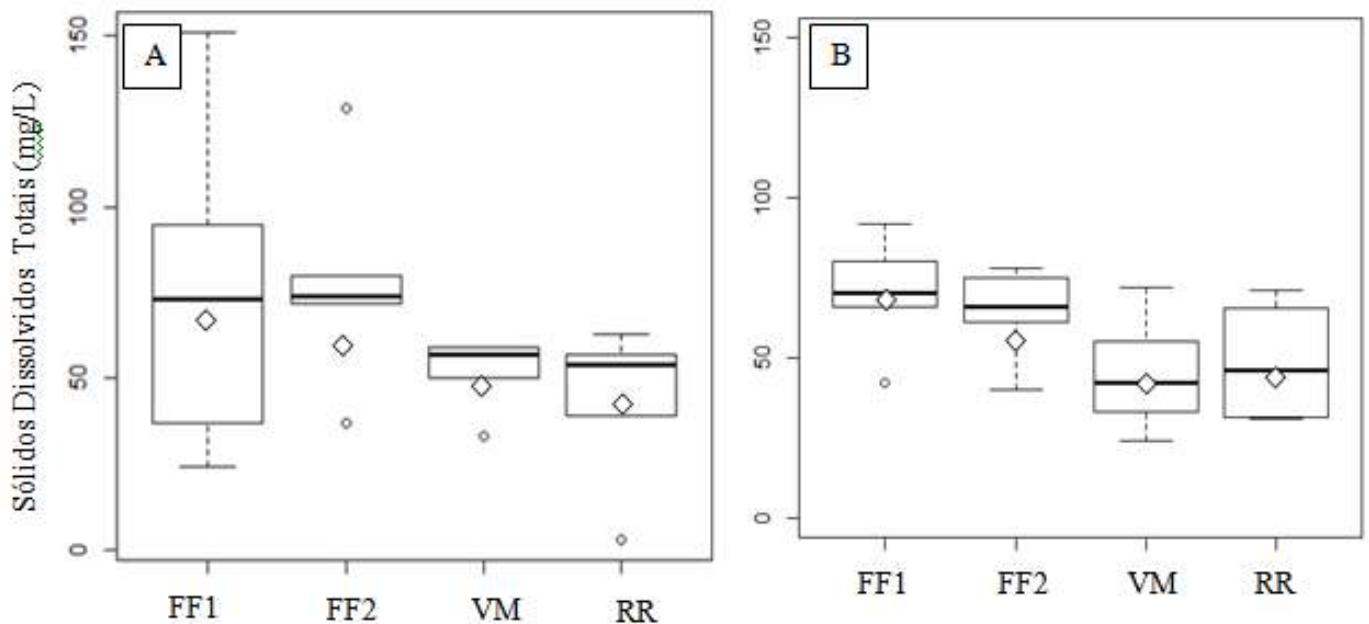


Todas as amostras analisadas para dureza total encontram-se em conformidade com a Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX (Brasil, 2017), apresentando resultados inferiores a 500 mgCaCO₃/L. Pode-se observar também que as maiores concentrações e flutuações foram observadas nos pontos de FF1 e FF2, enquanto que nos pontos de volume morto (VM) e reservatório (RR) apresentaram valores menores e com menos flutuações, em especial no período úmido.

3.2.5 Resultados de Sólidos Dissolvidos Totais por Ponto de Amostragem e Sazonalidade

Comparando os resultados com a pesquisa realizada por Guimarães (2016) que encontrou valores médios de 69 ± 59 mg/L e 48 ± 39 mg/L nos períodos secos e chuvosos respectivamente, os valores aqui encontrados para o período seco estão inferiores enquanto para o período chuvoso estão superiores, porém não apresentaram grandes discrepâncias (Figura 26).

Figura 26: *Box-plot* de Sólidos Dissolvidos Totais no período úmido (A) e período seco (B).



Observando os gráficos pode-se perceber que há um comportamento decrescente na concentração observada de forma que FF1 apresenta o maior valor e RR o menor valor, esta

variação é mais acentuada no período úmido, indicando que de fato os pontos de *first flush* retêm a maior parte dos poluentes.

Outra informação extraída dos gráficos é que embora no ponto de FF1 a variação dos resultados foi maior para o período seco do que para o período úmido, para os demais pontos o período úmido se apresentou mais homogêneo que o período seco.

Todas as amostras analisadas para SDT se encontram de acordo com o preconizado pela Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX (Brasil, 2017) com resultados de sólidos dissolvidos totais inferiores a 1000 mg/L. Pode-se observar também que o maior valor observado foi no período úmido, nas amostras de FF1 com $151,00 \pm 33,26$ mg/L e o menor valor observado também foi no período úmido, no ponto do reservatório (RR) com média de $3,00 \pm 33,26$ mg/L.

3.3 Proposta de usos para a água pluvial armazenada

Analizando a viabilidade de uso da água armazenada pelo sistema apresentado, ao se observar a qualidade para os parâmetros estudados para o ponto de reservatório, uma vez que é o volume armazenado projetado para ter a melhor qualidade tendo em vista o aproveitamento da água, nota-se que os valores médios de qualidade dos parâmetros avaliados encontrados tanto para o período seco quanto para o período úmido em conformidade com os aspectos legais apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Comparação da caracterização físico-química da água coletada no RR com os padrões legais.

Parâmetros	Amostra de água no RR Média		Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 Anexo XX	Lei Municipal de Niterói nº 2630/2009	NBR 15527/2019
	Período Seco	Período Úmido			
pH	6,93±0,50	6,92±0,28	6,0-9,5	6- 9	6 – 9
Turbidez (UNT)	0,43±0,25	0,66±0,54	5 UNT	-	<5,0 UNT
Cloreto (mg/L)	8,04±7,09	7,21±4,50	250 mg/L	-	-
Dureza Total (mgCaCO ₃ /L)	26,91±11,65	34,88±11,47	500 mg/L	-	-
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	48,50±20,14	43,20±24,15	1000 mg/L	-	-

Embora não haja regulação legal para o uso de água de chuva para fins potáveis a comparação com a Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX (BRASIL, 2017) se faz pertinente, uma vez que apresenta o padrão de qualidade mais exigente para o uso mais restritivo de água, dessa forma as amostras estudadas estando em conformidade com a citada portaria reflete uma água de boa qualidade, estando neste sentido apta para os usos menos restritivos, ditos como não potáveis, como por exemplo, lavagem de veículos, limpeza de pátios, rega de jardins.

Para a tomada de decisão de qual o uso mais pertinente da água armazenada o conhecimento do pH se faz necessário uma vez que em valores baixos apresenta caráter corrosivo comprometendo a superfície a qual a água será aplicada, quanto a dureza está em valores elevados causa incrustações, já os sólidos podem conferir cor e odor a água, a turbidez pode servir como substrato para patógenos conferindo um risco biológico e o cloreto em concentrações elevadas pode ser corrosivo.

Avaliando cada um dos parâmetros se obtém que de fato a água pode ser utilizada, e dada a proximidade do sistema de armazenamento pluvial da garagem de carros e ônibus da universidade o uso para a lavagem de veículos é o mais adequado e de mais simples instalação.

4.CONCLUSÕES

A análise qualitativa da água da chuva coletada no sistema de armazenamento de águas pluviais localizado na UERJ *Campus Maracanã*, no período hidrológico de um ano, entre julho de 2017 e junho de 2018, pode concluir que:

- (i) água coletada nos pontos *first flush* primário (FF1) e *first flush* secundário (FF2) apresentaram qualidade inferior aos pontos do volume morto (VM) e reservatório (RR), apresentando amostras em desconformidade com os padrões legais, sobretudo devido se tratar dos volumes iniciais da precipitação efetiva, responsável pela lavagem dos poluentes atmosféricos e da superfície de captação da cobertura do telhado da edificação;
- (ii) a sazonalidade decorrente do período seco ou úmido influencia na qualidade dos volumes armazenados de precipitação efetiva , uma vez que em períodos de menor incidência de chuvas os poluentes tendem a aumentar sua concentração na atmosfera, observado em especial no pH , turbidez e sólidos dissolvidos totais os quais apresentam forma de remoção na atmosfera por processos físicos (precipitações), no entanto devido os descartes iniciais estarem sendo efetivos esta diferença de qualidade se mostra amenizada no ponto referente ao reservatório;
- (iii) o sistema de águas pluviais tem demonstrado resultados de operação satisfatório, capaz de viabilizar o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, como: lavagem de veículos, rega de jardins, lavagem de pisos e descarga de sanitários

5. SUGESTÕES

Recomenda-se, para trabalhos futuros, a estruturação de uma parceria com os serviços realizados pelo setor de manutenção da garagem da UERJ, para efetivação da utilização da água armazenada, ainda na mesma perspectiva sugere-se um estudo voltado para o quantitativo de água armazenada.

Para uma melhor avaliação das condições de operação do sistema implantado recomenda-se também a necessidade de análise de qualidade da água da chuva de um ponto específico de coleta da precipitação direta, como medida de caracterização da chuva sem a influência da área de captação, conhecendo-se assim qual a influencia do material componente do telhado e os detritos presentes nesta superfície para a qualidade da água armazenada. Sugere-se também a realização de análises microbiológicas com periodicidade programada, para se verificar a presença de patógenos na água armazenada.

REFERÊNCIAS

ABIB, Carlos Henrique et al. **Desenvolvimento Sustentável E Reciclagem Da Água.** Revista Terceiro Setor & Gestão-UNG-Ser, v. 4, n. 1, p. 05-12, 2010.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2013)** pg.44. Brasília ANA, 2013.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2017)** pg. 67. Brasília ANA, 2017.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2018)** pg. 89. Brasília ANA, 2018.

ANA – Agência Nacional de Águas Disponível em :<<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/acesso-a-a-gua-pota-vel-no-brasil-ainda-permanece.2019-03-15.2041077813>> Acesso em: 31 de agosto de 2019.

ANDRÉ, D.S; DE MACEDO, D; ESTENDER, A.C. **Conservação e Uso Racional da Água: Novos hábitos para evitar a escassez dos recursos hídricos e para a continuidade do bem finito.** In: Simposio de excelência em gestão e tecnologia. Anais eletrônicos. 2015.

ANDRE, R. G. B.; MARQUES, V. DA S.; PINHEIRO, F. M. A. & FERRAUDO, A. S. **Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do rio de janeiro, utilizando-se valores mensais.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, n. 4, p. 501–509, 2008.

APHA, 2012. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC

ASA-Programa Um Milhão de Cisternas Disponível em:
<<https://www.asabrasil.org.br/component/search/?searchword=P1MC%202012&searchphrase=all&Itemid=0>> Acesso em: 31 de agosto de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos Rio de Janeiro,**2019.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações - Requisitos Rio de Janeiro,**2019.**

AUGUSTO, L.G. da S.; GURGEL, I.G.D.; NETO, H.F.C.; MELO, C.H. COSTA, A.M. **O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano.** Ciência&saúdecoletiva, v. 17, p. 1511-1522, 2012.

BEEKMAN, G. B. **Water conservation, recycling and reuse.** International Journal of Water Re - sources Development – Special issue: Water management in the Americas, v. 14, n. 3, p. 353-364. 1998.

Brasil Lei Federal nº 13.501/2017: Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm#art1> Acesso em: 21 de agosto de 2019

Brasil Lei Federal nº 9.433/1997: Institui a política nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm> Acesso em: 21 de agosto de 2019

Brasil, Projeto de Lei nº 4109/2012 Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarIntegra?codteor=1006456&filenameme=PL+4109/2012> Acesso em 09 de dezembro de 2019

BRITO, LT de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. Embrapa Semiárido-2007.

Caderno Pedagógico Química Análises Físico-Químicas De ÁguasE De Solo lei das Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1701-6.pdf>> Acesso em: 07 de outubro de 2019.

CÂMARA, Sílvio Carrielo et al. **Simulação do intemperismo natural de pilhas zinco-carbono e alcalinas.** Quim. Nova, v. 35, n. 1, p. S1, 2012.

CAMPOS, M.M.; AZEVEDO, F.R. **Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto.** Jornal Eletrônico Faculdade Vianna Júnior, v. 5, n. 1, p. 20-20, 2013.

CARDOSO, D.C. **Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social– Caso: “Minha Casa Minha Vida”.** Trabalho de Conclusão de Curso Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)/Colegiado de Engenharia Civil. Feira de Santana, BA, 2010

CARLON, Márcia Regina. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville-SC.** Dissertação de Mestrado da Universidade do Vale do Itajaí, 2005.

CASTRO, Kássia Batista de. **Segurança hídrica urbana: morfologia urbana e indicadores de serviços ecossistêmicos, estudo de caso do Distrito Federal, Brasil.** Tese de Doutorado da Universidade de Brasília, 2017.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tipos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>> Acesso em 01 de setembro de 2019.

CETESB- **Mortandade de Peixes.** Disponível em:< <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/ph/>> Acesso em: 21 de setembro de 2019.

Coca Cola Brasil Disponível em: <<https://www.cocacolabrasil.com.br/historias/cada-gota-importa-conheca-medidas-para-consumir-e-reutilizar-agua-de-maneira-consciente>> Acesso em: 28 de agosto de 2019.

ALERTARIO- Dados Pluviométricos AlertaRio Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/download/dados-pluviometricos>> Acesso em: 29 de outubro de 2019

SARMENTO, M. I. de A. **Água Da Chuva: Alternativa Para Convivência No Semiárido.** Revista Craibeiras de Agroecologia, v. 1, n. 1, 2017

São Paulo Decreto Estadual nº 48.138/2003: Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São PauloDisponível em: < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2003/decreto-48138-07.10.2003.html>> Acesso em; 21 de agosto de 2019.

Rio De Janeiro Decreto Municipal nº 23.940/2004:Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a/rj/r/rio-de-janeiro/decreto/2004/2394/23940/decreto-n-23940-2004-torna-obrigatorio-nos-casos-previstos-a-adocao-de-reservatorios-que-permitam-o-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem>> Acesso em; 21 de agosto de 2019.

DE OLIVEIRA, P. A. V. et al. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves. Embrapa Suínos e Aves**-Documentos (INFOTECA-E), 2012.

Data UERJ Disponível em:< http://www2.datauerj.uerj.br/pdf/DATAUERJ_2018.pdf> Acesso em: 25 de outubro de 2019.

Diagnóstico Dos Serviços De Água E Esgotos-2017 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS 2019 Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>> Acesso em: 29 de outubro de 2019.

DO CARMO, R.L. ; JOHANSEN, I.C. ; ANAZAWA, T.M.. **Metrópoles bipolares: aspectos da dinâmica socioambiental e demográfica do excesso e da falta de água.** Trabalho apresentado no XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP Anais, p. 1-21, 2016.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial.** Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

Empresa Júnior de Engenharia Ambiental da UNESP de Rio Claro Disponível em:
<<https://ejeamb.com.br/captacao-agua-chuva/>> Acesso em 17 de agosto de 2019

FERNANDES, L. S; SILVA, S. M.C; SILVA JUNIOR, L. C; ACSELRAD, M. V; PIMENTEL, I. M. C; FARIAS JÚNIOR, J. E. F; JOHNSSON, R. M. F. “**Águas do Rio: um panorama geral da disponibilidade hídrica no Estado fluminense**”. Revista Ineana V.3 n. 1 p. 6 - 25 jul dez 2015.

FERREIRA, C.A.; MORUZZI, Rodrigo Braga. **Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis**. Encontro nacional, v. 4, 2007.

FORNARO, A. . **Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil?**. Revista USP, n. 70, p. 78-87, 2006.

FORTLEV. Separador de folhas Fortlev. Guia de instalação. Disponível em: <<https://www.fortlev.com.br/uploads/2016/03/Guia-de-Instalação-Separador-de-Folhas.pdf>> Acesso em 12 de novembro de 2019.

GIACCHINI, Margolaine. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Paraná, 2010.

GOMES, U. A. F. G. DOMÈNECH, L.; PENA, J.L. HELLER, L.; PALMIER, L.R. **A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 1, p. 7-16, 2014.

GUIMARÃES, R. M. **Caracterização físico-química e biológica da chuva armazenada no sistema do Instituto Fernando Rodrigues da Silveira, CAp-UERJ**. 2016. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.pg

HAGEMANN, Sabrina Elicker et al. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

HEIJNEN, Han. **A captação de água da chuva: aspectos de qualidade da água, saúde e higiene.** 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, 2012.

IBGE Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>> Acesso em 25 de Outubro de 2019.

IGNÁCIO, S.A. Importância da estatística para o processo de conhecimento e tomada de decisão. Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD, n. 118, p. 175-192, 2012.

LIMA, S. F.; DA SILVA, A.M.C.R. **Aproveitamento De Águas Pluviais.** Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 5, n. 1, p. 69, 2018.

MACHADO, F. O.; CORDEIRO, J. S. **Aproveitamento das águas pluviais: uma proposta sustentável.** 2012

Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações (2005) Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>> Acesso em: 25 de agosto de 2019.

Manual De Controle Da Qualidade Da Água Para Técnicos Que Trabalham Em ETAs(FUNASA, 2014). Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf> Acesso em: 24 de setembro de 2019.

Niterói Lei Municipal nº 2630/2009: Disciplina os procedimentos relativos ao armazenamento de águas pluviais para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/rj/n/niteroi/lei-ordinaria/2009/263/2630/lei-ordinaria-n-2630-2009-disciplina-os-procedimentos-relativos-ao-armazenamento-de-aguas-pluviais-para-reaproveitamento-e-retardo-da-descarga-na-rede-publica>> Acesso em: 21 de agosto de 2019.

ITP-Manual Para Captação Emergencial E Uso Doméstico De Água De Chuva (2015) Disponível em: < http://www.ipt.br/banco_arquivos/1200-

Manual_para_captacao_emergencial_e_uso_domestico_de_AGUA_DA_CHUVA.pdf>
Acesso em: 12 de setembro de 2019

FUNASA-Manual Prático de Análise de Água (FUNASA, 2006). Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf> Acesso em: 21 de setembro de 2019.

Manual Sonda MultiparâmetroAquareadAp 700 Disponível em:
<<https://www.agssolve.com.br/produto/1097/sonda-multiparametro-aquaread-ap-700>> Acesso em: 12 de novembro de 2019.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NAGHETTINI, M; PINTO, E. J. de A. **Hidrologia estatística.** CPRM, 2007pg. 515 .

SABESP-Norma Técnica NTS 181/2017 Disponível em:
<<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>> Acesso em 21 de agosto de 2019

O Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,crise-da-agua-muda-habito-de-moradores,1641931>>Acesso em: 21 de agosto de 2019.

Perdas De Água 2018 (Snis 2016): Desafios Para Disponibilidade Hídrica E Avanço Da Eficiência Do Saneamento BásicoDisponívelem:<<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf>>Acesso em: 12 de agosto de 2019.

Light-Período Seco e Úmido Disponível em: <<http://www.light.com.br/para-empresas/Tarifas-e-Tributos/periodo-seco-e-umido.aspx>> Acesso em: 29 de outubro de 2019.

Plano Estadual De Recursos Hídricos Do Estado Do Rio De Janeiro (PERHI-RJ). (2014). Relatório Gerencial. Rio de Janeiro: INEA/RJ.Disponívelem: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zeww/mdcx/~edisplinea0071538.pdf>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019

SISAGUA-Portal Brasileiro de Dados Abertos, SISAGUA-Cobertura de Abastecimento
 Disponível em: < <http://dados.gov.br/dataset/sisagua-cobertura-de-abastecimento2>> Acesso em: 21 de setembro de 2019.

**Ministério da Saúde-Portaria de Consolidação nº 5
 2017**<<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida---o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>> Acesso em: 21 de agosto de 2019

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Fluxo Veicular Médio em Dias Úteis. Rio de Janeiro, 2017 Disponível em: < <http://prefeitura.rio/documents/7033801/aaa5c245-2533-4bec-b475-494f64b92c35>> Acesso em: 23 de agosto de 2019.

PROSAB. Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo da água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas. 1a #. ed. Vitória: ABES, 2006.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). Águas doces no Brasil: capital ecológica, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 1-34.

Rio De Janeiro Lei Estadual nº 7463/2016: Regulamenta os procedimentos para armazenamento de águas pluviais e águas cinzas para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública e dá outras providências. Disponível em:< <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/397152384/lei-7463-16-rio-de-janeiro-rj>> Acesso em: 21 de agosto de 2019.

Rio De Janeiro Lei Estadual nº7987/2018: Estabelece o uso eficiente da água nos estaleiros e nas edificações que especifica, situadas no estado do rio de janeiro e dá outras providências. Disponível em:<<https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/590153686/lei-7987-18-rio-de-janeiro-rj>> acesso em: 21 de agosto de 2019.

Rio De Janeiro Lei Estadual nº 8429/2019: Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis possuirem dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Disponível em:<<https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/727352194/lei-8429-19-rio-de-janeiro-rj>> Acesso em: 21 de agosto de 2019.

RIBEIRO, P.S Resiliência Hídrica: O Potencial De Reúso De Água De Chuva No Município Do Rio De Janeiro Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/mapa_digital_rio/assets/images/RioResiliente/Resiliencia_Hidrica_Potencial_de_Agua_de_Chuva.pdf> Acesso em 10 de setembro de 2019.

Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005 Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/documents/91265/148105/21_ResConjsmgsmosmu01-05-Dec23940.pdf> Acesso em: 07 de setembro de 2019.

ROCHA, V.L. Validação do algoritmo do programa netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações. 2012.

SABINO, Claudia Vilhena Schayer; LAGE, Ludmila Vieira; ALMEIDA, Katiane Cristina de Brito. Uso de métodos estatísticos robustos na análise ambiental. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014, 19.spe.

Sequência ilustrativa do descarte inicial Disponível em: <<https://www.zingerhardware.com/First-Flush-Downspout-Diverter-for-Rain-Collection-p/firstflush.htm>> Acesso em: 12 de novembro de 2019.

SICILIANO, W.C. ; BASTOS, G.P. ; DE OLIVEIRA, I.T.; NUNES DA SILVA, G.; OBRACZKA, M. ; OHNUMA JR, A.A. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no município do Rio de Janeiro. REVISTA INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS, v. 8, p. 221-233, 2018.

SCHNEIDER, R. Projeto de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para fins de pulverização agrícola e dessedentação animal. 2015.

SOUZA, A.F.V. de et al. **Análise técnico-econômico de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um estabelecimento localizado no alto sertão alagoano.** 2018.

The R Project for Statistical Computing Disponível em:<<https://www.r-project.org>> Acesso em: 15 de outubro de 2019

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

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água.** São Paulo: Navegar Editora, 2000

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis. Diretrizes básicas para um projeto.** 6º Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. Belo Horizonte, 2007.

TOMAZ, P; TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Oceania, v. 65, n. 4, p. 5, 2009.

USP-Deposição úmida, deposição seca e impactos ao ambiente, 2019 Disponível em: <<http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa/uploads/Teaching/PosIntroFisAtmos2018/Alunos25.pdf>> Acesso em: 02 de novembro de 2019.

VELOSO, N. da S. L.; MENDES, R.L.R.; DE OLIVEIRA, D.R.C, DA COSTA, T.C.D. **Água da chuva para abastecimento na Amazônia.** RevistaMovendoIdeias, v. 17, n. 1, 2017.

WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. (2011). **Drinking Water Equity, Safety and Sustainability: Thematic report on drinking water** 2011. New York: UNICEF and World Health Organization.

APÊNDICE A-RESULTADOS DAS ANÁLISES

Sazonalidade	Data Coleta	Ponto de Coleta	pH	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Turbidez (UNT)	Cloreto (mg/L)	Dureza Total (mg/L CaCO ₃)
Período Seco	29/06/2017	First-Flush 1	7,4	69	11,8	2,24	41,35
		First-Flush 2	7,85	66	3,9	5,85	45,36
		Volume Morto	6,63	33	0,56	3,22	19,98
		Reservatório	6,53	31	0,6	2,92	19,63
Período Seco	30/08/2017	First-Flush 1	6,61	71	1,06	9,75	38,61
		First-Flush 2	7,44	61	1,13	11,70	38,88
		Volume Morto	7,94	72	0,35	12,67	44,55
		Reservatório	7,58	71	0,65	13,65	42,12
Período Seco	29/09/2017	First-Flush 1	7,52	92	0,1	12,673	46,80
		First-Flush 2	7,62	75	0,27	11,70	59,22
		Volume Morto	ND	ND*	ND*	ND*	ND*
		Reservatório	ND	ND*	ND*	ND*	ND*
Período Seco	04/10/2017	First-Flush 1	6,94	66	0,75	8,77	63,45
		First-Flush 2	7,15	66	0,75	6,82	59,40
		Volume Morto	6,9	55	0,55	4,87	59,40

		Reservatório	ND	ND*	ND*	ND*	ND*
Período Úmido	01/11/2017	First-Flush 1	6,79	95	0,8	16,57	35,00
		First-Flush 2	6,96	80	0,59	14,62	72,90
		Volume Morto	7,48	59	0,44	8,77	55,35
		Reservatório	7,04	57	0,74	14,62	49,95
Período Úmido	18/12/2017	First-Flush 1	7,15	151	1,20	17,55	81,54
		First-Flush 2	7,46	129	1,12	17,55	73,71
		Volume Morto	7,11	59	0,15	6,82	39,42
		Reservatório	7,21	63	0,06	5,85	39,42
Período Úmido	18/01/2018	First-Flush 1	6,99	72	0,30	6,82	43,20
		First-Flush 2	6,99	72	0,54	7,80	42,66
		Volume Morto	7,04	57	1,06	2,93	36,72
		Reservatório	7,04	54	0,62	2,93	38,34
Período Úmido	31/01/2018	First-Flush 1	6,01	74	2,5	7,80	52,38
		First-Flush 2	6,19	74	2,3	6,82	48,87
		Volume Morto	6,46	50	0,4	5,85	27,00
		Reservatório	6,47	39	0,38	7,799	22,68
Período Úmido	02/03/2018	First-Flush 1	6,64	37	0,18	10,72	28,62
		First-Flush 2	06.55	37	6,6	9,75	27,00
		Volume Morto	ND	ND*	ND*	ND*	ND*

		Reservatório	ND	ND*	ND*	ND*	ND*
Período Úmido	19/04/2018	First-Flush 1	6,31	24	0,08	1,95	43,20
		First-Flush 2	7,39	27	0,1	1,95	30,78
		Volume Morto	6,58	33	0,4	6,8245	22,14
		Reservatório	6,86	3	1,50	4,875	24,03
Período Seco	30/05/2018	First-Flush 1	5,91	42	1,20	1,46	31,59
		First-Flush 2	5,94	40	0,24	2,93	29,70
		Volume Morto	6,21	24	0,24	0,98	17,28
		Reservatório	6,53	32	0,1	0,98	16,20
Período Seco	19/06/2018	First-Flush 1	6,52	80	0,18	16,87	45,36
		First-Flush 2	6,48	78	0,21	16,18	45,36
		Volume Morto	6,72	42	1,21	2,92	29,70
		Reservatório	7,07	60	0,36	14,62	29,70

*ND=Volume capitado pelo sistema foi insuficiente para encher o ponto.