



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Lívia de Oliveira Ganem

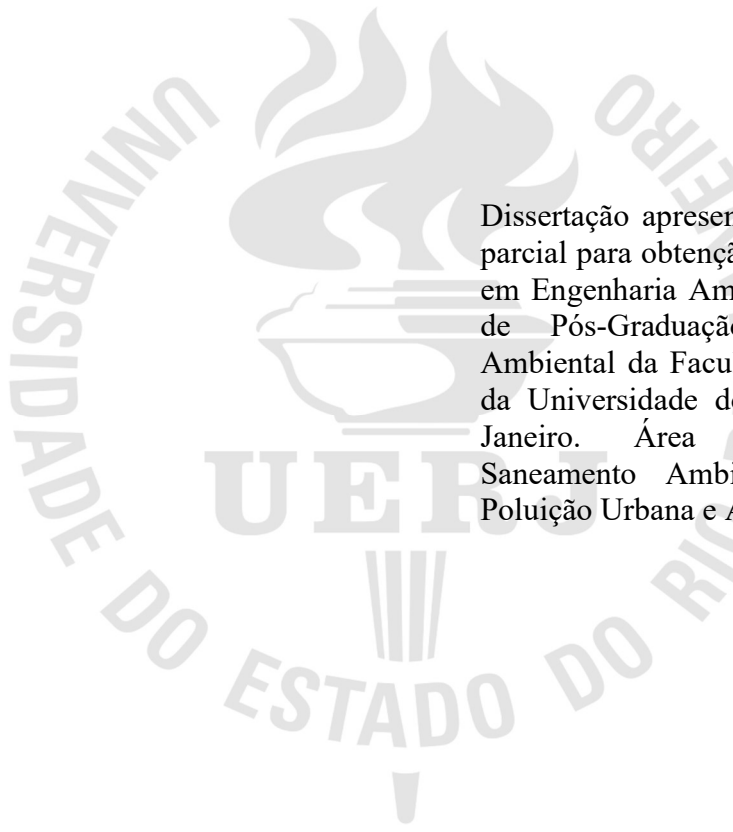
**Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de
assentamentos informais**

Rio de Janeiro

2019

Lívia de Oliveira Ganem

**Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de assentamentos
informais**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Ambiental, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental: Controle da Poluição Urbana e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Obraczka

Rio de Janeiro

2019

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

G196 Ganem, Lívia de Oliveira.
Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de assentamentos informais / Lívia de Oliveira Ganem. – 2019.
189f.

Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Junior.
Coorientador: Marcelo Obraczka.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Águas pluviais - Teses. 3. Água - Reuso - Teses. 4. Comunidades - Teses. I. Ohnuma Junior, Alfredo Akira. II. Obraczka, Marcelo. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 628.116.2

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Lívia de Oliveira Ganem

**Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de assentamentos
informais**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Ambiental, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Recursos hídricos.

Aprovado em 28 de março de 2019.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior (Orientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Marcelo Obraczka (Coorientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Ana Silvia Pereira
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Marcelo Gomes Miguez
Faculdade de Engenharia – UFRJ

Rio de Janeiro

2019

AGRADECIMENTOS

Sem palavras para descrever o sentimento de mais essa etapa concluída.

Primeiramente agradeço a Deus por ter me permitido essa oportunidade incrível de terminar o curso e aprender muito durante ele.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alfredo Akira por toda sua paciência, conhecimento, disponibilidade, contribuições com o trabalho, excelente orientação, e pela amizade que construímos neste período.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Marcelo Obraczka também pelas contribuições com o trabalho, disponibilidade e sua vasta experiência.

Aos meus pais, Julio e Célia, sem eles jamais seria possível, são meu porto seguro. Agradeço ao papai pelas dicas e “consultorias grátis” ao longo de toda a vida, é muito orgulho ser filha do melhor engenheiro do mundo! À mamãe, obrigada pela amizade, ser a base para realizar todos os meus sonhos, e estar sempre na torcida!

Ao meu irmãozinho querido Henrique, por toda nossa parceria, conversas, sociedade, e cobrança em finalizar o trabalho.

Ao Diogo, por aceitar dividir a vida comigo, tornar meus dias mais amenos, simples, divertidos, seu apoio e incentivo foram essenciais.

Aos meus amigos e minha família linda!

À Associação de Moradores da comunidade Paula Ramos (AMPRA), e todos os moradores, principalmente à Vanilda e PC, por todo o apoio, hospitalidade, e disponibilidade dado na realização desse trabalho.

Aos professores do PEAMB, pelo excelente curso ministrado, e principalmente a professora Daniele Bila por toda a ajuda no laboratório e contribuições com o trabalho.

À Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), e ao Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente.

À FAPERJ pelo financiamento desse projeto de pesquisa, na concessão da bolsa de Inovação Tecnológica.

Todas as vitórias ocultam uma abdicação.

Simone de Beauvoir

RESUMO

GANEM, Livia de Oliveira. *Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de assentamentos informais*. 2019. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Conglomerados subnormais são cada vez mais comuns nos grandes centros urbanos, principalmente na cidade do Rio de Janeiro. Nessas áreas, os serviços de infraestrutura urbana são precários, inclusive quanto ao acesso restrito ao abastecimento de água, e ao saneamento básico. Esse trabalho visa desenvolver uma concepção de projeto de um sistema integrado e individual de aproveitamento de águas pluviais, que possa ser utilizado em comunidades de baixa renda. Inicialmente, foi selecionado um local para o desenvolvimento da concepção do projeto, sendo escolhida a comunidade do Acomodado, no Complexo Paula Ramos, bairro do Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ. Trata-se de uma região densamente ocupada, com características apropriadas ao projeto. A metodologia do trabalho consistiu em 6 etapas, como: (1) caracterização da área de estudo, (2) apresentação/aceitação do projeto de aproveitamento de águas pela comunidade (3) estimativa da demanda hídrica residencial, (4) determinação do potencial de captação de água de chuva, (5) avaliação de aspectos quantitativos e qualitativos da água da chuva e (6) desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água de chuva e estimativa de custo. Foram analisados: mapas topográficos, dados do IBGE e SNIS, dados pluviométricos de estações do Sistema Alerta Rio (2018), caracterização de consumo de água com aplicação de questionários aos moradores, análise da qualidade da água, montagem de um protótipo de tratamento, além de seus respectivos custos. Os resultados de caracterização da comunidade incluem a baixa escolaridade da população, e problemas de infraestrutura, sobretudo quanto ao abastecimento de água. Sendo assim, a aceitação da comunidade por uma nova alternativa de abastecimento de água foi alta (94% dos entrevistados). Quanto a demanda hídrica não potável, para as atividades de lavar roupa, pisos e vasos sanitários dos moradores da comunidade obteve-se uma média de consumo de 5,68 m³/residência.mês ou 52,14 L.hab⁻¹.dia⁻¹. A qualidade da água pluvial apresenta parâmetros compatíveis para a utilização em demandas não potáveis, conforme tratamento recomendado. A quantidade de água pluvial disponível na região apresenta média de precipitação anual de 1477 mm.ano⁻¹ e 29 dias consecutivos secos a partir de série histórica de 20 anos. O desenvolvimento do projeto na comunidade prevê calhas de garrafa pet, *first flush* e um clorador de baixo custo. A solução coletiva propõe na Comunidade do Acomodado a divisão da área em 7 zonas de abastecimento conectados à 6 reservatórios, de modo que o grupo a montante gera precipitação efetiva para o abastecimento do reservatório a jusante, e assim por diante até o último grupo a jusante situado na entrada da comunidade. Os reservatórios foram calculados pelo do método de dias consecutivos secos (GROUP RAINDROPS, 2002). Já para a solução individual, cada casa ficaria responsável pelo seu aproveitamento de água pluvial, e os reservatórios foram calculados pelo método da resolução conjunta (SMG/SMO/SMU, 2005). Os custos médios de implantação dos sistemas integrados e individuais por casa da comunidade foi de R\$5 910,80 e R\$2 986,48 respectivamente. Pode-se concluir que comunidades de assentamentos informais apresentam possibilidade de incluir novas formas alternativas de abastecimento de água. Devido à crise hídrica vivida, há a exigência pensar-se ao acesso à água para todos os cidadãos, inclusive em regiões de elevada vulnerabilidade socioambiental.

Palavras-chave: Aproveitamento de água de chuva; Demanda de águas para fins não potáveis; Comunidades carentes; Problemas urbanos; Qualidade da água pluvial; Disponibilidade da água pluvial.

ABSTRACT

GANEM, Livia de Oliveira. *Rainwater harvesting system in low-income communities*. 2019. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Subnormal conglomerates are increasingly common in large urban centers, especially in the city of Rio de Janeiro. In these areas, urban infrastructure services are precarious, including restricted access to water supply and basic sanitation. This work aims to develop a design concept of an integrated and individual harvesting rainwater system that can be used in low income communities. Initially, was selected for the development of the project design, being chosen the Acomodado community, in the Paula Ramos Complex, Rio Comprido neighborhood, Rio de Janeiro-RJ. It is a densely occupied region with characteristics appropriate to the project. The methodology of the work consisted of 6 stages, such as: (1) characterization of the study area, (2) presentation / acceptance for the community about the project, (3) estimation of residential water demand, (4) determination of the potential of rainwater harvesting, (5) assessment of quantitative and qualitative aspects of rainwater and (6) development of rainwater harvesting project and cost estimate. The following were analyzed: topographic maps, IBGE and SNIS data, rainfall data from stations of the Rio Alert System (2018), characterization of water consumption with questionnaire application to residents, water quality analysis, and assembly of a prototype of treatment of their respective costs. Community characterization results include low population education, and infrastructure problems, especially in water supply. Thus, community acceptance for a new water supply alternative was high (94% of respondents). Such as for non-potable water demand, laundry, wash floor and toilet consumption of $5.68 \text{ m}^3 / \text{residence.mês}$ or $52.14 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$. The quality of the rainwater presents compatible parameters for the use in non-drinking demands, according the recommended treatment. The amount of rainwater available in the region presents an average annual rainfall of $1477 \text{ mm.year}^{-1}$ and 29 consecutive dry days from a historical series of 20 years. The development of the project in the community includes PET gutters, first flush and a low cost chlorinator. The integrated solution proposes in the Acomodado Community the division of the area into 7 supply zones connected to 6 reservoirs, so that the upstream group generates effective precipitation to supply the reservoir downstream, and so on up to the last downstream group situated at the entrance of the community. The reservoirs were calculated by the dry consecutive days method (GROUP RAINDROPS, 2002). As for the individual solution, each house would be responsible for its use of rainwater, and the reservoirs were calculated by the joint resolution method (SMG / SMO / SMU, 2005). The average costs of implementing the integrated and individual systems per household in the community was R\$ 5,910.80 and R\$ 2 986.48, respectively. It can be concluded that communities of informal settlements have the possibility of including new alternative forms of water supply. Due to the water crisis experienced, there is a need to think about access to water for all citizens, even in regions of high socio-environmental vulnerability.

Keywords: Rainwater harvesting; Water demand for non-potable purposes; Poor communities; Urban problems; Rainwater quality; Availability of rainwater.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização das estações pluviométricas monitoradas pelo Sistema Alerta Rio na cidade do Rio de Janeiro-RJ.	24
Figura 2 – Sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva.....	27
Figura 3 – Áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro.....	37
Figura 4 – Imagens das cisternas distribuídas pelo programa.	48
Figura 5 – Imagens do sistema de captação de água pluvial na comunidade da Babilônia, no bairro do Leme, na cidade do Rio de Janeiro.	49
Figura 6 – Tanque <i>Slim</i> Fortlev.	49
Figura 7 – Limite dos bairros do Rio de Janeiro, e localização da Comunidade Paula Ramos no Rio Comprido.	53
Figura 8 – Área de estudo- Comunidade do Acomodado, inserida na Comunidade Paula Ramos, e CAp - UERJ no Bairro Rio Comprido.....	54
Figura 9 – Crachá de identificação utilizado nos dias da entrevista.....	58
Figura 10 – Aplicação dos questionários na comunidade do Acomodado, no complexo da Comunidade Paula Ramos, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.	58
Figura 11 – Localização da Comunidade Paula Ramos, estação pluviométrica Tijuca e CAp-UERJ.....	61
Figura 12 – Unidades componentes do sistema de captação de águas pluviais do CAp – UERJ, que inclui os pontos de coleta de amostra do sistema, que são eles (i) precipitação direta, (ii) <i>First Flush</i> , e (iii) Reservatório.	62
Figura 13 – Coleta de amostra de água no <i>first flush</i> e no reservatório.	63
Figura 14 – Equipamentos utilizados nas análises de qualidade da água: (a) pHmetro, (b) turbidímetro, (c) <i>Total Organic Carbon Analyzer</i> fechado e (d) <i>Total Organic Carbon Analyzer</i> aberto.	64
Figura 15 – Esquema de desenvolvimento da captação para comunidade do Acomodado no complexo Paula Ramos, bairro Comprido, Rio de Janeiro-RJ.	67
Figura 16 – Controlador de vazão utilizado na pesquisa para simulação do volume de precipitação efetiva.....	71
Figura 17 – Pedras de dolomita utilizadas nesse trabalho.	72
Figura 18 – Projeto e protótipos dos filtros de calcário.....	73

Figura 19 – Esquema de tratamento utilizado na pesquisa com o controlador de vazão, filtros de calcário e pastilha de cloro.....	74
Figura 20 – Esquema de tratamento utilizado na pesquisa com o controlador de vazão, filtros de calcário e pastilha de cloro.....	75
Figura 21 – Complexo Paula Ramos e comunidades, Birro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.....	77
Figura 22 – Setores Censitários da comunidade Paula Ramos.....	78
Figura 23 – Esquema de abastecimento da comunidade do Acomodado.....	80
Figura 24 – Imagens do sistema de abastecimento de água da comunidade Paula Ramos. (a) Reservatórios, (b) entrada da comunidade, (c) desperdício de água, (d), (e), e (f) tubulações do abastecimento de água de forma desordenada.....	81
Figura 25 – Abastecimento de água de uma residência com mangueira.....	82
Figura 26 – Escolaridade dos entrevistados da comunidade do Acomodado, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.	85
Figura 27 – Resultado das respostas quanto às mudanças relatadas pelos moradores da comunidade do Acomodado, no bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.....	86
Figura 28 – Resultado das respostas acerca do desabastecimento de água da comunidade.....	88
Figura 29 – Fotos do evento realizado da apresentação do projeto de aproveitamento para a Comunidade Paula Ramos na Fundação Osório.....	90
Figura 30 – Fotos do evento DEMO DAY realizado no Museu do Amanhã.....	91
Figura 31 – Imagens da intervenção/ exposição temporária <i>A Rua fala: caminhos de um Rio possível</i>	92
Figura 32 – Banner elaborado para o evento.....	93
Figura 33 – Estimativa do consumo de água por banhos por residência entrevistada e a média da comunidade do Acomodado, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.	96
Figura 34 – Estimativa do consumo de água dos vasos sanitários por residência entrevistada e a média da comunidade.	97
Figura 35 – Estimativa do consumo de água das máquinas de lavar por residência entrevistada e da média da comunidade.	98
Figura 36 – Edificações na área de projeto na Comunidade do Acomodado, no Complexo Paula Ramos, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.....	102
Figura 37 – Precipitação acumulada anual de 1997 a 2017 da estação da Tijuca, e a média ao longo dos 20 anos de observação.....	103

Figura 38 – Média de precipitação mensal acumulada de 1997 a 2017 da estação da Tijuca, e a média mensal ao longo dos meses.	103
Figura 39 – Precipitação acumulada mensal em 1998 (ano mais chuvoso), 2014 (ano mais seco) e a média dos 20 anos analisados.	104
Figura 40 – Resultados de análise de pH em 2017 nos pontos coletados da precipitação direta (PD), <i>first flush</i> (FF) e reservatório (RR) do sistema instalado no CAp-UERJ.	106
Figura 41 – Resultados de análise de alcalinidade em 2017 nos pontos coletados do first flush (FF) e reservatório (RR) do sistema instalado no CAp-UERJ.	108
Figura 42 – Resultados de análise de turbidez em 2017 nos pontos coletados da precipitação direta (PD), first flush (FF) e reservatório (RR) do sistema instalado no CAp-UERJ.	109
Figura 43 – Resultados de análise de sólidos totais dissolvidos (STD) em 2017 nos pontos coletados da precipitação direta (PD), <i>first flush</i> (FF) e reservatório (RR) do sistema instalado no CAp-UERJ.	110
Figura 44 – Valores de Cor do ano de 2017 e 2018 no reservatório do (CAp-UERJ).	111
Figura 45 – Resultados das análises de COT em 2017 e 2018 nos pontos coletados: <i>first flush</i> (FF) e reservatório (RR) do sistema instalado no CAp-UERJ.	112
Figura 46 – Resultados das análises de coliformes totais em 2017 e 2018 nos pontos coletados: <i>first flush</i> (FF) e reservatório (RR) do sistema instalado no CAp-UERJ.	113
Figura 47 – Resultados das análises de coliformes termotolerantes em 2017 e 2018 nos pontos coletados: <i>first flush</i> (FF) e reservatório (RR) do sistema instalado no CAp-UERJ. .	113
Figura 48 – Esquema de abastecimento por grupos ou zonas de pressão da comunidade do Acomodado, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.	117
Figura 49 – Planta dos grupos de abastecimento (zonas de pressão) da comunidade do Acomodado.	118
Figura 50 – Perfil esquemático dos grupos de abastecimento (zonas de pressão) propostos para a comunidade do Acomodado.	119
Figura 51 – Esquema de desenvolvimento da captação para comunidade do Acomodado no complexo Paula Ramos, bairro Comprido, Rio de Janeiro-RJ.	122
Figura 52 – Altura do filtro de descarte inicial de 0,5 mm, com tubos de 150 mm em função da área de captação.	126
Figura 53 – Projeto do produto desenvolvido composto do <i>First Flush</i> e clorador de baixo custo para cada grupo de captação em função da área do telhado.	127
Figura 54 – Detalhes (D.1 e D.2) do <i>First Flush</i> e clorador	128

Figura 55 – Flutuador esférico de baixa densidade.	129
Figura 56 – Produto final já montado e testado no laboratório (<i>first flush</i> e clorador).	129
Figura 57 – Variação do pH e cloro residual para os meses de janeiro, fevereiro e março de 2018.	132
Figura 58 – Variação do pH e cloro residual para os meses de abril, maio e junho de 2018.	133
Figura 59 – Volumes e módulos de reservatórios projetados.....	140
Figura 60 – Esquema de abastecimento com os reservatórios, cotas, e grupos de abastecimento.	141
Figura 61 – Esquema de interligação das tubulações de distribuição da água potável e não potável.	142
Figura 62 – Configuração dos sistemas individuais para os Grupos 1 e 2.	144
Figura 63 – Configuração dos sistemas individuais para o Grupo 3.	145
Figura 64 – Configuração dos sistemas individuais para o Grupo 4.	146
Figura 65 – Configuração dos sistemas individuais para o Grupo 5.	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos recursos hídricos, superfície territorial e População por região geográfica no Brasil em porcentagem.	23
Tabela 2 – Análise pluviométrica das estações do Alerta Rio para os anos de 2017 e 2018.	25
Tabela 3 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.	38
Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de água para usos não potáveis.....	39
Tabela 5 – Parâmetros de qualidade de água de chuva de acordo com as legislações internacionais.....	39
Tabela 6 – Legislações de uso racional da água.....	41
Tabela 7 – Estudos acerca de consumo de água em regiões de baixa renda.	42
Tabela 8 – Porcentagem média de consumo de água residencial por autores de estudos realizados no Brasil.	43
Tabela 9 – Estimativa da demanda residência de água.	44
Tabela 10 – Características do Brasil e dos aglomerados subnormais do Brasil e do Rio de Janeiro.....	50
Tabela 11 – Análise, número do método, método/equipamento/modelo utilizados nas amostras de água pluvial coletadas no CAp – UERJ.....	64
Tabela 12 – Funcionamento da captação do sistema integrado da comunidade do Acomodado no complexo Paula Ramos.....	68
Tabela 13 – Características da Comunidade do Acomodado, no Completo Paula Ramos, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.....	78
Tabela 14 – Quantidade de pessoas que moram em cada residência na comunidade do Acomodado, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.	84
Tabela 15 – Duração média de cada banho (min./per capita) dos moradores da comunidade do Acomodado.....	95
Tabela 16 – Consumo das bacias sanitárias dos moradores da comunidade do Acomodado.	96
Tabela 17 – Resumo dos resultados de consumo estimado de água na comunidade do Acomodado por tipologia de uso.....	99
Tabela 18 – Valores médios de consumo de água residencial de estudos realizados no Brasil em comparação com os dados obtidos nessa pesquisa.	100

Tabela 19 – Precipitação anual, dias secos e dias consecutivos secos.	105
Tabela 20– Variação dos valores de pH no reservatório.	107
Tabela 21 – Numeração e área das casas pertencentes aos grupos de captação coletiva da comunidade do Acomodado, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.....	116
Tabela 22 – Numeração e área das casas pertencentes aos grupos de captação individual da comunidade.	121
Tabela 23 – Quantitativo, vazões de projeto e possibilidade da utilização das calhas de garrafa pet na comunidade do Acomodado.	123
Tabela 24 – Grupo de captação, área, volume de descarte e altura do filtro.	126
Tabela 25 – Resultados da simulação do protótipo de tratamento.	130
Tabela 26 – Grupo de captação, área, demanda, função e cota do respectivo reservatório. ..	137
Tabela 27 – Dimensionamento dos volumes do reservatório para solução coletiva pelos diversos métodos disponíveis.	138
Tabela 28 – Dimensionamento dos volumes do reservatório de acordo com o método de dias consecutivos secos para solução coletiva, e reservatórios pré fabricados modulares.	139
Tabela 29 – Dimensionamento dos volumes do reservatório para solução individual.	142
Tabela 30 – Dimensionamento dos volumes do reservatório de acordo com o método da resolução conjunta para solução individual.	143
Tabela 31– Quantitativo de residências e custo do sistema de captação e tratamento por grupo de abastecimento.	148
Tabela 32– Custo de implantação do sistema coletivo.	148
Tabela 33– Custo de implantação do sistema individual.	150
Tabela 34– Comparação entre a solução coletiva e individual.	151

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CAP UERJ	Colégio de Aplicação da UERJ
CEDAE.	Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
FEN	Faculdade de Engenharia
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FF	<i>First Flush</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MBBR	Moving bed biofilm reactor
OMS	Organização Mundial da Saúde
PD	Precipitação direta
RR	Reservatório
SMG	Secretaria de Governo
SMO	Secretaria de Obras
SMU	Secretaria de Urbanismo
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UV	Irradiação por raios ultravioleta

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
JUSTIFICATIVA	21
OBJETIVOS	22
OBJETIVO GERAL	22
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
1.1 Disponibilidade de recursos hídricos	23
1.2 Precipitação na cidade do Rio de Janeiro - RJ	24
1.3 Sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais	25
1.3.1 Sistema de Descarte da primeira chuva (First Flush)	28
1.3.2 Tratamento da água pluvial	29
1.3.2.1 <i>Alcalinização da água pluvial com pedras de calcário</i>	31
1.3.2.2 <i>Tratamento de desinfecção por cloro</i>	31
1.3.3 Reservatórios de água pluvial	32
1.3.3.1 <i>Dimensionamento</i>	33
1.3.3.2 <i>Método Raindrops de Dias Consecutivos Sem Chuva</i>	34
1.3.3.3 <i>Método de Rippl</i>	34
1.3.3.4 <i>Método de Azevedo Neto</i>	34
1.3.3.5 <i>Método Alemão</i>	35
1.3.3.6 <i>Método Inglês</i>	35
1.3.3.7 <i>Método Australiano</i>	35
1.3.3.8 <i>Método da Simulação</i>	36
1.3.3.9 <i>Método da resolução conjunta do Rio de Janeiro</i>	36
1.4 Qualidade da água da pluvial	37
1.5 Legislações	38
1.6 Demandas de água.....	42
1.7 Usos da água pluvial	45
1.7.1 Uso da Água Pluvial no município do Rio de Janeiro	48
1.8 Os assentamentos informais do Brasil e do Rio de Janeiro	50
2 METODOLOGIA	53

2.1	Caracterização da área de estudo: Comunidade Paula Ramos – Bairro Rio Comprido – Rio de Janeiro - RJ	55
2.1.1	Instrumento de pesquisa (questionários)	55
2.1.2	Caracterização da amostra	56
2.1.3	Considerações éticas	57
2.1.4	Coleta de dados.....	57
2.1.5	Tratamento dos dados	59
2.2	Apresentação/Aceitação do projeto de aproveitamento de águas pluviais na Comunidade Paula Ramos.....	59
2.3	Estimativa da demanda hídrica residencial	59
2.4	Determinação do potencial de captação de água da chuva da Comunidade do Acomodado	59
2.5	Avaliação quantitativa e qualitativa da água pluvial disponível.....	60
2.6	Desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água de chuva e estimativa de custo	65
2.6.1	Captação da água pluvial em área da comunidade	65
2.6.1.1	<i>Solução coletiva</i>	65
2.6.1.2	<i>Solução individual</i>	68
2.6.1.3	<i>Calhas</i>	69
2.6.2	Tratamento da água da chuva	70
2.6.2.1	<i>Montagem do descarte de First Flush e clorador de baixo custo</i>	70
2.6.2.2	<i>Montagem do protótipo de simulação de tratamento</i>	71
2.6.3	Dimensionamento do armazenamento da água da chuva	76
2.6.4	Estimativa de custo do projeto.....	76
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
3.1	A comunidade Paula Ramos no Rio de Janeiro	77
3.1.1	O abastecimento de água da Comunidade Paula Ramos	79
3.2	Caracterização da comunidade Paula Ramos através dos questionários.....	83
3.2.1	Quantitativo de moradores da comunidade do Acomodado.....	84
3.2.2	Escolaridade.....	84
3.2.3	Problemas de estrutura na comunidade	85
3.2.4	Frequência no abastecimento de água	88
3.2.5	Tipo de abastecimento de água.....	89
3.2.6	Iniciativa para melhorar o abastecimento de água na comunidade	89

3.2.7 Tratamento da água	89
3.3 Apresentação/aceitação da comunidade na implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	90
3.3.1 Apresentações do projeto de aproveitamento de água pluvial em eventos sociais relacionados à comunidade do Acomodado	90
3.3.1.1 <i>Evento na Fundação Osório</i>	90
3.3.1.2 <i>Museu do Amanhã no evento DEMO DAY</i>	91
3.3.1.3 <i>Praça do Rio Comprido do movimento Baixo Rio</i>	91
3.3.2 Aceitação da comunidade acerca do projeto	93
3.4 Demanda hídrica não potável	95
3.5 Estimativa do potencial de captação de água pluvial na comunidade do Acomodado..	101
3.6 Avaliação da quantidade e qualidade de água pluvial disponível.....	102
3.6.1 Quantidade de água pluvial disponível.....	102
3.6.1.1 <i>Dias consecutivos secos para a estação da Tijuca – RJ</i>	104
3.6.2 Qualidade da água pluvial disponível.....	105
3.7 Desenvolvimento do projeto de captação, tratamento, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais em comunidade de assentamento informal	115
3.7.1 Captação	115
3.7.1.1 <i>Solução coletiva</i>	116
3.7.1.2 <i>Solução individual</i>	120
3.7.1.3 <i>Calhas</i>	122
3.7.2 Tratamento	125
3.7.2.1 <i>Montagem de um descarte de First Flush e clorador de baixo custo</i>	125
3.7.2.2 <i>Simulação do sistema de tratamento</i>	130
3.7.3 Armazenamento (Reservatório).....	136
3.7.3.1 <i>Solução coletiva</i>	137
3.7.3.2 <i>Solução individual</i>	142
3.7.4 Custo do sistema	147
3.7.4.1 <i>Solução coletiva</i>	147
3.7.4.2 <i>Solução individual</i>	149
3.7.5 Comparação entre a solução coletiva e individual.....	151
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	152
REFERÊNCIAS	155

APÊNDICE 01 – QUESTIONÁRIO APLICADO NA COMUNIDADE	164
APÊNDICE 02 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO..	166
APÊNDICE 03 – ÁREAS EDIFICADAS DA COMUNIDADE DO ACOMODADO NO COMPLEXO PAULA RAMOS	168
APÊNDICE 04 – PEÇAS E CUSTO DO FF E CLORADOR.....	169
APÊNDICE 05 – RESERVATÓRIOS SUGERIDOS PARA A SOLUÇÃO INDIVIDUAL	172
APÊNDICE 06 – CUSTO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DE ACORDO COM SUAS ÁREAS.....	174
APÊNDICE 07 – DETALHAMENTO DOS CUSTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DE FORMA COLETIVA.....	175
APÊNDICE 08 – DETALHAMENTO DOS CUSTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DE FORMA INDIVIDUAL	178
ANEXO 01 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA.....	180
ANEXO 02 – SUBMISSÃO DO PROJETO PELO COMITÊ DE ÉTICA	184
ANEXO 03 – CARTILHA PARA MONTAGEM DE CALHAS DE GARRAFAS PET	185
ANEXO 04 – POSTAGENS NA REDE SOCIAL <i>FACEBOOK</i> ACERCA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	187
ANEXO 05 – CONVITE PARA O EVENTO “CAMINHOS DE UM RIO POSSÍVEL”	189

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 780 milhões de pessoas no mundo, a maioria delas de países em desenvolvimento, não tem acesso à água potável (UNICEF e WHO 2012). Dessa forma, o gerenciamento de recursos naturais tem sido uma das mais importantes questões para o futuro da sobrevivência humana. O uso sustentável dos recursos naturais, incluindo os recursos hídricos, foi um dos objetivos estabelecidos pelas Nações Unidas nos “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio” cujo alvo é preservar os recursos naturais para as necessidades das futuras gerações (ONU, 2015, GÓMEZ e TEIXEIRA, 2017).

A gestão da água nas grandes cidades engloba problemas de cheias e escassez de água. Pois, na ocorrência de fortes chuvas ou de intensidade elevada, os sistemas de drenagem não têm capacidade de escoar as águas pluviais, devido à elevada impermeabilidade das áreas urbanas. Em contrapartida, várias cidades sofrem com a escassez de água, devido ao aumento da população e conseqüentemente do consumo de água.

Na ocupação descontrolada de áreas urbanas, como por exemplo, através de comunidades e assentamentos informais, tornam-se expostas às situações ou instalações inadequadas à medida que às intervenções de infraestrutura urbana não são mais capazes de atender de forma adequada à demanda projetada para o saneamento ambiental, como: abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais. Nesse caso, grandes metrópoles apresentam ocupações irregulares de forma ampliada, sobretudo em áreas de preservação permanente, de modo que é bastante comum se observar a perda da capacidade suporte dos sistemas convencionais de macro e micro drenagem urbana no atendimento às demandas de vazões efluentes (CERQUEIRA e PIMENTEL DA SILVA, 2013).

Além da incapacidade dos sistemas convencionais de abastecimento de água em atenderem demandas de vazões não projetadas, condições ambientais adversas podem também resultar na perda da qualidade da água armazenada. A presença de determinados poluentes atmosféricos pode ser observada em reservatórios de abastecimento de água à medida que são analisados componentes influenciados pelas características locais, via deposição úmida e/ou seca. Nos períodos de estiagens prolongadas ou em muitos dias secos consecutivos, por exemplo, e na lavagem da atmosfera pela precipitação pluviométrica urbana, diferentes contaminantes atmosféricos podem ser identificados em amostras de mananciais e em reservatórios de abastecimento de água (KWAADSTENIET *et al.*, 2013).

De modo similar, as águas pluviais, ao escoarem por determinadas superfícies de captação, como arruamentos e áreas de telhado, podem carrear poluentes orgânicos e

inorgânicos capazes de transmitir doenças de veiculação hídrica, como: ascaridíase, esquistossomose, gastroenterite, amebíase, cólera e hepatite A. A localização geográfica, assim como as condições meteorológicas e o tipo de uso e ocupação do solo ou da superfície de captação, são determinantes para definir a composição físico-química e microbiológica das águas pluviais (GIKAS e TSIHRINTZIS, 2017).

As condições climáticas da região na ocorrência de períodos secos e úmidos afetam à concentração da emissão de poluentes, cuja origem ocorre principalmente na lavagem do primeiro volume de descarga ou de *first flush* dos volumes escoados das águas pluviais urbanas (LEE *et al.*, 2004). As águas pluviais de descarte inicial ou de *first flush* são classificadas de baixa qualidade, sendo que para edificações a NBR 15527/2007 aconselha valores entre 0,4 e 8 mm de descarte da primeira chuva, onde recomenda-se 2 mm de descarte do volume inicial na ausência de dados.

Nesse contexto, inúmeras alternativas têm sido propostas no sentido de atenuar os efeitos adversos da problemática ambiental e das crises de infraestrutura urbana. A crise hídrica observada em determinadas regiões do Brasil nos últimos anos, sobretudo de estiagens prolongadas, tem motivado a busca por soluções alternativas de sistemas de abastecimento de água.

Com o expressivo aumento da população, e conseqüentemente da demanda de água, há necessidade do controle do ciclo hidrológico das cidades, procurando alternativas sustentáveis para as áreas densamente ocupadas. Dentre elas, aumentar e manter as áreas permeáveis, e a descentralização dos sistemas de água, como por exemplo, o aproveitamento de água de chuva, podem ser opções para o aumento da disponibilidade hídrica (TESTON *et al.* 2018).

Sendo assim, os sistemas de captação, tratamento, armazenamento e o aproveitamento de água da chuva planejados para a implementação em comunidades e/ou assentamentos informais, quando projetados e operados de forma adequada, configuram uma excelente alternativa para complementar ou atender as demandas de água não potável da população.

Além disso, observa-se diferentes benefícios como o amortecimento na detenção de volumes de cheias ou de águas pluviais excedentes para a rede convencional de drenagem. A garantia da oferta de água na substituição de água potável por água da chuva em determinadas regiões também pode compensar os períodos de crises de desabastecimento, especialmente nos casos onde há evidências na perda da qualidade nos volumes armazenados das águas pluviais.

Regiões de comunidades urbanas aglomeradas de forma desordenada ou de assentamentos informais necessitam de alternativas no uso da água de modo a compensar os problemas de desabastecimento de água ou da perda da qualidade da água armazenada. Ao

associar aspectos quantitativos e qualitativos em sistemas de captação, tratamento, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais, de maneira coletiva, descentralizada e difusa no aproveitamento de coberturas de telhados, pode-se obter o aprimoramento e otimização de redes convencionais como forma de permitir o abastecimento de água de forma segura, técnica e economicamente viável.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é projetar uma concepção de um sistema coletivo e individual de captação, tratamento, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais para uma comunidade baixa renda. Para isso, serão realizadas etapas metodológicas da caracterização da área de estudo, apresentação e aceitação do projeto, estimativa da demanda hídrica residencial, determinação do potencial de captação de água pluvial, avaliação quantitativa e qualitativa da água pluvial da região e por último, o desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água pluvial.

JUSTIFICATIVA

Além do elevado componente técnico e científico, este projeto apresenta um forte apelo tecnológico-social pelo desenvolvimento de uma solução a partir do projeto de um sistema de captação, tratamento, armazenamento e aproveitamento de água de chuva escalonado às condições ambientais de áreas de comunidades urbanas de baixa renda.

Os conglomerados subnormais possuem diversas dificuldades quanto à adequação suficiente dos serviços de infraestrutura urbana, que englobam os serviços do sistema viário, de drenagem pluvial, de abastecimento de água, de sistemas de esgotamento sanitário, de limpeza urbana, fornecimento energético e comunicações.

A área de estudo desse trabalho é a comunidade do Acomodado inserida no Complexo Paula Ramos, no Bairro Rio Comprido, região Central da cidade do Rio de Janeiro-RJ.

A Comunidade Paula Ramos enfrenta diversos problemas ambientais e sociais, com destaque para a dificuldade do abastecimento de água, que ocorre de forma intermitente, havendo registros de falhas no sistema de distribuição de água à comunidade. Segundo informações dos moradores, o abastecimento da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) é precário por se tratar de uma “ponta” de rede do sistema de distribuição geral. Além disso, a área situa-se em cotas elevadas, o que dificulta a operação e o atendimento no abastecimento da comunidade em geral. Também há o problema da inadimplência, não há hidrômetros instalados na comunidade, sendo que não há cobrança nem pagamento de contas de água. Pode se considerar uma ausência do poder público na região,

pois a região é de baixa renda e não há proposições para a melhoria da infraestrutura para a área.

Dessa forma, a substituição de água tratada por água de chuva revela-se como uma alternativa na gestão de oferta para atender demandas não potáveis residenciais, especialmente em regiões metropolitanas de elevada densidade demográfica (CHAIB *et al.*, 2015).

O local de desenvolvimento e implementação visa também disseminar a prática e a técnica de engenharia aplicada à sistemas de água de chuva, além de assegurar a transferência do conhecimento, o convívio e a conscientização do grupo social junto às questões ambientais e, sobretudo atingir a aceitação da comunidade. O desenvolvimento e a execução do projeto permitem ampliar, portanto a utilização da água de chuva em complementação à água da CEDAE para a comunidade, a partir do dimensionamento de um sistema de tratamento e armazenamento de água da chuva aproveitada pela comunidade.

No entanto, há uma falta de conhecimento científico sobre adoção e utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial em assentamentos informais. Dessa forma, esse se justifica também por contribuir com a disseminação desses sistemas nessas áreas que são comuns tanto no Rio de Janeiro, como em todo o Brasil.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo principal desenvolver uma concepção de projeto de um sistema coletivo e individual de captação, tratamento, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais para comunidades baixa renda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os vários aspectos sociais, topográficos, sanitários e a demanda de água da área de estudo;
- Caracterizar a qualidade da água pluvial da região;
- Avaliar a variação sazonal em função da precipitação local para viabilizar o aproveitamento das águas pluviais nas edificações para fins não potáveis.
- Definir parâmetros para serem utilizados no dimensionamento do projeto individual e integrado.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Disponibilidade de recursos hídricos

Nos estudos de captação de água de chuva pra fins de aproveitamento é fundamental conhecer a disponibilidade dos recursos hídricos da região e a quantidade de chuvas. A Agência Nacional das Águas (ANA) é o órgão responsável pelas informações sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil na esfera federal, especialmente na coordenação e implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e gerenciamento de bacias de rios federais.

No Brasil, a precipitação média anual segundo a ANA é de 1797 mm, e varia de menos de 800 mm, na região semiárida do Nordeste, e mais de 2500 mm, na Amazônia. A distribuição dos recursos hídricos, superfície territorial e população por região geográfica no Brasil são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos recursos hídricos, superfície territorial e População por região geográfica no Brasil em porcentagem.

Região	Recursos hídricos (%)	Superfície (%)	População (%)	Recursos hídricos (%) / População (%)
Norte	68,5	43,3	6,98	9,80
Centro Oeste	15,7	18,8	6,41	2,44
Sul	6,5	6,8	15,05	0,43
Sudeste	6,0	10,8	42,65	0,14
Nordeste	3,3	18,0	28,91	0,12
Total	100,0	100,0	100,00	-

Fonte: Pimentel da Silva, 2016 (adaptado).

Conforme a Tabela 1, a maior disponibilidade hídrica, e o maior percentual territorial do Brasil ocorre na região Norte. Em contrapartida, a região norte possui o segundo menor percentual populacional. Em relação à reduzida demanda, a região se encontra em situação favorável em relação à disponibilidade hídrica.

A região Nordeste apresenta a menor porcentagem de recursos hídricos do país, sendo que apenas 3,3% dos recursos hídricos brasileiros estão alocados nessa região. Em termos de população, a região Nordeste ocupa a segunda posição em porcentagem populacional do país, apresentando 28,91% da população total. Dessa forma, a porcentagem de recursos hídricos dividido por população da região Nordeste apresenta um resultado de 0,12%, o menor resultado do país. Após a região Nordeste, encontra-se a região Sudeste com o segundo pior resultado do país com 0,14% de recursos hídricos disponíveis para a população.

A situação de *stress* hídrico no Nordeste é significativa embora a escassez no Sudeste não seja menos relevante devido à grande demanda e precariedade dos recursos hídricos. Nesse contexto, a captação de água de chuva torna-se uma alternativa para complementar a demanda de água necessária nessas regiões.

Nesse cenário de relativa escassez de água, vivida por quase todas as regiões brasileiras, torna-se necessária a construção e implementação de políticas públicas relacionadas à gestão hídrica, focando a oferta e demanda de água, no sentido de manter os níveis adequados de abastecimento para os diversos consumos das atividades humanas.

1.2 Precipitação na cidade do Rio de Janeiro - RJ

A precipitação da cidade do Rio de Janeiro é monitorada por uma rede de 33 estações telemétricas espalhadas por toda a cidade. Estas estações enviam dados em tempo real, a cada 15 minutos, para a central do Alerta Rio (ALERTA RIO, 2016).

O Alerta Rio é um sistema de alerta de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas da cidade do Rio de Janeiro. O sistema criado em 25 de setembro de 1996 (Decreto N° 15 142) é gerenciado pela Fundação GEO-RIO com o objetivo de emitir boletins de alerta à população sempre que houver previsão de chuvas intensas que possam gerar inundações de vias públicas e/ou acidentes geotécnicos em encostas.

A Figura 1 apresenta a localização das estações pluviométricas monitoradas pelo Alerta Rio. Figura 1 – Localização das estações pluviométricas monitoradas pelo Sistema Alerta Rio na cidade do Rio de Janeiro-RJ.



Fonte: Alerta Rio, 2018.

No sistema Alerta Rio, há registros de acumulados mensais das estações desde o ano de 1997.

A análise dos dados pluviométricos de maiores e menores precipitações e média para toda a cidade do Rio de Janeiro para os anos de 2017 e 2018 das estações pluviométricas monitoradas pelo Alerta Rio são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise pluviométrica das estações do Alerta Rio para os anos de 2017 e 2018.

Parâmetro		2017	2018
Maiores precipitações	Estação	Alto da Boa Vista	Alto da Boa Vista
	Mês	Junho	Novembro
	Intensidade (mm/mês)	363,2	375
Menores precipitações	Estação	Rocinha	Urca
	Mês	Fevereiro	Julho
	Intensidade (mm/mês)	5,4	8
Média de precipitação para toda a cidade	Mês mais chuvoso	Abril	Janeiro
	Intensidade (mm/mês)	150,30	235
	Mês mais seco	Setembro	Julho
	Intensidade (mm/mês)	11,6	30,6

Fonte: Alerta Rio, 2018 (adaptado).

1.3 Sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais

Desde a formação das primeiras aglomerações, o homem procurou sempre a sua proximidade de cursos d'água, para obter o suprimento de água. Entretanto, nem sempre a água estava disponível, em dado local, na quantidade demandada. Em certo momento, tornou-se essencial o emprego dos primeiros artefatos e a execução de obras de condução de água, que são a base do que se conhece hoje por engenharia hidráulica. Assim, encontram-se vestígios de obras hidráulicas datadas de 4000 a. C. a 3000 a.C. no Egito, Iraque, Paquistão e China (ROBERSON, *et. al.*, 1995).

A captação e utilização de água de chuva é usada desde a Antiguidade por muitos povos e apresenta-se como tecnologia moderna e viável quando associada a novos conceitos e técnicas construtivas, como alternativa ao abastecimento descentralizado (COHIM, *et al.*, 2008).

No Japão, em comunidades antigas, havia recipientes para armazenar a água da chuva, e esses, eram individuais ou comunitários. Essas comunidades denominavam os reservatórios comunitários “*Tensuison*” que significa, “respeito à abençoada água da chuva” Esses reservatórios criam um sentimento de responsabilidade compartilhada e cooperação na comunidade local (GROUP RAINDROPS, 2002). Mesmo nos dias atuais, o Japão continua

sendo uma referência acerca de aproveitamento de águas pluviais. A captação de água via manancial na cidade de Tóquio é feita cerca de 190 km da cidade. Dessa forma, devido à dificuldade e distância do ponto de captação, há a necessidade de propor soluções alternativas para o abastecimento de água (PROSAB,2006).

Os sistemas de captação de água pluvial são relativamente simples e consistem na captação da precipitação nos telhados, e/ou diversas superfícies, armazenamento e distribuição. Os sistemas de captação de água pluvial são utilizados em todo o mundo como uma alternativa sustentável para o abastecimento de água.

Quando utilizada em regiões urbanas, a captação de água pluvial pode ser como uma fonte alternativa ou complementar àquela fornecida pela concessionária, ou empresa de serviço de saneamento. Dessa forma, diminui a quantidade de água demandada nos mananciais locais e regionais, e permite o direcionamento destes recursos no atendimento de consumos mais nobres, para uma parcela maior da população. Outro importante benefício do aproveitamento das águas pluviais no meio urbano é na retenção de águas pluviais. Pois, o acúmulo das chuvas em reservatórios acarreta no aumento do tempo de concentração, na redução do escoamento superficial e na redução dos picos de inundações (FENDRICH,2005).

Segundo Kwaadsteniet *et al.* (2013), milhões de pessoas no mundo usam água de chuva para fins potáveis ou não, com um aumento de quase duas vezes no número de usuários de 1990 a 2010.

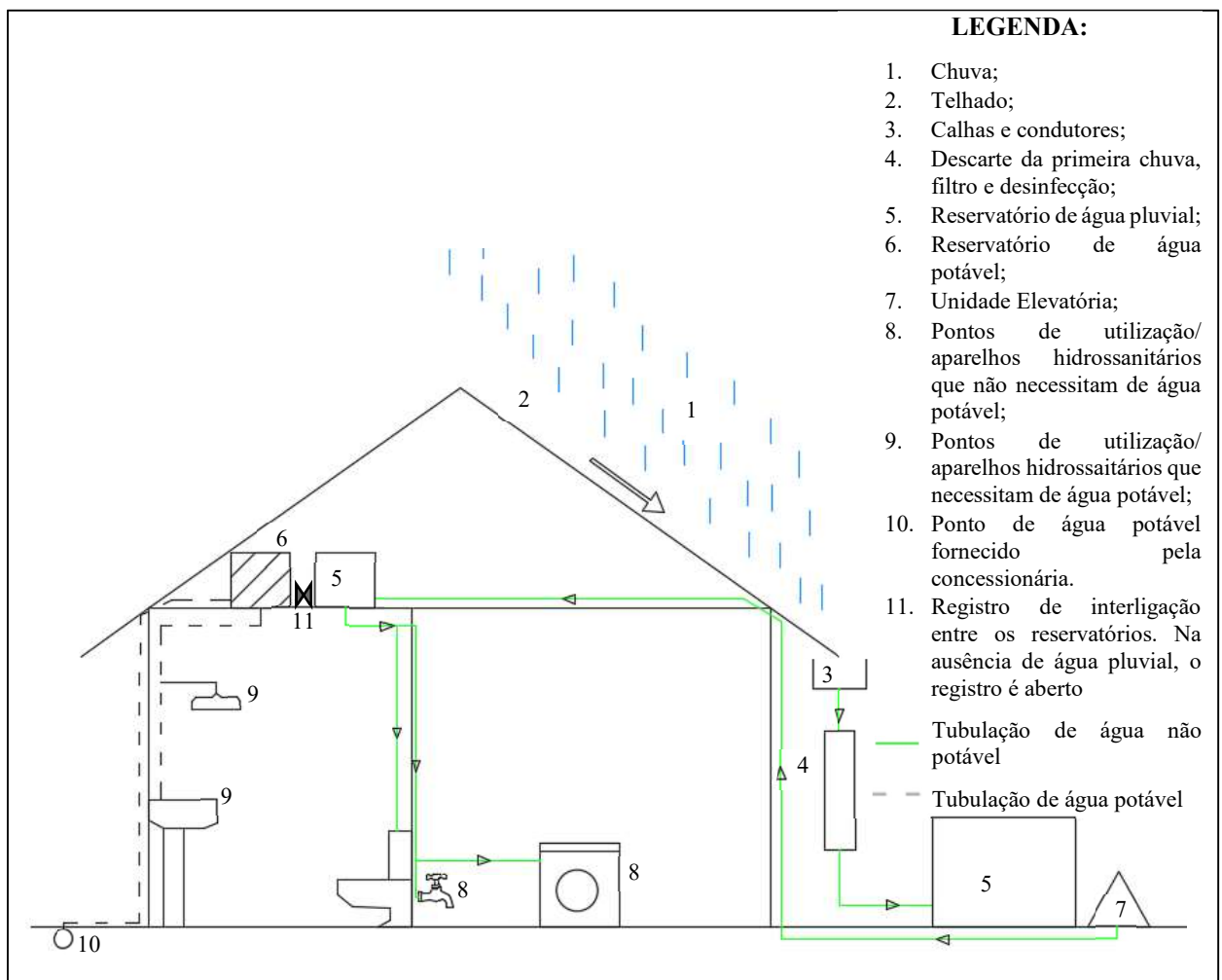
Cohim, *et al.* (2008) descreve um sistema de captação e utilização de água de chuva é composto de:

- **Superfície de captação:** Telhados, pátios, e outras áreas impermeáveis podem ser utilizados como superfície de captação. As dimensões estão diretamente relacionadas ao potencial de água de chuva possível de ser aproveitada, enquanto isso, o material da qual é formada influenciará na qualidade da água captada e nas perdas por evaporação e absorção. Os telhados convencionais são mais utilizados na captação devido a qualidade da água fornecida.
- **Calhas e Tubulações:** servem para transportar a chuva coletada, compostos de diversos materiais, sendo os mais utilizados em PVC, e metálicos, como alumínio ou aço galvanizado. No entanto, como uma alternativa mais econômica, já existem alguns trabalhos utilizando calhas de garrafas PET. O dimensionamento dessas estruturas é realizado pela NBR 10844/89: Instalações prediais de águas pluviais

- **Tratamentos:** o tipo e a necessidade de tratamento das águas pluviais dependem da qualidade da água coletada e do seu destino final.
- **Reservatórios:** normalmente é o item mais oneroso do sistema de aproveitamento de água pluvial, por isso deve ser dimensionado com bastante critério.

A Figura 2 apresenta um esquema de sistema típico de coleta e aproveitamento de água de chuva.

Figura 2 – Sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva



Fonte: Autoria própria, 2019.

Para Kwaadsteniet *et al.* (2013) há limitações para a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, que incluem restrições financeiras para as pessoas em comunidades rurais e de baixa renda, pois o investimento inicial torna o projeto inacessível. Outra limitação é a falta de legislação sobre o uso das águas pluviais, de forma compatível às condições de cada local.

Naddeo *et al.* (2013) e Kwaadsteniet *et al.* (2013) citam que os principais entraves para a implantação dos sistemas de aproveitamento de água de chuva é a dependência da variabilidade sazonal de chuva, a incerteza da precipitação, a qualidade da água de chuva, sendo que essa pode apresentar flutuações comportamentais ao longo do ano. Além disso, é comum a falta de espaço para a implantação dos reservatórios, principalmente em áreas muito adensadas. E por fim, o fato de que a água de chuva armazenada por um longo período de tempo, pode disseminar doenças, caso a mesma não seja tratada e armazenada corretamente.

Gómez e Teixeira (2017) expõem que, uma das maiores barreiras para atração de novos usuários de sistemas de captação de água de chuva é o baixo custo da água potável. De acordo com o Sistema de Informações Nacionais de Saneamento (SNIS, 2014) 12 de 26 estados brasileiros teve um custo total médio por m³ superior à tarifa média cobrada no Brasil no ano de 2014. Este fato expõe um desacordo entre os custos real de fornecimento e o valor cobrado pela concessionária em aproximadamente metade dos estados brasileiros.

Os autores Teston *et al.* (2018) relatam que a implementação dos sistemas de águas pluviais no Brasil é um desafio, principalmente devido ao fato da falta de compreensão dos impactos ambientais, da saúde humana, e em parte devido à falta de regulamentações nacionais.

Sistemas de aproveitamento de água pluvial mal projetados e executados sem manutenção e operação adequada influenciam na eficiência do sistema, qualidade da água e oneração dos custos.

1.3.1 Sistema de Descarte da primeira chuva (First Flush)

Também é comum nos sistemas de captação de água de chuva, o reservatório de descarte ou *first-flush*. Este sistema é responsável pela retenção temporária e posterior descarte da água inicial coletada. O cálculo desses reservatórios é definido em função da qualidade da água nas fases iniciais de precipitação.

Parte da contaminação da água de chuva ocorre após a passagem do volume precipitado pela superfície de captação. Existem diversos materiais e substâncias presentes nestas superfícies de captação, como: fezes de aves e roedores, artrópodes, outros animais mortos em decomposição, poeira, folhas, galhos de árvores, revestimento do telhado, fibras de amianto, e resíduos de tintas, entre outros, que ocasionam tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agentes patogênicos (PROSAB, 2006).

Segundo Gikas e Tsihrintzis (2017), o escoamento que ocorre no início do evento de precipitação, tem uma alta concentração de poluentes em comparação com o escoamento residual, evitando a contaminação da água a ser armazenada. Portanto, a instalação de um

sistema que remova a primeira descarga da água pluvial, apresenta melhores resultados de água da chuva armazenada.

O *first flush* também pode ser combinado com um filtro a partir de uma tecnologia de tratamento mais eficiente que pode ser usada a fim de remover partículas finas e microrganismos suspensos, sobretudo quando necessários padrões de qualidade de água mais elevados para a água da chuva (VIEIRA *et al.*, 2013).

Segundo Tomaz (2015) a literatura apresenta variação acerca da quantidade de água a ser descartada, que varia desde 0,4 mm a 8,5 mm. A NBR 15527/07 intitulada *Água de chuva - Aproveitamento de Coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos* estabelece a diretriz que na ausência de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial. Alguns estudos apresentam que o descarte de 0,5 mm já é adequado para fins não potáveis (PROSAB, 2006). O descarte de 1 ou 2 mm de chuva pelo *First Flush* coleta água compatível com a maior parte dos parâmetros do Guia de água potável da Austrália (*Australian Drinking Water Guidelines – ADWG*), (KWAADSTENIET *et al.*, 2013).

Normalmente, em países desenvolvidos, os *First Flushes* estão disponíveis comercialmente, e são de fácil acesso (KWAADSTENIET *et al.*, 2013). No Brasil não há disponibilidade desses produtos a um preço acessível.

1.3.2 Tratamento da água pluvial

A utilização da água da chuva requer um controle de sua qualidade e a verificação da necessidade de tratamento, a fim de propiciar segurança à saúde do usuário e o não comprometimento da vida útil dos componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial (PROSAB, 2006).

O tipo de tratamento da água pluvial depende se sua utilização será para um fim potável ou não. Caso a demanda seja não potável, dependendo da água coletada, o descarte do *first flush* associado a cloração pode ser o tratamento adotado. No entanto, se a demanda for para um fim mais nobre, como beber, cozinhar, lavar louça, o descarte do *first flush* deve ser associado a outro tipo de tratamento.

Vários sistemas de tratamento utilizam anteriormente a filtração e/ou *first flush* para remover partículas suspensas a fim de melhorar a eficiência da desinfecção e a estética da água. Além disso, para manter a alta qualidade da água, é importante realizar a manutenção constante dos sistemas de tratamento para evitar que detritos passem para a água a ser reservada e utilizada (VIEIRA *et al.*, 2013).

A literatura apresenta diversas tecnologias de tratamento as quais têm sido usadas ou exploradas, de forma independente ou combinadas. Alguns tipos de tratamento para águas pluviais são: desinfecção combinada com filtração, filtração com carbono ativado, aquecimento da água por irradiação solar (SODIS), fervura, *Moving bed biofilm reactor* (MBBR), cartucho de filtro, Irradiação por raios ultravioletas (UV) e Cloração.

Os filtros de papel, fibra ou tecido podem ser eficazes na remoção de patógenos transmitidos pela água. No entanto, estes filtros não são recomendados como o único tratamento para fins potáveis, porque seus poros são muito grandes, impossibilitando a retenção de vírus, bactérias e parasitas protozoários menores (SOBSEY *et al.* 2008). De modo similar, a filtração com carvão ativado necessita de um sistema de desinfecção associado, o que se considera nesse caso uma solução relativamente cara (NADDEO, *et al.* 2013).

O sistema solar de desinfecção (SODIS) é uma tecnologia básica usada para melhorar a qualidade microbiológica a fim de tornar a água potável através da radiação solar que destrói os patogênicos. A limitação do SODIS é a dependência da radiação solar para desinfecção (NADDEO, *et al.* 2013). Essa solução é usada em diversos países do mundo, por milhões de pessoas por ser uma alternativa de tratamento de água de baixo custo. Há diversos estudos com bons resultados da utilização o sistema SODIS no Brasil, tanto para água de poço, quanto para água pluvial, devido à grande incidência solar no país, sobretudo na região Nordeste (CAVALLINI, *et al.* 2018).

A fervura é um método de desinfecção, no entanto o custo é alto, e depende da disponibilidade de combustíveis. Mesmo sendo amplamente utilizado em todo o mundo, não é considerada uma boa solução, tanto em termos financeiros, quanto na qualidade final da água (NADDEO, *et al.* 2013).

A radiação UV com lâmpadas tem crescido nos últimos anos, devido a sua capacidade de inativar protozoários resistentes ao cloro. Estas lâmpadas requerem limpeza periódica, especialmente se colocado em uma configuração submersa. Além disso, este tipo de tratamento da água tem uma vida útil finita pela necessidade de substituição das lâmpadas periodicamente, o que encarece o sistema (NADDEO, *et al.* 2013).

Para que seja possível a operação e manutenção dos sistemas de águas pluvial em países em desenvolvimento o tratamento da água deve ser barato, simples, e de fácil uso. Alguns exemplos para esses tipos de tratamento são: fervura, cloração, filtro de areia lento, e exposição ao sol (KWAADSTENIET *et al.* 2013).

Apesar da crescente variedade dos tipos de tratamento disponíveis no mercado em todo o mundo, ainda existem limitações decorrentes principalmente da adaptabilidade dos sistemas

de tratamento às edificações existentes, falta de manutenção dos sistemas de tratamento, e uso de energia elétrica. Neste contexto, é importante superar as limitações para instalar sistemas de tratamento eficientes para a água pluvial captada. Ao melhorar sua adaptabilidade em sistemas de tubulações existentes, reduz-se o consumo de energia e minimiza os requisitos de manutenção.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) desencoraja fortemente o consumo direto e potável de água pluvial sem o tratamento prévio, devido evidências de contaminação microbiológicas e químicas.

1.3.2.1 Alcalinização da água pluvial com pedras de calcário

Para Giordano e Surerus (2015) existem diversos processos relacionados com a correção do pH, tais como: neutralização, acidificação e alcalinização. Esses processos serão utilizados de acordo com a qualidade da água bruta e a faixa de pH requerida para o uso final da água.

Há poucos trabalhos de referência sobre pedra de dolomita na alcalinização da água. Feitosa *et al.* (2017) utilizou o calcário como uma alternativa de alcalinização da água. No entanto, ao final do estudo, obteve-se valores de pH muito alto.

As principais rochas carbonatadas mais comercializadas no mundo são o calcário e a dolomita. Essas rochas são consideradas sedimentares e compostas basicamente por calcita (CaCO_3), enquanto os dolomitos são também rochas sedimentares compostas pelo mineral dolomita ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$). Sua origem pode ter sido secundária, por meio da substituição do cálcio pelo magnésio. As pedras tratam-se de um sistema cristalino hexagonal, comumente em cristais romboédricos com faces curvadas, comumente nas cores branca e rósea (LUZ e LINS, 2005).

1.3.2.2 Tratamento de desinfecção por cloro

Tratamento químico é amplamente usado para a de desinfecção em instalações de diferentes escalas. Entre os desinfetantes para água potável, o cloro é o mais simples, mais usado, e mais acessível pelo baixo custo. Pois, o produto é altamente eficaz contra quase todos os patogênicos transmitidos pela água, inativando-os. No entanto, o impacto sociocultural da aceitação da desinfecção com reagentes contendo cloro é baixo em alguns casos, devido a problemas de impacto de sabor e odor (NADDEO, *et al.* 2013).

Segundo Kwaadsteniet *et al.* (2013) a recomendação é que o cloro residual na água seja de 0,4 a 0,5 mg.L^{-1} de cloro com um contato de pelo menos 15 minutos. A NBR 15 527/07 recomenda que os valores de cloro residual estejam entre 0,5 mg.L^{-1} e 3,0 mg.L^{-1} .

1.3.3 Reservatórios de água pluvial

Para que seja possível a implantação de um sistema de captação de água pluvial, um dos maiores desafios é a definição do volume adequado de armazenamento. Entre outros aspectos, é necessário verificar as limitações de espaço, custo da montagem, e a finalidade da água armazenada, para que seja estabelecida a melhor relação custo benefício entre possíveis ganhos financeiros/ ambientais, e os investimentos necessários.

A eficiência e a confiabilidade dos sistemas de aproveitamento de água de chuva estão ligadas diretamente ao dimensionamento do reservatório, de modo a estimar uma combinação equilibrada do volume de reserva e da demanda a ser atendida, e resultar uma maior eficiência, com o menor gasto possível (PROSAB, 2006).

Segundo Johor *et al.* (2017) o reservatório de armazenamento de água de pluvial pode estar localizado sobre o solo, ou enterrado. Os tipos de tanque são os mais variados possíveis, podendo ser de concreto, fibra de vidro, polietileno, aço e outros materiais. Contudo, tanques de plástico são os mais eficientes e populares em países em desenvolvimento, devido ao menor investimento inicial.

Poluentes microbiológicos e químicos têm sido encontrados nos reservatórios de água pluvial. Esses patógenos podem servir como um espaço de reprodução de mosquitos, e vetores de várias doenças, como: malária, febre amarela, dengue, zica e chikungunha (KWAADSTENIET *et al.*, 2013).

O estudo de Naddeo, *et al.* (2013) recomenda que a água pluvial coletada fique armazenada por no máximo 19 dias consecutivos, pois após esse prazo a água pode apresentar problemas de qualidade.

De acordo com o PROSAB (2006), para a manutenção e a garantia da qualidade da água pluvial do reservatório algumas orientações e premissas devem ser consideradas:

- 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, também chamada de visita, para inspeção e limpeza;
- a água deve entrar no reservatório de maneira a não provocar turbulência, evitando suspensão dos sólidos depositados no fundo do recipiente;

- o reservatório deve ser limpo uma vez por ano para a retirada do lodo depositado no fundo.

No Brasil, principalmente o Rio de Janeiro é amplamente afetado pela dengue e febre amarela. Dessa forma, precauções especiais devem ser tomadas para que haja a prevenção da reprodução de mosquitos nos reservatórios de água pluvial. Cuidados devem ser tomados com o armazenamento de água tratada para evitar a recontaminação.

Alguns autores como Naddeo, *et al.* (2013), (JOHOR *et al.* 2017) apontam que pode ocorrer o crescimento bacteriano em reservatórios de água pluvial desde que a água esteja com contaminantes e as bactérias tenham nutrientes suficientes para se reproduzirem nos reservatórios. Outro fator de influência no crescimento das bactérias são as altas temperaturas, que facilitam a reprodução bacteriana (JOHOR *et al.* 2017). Em países com clima predominantemente quente, como no Brasil, deve-se realizar limpezas periódicas no reservatório a fim de evitar a proliferação de bactérias.

1.3.3.1 Dimensionamento

Para o dimensionamento do reservatório de água pluvial, é necessário conhecer o tamanho da área de captação, a quantidade de chuva da região, o coeficiente de escoamento e a demanda necessária no atendimento da população residente.

Deve-se considerar que devido ao regime intermitente da chuva, nem sempre haverá volume de precipitação suficiente para atender toda a demanda durante todo o tempo, e que também, nem sempre será possível armazenar toda a chuva precipitada por questões físicas e econômicas. Dessa forma, os estudos de dimensionamento de reservatórios devem compatibilizar produção e demanda, e identificar o percentual de demanda possível de ser atendida em cada sistema, de maneira a torná-lo mais eficiente e com menor gasto possível.

Tomaz (2015) salienta que o melhor valor para ser considerado para o coeficiente de escoamento das superfícies de captação para projetos no Brasil é 0,8.

Há diversas metodologias para o cálculo do volume do reservatório, como os métodos:

- Raindrops de Dias Consecutivos Sem chuva;
- Rippl;
- Azevedo Neto;
- Alemão;
- Inglês;
- Simulação e

- Resolução Conjunta do Rio de Janeiro.

Os resultados dos cálculos desses métodos apresentam valores diferentes, cabendo portanto ao projetista decidir qual método é mais adequado para a situação de estudo. Sendo assim, Rupp *et. al.* (2011) afirma que o dimensionamento do reservatório de água pluvial de forma cautelosa é importante para evitar gastos desnecessários, pois o reservatório é o item mais caro do sistema.

1.3.3.2 Método Raindrops de Dias Consecutivos Sem Chuva

O Método *Raindrops* de Dias Consecutivos Sem Chuva (GROUP RAINDROPS, 2002) identifica o maior período de estiagem ou de dias consecutivos sem chuvas a partir de série histórica de dados de precipitação, com ajuste estatístico de distribuição de frequência de *Gumbel* para diferentes períodos de retorno. Dessa forma, encontrado o maior período de estiagem (Est), estima-se também o consumo diário de água passível de aproveitamento (C_{ap}). O volume do reservatório V_{res} é obtido pela equação (1):

$$V_{res} = Est \times C_{ap} \quad \text{Eq. (1)}$$

1.3.3.3 Método de Rippl

Segundo a NBR 15 527/2007 no método de Rippl, para o cálculo do reservatório adota-se uma série de dados históricos referente a precipitação da área de estudo. O volume do reservatório é encontrado pelas equações (2), (3) e (4).

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da chuva}_{(t)} - \text{Área de captação (m}^2\text{)} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} \text{ consecutivos } > 0 \quad \text{Eq. (4)}$$

Sendo que: $\sum D_{(t)} < Q_{(t)}$

Onde:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo t

$Q_{(t)}$ = volume de chuva aproveitável no tempo t

$D_{(t)}$ = Demanda ou consumo no tempo t

V= Volume do reservatório (m³)

C=Coefficiente de escoamento superficial.

1.3.3.4 Método de Azevedo Neto

Esse método não leva em consideração a demanda, somente a precipitação. A equação (5) para o cálculo é: .

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Eq. (5)}$$

Sendo que:

P= precipitação média anual (mm);

T = número de meses de pouca chuva ou seca;

A = área de coleta (m²);

V= volume de água aproveitável (l)

1.3.3.5 Método Alemão

Segundo a NBR 15 527/2007 esse é um método empírico em que adota-se o menor volume do reservatório (equação 6), dentre as opções seguintes:

i) 6% do volume anual de demanda (D)

ii) 6% do volume anual de precipitação aproveitável (V).

$$V_{\text{adot}} = \text{mín}(D; V) \times 0,06 \quad \text{Eq. (6)}$$

Sendo que:

V= volume aproveitável de água de chuva anual (l)

D= demanda (l)

V_{adot}= volume de água do reservatório (l).

1.3.3.6 Método Inglês

O método Inglês não considera a demanda no cálculo do reservatório. O cálculo do reservatório é realizado pela equação (7).

$$V = 0,005 \times P \times A \quad \text{Eq. (7)}$$

Considerando:

P = precipitação média anual (mm)

A= área da coleta (m²)

V= volume do reservatório (l)

1.3.3.7 Método Australiano

No método Australiano o volume de chuva é obtido pela equação (8):

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \text{Eq.(8) } \rightarrow \text{ Simulação do reservatório}$$

Em que:

C= coeficiente de escoamento, comum a utilização de 0,8

P= precipitação média mensal (mm)

I= interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (mm), comum a utilização de 2 mm

A= área (m²)

Q= volume mensal produzido pela chuva.

Sendo assim, o cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas (equação 9), até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad \text{Eq. (9)}$$

Sendo que:

Q_t = volume mensal produzido pela chuva no mês t (mm);

V_t = volume de água que está no tanque no fim do mês t (m³)

V_{t-1} = volume de água que está no tanque no início do mês t (m³)

D_t = demanda mensal (m³).

O reservatório será considerado vazio no primeiro mês. Para valores de V_t negativos, considerar $V_t=0$.

1.3.3.8 Método da Simulação

Segundo, Tomaz (2015), o método da simulação (equação 10 e 11) consiste em aplicar a equação da continuidade a um reservatório finito para um determinado mês.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Eq. (10)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da chuva}_{(t)} - \text{Área de captação (m}^2) \quad \text{Eq. (11)}$$

$$\text{Sendo: } 0 \leq S_{(t)} \leq V$$

Onde:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$ = volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

$Q_{(t)}$ = o volume de chuva no tempo t ;

$D_{(t)}$ = é o consumo ou demanda no tempo t ;

V = Volume do reservatório (m³)

C = Coeficiente de escoamento superficial.

1.3.3.9 Método da resolução conjunta do Rio de Janeiro

O método da resolução conjunta foi apresentado em um documento emitido pelas Secretarias de Governo (SMG), Secretaria de Obras (SMO), e Secretaria de Urbanismo (SMU) do município do Rio de Janeiro em de janeiro de 2005. A referida resolução estabelece em caráter obrigatório a construção de reservatórios de retardo destinado ao acúmulo das águas pluviais e posterior descarga para a rede de drenagem, e além de um outro reservatório de acumulação das águas pluviais para fins não potáveis, quando couber. A medida é válida para novos empreendimentos públicos e privados a partir da data da publicação e que tenham área impermeabilizada igual ou superior a 500 m².

O cálculo do reservatório de acumulação é dado em função da localização do empreendimento de acordo com a áreas de planejamento do município do Rio de Janeiro (Figura 3). A equação 12 apresenta o cálculo do reservatório.

$$V_{res} = 0,15 \times A \times h \quad \text{Eq. (12)}$$

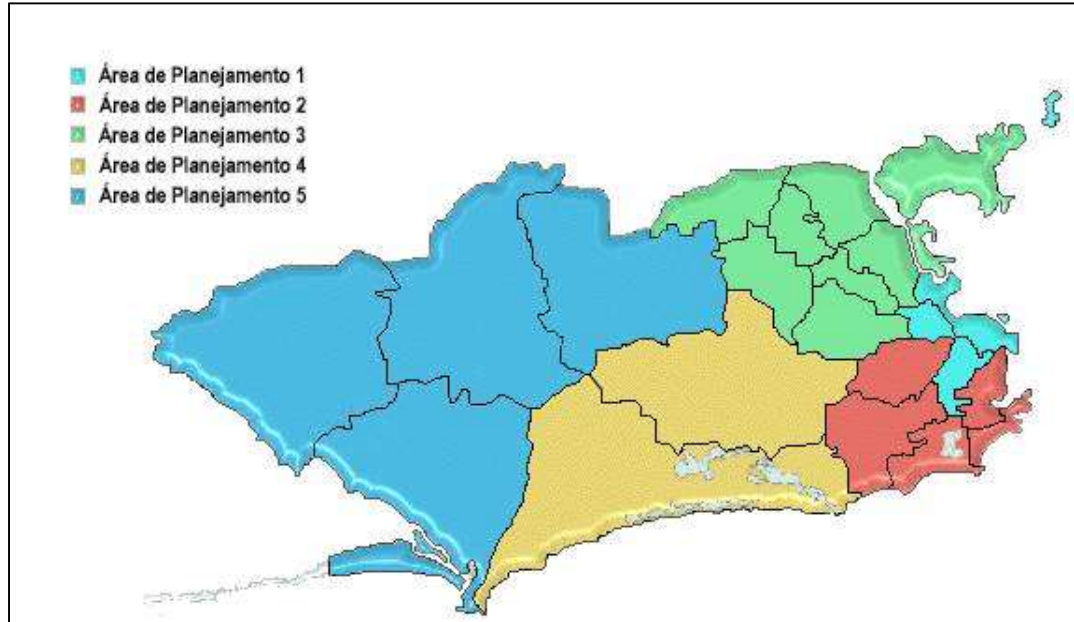
Sendo:

V_{res} = volume do reservatório (m^3)

A = área de cobertura do telhado (m^2)

h = altura de chuva (m) em função das áreas de planejamento. Edificações localizadas nas áreas de planejamento 1, 2, 4 $h = 0,06$ m e as localizadas nas áreas 3 e 5 o valor de $h = 0,07$ m.

Figura 3 – Áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2019.

1.4 Qualidade da água da pluvial

Segundo Kwaadsteniet *et al.* (2013), os poluentes da água da chuva podem surgir do ar poluído, das áreas de coleta, ou do reservatório de armazenamento.

A poluição da água da pluvial é atribuída às substâncias da atmosfera vinda de indústrias, atividades agrícolas, de mineração, de construção civil, combustão de líquidos ou sólidos, e tráfego veicular por fontes móveis (GIKAS e TSIHRINTZIS, 2017). As fontes de poluição química são: a deposição atmosférica (úmida e seca), as áreas de captação, a composição dos reservatórios, a duração e quantidade de chuvas.

A qualidade microbiológica da água da chuva pode ser alterada devido à determinados animais como: insetos, esquilos, pássaros, gambás, ratos, e gatos, que podem depositar material fecal nas superfícies do telhado. Esse fato, pode implicar na proliferação de bactérias, vírus, e protozoários patogênicos que podem chegar até o reservatório de armazenamento. Kwaadsteniet *et al.* (2013), concluíram que a microbiota geral e a qualidade das águas são influenciadas principalmente pela limpeza da área de captação. Dessa forma, os principais fatores que influenciam a qualidade da água de chuva coletada são, segundo Kwaadsteniet *et al.* (2013):

- geometria do telhado (tamanho, exposição e inclinação).
- material do telhado (características químicas, rugosidade, idade, revestimento de superfície).
- localização do telhado (proximidade com as fontes de poluentes).
- manutenção e limpeza do telhado.
- eventos de chuva (velocidade do vento, intensidade, e concentração de poluentes).
- outros eventos meteorológicos (estações do ano, características do clima, e antecedentes de dias secos).
- concentração das substâncias na atmosfera (transporte, emissão, e fase de distribuição).

1.5 Legislações

A percepção dos benefícios da utilização da água de chuva é pequena se comparada ao potencial dessa atividade. Esse fato ocorre devido as legislações e incentivos de políticas públicas brasileiras sobre aproveitamento de água de chuva ainda serem recentes (TESTON *et al.* 2018).

No Brasil, há uma dificuldade de comparar os parâmetros de qualidade de água pluvial pois não há legislação específica capaz de identificar de forma acessível os índices necessários para a boa qualidade da água pluvial (TESTON *et al.* 2018).

A referência para os parâmetros de qualidade no país é a NBR 15527/2007, e recomenda para fins não potáveis, que a água de chuva atenda parâmetros estabelecidos de padrões de qualidade, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliforme termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2 uT para usos menos restritivos < 5 uT
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção de redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6 a 8 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: NBR 15527/2007.

Foram elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normas acerca de água não potável, e estão em fase de consulta pública, sendo elas: (i) Conservação de águas em edificações – diretrizes e procedimentos, e (ii) Uso de Fontes Alternativas de Água

Não Potável em Edificações. A consulta pública do primeiro projeto dessas normas foi lançada em abril de 2018.

Os parâmetros de qualidade para o uso da água não potável, segundo a norma “Uso de Fontes Alternativas de Água Não Potável em Edificações” são de acordo com a Tabela 4

Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de água para usos não potáveis.

Parâmetro	Valor
pH	6 a 9
E. Coli	≤ 200 NMP/100mL
CRL (cloro residual livre)	Mínimo 0,5mg/L - Máximo de 5,0 mg/L Recomendável 0,5mg/L - Máximo de 2,0 mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) ou Condutividade elétrica ¹	≤2.000 mg/L ou ≤ 3.200 µS/cm
Carbono Orgânico Total (COT) ²	< 4mg/L

Fonte: “Norma brasileira: Uso de Fontes Alternativas de Água Não Potável em Edificações”, em fase de consulta pública.

Existem legislações em países no exterior que estabelecem parâmetros relacionados à qualidade da água pluvial. Essas legislações podem servir de fonte de referência, devido à escassez de legislações brasileiras específicas que tratam do assunto. Parâmetros de qualidade de água de chuva presentes nessas legislações internacionais são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros de qualidade de água de chuva de acordo com as legislações internacionais.

Parâmetro/ País	Legislação				
	Guia e potencial para o aproveitamento pluvial do Texas (<i>Texas Water Development Board – Austin, Texas</i>)	Código de boas práticas – Sistemas de aproveitamento de água pluvial – 2009 (<i>Rainwater Harvesting Systems – Code of Practice – 2009</i>)	E2727 – Práticas padrão para avaliação da qualidade da água da chuva (<i>Standart Praticce for Assessment of Rainwater quality</i>)	Diretrizes de Qualidade de Águas Pluviais - Diretrizes e ferramentas práticas sobre a qualidade da água da chuva (<i>Rain Water Quality Guidelines - Guidelines and practical tools on rainwater quality</i>)	Diretrizes Australianas de água potável (<i>Australian Drinking Water Guidelines - WQRA – Water Quality research Australia</i>)
	EUA	Inglaterra	EUA	Países Baixos	Austrália
Coliformes totais	<500 CFU/100mL	10 CFU/100mL para Sprinkles e 1000 CFU/100mL para Rega de Jardins e descargas	-	-	-
Coliformes fecais	<100 CFU/100mL	-	Ausência em 100 mL	-	-
E. Coli	-	1 CFU/100mL para Sprinkles e 250 CFU/100mL para Rega de Jardins e descargas	-	< 10 CFU/100 mL	Não detectável em 100 mL

Legislação					
Parâmetro/ País	EUA	Inglaterra	EUA	Países Baixos	Austrália
Enterovírus	-	-	Ausência em 100 mL	-	-
Oxigênio Dissolvido	-	> 10% de saturação ou > 1mg/L O ₂	-	-	-
Sólidos suspensos	-	Visualmente clara e livre de detritos flutuantes para todos os usos	-	-	500/1000 mg/L
Cor	-	Não desagradável para todos os usos	-	-	-
Turbidez	-	< 10 NTU para todos os usos e <1 NTU para desinfecção com UV	< 2 NTU	-	1 NTU
pH	-	5 a 9 para todos os usos	6 a 7	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Amônia	-	-	-	< 1,5 mg/L	-
Dureza	-	-	-	-	60 mg/L a 200 mg/
Cloro residual	-	< 0,5 mg/L para rega de Jardim <2 mg/L para demais usos	Ausência em 100 mL	> 0,20 a 0,50 e <5 mg/L	0,50 a 2,00 mg/L
Nitrato e Nitrito	-	-	-	<50 mg/L	50 mg/L a 100 mg/
Sódio	-	-	200 mg/L	-	-
Bromo residual	-	< 2 mg/L para todos os usos	-	-	-

Fonte: Bassanesi e Barreto, 2014 (adaptado).

O valor normal do pH da água da chuva pode ser considerado próximo de 5,6 dado o equilíbrio com a concentração de CO₂ atmosférico (PROSAB, 2006). Pode ser notado que o valor de pH naturalmente encontrado é inferior a faixa considerada ideal pela legislação no exterior 6 a 8,5, com exceção da Inglaterra que adota o valor de 5 a 9.

Existem determinadas legislações municipais que incentivam o uso racional, a conservação da água, e a utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação dos recursos hídricos. No entanto, nessas legislações, a prefeitura municipal não fornece subsídios

aos cidadãos. A implantação do sistema aproveitamento de água pluvial depende basicamente do usuário. Exemplos dessas legislações brasileiras são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Legislações de uso racional da água.

Cidade	Estado	Tipo de legislação	Nº da lei	Ano	Observação
Curitiba	PR	Lei municipal	10 785	2003	Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE
Rio de Janeiro	RJ	Decreto municipal	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.
São Paulo	SP	Lei municipal	14 018	2005	Institui o programa municipal de conservação e uso racional da água em edificações e dá outras providências.
Distrito Federal	DF	Lei municipal	3 677	2005	Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de reservatórios de captação de água para unidades habitacionais do Distrito Federal e dá outras providências.
Rio de Janeiro	RJ	Lei municipal	3 899	2005	Estabelece nova destinação para as águas de chuva e servidas dos edifícios residenciais e dá outras providências.
Blumenau	SC	Lei municipal	691	2006	Institui o "Programa de Conservação e Uso racional de Água" no município de Blumenau.
Jonville	SC	Lei municipal	220	2007	Dispõe sobre o reaproveitamento das águas pluviais nos casos que específica e dá outras providências.
Vitória	ES	Lei municipal	7 073	2008	Caberá ao proprietário do imóvel promover medidas que visem a sustentabilidade dos recursos hídricos, sob a orientação e incentivo do Poder Público Municipal.
Chapecó	SC	Lei municipal	324	2008	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de reservatórios e valas de infiltração para aproveitamento da água da chuva em edificações e dá outras providências.
Porto Alegre	RS	Decreto municipal	16 305	2009	Regulamenta a Lei nº 10.506/2008, que institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.
Manaus	AM	Lei municipal	1 192	2009	Cria, no município de Manaus, o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas Edificações - Pro-Águas.
Goiânia	GO	Lei municipal	17 128	2010	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos, e de equipamento para reaproveitamento de água das chuvas.
Rio de Janeiro	RJ	Lei municipal	5 279	2011	Cria no Município do Rio de Janeiro o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.
Maringá	PR	Lei municipal	910	2011	Dispõe sobre o projeto, a execução e as características das edificações no município de Maringá e dá outras providências.
Camburiú	SC	Lei municipal	2 544	2013	"Institui o programa de incentivo e desconto, denominado "IPTU verde" no âmbito do município de Camboriú e dá outras providências".
Salvador	BA	Lei municipal	8 474	2013	Altera dispositivos da lei nº 7.186/2006, relativos ao pagamento, à isenção do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana - IPTU, concede incentivos fiscais, e dá outras providências.
Londrina	PR	Lei municipal	11 381	2013	Institui o código de obras e edificações do município de Londrina.
João Pessoa	PB	Lei municipal	12 515	2013	Institui a "Política Municipal de Apoio a Agricultura Urbana", e dá outras providências.
Florianópolis	SC	Lei municipal	482	2014	Institui o plano diretor de urbanismo do município de Florianópolis que dispõe sobre a política de desenvolvimento urbano, o plano de uso e ocupação, os instrumentos urbanísticos e o sistema de gestão
Florianópolis	SC	Decreto municipal	12 608	2014	Dispõem sobre as hipóteses de isenção do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana - IPTU e sobre o desconto para edificações de uso sustentável.

Fonte: Teston *et al.*, 2018, adaptado.

Teston *et al* (2018) chama a atenção que o Brasil é formado por 27 estados, sendo que a maioria deles com estação chuvosa, e apenas 11 estados possuem municípios com legislações para o incentivo ao aproveitamento de água pluvial, sendo a maioria válida para capitais de estados brasileiros. Essas legislações começaram a ser implantadas a partir dos anos 2000, o que demonstra que as legislações e políticas públicas ainda estão em fase inicial, e requer mais intensificação e empenho pelo governo.

1.6 Demandas de água

Entender os padrões de consumo é uma importante informação para o planejamento de uso da água, quer seja para a gestão pública ou para uso particular.

Em função de aspectos como renda, clima, preço da água, e outros, cada população, região e país apresenta seus próprios padrões de consumo de água. É usual no Brasil um consumo médio de água nas residências de 200 L.hab⁻¹.dia⁻¹, com oscilações entre 50 L.hab⁻¹.dia⁻¹ e 600 L.hab⁻¹.dia⁻¹ (TSUTIYA, 2005).

Existem poucos estudos acerca do consumo de água em regiões de baixa renda. Alguns estudos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Estudos acerca de consumo de água em regiões de baixa renda.

Referência	Trabalho	Consumo (L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)	Cidade	Amostra (quantidade de residências)
Marinoski <i>et al.</i> (2014)	<i>Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil</i>	111 a 152	Florianópolis - SC	48
Cheung <i>et al.</i> (2009)	Uso racional da água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água	144	Florianópolis - SC	1
Cohim <i>et al.</i> (2009)	Consumo de água em residências de baixa renda - estudo de caso	74 a 86	Salvador - BA	10
Garcia (2013)	Consumo de água em residências de baixa renda: análise dos fatores intervenientes sob a ótica da gestão da demanda.	101	Salvador - BA	147
Ywashima <i>et al.</i> (2006)	Caracterização do uso de água em residenciais de interesse social em Paulínia	46 a 309	Paulínia - SP	27
Dantas <i>et al.</i> (2006)	Caracterização do uso de água em residências de interesse social em Itajubá	80 a 133	Itajubá - MG	19
Oliveira <i>et al.</i> (2006)	Caracterização do uso da água em habitações unifamiliares de interesse social	95	Goiânia - GO	14
Silva e Gonçalves (2017)	Soluções arquitetônicas para reuso de água cinza em habitações de interesse social	79	Vila Velha - ES	108

Fonte: Autoria própria, 2018.

O cenário internacional sobre estudos de consumo de água para famílias de baixa renda é inexpressivo. Na literatura internacional é mais comum encontrar estudos de consumos de água para famílias com padrões médios (MARINOSKI *et al.* 2014).

No Brasil, a primordial fonte de informações sobre o consumo de água é o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), na plataforma virtual, do site: <www.snis.gov.br> é possível acessar o diagnóstico, índices e indicadores de saneamento de todas os municípios brasileiros. As informações são fornecidas pelas companhias de saneamento. Para os anos de 2015 e 2016 segundo o SNIS a cidade do Rio de Janeiro apresentou um consumo médio per capita de 339,25 e 328,94 L.hab⁻¹.dia⁻¹, respectivamente. Esse consumo é a média de toda a cidade do Rio de Janeiro, uma grande metrópole com 6 milhões de habitantes, e diferentes padrões de vida, e de consumo de água.

A Tabela 8 apresenta a porcentagem média de consumo de água residencial para o Brasil, de acordo com alguns autores.

Tabela 8 – Porcentagem média de consumo de água residencial por autores de estudos realizados no Brasil.

Tipo de uso da água	Porcentagem do consumo (%)			
	Tomaz (2015)	Marinoski <i>et al.</i> (2014)	Cohim <i>et al.</i> (2009)	Silva e Gonçalves (2017)
Descargas na bacia sanitária	29	18 a 20	23	10
Chuveiro	28	30 a 36	21	13
Lavatório	6	2 a 6	10	8
Pia de cozinha	17	15 a 20	29	20
Tanque	6	4 a 5	-	9
Máquina de lavar roupa	5	9 a 16	17	32
Mangueira/Torneira externa	-	4 a 12	-	8

Fonte: Autoria própria, 2018.

Os usos não potáveis para as demandas domésticas incluem as descargas na bacia sanitária, tanque, máquina de lavar roupa, mangueira/ torneira externa, rega de jardins, e lavagem de carros. Dessa forma, de acordo com a Tabela 8 as demandas não potáveis de uma residência podem variar de 34 a 42%. Teston *et al.* (2018) que realizaram um estudo acerca do aproveitamento de água pluvial no Brasil, estimaram os usos não potáveis em 33%. Ghisi *et al.* (2007) calcularam uma média de 29% para o estado do Rio de Janeiro como o potencial de economia de água potável. E por último, Gómez e Teixeira (2017) estimaram um percentual de 34,6 a 49,3% para usos não potáveis da água.

De acordo com estudos realizados na Austrália, o aproveitamento de água de chuva proporciona uma economia de consumo de 45% e 60% para as residências e a agricultura, respectivamente (PROSAB, 2006). Fewkes (1999) realizou um estudo no Reino Unido de aproveitamento de água pluvial e concluiu que 30% da água consumida nas residências é utilizada em descargas de vasos sanitários. Também no Reino Unido, Shreeve *et al.* (2016) constatou que 62% das residências têm consumo de água em jardim, considerado adequado na utilização de água pluvial.

A estimativa da demanda residencial de água é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 – Estimativa da demanda residência de água.

Uso interno	Unidade	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Descarga da bacia	Descarga/ pessoa/ dia	4	6	5
Volume da descarga	Litros/ descarga	6,8	18	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,30	0,10
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água gasto na máquina	Litro/ciclo	108	189	170
Lavagem de pisos e pátios	Litro/ m ²	-	-	2

Fonte: Tomaz (2015), adaptado.

Gómez e Teixeira (2017) apresentaram um consumo de água total para as residências entre 10,4 e 20,8 m³/mês, sendo que o número de habitantes por residência variou de 1 a 7 habitantes por residência.

Obter os consumos de volume de água em edificações são fundamentais na avaliação de medidas de redução de desperdício . Os valores obtidos de consumo de água ajudam a identificar a porção da demanda total que pode ser economizada por fontes alternativas de água.

Portanto, o melhor conhecimento dos fatores que influenciam a demanda por água em comunidades carentes, assim como a percepção sobre a situação da água e a necessidade de usá-la conscientemente, pode-se tornar uma estratégia para implementar o uso racional da água para essa parcela da população (MARINOSKI *et al.* 2014).

1.7 Usos da água pluvial

O crescimento da população mundial aliado aos usos impróprios da água tem levado aos cenários de degradação desse recurso. A disseminação de informações referentes ao risco de escassez de água tem aumentado a conscientização da população com relação à sua utilização. Conseqüentemente, sistemas que buscam o uso racional da água são cada vez mais aplicados, como é o caso dos sistemas de aproveitamento de água de pluvial (MINIKOWSK e MAIA, 2009).

A coleta e o armazenamento de águas pluviais para uso doméstico, irrigação, industrial, agricultura, criação de animais, e outras finalidades tem tido uma crescente aplicação em diversos países do mundo.

Os sistemas de águas pluviais devem ser projetados para atender um conjunto amplo de usuários, no qual o objetivo é o fornecimento de água não potável, redução do consumo de relacionado a água potável, e o controle das águas pluviais (SHREEVE *et al.*, 2016).

A utilização da água de chuva no mundo varia de acordo com as características e demanda local. Há estudos em que exemplificam o uso de água de chuvas em hotéis na China, escolas em Taiwan, residências uni e multifamiliares na Alemanha, residências unifamiliares na Austrália, Reino Unido, e Nigéria, em distritos residenciais na China, diferentes tipos de prédios no Japão, comunidades rurais na Nigéria e Austrália (GHISI e SCHONDERMARK, 2013).

Para Shreeve *et al.* (2016), no Reino Unido, os sistemas de captação de água de chuva têm sido tradicionalmente instalados em residências domésticas, com um único objetivo, prover a demanda de água não potável, que pode ser usada em banheiros, lavanderias, e irrigação de jardins. Contudo, as instalações e o mercado de sistemas de captação de águas pluviais do Reino Unido se desenvolveram com os primeiros usuários da compra de tecnologias bem estabelecidas que derivam diretamente de instalações já amplamente aplicadas na Alemanha e Austrália.

Em países desenvolvidos há incentivos governamentais para incentivar e implementar o aproveitamento de água pluvial. Na Austrália por exemplo, desde 2006 o governo australiano fornece subsídios aos moradores em programas que envolvem o aproveitamento de água pluvial envolvendo fins não potáveis (GIKAS e TSIHRINTZIS, 2017).

Um exemplo de grande aplicação de sistemas de águas pluviais é a Alemanha. Com um baixo índice pluviométrico de 750 mm.ano⁻¹ (GROUP RAINDROPS, 2002), o país tem tido bastante investimento nesses sistemas, com cerca de 80 mil instalações por ano, e uma indústria

avaliada em 340 milhões de euros. O grande crescimento e sucesso desse mercado é devido ao investimento de políticas públicas que desenvolvem e financiam o apoio às tecnologias verdes. Uma em cada 3 casas construídas em 2005 tinha um reservatório de água pluvial (SHREEVE *et al.*, 2016). Outras políticas que também incentivaram a Alemanha a se tornar uma referência mundial em aproveitamento de água de chuva foi a imposição de taxas de extração de água, e a cobrança separada de água potável e drenagem (GÓMEZ e TEIXEIRA, 2017).

Segundo Johor *et al.* (2017), sistemas de captação de água de chuva têm sido usados na Malásia há anos. Sendo assim, o governo oferece o tanque para as casas da área rural, e em seguida o sistema de captação e armazenamento de água de chuva é montado. Até 2017, cerca de 40 mil tanques foram distribuídos.

Nos Estados Unidos, a captação da água de pluvial é uma prática comum devido ao crescimento da população, e o decréscimo da disponibilidade de água potável. Dessa forma, os sistemas de utilização de água pluvial tornaram-se alternativas para fins potáveis e não potáveis (THOMAS, *et al.*, 2014).

Outro local que é comum o armazenamento e aproveitamento de água pluvial é no nordeste da Tailândia. No local não há nenhum grande rio e as águas subterrâneas são salobras, conseqüentemente impróprias para consumo humano. Sendo assim, a utilização da água da chuva é constante (GROUP RAINDROPS, 2002).

Nos locais do mundo onde o clima predominante é o semiárido, os sistemas de captação de águas pluviais têm sido usado há bastante tempo. A justificativa para a utilização desses sistemas é prover água em assentamentos desabastecidos. Um exemplo é a Tanzânia na África, pois 50% da área do país as pessoas dependem completamente da água da chuva para sua sobrevivência (NADDEO *et al.* 2013).

Muriu-ng'ang' *et al.* (2017) citam que no Quênia têm sido testados e popularizados, com o apoio do governo, vários tipos de sistema de água de chuva, implementados no país desde 1950. Desde então, muitos esforços foram feitos combinando a eficiência técnica e aceitabilidade local. Sendo assim, o governo do Quênia reconhece que sistemas de captação de água de pluvial são cruciais para alcançar os objetivos do desenvolvimento sócio econômico, e a sustentabilidade local.

Os autores do Group Raindrops (2002) citam que a utilização de águas pluviais em países como Tanzânia e Quênia tem melhorado muito a vida dos moradores, pois, antes da instalação desses sistemas, era necessário o deslocamento dos habitantes de muitos quilômetros para o acesso à água.

Empresas têm adotado atitudes ecologicamente corretas, como aproveitamento de água de chuva, visando um “*marketing verde*”, uma vez que essas práticas se inserem nos conceitos de empresas com responsabilidade social e ambiental ou ecológicas (PROSAB, 2006).

Existem diversos estudos acerca da viabilidade de implantação do empreendimento de aproveitamento de água pluvial, custo ao longo dos anos, montante de capital investido, custos operacionais e de manutenção, e em seguida, os benefícios financeiros ligados a economia e de água, além de reduções tarifárias. No entanto, mensurar o benefício ambiental em detrimento da utilização da água de chuva tem proporcionado uma economia de água potável da companhia de saneamento, preservando também os mananciais, e no controle das cheias e inundações nos grandes centros urbanos (SHREEVE *et al.*, 2016).

Em muitos locais, como o semiárido brasileiro, a captação de águas pluviais é um alicerce para a sobrevivência e fixação do homem do campo. Um exemplo de programas que visam o aproveitamento de água de chuva é o programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). O Programa é uma iniciativa da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), que reúne cerca de 750 organizações não governamentais (ONGs), e sua meta é construir um milhão de cisternas e descentralizar o acesso à água potável para um milhão de famílias do semiárido (DSS, 2017).

O programa desenvolvido pela ASA visa atender uma necessidade básica da população que vive no campo: água de beber. Conseqüentemente o programa deseja melhorar a vida das famílias que vivem na Região Semiárida do Brasil, garantindo o acesso à água de qualidade que é o principal objetivo do Programa (ASA, 2017).

A experiência do P1MC, em mais de uma década, aponta um caminho novo para a construção das políticas públicas, pois demonstra uma ação que nasce da sistematização de experiências locais e da mobilização da sociedade civil para propor uma política pública efetiva e abrangente para o Semiárido, que garante o direito das populações rurais de ter água de qualidade para o consumo (ASA, 2017)

Segundo o site da ASA (2018), a ação do P1MC garante a mobilização e a formação das famílias e comunidades rurais como eixo fundamental da ação do programa. Dessa maneira, incluir a participação das famílias em cada etapa do processo contribui para a construção do entendimento de que a água é um direito e a cisterna é uma conquista da família. Por meio de treinamentos do programa, as cisternas são construídas pela própria comunidade, com capacidade de 16 mil litros, que é o volume necessário para abastecer uma família de até seis pessoas no período de estiagens. As cisternas são do tipo semienterrada de placas de cimento, tem o formato cilíndrico, e são cobertas. O P1MC é um dos maiores programas sociais do

mundo para a utilização da água da chuva, até o ano de 2019 já foram construídas mais de 600 mil cisternas distribuídas em todo o semiárido brasileiro.

A Figura 4 apresentam imagens do programa divulgadas no site da ASA.

Figura 4 – Imagens das cisternas distribuídas pelo programa.



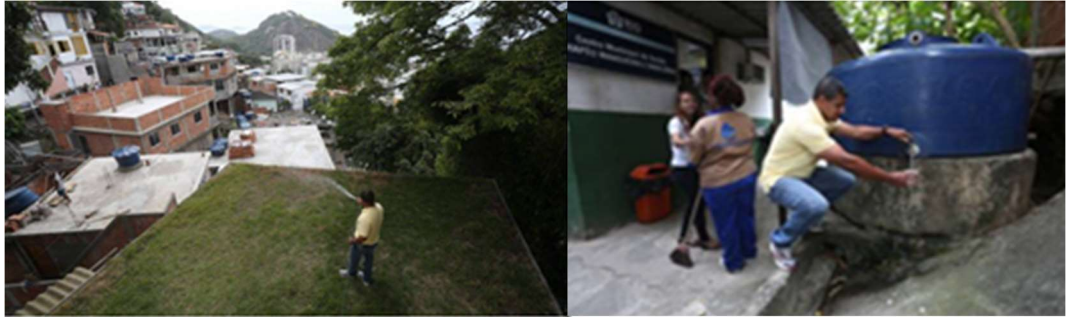
Fonte: ASA, 2017.

1.7.1 Uso da Água Pluvial no município do Rio de Janeiro

Na região Sudeste, mais especificamente na cidade do Rio de Janeiro, há poucas instalações de sistemas de aproveitamento de água pluvial, se for levado em consideração o grande potencial do município.

Em se tratando de comunidades carentes, há poucos relatos de aplicação do aproveitamento de água pluvial. A comunidade da Babilônia, no Bairro Leme, localizada na zona sul da cidade do Rio de Janeiro sofre com precário sistema de abastecimento de água. Dessa forma, o ex-presidente da associação de moradores, construiu um telhado verde para captar água da chuva (Figura 5). Esse sistema foi replicado para mais dois imóveis da comunidade, cuja capacidade de reservação do sistema é de 5000 L (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2017).

Figura 5 – Imagens do sistema de captação de água pluvial na comunidade da Babilônia, no bairro do Leme, na cidade do Rio de Janeiro.

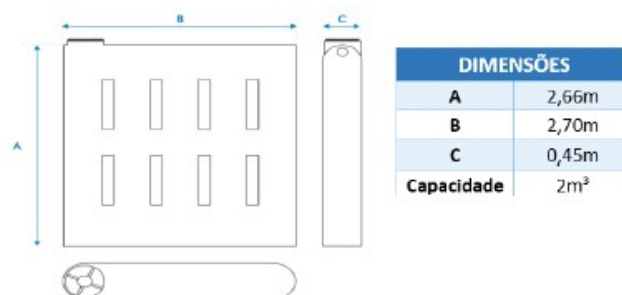


Fonte: TRATAMENTO DE ÁGUA, 2017.

Ainda em se tratando de soluções alternativas para o abastecimento de água em conglomerados subnormais no Rio de Janeiro, Melo *et al.* (2017) apresentaram soluções de baixo custo para gestão das águas pluviais cuja infraestrutura é precária na comunidade da Rocinha, no Rio de Janeiro. Localizada na zona sul da cidade, o bairro da Rocinha apresenta transtornos decorrentes das águas pluviais que se propagam no entorno via transporte de sedimentos e esgotos até a Lagoa Rodrigo de Freitas e Praia de São Conrado, regiões de alto valor imobiliário da cidade.

O sistema proposto por Melo *et al.* (2017) apresenta uma proposta de reserva de água pluvial que pode ser aplicado em comunidades carentes devido à falta de espaço, e a dificuldade de intervenções de engenharia. A alternativa apresentada por Melo *et al.* (2017) é um tanque compacto de armazenamento, da marca Fortlev, modelo tanque *Slim* Fortlev. As dimensões do tanque de armazenamento descrito são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Tanque *Slim* Fortlev.



Fonte: Melo *et al.* 2017.

O sistema de reserva tem capacidade de 2 m³. O estudo simulou que caso os tanques sejam instalados nas casas da comunidade, os volumes armazenados têm capacidade de reduzir a vazão máxima escoada em 20% em relação ao cenário atual, em que não há tanques de armazenamento. Além de reduzir o pico de vazão, os volumes retidos podem ser aproveitados na descarga dos vasos sanitários ou outro uso menos nobre, como irrigação e lavagem de pisos.

1.8 Os assentamentos informais do Brasil e do Rio de Janeiro

Desde 2006, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) busca formas de ampliar o conhecimento das características dos setores censitários classificados como aglomerados subnormais, que possuem também diferentes nomenclaturas no país, como: favela, comunidade, grotão, vila, mocambo e outros (IBGE, 2010).

As favelas podem ser consideradas um dos maiores exemplos da configuração socioespacial extremamente desigual das nossas cidades (GONÇALVES, 2006). Em muitas cidades as comunidades estão localizadas próximas a áreas extremamente nobres devido ao fato da proximidade do mercado de trabalho e o custo relativamente baixo do acesso à moradia nas favelas.

Autores como Nascimento e Heller (2005) consideram que a expansão urbana nas regiões metropolitanas, frequentemente não planejada, muitas vezes ilegal, encontra-se na origem de sérios comprometimentos da qualidade da água de mananciais de abastecimento urbano.

No Brasil, de acordo com o IBGE (2010), as características dos aglomerados subnormais são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Características do Brasil e dos aglomerados subnormais do Brasil e do Rio de Janeiro.

Descrição	Quantidade de setores censitários	Número de domicílios particulares ocupados	População residente em domicílios particulares	Área (ha)	Densidade demográfica (hab/ha)	Densidade de domicílios particulares ocupados (dom/ha)
Brasil (total)	314 000	67 569 688	190 755 799	851 600 000	0,223	0.079
Brasil (aglomerados subnormais)	15 868	3 224 529	11 425 644	169 170,3	67,5	19,1
Rio de Janeiro (total)	10 264	2 146 340	6 320 446	120 030,0	52,7	17,9
Rio de Janeiro (aglomerados subnormais)	2 227	426 965	1 393 314	5 421,3	257,0	78,8

Fonte: IBGE, 2010.

De acordo com a Tabela 10 os aglomerados subnormais apresentam cerca de 4,77% dos domicílios particulares ocupados, 5,98% da população, e ocupam 0,01% da área territorial brasileira. No Brasil, existe uma população de mais de 11 milhões de cidadãos morando em favelas. Esse ambiente gera riscos locais e circundantes, que inclui os recursos naturais, às condições de saúde, à coesão social e aos direitos individuais. Segundo Cohen (2006), há uma

grande preocupação com o aumento maciço do número de população urbana de baixa renda. No entanto, a medida que as cidades crescem, gerenciá-las torna-se cada vez mais complexo. Pois há sempre conflitos de interesses, corrupção, pessoas incapacitadas para ocupar cargos altos de poder público, falta de educação, dentre outros.

A população mundial tem crescido de forma exponencial, e a vasta maioria desse crescimento, ocorreu em países em desenvolvimento. Nesses países como um todo, inclusive o Brasil, a proporção do crescimento da população de baixa renda cresce mais rápido do que a taxa de crescimento urbano (COHEN, 2006).

Cavalcanti (2009) descreve diversos projetos de urbanização e programas sociais nos quais configuram estratégias de contenção do “risco social” presente nas comunidades e representado pelas desigualdades que constituem o espaço urbano. Esses “riscos sociais” são apresentados pela evasão escolar, analfabetismo, desemprego, preconceito, tráfico de drogas, ausência de saneamento, transmissão de doenças de veiculação hídrica, sexuais, e infecto contagiosas, e exclusão social.

Segundo Cohen (2006), a velocidade e escala de aumento nas grandes cidades e áreas metropolitanas do mundo criam enormes tensões sobre o meio ambiente e coloca grandes desafios ao desenvolvimento sustentável.

Segundo informações da publicação do IBGE (2013) acerca de aglomerados subnormais e suas informações territoriais, a Região Sudeste apresentou o maior percentual de aglomerados subnormais do País (55,5%). E ainda, a maior área ocupada por setores subnormais (33,3%), no entanto, as regiões Norte e Nordeste também apresentaram altos percentuais de áreas ocupadas por setores subnormais, 27,5% e 26,7% respectivamente.

Há registros históricos que as primeiras comunidades na cidade do Rio de Janeiro surgiram no Século XIX. No entanto, foi a partir dos anos 30 e 40 que as favelas se tornaram um dos grandes problemas urbanos da cidade, e estima-se que, nos anos 50, cerca de 10% da população do Rio de Janeiro morava em comunidades carentes (GONÇALVES, 2006).

O Rio de Janeiro é a cidade com a maior população vivendo em aglomerados subnormais do país. São 763 comunidades, ou seja, 22% da população da cidade, que corresponde a quase 1,4 milhão de pessoas. Estes números aumentam 2,4% a cada ano, enquanto a população morando em áreas formais aumenta a uma taxa de apenas 0,38%. (IBGE, CENSO 2010, e MELO, *et al.* 2017).

Outro problema das comunidades carentes do Rio de Janeiro é sua grande densidade demográfica se comparada ao restante da cidade. As dificuldades da cidade, como a falta de

planejamento urbano, fiscalização, aumento da população, desemprego, aumentam a taxa de densidade populacional nas favelas. Dessa forma, esses aglomerados tornam-se locais sem conforto, harmonia paisagística, e difícil acesso

De acordo com a Lei complementar municipal do Rio de Janeiro nº 111 que dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor no Rio de Janeiro e dá outras providências, cita no artigo 3º, inciso V e VI:

“V - Urbanização das favelas, dos loteamentos irregulares e clandestinos de baixa renda, com a implantação de infraestrutura, saneamento básico, equipamentos públicos, áreas de lazer e reflorestamento, aproveitando de todo o potencial turístico, visando à sua integração às áreas formais da Cidade, ressalvadas as situações de risco e de proteção ambiental;”

“VI - Contenção do crescimento e expansão das favelas, através da fixação de limites físicos e estabelecimento de regras urbanísticas especiais;”

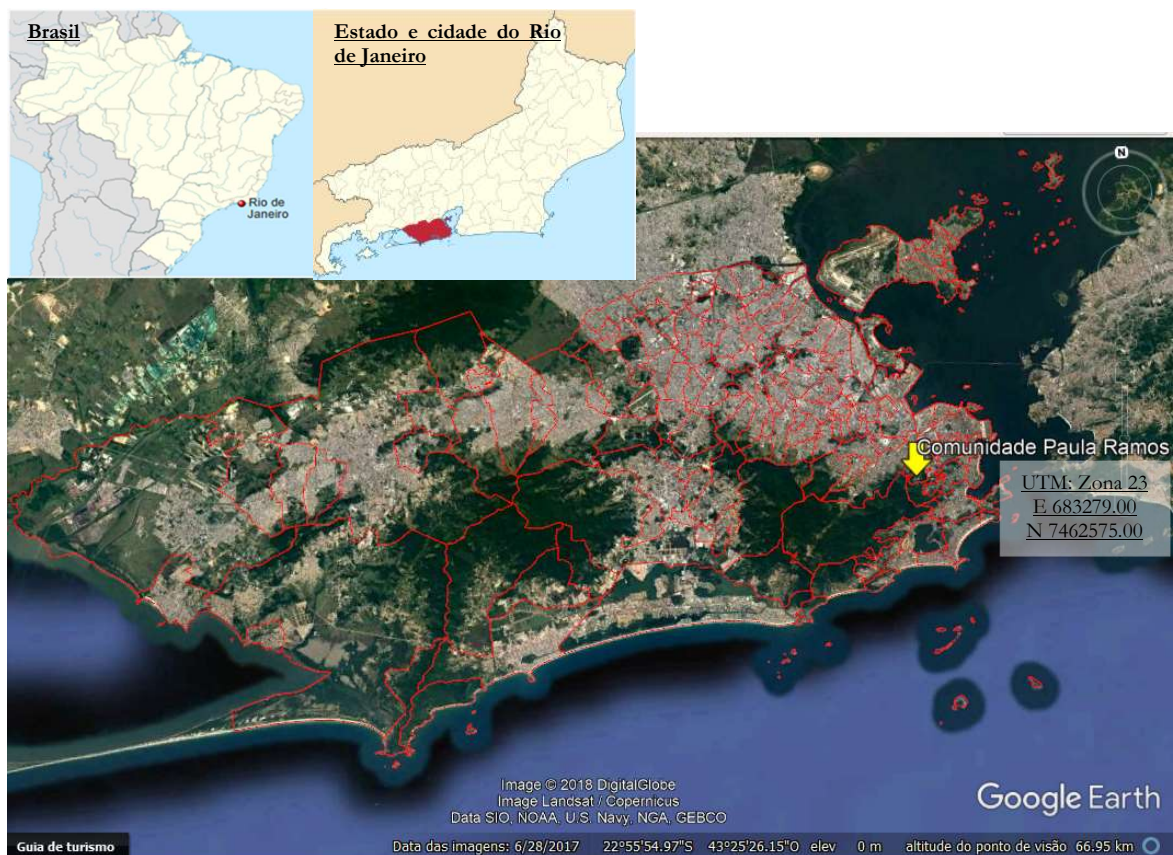
De acordo com os dados do IBGE apresentando a expansão das áreas de favela na cidade do Rio de Janeiro, conclui-se que a Lei municipal não está sendo cumprida.

2 METODOLOGIA

A metodologia consiste de seleção de local adequado e o desenvolvimento da concepção do projeto básico de baixo custo de sistemas de captação, tratamento, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e de aplicação em coberturas de telhados de comunidades carentes. A área de estudo selecionada é a comunidade do Acomodado do Complexo Paula Ramos, no bairro do Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ, por se tratar de região densamente ocupada, de características apropriadas ao projeto e por situar-se nas proximidades de um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais em operação desde 2013, no Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira ou CAP-UERJ.

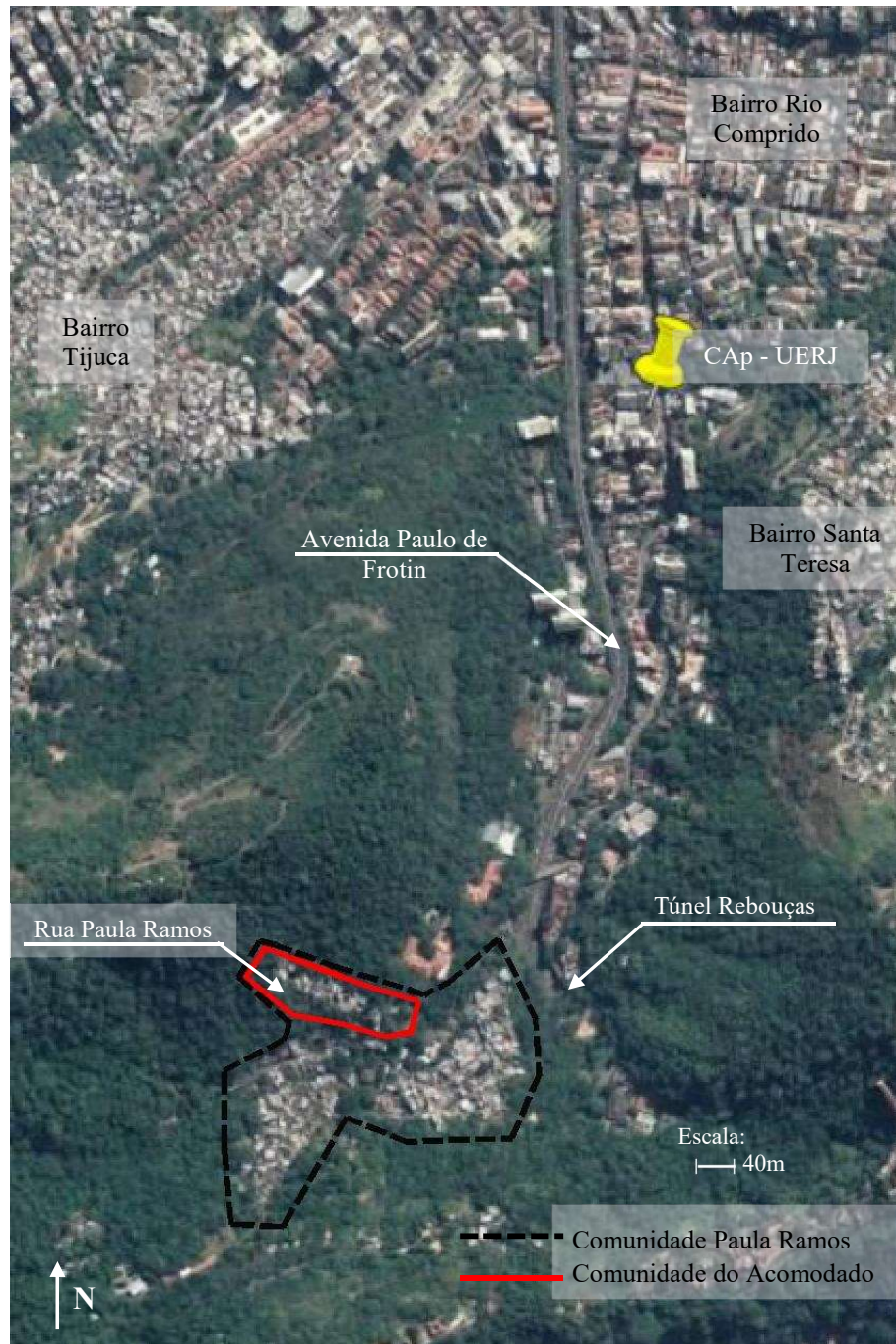
A Figura 7 apresenta a divisão dos bairros da cidade do Rio de Janeiro, e a Figura 8 apresenta o limite da área de estudo.

Figura 7 – Limite dos bairros do Rio de Janeiro, e localização da Comunidade Paula Ramos no Rio Comprido.



Fonte: Google Earth, 2018.

Figura 8 – Área de estudo- Comunidade do Acomodado, inserida na Comunidade Paula Ramos, e CAp - UERJ no Bairro Rio Comprido.



Fonte: Google Earth, 2018.

Nesse trabalho foram desenvolvidas 6 (seis) etapas metodológicas, descritas como: (1) caracterização da área de estudo, (2) apresentação/aceitação do projeto de aproveitamento de águas pela comunidade (3) estimativa da demanda hídrica residencial, (4) determinação do potencial de captação de água de chuva, (5) avaliação quantitativa e qualitativas da água da

chuva e (6) desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água de chuva, estimativa de custo e comparação entre as soluções de projeto.

2.1 Caracterização da área de estudo: Comunidade Paula Ramos – Bairro Rio Comprido – Rio de Janeiro - RJ

Esta etapa metodológica é a caracterização da área de estudo, que engloba a Comunidade Acomodado, do Completo Paula Ramos, localizada no bairro Rio Comprido na região central da cidade do Rio de Janeiro.

Foram analisados dados do IBGE (2010), da prefeitura municipal do Rio de Janeiro, registros históricos de ocupação da área, e aplicação de questionários com os moradores da comunidade.

2.1.1 Instrumento de pesquisa (questionários)

Foi elaborado um questionário a ser aplicado aos moradores da comunidade, de forma que pudesse caracterizar a comunidade como um todo. As perguntas englobavam acerca da escolaridade do entrevistado, quantidade de pessoas que moram na casa, principal mudança ambiental desde que chegou na comunidade, caracterização quanto ao uso da água e consumo doméstico da água.

O questionário original sofreu modificações, conforme o atendimento das condições locais. Foram excluídas as perguntas de idade, tempo de residência na comunidade, qualidade da água fornecida pela concessionária, demandas potáveis da água, e monitoramento do consumo por hidrômetro ou conta de água. A ressalva é a de que os entrevistados responderam a respeito de toda a família e não somente sobre sua participação individual.

O pré-teste do questionário foi efetuado a partir de duas entrevistas efetuadas pela pesquisadora com o presidente e o conselheiro da associação de moradores da comunidade Paula Ramos. Nesse momento, percebeu-se um desgaste dos entrevistados em responder as perguntas do questionário, devido ao tamanho das questões sendo necessários cerca de 40 minutos para finalização de cada questionário. Sendo assim, a fim de tornar o questionário mais viável de ser aplicado aos voluntários, e para que não se gastasse tanto tempo com as respostas, foram excluídas perguntas específicas que não viessem a prejudicar o conteúdo principal do trabalho. Em seguida, ao reaplicar o questionário para validação com os membros da associação, o tempo consumido esteve em torno de 15 minutos. A partir desse momento o questionário foi considerado como apto a ser aplicado com os demais moradores.

A tabulação e o tratamento dos dados obtidos dos questionários aplicados em entrevistas junto aos moradores foram realizados em planilha do *software Excel*. A elaboração se

desenvolveu por meio de perguntas que pudessem caracterizar a comunidade como um todo, e estimar sua demanda hídrica para fins não potáveis. A planilha utilizada nos questionários é apresentada no Apêndice 01 desse trabalho.

2.1.2 Caracterização da amostra

A pesquisa tomou como universo amostral a estimativa de 100 domicílios da comunidade apontados pelo Censo de 2010 (IBGE, 2010). Foi entrevistado apenas um morador de cada domicílio pertencente a amostra.

A amostra selecionada se baseou pelo Método da Amostragem Aleatória Simples, isto é, cada pessoa da população tem a mesma probabilidade de ser incluída.

Para Costa (2017) e Beux (2014) o erro amostral tolerável é de 9% e 7% respectivamente. Dessa forma, o tamanho da amostra de unidades domiciliares foi estabelecido para um erro máximo entre 5 e 10%, ou um grau de confiança de 90 a 95%.

Para determinar o tamanho necessário de questionários aplicados, calculou-se o tamanho da amostra para populações finitas, a partir das equações 13 e 14 (BARBETTA, 1999):

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \quad \text{Eq. (13)}$$

n_0 é uma primeira aproximação para o tamanho da amostra.

E_0 é o erro amostral (adotado 5 a 10%)

Então:

Para um erro amostral de 5%:

$$n_0 = \frac{1}{0,05^2} \gg n_0 = 400$$

Para um erro amostral de 10%

$$n_0 = \frac{1}{0,10^2} \gg n_0 = 100$$

Para se obter o tamanho da amostra, tem-se:

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0} \quad \text{Eq. (14)}$$

N é o tamanho (número de elementos da população)

n é o tamanho (número de elementos) da amostra

Assim sendo:

Para um erro de 5%:

$$n = \frac{100 \cdot 400}{100 + 400}$$

$$n = 80$$

Para um erro de 10%:

$$n = \frac{100.100}{100+100}$$

$$n = 50$$

Portanto, para que seja obtido um erro amostral de 5 a 10% se faz necessário aplicar de 50 a 80 questionários.

2.1.3 Considerações éticas

Como o trabalho envolve seres humanos, é necessária a aprovação do Comitê de Ética da pesquisa. O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UERJ via Plataforma Brasil pelo *website*: (<http://plataformabrasil.saude.gov.br>), a partir do processo nº79609817.9.0000.5282. Todos os voluntários selecionados foram informados sobre os propósitos da pesquisa. No momento da abordagem para a entrevista, era solicitado que o indivíduo assinasse o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** apresentado no Apêndice 02. Nenhum dos entrevistados se negou a assinar o termo.

O Anexo 01 apresenta o parecer consubstanciado do comitê de ética para pesquisa envolvendo seres humanos recebido do COEP, e a submissão do projeto pelo Comissão de Ética e Pesquisa da UERJ, é apresentado no Anexo 02.

2.1.4 Coleta de dados

Os questionários foram aplicados por dois entrevistadores entre 28 de fevereiro e 1º de março de 2018. As entrevistas ocorreram na entrada da comunidade no primeiro dia, e ao longo da mesma no segundo dia.

Os entrevistadores foram identificados por crachá (Figura 9) com informações do nome do entrevistador, função, agência financiadora (FAPERJ), nome do projeto, e a universidade de origem (UERJ). Além da identificação do crachá, foram utilizados coletes, contendo o nome da UERJ, e do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente.

Figura 9 – Crachá de identificação utilizado nos dias da entrevista.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Durante os dias da entrevista, as entrevistadoras contaram com a presença de dois moradores que se propuseram a ajudar de forma voluntária na pesquisa. Os colaboradores identificavam se os transeuntes eram moradores da comunidade do Acomodado e, caso positivo, o questionário era aplicado. Imagens da aplicação dos questionários são apresentadas na Figura 10.

Figura 10 – Aplicação dos questionários na comunidade do Acomodado, no complexo da Comunidade Paula Ramos, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.



Fonte: Autoria própria, 2018.

2.1.5 Tratamento dos dados

Após a aplicação dos questionários na comunidade, os dados foram tabulados em uma planilha *Excel*. E o tratamento estatístico realizado foi a média entre as respostas.

2.2 Apresentação/Aceitação do projeto de aproveitamento de águas pluviais na Comunidade Paula Ramos

Uma das perguntas do questionário indaga se o morador se dispõe a aproveitar a cobertura da sua casa para a implantação de um sistema de águas pluviais. Esta pergunta tem fundamental importância para o projeto devido ao requisito de exigência de áreas livres de captação de águas pluviais para a implantação do sistema, envolvendo toda a comunidade.

De modo a permitir maior afinidade, aceitação e integração social do projeto, foram realizadas três apresentações dos trabalhos como proposta junto à comunidade.

2.3 Estimativa da demanda hídrica residencial

A partir da tabulação dos dados dos questionários, é possível estimar a demanda hídrica para fins não potáveis na comunidade do Acomodado. A primeira pergunta do questionário diz a respeito da quantidade de moradores da residência, o que permite estimar a demanda de água não potável total da residência. Os consumos de cada aparelho hidrossanitário foi estimado de acordo com dados da literatura.

As perguntas relacionadas ao uso doméstico de água não potável referem-se a quantidade e duração de banhos, utilização da máquina de lavar roupa, tipo, acionamento e frequência do vaso sanitário e frequência de lavagem de piso ou área externa. Embora o banho não seja considerado uma demanda potável, optou-se por incluí-lo no questionário de modo a se obter o valor de uso desagregado do consumo de água na residência.

Após a aplicação dos questionários, os resultados foram agrupados a fim de se visualizar determinadas características da amostra em relação ao consumo de água. Foi então calculada a média dos consumos das residências, e o consumo *per capita* para obter a média de consumo geral da comunidade do Acomodado.

2.4 Determinação do potencial de captação de água da chuva da Comunidade do Acomodado

O potencial de captação de água pluvial é dado por coberturas, lajes, telhados, superfícies impermeáveis, e outros, além da quantidade de chuva disponível na região.

No caso específico da comunidade do Acomodado a área potencial de captação de água de chuva é dada pelas coberturas das residências.

Para analisar o potencial volume de água possível de ser captada é preciso estimar a área total de captação, ou a área aproveitada dos telhados para a coleta de água de chuva das residências situadas na comunidade do Acomodado. A área a ser determinada é plana e inclui beirais. As áreas das edificações foram delimitadas no software AutoCAD®

A prefeitura dispõe de mapas aerofotogramétricos de todo o município no site do Armazém de Dados da prefeitura, disponível em: <www.armazemdedados.rio.rj.gov.br> Na aba <mapoteca> e <folhas cartográficas>.

Como forma de complementar os dados obtidos no Armazém de Dados da prefeitura, foi solicitado formalmente um ofício à Gerência de Cartografia do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos no fornecimento em meio digital do arquivo *287-CII-4* da base topográfica da cidade do Rio de Janeiro, referente ao Bairro Rio Comprido e Comunidade Paula Ramos. A referência do arquivo é originária da planta geral da Cidade.

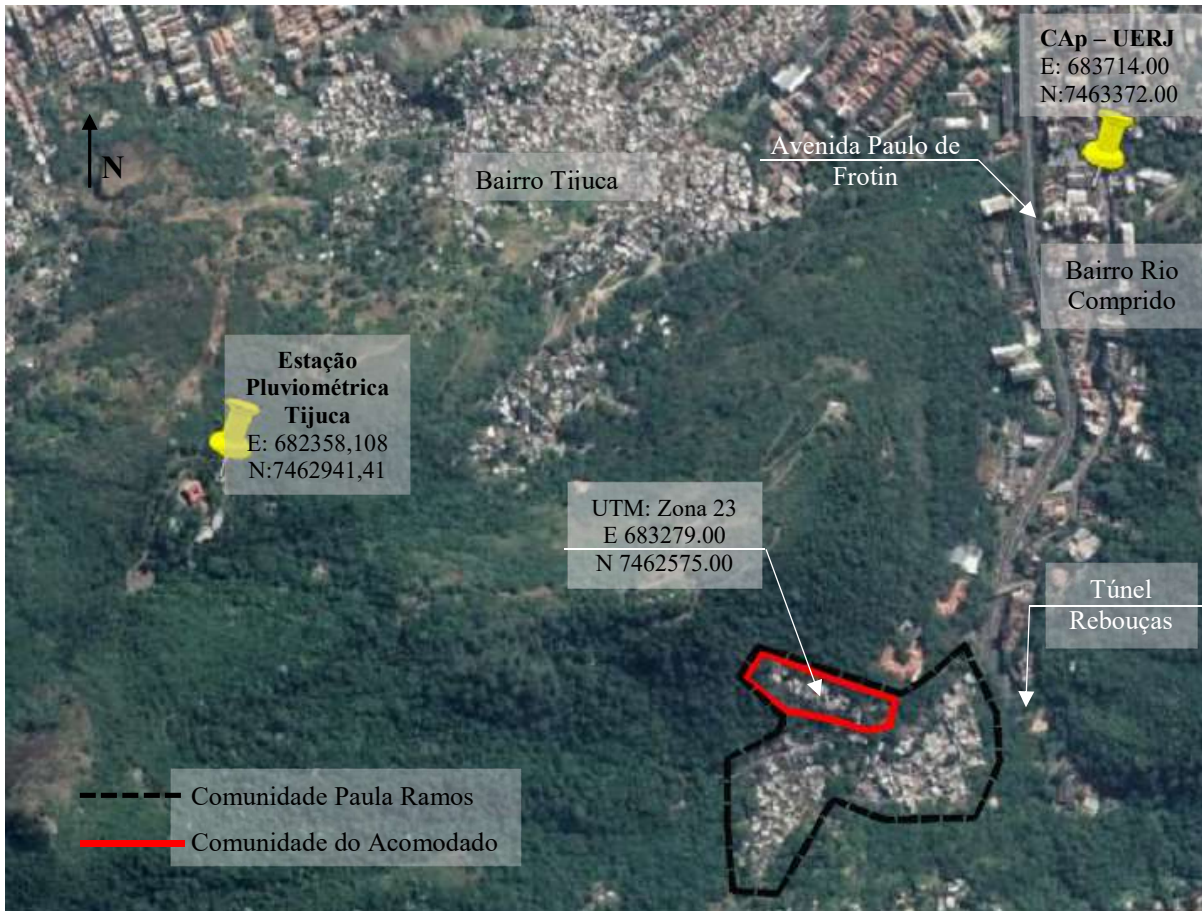
2.5 Avaliação quantitativa e qualitativa da água pluvial disponível

No que se refere a qualidade da água da chuva, esse estudo tem como fundamentação o estudo técnico-científico e de base experimental implantado com monitoramento contínuo de dados desde o ano de 2013 no CAP-UERJ, distante cerca de 1 km do Complexo Paula Ramos, sob coordenação do professor Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior.

Análises consolidadas de determinados resultados associados a esse experimento do CAP-UERJ permitem uma apropriação regionalizada de dados de qualidade de água da chuva armazenada no sistema implantado, como elemento de referência para correlacionar ao estudo em questão. Os dados disponíveis do sistema do CAP-UERJ dos aspectos qualitativos das águas pluviais servem, portanto de apoio para fornecer informações compatíveis quanto aos parâmetros de qualidade de água, devido a sua proximidade com a comunidade de interesse/estudo.

Para a determinação dos totais pluviométricos utilizados no cálculo dos volumes de armazenamento de água da chuva, foram empregados dados do Sistema Alerta Rio, da Prefeitura do Rio de Janeiro. Adotou-se a Estação Pluviométrica número 4 da Tijuca, considerada mais próxima e equidistante cerca de 1,0 km da região do Complexo Paula Ramos, cujas séries históricas compreendem 20 anos de dados monitorados a cada 15 minutos. A Figura 11 apresenta a localização da Comunidade Paula Ramos/Acomodado, a Estação pluviométrica Tijuca e o CAP-UERJ.

Figura 11 – Localização da Comunidade Paula Ramos, estação pluviométrica Tijuca e CAP-UERJ.



Fonte: Google Earth, 2018 (adaptado).

De acordo com os dados fornecidos pelo Alerta Rio, foi tabulada a precipitação diária ao longo dos 12 meses, entre os anos de 1997 a 2017. Este período foi selecionado por sua relevância temporal e pela completude dos dados. Os dias sem medição foram considerados sem precipitação. Dessa forma, foi possível calcular a precipitação acumulada mensal e anual, ao longo do período avaliado. Também foi calculada a média anual de precipitação ao longo de uma série histórica de 20 anos, e a quantidade de dias consecutivos secos observados na referida estação pluviométrica.

A quantidade de dias consecutivos secos (GROUP RAINDROPS, 2002) é determinada pelo maior intervalo consecutivo diário sem chuvas a partir da série histórica de dados de precipitação de 20 anos. O método considera precipitações diárias inferiores a 1 mm como dias secos. Com a ferramenta estatística de distribuição de frequência de *Gumbel*, obteve-se os dias secos consecutivos para um período de retorno de 10 anos, o que significa uma probabilidade de 10% de ocorrer o evento de estiagem num dado ano, conforme a equação (15).

$$x = \bar{x} - \sigma \left[0,45 + 0,7797 \cdot \ln \left(\ln \frac{TR}{TR-1} \right) \right] \quad \text{Eq. (15)}$$

Sendo: x = Dias consecutivos secos da série histórica

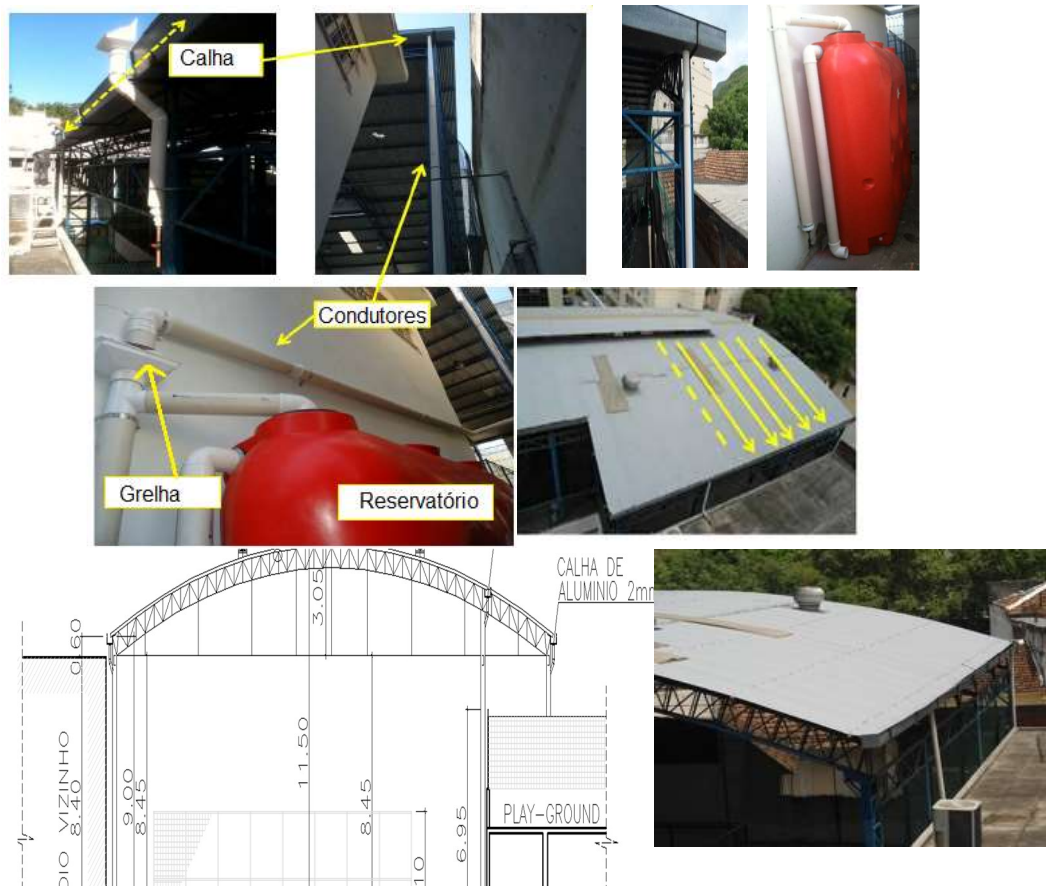
\bar{x} = Média dos dias consecutivos secos

σ = Desvio padrão da amostra

TR = Tempo de retorno (anos)

O sistema de aproveitamento de água pluvial do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira ou CAP-UERJ encontra-se localizado no bairro do Rio Comprido, na Rua Santa Alexandrina, em região de elevado adensamento urbano e populacional. O sistema do CAP-UERJ se encontra em operação desde 2013 sendo composto de calhas, condutores verticais e horizontais, sistema separador de sólidos e dispositivo de separação do fluxo de descarte inicial ou *first flush*, e o reservatório. O sistema de aproveitamento de águas pluviais do CAP-UERJ utiliza área de captação de 80 m² correspondente à cerca de ¼ da cobertura da quadra poliesportiva, com volume do escoamento superficial direcionado para um reservatório de 2 460 litros, situado lateralmente próximo ao muro de divisa do prédio vizinho. A Figura 12 apresenta as unidades componentes do sistema de captação de águas pluviais do CAP – UERJ.

Figura 12 – Unidades componentes do sistema de captação de águas pluviais do CAP – UERJ, que inclui os pontos de coleta de amostra do sistema, que são eles (i) precipitação direta, (ii) *First Flush*, e (iii) Reservatório.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Coletas mensais foram realizadas em pontos específicos do sistema, a fim de verificar a qualidade da água pluvial em diferentes sistemas de armazenamento e amostragem. Os pontos de coleta são: a precipitação direta, o *first flush* e o reservatório de armazenamento. O sistema de *first flush* instalado descarta aproximadamente 0,2 mm da chuva inicial. A foto de um dia de coleta do *first flush*, e do reservatório de armazenamento são ilustradas na Figura 13.

Figura 13 – Coleta de amostra de água no *first flush* e no reservatório.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Os parâmetros de qualidade analisados das amostras coletadas são: pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade, turbidez, alcalinidade, carbono orgânico total (COT), cor e coliformes totais e termotolerantes. As análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia Sanitária (LES) da UERJ, pertencentes ao Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, com exceção das análises microbiológicas de coliformes totais e termotolerantes, realizadas em laboratório externo.

Todas as metodologias para a realização das análises seguem os padrões “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” utilizado como referência desde 1905 de métodos padrão para análise de águas e esgotos.

O resumo do método, equipamento, e modelo utilizados em cada análise é apresentado na Tabela 11.

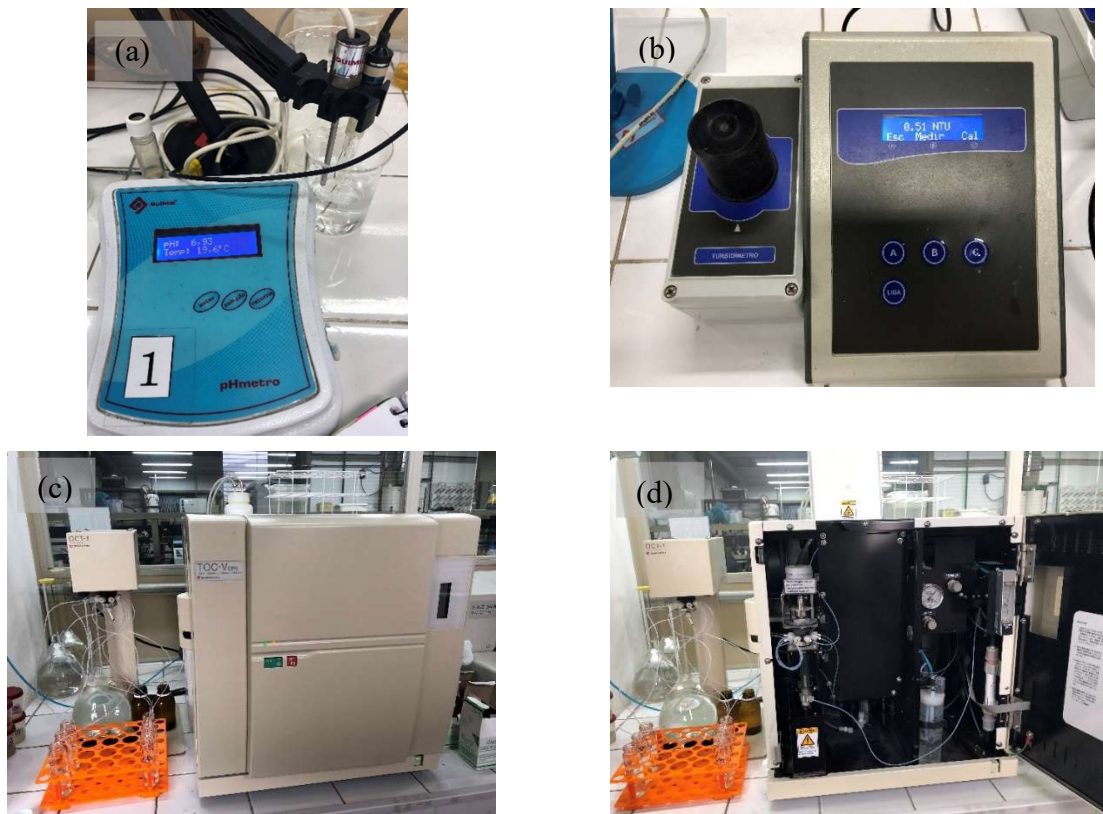
Tabela 11 – Análise, número do método, método/equipamento/modelo utilizados nas amostras de água pluvial coletadas no CAP – UERJ.

Análise	Número do Método	Método/Equipamento/Modelo
pH	4500-H ⁺ B	pHmetro/Quimis
Sólidos Totais Dissolvidos	2540 C	Gravimetria
Turbidez	2130 B	Turbidímetro/ TecnoPON TB-1000
Alcalinidade	2320 B	Titulação
Carbono Orgânico Total (COT)	5310	Total Organic Carbon Analyzer/ Shimadzu/
Cor	2120	Espectrofotometria/Hach
Coliformes Totais e Termotolerantes	9225.D	Método do Número mais provável (NMP)

Fonte: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 2012.

A Figura 14 ilustra os equipamentos utilizados nas análises: (1) pHmetro, (2) turbidímetro, (3) *Total Organic Carbon Analyzer* fechado e (4) *Total Organic Carbon Analyzer* aberto.

Figura 14 – Equipamentos utilizados nas análises de qualidade da água: (a) pHmetro, (b) turbidímetro, (c) *Total Organic Carbon Analyzer* fechado e (d) *Total Organic Carbon Analyzer* aberto.



Fonte: Autoria própria, 2018.

2.6 Desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água de chuva e estimativa de custo

O projeto de aproveitamento de água da chuva se caracteriza como um sistema desenvolvido para comunidades urbanas de baixa renda, contempla produtos de baixo custo, interesse coletivo de mínimo desperdício da precipitação efetiva, conciliado a determinados critérios técnicos e com apoio dos usuários moradores da comunidade.

O desenvolvimento do projeto contempla critérios da NBR 15 527/2007, e outras referências de dados técnicos capazes de dimensionar o sistema como um todo, de modo a consolidar um modelo de pequeno custo compatível à realidade local, cujas aplicações estejam focadas para regiões de comunidades de baixa renda. Nesse sentido, o projeto se valoriza como de capacitação técnica e de amplitude socioambiental.

O desenvolvimento do sistema de aproveitamento envolve mecanismos específicos capazes de adequar o uso do recurso mediante às necessidades do usuário, no entanto não há recomendação normativa para usos potáveis na apropriação dos volumes armazenados. Dessa forma, estão previstos sistemas de tratamento elaborados capazes de priorizar usos menos restritivos, sobretudo pelas condições locais nesses assentamentos informais de salubridade indesejada e, portanto, de elevado potencial de contaminação.

Os sistemas de captação, tratamento, e armazenamento ocorrem de forma coletiva ou individual. A descrição e o respectivo dimensionamento dos sistemas são apresentados na solução coletiva e individual.

O conceito para a solução coletiva é um grupo de casas que gera precipitação efetiva para um reservatório a jusante comunitário. Já na solução individual cada casa gera a precipitação efetiva para o seu próprio reservatório.

2.6.1 Captação da água pluvial em área da comunidade

2.6.1.1 Solução coletiva

Para a solução coletiva, a execução do projeto depende fundamentalmente de características físicas peculiares de edificações instaladas em regiões com acentuada declividade topográfica de modo que as coberturas vizinhas à montante estejam relativamente alinhadas e desniveladas entre si de forma gradual à medida que decrescem as curvas de níveis do terreno. Dessa forma, identificam-se cenários de ocupação de coberturas de habitações construídas de maneira aparentemente desordenada, no entanto cujas áreas de telhado à montante de forma linearizada servem de captação para o armazenamento e o aproveitamento

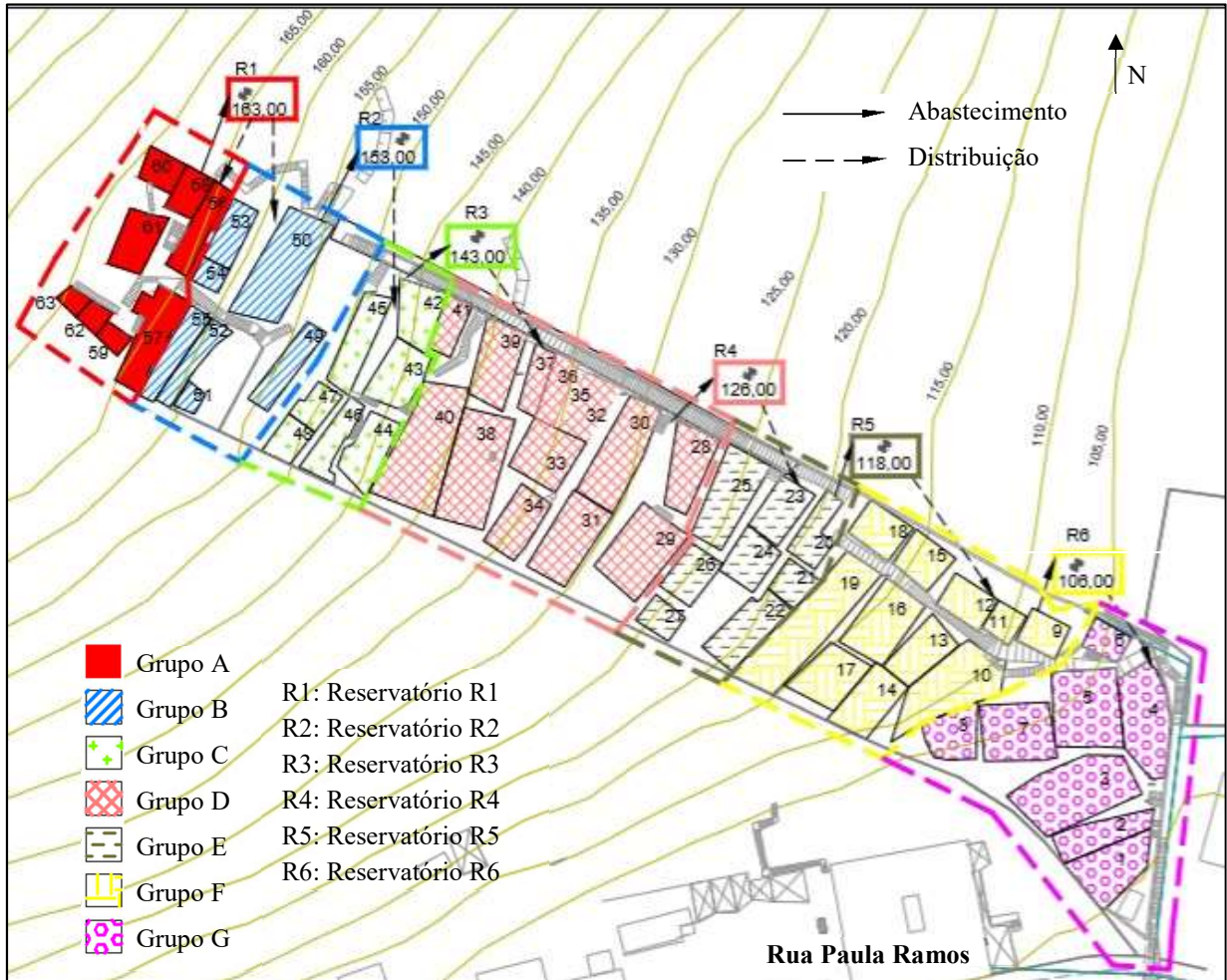
das águas pluviais para moradias à jusante, sem o uso de sistemas de bombeamento ou energia. Essas áreas por sua vez, contribuem na formação de um sistema integrado de coleta de água da chuva de forma seriada, para uso no conjunto de moradias posteriores e assim de maneira sucessiva no desenvolvimento do projeto de baixo custo.

A proposta é desenvolver um projeto básico com avaliação de qual a melhor proposição de abastecimento em cada bloco de residências, e respeitando as cotas altimétricas e as edificações à jusante, de modo a facilitar o sistema de abastecimento e distribuição dos volumes armazenados à toda a comunidade.

Os reservatórios foram locados em cotas altimétricas de modo que a última casa do grupo a montante de abastecimento estivesse há 2 metros acima da cota de implantação do reservatório. Já o início do grupo a receber a água do reservatório, a primeira casa deve estar 2 metros abaixo da cota de implantação do reservatório, gerando assim os patamares de pressão da área, formado por cada grupo de casas.

O esquema básico de representação do sistema tecnológico integrado de coleta de água pluvial é apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Esquema de desenvolvimento da captação para comunidade do Acomodado no complexo Paula Ramos, bairro Comprido, Rio de Janeiro-RJ.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A definição e a configuração dos sistemas de captação adquiriram terminologias capazes de identificar as áreas e zonas de pressão representados por:

Grupo A => R1 => Grupo A e Grupo B (área de captação do Grupo A gera precipitação efetiva ou volume de escoamento superficial para o reservatório R1 que abastece o conjunto de moradia Grupo A e Grupo B);

Grupo B => R2 => Grupo C (área de captação do Grupo B gera precipitação efetiva ou volume de escoamento superficial para o reservatório R2 que abastece o conjunto de moradia do Grupo C);

Grupo C => R3 => Grupo D (área de captação do Grupo C gera precipitação efetiva ou volume de escoamento superficial para o reservatório R3 que abastece o conjunto de moradia do grupo D);

Grupo D => R4 => Grupo E (área de captação do Grupo D gera precipitação efetiva ou volume de escoamento superficial para o reservatório R4 que abastece o conjunto de moradia do Grupo E);

Grupo E => R5 => Grupo F (área de captação do Grupo E gera precipitação efetiva ou volume de escoamento superficial para o reservatório R5 que abastece o conjunto de moradia do Grupo F) e;

Grupo F => R6 => Grupo G (área de captação do Grupo F gera precipitação efetiva ou volume de escoamento superficial para o reservatório R6 que abastece o conjunto de moradia do Grupo G).

Todo o sistema de distribuição é por gravidade, com exceção da distribuição do grupo R1 para o grupo A, pois situa na área com cotas mais elevadas, sendo assim a área mais prejudicada da comunidade. Não foi projetada área a montante do Grupo A para que seja distribuída água por gravidade. Dessa forma, julgou-se conveniente incluir uma unidade elevatória exclusivamente para este grupo, a fim que os moradores no topo a montante da área não fiquem prejudicados.

O esquema das captações coletivas pode ser resumido de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12 – Funcionamento da captação do sistema integrado da comunidade do Acomodado no complexo Paula Ramos.

Função	Reservatório R1	Reservatório R2	Reservatório R3	Reservatório R4	Reservatório R5	Reservatório R6
Captação	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Grupo E	Grupo F
Distribuição	Grupo A e Grupo B	Grupo C	Grupo D	Grupo E	Grupo F	Grupo G

Fonte: Autoria própria, 2019.

2.6.1.2 Solução individual

Na solução individual cada casa é responsável por sua própria captação, tratamento, e armazenamento da água, sem a utilização de unidades elevatórias.

Em um conjunto de 63 edificações habitadas na comunidade do Acomodado, suas áreas de cobertura variam de 10 a 140 m². Para que não fossem projetados 63 sistemas diferente, as áreas foram divididas em 5 (cinco) grupos de acordo com o tamanho da cobertura. Dessa forma, o dimensionamento do sistema individual ocorre de acordo faixas em que área da casa está inserida, como:

Grupo 1: Áreas de 10,0 a 35,0 m²;

Grupo 2: Áreas de 35,1 a 60,0 m²;

Grupo 3: Áreas de 60,1 a 85,0 m²;

Grupo 4: Áreas de 85,1 a 110,0 m² e

Grupo 5: Áreas de 110,1 a 140,0 m².

2.6.1.3 Calhas

Como forma de reduzir o custo dos materiais utilizados nesse projeto, foi proposta a utilização de calhas horizontais de garrafas PET, além de mais barata, sua utilização poderá ajudar a evitar o descarte de resíduos sólidos lançados de forma incorreta, e na condução da água no aproveitamento de água pluvial.

A montagem das calhas horizontais de garrafas PET é simples, e pode ser realizada pelos próprios moradores. Para a confecção das calhas, além das garrafas PET, são utilizados materiais de fácil acesso, como faca, tesoura, rebite, perfurador de papel unitário, máquina rebiteira manual, fita adesiva, e tábua de madeira para dar o suporte as calhas. O anexo 03 apresenta um exemplo de cartilha de montagem de calhas de garrafas PET (SANTOS, 2011).

A preferência da montagem das calhas é com garrafas lisas e devem ser bem lavadas e higienizadas a fim de evitar a proliferação de doenças e acúmulo de sujeira (ZEN, 2008).

Nessa etapa metodológica foi calculado o perímetro das casas da comunidade do Acomodado, a fim de quantificar as calhas necessárias para suprir a demanda. Como não foi possível identificar a quantidade de “águas” nos telhados das casas, considerou-se todo o perímetro da casa dividido por dois como sendo um telhado de “duas águas”. Dessa forma, foi possível quantificar calhas requeridas para a condução da água captada.

As calhas de garrafa PET são apoiadas em ripas de madeira e instaladas a cada 2 metros em sua seção longitudinal. A fixação das calhas com as ripas é feita a partir de uma amarração de fio de cobre Esmaltado Soldável 155°C AWG 28, sendo utilizado 0,5 m de fio para cada ripa.

As calhas têm a declividade mínima de 0,5% conforme NBR 10 844/89. As garrafas PET possuem cerca de 110 mm de diâmetro, no entanto é adotado um diâmetro de 100 mm como sendo o diâmetro da calha. Para verificação de sua capacidade de vazão considerou-se a seção plena, com declividade 0,5%. Quanto a intensidade máxima para o período de retorno de 1 ano é de 120 mm/h para a cidade do Rio de Janeiro, conforme NBR 10.844/89. A equação (16) estabelece o valor da vazão em função da intensidade pluviométrica e área de captação.

$$Q = \frac{I.A}{60} \quad \text{Eq. (16)}$$

Sendo:

Q = Vazão de projeto em L/min;

I = Intensidade (mm/h), 120 mm/h para a cidade do Rio de Janeiro e

A= Área de captação em m².

Neste estudo, é dimensionada a vazão de projeto para cada casa situada na comunidade do Acomodado.

A NBR 10.844/89 indica as vazões máximas possíveis de serem transportadas nas seções com 2/3 de enchimento ($Q_{2/3\ 100\text{mm}}$) dos condutores horizontais, e Tomaz (2015) fornece a porcentagem da vazão plena em função da relação de altura por diâmetro ($H/D = 2/3$), ou seja, $0,66.D$, então, para a seção plena o valor da altura de 66% corresponde a 77% da seção plena (equação 17).

$$Q_{\text{plena}} = 100. Q_{2/3\ 100\text{mm}} / 77 \text{ (l/min)} \quad \text{Eq. (17)}$$

2.6.2 *Tratamento da água da chuva*

O nível do tratamento da água pluvial depende diretamente da finalidade do uso da água. Essa etapa metodológica desenvolvida para sistemas de baixo custo a serem aplicadas em assentamentos informais consiste de: (i) montagem do *First Flush* e clorador de baixo custo e (ii) correção do pH da água pluvial com pedras de dolomita.

A partir do estudo da correção do pH com pedras de dolomita, e cloração da água para desinfecção de possíveis contaminantes, foi montado um protótipo laboratorial para simular o funcionamento os efeitos do tratamento da água da chuva.

2.6.2.1 *Montagem do descarte de First Flush e clorador de baixo custo*

O sistema do *First Flush* ou de lavagem inicial da precipitação é considerado um item fundamental de melhoria da qualidade da água pluvial de modo a atender aos padrões mínimos requeridos pela NBR 15527/2007.

No entanto, esses equipamentos não são produzidos no Brasil de forma integral, sendo capazes de onerar o custo de produção em larga escala, sobretudo por serem produtos importados.

Dessa forma, a proposição desse trabalho é desenvolver um sistema de *First Flush* e cloração de baixo custo, de fácil montagem e operação pelos moradores da própria comunidade e para que possam acoplar às instalações hidráulicas prediais do sistema como um todo.

A fim de montar esse sistema de *First Flush* com cloração foram estudadas peças comerciais disponíveis no mercado. A composição das peças e acessórios permite a obtenção de um produto cuja função é o tratamento da água pluvial, com objetivo de descartar os poluentes grosseiros originários da deposição seca e úmida sobre o telhado das coberturas das residências, além de realizar a desinfecção por meio de pastilhas de cloro.

Dessa forma, foram desenvolvidos 5 (cinco) filtros como protótipos experimentais, em função do tamanho da área de captação da cobertura e da divisão dos grupos 1, 2, 3, 4 e 5 para atender a solução coletiva (capítulo 2.6.1.1) e individual (capítulo 2.6.1.2). Como cada 1 mm de água pluvial corresponde a um litro por metro quadrado, o filtro é elaborado em um diâmetro de 150 mm e calculada a sua altura para cada um dos grupos da comunidade para que fosse realizado o descarte de 0,5 mm de precipitação efetiva. Segundo estudos do PROSAB (2006), já apresentam qualidade adequada para fins não potáveis.

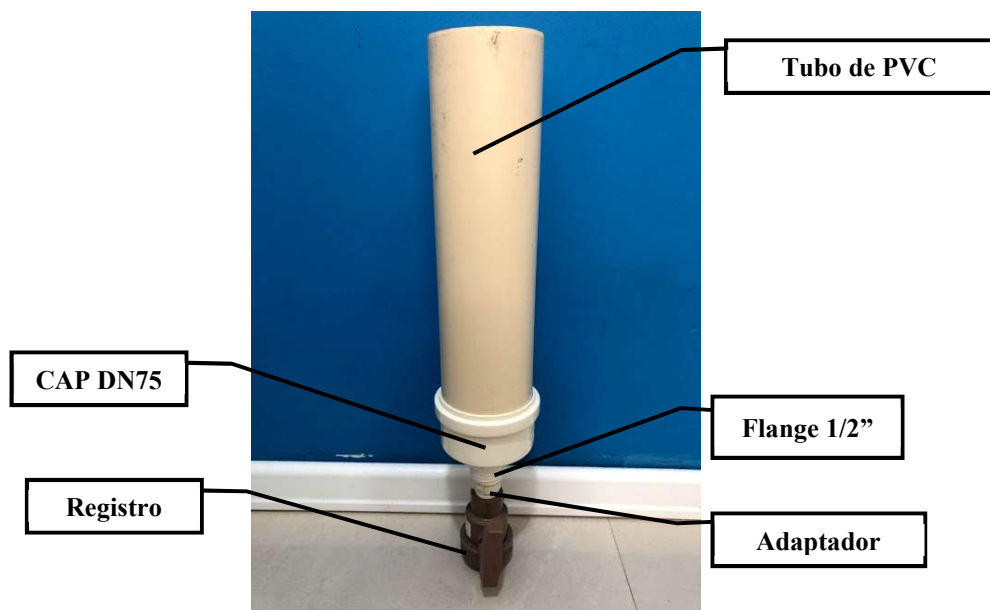
2.6.2.2 *Montagem do protótipo de simulação de tratamento*

Com o intuito de que a água pluvial mantenha um pH e concentração de cloro residual ideais foi montado um protótipo de tratamento utilizando pedras de dolomita e pastilhas de cloro.

A fim de que a amostra de água pluvial passe de forma constante pelo protótipo de tratamento também foi montando um controlador de vazão, para que a vazão seja sempre constante nas superfícies das pedras e na pastilha de cloro.

O controlador de vazão foi montado com um tubo de PVC, um cap na extremidade do tubo, um flange, um adaptador e um registro de ½” com ¼ de volta. A Figura 16 apresenta a imagem do controlador de vazão.

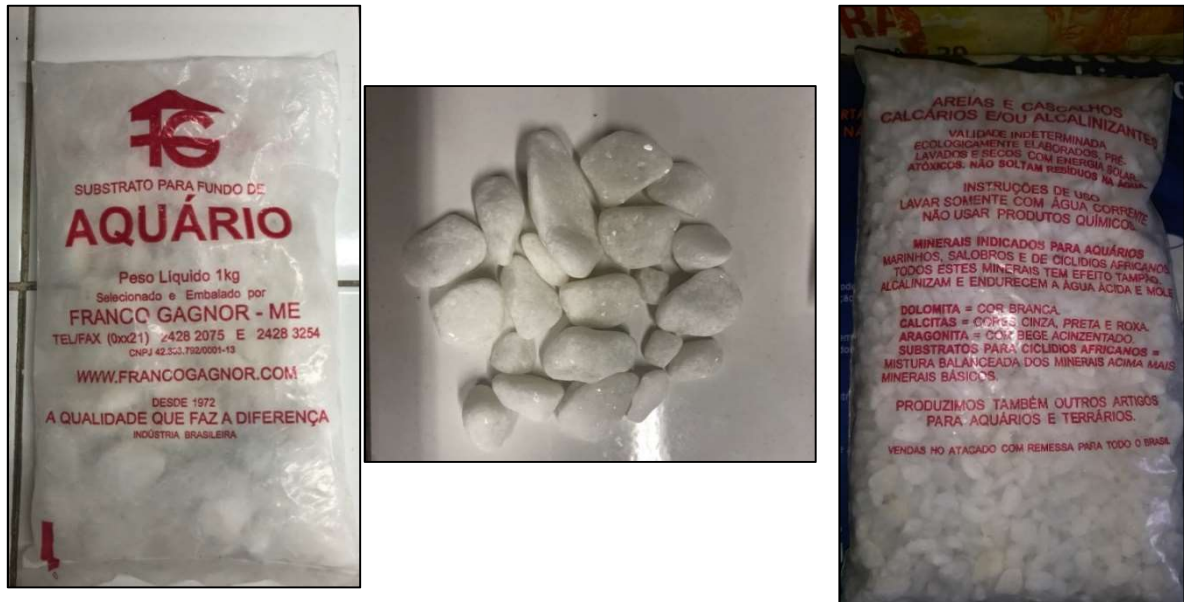
Figura 16 – Controlador de vazão utilizado na pesquisa para simulação do volume de precipitação efetiva.



Fonte: A autoria própria, 2018.

Para a aquisição das pedras de calcário, adquiriu-se 1 kg de dolomita em loja especializada de aquários, da marca *Franco Gagnor*, conforme informações na embalagem (Figura 17).

Figura 17 – Pedras de dolomita utilizadas nesse trabalho.



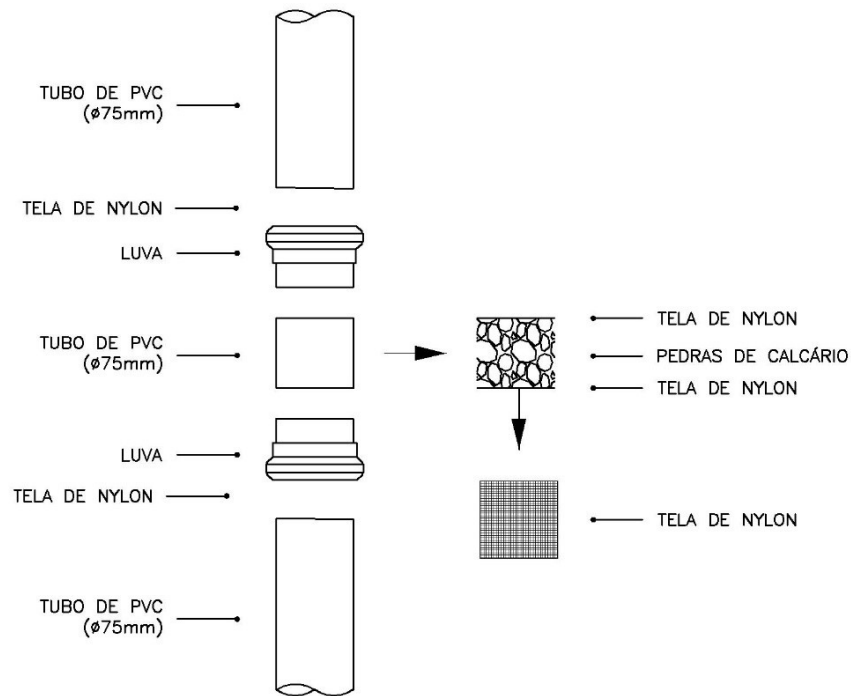
Fonte: Autoria própria, 2018.

Existem sistemas comerciais de tratamento de água pluvial que utilizam pedras de calcário para a alcalinização da água. No entanto, esses sistemas possuem um alto custo de investimento.

Em função da carência de referência acerca de utilização de pedras de dolomita na alcalinização da água, foram necessários ensaios laboratoriais de modo a compatibilizar a amostra das pedras, de maneira que a água possua um pH ideal entre 6,8 e 7,2, como recomendado pela NBR 15527/07.

A vazão e volume amostra de água pluvial a ser analisada é obtida pelo controlador de vazão com o registro de esfera situado na saída do tubo. Abaixo do controlador de vazão instalou-se o protótipo do filtro de calcário, formado por tubos de PVC, duas luvas, tela de *nylon*, e diferentes quantidades de pedras de dolomita. Foram montados 3 (três) filtros de calcário, sendo eles com 53,18 g, 100,67 g e 153,77 g respectivamente. As quantidades de pedras de dolomita foram estimadas de forma compatível com o tamanho do protótipo, devido à ausência de referências realizando esse tipo de experimento. A Figura 18 apresenta o projeto e montagem do filtro de calcário.

Figura 18 – Projeto e protótipos dos filtros de calcário.



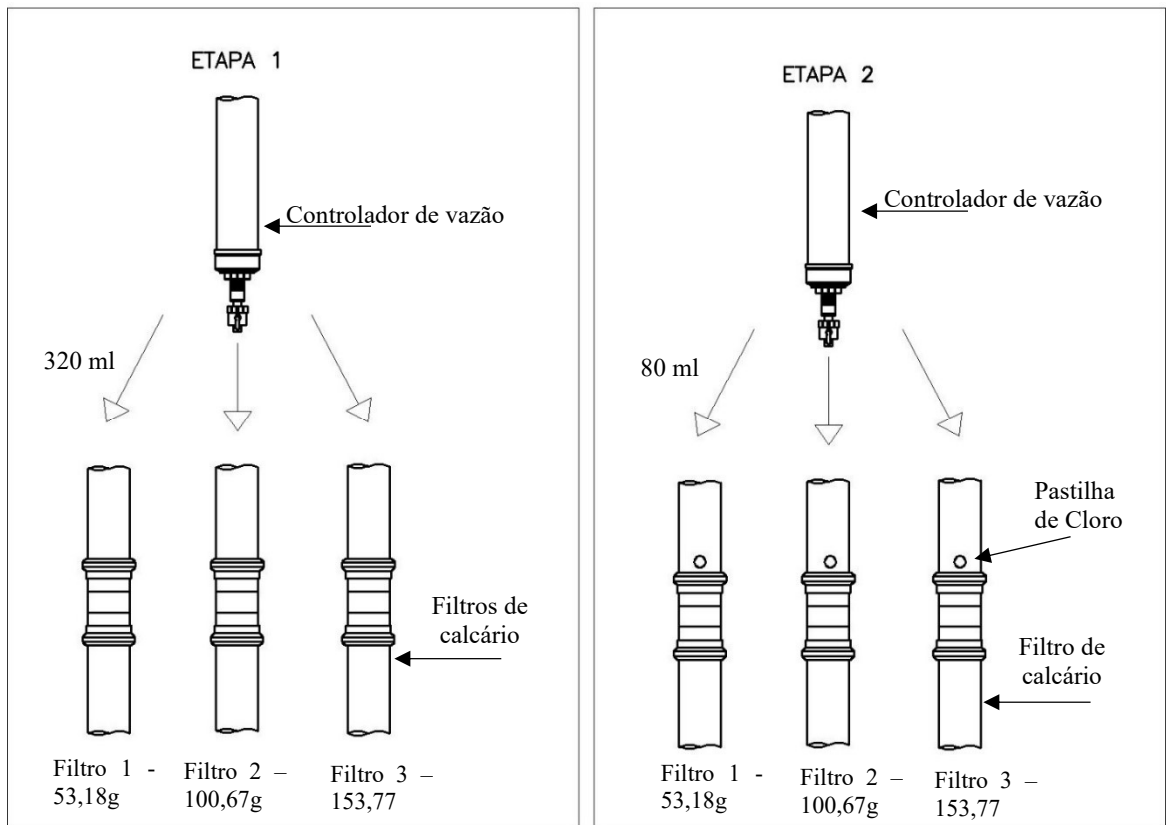
Fonte: Autoria própria, 2019.

Os experimentos do protótipo de tratamento foram realizados segundo o roteiro metodológico: Em uma amostra de 400 ml de amostra de água pluvial coletada no sistema do CAP-UERJ. Na primeira etapa eram medidos 80% do volume (320 ml) da amostra no balão volumétrico, e adicionados ao controlador de vazão com o registro fechado. Abaixo do controlador de vazão, estava posicionado um dos filtros de calcário, então as 320 ml de água eram liberadas a uma vazão de $0,02 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, passando pelo filtro, e sendo coletada por um béquer a jusante do filtro. A segunda etapa consistiu em adicionar a pastilha de cloro no interior da luva, sendo retida pela tela de *nylon*. Em seguida, foi medido 20% restante do volume a ser

analisado (80 ml) foram adicionados no controlador de vazão, e então liberado a uma vazão de $0,01 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. Como a pastilha de cloro já estava posicionada no filtro abaixo do controlador de vazão, 80 ml da água pluvial foram cloradas, coletada por um béquer a jusante do filtro, e então misturada com as 320 ml que apenas passaram pelo filtro sem cloração. O mesmo procedimento era repetido para os 3 filtros. Esse procedimento metodológico foi definido como forma de tentativa de alcalizar e clorar a água para as condições recomendadas pela norma NBR15527/07, já que não existem trabalhos de referência para tal experimento.

A Figura 19 apresenta do esquema de tratamento utilizado na pesquisa.

Figura 19 – Esquema de tratamento utilizado na pesquisa com o controlador de vazão, filtros de calcário e pastilha de cloro.



Fonte: Autoria própria, 2019.

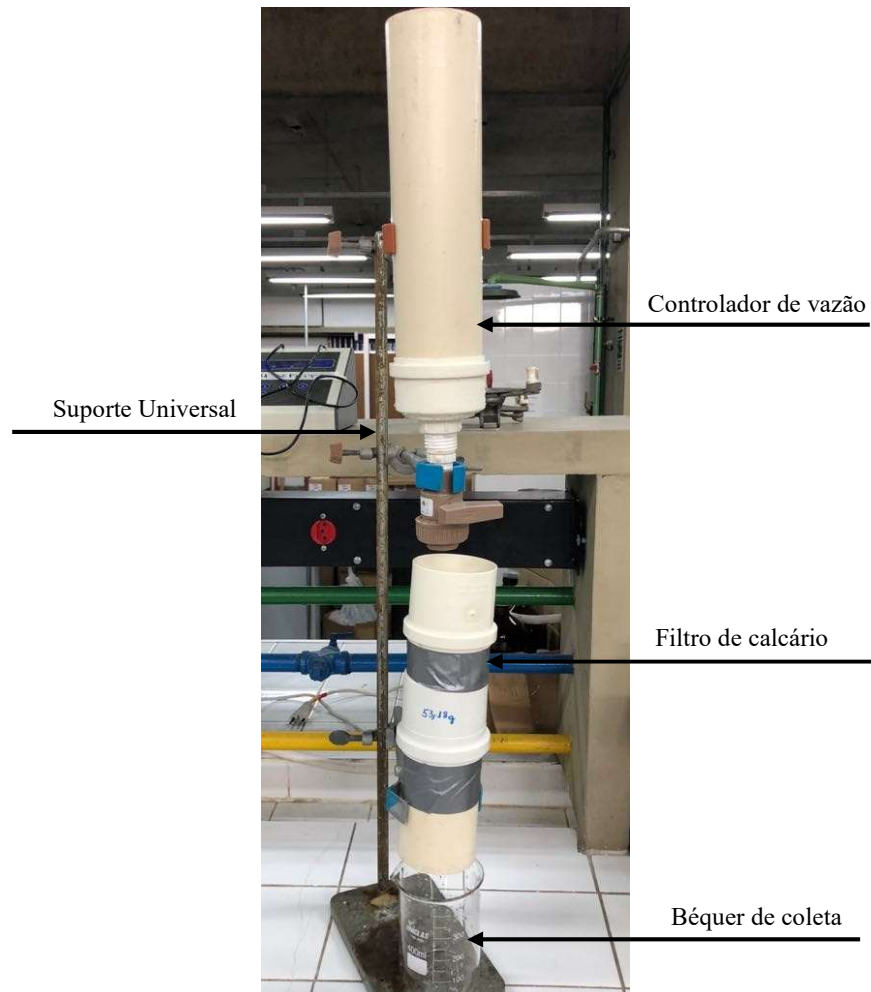
Para a fabricação dos filtros foi utilizada concentração de dolomita de $0,12 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (53,18g de dolomita), e outras duas maiores concentrações, de $0,25 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ e $0,38 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para os filtros de 100,67 g e 153,77 g de dolomita, respectivamente, com o intuito da montagem dos três filtros e a obtenção de valores de pH entre 6,8 e 7,2.

O experimento em duas etapas prevê simular o tratamento do volume de precipitação efetiva, ou seja, no clorador, parte da água é clorada, e outra parte descartada, sendo essas proporções estimadas em 20% e 80%, respectivamente.

A pastilha de cloro utilizada nessa etapa metodológica foi de 0,542 g da marca Tricloro, com concentração de cloro ativo de 90%. O objetivo do contato da água com o cloro é se atingir uma concentração de cloro residual de 0,5 a 3 mg.L⁻¹, conforme sugerido pela NBR 15 527/07.

O esquema real de tratamento com o controlador de vazão, filtro de calcário, béquer de coleta e suporte universal para sustentar o experimento é apresentado na Figura 20.

Figura 20 – Esquema de tratamento utilizado na pesquisa com o controlador de vazão, filtros de calcário e pastilha de cloro.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Assim que as amostras eram coletadas no béquer, o pH era medido imediatamente (t_0), após um intervalo de 2 horas, caracterizava-se o tempo de contato do cloro, media-se então o pH e o cloro residual da amostra (t_{2h}). Após 24 horas (t_{24h}) de repouso da amostra no béquer era novamente medido o pH e o cloro residual, como sendo a permanência do cloro na água e possível utilização.

Foram realizadas as análises para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho de 2018 da água pluvial coletada no reservatório do CAp – UERJ.

2.6.3 Dimensionamento do armazenamento da água da chuva

Esta etapa consiste do dimensionamento dos volumes de reserva de acordo com a demanda de água não potável e da disponibilidade hídrica do local. A área de estudo é um local de urbanização descontrolada, o que dificulta a possibilidade de se alocar grandes tanques de armazenamento e a realização de intervenções de engenharia.

Os métodos de dimensionamento utilizados determinam o volume de aproveitamento de águas pluviais e dimensões apropriadas de reservatórios compatíveis com as características a área de interesse, como:

- (i) Método *Raindrops* de Dias Consecutivos Sem Chuva (GROUP RAINDROPS, 2002);
- (ii) Métodos propostos pela NBR 15527/2007, como: Ripple, Azevedo Neto, Alemão, Inglês, Australiano e Simulação e
- (iii) Resolução Conjunta (SMG, SMO, SMU, prefeitura municipal do Rio de Janeiro)

A demanda de água para fins não potáveis foi obtida dos resultados dos questionários aplicados aos moradores da comunidade do Acomodado. Dessa forma, os métodos de dimensionamento do reservatório que necessitam da demanda, tiveram uma estimativa de consumo da própria área de estudo.

A solução de armazenamento contará com duas soluções, a solução coletiva, e a solução individual, apresentadas nos capítulos 2.6.1.1 e 2.6.1.2 desta dissertação.

2.6.4 Estimativa de custo do projeto

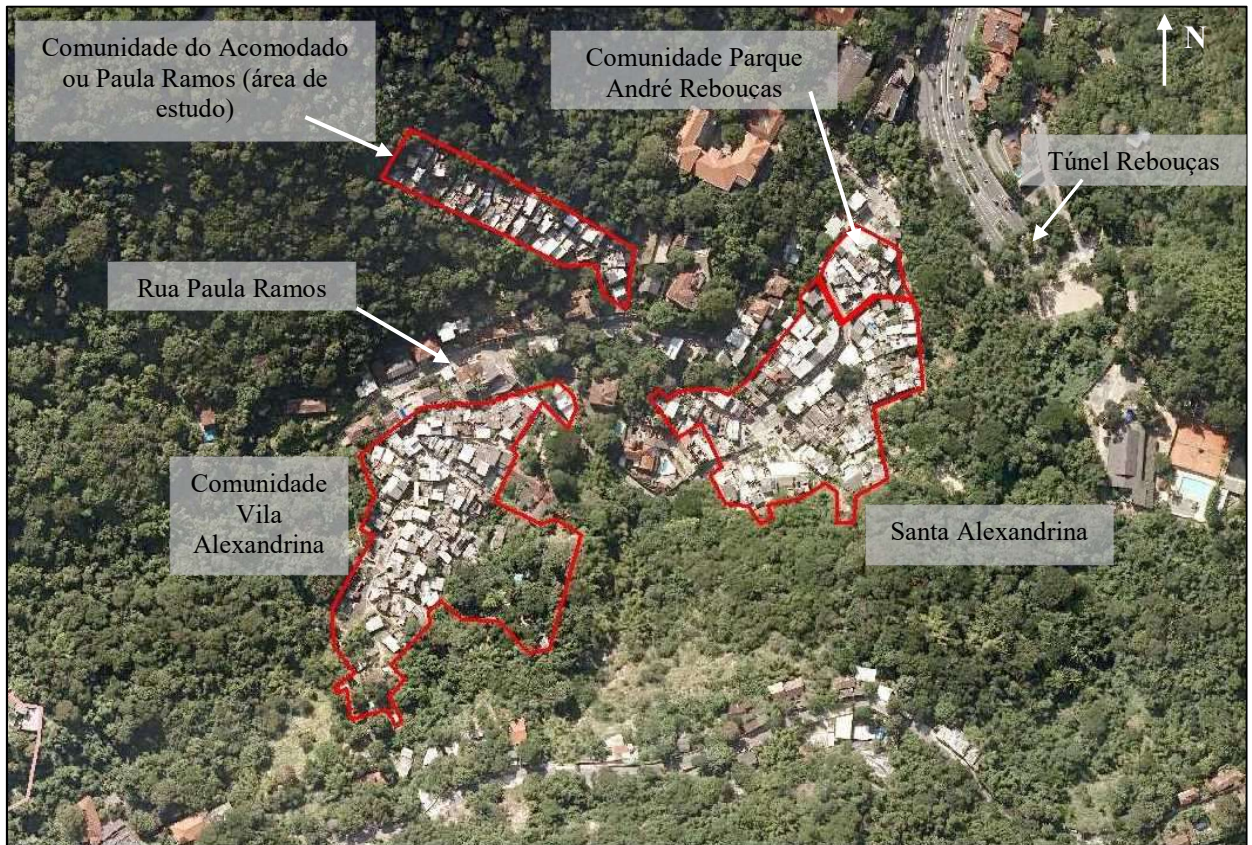
Foi elaborada a estimativa de custo do projeto tanto para as soluções coletiva, e para a solução individual, conforme orçamento de peças e acessórios disponíveis no mercado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A comunidade Paula Ramos no Rio de Janeiro

Localizada no bairro do Rio Comprido, região central da cidade do Rio de Janeiro, o Complexo Paula Ramos é circundado pela da Floresta da Tijuca (Figura 21), sendo composta por um total de 4 comunidades: Parque André Rebouças, Vila Santa Alexandrina, Santa Alexandrina e Paula Ramos ou Acomodado (PRJ, 2017). Como objeto principal deste estudo, a comunidade Paula Ramos ou Acomodado originou-se de área de terreno de uma casa, cuja proprietária permitiu que pessoas aos poucos construíssem suas próprias casas no local. A comunidade Paula Ramos é uma continuidade da Rua Paula Ramos, que até 1880 era chamada de Rua Santo Alexandre.

Figura 21 – Complexo Paula Ramos e comunidades, Birro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.



Fonte: Google Earth, 2018 (adaptado).

A comunidade tem como principal via de acesso à Rua Paula Ramos, próxima à avenida *Paulo de Frontin* e o *Túnel Rebouças*, que conecta a região central à zona sul da cidade do Rio de Janeiro.

A área da comunidade é abrangida pela legislação urbanística da Lei nº 2.817, de 23/06/1999, Lei de Área de Especial Interesse Social, que declara como de Especial Interesse

Social, para fins de urbanização e regularização, as áreas que menciona, e estabelece os respectivos padrões especiais de urbanização. No ano de 2013, foram realizadas algumas obras de urbanização na comunidade a partir do Programa da Prefeitura Morar Carioca – Fase 2 (PANORAMA DOS TERRITÓRIO DE UPP, 2015).

O IBGE divide a comunidade Paula Ramos em três setores censitários, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 – Setores Censitários da comunidade Paula Ramos.



Fonte: IBGE, 2010, adaptado.

A Tabela 13 descreve de forma resumida as características de habitação e dados populacionais da comunidade do Acomodado na Comunidade Paula Ramos.

Tabela 13 – Características da Comunidade do Acomodado, no Completo Paula Ramos, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.

Número de Casas (2010) *	Número de Casas (2017) **	População total (2010)*	Habitantes/domicílio	População total**	Área da comunidade (m ²)
79	100	273	3,46	346	5712

(*) IBGE (2010); (**) estimativa

Fonte: IBGE, 2010.

Segundo o IBGE (2010), cerca de 49,4% dos moradores da comunidade consideravam o abastecimento de água adequado, enquanto 50,6% dos moradores consideram o abastecimento de água inadequado. Quanto ao esgotamento sanitário, IBGE (2010), todos os domicílios possuíam banheiro ou sanitário.

Em 1998, com a criação do programa “Favela Bairro” o trecho que levava à casa mais alta na comunidade Paula Ramos era solo compactado devido ao caminhar dos moradores em degraus naturais. Na consolidação do programa, este caminho foi substituído por escada de concreto, cujos lances alcançam cerca de 400 degraus até a última moradia. Deste local abaixo identifica-se a construção da rede de esgoto em conjunto com a drenagem local sendo o efluente descartado sem o devido tratamento no Rio Comprido a jusante da comunidade.

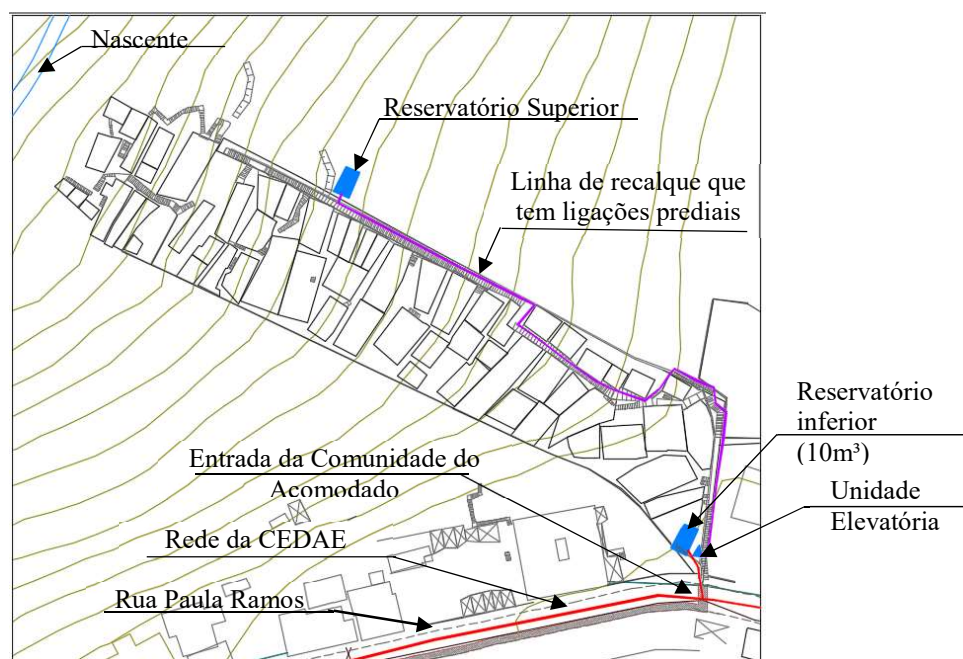
3.1.1 O abastecimento de água da Comunidade Paula Ramos

A comunidade Paula Ramos utiliza tubulação para captação de água da concessionária local ou Companhia Estadual de Águas e Esgoto (CEDAE) para um reservatório inferior na comunidade e de capacidade de 10 mil litros, localizado na entrada da comunidade do Acomodado. A partir desse reservatório, em dias alternados, parte do volume armazenado é bombeado para um reservatório superior localizado no ponto mais alto da comunidade para posterior distribuição às residências. No entanto, devido a informalidade, a captação de água em edificações intermediárias passou a ocorrer de forma sorrateira a partir de ligações de ramais conectados na tubulação principal da companhia de água, ocasionando na redução de pressão dos pontos de consumo nas moradias situadas mais ao alto a montante da comunidade.

Algumas casas em cotas mais elevadas são abastecidas por nascente e essas são as que mais sofrem com a falta de água, devido ao fato de estarem localizadas no final da comunidade e pelo desaparecimento da nascente nos últimos anos.

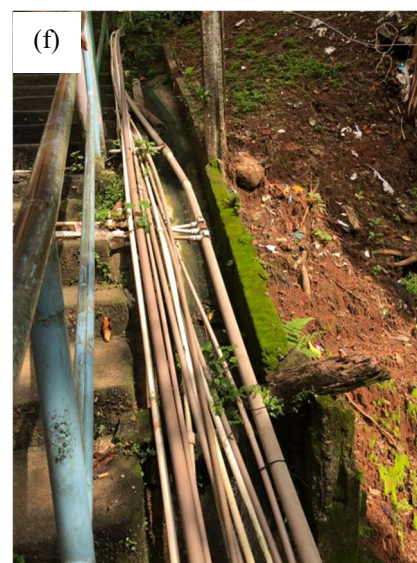
A Figura 23 apresenta o esquema de abastecimento de água da comunidade do Acomodado. Enquanto a Figura 24 apresenta determinadas unidades do sistema de abastecimento de água da Comunidade do Acomodado (Paula Ramos). A Figura 24 (a) apresenta os reservatórios na entrada da comunidade, a Figura 24 (b) a entrada da comunidade, a Figura 24 (c) o desperdício de água de água devido ao rompimento de uma tubulação, e as Figura 24 (d), (e), (f) as tubulações do abastecimento de água de forma desordenada.

Figura 23 – Esquema de abastecimento da comunidade do Acomodado.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Figura 24 – Imagens do sistema de abastecimento de água da comunidade Paula Ramos. (a) Reservatórios, (b) entrada da comunidade, (c) desperdício de água, (d), (e), e (f) tubulações do abastecimento de água de forma desordenada.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Atualmente, o amontoado de tubulações hidráulicas e sanitárias instaladas de forma indiscriminada, gerou a escassez da água da nascente local, ocasionando o desabastecimento de determinadas casas nos períodos de estiagem prolongada e rebaixamento do lençol freático. Imagens como a Figura 24 (c) que apresentam o desperdício de água em um local onde esse insumo é completamente escasso não pode ocorrer. Sendo assim, há a necessidade de educação sanitária e ambiental nessas áreas expostas a vulnerabilidade socioambiental.

Durante visitas na comunidade, foi visualizado um dos moradores das casas mais altas enchendo o reservatório de sua residência com uma mangueira derivada do reservatório superior da comunidade. Segundo ele, essa é uma prática comum dos residentes das casas mais altas, pois nunca tem água suficiente para o abastecimento de suas caixas d'água, devido estarem localizadas no topo da comunidade. Nessas condições observa-se que são utilizados dispositivos e procedimentos não adequados do ponto de vista hidráulico e sanitário, com alto risco de contaminação no abastecimento de suas residências. A Figura 25 apresenta o abastecimento de água de uma residência com mangueira acoplada de forma inadequada no reservatório.

Figura 25 – Abastecimento de água de uma residência com mangueira.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Há diferença entre a qualidade do abastecimento de água com relação a localização topográfica da moradia na comunidade. As casas localizadas em cotas mais baixas, ou seja, na entrada da comunidade são mais fáceis de serem abastecidas, pois a pressão da água é suficiente no atendimento das demandas, além de não demonstrar fugas e perdas ou desperdícios ao longo do sistema do alimentador predial. Por outro lado, as casas localizadas em cotas mais elevadas, apresentam dificuldade no abastecimento de água, pela insuficiência da carga hidráulica para

vencer o desnível geométrico, e também devido ao emaranhado de tubulações e vazamentos que acarretam em perdas de água e impossibilitam que a água chegue nas cotas mais elevadas.

Existe uma página da rede social *Facebook* por administração da Associação de Moradores da Paula Ramos e Adjacências (AMPRA) como meio de comunicação entre a associação e os moradores. Nessa página são postadas vagas de emprego, notícias da comunidade, solicitações, elogios e reclamações. São comuns postagens acerca de problemas ambientais da comunidade, como das situações de desabastecimento de água. O Anexo 04 apresenta postagens de moradores acerca da problemática de abastecimento de água na comunidade. Nelas pode-se notar o desespero dos moradores em relação a problemática da falta de água na comunidade do Acomodado.

Nesse sentido, é evidente a necessidade de se propor soluções alternativas de abastecimento de água na comunidade do Acomodado. O sistema atual não atende e não apresenta condições técnicas e operacionais capazes de fornecer água para atender a demanda necessária.

3.2 Caracterização da comunidade Paula Ramos através dos questionários

Na aplicação dos questionários, buscava-se encontrar um erro amostral entre 5 e 10%.

Durante o período de 2(dois) dias de entrevistas junto aos moradores da Comunidade do Acomodado foram obtidos 56 questionários, dessa forma, tem-se:

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0} \gg \gg 56 = \frac{100 \cdot n_0}{100 + n_0} \gg \gg n_0 = 127,27$$

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \gg \gg 127,27 = \frac{1}{E_0^2} \gg \gg E_0 = 8,86\%$$

Os 56 questionários resultaram em um erro amostral de 8,86%.

Nas primeiras visitas na comunidade, sentiu-se uma certa resistência, ou desconfiança, por parte dos moradores em relação ao trabalho a ser desenvolvido. No entanto, no decorrer dos trabalhos obteve-se maior confiança da comunidade com a pesquisa ao longo das visitas, na aplicação dos questionários, e na apresentação do projeto.

A tabulação dos dados e as respostas dos questionários são apresentadas nos capítulos 3.2.1 a 3.2.7.

3.2.1 *Quantitativo de moradores da comunidade do Acomodado*

A fim de se estimar a população total das residências, obteve-se o quantitativo de pessoas que moram na comunidade, assim como o número de famílias. A ocupação das moradias é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 – Quantidade de pessoas que moram em cada residência na comunidade do Acomodado, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.

Nº de pessoas que moram na residência	Nº de famílias		Nº de residentes
	N	%	N
1	5	8,93	5
2	12	21,43	24
3	12	21,43	36
4	10	17,86	40
5	10	17,86	50
6	5	8,93	30
7	1	1,79	7
8	0	0,00	0
10	0	0,00	0
11	1	1,79	11
Total	56	100,00	203

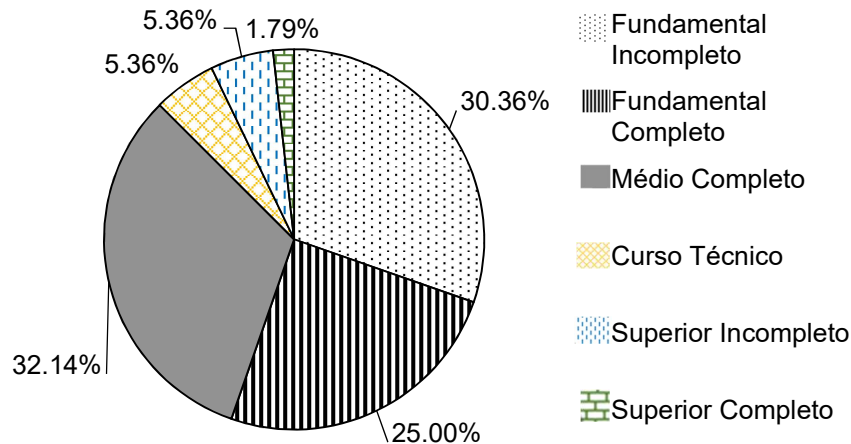
Fonte: Autoria própria, 2018.

As residências com 2 ou 3 moradores apresentam a maior porcentagem (21,43%) da amostra. A média de ocupação de domicílio calculada foi de 3,61 hab/domicílios. A média divulgada pelo IBGE no CENSO de 2010 é de 3,46 hab/domicílios. Os valores são próximos, o que fornece credibilidade à pesquisa.

3.2.2 *Escolaridade*

Das 56 entrevistas realizadas, a maioria dos entrevistados (32,14%) tem o ensino médio completo. Nenhum deles afirmou ter o ensino médio incompleto ou pós-graduação. Estes resultados são visualizados na Figura 26.

Figura 26 – Escolaridade dos entrevistados da comunidade do Acomodado, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.



Fonte: Autoria própria, 2018.

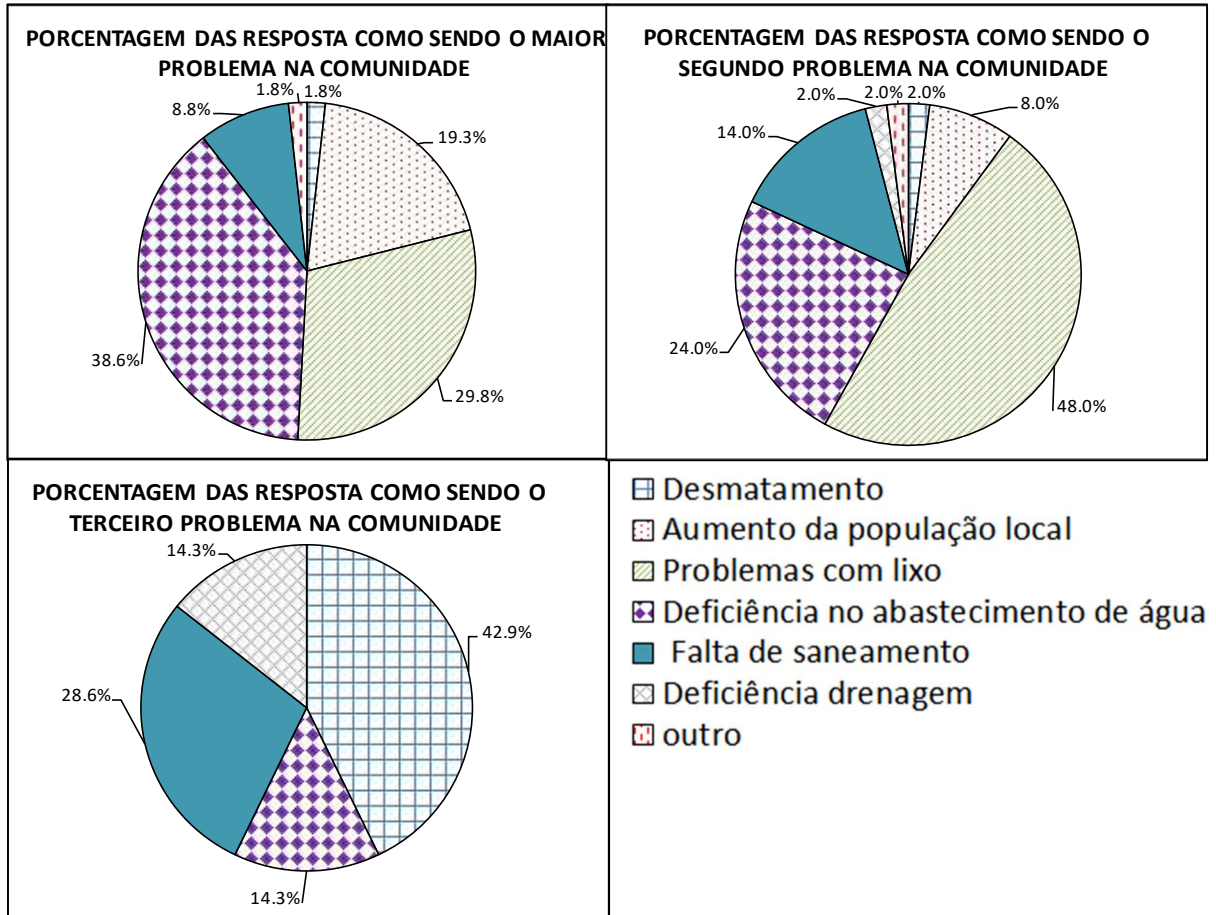
O nível de escolaridade reconhecido pela pesquisa retrata a realidade brasileira de pessoas sem acesso à educação. Os resultados da pesquisa apontam que mais da metade da amostra (55,36%) da população tem o ensino fundamental completo ou incompleto.

A publicação do IBGE de 2013 retrata as Áreas de Divulgação da Amostra para Aglomerados Subnormais. Essas informações apresentam que na região sudeste 1,2% da população residente em comunidades possui curso superior completo. Na comunidade do Acomodado, cerca de 1,79% dos entrevistados possuem curso superior, valor próximo dos demais conglomerados subnormais da região sudeste. Em contrapartida, a porcentagem de pessoas que não moram em favelas e possuem curso superior completo na região sudeste é de 15,3%. Por esse dado, é possível perceber a discrepância no acesso à educação entre as pessoas que moram em favelas e as residentes em edificações regulares.

3.2.3 Problemas de estrutura na comunidade

“Qual a principal mudança que observou desde que chegou na comunidade?”. Este questionamento apresentava respostas fechadas, como: (i) Desmatamento, (ii) Aumento da população local, (iii) Problemas com lixo, (iv) Deficiência no abastecimento de água, (v) Falta de saneamento, (vi) Deficiência de drenagem, e (vii) Outro. No momento da pergunta era solicitado ao entrevistado que enumerasse três desses problemas em ordem de importância. Os resultados são apresentados na Figura 27.

Figura 27 – Resultado das respostas quanto às mudanças relatadas pelos moradores da comunidade do Acomodado, no bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Dentre os maiores problemas relatados pelos moradores a deficiência no abastecimento de água, sendo que 38,6% dos entrevistados afirmaram desse problema. Tal deficiência da água é justificada pela crise hídrica vivida no estado do Rio de Janeiro nos anos 2014, 2015 e 2016. Além disso, tal problemática é evidenciada também pela dificuldade da companhia de saneamento local (CEDAE) em abastecer a área da comunidade, pelas cotas elevadas, e ausência de cobrança em contas de água. Sendo assim, a água da concessionária só está disponível em dias alternados, causando transtornos para a população local, e comprovado pelas respostas das entrevistas realizadas.

Os problemas com o lixo, foram relatados como sendo o maior problema da comunidade por 29,8% dos entrevistados. As dificuldades com coleta de resíduos são comuns na comunidade, visto que o caminhão passa apenas na entrada da comunidade. Por mais que existam na comunidade programas de conscientização, e coleta seletiva, o desprezo dos moradores com o lixo ainda é grande, pois é notável encontrar lixo e entulho pela comunidade,

e na mata do entorno. Esses resíduos acabam se tornando criadouros de mosquitos transmissores de doenças, causando assim, problemas de saúde pública aos moradores da comunidade.

Em seguida, 19,3% dos entrevistados, citaram que o maior problema na comunidade é a aumento da população. Segundo informações dos moradores, a população cresce de forma descontrolada, as casas são construídas sem o padrão exigido pelo código de obras da cidade, e muitas vezes tornando-se instáveis, insalubres, sem ventilação, e incidência de luz solar. Dessa forma, a população sente um desconforto, ocasionado pela insegurança, mofo, e excesso de umidade nas casas.

Cerca de 8,8% dos entrevistados respondeu que o maior problema da comunidade é a falta de saneamento. E por último, 1,8% dos moradores respondeu que o maior problema da comunidade é o desmatamento. Essa porcentagem coincide também com 1,8% dos entrevistados que responderam outro problema além dos citados, como a ausência de transporte público. Na comunidade do Acomodado não há linhas regulares de ônibus, sendo que a única possibilidade de meios de transporte são vans clandestinas que realizam o trajeto entre a comunidade e a praça do Rio Comprido. As vans de transporte coletivo não passam com frequência de modo que deixam os moradores com um serviço de transporte insuficiente quanto à mobilidade urbana.

A deficiência da drenagem não foi citada por nenhum participante como sendo o maior problema ambiental da comunidade. Tal fato se justifica pela comunidade estar localizada em cotas elevadas, e curvas de nível íngremes, não sendo o escoamento da água um problema local. No entanto, a deficiência da drenagem torna-se um problema a jusante da comunidade, devido aos grandes volumes escoados, e os sistemas projetados sem capacidade de suportar, causando assim, enchentes e alagamentos nas partes baixas.

O segundo maior problema da comunidade é representado por 48% dos entrevistados que responderam da situação do lixo. Um total de 24% relatou a deficiência no abastecimento de água. Por outro lado, 14% dos moradores disseram que a falta de saneamento é o segundo maior problema da comunidade. O aumento da população local foi constatado por 8% dos entrevistados. E por último, 2% enquadraram a deficiência de drenagem, o desmatamento, e outra resposta.

Segundo os entrevistados, os problemas relatados como sendo o terceiro maior problema da comunidade foi o desmatamento (42,9%), em seguida com uma porcentagem de 28,6% a falta de saneamento. E por último, a deficiência no abastecimento de água e de drenagem com 14,3% das respostas.

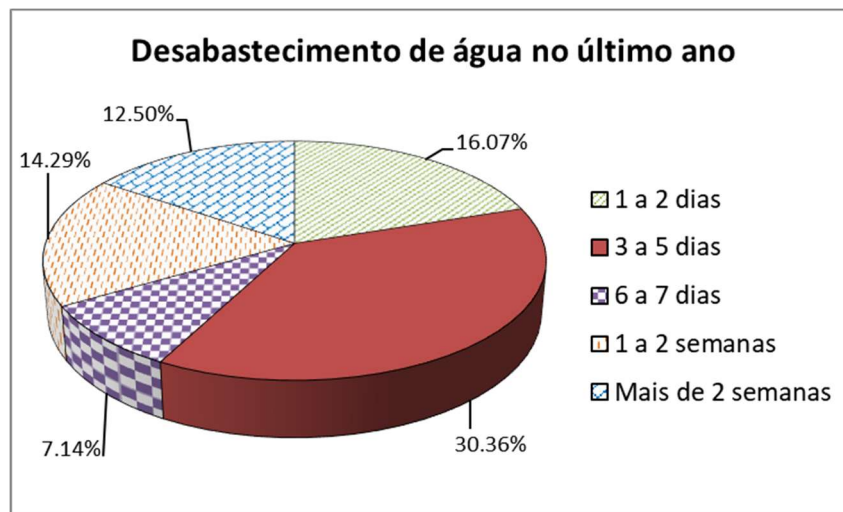
3.2.4 Freqüência no abastecimento de água

Foi perguntado durante a entrevista: “Vocês já tiveram problema com abastecimento de água em sua casa no último ano? Sim, ou Não. E por quanto tempo”.

Dos entrevistados, 45 responderam que tiveram problemas com o abastecimento de água no último ano, o que corresponde a um total de 80,4%. Em contrapartida, 11 entrevistados ou 19,6% dos moradores responderam que não tiveram problemas com o abastecimento de água no último ano em 2016.

Dos residentes que respondem que tiveram problemas com o abastecimento no último ano, cerca de 16,1% relataram falta de água de 1 a 2 dias e 30,4% responderam a ausência de água de 3 a 5 dias. Um total de 7,1% dos entrevistados relataram problemas com a água de 6 a 7 dias. O desabastecimento de água por uma a duas semanas foram as respostas de 14,3% dos entrevistados. E por último, 12,5% dos moradores responderam que tiveram problemas por mais de duas semanas. Esses dados são apresentados na Figura 28.

Figura 28 – Resultado das respostas acerca do desabastecimento de água da comunidade.



Fonte: Autoria própria, 2018

A ausência de 3 a 5 dias no abastecimento de água obteve a maior representatividade na amostra, com impacto negativo no cotidiano dos moradores, em diversas das atividades domésticas, sobretudo na higiene e preparo de alimentos.

O site do Sistema Nacional de informações sobre Saneamento (SNIS) contempla dados de “Paralisações em sistemas de água” e “Intermitência nos sistemas de água” para a cidade do Rio de Janeiro. No entanto, nos anos 2016 e 2015 o SNIS não apresentou informação desses dados para a cidade do Rio de Janeiro.

Sabe-se que a cidade do Rio de Janeiro é uma grande metrópole, sendo composta de bairros muito luxuosos e comunidades carentes. Dessa forma, tem sido difícil obter informações

capazes de mensurar a quantidade de paralisações e intermitências do sistema de distribuição de água, além de questões irregulares na emissão de faturas e pagamento de contas de água.

3.2.5 Tipo de abastecimento de água

Qual o tipo de abastecimento de água de sua casa? Este questionamento teve como opções de respostas: (i) Rede da CEDAE, (ii) Caminhão pipa, (iii) Nascente e Rede da CEDAE, e (iv) Nascente.

Dos entrevistados, cerca de 67,9% dos moradores são abastecidos pela rede da CEDAE. Um total de 21,4% são abastecidos tanto pela rede da CEDAE quanto pela nascente. E por último, representando 10,7% dos moradores, o abastecimento é somente pela nascente. Em 2010, de acordo com os dados do CENSO (IBGE, 2010), cerca de 86,0% das casas eram abastecidas pela concessionária e 14,0% por nascente.

Caso o entrevistado respondesse que sua residência era abastecida por nascente, foi questionado qual o principal problema observado no abastecimento, tendo como opções de respostas: (i) aumento da poluição da água, (ii) aumento das construções no leito do rio, (iii) aumento de lixo na água, e (iv) redução da quantidade de água. As respostas dos moradores incluíram o aumento de lixo na água, e redução da quantidade no fornecimento de água, representando 18,0%, e 82,0% das respostas, respectivamente.

3.2.6 Iniciativa para melhorar o abastecimento de água na comunidade

"Você já viu, ou soube de alguma iniciativa pública para tentar melhorar o problema ligado ao abastecimento de água na comunidade? Sim, ou Não. Qual? O que ocorreu?"

Um total de 71% dos entrevistados responderam “não viram”, ou “não souberam de atitudes para melhorar o abastecimento de água da comunidade”. Um comentário que surgiu durante algumas entrevistas foi que diversas vezes a CEDAE e o poder público realizam visitas na comunidade se comprometendo a resolver o problema da água, no entanto, sem retorno. Em contrapartida, 29% dos entrevistados relatam saber de mobilizações visando melhorar a distribuição de água da comunidade, como: instalação de sistema de recalque ou bomba e do sistema de reservatórios, doação de tubos por políticos. Houve manifestação que a associação se mobiliza em providências, mas depende de outros órgãos, não tendo recursos, nem autoridade para resolver as crises de desabastecimento de água.

3.2.7 Tratamento da água

Uma das perguntas do questionário aplicado na comunidade acerca do tratamento foi a seguinte: *“Realiza algum tipo de tratamento na água? Ferver, passar em filtro, ou outro?”*. Foi

respondido por 12% dos entrevistados que não realizam nenhum tipo de tratamento, e 88% dos entrevistados informaram que realizam tratamento complementar da água que é distribuída, quer seja da nascente, ou da CEDAE. Os tipos de tratamento citados foram: cloração, filtração, fervura, e coagem com pano de prato.

3.3 Apresentação/aceitação da comunidade na implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais

3.3.1 Apresentações do projeto de aproveitamento de água pluvial em eventos sociais relacionados à comunidade do Acomodado

3.3.1.1 Evento na Fundação Osório

No dia 25 de fevereiro de 2018 (domingo) ocorreu uma apresentação para a comunidade do Acomodado sobre o projeto de aproveitamento de água pluvial em andamento. A apresentação foi realizada no auditório da Fundação Osório, localizado na entrada do Complexo Paula Ramos. A divulgação do evento foi pela página do *Facebook* da comunidade Paula Ramos e pela AMPRA. As fotos do evento são apresentadas na Figura 29. As fotos (a) e (b) é a mestrandanda responsável por esse projeto, a foto (c) é a equipe responsável pela apresentação, incluindo os líderes comunitários (presidente e conselheiros da associação de moradores) e o orientador dessa pesquisa, e a foto (d) os moradores da comunidade que estiveram presentes durante a apresentação.

Figura 29 – Fotos do evento realizado da apresentação do projeto de aproveitamento para a Comunidade Paula Ramos na Fundação Osório.



Fonte: Autoria própria, 2018.

O principal objetivo da apresentação era esclarecer para a comunidade como funcionam os sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial, e sua possível implantação na comunidade. E também o estreitamento da pesquisadora com a comunidade para que ambos atores desse processo possam se ajudar de forma mútua. A apresentação foi elaborada com uma linguagem simples, e sem adoção de termos técnicos específicos, de modo a tornar acessível o entendimento pelos moradores.

Ao final da apresentação, a resposta dos moradores foi muito positiva, com esclarecimento de dúvidas e sugestões, e também se mostram animados quanto ao desenvolvimento do projeto, e possível implantação futura. Muitos moradores não possuíam conhecimento acerca de sistemas de águas pluviais, e o evento forneceu uma oportunidade de conhecimento do projeto e divulgação do aproveitamento de águas pluviais.

3.3.1.2 *Museu do Amanhã no evento DEMO DAY*

No dia 31 de outubro de 2018 (quarta-feira) o projeto em questão foi convidado a participar do evento organizado pelo SEBRAE – RJ denominado DEMO DAY realizado no Museu do Amanhã no Rio de Janeiro. Cujo objetivo foi apresentar projetos de inovação para futuros investidores de forma a incentivar a realização de parcerias.

A apresentação e o projeto foram elogiados no dia do evento como oportunidades de parcerias para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial na comunidade do Acomodado.

A Figura 30 apresenta as fotos do dia do evento.

Figura 30 – Fotos do evento DEMO DAY realizado no Museu do Amanhã.



Fonte: Autoria própria, 2018.

3.3.1.3 *Praça do Rio Comprido do movimento Baixo Rio*

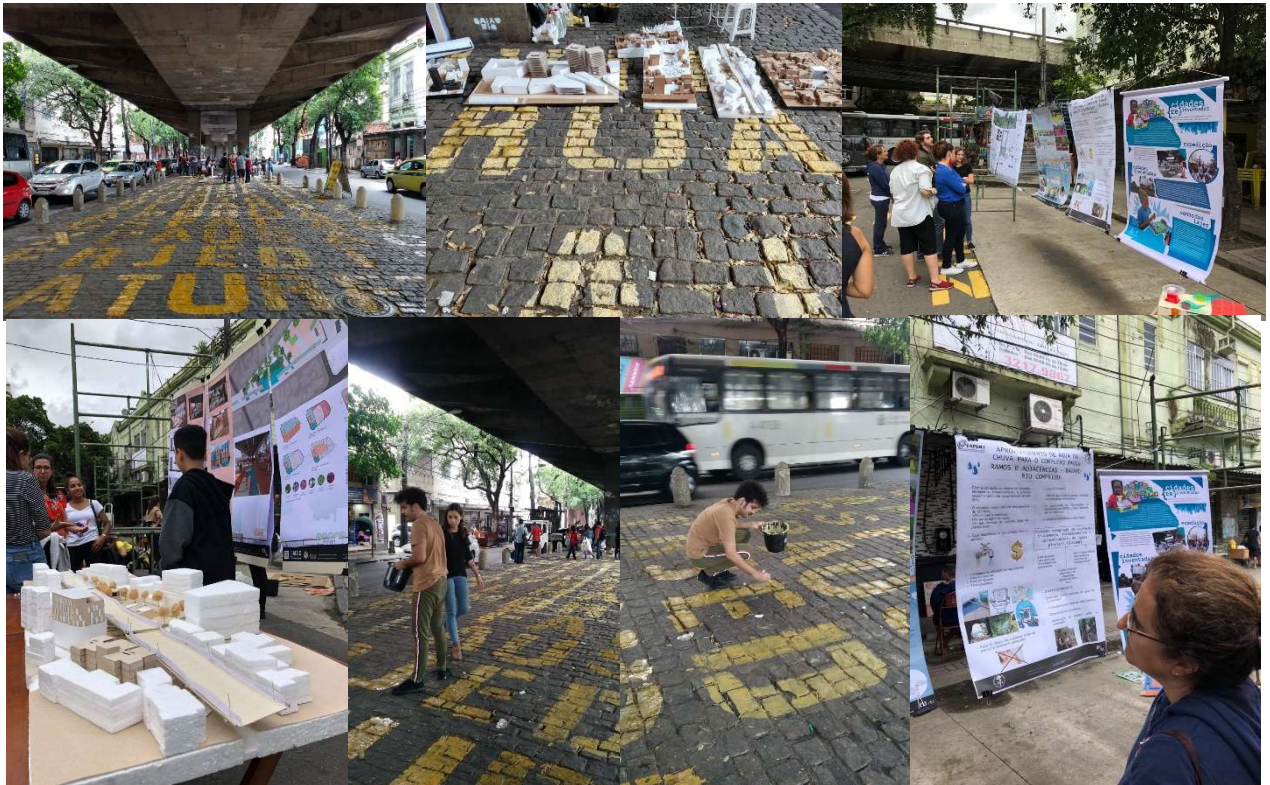
No dia 08 de dezembro de 2018 (sábado) foi realizada uma intervenção e exposição temporária chamada: “*A Rua fala: Caminhos de um Rio Possível*”, na Praça Condessa Paulo de

Frontin organizado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da UFRJ e pelo movimento *Baixo Rio*. O referido movimento trata-se de uma organização coletiva que visa transformar o Bairro Rio Comprido com estratégias e ações da população, iniciativa pública, privada e acadêmica. O objetivo dos organizadores é transformar a cidade e o bairro de forma mais sustentável e segura.

Também estavam presentes projetos similares de melhoria do bairro, de entidades como prefeitura, CAP-UERJ, UFRJ, Universidade Veiga de Almeida, PUC-RIO.

O convite para divulgação é apresentado no Anexo 05. Imagens de algumas das intervenções e exposições ocorridas no dia do evento e o banner elaborado para o evento, está na Figura 31 e Figura 32, respectivamente.

Figura 31 – Imagens da intervenção/ exposição temporária *A Rua fala: caminhos de um Rio possível*.



Fonte: Aatoria própria, 2018.

Figura 32 – Banner elaborado para o evento.



APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA O COMPLEXO PAULA RAMOS E ADJACÊNCIAS – BAIRRO RIO COMPRIDO






-- Com a utilização do sistema de captação, filtragem e armazenamento, é possível reduzir o gasto das águas tratadas em até 50%.

-- O consumo médio diário de uma pessoa é de 180 litros:

- 30% em vasos sanitários;
- 14% em lavagem de roupa;
- 6% em limpeza de quintais, rega de plantas e etc.

-- Água atualmente é um produto caro e escasso




-- Vantagens da utilização da água pluvial:

- Fins domésticos
- Fins comerciais
- Fins industriais









-- Água da chuva não é potável, a não ser que sofra tratamento adequado!



-- A NECESSIDADE:

- Falta de água no Rio de Janeiro, inclusive na Comunidade Paula Ramos;
- A comunidade do Acomodado é abastecida pela CEDAE, e pela nascente que as vezes seca;
- É normal na comunidade a falta d'água.

Sistema integrado de captação, tratamento, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais (SICURB)

A ser acoplado nas coberturas dos telhados da comunidade

Sem a necessidade de energia ou sistemas de bombeamento

Projetar produtos acessórios de instalações prediais de baixo custo

-- ETAPAS DE PROJETO:

- Entrevistas para o consumo de água da Comunidade;
- Visita técnica para coleta de dados físicos;
- Dimensionamento do sistema;
- Apresentação do projeto para a comunidade.




Fonte: Autoria própria, 2018.

3.3.2 Aceitação da comunidade acerca do projeto

Foram realizadas perguntas acerca do conhecimento sobre aproveitamento de água pluvial, como sendo:

“A captação de água de chuva é uma iniciativa de pequena escala que pode ser implantada em sua casa. Você disponibilizaria sua casa para a instalação dos equipamentos? Sim, ou Não, ou Não Sei”.

“Você acha que aproveitar água da chuva em sua casa pode trazer benefícios pra comunidade? Sim ou Não.”

“Você ou sua família estariam dispostos a contribuir com a manutenção do sistema de água de chuva, caso o mesmo seja implantado na comunidade? Sim ou Não”.

“Teria um espaço na sua casa, ou próxima à ela para se colocar um reservatório?”

Um total de 84% dos entrevistados demonstraram conhecimento da utilização da água da chuva para atividades humanas. Parte dos entrevistados citaram que no local de trabalho já realizam tal atividade, outros já viram pela televisão.

Nas entrevistas, foi relatado por moradores que já realizam a captação de água de chuva de forma precária, por meio de: latas, bacias, e baldes nas lajes das casas. Em seguida, quando termina a chuva esses utensílios são recolhidos e a água armazenada é aproveitada. Foi questionado qual o uso dessa água, e a resposta foi que depende da necessidade, pois já utilizaram para beber e cozinhar na ausência de água da CEDAE. Em nenhuma das respostas, obteve-se a preocupação quanto ao risco de contaminação da água da chuva, especialmente devido a falta de um sistema de tratamento na água coletada.

A pergunta em relação a disponibilização da casa para a instalação dos equipamentos de água pluvial obteve as respostas: cerca de 79% estão dispostos a implantação do sistema em sua casa, 18% não estão dispostos, e 4% se abstiveram de responder.

Quanto aos benefícios que o aproveitamento de água de chuva pode trazer para a comunidade: 96% relataram trazer benefícios e 4% responderam que não sabiam.

Acerca da possibilidade de um espaço na sua casa, ou próxima a ela para a implantação de um reservatório e, 52% dos entrevistados responderam que sim, 46% dos entrevistados responderam que não, e 2% não souberam responder.

A respeito da manutenção do sistema de água pluvial, caso instalado, 86% dos moradores estariam dispostos a contribuir na manutenção do sistema, 12% não estariam dispostos, e 2% não souberam responder. Dos entrevistados que responderam que estariam dispostos a contribuir na manutenção, foi questionado se seria possível de forma financeira: 85% dissertam que poderiam contribuir com até 20 reais, e 15% com até 50 reais.

Essas respostas indicam uma aceitação, e possibilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, pois a maioria dos moradores estão dispostos a contribuir com o sistema. Dessa forma, pode-se justificar a aceitação do projeto pela comunidade, e a vontade de solucionar a problemática do abastecimento de água no local.

Segundo Kwaadsteniet *et al.*, (2013) há falta de pesquisa sobre o papel que os fatores sociais desempenham na aceitação e uso dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Dessa forma, essa pesquisa contribui com a literatura afirmando a boa aceitação e uso dos sistemas de aproveitamento de água pluvial em comunidades de assentamentos informais. Além disso, para Kwaadsteniet *et al.* (2013) é primordial que sistemas de água pluvial sejam culturalmente aceitáveis, de forma a serem utilizados e sustentados pela comunidade receptora.

No estudo de Muriu-ng'ang'*et al.* (2017) os autores citam que o nível de educação foi positivamente associado a utilização de novas tecnologias que envolvem o aproveitamento de águas pluviais.

3.4 Demanda hídrica não potável

Os questionamentos da demanda hídrica referem-se as atividades de: banhos, descarga sanitária, lavagem de pisos e rega de jardins.

Com o desenvolvimento de novas políticas públicas de habitação, o uso racional da água em residências de baixa renda tem o potencial de reduzir a demanda nos sistemas públicos de água. Dessa forma, a caracterização de consumo de água nessas habitações de baixa renda pode ser um passo fundamental para promover a economia de água potável em escala urbana (MARINOSKI *et al.*, 2014).

De acordo com os dados coletados nas entrevistas, o consumo médio de água durante o banho da comunidade Paula Ramos é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Duração média de cada banho (min./per capita) dos moradores da comunidade do Acomodado.

Quantidade de banhos por dia	Duração de cada banho									
	Abaixo de 5 min.		De 5 a 10 min.		De 10 a 15 min.		Mais de 15 min.		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
De 1 a 2	10	17,9	5	8,9	5	8,9	9	16,1	29	51,8
De 2 a 4	7	12,5	6	10,7	4	7,1	9	16,1	26	46,4
Mais de 4	-	-	-	-	1	1,8	-	-	1	1,8
Total	17	30,4	11	19,6	10	17,9	18	32,1	56	100,0

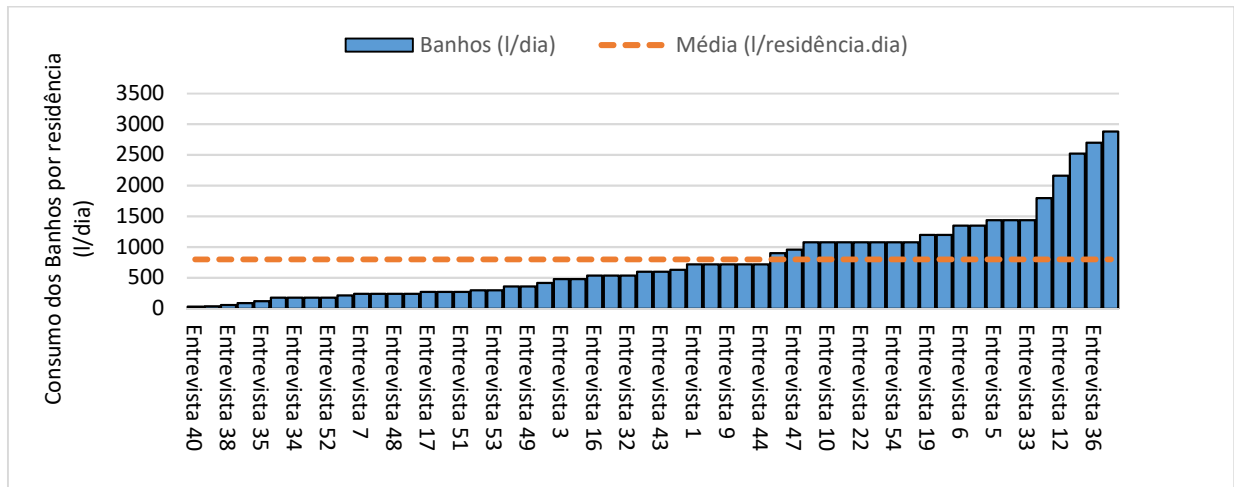
N é o número de entrevistas

Fonte: Autoria própria, 2018

De acordo com as respostas do questionário, 51,8% dos entrevistados afirmam tomar de 1 a 2 banhos por dia, e 32,1% tomam banhos com duração superior a 15 minutos. Em apenas 1 questionário (1,8%) identificou-se o hábito de tomar mais de 4 banhos por dia, sendo este com duração entre 10 e 15 minutos.

A média dos banhos diária de toda a comunidade é de 2,5 banhos com duração média de 14,7 minutos por banho. Para o cálculo da demanda de banho foi adotada a vazão do chuveiro de 0,1 L.s⁻¹ (TOMAZ, 2015), que resulta em um consumo total de 88,3 L.banho⁻¹, que também pode ser expresso em 220,7 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Este consumo também pode ser expresso como 800,1 L/residência, sendo assim, a estimativa do consumo com banhos das 56 casas entrevistadas é mostrada na Figura 33.

Figura 33 – Estimativa do consumo de água por banhos por residência entrevistada e a média da comunidade do Acomodado, bairro Rio Comprido, Rio de Janeiro-RJ.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Quanto ao uso da bacia sanitária, os resultados mostraram uma frequência média de 2,86 vezes de uso por dia. Constatou-se também que 17 residências possuem sistema de descarga por válvula, 13 utilizam vasos sanitários com caixa acoplada, 02 residências utilizam vasos sanitários com caixa acoplada e descarga de duplo acionamento do tipo “*dual flux*” e 24 banheiros possuem caixa de descarga elevada. Como os tipos de descargas consomem diferentes quantidades de água foi realizada a média ponderada entre o tipo de descarga e a quantidade de pessoas que possuem esse tipo de descarga em casa. Esses cálculos apresentam um consumo de 27,74 L.hab⁻¹.dia⁻¹ com bacias sanitária, ou em 9,71 L.descarga⁻¹ (Tabela 16). Tomaz (2015) sugere a utilização de 9 L.descarga⁻¹, valor próximo ao cálculo dessa pesquisa.

Tabela 16 – Consumo das bacias sanitárias dos moradores da comunidade do Acomodado.

	N	%	Consumo (L.acionamento ⁻¹)	Frequência média de uso diária	Quantidade de água (L.dia ⁻¹)	Quantidade (L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)	Quantidade (L.descarga ⁻¹)
Válvula	17	30,4%	14	2,86	679,50		
Caixa acoplada	13	23,2%	6	2,86	222,69		
Caixa acoplada <i>dual flux</i> *	2	3,6%	6	2,86	34,26	27,74	9,71
Caixa elevada	24	42,9%	9	2,86	616,69		
Total	56	100,0%	-	-	1553,16		

*Mesmo que as bacias sanitárias *dual flux* tem diferentes acionamentos, foi utilizado seu maior consumo para que o dimensionamento do sistema fique a favor da segurança

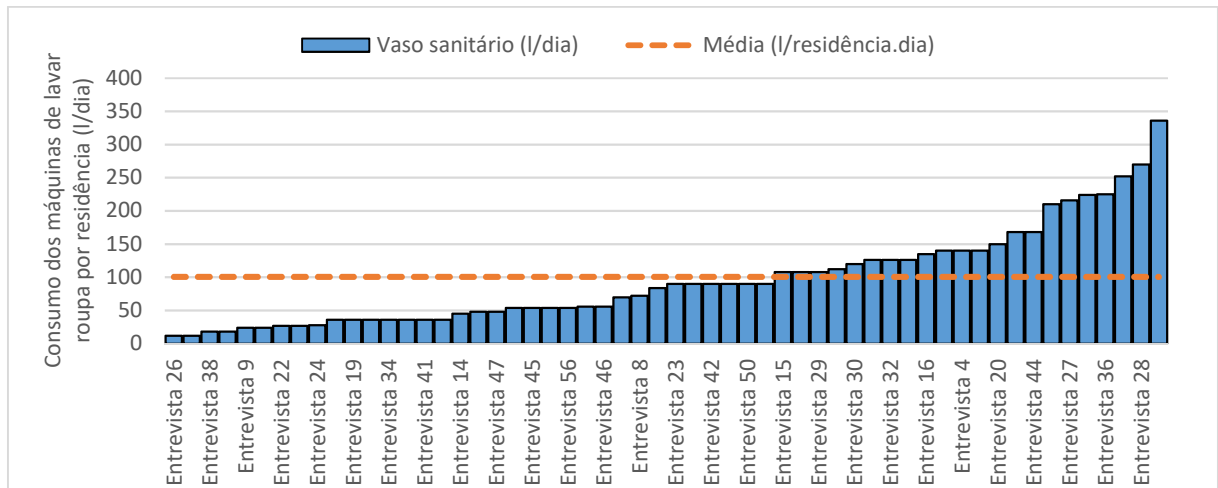
Fonte: Autoria própria, 2018

A válvula de descarga dentre os aparelhos hidráulicos de uso no vaso sanitário é a que consome mais água. Na comunidade do Acomodo cerca de 25% dos moradores possuem esse

tipo de aparelho. No estudo de Marinoski *et al.* (2014), um total de 54% dos moradores possuem esse tipo de equipamento.

A média gasta por descarga nas residências entrevistadas foi de 100,54 L.dia⁻¹ por residência, como mostrado na Figura 34.

Figura 34 – Estimativa do consumo de água dos vasos sanitários por residência entrevistada e a média da comunidade.

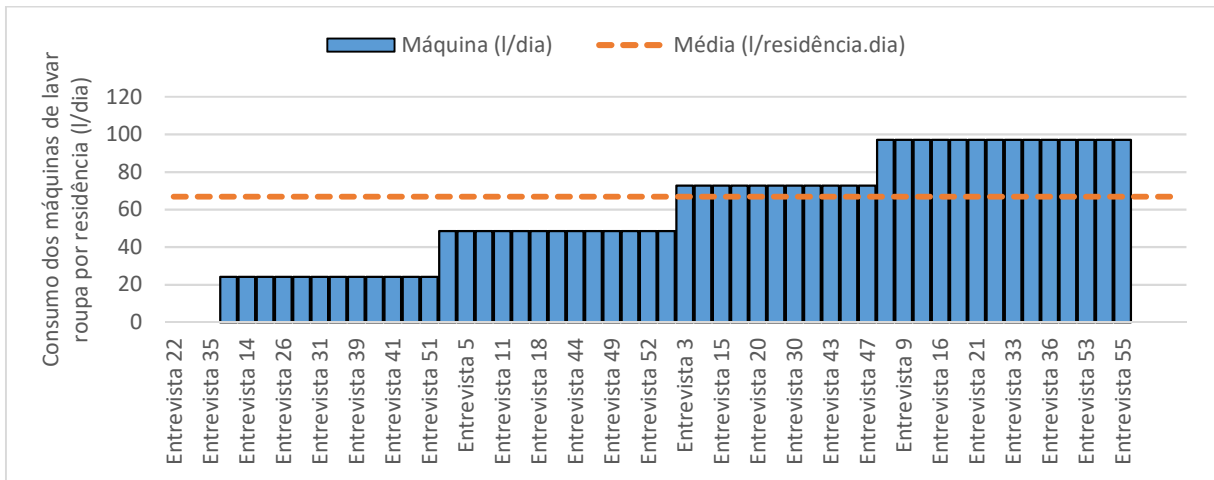


Fonte: Autoria própria, 2019.

Quanto ao hábito de lavar roupas, um total de 53 dos 56 moradores entrevistados da comunidade afirmaram possuir máquinas de lavar em suas residências, o que representa um percentual 94,6%. Marinoski *et al.* (2014) encontrou um percentual de 81% dos moradores em uma comunidade de baixa renda de Florianópolis-SC com máquina de lavar roupa.

Os resultados do questionário mostraram que ocorrem em média 2,75 lavagens por semana o que resulta 0,39 lavagens por dia. Estimando-se que para o gasto de lavagem de roupas são 170 L/ciclo (TOMAZ, 2015), considerando a média de 2,75 lavagens por semana, resulta em um consumo total de 468,30 L.semana⁻¹ por residência, ou 18,45 L.dia⁻¹.hab⁻¹. A média da comunidade neste tipo de consumo foi de 66,9 L.dia⁻¹ por residência (Figura 35).

Figura 35 – Estimativa do consumo de água das máquinas de lavar por residência entrevistada e da média da comunidade.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Quanto ao hábito de lavar pisos, somente um morador entrevistado declarou não praticá-lo. Os resultados mostraram que os outros 55 moradores entrevistados fazem lavagens em pisos e áreas externas em média 1,86 vezes por semana.

As áreas das casas da comunidade variam entre 10 e 137 m², e uma área média de casas com 41 m². Sendo assim, uma lavagem consome aproximadamente 2 L.m⁻¹ (TOMAZ, 2015), que resulta em 82,58 L/lavagem.casa por semana, como as lavagens ocorrem 1,86 vezes na semana estimam-se um consumo de 153,89 L.semana⁻¹ por casa, ou 21,98 L.dia⁻¹ por residência ou 5,95 L.hab⁻¹.dia⁻¹ para lavagem de pisos.

Quanto à rega de plantas 24 moradores responderam que têm vegetação por plantas, no entanto, não é um consumo relevante, com gastos de um ou dois copos, e frequência de uma ou duas vezes na semana para irrigação. Sendo assim, a rega de plantas foi considerada desprezível no cálculo da demanda total. Não existem grandes áreas de jardins na comunidade.

Em resumo, as demandas estimadas para a comunidade do Acomodado no complexo Paula Ramos são apresentadas com a Tabela 17.