UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

Munique Miyoshi de Almeida

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE INTERESSE SOCIAL NO CONJUNTO HABITACIONAL JOÃO DOMINGOS NETTO EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP.

Presidente Prudente – SP

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

Munique Miyoshi de Almeida

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente-SP, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Sérgio Okimoto.

Presidente Prudente – SP

2020

A447r

Almeida, Munique Miyoshi de
Reutilização de águas pluviais para edificações residenciais de interesse social no Conjunto Habitacional João Domingos Netto em Presidente Prudente-SP / Munique Miyoshi de Almeida. -- Presidente Prudente, 2020
84 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Fernando Sérgio Okimoto

1. Geografia urbana. 2. Águas pluviais. 3. Reuso de água. 4. Habitação popular. 5. Arquitetura e urbanismo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE INTERESSE SOCIAL NO CONJUNTO HABITACIONAL JOÃO DOMINGOS NETTO EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP

AUTORA: MUNIQUE MIYOSHI DE ALMEIDA

ORIENTADOR: FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO

COORIENTADOR: FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GEOGRAFIA, área: Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO
Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / Unesp/FCT - Câmpus Presidente Prudente

Profa. Dra. MARIA CRISTINA RIZK
Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / Unesp/FCT - Câmpus Presidente Prudente

Profa. Dra. LEONICE SEOLIN DIAS
Editora ANAP

Presidente Prudente, 03 de julho de 2020

AGRADECIMENTOS

Este trabalho, eu dedico especialmente ao meu marido Tiago Albuquerque Gomes, por todo o apoio e companhia nessa trajetória de pesquisas, por estar sempre ao meu lado também cursando o Mestrado e avançando em nossas vidas acadêmicas. Obrigada meu grande amor por essa parceria!

Sou imensamente grata à minha família, meus pais Dino e Bete, pelo exemplo de vida e toda a dedicação para me proporcionar estudo e, assim, oportunidades, incentivando e embasando meu crescimento profissional; meu irmão Raphael que está sempre presente demonstrando orgulho e torcida por mim. O fato de acreditarem em mim faz toda diferença!

Não poderia deixar de citar minha prima/irmã, Bruna Almeida Augelli. Aquela que sempre torce por mim, me motiva mesmo de longe, e, de quem sinto muita saudade!

Agradeço aos familiares do meu marido, Alberto, Léa, Saulo e Bárbara, atuantes como educadores e pesquisadores do meio acadêmico, serviram/servem de grande inspiração.

O passo inicial para a determinação dos temas e pesquisas para elaboração deste projeto foi dado com o Prof. Dr. Paulo Augusto Romera e Silva como orientador, um profissional excepcional e de vasta experiência na área que contribuiu em alto grau para o desenvolvimento dessa pesquisa, auxiliou o projeto da melhor forma, enquanto foi possível, pois, infelizmente, adoeceu e agora descansa em paz. Também dedico os resultados em sua memória e espero ter correspondido às expectativas.

Todavia, manifesto minha gratidão ao meu orientador, professor Dr. Fernando Sérgio Okimoto, que já atuava como coorientador e prontamente aceitou tornar-se meu orientador nesta dissertação. Agradeço os períodos disponibilizados para atendimento, todo o material, apoio e direcionamento para o desenvolvimento do projeto e estudos. Sou grata por acreditar em minha proposta, capacidade e força de vontade. Sua participação e seus conhecimentos na área foram efetivos para a condução e resultados desse projeto, oferecendo, além de embasamento intelectual, motivacional.

Gostaria de deixar um agradecimento especial às professoras Dra. Maria Cristina Rizk e Dra. Renata Ribeiro de Araújo por suas análises e contribuições valiosas apresentadas durante o Exame de Qualificação. Bem como, ao coordenador Prof. Dr. Paulo César Rocha por informar sobre o Mestrado Profissional em Geografia, nos guiando no início do Processo Seletivo e sempre pronto à tirar dúvidas.

Por fim, registro meu agradecimento aos colegas do mestrado profissional pela amizade e conhecimento compartilhado durante nossas atividades e pesquisas.

"Lar é o lugar em que você reside.
Muitas vezes é sua casa, algumas vezes é o coração de alguém."
(Guilherme Sá).

RESUMO

A aplicação de métodos para a reutilização da água da chuva pode originar vantagens significativas no meio urbano, como por exemplo, abatimento do gasto com água potável, preservação do ciclo hidrológico e prevenção de inundações. O reuso de águas pluviais é uma alternativa para a prevenção de problemas de escassez e destaca-se, aqui, no fato de se tratar de um recurso simples e acessível para economizar água potável para fins não potáveis. As atividades de uso e ocupação do solo que não ponderam os fatores ambientais envolvidos podem determinar a limitação da disponibilidade de água em bacias hidrográficas. A tendência é o agravamento dos conflitos de uso, ocasionando desequilíbrios no ciclo urbano da água, degradação do recurso e redução da disponibilidade hídrica às gerações futuras. Na construção civil observa-se o crescimento da conscientização e do tratamento dos impactos prejudiciais das ações humanas no meio ambiente, a busca por tecnologias sustentáveis que permitam a iluminação natural, aquecimento solar, reutilização de águas, dentre outras medidas. Neste cenário, esta pesquisa tem como motivação fundamental possibilitar a reutilização de águas pluviais em unidades habitacionais de padrão popular a partir de intervenções construtivas. O objetivo é projetar um sistema de adaptação para unidades residenciais de interesse social existentes na cidade de Presidente Prudente-SP no Conjunto Habitacional João Domingos Netto. Avaliando a viabilidade econômica, bem como a técnica em relação entre a demanda, disponibilidade e perenidade das chuvas a partir do levantamento dos dados pluviométricos e da aplicação do Método da simulação. A proposta beneficia a área de estudo e a região de Presidente Prudente como medida mitigadora para a preservação das águas, operando na proteção das vias urbanas locais devido à redução de enxurradas e enchentes, minimizando processos erosivos e assoreamentos nos fundos de vale.

Palavras-chaves: Água. Reutilização. Águas pluviais. Unidades habitacionais.

ABSTRACT

The application of methods to reuse rainwater may create meaningful advantages in the urban environment, such as the reduction in cost with potable water, hydraulic cycle prevention and flooding prevention. Rainwater reuse is an alternative to prevent shortage problems and it stands out by the fact that deals with a simple and accessible resource to spare potable water for non-potable water purposes. The activities of soil usage and occupation that don't contemplate the environmental factors involved may determine the limitation of water availability in watersheds, the tendency and aggravation of the usage conflicts, causing imbalances in the urban water cycle, resource degradation and hydraulic availability reduction to future generations. In the civil construction the growth of awareness and the treatment of impact predicated by human action on the environment, the search for sustainable technologies that allow natural lighting, solar heating, water reuse among other measures are being observed. In this scenario this search has as fundamental motivation to enable the reuse of rainwater in social houses by meanings of constructive interventions. The goal is to design an adaptation system for the social housing units available Conjunto Habitacional Joao Domingos Netto in Presidente Prudente – SP. Analysing the economic viability, as well a technique as the connection between demand, availability and rain perpetuity from the pluviometric data collection and the application of simulation Method. The proposal benefits the study area and the Presidente Prudente region as a mitigation measure for water prevention, operating on the protection of local urban roads due to the reduction of flash flood and flooding, minimizing erosion processes and valley ends siltation's.

Keywords: Water. Reuse. Rainwater. Social houses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Configuração de um sistema típico para coleta de águas da chuva..... 24

Figura 2. Esquema simplificado dos elementos de um sistema de recuperação para águas pluviais..... 26

Figura 3. Configuração dos hidrômetros e *data-logger* no cavalete de entrada da residência e em um conjunto único no ponto de utilização..... 30

Figura 4. Configuração dos hidrômetros e *data-logger* no cavalete de entrada da residência e em um conjunto único no ponto de utilização..... 30

Figura 5. Mapa da UGRHI-22 38

Figura 6. Declividades predominantes na UGRHI-22..... 39

Figura 7. Mapa do município de Presidente Prudente..... 40

Figura 8. Imagem aérea da cidade de Presidente Prudente – principais rodovias..... 41

Figura 9. Mapa de Conjuntos Habitacionais em Presidente Prudente..... 42

Figura 10. Mapa da cidade de Presidente Prudente; Detalhe da localização do Conjunto Hab. João Domingos Netto; Situação e Quadro de Áreas..... 44

Figura 11. Mapa topográfico do Conj. Hab. João Domingos Netto..... 46

Figura 12. Projeto Urbanístico do Conj. Hab. João Domingos Netto..... 47

Figura 13. Imagens aéreas do Conj. Hab. João Domingos Netto em 2010 e 2020..... 48

Figura 14. Divisão das construtoras do Conj. Hab. João Domingos Netto..... 49

Figura 15. Fachadas e definição das 3 tipologias de construções do CHJDN..... 50

Figura 16. Planta baixa e Planta de cobertura sem escala – Tipologia 1..... 51

Figura 17. Planta baixa e Planta de cobertura sem escala – Tipologia 2..... 52

Figura 18. Planta baixa e Planta de cobertura sem escala – Tipologia 3..... 53

Figura 19. Hietograma do período de 2015 a 2019..... 55

Figura 20. Superfícies de captação de telhados – Equações..... 56

Figura 21. Superfícies de captação de telhados – Equações..... 56

Figura 22. Detalhe da tela para proteção das calhas..... 60

Figura 23. Sistema coletor e de armazenamento – Tipologia 1..... 61

Figura 24. Sistema coletor e de armazenamento – Tipologia 2..... 62

Figura 25. Sistema coletor e de armazenamento – Tipologia 3..... 63

Figura 26. Tambor metálico utilizado como reservatório e cantoneira para fixação..... 64

Figura 27. Locação do reservatório para as unidades habitacionais de Tipologia 1 – Corte BB sem escala..... 65

Figura 28. Referência para a instalação do reservatório temporário da primeira água..... 66

Figura 29. Esquema de instalações hidráulicas convencionais para o sistema de abastecimento da caixa acoplada em bacias sanitárias..... 67

Figura 30. Diagrama da reutilização das águas da chuva até o retorno do investimento..... 68

Figura 31. Áreas do projeto do Conjunto Habitacional João Domingos Netto..... 73

Figura 32. Croqui volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais para a Tipologia 1..... 75

Figura 33. Croqui volumétrico do sistema para a Tipologia 1, vista geral..... 76

Figura 34. Croqui volumétrico do sistema para a Tipologia 1, vista geral frontal..... 76

Figura 35. Croqui volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais para a Tipologia 2..... 77

Figura 36. Croqui volumétrico do sistema para a Tipologia 2, vista geral..... 77

Figura 37. Croqui volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais para a Tipologia 3 - frente da residência..... 78

Figura 38. Croqui volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais para a Tipologia 3 - fundos da residência..... 78

Figura 39. Croqui volumétrico do sistema para a Tipologia 3, vista geral..... 79

Figura 40. Croqui volumétrico do sistema para a Tipologia 3, vista geral..... 79

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1. Unidades habitacionais do bairro CHJDN..... 45
Fotografia 2. Conta de água de uma unidade residencial do CHJDN..... 71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Equações para aplicação do Método da simulação..... 55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parcelas de consumo de água de acordo com o tipo de equipamento 31

Tabela 2. Dados de cada lote e definição das tipologias..... 49

Tabela 3. Dados de Precipitação em Presidente Prudente-SP de 2015 a 2019..... 54

Tabela 4. Cálculo do volume através do Método da simulação – Tipologia 1..... 57

Tabela 5. Cálculo do volume através do Método da simulação – Tipologia 2..... 58

Tabela 6. Cálculo do volume através do Método da simulação – Tipologia 3..... 58

Tabela 7. Planilha orçamentária sistema de reutilização de águas pluviais – Tipologia 1..... 69

Tabela 8. Planilha orçamentária sistema de reutilização de águas pluviais – Tipologia 2..... 69

Tabela 9. Planilha orçamentária sistema de reutilização de águas pluviais – Tipologia 3..... 70

Tabela 10. Cálculos do período necessário para retorno financeiro e economia na conta..... 71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SP - São Paulo
ANA - Agência Nacional de Águas
PROSAB - Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
CHJDN - Conjunto Habitacional João Domingos Netto
CODASP - Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR - Norma Brasileira
RS - Rio Grande do Sul
PMCMV - Programa Minha Casa Minha Vida
PNHU - Programa Nacional de Habitação Urbana
IPTU - Imposto predial e territorial urbano
CE - Ceará
Hab.dia - Habitantes por dia
BNH - Banco Nacional da Habitação
COHAB - Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo
CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica
UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
CBH-PP - Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Rod. - Rodovia
CRAS - Centro de Referência de Assistência Social
Ltda - Limitada
PVC - Policloreto de Vinila
SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil
DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica
UH - Unidade habitacional

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 16
1. OBJETIVOS 20
1.1. Objetivo geral 20
1.2. Objetivos específicos 20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA 21
2.1. Características de sistemas convencionais de captação de águas pluviais..... 24
2.2. Análise do consumo de água nas residências brasileiras populares..... 29
2.3. Referências de construções residenciais de interesse social 32
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 35
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS 37
4.1. Aspectos gerais 37
4.2. Conjunto Habitacional João Domingos Netto 43
4.2.1. Projetos das unidades habitacionais do Conj. Hab. João Domingos Netto 49
5. CÁLCULOS E PROJEÇÕES 54
6. DETALHAMENTO DO PROJETO 60
6.1. Viabilidade econômica e eficiência do sistema 68
6.2. Estudo volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais 75
CONSIDERAÇÕES FINAIS 80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 83

INTRODUÇÃO

O consumo consciente de água é imprescindível para evitar o esgotamento das reservas naturais atualmente disponíveis, pois a crescente ocupação do território de forma desordenada e os diversos conflitos pelas formas de consumo e usos da água têm gerado conflitos, principalmente, problemas relacionados ao consumo excessivo e à poluição.

Os modos de uso e ocupação do solo, que não consideram os fatores ambientais, podem determinar a limitação da disponibilidade da água em bacias hidrográficas.

O Brasil é rico em termos de disponibilidade hídrica, mas apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões. Determinadas bacias localizadas em áreas que apresentam pouca disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos podem levar a situações de escassez, sendo necessária a implantação de atividades de planejamento e gestão (Agência Nacional de Águas - ANA, 2005).

A Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas é responsável por elaborar e manter atualizado o perfil de demanda e qualidade dos recursos hídricos do Brasil.

Segundo dados da ANA (2005), no Brasil a precipitação média anual é de 1.797 mm, as precipitações e o regime hidrológico das águas superficiais, inclusive escoamento superficial, não ocorrem de forma semelhante entre as regiões hidrográficas, variando abaixo de 800 mm na região semiárida do Nordeste, a acima de 2.500 mm na Amazônia.

Gonçalves (2006) reflete a respeito da pressão sobre os recursos hídricos decorrente do surgimento de grandes aglomerados urbanos, colocando em discussão a importância de medidas para o uso sustentável e racional em nível mundial.

A intensificação dos conflitos de uso tende a se agravar, ocasionando desequilíbrios no ciclo urbano da água, degradação do recurso e redução da disponibilidade hídrica às gerações futuras.

De acordo com as características geográficas e naturais de cada região, mesmo se tratando somente do estado de São Paulo, a condição de uso e disponibilidade de águas superficiais é individual, específica para cada bacia hidrográfica e características climáticas.

Em consulta ao Caderno de Recursos Hídricos: Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil da ANA (2005) foi encontrado o volume da demanda de água (vazão e retirada) no Brasil de 1.592 m^3/s. Aproximadamente 53% deste total (841 m^3/s) são consumidos, sem retorno às bacias hidrográficas. Cerca de 40% da vazão de retirada no país

são destinadas à irrigação, 27% ao abastecimento urbano, 17% para indústria, 13% para animal e apenas 3% para abastecimento rural.

Analisando a relação entre demanda e disponibilidade hídrica fica evidente a riqueza de cursos d'água no território brasileiro, porém observa-se a ocorrência de quadros de situações muito críticas, principalmente, na região nordeste, e apontamentos na região sul.

A escassez pode ser de origem quantitativa, devido à ocorrência de períodos de menor disponibilidade hídrica ou de origem qualitativa, decorrente, por exemplo, da poluição e alterações da qualidade da água. Apesar da vasta disponibilidade bruta de recursos hídricos no país algumas regiões se encontram em situação de estresse hídrico (GONÇALVES, 2006).

A Agência Nacional de Águas (2005) afirma que as informações hidrológicas são estratégicas para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, fundamentais para o desenvolvimento de projetos em vários segmentos, desde a economia, energia e meio ambiente.

É observado o crescimento, na construção civil, da conscientização e do tratamento dos impactos das ações humanas no meio ambiente. A racionalização do consumo de recursos naturais é tida como uma preocupação pelos profissionais do ramo, buscando tecnologias que permitam a iluminação natural, aquecimento solar, reutilização de águas, dentre outras medidas que visam à sustentabilidade.

É necessário refletir e aplicar metodologias para alcançar o equilíbrio entre a disponibilidade hídrica, determinada pelo regime hidrológico de cada bacia hidrográfica, e as demandas, determinadas por fatores geográficos, políticos, sociais e critérios econômicos.

A aplicação de métodos para a reutilização das águas pluviais pode originar vantagens bastante significativas no meio urbano, como por exemplo, abatimento do gasto com água potável, prevenção de inundações e problemas de escassez.

No Edital 5 do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) foram produzidas pesquisas relativas à racionalização do uso de água através da conscientização de redução no consumo e reaproveitamento de fontes alternativas. O intuito é aperfeiçoar tecnologias e métodos de abastecimento de água que permitam fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação e manutenção, atuando no manejo de águas pluviais urbanas, visando à recuperação ambiental dos corpos d'água e a melhoria da qualidade de vida da população (GONÇALVES, 2006).

Neste cenário, o projeto em tela tem como motivação fundamental possibilitar a reutilização de águas pluviais em unidades habitacionais de interesse social a partir de intervenções construtivas.

O objetivo é projetar um sistema construtivo de adaptação para unidades residenciais de interesse social existentes na cidade de Presidente Prudente no Conjunto Habitacional João Domingos Netto (CHJDN), loteamento residencial selecionado para análise e prospecção dos resultados, sendo possível também aplicar este sistema para unidades novas.

O projeto beneficiará a região de Presidente Prudente como medida mitigadora para a preservação das águas e do meio ambiente natural, atuando na proteção das vias urbanas devido à redução das enxurradas e enchentes, na proteção ambiental a partir da minimização de processos erosivos e de assoreamento nos fundos de vale, reduzindo a perda de solo.

A perda de solo e a erosão hídrica comprometem os usos dos recursos naturais, a degradação dos solos e assoreamento dos mananciais influenciam a qualidade e a disponibilidade da água (Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo - CODASP, 2007, p. 11).

O transporte de solos e sedimentos pela água pode ser causado por mecanismos naturais (fortes precipitações que resultam em enxurradas, inundações, entre outros) e ampliado pela falta de planejamento nas ocupações humanas do espaço, gerando quadros de assoreamento em cursos d'águas.

Segundo Haque *et al*. (2016) a água da chuva é uma das formas mais puras de água, de fácil acesso através de um sistema coletor para a captação nas coberturas das edificações, onde o desempenho é estimado baseado em dados históricos de precipitação e, apesar do fator mudanças climáticas, é possível projetar o futuro das condições de chuva.

Para a elaboração de um projeto de reaproveitamento de águas pluviais deve ser prevista a aplicação de normas relacionadas à qualidade, formas de reuso e contaminação, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a norma brasileira NBR 15.527/2007 "Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos", definindo os padrões de potabilidade da água e parâmetros qualitativos para os usos não potáveis de águas pluviais.

As descargas de bacias sanitárias, bem como torneiras para lavanderia e de uso geral em jardins, são usos definidos como não potáveis, tratando-se de usos domésticos que permitem a reutilização de água, neste caso, proveniente da chuva.

A hipótese é que a elaboração de um projeto para reuso das águas pluviais se apresenta como uma alternativa viável e bastante conveniente, representando uma medida simples, com intervenções técnicas e materiais básicos, além da facilidade de construção e manutenção.

Assim, a população residente nas unidades habitacionais da área de intervenção obterá retorno financeiro consistente com a redução dos custos com água e esgoto pelo abastecimento da concessionária.

Fica evidente a importância de abordar o uso racional da água como forma de reduzir a demanda geral de uma bacia hidrográfica, verificando os tipos de consumo e as possibilidades de reutilização, dentre as principais, o aproveitamento das águas de chuva.

A falta de perenidade das chuvas deve ser estudada, pois a estiagem em determinadas estações do ano pode diminuir o volume de água pluvial coletado durante certos períodos.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo geral

Apresentar um projeto construtivo que propõe a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para adaptação nas residências de interesse social localizadas no Conjunto Habitacional João Domingos Netto (CHJDN) em Presidente Prudente-SP.

Significando redução da demanda de água da rede pública, amenizando os volumes de escoamento superficial, enchentes e processos de assoreamento no entorno durante fortes chuvas, evitando sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana.

1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Analisar os índices de precipitação em Presidente Prudente-SP;
- Verificar as tipologias dos projetos residenciais do Conjunto Habitacional João Domingos Netto verificando o potencial das áreas de captação de cada tipologia, a fim de criar um projeto viável de aplicação nas diferentes implantações;
- Propor um projeto para adaptar os telhados das residências e coletar água da chuva para o reaproveitamento nas bacias sanitárias (uso não potável);
- Relacionar os materiais construtivos necessários, bem como, as normas e os custos para execução das instalações;
- Avaliar a viabilidade econômica da aplicação do projeto desenvolvido;
- Relacionar os resultados estimativos obtidos à demanda hídrica de cada unidade residencial, refletindo sobre o volume de água pluvial reutilizada na totalidade do conjunto habitacional.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

O aumento da demanda resultante do crescimento populacional, do avanço da urbanização e de todo o desenvolvimento industrial e tecnológico, acionou um alerta quanto à garantia do abastecimento de água (HAQUE *et al*., 2016).

Segundo Rezende e Tecedor (2017), no sudeste brasileiro, a poluição dos mananciais, atrelada ao crescente do consumo e aos problemas de gestão dos sistemas de abastecimento público, reforçam a necessidade de implantar métodos para promover o uso racional da água, defendendo o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis como uma alternativa atrativa e eficaz na minimização da possibilidade de escassez da água.

Em grande parte das edificações a água utilizada para a realização de todas as atividades é potável, independentemente do uso a que se destina. Usos como descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins, lavagem e limpeza de calçadas e ruas, podem utilizar águas de menor qualidade, sendo determinados usos menos nobres (OKIMOTO; RIZK, 2017).

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos são determinantes para a definição do desenho urbano. De acordo com Haque *et al*., (2016) estudos realizados previram que até o ano 2050 a demanda global de água aumentará aproximadamente 55%, tornando os recursos hídricos naturais limitados.

Desde o final do século XX, a política utilizada para o abastecimento urbano de água era ditada pela oferta. Conforme ocorriam os adensamentos no meio urbano, aumentava-se a oferta para abastecer a demanda. Porém, a aplicação dessa estrutura é limitada, recorrendo-se então a fontes de captação situadas cada vez mais distantes das grandes cidades (BARRETO, 2008).

Ainda segundo Barreto (2009) a gestão e o planejamento sobre os usos dos recursos hídricos através das regiões abrangidas por bacias hidrográficas, admite a utilização da água de uma bacia para outra, como forma de aliviar a pressão sobre os mananciais. Ressalvando o fato de que se trata de uma abordagem negociada e restrita, retirar água de uma bacia exige investimento financeiro, representando custos sociais e políticos.

Okimoto e Rizk (2017) afirmam que o reuso de águas está se tornando uma opção inteligente para a racionalização dos recursos hídricos, os sistemas de reutilização de águas pluviais auxiliam durante os picos de inundações das cidades, protegendo o meio ambiente natural, além de reduzir as despesas com água potável.

Observa-se o fato de que o aproveitamento das águas da chuva já é uma metodologia estudada e praticada por diversos países, como: Inglaterra, os Estados Unidos, a Alemanha, a

Austrália e o Japão, utilizada como opção para reduzir a dependência da rede de distribuição e como medida não estrutural para contribuir com o sistema de drenagem urbana (REZENDE; TECEDOR, 2017).

Para a análise do regime pluviométrico na região do município de Presidente Prudente-SP, localizado na Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema, devem ser levadas em conta as possíveis alterações nos padrões de chuva a partir das mudanças climáticas, podendo ocorrer variações em número de ocorrências e em intensidade das precipitações.

A disponibilidade de recursos hídricos pode ser severamente impactado devido às condições das mudanças climáticas resultantes de aquecimento do global (HAQUE *et al*., 2016, v. 137, p. 61).

Gonçalves (2006) explica que a previsão no cenário futuro é o aumento de eventos climáticos extremos, tais como precipitações intensas com inundações em determinadas regiões do planeta, e secas em outras.

De acordo com Campisano *et al*. (2017), estudos recentes mostraram que as técnicas de infiltração aliadas à captação de água da chuva podem implicar em alterações do microclima urbano, elevando os níveis de umidade e evapotranspiração, além de mitigar a formação das ilhas de calor.

Sistemas de captação para reutilização de águas pluviais podem ser adotados como uma medida complementar para reduzir a frequência, picos e volumes do escoamento urbano (CAMPISANO *et al*., 2017), a detenção distribuída da bacia hidrográfica pode reduzir os impactos no sistema de drenagem urbana.

Segundo a ANA (2005) o Brasil possui forte variação espacial e temporal das vazões, influenciando diretamente na disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas, tornando imprescindível executar o balanço entre a demanda e a disponibilidade dos recursos hídricos.

Para propor a projeção de um sistema de coleta e tratamento de águas pluviais a partir das coberturas das residências deve ser considerada a ampla variabilidade entre os episódios e períodos de chuvas. Os estudos e levantamentos devem compatibilizar a análise da qualidade da água pluvial em face do uso final almejado, à análise econômica de sua implantação, cruzando os regimes de precipitação com a demanda a ser suprida.

O padrão das instalações e sistemas de saneamento nacional em funcionamento caracteriza-se pelo uso em demasia da água e de energia, levando a situações de escassez e poluição dos mananciais, tornando-se um potencial problema de saúde pública e restrição do desenvolvimento econômico (COHIM *et al*., 2009).

Salla *et al*. (2013), após estudos, concluem a existência de uma tendência mundial em construir edificações abastecidas de maneira seletiva, utilizando a água potável somente para atividades que incluam o contato direto com o corpo. Para utilização indireta opta-se pelas águas não potáveis.

A ANA (2005) alerta sobre a utilização negligente de fontes alternativas de água, que por muitas vezes, podem estar em padrões de qualidades inadequados, colocando em risco os usuários e consumidores, por isso, determina a obrigatoriedade de tratamento adequado e filtragem das águas pluviais coletadas.

Devem ser consideradas as características climáticas da região de implantação do sistema, principalmente no que diz respeito às variações pluviométricas regiões com períodos de precipitações consistentes ao longo do ano possibilitam melhores resultados quantitativos e econômicos, já regiões com prevalência de períodos de seca tornam-se desfavoráveis.

Os sistemas de captação de águas pluviais considerados viáveis devem corresponder a uma demanda por água não potável que justifique o investimento, possuir capacidade de captação, drenagem, tratamento e armazenamento dessas águas, apresentar regime de chuvas condizente com a demanda, além de retorno financeiro e ambiental (OKIMOTO; RIZK, 2017).

Seguir o que determinam as normas técnicas NBR 5626/1998 Projeto de instalações prediais de água fria e NBR 10844/1989 Projeto de instalações prediais de águas pluviais, analisar o perfil dos consumidores e quantificar as demandas específicas serão essenciais durante a elaboração do projeto.

Será necessário investigar as séries históricas de precipitação na região de intervenção, a relação entre a área dos telhados (também denominadas áreas de captação) e as demandas locais, para avaliar a eficiência da utilização de águas pluviais nos usos residenciais não potáveis.

O estudo e apontamento de propostas que incentivem a importância de adotar medidas para a utilização da água de maneira sustentável, surgem como elementos de gestão efetiva da demanda e permitem a garantia do acesso aos recursos naturais para uma parcela maior da população.

Segundo Cohim *et al*. (2009) ainda hoje existe uma grande parcela de pessoas sem acesso a água em quantidade e qualidade compatível com as suas necessidades básicas, sobretudo a população de baixa renda.

Através de um estudo realizado em residências de diferentes estratos socioeconômicos da cidade de Santa Maria-RS, Tassi *et al*. (2016) concluíram que o aproveitamento de água da chuva despertou maior interesse entre os entrevistados do bairro mais popular, os residentes de bairros mais abastados ressaltaram maior preocupação ambiental, mencionando a necessidade de preservação de mananciais. Foi identificado que em 74,5% dos domicílios entrevistados, caso se tornasse obrigatória a implantação de medidas para o manejo de águas, a maioria elegeria o aproveitamento das águas da chuva.

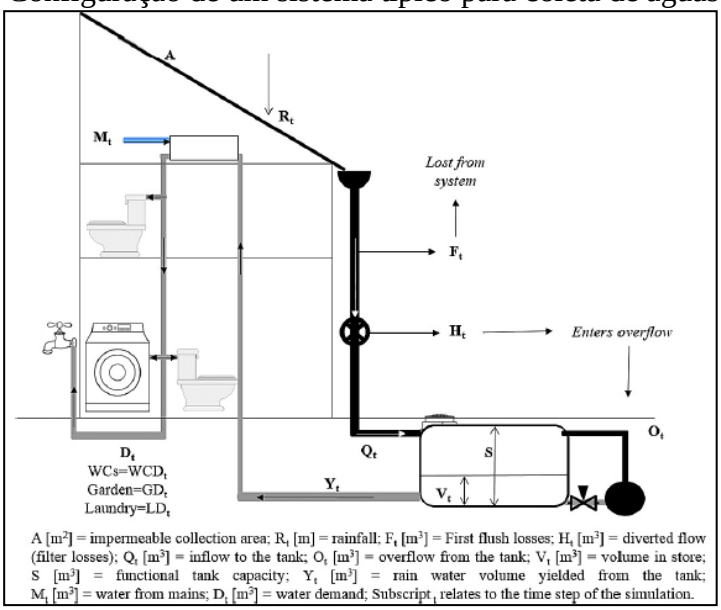
2.1. Características de sistemas convencionais de captação de águas pluviais

Os sistemas construtivos básicos para o aproveitamento de águas pluviais são compostos pelos telhados, como a área de captação. As calhas e condutores são aplicados como componentes de transporte, horizontais e verticais, além de filtros, bombas de recalque (em determinados casos) e reservatório.

Para Campisano *et al*. (2017), o principal componente de um sistema coleta de água da chuva é o tanque, ou reservatório, onde o volume coletado na superfície dos telhados é armazenado e tratado. É necessária uma rede de tubulação exclusiva conectando o tanque de água pluvial aos aparelhos domésticos (torneiras de jardim e descargas de bacias sanitárias).

Na Figura 1, a seguir, é demonstrado o funcionamento de um sistema típico para coleta de águas da chuva e a interação de seus principais componentes.

Figura 1: Configuração de um sistema típico para coleta de águas da chuva.



Fonte: Campisano e*t al.* (2017), adaptado de Melville-Shreeve *et al*. (2016).

O início do processo de reaproveitamento de águas pluviais dá-se através do sistema de coleta no telhado. O volume de águas pluviais captado depende de alguns fatores: superfície de captação, valores de precipitação, coeficiente de *runoff* (escoamento superficial) e do fator de captação (OKIMOTO; RIZK, 2017).

É preciso interpretar os telhados como áreas de coberturas impermeáveis nas zonas urbanas, os primeiros elementos construtivos a entrar em contato com a água da chuva, capazes de ampliar seu potencial como meio de reutilização e minimização dos volumes decorrentes de enchentes.

O principal material utilizado em coberturas de residências sociais é a telha cerâmica, lembrando que o material do telhado define o coeficiente de escoamento superficial. Para Silveira (2018), os telhados cerâmicos se apresentam como superfícies eficientes na captação de água da chuva, com escoamento de coeficiente superficial de qualidade elevada.

O regime de precipitações não é regular e isso afeta a capacidade de captação e do reuso da água. A eficácia dos sistemas de aproveitamento e a qualidade da água irão variar dependendo das características da chuva (intensidade, duração, período seco antecedente), da tipologia do telhado (material, inclinação, idade), do material existente no telhado (toxicidade, dimensão das partículas) e de sua destinação.

Há diversas aplicações para sistemas de captação pluvial em áreas urbanizadas, porém os resultados em vista das características locais e a percepção dos benefícios potenciais são variáveis. Diversos métodos para avaliar a eficiência geral desses sistemas ainda estão em fase de desenvolvimento e evolução (CAMPISANO *et al*., 2017).

Os pesquisadores Nakada e Moruzzi (2014) realizaram análises estatísticas descritivas, correlacionais e de componentes principais das águas pluviais coletadas nas dependências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", situada no *campus* de Rio Claro-SP, concluindo a importância do tratamento anterior ao aproveitamento das águas pluviais para a remoção de sólidos e micro-organismos potencialmente patogênicos.

Os sistemas de aproveitamento devem priorizar formas de tratamento para minimizar as implicações decorrentes de interferências e variabilidade da qualidade das águas da chuva (NAKADA; MORUZZI, 2014). Em sistemas de tratamento de pequeno porte alterações são rapidamente propagadas e podem contaminar todo o conteúdo do reservatório.

Procedimentos para resolução de equações devem ser aplicados para calcular a área de captação, a capacidade de armazenamento do reservatório, o coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência (sistema de descarte do primeiro volume de água da

chuva). A primeira água que cai no telhado pode apresentar um grau de contaminação, devido à presença de fezes de animais (pássaros, ratos, gatos, etc.), microrganismos, poeiras, folhas e outras impurezas, sendo necessário seu descarte (OKIMOTO; RIZK, 2017).

Salla *et al.* (2013) determinam:

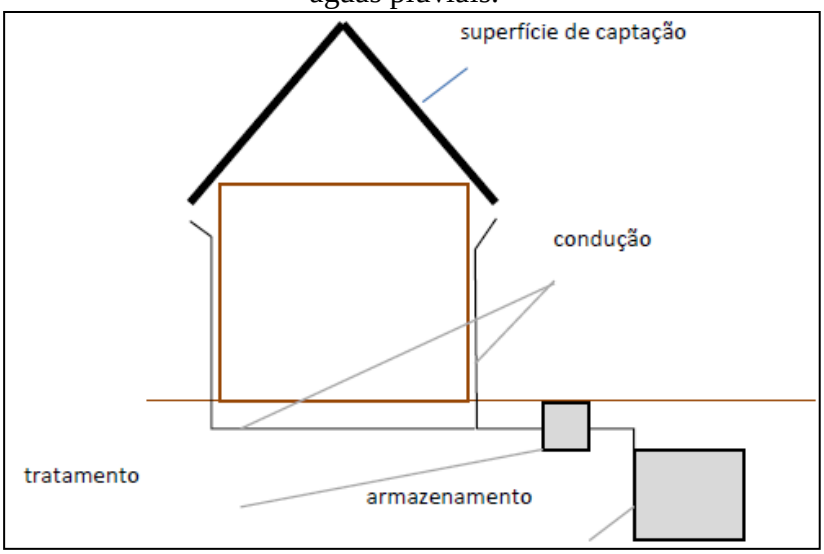
> O descarte dos primeiros 2,5 mm de água pluvial implementado através do sistema *first flush* associado a um melhor sistema de retenção de sólidos suspensos na entrada do reservatório de armazenamento, seria suficiente para que todos os parâmetros de qualidade da água respeitassem as recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007), NBR 13969 (ABNT, 1997) e do Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (ANA, 2005).

A qualidade da água da chuva coletada para reaproveitamento depende de alguns indicadores: materiais usados para construir o sistema, o cenário climático e natural em que se localiza, as fontes de poluentes (deposição atmosférica e deposição úmida proveniente da precipitação), além dos materiais utilizados na confecção do telhado (CAMPISANO *et al.*, 2017, p. 200).

Campisano *et al*. (2017) ainda citam Olem e Berthouex (1989) e Melidis *et al*. (2007) para sinalizar sobre o fenômeno da chuva ácida, que resulta em baixos níveis de pH em áreas caracterizadas pela elevada emissão de CO_2 (Gás Carbônico) do tráfego e circulação de veículos, além do forte adensamento e desenvolvimento residencial e industrial.

A partir da Figura 2, é possível visualizar os elementos básicos que fazem parte de um sistema de captação de águas da chuva.

Figura 2: Esquema simplificado dos elementos de um sistema de recuperação para águas pluviais.



Fonte: Okimoto; Rizk (2017).

A utilização de tanques com altas capacidades de armazenamento podem aumentar a viabilidade dos sistemas projetados, porém um fator limitante é a disponibilidade de espaço e área para sua construção.

Em muitas cidades australianas a instalação de tanques de água da chuva em residências tornou-se popular (HAQUE *et al*., 2016), demonstrando a conscientização ambiental da população e a aceitabilidade destes como medidas sustentáveis para o gerenciamento de recursos hídricos.

Para Campisano *et al*., (2017), considerar os aspectos de tratamento, manutenção dos sistemas de captação e armazenamento, além de sua interferência na qualidade da água da chuva coletada, tornam-se artifícios para ampliar a confiança da utilização de águas pluviais. O apoio institucional e sócio-político favorecem a aceitação da comunidade.

Okimoto e Rizk (2017) destacaram que o reservatório para armazenamento de água pluvial é um dos itens mais onerosos do sistema e pode impactar de forma expressiva no período de retorno do valor investido na instalação.

Partindo desse pressuposto, o projeto em discussão propõe a inserção de um reservatório externo elevado, posicionado à meia altura, favorecendo o uso nas descargas de bacias sanitárias, pois facilita a pressão da água e evita a implantação e gastos com sistemas de bombeamento.

Foi proposto um Projeto de Lei do Senado nº 15 de 2015 em alteração à Lei nº 11.977/2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas, para exigir nos empreendimentos do Programa Nacional de Habitação Urbana (PNHU) a adequação ambiental do projeto, atendendo a obrigatoriedade da implantação de sistemas de coleta, armazenagem e uso de águas pluviais, porém, foi averiguado que desde dezembro de 2018 o projeto foi arquivado.

Nesse contexto, Tassi *et al*. (2016) relatam que um exemplo de medida criada é a obrigatoriedade de implantação de dispositivos que correspondam às funções de armazenando ou maior infiltração do excesso do escoamento superficial, mitigando o impacto negativo dos processos de impermeabilização e, consequentemente, da urbanização.

Algumas prefeituras brasileiras estão se mobilizando e criando mecanismos legais para o controle do escoamento pluvial, a maior parte das cidades brasileiras foca a aplicação de medidas principalmente em novos empreendimentos.

No Brasil há municípios que já possuem legislação específica referente ao manejo das águas pluviais urbanas, com foco na redução do escoamento superficial. No município de Presidente Prudente a Câmara Municipal instituiu no ano de 2015 a Lei nº 8875/2015 que incentiva a reutilização de águas pluviais concedendo redução na tarifa de IPTU (imposto predial e territorial urbano) para proprietários que "estimulem a proteção, a preservação e a recuperação do meio ambiente" (PRESIDENTE PRUDENTE, 2015).

Esta lei municipal se aplica a imóveis residenciais, inclusive condomínios horizontais e verticais. As medidas aceitas para a concessão do benefício são:

> Sistema de captação de água da chuva; Sistema de reuso de água; Sistema de aquecimento hidráulico solar; Sistema de aquecimento elétrico solar; Construções com material sustentável; Utilização de energia passiva; Sistema de utilização de energia eólica (PRESIDENTE PRUDENTE, 2015).

Tassi *et al*. (2016) conduziram um estudo analítico na cidade de Santa Maria-RS, caracterizado como um município de médio porte que deverá propor medidas de política pública voltadas à gestão das águas da chuva no meio urbano. Foram realizadas entrevistas em bairros de diferentes classes econômicas, um dos resultados foi contabilizar que em 91% dessas residências os moradores possuíam conhecimento prévio sobre a prática de políticas públicas para fins de reuso das águas pluviais.

Uma proposta de gestão integrada das águas urbanas para a cidade de Fortaleza-CE foi examinada como medida para promover segurança hídrica, defendendo o ideal de que novos modelos, intervenções políticas e técnicas são aliados na gestão dos impactos advindos do crescimento populacional, mitigando os problemas de drenagem urbana e inundações recorrentes, além da poluição de corpos hídricos (SILVA *et al*., 2019).

Silva *et al*. (2019) atentam para os riscos do sistema hídrico, dentre eles os períodos de seca, evento característico do clima em regiões do Nordeste brasileiro. As secas impactam nos setores socioeconômicos e requerem modelos de gestão integrada das águas urbanas como estratégia para proporcionar segurança hídrica.

A complexidade durante a projeção de um modelo de sistema para aproveitamento de águas pluviais deve-se às variáveis do ciclo hidrológico urbano (volumes infiltrados, escoamentos e precipitações), ao clima, além do desenvolvimento urbano, econômico, tecnológico e político, que estão em constante mudança e evolução.

Intervenções para a coleta de águas pluviais como medida de contenção e minimização dos volumes de água durante fortes chuvas podem prevenir sobrecargas no sistema de

drenagem, mitigando deterioração das vias urbanas, processos erosivos nos fundos de vale e assoreamentos.

Tassi *et al*. (2016) optaram em não abordar o custo da implantação de cada sistema durante as entrevistas, em vista das possíveis variações no custo, diferentes tipos de materiais e técnicas de construção. O pesquisador alertou sobre a extensão da influência nas respostas pelo sistema mais barato, somente para corresponder à imposição de uma nova lei.

A implantação de um sistema para o aproveitamento de águas pluviais para adaptação em residências de baixo padrão já construídas será ditada pelos custos, buscando manter o investimento em equipamentos e mão de obra dentro das condições da população residente.

A viabilidade desse projeto será demonstrada através da prospecção dos resultados em longo prazo referentes ao retorno financeiro e, sobretudo, aos reflexos no meio ambiente e no uso e produção do espaço urbano.

2.2. Análise do consumo de água nas residências brasileiras populares

Segundo Gonçalves (2006) o consumo de água residencial pode constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas, incluindo usos internos e externos. A utilização para higiene pessoal e limpeza são as principais responsáveis pelo uso interno, os usos externos devem-se a irrigação de jardins, limpeza de áreas externas, lavagem de veículos, piscinas, entre outros.

Barreto (2008) realizou monitoramentos sobre o consumo de água em residências localizadas na zona oeste da cidade de São Paulo, alçando o perfil do consumo residencial e usos finais da água. Destacando-se a forma como se utiliza a água nas residências atualmente, principalmente nos centros urbanos. Cohim *et al*. (2009) analisaram dados de consumo nas capitais brasileiras e verificaram que a tendência ao consumo mais elevado é encontrado nas cidades detentoras das maiores receitas.

De acordo com Tucci (2006) e May (2009) apud Okimoto e Rizk (2017), o consumo per capita diário de água no Brasil é de 151 litros por habitante/dia, os consumos prevalentes de água potável nas residências brasileiras decorrem, principalmente, do uso das válvulas de descarga dos vasos sanitários, além dos chuveiros e torneiras.

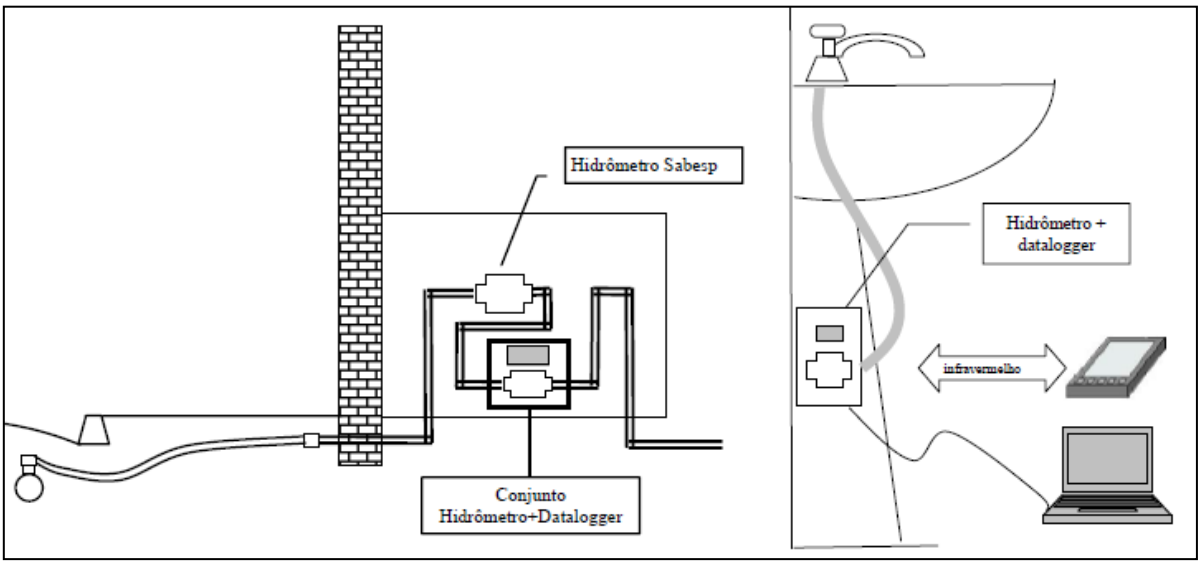
A definição do perfil de “consumidores típicos” para representar um conjunto de consumidores dentro de critérios estatísticos, econômicos e sociais, faz-se indispensável para

a validação e conversão dos dados, padronizando os índices para as equações e, assim, admitindo o seu tratamento (BARRETO, 2008).

O volume de água para suprir uma demanda residencial envolve muitas variáveis e fatores de influência. Gleick (1996) e Matos (2007) apud Cohim *et al*. (2009) afirmam que, apesar da vasta existência de diferentes teorias e métodos estimativos defendidos por pesquisadores da área, entidades e organizações, ainda não é possível estabelecer uma cota mínima de água potável consumida por pessoa.

Para levantamentos do monitoramento de consumo Barreto (2008) utilizou dois tipos de equipamentos: um hidrômetro para a entrada de água nas residências, e outro para os pontos de utilização internos, este com transmissão por infravermelho. As Figuras 3 e 4, apresentam os esquemas do sistema adotado por Barreto para as medições.

Figuras 3 e 4: Configuração dos hidrômetros e *data-logger* no cavalete de entrada da residência e em um conjunto único no ponto de utilização.



Fonte: Barreto (2008).

Após compilação dos dados, Barreto (2008) obteve as médias de consumo total e consumo interno. A média do monitoramento interno resultou em 580 litros/dia, correspondente a 70% do volume consumido.

Outra conclusão de Barreto (2008) diz respeito ao ponto de maior consumo constatado como o chuveiro, representando 13,9%, em seguida a torneira de pia com 12,0%, a máquina de lavar com 10,9%, tanquinho 9,2%, torneira de tanque com máquina de lavar 8,3%, caixa acoplada 5,5%, torneira de tanque 5,4% e torneira de lavatório com 4,2%, os demais usos perfazem 30,6%.

Cohim *et al*. (2009) constataram que o consumo *per capita* das residências varia entre 74,34 e 85,99 litros/hab.dia durante seus estudos, considerando um intervalo de confiança de 95%, com valor médio aproximado de 80 litros/hab.dia.

A variação da taxa de ocupação das residências em estudo influenciam no volume consumido. Segue a Tabela 1 com dados obtidos por Cohim *et al*. (2009):

Tabela 1: Parcelas de consumo de água de acordo com o tipo de equipamento.

Tipo de Equipamento	**Parcelas de consumo (%)**	
Vaso sanitário	23	
Chuveiro	21	(*)
Lava roupa	17	(*)
Lavatório	10	
Pia cozinha	29	
Tanque	não considerado	
(*) itens considerados com 38 % do consumo diário e 80 litros/habitante/dia		

Organização: Autora (2020).

Os resultados encontrados durante a pesquisa averiguaram como principal ponto de consumo a pia da cozinha (29%), seguida do vaso sanitário (23%) e do chuveiro (21%), a lavanderia e o lavatório representam 17% e 10% do consumo de água.

Grande parte das referências encontradas na literatura indica como principais pontos de consumo a descarga do vaso sanitário e o chuveiro.

Uma percepção comum entre os vários autores do tema é a ausência de ações voltadas para gestão com vista às demandas, ao invés das medidas atuais baseadas na gestão da oferta, tais ações devem levar a compreensão dos fatores que influenciam os índices de consumo, prevendo alterações substanciais no futuro.

É indiciada a continuidade de pesquisas para a caracterização e quantificação dos usos de água, desenvolvendo trabalhos com metodologias similares em vários tipos de comunidades, de extratos socioeconômicos semelhantes, ou não, permitindo a confirmação dos dados em outras regiões e a avaliação das características de consumo para a saúde e bem-estar (COHIM, 2009).

Nesta pesquisa optou-se por aplicar a estimativa averiguada nos estudos realizados por Cohim (2009), por se tratar de um estudo mais recente, que leva em consideração as características e perfis de consumo da população.

2.3. Referências de construções residenciais de interesse social

É necessário avaliar a expansão da malha urbana segundo a evolução dos preços fundiários e sua relação com a produção de grandes conjuntos habitacionais subsidiados através de políticas e programas habitacionais, como processos determinantes na produção do espaço urbano.

Na década de 1960 foi criado o Banco Nacional da Habitação (BNH), primeira grande política nacional de habitação. Estima-se que, a implementação dessa política foi responsável por 25% das unidades habitacionais construídas no Brasil até sua extinção no ano de 1986 (MEDEIROS, 2010).

Desde então, a produção espacial de habitações de interesse social baseou-se na atuação de programas da Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo (COHAB) e da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU), até a chegada do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) em 2009, através de recursos financeiros subsidiados pelo governo federal, operacionalizado pela Caixa Econômica Federal, que prevaleceu sobre os demais como o maior programa de habitação de interesse social da história do país.

O objetivo do PMCMV foi reduzir o *déficit* habitacional, subsidiando moradias a partir do crédito e da redução de juros do financiamento, impactando diretamente na economia e no mercado imobiliário.

Carvalho (2019) analisa o papel da casa própria nesses loteamentos horizontais abertos em relação à conquista da cidadania e ao processo de fragmentação socioespacial, discutindo circunstâncias tais como a localização em áreas distantes do centro, deficiências no transporte público, áreas e dimensionamentos inadequados às necessidades da família, entre outros.

O histórico da produção habitacional apresenta diversos problemas relacionados à qualidade ambiental, resultado da repetição de projetos e espaços de pouca qualidade, baseado em um modelo definido por questões financeiras e no preço fundiário (VIEIRA, 2019).

Através do governo federal o PMCMV foi criado e dominou a produção de moradias de interesse social, que consiste na aquisição de grandes glebas, normalmente localizadas na periferia em razão do valor da terra. A implantação de loteamentos residenciais de interesse social exige a expansão horizontal da malha urbana, impactando em alterações das características físicas naturais do território, além de forçar a circulação dos moradores por distâncias, cada vez maiores, para os trajetos até o trabalho e na busca por serviços.

De acordo com o Relatório de Sustentabilidade (CDHU, 2018), nas últimas décadas o panorama habitacional no estado de São Paulo tem sido marcado por dois obstáculos: a necessidade de novas moradias para a população de baixa renda e a necessidade de recuperar os espaços urbanos e ambientais produzidos pelo intenso crescimento das cidades sem o devido planejamento, provocando um processo de exclusão e segregação urbana.

De acordo com Carvalho (2019), o Programa Minha Casa Minha Vida foi lançado em 2009, pelo, então presidente, Luiz Inácio Lula da Silva, com o objetivo de movimentar a economia e diminuir o *déficit* habitacional, proporcionando crédito e a redução de juros do financiamento direcionados a três faixas de renda mensal.

O número de unidades habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida proporcionou resultados significativos na história da política habitacional do Brasil, representando a oportunidade de famílias menos favorecidas, com rendimentos de 0 a 3 salários mínimos, de adquirir a casa própria.

A distribuição e a configuração da vulnerabilidade social são resultados dos conflitos ambientais e sociais, visíveis no espaço urbano através da observação de precariedades habitacionais, ocupações em áreas de risco, acúmulo de lixo em logradouros e ausência de infraestrutura básica como: pavimentação, abastecimento de água, energia elétrica, saneamento, ausência de arborização, calçada, boca de lobo/bueiro, meio fio/guia, rampa e iluminação pública.

O PMCMV possui normativas e especificações projetuais para manter o padrão construtivo nos empreendimentos financiados pelo programa, buscando evitar a utilização de materiais de qualidade inferior e a racionalização excessiva por parte das incorporadoras e construtoras.

A Portaria Federal nº 269/2017 publicada pelo Ministério das Cidades dispõe sobre as diretrizes para a elaboração de projetos e as especificações mínimas da unidade habitacional e as especificações urbanísticas dos empreendimentos destinados à aquisição e alienação no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). No seu Anexo II consta uma tabela de especificações mínimas para o projeto das edificações das unidades habitacionais, para casa térrea apresentam a tipologia mínima semelhante, com dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.

A área útil mínima deve ser 36,00 m² se a área de serviço for externa e 38,00 m² para área de serviço interna. Conforme a NBR 15.575/2013 (Edificações habitacionais – Desempenho) o pé direito mínimo deve ser 2,50 m, admitindo-se 2,30 m nos banheiros.

Sobre a cobertura de casas térreas, a norma define laje e telhas com estrutura de madeira ou metálica, no caso de opção por beiral, este deve possuir 0,60m no mínimo, com previsão de solução para evitar o carregamento de solo pelas águas pluviais (BRASIL, 2017).

Tomaz (2009) apud Kleindienst (2015) afirma que o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo (CREA-SP) define como casa popular aquela que possui área construída menor ou igual a 70 m².

No tocante à dialética da produção dos espaços urbanos, Lombardo (1985) apud Rampazzo (2019) define que as atividades humanas (tráfego de veículos, concentração de indústrias, adensamento de edificações e processos de verticalização, impermeabilização do solo ocasionando a diminuição de áreas verdes, entre outros) criam condições para a diminuição da qualidade do ambiente, elevando a vulnerabilidade da população às enfermidades e aos riscos climáticos.

Os padrões seguidos para a distribuição espacial nas cidades repercutem de forma marcante nas categorias da vulnerabilidade, a lógica de produção do espaço é extremamente marcada pela desigualdade e segregação socioespacial.

É necessário avaliar a expansão da malha urbana segundo a evolução dos preços fundiários e sua relação com a produção de grandes conjuntos habitacionais subsidiados através de políticas e programas habitacionais, como processos determinantes na produção do espaço urbano.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com o Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP, 2005) as etapas para o desenvolvimento de projetos de sistemas de coleta de águas pluviais são:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta/captação;
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Projeto do reservatório de descarte;
- Projeto do reservatório de armazenamento;
- Identificação dos usos da água (quantidade e qualidade);
- Estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

Para o desenvolvimento deste projeto foi realizada revisão bibliográfica referente ao tema fundamental dessa proposta: reaproveitamento de águas pluviais, como instrumento para auxiliar a gestão dos recursos hídricos, englobando as diversas vertentes relacionadas, desde os aspectos históricos, geográficos e políticos, até a aceitabilidade, definição de equipamentos e precificação.

Leituras investigativas através de livros, artigos científicos, teses e dissertações, Leis, manuais e normativas (NBR’s), além das consultas a publicações específicas sobre os assuntos tratados, possibilitaram o embasamento teórico desse projeto.

Foi utilizada pesquisa descritiva com a finalidade de analisar as tipologias de residências de interesse social, verificando o histórico, sua evolução, características construtivas e projetuais, a fim de traçar o padrão das unidades residenciais em estudo.

A partir dos dados examinados selecionou-se o Conjunto Habitacional João Domingos Netto como área de estudos, uma implantação residencial de interesse social da cidade de Presidente Prudente-SP, para projetar a adaptação das unidades habitacionais e implantar sistemas de aproveitamentos de água pluviais, área definida devido à sua dimensão e à grande quantidade de unidades residenciais.

Foram levantados dados e características do Conjunto Habitacional João Domingos Netto para averiguação das tipologias de projeto das residências e o padrão construtivo,

quantificando o total das áreas de captação, além da projeção dos custos e cálculos estimativos relativos à quantidade e qualidade da água pluvial coletada.

Com a intenção de aferir e caracterizar as diferentes tipologias de unidades residenciais existentes no CHJDN foram reproduzidas as Plantas baixas adquiridas mediante pesquisas junto ao acervo da Prefeitura Municipal.

Através da conferência das dimensões e determinação da configuração dos telhados foram elaboradas as Plantas de cobertura, possibilitando a determinação das áreas de captação para cada tipologia de residência, além da capacidade de coleta de águas pluviais no panorama geral.

Foram realizados cálculos a partir do Método da simulação estabelecido na NBR 15.527/2007 para o dimensionamento da capacidade do reservatório de água pluvial.

Após diagnóstico das características construtivas das unidades habitacionais do Conjunto Habitacional João Domingos Netto serão definidos os elementos e equipamentos necessários para a execução do projeto do sistema de reutilização de águas pluviais para adaptação e intervenção nas residências.

Foram detalhados os principais elementos de projeto: superfícies de captação, equipamentos condutores, mecanismo para o descarte das primeiras águas da chuva, definição do reservatório de armazenamento (tipo de material, volume máximo, altura de fixação, interligação ao sistema hidráulico da bacia sanitária), levando em consideração as formas de tratamento e manutenção.

Elaborou-se então um projeto para a instalação de equipamentos para o reaproveitamento de águas pluviais nas unidades habitacionais do referido bairro como instrumento de avaliação da viabilidade técnica e econômica para este seguimento da construção civil.

Este projeto possui caráter conceitual e analítico, com ênfase na observação e estudo documental**,** atrelando o cruzamento dos cálculos e levantamentos à pesquisa bibliográfica realizada.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

4.1. Aspectos gerais

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019), o município de Presidente Prudente está localizado a 587 km de sua capital – São Paulo.

Possui população estimada de 228.743 habitantes no ano de 2019 e densidade demográfica de 368,89 hab/km², com área territorial igual a 560,637 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2019).

Encontra-se entre os 26 municípios pertencentes à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (UGRHI-22), denominada Pontal do Paranapanema. O Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (2018) aponta a área de drenagem total de 12.395 km², delimitada entre os rios Paraná e Paranapanema, no extremo-oeste do Estado de São Paulo, na divisa com os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul.

Na UGRHI-22 a maioria dos municípios tem a pecuária como principal atividade econômica, seguida da agricultura, em que predomina o cultivo de cana de açúcar, com elevado nível de mecanização. No setor agroindustrial destacam-se a produção de leite, frigoríficos e indústrias de óleos e gorduras vegetais (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA - CBH-PP, 2013).

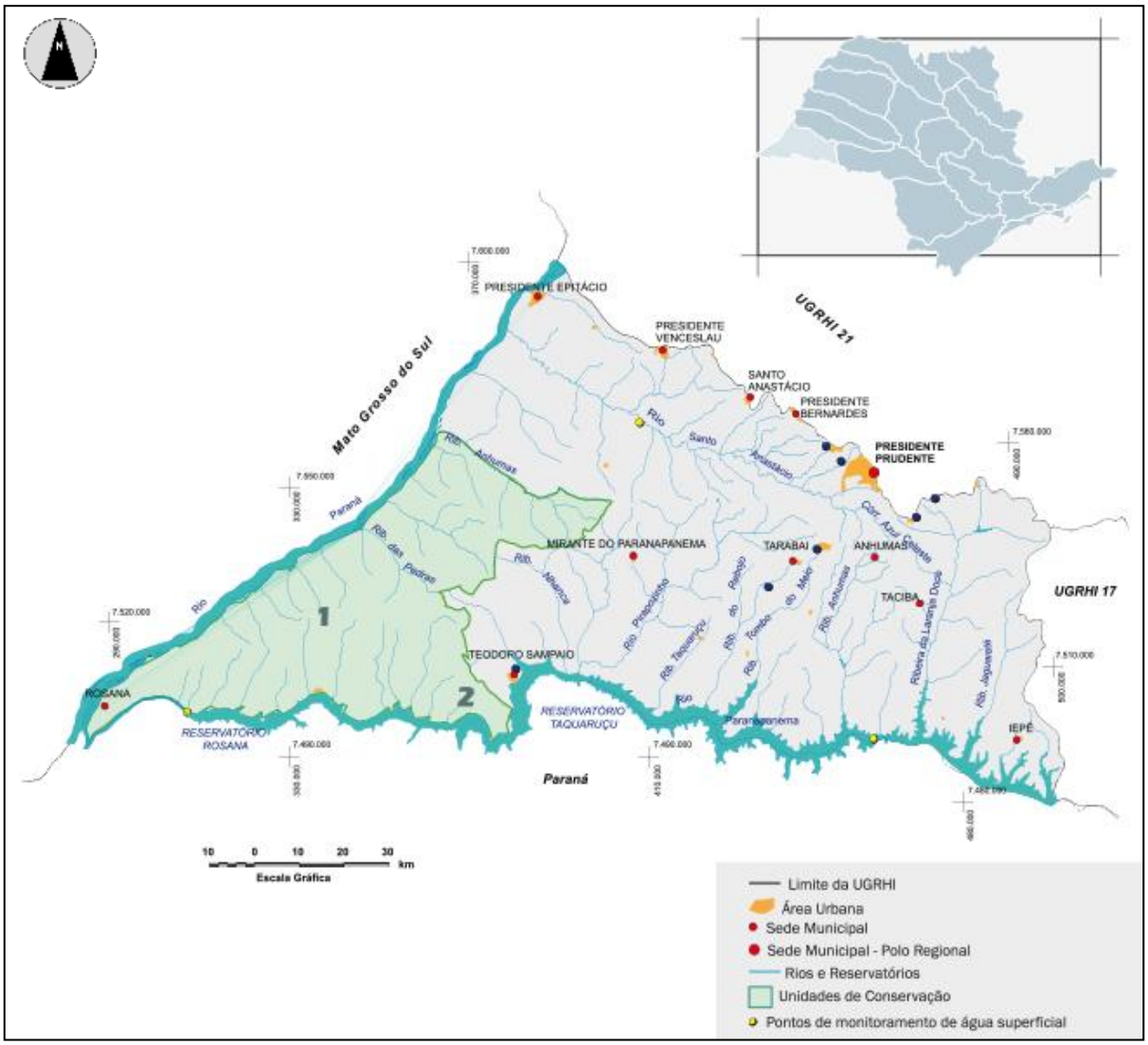
Os rios Paranapanema, Paraná, Santo Anastácio e Pirapozinho, são os principais cursos de água da UGRHI-22, sendo os dois primeiros rios Federais. A rede hidrográfica contempla os tributários da margem direita do Rio Paranapanema e alguns afluentes da margem esquerda do Rio Paraná.

Outra característica da UGRHI-22 é a presença de quatro grandes reservatórios que alimentam usinas hidrelétricas, representando aproximadamente 17% da energia gerada no Estado de São Paulo, três destes reservatórios encontram-se no Rio Paranapanema: Capivara, Taquaruçu e Rosana; e um, o Reservatório de Porto Primavera, no Rio Paraná.

Os principais impactos nos recursos hídricos do Pontal do Paranapanema estão associados, principalmente, aos processos de dinâmica superficial (erosão e assoreamento), que comprometem a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos (CBH-PP, 2013; 2018).

Na Figura 5 é apresentado o Mapa e demarcação da UGRHI Pontal do Paranapanema.

Figura 5: Mapa da UGRHI-22.



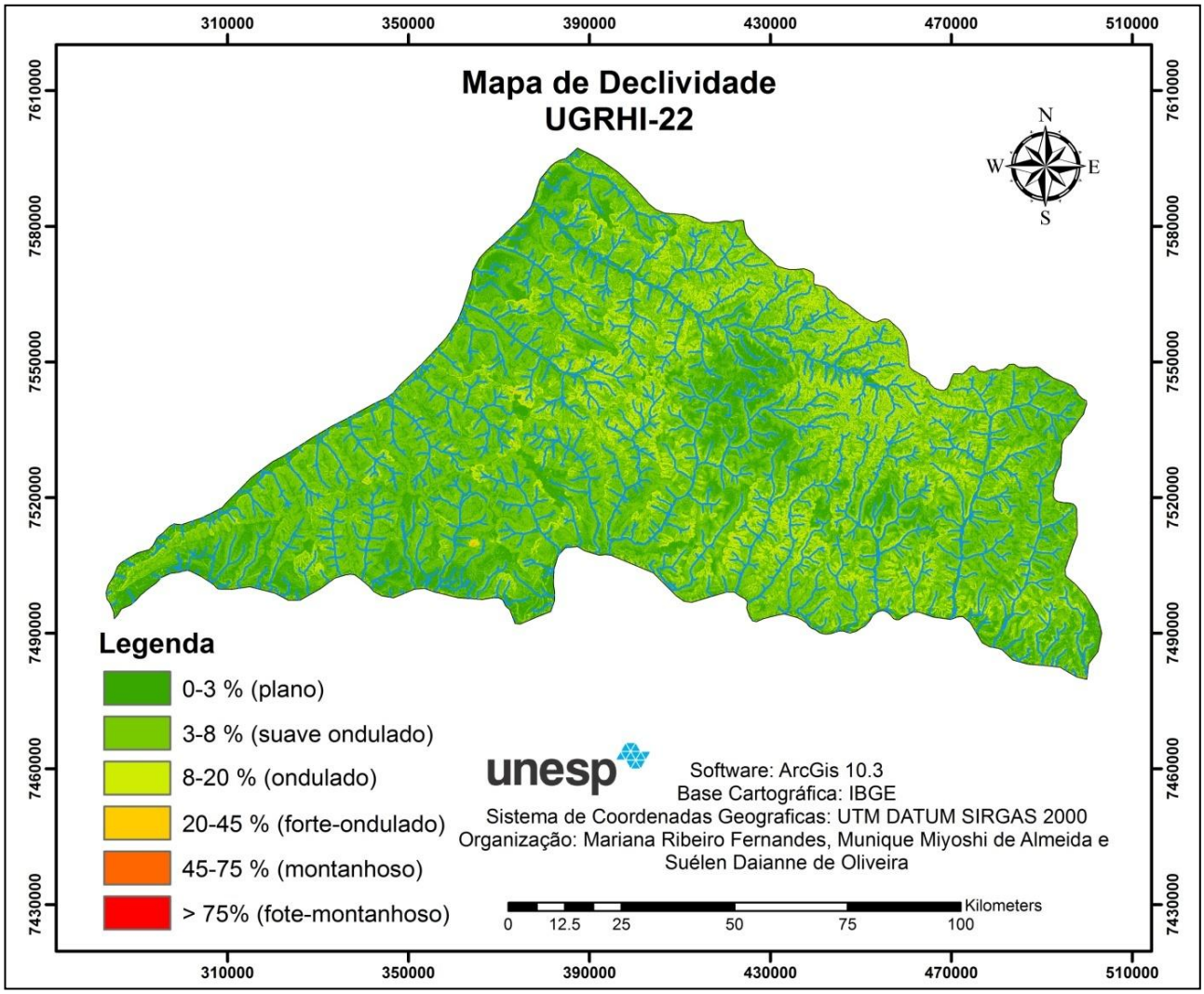
Fonte: São Paulo (2017).

O Pontal do Paranapanema encontra-se no Planalto Ocidental Paulista da Bacia Sedimentar do Paraná, é constituído, em sua maioria, por formações geológicas areníticas do Grupo Bauru, o relevo se apresenta com predominância de colinas amplas e médias, morrotes e espigões alongados, feições de morros amplos e planícies aluviais (CBH-PP, 2008).

De acordo com análises de Santos *et al*. (2019) a UGRHI-22 é composta por cinco UPHs (Unidades de Planejamento Hídrico), sendo o Baixo Paranapanema M.D., Tributários do Rio Paraná, Santo Anastácio, Pirapozinho e Laranja Doce.

A partir do Mapa de Declividade classificado segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). A Figura 6 demonstra a classe de relevo predominante na UGRHI-22: Suave Ondulado, variando entre 3 e 8%.

Figura 6: Declividades predominantes na UGRHI-22.



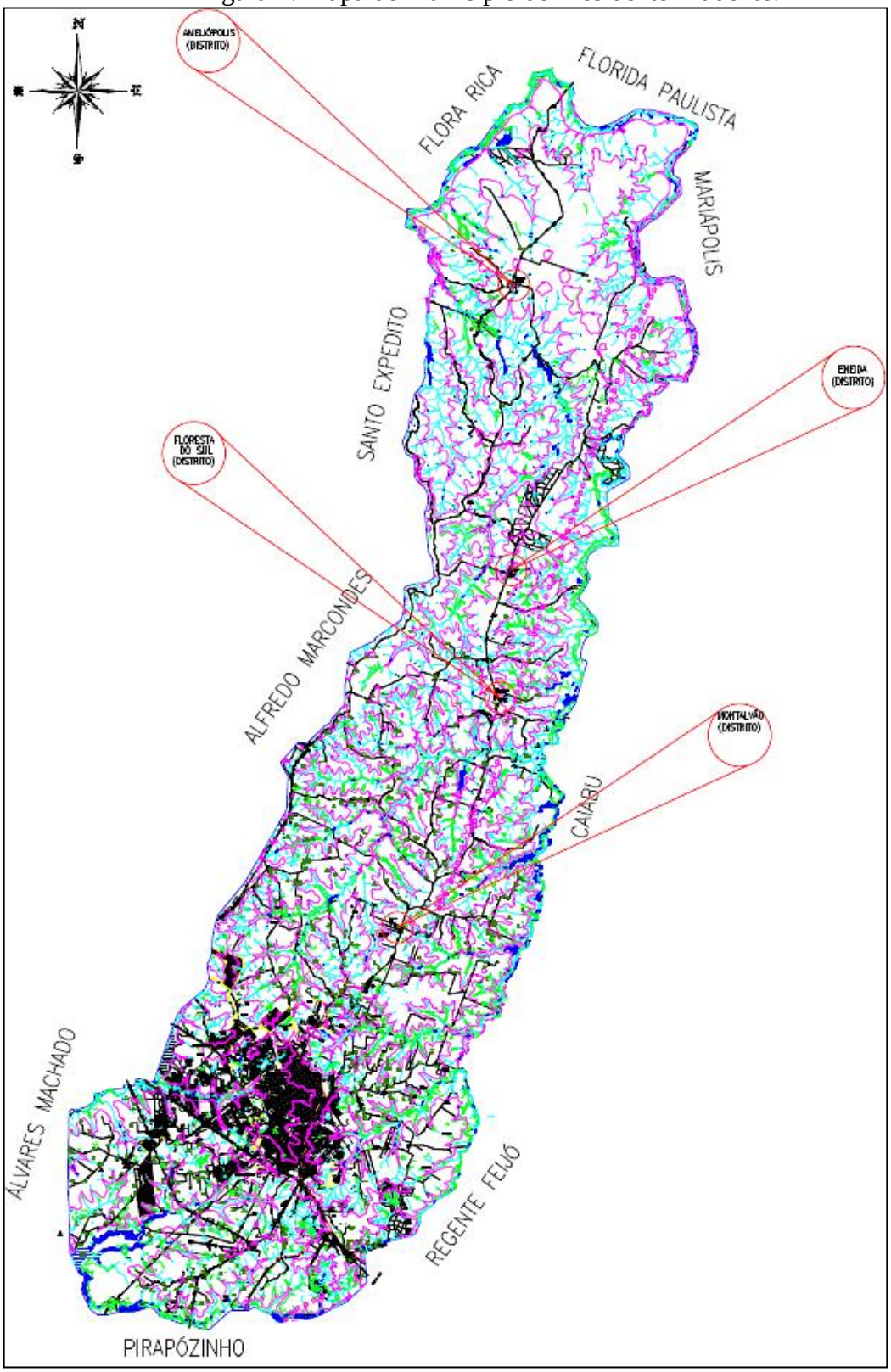
Fonte: Santos *et al* (2019).

É razoável a introdução das características fluviais e topográficas da UGRHI-22 Pontal do Paranapanema visto que um dos objetivos deste projeto é auxiliar na prevenção de enchentes, bem como nos fenômenos de assoreamento, atuando como alternativa para o controle e gestão dos usos de recursos hídricos.

Presidente Prudente é considerada uma das cidades mais importantes da macro região a que pertence. Capital de sua Região Administrativa, atualmente, polariza diversos distritos e municípios em seu entorno, atuando como principal centro de comércio e serviços.

Na Figura 7 observa-se o Mapa de Presidente Prudente com a indicação dos distritos vizinhos.

Figura 7: Mapa do município de Presidente Prudente.



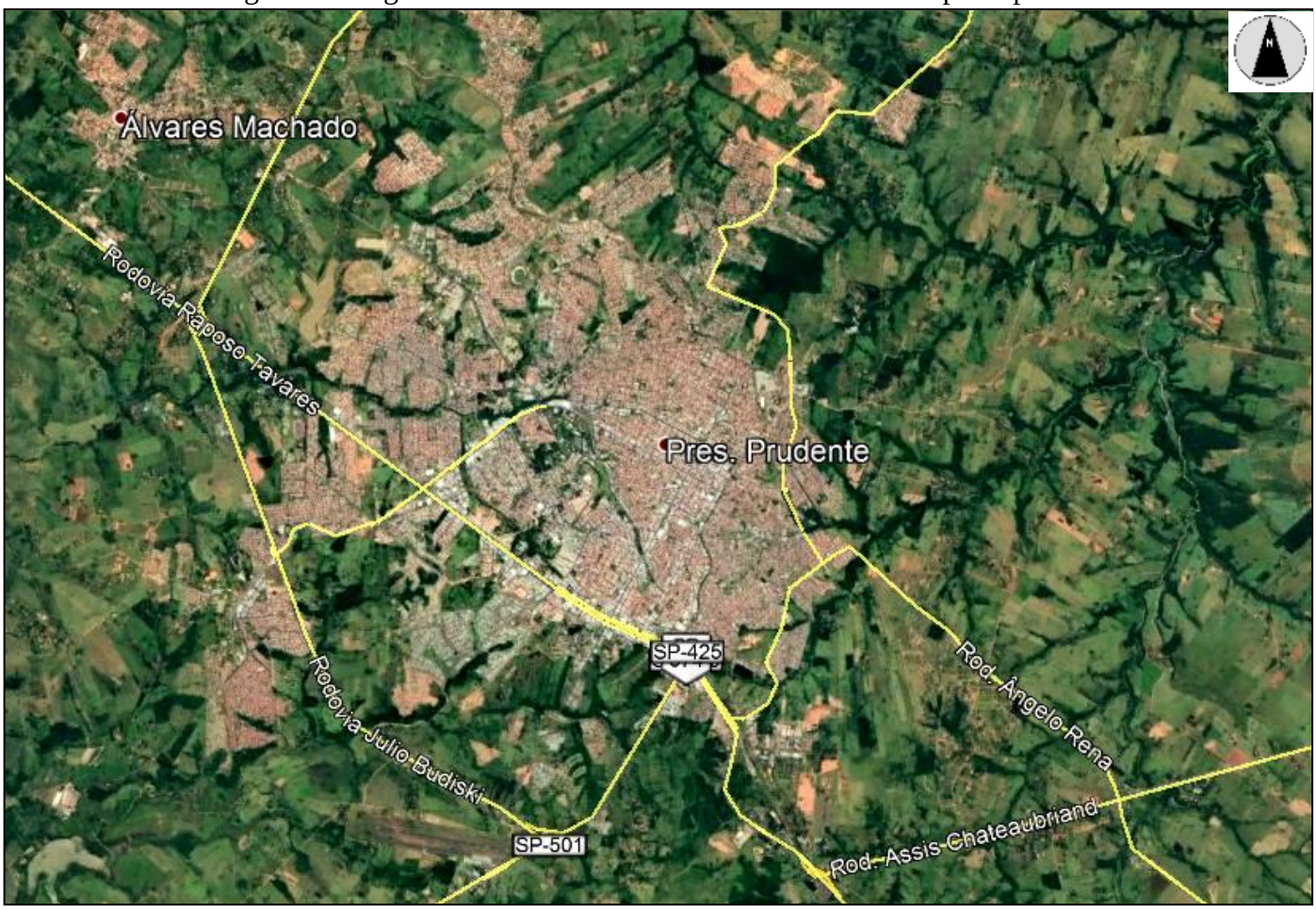
Fonte: Presidente Prudente (2019).

O município de Presidente Prudente faz limite ao norte com os municípios de Flora Rica, Florida Paulista e Mariápolis, ao sul com Pirapózinho e Regente Feijó, ao leste possui

confrontantes com Caiabú, e a oeste com Alfredo Marcondes, Álvares Machado e Santo Expedito.

Em termos geográficos faz ligação com as demais cidades do interior através da Rodovia Raposo Tavares (SP-270), considerado o principal eixo viário do Oeste Paulista, também devem ser citadas a Rod. Assis Chateaubriand (SP-425) e Rod. Júlio Budiski (SP-501), conectando várias cidades no sentido leste oeste, conforme Figura 8.

Figura 8: Imagem aérea da cidade de Presidente Prudente – principais rodovias.

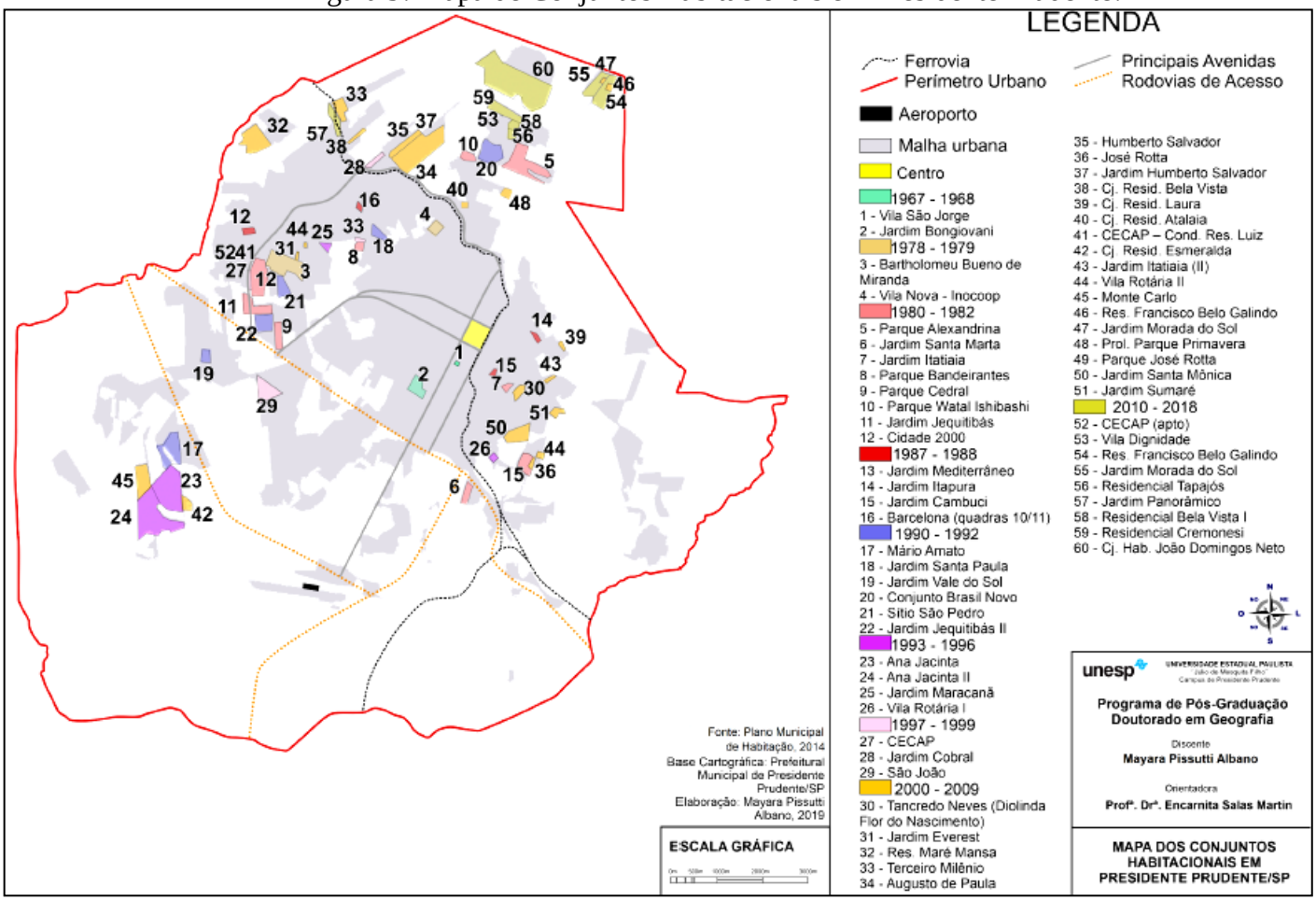


Fonte: *Google Earth* (2019).

Segundo dados do IBGE (2019) Presidente Prudente apresenta 98,1% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 95,9% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 34,6% de domicílios urbanos em vias públicas dotadas de infraestrutura urbana.

De acordo com Vieira (2019) é notável que em Presidente Prudente os conjuntos habitacionais de interesse social foram implantados nas periferias da cidade (Figura 9), através do mapa de ocupação do município destaca-se a maior incidência de empreendimentos destinados às camadas de mais baixa renda nas zonas oeste e norte.

Figura 9: Mapa de Conjuntos Habitacionais em Presidente Prudente.



Fonte: Vieira (2019).

A expansão da malha urbana de Presidente Prudente se apresenta mais intensa na direção sul, com a implantação de condomínios residenciais fechados voltados à população de alta renda, já no tocante ao crescimento nas direções oeste e norte, nota-se o predomínio de loteamentos residenciais e conjuntos habitacionais de interesse social.

Em relação ao clima de Presidente Prudente, está inserido em um regime tropical com peculiaridades do clima subúmido e forte irregularidade climática regional, a temperatura média anual é de 23,2°C segundo dados da Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências de Tecnologia (UNESP) (SANT'ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009 apud RAMPAZZO, 2019).

A região apresenta sazonalidade do clima local estruturada em duas estações definidas: um período de verão/outono quente e chuvoso (temperaturas médias máximas entre 27°C e 29°C), e invernos amenos (temperaturas mínimas médias entre 16°C e 18°C) e mais secos (SANT'ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009; AMORIM, MONTEIRO, 2011).

Após investigação dos aspectos climáticos associados à paisagem urbana, produção e usos do espaço, observa-se um clima urbano variável resultante das diferentes características de expansão da malha urbana, causando risco climático (transtornos como alagamentos e enchentes), justamente, nas regiões de vulnerabilidade socioespacial (RAMPAZZO, 2019).

4.2. Conjunto Habitacional João Domingos Netto

O município de Presidente Prudente despertou o interesse da especulação imobiliária desde o início de seu processo de urbanização, locando determinados segmentos sociais da população nas áreas periféricas, afastando a população com menos poder econômico das áreas centrais (SPOSITO, 1983, apud RAMPAZZO, 2019). Este método de planejamento ocasionou a predominância de áreas densamente construídas, com lotes pequenos, ausência de vegetação e áreas de lazer.

Presidente Prudente conta com o Conjunto Habitacional João Domingos Netto (CHJDN), localizado na Rodovia Raimundo Maiolini, km 6, como o maior conjunto habitacional da cidade, possuindo um total de 2.343 unidades residenciais, ocupando uma área de 950.581,63m² (PEREIRA, 2017).

O CHJDN é integrante do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), programa habitacional para o auxílio à população considerada de baixa renda, nesta área direcionado à Faixa 1 (um) do programa, voltado à renda de zero a três salários mínimos, com financiamento pelo período de 10 anos.

Está situado em porção limítrofe norte do município, localizado à aproximadamente 7 km do centro urbano, região caracterizada pela predominância de conjuntos habitacionais do mesmo padrão.

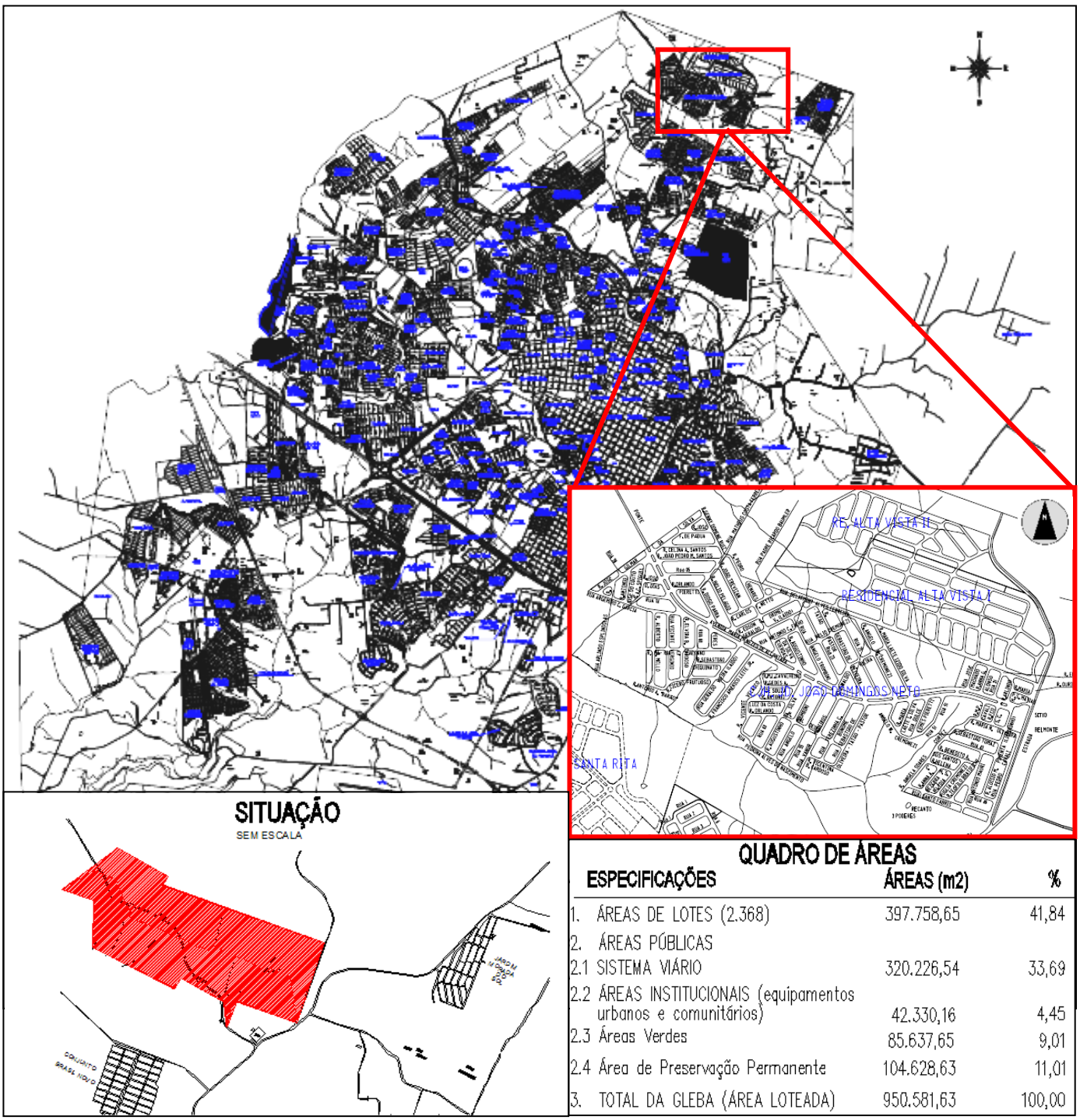
Apesar da proximidade do Conj. Habitacional João Domingos Netto ao Parque Francisco Belo Galindo, ao Jardim Morada do Sol e ao Conjunto Habitacional Cremonezi, estes loteamentos não possuem interligação, prevalecendo os vazios urbanos entre suas áreas.

Os processos para a produção habitacional de interesse social proporcionam redução do desemprego, aquecem a economia e tornam possível o direito à habitação, entretanto, programas como o PMCMV recebem muitas críticas quanto às formas de produção e implantação, pois estas reforçam a segregação socioespacial e a homogeneização dos projetos arquitetônicos.

A Lei Municipal nº 6.224 possibilitou o sorteio dos lotes às famílias inscritas no sistema de Cadastro Único Municipal através do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS), a entrega das chaves aos contemplados foi realizada no dia 16 de setembro de 2015.

A Figura 10 apresenta o Mapa de localização e as áreas do CHJDN.

Figura 10: Mapa da cidade de Presidente Prudente com detalhe da localização do Conjunto Hab. João Domingos Netto; Situação e Quadro de Áreas.



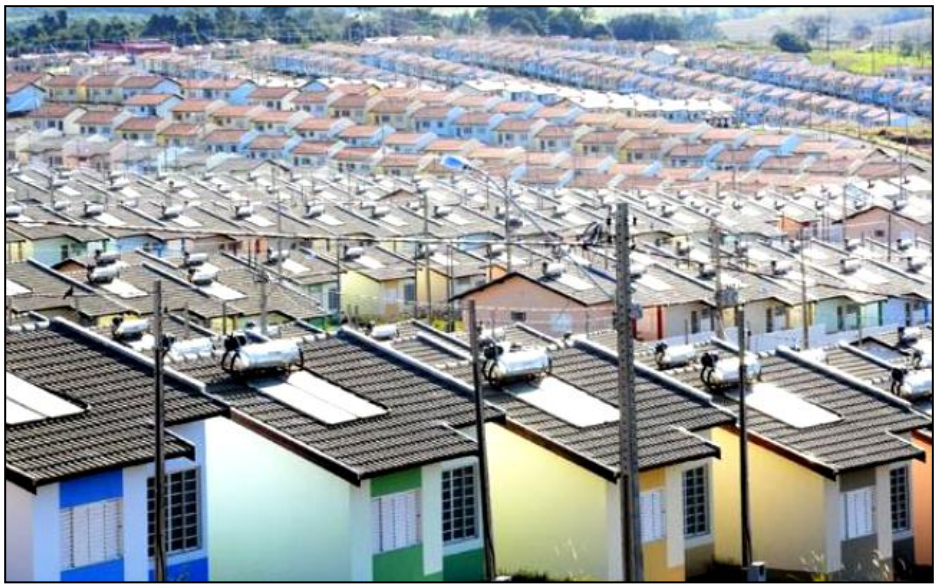
Fonte: Presidente Prudente (2019).

Pereira (2017) extraiu dados do Plano Municipal de Habitação (2014) indicando que os lotes do CHJDN foram implantados em áreas consideradas de média e alta exclusão social. Para Rampazzo (2019), a desigualdade de renda é nitidamente demarcada espacialmente, verificando nas áreas mais periféricas da cidade uma quantidade elevada de conjuntos habitacionais e bairros residenciais populares.

Quando da entrega do Conjunto Habitacional João Domingos Netto (CHJDN) a região não disponibilizava da infraestrutura básica necessária para atender a demanda da população ocupante, não apresentando unidades de saúde, instituições de educação, comércios e serviços.

As áreas pertencentes ao CHJDN encontram-se situadas na Zona Residencial de Média densidade populacional (ZR4) de acordo com a Lei Municipal Complementar nº 153/2008 sobre normas de Zoneamento de Uso e Ocupação de Presidente Prudente, fato que revela o planejamento urbano sendo executado de maneira inadequada já que a região está classificada entre as mais densamente povoadas da cidade, observa-se a densidade de áreas construídas na Fotografia 1.

Fotografia 1: Unidades habitacionais do bairro CHJDN.



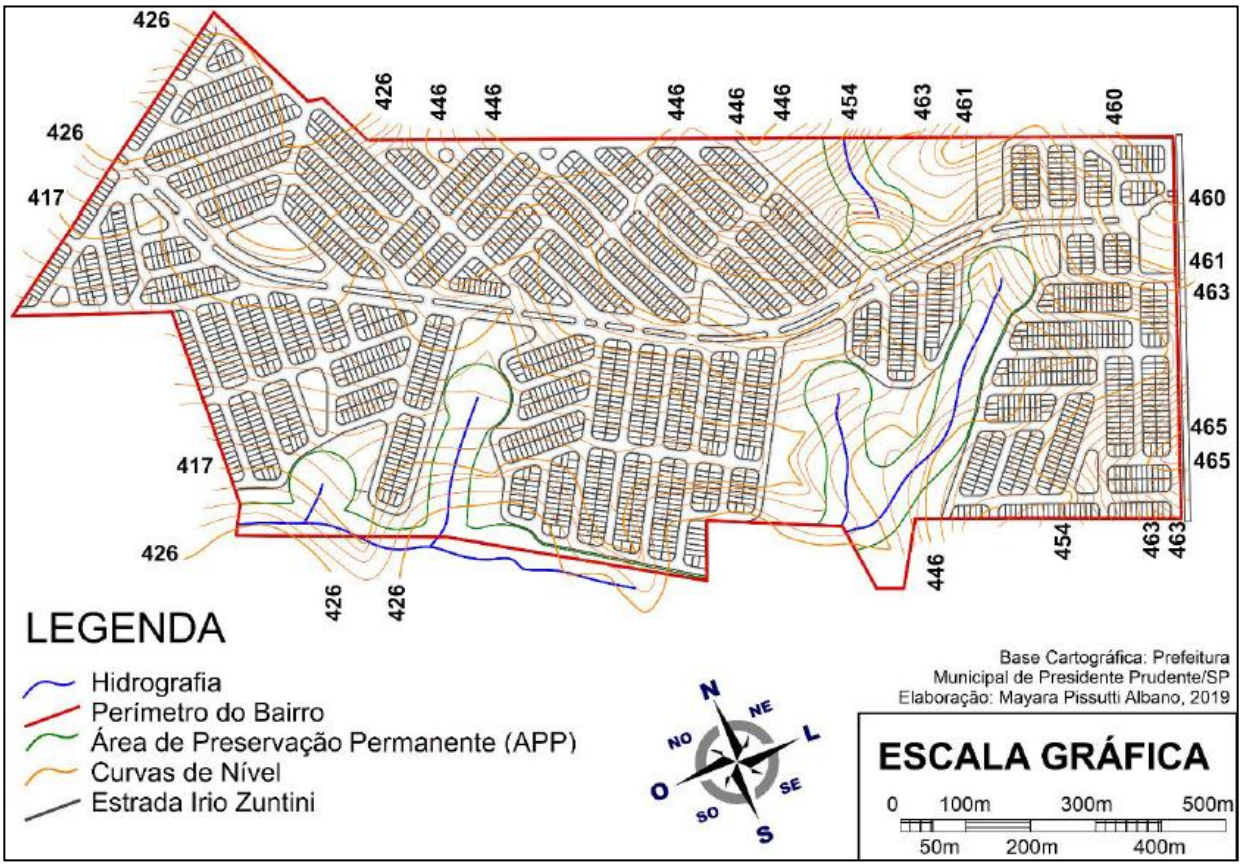
Fonte: Presidente Prudente-SP (2020).

Uma característica do CHJDN é a presença de sistemas de aquecimento solar em todas as residências, lembrando que a estimativa de residentes é de cerca de 10 mil pessoas (Vieira, 2019). Esses equipamentos auxiliam nos custos com a concessionária de energia elétrica,

indicando um artifício para a reserva dos recursos naturais e contribuição com a preservação do meio ambiente.

Vieira (2019) elaborou um Mapa topográfico do CHJDN (Figura 11), determinante para verificar que o traçado do sistema viário não respeitou os perfis das curvas de níveis durante a execução de diversas vias, gerando assim, ruas com maior declividade.

Figura 11: Mapa topográfico do Conj. Hab. João Domingos Netto.



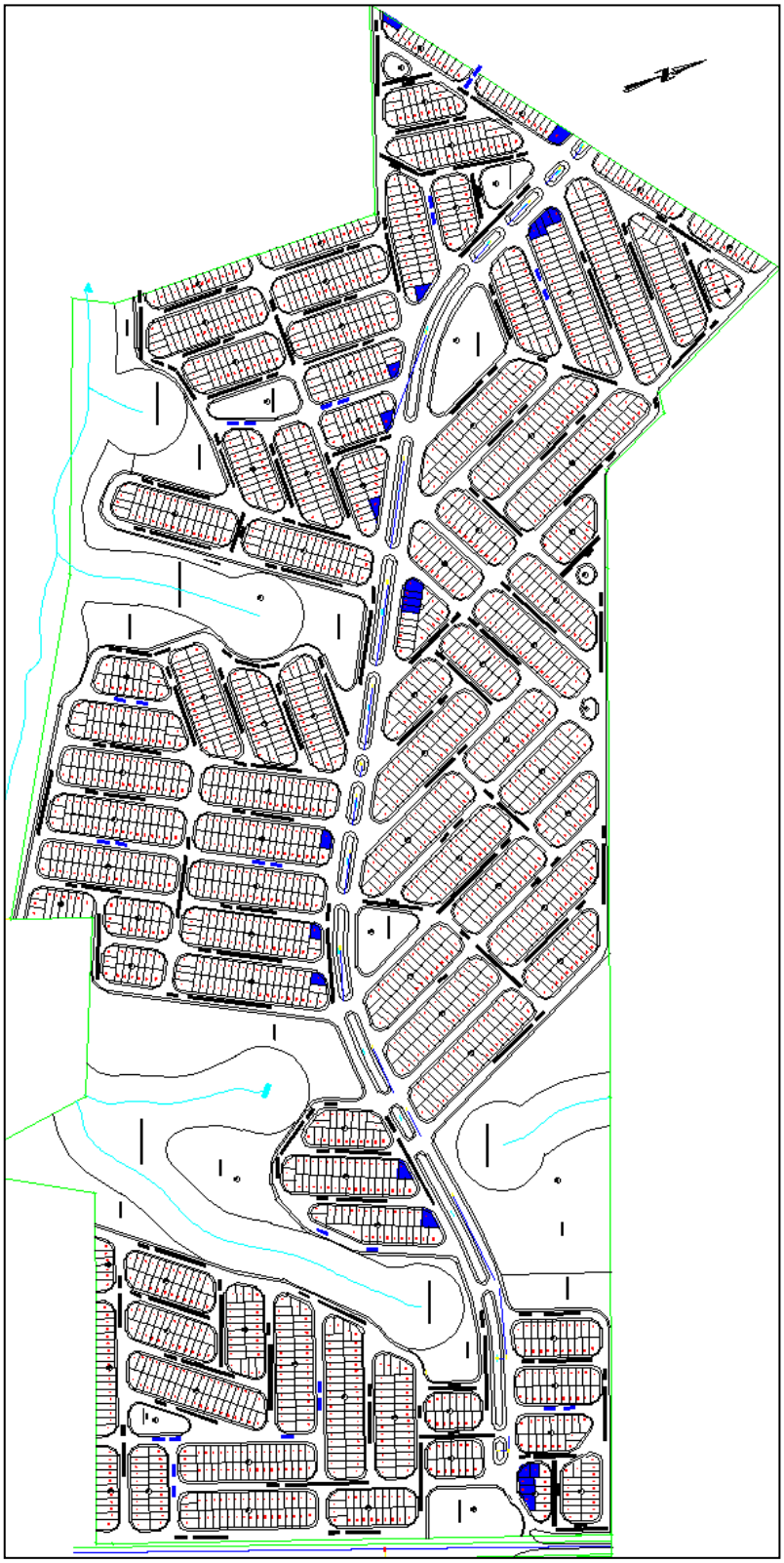
Fonte: Vieira (2019).

Martin (2015) apud Vieira (2019) analisaram a declividade das vias do Conjunto Habitacional João Domingos Netto e consideraram que a pavimentação asfáltica, atrelada ao calçamento, ou seja, a impermeabilização acarretará o escoamento das águas das chuvas com maior velocidade e intensidade.

Decorrente da falta de adequação do traçado do loteamento ao relevo natural seria necessário um controle eficaz e permanente do sistema de drenagem pluvial, a fim de evitar processos erosivos intensos que podem se instalar na área, principalmente nos pontos de chegada da água de escoamento, causando problemas como, por exemplo, o desgaste do asfalto e das calçadas (MARTIN, 2015, apud VIEIRA, 2019).

A partir da Figura 12 é possível examinar o entorno e a proximidade à Áreas de Preservação Permanente (APP) com cursos d'água e fundos de vale.

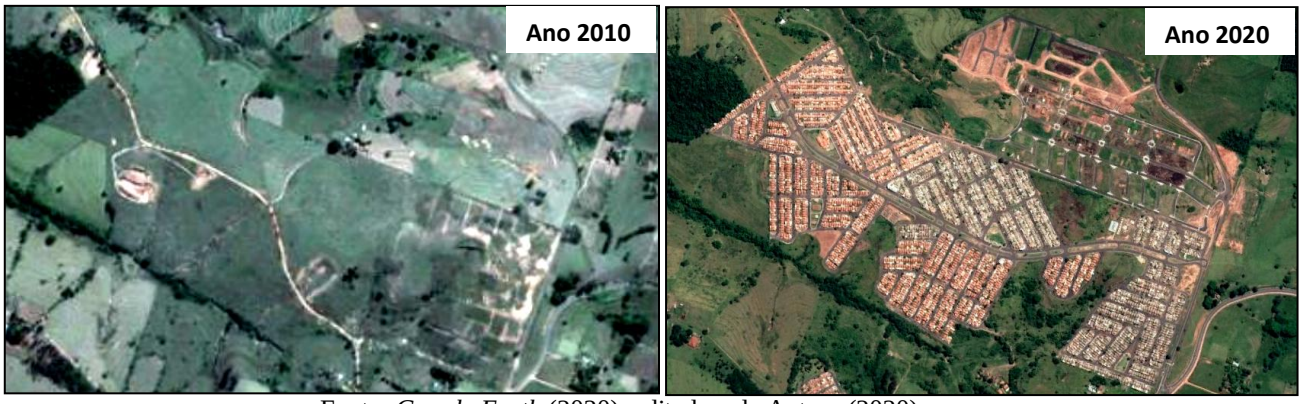
Figura 12: Projeto Urbanístico do Conj. Hab. João Domingos Netto.



Fonte: Presidente Prudente (2016).

Para demonstrar a alteração no uso e ocupação do solo e, a redução das áreas verdes no entorno do CHJDN, a Figura 13 apresenta uma imagem aérea do ano 2010 e outra do ano 2020, após a conclusão e entrega do loteamento.

Figura 13: Imagens aéreas do Conj. Hab. João Domingos Netto em 2010 e 2020.



Fonte: *Google Earth* (2020), editada pela Autora (2020).

Apesar da diminuição das áreas verdes no entorno dos córregos verificada durante esse período de 10 anos, a área conta com nascentes e cursos d'água cercados, respeitando as dimensões estabelecidas para a Área de Proteção Permanente (APP).

As calçadas possuem faixa em gramado destinada à colocação de árvores, entretanto, observa-se que muitos moradores já as pavimentaram por completo, reduzindo assim, a permeabilidade do solo.

O que ocorre no CHJDN é comum em diversos conjuntos habitacionais do Brasil, a perpetuação de um projeto padronizado para as unidades residenciais, fazendo com que os moradores, ao longo do tempo, executem ampliações nas residências, acarretando assim, diminuição da permeabilidade.

Vistas as considerações, a respeito da crescente impermeabilização de solo em áreas do Conjunto Habitacional João Domingos Netto, a implantação de um sistema para captação e reutilização da água pluvial nas bacias sanitárias das unidades habitacionais é considerada um artifício, auxiliando na drenagem urbana, podendo justificar o valor investido através de retornos ambientais e economia para os moradores.

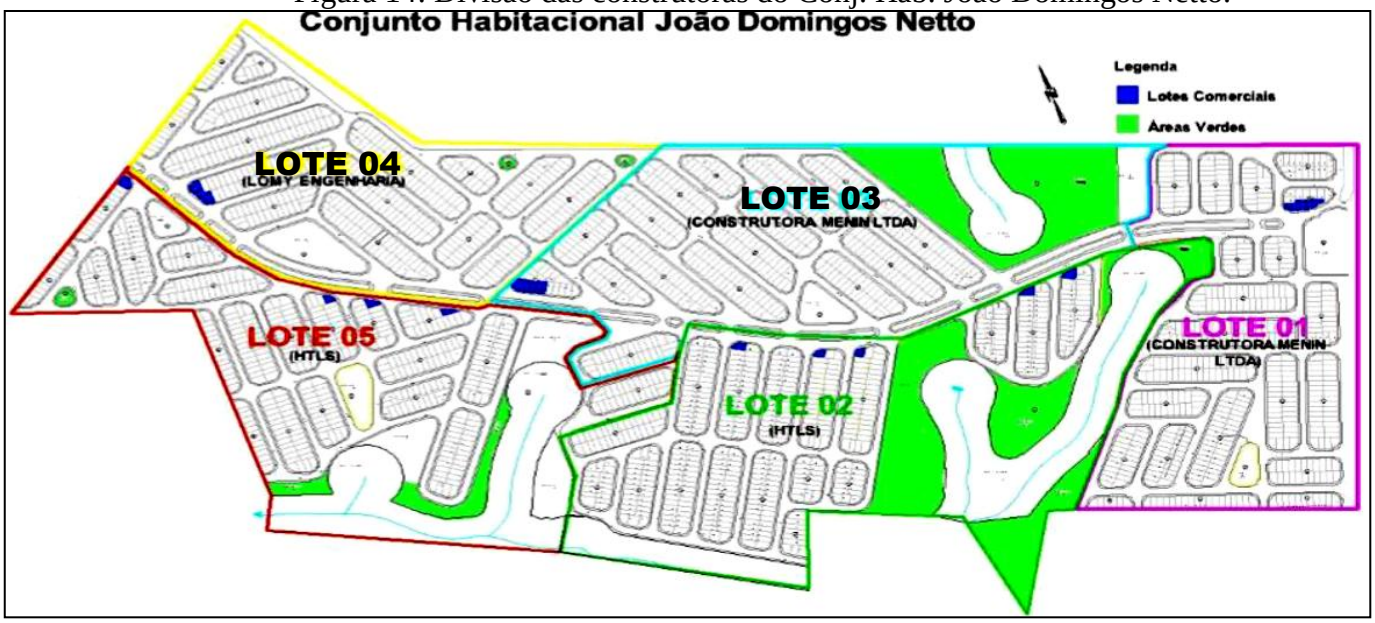
Conforme demonstrado na Tabela 1 (página 31), anteriormente, os resultados da pesquisa de Cohim (2009) determinaram o vaso sanitário como responsável por 23% do consumo de água diário, o segundo equipamento de maior gasto, o reuso de águas pluviais para este fim é capaz de trazer benefícios ambientais e econômicos significativos.

4.2.1. Projetos das unidades habitacionais do Conj. Hab. João Domingos Netto

Devido à dimensão deste conjunto habitacional, a construção e entrega dos lotes foi executada por três construtoras e a área foi dividida em cinco glebas. Desse modo, foram construídas unidades residenciais com diferentes tipologias, porém, com o mesmo programa de projeto: dois dormitórios, uma sala, uma cozinha, um banheiro e área de serviço, totalizando uma área média de 44m².

Na Figura 14 foram demarcadas as áreas loteadas por cada construtora.

Figura 14: Divisão das construtoras do Conj. Hab. João Domingos Netto.



Fonte: Santos e Tonon (2015).

Em pesquisa junto à Prefeitura Municipal de Presidente Prudente e à Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Habitação foram colhidos dados sobre o projeto de implantação do CHJDN, sendo observadas três tipologias diferentes de projetos das unidades habitacionais. Na Tabela 2 foram enumeradas e caracterizadas:

Tabela 2: Dados de cada lote e definição das tipologias.

Lote	Área construída (m²)	Quantidade de unidades habitacionais	Construtora	Denominação
01	43,66	484	MENIN	Tipologia 1
02	44,58	483	HLTS	Tipologia 2
03	43,66	466	MENIN	Tipologia 1
04	43,94	444	LOMY	Tipologia 3
05	44,58	466	HLTS	Tipologia 2

Organização: Autora (2020).

Verifica-se que o bairro possui 950 unidades habitacionais da Tipologia 1, da Tipologia 2 são 949 unidades e 444 da Tipologia 3.

Vieira (2019) realizou um comparativo de fotos que permite visualizar as características construtivas de cada tipologia (Figura 15).

Figura 15: Fachadas e definição das três tipologias de construções do CHJDN.

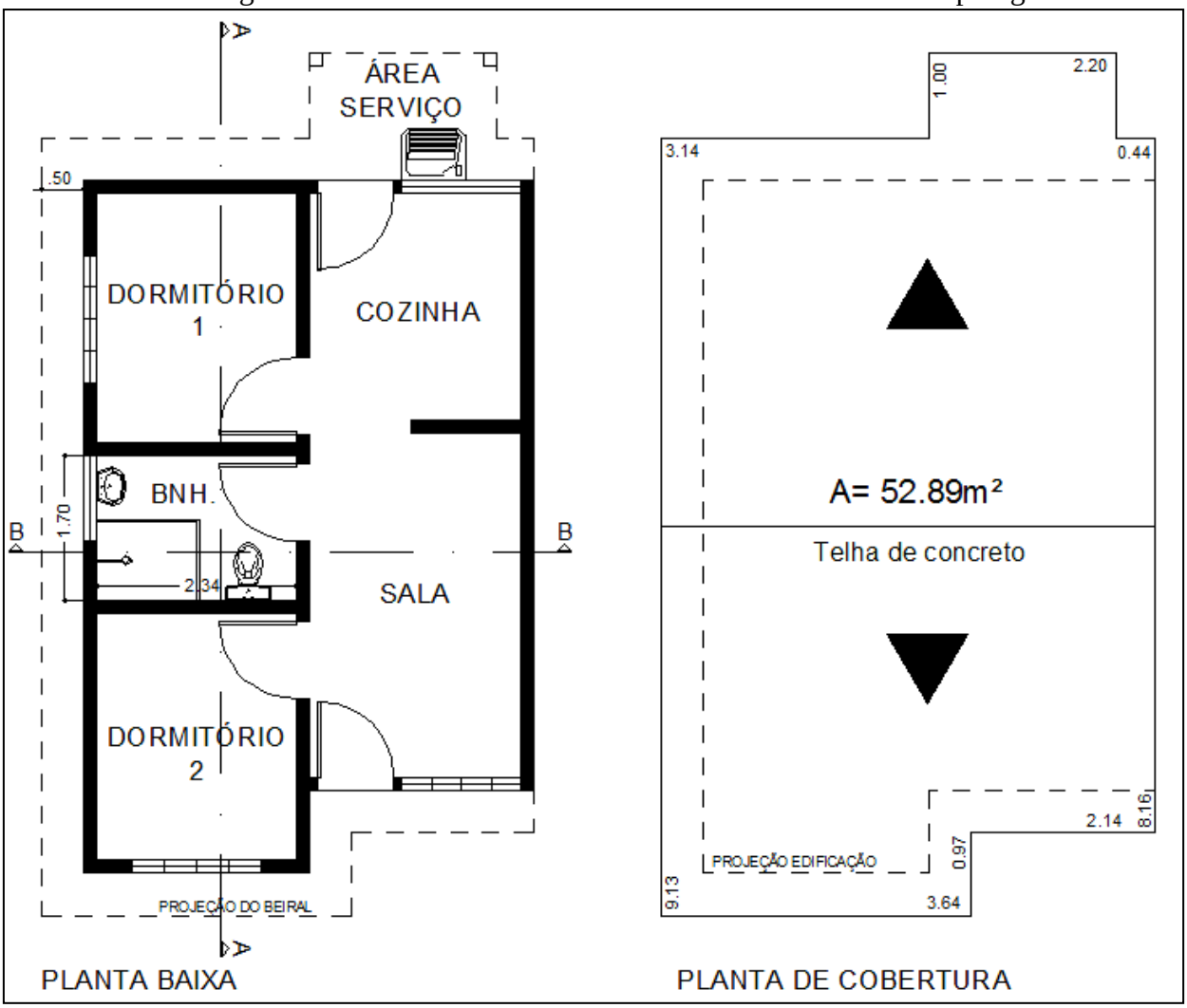
Fonte: Vieira (2019), editada pela Autora (2020).

Definir essas três tipologias facilitará as análises e a compreensão durante os cálculos. Afinal, a configuração do programa de cada unidade habitacional determinará as áreas de captação e a formatação do projeto de adaptação para coleta e reuso das águas pluviais.

Em observação às características dos telhados das residências é importante, especialmente em função do objetivo desse projeto, levar em conta que as unidades habitacionais não possuem sistemas coletores (calhas), tornando obrigatório prever a implantação desse elemento e incluir seu custo.

As residências de Tipologia 1, entregues pela Construtora Menin Ltda, foram inseridas em lotes de 20,00m por 8,00m, os telhados são de duas águas e as telhas de concreto. Na Figura 16 a Planta baixa e a Planta de cobertura, correspondentes.

Figura 16: Planta baixa e Planta de cobertura sem escala – Tipologia 1.

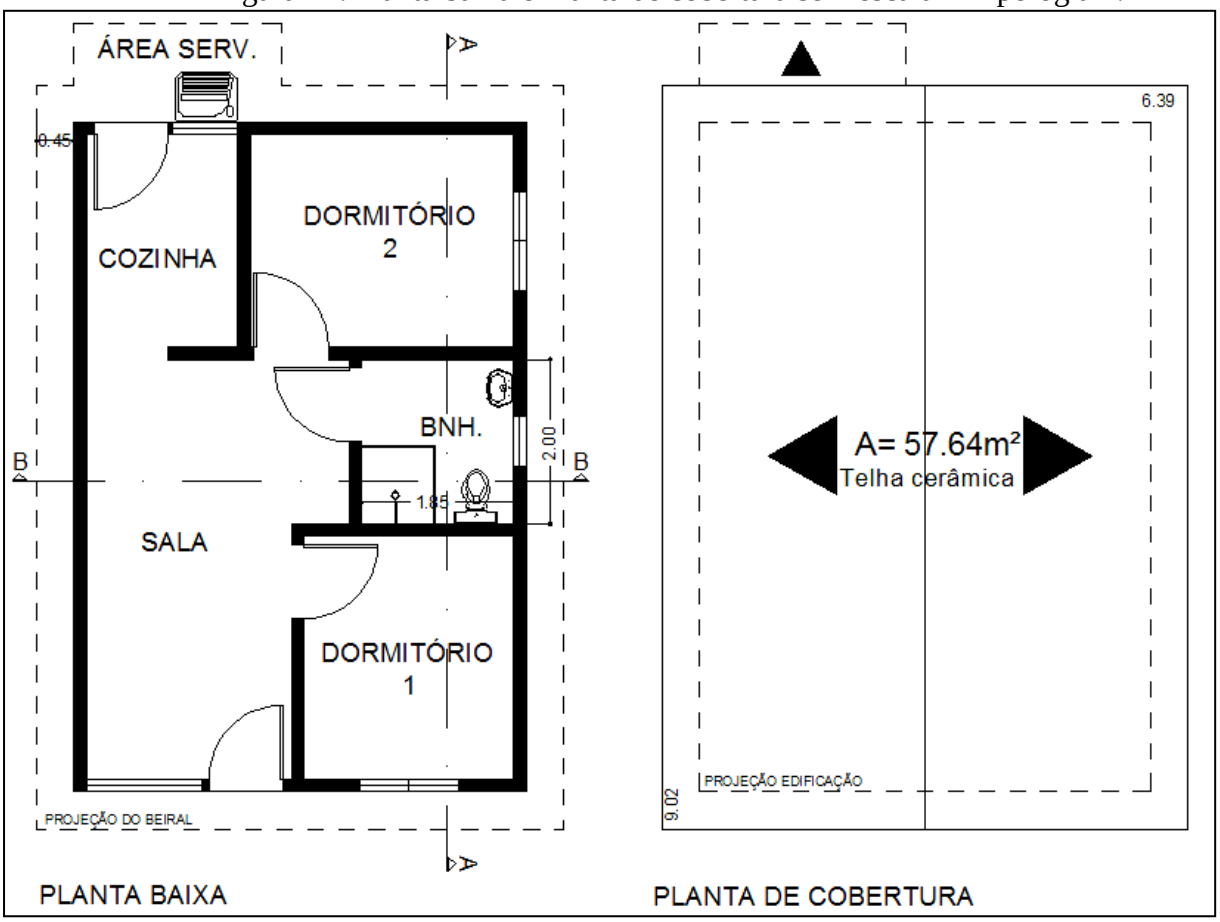


Fonte: Presidente Prudente (2020).

Também implantadas em lotes de 20,00m por 8,00m as unidades habitacionais definidas como Tipologia 2 foram executadas pela Construtora HLTS. Nesta tipologia os telhados também foram projetados em duas águas, mas as telhas são cerâmicas.

Na Figura 17 apresenta-se o projeto das residências de Tipologia 2.

Figura 17: Planta baixa e Planta de cobertura sem escala – Tipologia 2.



Fonte: Presidente Prudente (2020).

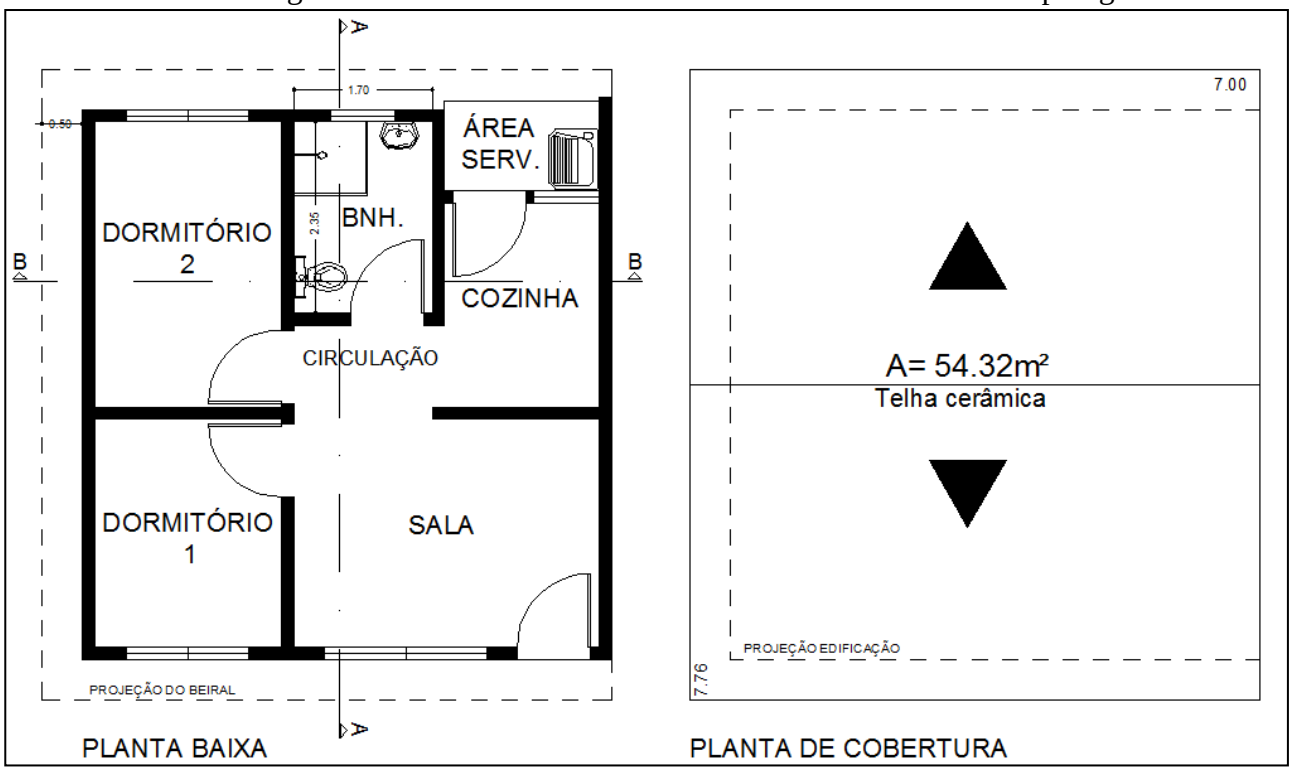
De acordo com Vieira (2019) a média de moradores por residência é de 3,4 pessoas, as unidades não apresentam dispositivos para eficiência energética, tais como: lâmpadas econômicas, dispositivos economizadores de água em torneiras e bacias sanitárias, além de mecanismos para o reuso de águas pluviais.

Executadas pela Lomy Engenharia, as residências denominadas Tipologia 3, possuem implantação adjacente ao limite do lote em uma das laterais, gerando maior proximidade com a propriedade vizinha.

Os telhados possuem cobertura de telhas cerâmicas, são de duas águas com caídas para a frente e para os fundos do lote, semelhantes à Tipologia 1.

A Figura 18 apresenta a Planta baixa e a Planta de cobertura, sem escala, das unidades habitacionais de Tipologia 3.

Figura 18: Planta baixa e Planta de cobertura sem escala – Tipologia 3.



Fonte: Presidente Prudente (2020).

Analisando as Plantas de cobertura de cada uma das três tipologias de unidades habitacionais do CHJDN, constata-se a diferença nas áreas de cobertura, ou seja, nas potenciais áreas de captação das águas da chuva.

Segue relação para comparação das áreas de cobertura:

- Tipologia 1 = 52,89m²;
- Tipologia 2 = 57,64m²;
- Tipologia 3 = 54,32m².

A diferença, que chega a 4,75m², pode gerar um aumento significativo no total de área de captação quando multiplicado pela quantidade de residências, por este motivo optou-se por utilizar as áreas exatas, extraídas a partir dos projetos, para aplicar no Método da simulação de acordo com a NBR 15527/2007.

As residências do CHJDN foram entregues com acabamento conforme diretrizes do PMCMV: esquadrias de ferro e vidro, piso cerâmico nas áreas internas e nas paredes das áreas molhadas (cozinha e banheiro), forro de Policloreto de Vinila (PVC), telhas de concreto (Tipologia 1) ou telhas cerâmicas (Tipologias 2 e 3).

5. CÁLCULOS E PROJEÇÕES

Para estruturar e propor um sistema de captação de águas pluviais para a adaptação de residências na cidade de Presidente Prudente é essencial conhecer o regime de chuvas na região. Vale e Vale (1981) apud Okimoto e Rizk (2017) estabelecem a necessidade de admitir a média dos três anos consecutivos de menos chuva com a finalidade de aferir a quantidade de água de chuva possível para reaproveitamento.

Segundo Barrios e Sant'Anna Neto (1996) apud Rampazzo (2019) a média anual de precipitação de 1250 mm concentra-se entre os meses de outubro a março, que se apresentam mais chuvosos, dos meses de julho a setembro ocorre um período de estiagem.

Foi elaborado o levantamento dos dados das precipitações médias mensais na cidade de Presidente Prudente nos últimos 5 anos, de 2015 a 2019, os valores foram obtidos no portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo e seguem conforme Tabela 3.

Tabela 3: Dados de Precipitação em Presidente Prudente-SP de 2015 a 2019.

	Chuva Mensal (mm)												
Ano	**Janeiro**	**Fevereiro**	**Março**	**Abril**	**Maio**	**Junho**	**Julho**	**Agosto**	**Setembro**	**Outubro**	**Novembro**	**Dezembro**	**Médias Anuais (mm)**
2015	118,40	133,50	0,00	123,40	158,50	50,00	137,60	20,90	149,90	0,00	0,00	190,30	90,21
2016	267,90	351,90	92,60	0,00	144,60	42,80	0,00	91,30	48,70	75,80	34,90	192,00	111,88
2017	370,50	60,70	89,80	75,40	0,00	35,70	0,00	62,30	12,70	228,00	208,50	258,30	116,83
2018	0,00	0,00	58,50	23,50	21,30	4,10	0,00	0,00	120,00	0,00	117,30	0,00	28,73
2019	232,00	152,80	77,10	95,90	75,30	28,00	0,00	0,00	49,10	0,00	0,00	0,00	59,18
Médias Mensais (mm)	197,76	139,78	63,60	63,64	79,94	32,12	27,52	34,90	76,08	60,76	72,14	128,12	

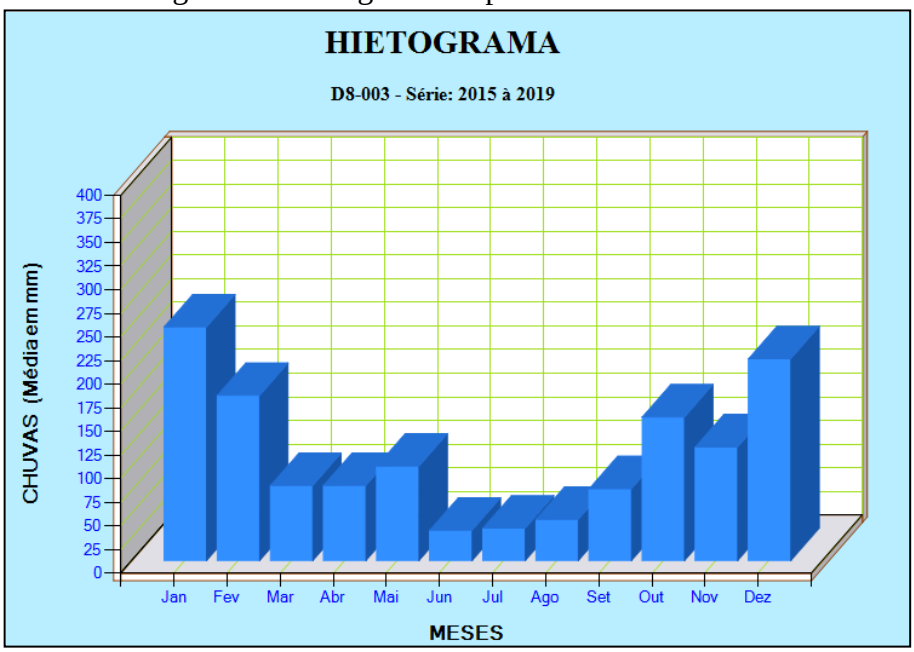
Fonte: DAEE (2020).

Observando os dados coletados é possível verificar que as três menores médias mensais de precipitação neste período ocorreram nos meses de junho, julho e agosto, marcando 32,12 mm, 27,52 mm e 34,90mm, respectivamente. Já as maiores médias mensais ficam nos meses de: janeiro com 197,76 mm; fevereiro com 139,78 mm; e dezembro 128,12 mm.

Ainda no portal do DAEE do Estado de São Paulo é possível extrair o hietograma[1] permitindo a visualização das médias mensais de chuvas durante esse período (Figura 19).

[1] Registro gráfico da precipitação durante um determinado período (no eixo y ficam as intensidades e no eixo x, o tempo).

Figura 19: Hietograma do período de 2015 a 2019.



Fonte: DAEE (2020).

A partir da Tabela 3, verifica-se que o ano de 2018 apresentou a média anual de precipitação mais baixa do período (28,73 mm). O resultado é um período com média de 81,36 mm de volume médio de precipitação anual durante 2015 a 2019.

Embasada nas informações apresentadas foram aplicados como valores de referência para as precipitações mensais, 27,52 mm e 32,12 mm, referentes às duas menores médias registradas entre 2015 e 2019, nos meses de julho e junho, respectivamente.

Para realizar os cálculos utilizando o Método da simulação foram aplicadas as equações conforme determina a NBR 15.527/2007 (Quadro 1).

Quadro 1: Equações para aplicação do Método da simulação.

Método	Hipóteses/premissas	Equações
Simulação	Duas hipóteses norteadoras: 1) o reservatório está cheio no início da contagem do tempo "t"; 2) os dados históricos são representativos para as condições futuras. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito	$V_{(t)} = Q_{(t)} + V_{(t-1)} - D_{(t)}$ Portanto, $\Delta V_{(t)} = V_{(t)} - V_{(t-1)} = Q_{(t)} - D_{(t)}$ $Q_{(t)} = C \times I_{(t)} \times S$ Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq R$ Em que: $V_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t; $V_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t – 1; $Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t; $I_{(t)}$ = precipitação da chuva no tempo t; S = área de captação $D_{(t)}$ é o consumo ou demanda no tempo t; R é o volume do reservatório fixado; C é o coeficiente de escoamento superficial.

Fonte: ABNT (NBR 15.527/2007) apud Okimoto e Rizk (2017).

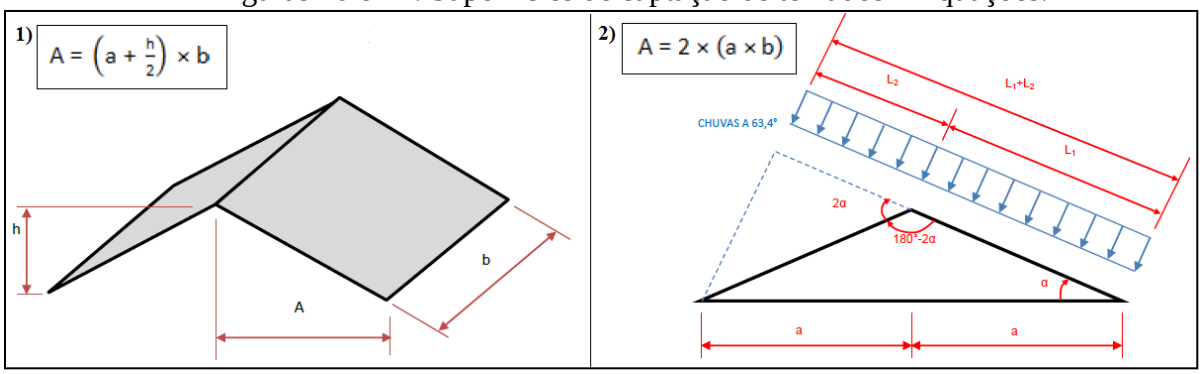
Conforme analisado anteriormente, o Conjunto Habitacional João Domingos Netto possui três tipologias de unidades residenciais, que resultam em diferentes áreas de captação (S). Para tanto foram aplicadas as fórmulas para cada tipologia, possibilitando verificar se há diferença no volume final de água pluvial captado.

A partir das Plantas de cobertura executadas seguem detalhes e áreas de captação referentes a cada uma das tipologias de unidades habitacionais:

- Tipologia 1: 43,66m² de área construída, área de cobertura = 52,89m²;
- Tipologia 2: 44,58m² de área construída, área de cobertura = 57,64m²;
- Tipologia 3: 43,94m² de área construída, área de cobertura = 54,32m².

As equações para o cálculo da área da superfície de captação de uma água inclinada, segundo determinações da NBR 10.844/2009, foram interpretadas por Okimoto e Rizk (2017) apud Gonçalves (2006). A superfície de projeção deve ser majorada devido à inclinação da chuva de 63,4° em relação a horizontal, para simplificar a análise, os pesquisadores resolveram utilizar a área de captação equivalente à área de projeção da cobertura (Figuras 20 e 21).

Figuras 20 e 21: Superfícies de captação de telhados – Equações.



Fonte: Okimoto e Rizk (2017).

Seguindo a mesma motivação verificada nos estudos de Okimoto e Rizk (2017), na aplicação do Método da simulação no caso das unidades habitacionais do CHJDN, para as áreas de captação foram consideradas as áreas das coberturas.

Demais dados considerados para a aplicação do Método da simulação:

- Demanda mensal de 80 litros/dia/pessoa x 3,4 pessoas (Vieira, 2019) x 30 dias x 23% (parcela do consumo com o vaso sanitário – Tabela 1) = 1.876,80 litros;
- Coeficiente de escoamento = 0,8 (de acordo com a NBR 15.527/2007);
- Índices pluviométricos médios mensais (de 2015 a 2019) = Tabela 3.

O Método da simulação leva em consideração duas hipóteses:

a) o reservatório está cheio no início da contagem do tempo (t);
b) os dados históricos são representativos para as condições futuras.

Para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito, além de desconsiderar a evaporação da água. Seguem equações:

$\Delta V(t) = V(t) - V(t-1) = Q(t) - D(t)$ [equação 1]

$Q(t) = C \times I(t) \times S$ [equação 2]

$Extravasado(t) = Q(t) - V(t)$ [equação 3]

Confiabilidade $\eta = 1 -$ (Meses do ano não abastecidos pelo sistema)/(12)

Sendo $0 \leq V(t) \leq R$, em que:

V(t) é o volume de água no reservatório no tempo t;
V(t-1) é o volume de água no reservatório no tempo t -1;
Q(t) é o volume de chuva no tempo t;
I(t) é a precipitação de chuva no tempo t;
S é a área de captação;
D(t) é o consumo ou demanda no tempo t;
C é o coeficiente de escoamento superficial;
R é o volume do reservatório.

De acordo com as equações acima foram realizados os cálculos para cada uma das tipologias de unidades habitacionais do CHJDN (Tabelas 4, 5 e 6 respectivamente).

Tabela 4: Cálculo do volume através do Método da simulação – Tipologia 1.

TIPOLOGIA 1					OFERTA	DEMANDA		SOBRA
Ano	**$I_{(t)}$**	**Área (m^2)**	**$V_{(t-1)}$**	**$DV_{(t)}$**	**$Q_{(t)}$,[1]**	**$D_{(t)}$,[2]**	**$V_{(t)}$**	**$Extravasado_{(t)}$[3]**
Janeiro	197,8	52,9	1800,0	6490,8	8367,6	1876,8	1800,0	6490,8
Fevereiro	139,8	52,9	1800,0	4037,6	5914,4	1876,8	1800,0	4037,6
Março	63,6	52,9	1800,0	814,2	2691,0	1876,8	1800,0	814,2
Abril	63,6	52,9	1800,0	815,9	2692,7	1876,8	1800,0	815,9
Maio	79,9	52,9	1800,0	1505,6	3382,4	1876,8	1800,0	1505,6
Junho	32,1	52,9	1800,0	-517,7	1359,1	1876,8	**1282,3**	0,0
Julho	27,5	52,9	1282,3	-712,4	1164,4	1876,8	**569,9**	0,0
Agosto	34,9	52,9	569,9	-400,1	1476,7	1876,8	**169,8**	0,0
Setembro	76,1	52,9	169,8	1342,3	3219,1	1876,8	1800,0	12,1
Outubro	60,8	52,9	1800,0	694,1	2570,9	1876,8	1800,0	694,1
Novembro	72,1	52,9	1800,0	1175,6	3052,4	1876,8	1800,0	1175,6
Dezembro	128,1	52,9	1800,0	3544,2	5421,0	1876,8	1800,0	3544,2
RESERVATÓRIO: 2000 litros								

OBS.: 1: Considerando 10 tambores de 200l soldados com 90% preenchido por água.
OBS.: 2. Confiabilidade de 100% (Não haverá a necessidade estatística de uso de água da concessionária).

Organização: Autora (2020).

Tabela 5: Cálculo do volume através do Método da simulação – Tipologia 2.

TIPOLOGIA 2					OFERTA	DEMANDA		SOBRA
Ano	**$I_{(t)}$**	**Área (m^2)**	**$V_{(t-1)}$**	**$DV_{(t)}$**	**$Q_{(t),}$[1]**	**$D_{(t),}$[2]**	**$V_{(t)}$**	**Extravasado$_{(t)}$[3]**
Janeiro	197,8	57,6	1800,0	7242,3	9119,1	1876,8	1800,0	7242,3
Fevereiro	139,8	57,6	1800,0	4568,7	6445,5	1876,8	1800,0	4568,7
Março	63,6	57,6	1800,0	1055,9	2932,7	1876,8	1800,0	1055,9
Abril	63,6	57,6	1800,0	1057,8	2934,6	1876,8	1800,0	1057,8
Maio	79,9	57,6	1800,0	1809,4	3686,2	1876,8	1800,0	1809,4
Junho	32,1	57,6	1800,0	-395,7	1481,1	1876,8	**1404,3**	0,0
Julho	27,5	57,6	1404,3	-607,8	1269,0	1876,8	**796,5**	0,0
Agosto	34,9	57,6	796,5	-267,5	1609,3	1876,8	**529,0**	0,0
Setembro	76,1	57,6	529,0	1631,4	3508,2	1876,8	1800,0	660,4
Outubro	60,8	57,6	1800,0	925,0	2801,8	1876,8	1800,0	925,0
Novembro	72,1	57,6	1800,0	1449,7	3326,5	1876,8	1800,0	1449,7
Dezembro	128,1	57,6	1800,0	4031,1	5907,9	1876,8	1800,0	4031,1
RESERVATÓRIO: 2000 litros								

OBS.: 1: Considerando 10 tambores de 200l soldados com 90% preenchido por água.
OBS.: 2. Confiabilidade de 100% (Não haverá a necessidade estatística de uso de água da concessionária).

Organização: Autora (2020).

Tabela 6: Cálculo do volume através do Método da simulação – Tipologia 3.

TIPOLOGIA 3					OFERTA	DEMANDA		SOBRA
Ano	**$I_{(t)}$**	**Área (m^2)**	**$V_{(t-1)}$**	**$DV_{(t)}$**	**$Q_{(t),}$[1]**	**$D_{(t),}$[2]**	**$V_{(t)}$**	**Extravasado$_{(t)}$[3]**
Janeiro	197,8	54,3	1800,0	6717,1	8593,9	1876,8	1800,0	6717,1
Fevereiro	139,8	54,3	1800,0	4197,5	6074,3	1876,8	1800,0	4197,5
Março	63,6	54,3	1800,0	887,0	2763,8	1876,8	1800,0	887,0
Abril	63,6	54,3	1800,0	888,7	2765,5	1876,8	1800,0	888,7
Maio	79,9	54,3	1800,0	1597,1	3473,9	1876,8	1800,0	1597,1
Junho	32,1	54,3	1800,0	-481,0	1395,8	1876,8	**1319,0**	0,0
Julho	27,5	54,3	1319,0	-680,9	1195,9	1876,8	**638,1**	0,0
Agosto	34,9	54,3	638,1	-360,2	1516,6	1876,8	**277,9**	0,0
Setembro	76,1	54,3	277,9	1429,3	3306,1	1876,8	1800,0	207,3
Outubro	60,8	54,3	1800,0	763,6	2640,4	1876,8	1800,0	763,6
Novembro	72,1	54,3	1800,0	1258,1	3134,9	1876,8	1800,0	1258,1
Dezembro	128,1	54,3	1800,0	3690,8	5567,6	1876,8	1800,0	3690,8
RESERVATÓRIO: 2000 litros								

OBS.: 1: Considerando 10 tambores de 200l soldados com 90% preenchido por água.
OBS.: 2. Confiabilidade de 100% (Não haverá a necessidade estatística de uso de água da concessionária).

Organização: Autora (2020).

Após aplicação das equações definidas pelo Método da simulação constatou-se que um reservatório de 2000 litros, com volume efetivo de pelo menos 1800 litros atende as três tipologias, portanto a diferença nas áreas de captação não significou a necessidade de utilizar reservatórios diferentes.

Observa-se, em todas as tipologias que nos meses de junho, julho e agosto os volumes totais de água dos reservatórios não são atingidos, pois a oferta de chuva é menor que a demanda. Nesses meses não haverá excedentes e, consequentemente, extravasamento. Mas, não será necessário qualquer uso da água da rede pública de abastecimento.

Assim, diz-se que a confiabilidade η do sistema é de 100% ($\eta = 1 – 0/12 = 1$).

Essa é uma análise estatística que se fundamenta em séries históricas e deve ser previsto variações na oferta de chuvas durante a vida útil das habitações. Caso, o sistema não atenda à demanda das descargas das bacias sanitárias, um registro deve ser aberto permitindo o abastecimento da concessionária. É importante lembrar que essa conexão entre os sistemas deve seguir os padrões de segurança em relação à potabilidade.

6. DETALHAMENTO DO PROJETO

A premissa desse projeto foi elaborar um sistema de reutilização de águas pluviais para o aproveitamento nas bacias sanitárias das unidades habitacionais projetando um reservatório externo elevado, locado rente à parede do banheiro e interligado ao sistema coletor (calhas e tubos de descida).

Como citado anteriormente, o reservatório de armazenamento é o componente mais oneroso, pois, quando enterrado, também acarreta gastos com tubulação e equipamentos para o bombeamento das águas até os elementos hidráulicos.

Em busca de uma alternativa é proposto um reservatório elevado, formado por um conjunto de tambores metálicos com volumes individuais de 200 litros cada, fixado abaixo dos beirais na alvenaria, que atua por gravidade e permite o armazenamento de 1800 litros de águas da chuva, resguardando uma folga de 10%.

Foi considerada a implantação de calhas do tipo moldura em aço galvanizado, resistente contra as intempéries e de fácil instalação, com 13 cm de largura e 9 cm de altura, utilizando bocais para a conexão e suportes para sua fixação nos beirais das residências.

Na extensão das calhas será instalada uma tela flexível de fibra de vidro revestida em PVC (Figura 22), para a retenção dos materiais maiores depositados nas superfícies dos telhados, impedindo a passagem de folhas, sementes, pedras, etc. A tela protetora é fixada nas calhas através de presilhas e evita o entupimento dos condutores horizontais, possui fácil instalação e auxilia na redução da frequência de limpeza das calhas.

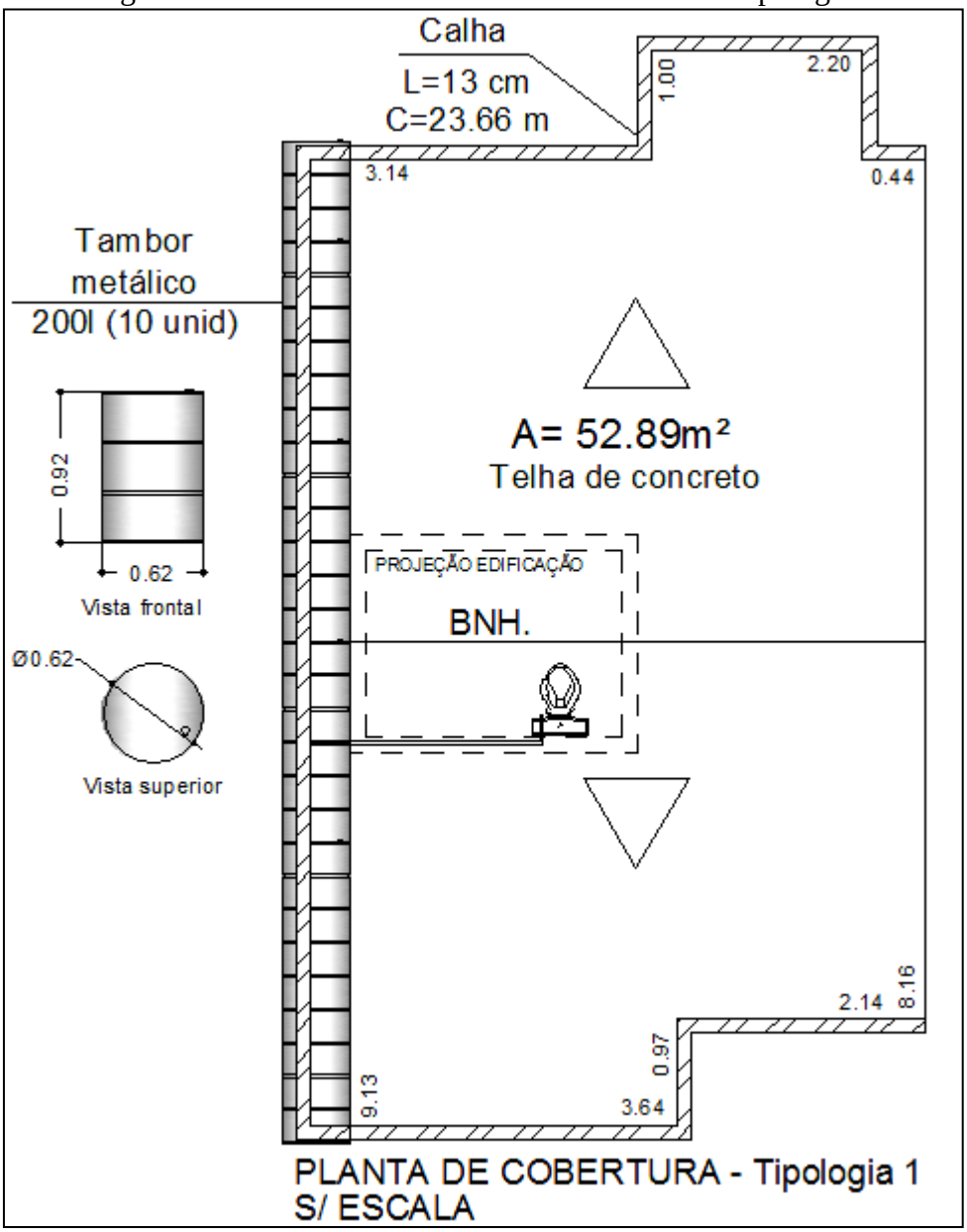
Figura 22: Detalhe da tela para proteção das calhas.

Fonte: Multtelas (2020), editada pela Autora (2020).

Na ligação das calhas com os reservatórios um filtro mais fino irá separar os materiais sólidos menores, removendo as impurezas e partículas de sujeira da água coletada no telhado.

Para examinar a locação dos reservatórios e os diferentes quantitativos de calhas referentes às três tipologias de residências do CHJDN. Nas Figuras 23, 24 e 25, são apresentadas as Plantas de cobertura referentes à cada tipologia.

Figura 23: Sistema coletor e de armazenamento – Tipologia 1.



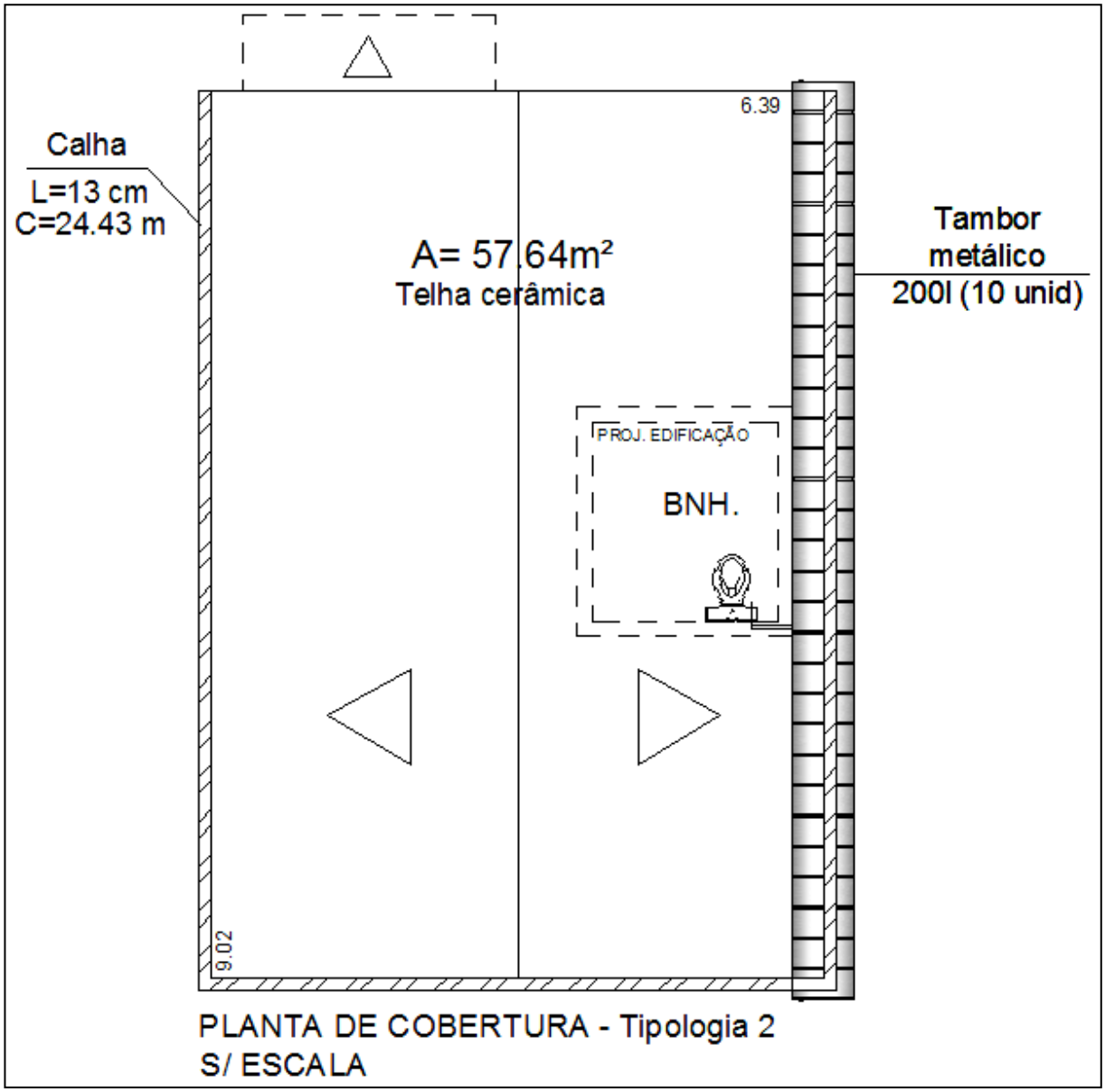
Fonte: Autora (2020).

Para as residências de Tipologia 1, os reservatórios – tambores metálicos – foram locados junto à lateral esquerda da edificação, mais próxima ao banheiro.

A projeção das calhas, bem como, o posicionamento da caixa d'água, foram estratégias para facilitar o armazenamento das águas da chuva e a condução até as ligações hidráulicas de abastecimento da bacia sanitária.

Nas residências de Tipologia 2, a configuração do sistema foi praticamente a mesma, mas os reservatórios foram locados junto à lateral direita (Figura 24).

Figura 24: Sistema coletor e de armazenamento – Tipologia 2.



Fonte: Autora (2020).

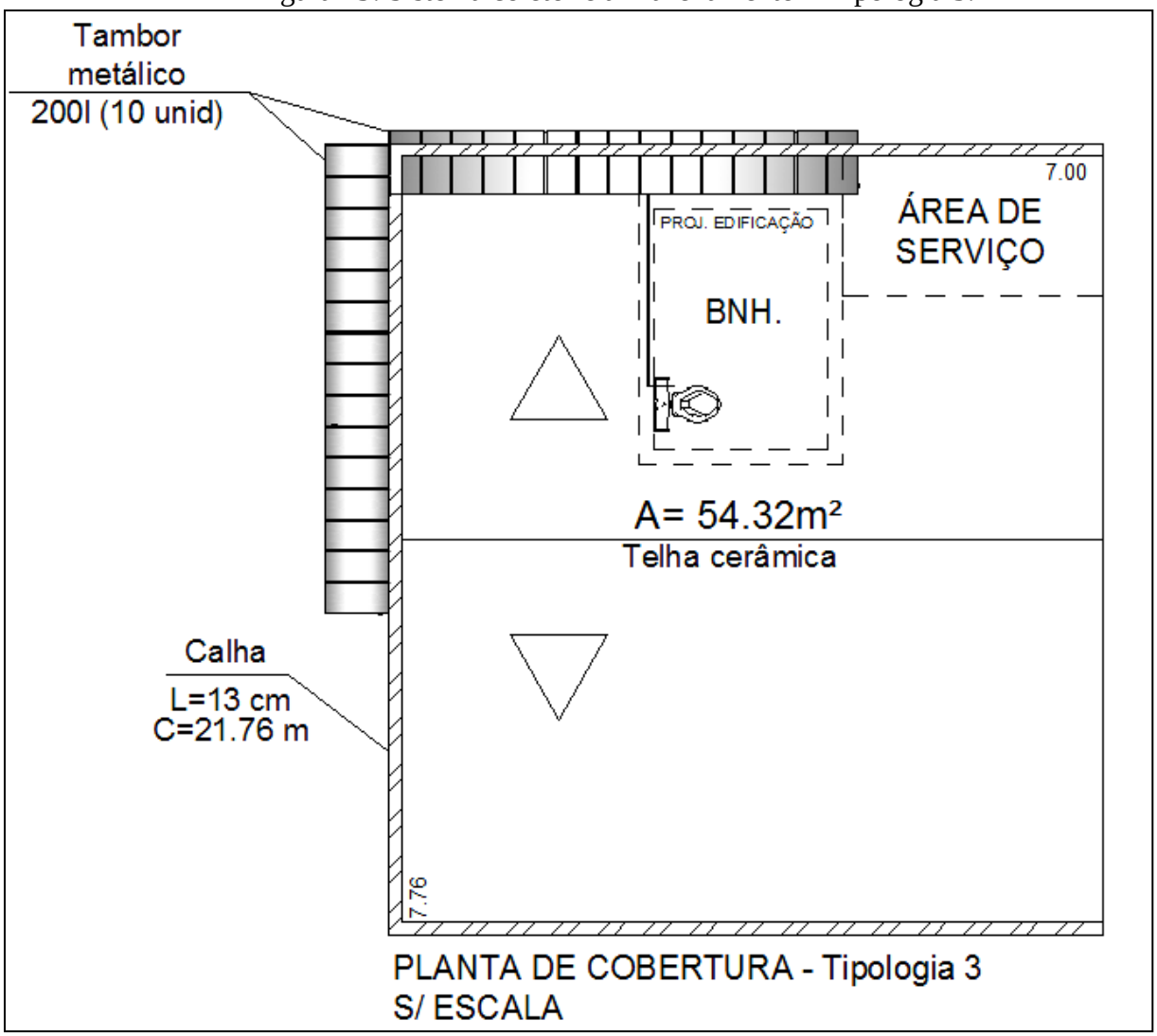
Evitou-se implantar os reservatórios nas fachadas e nos fundos das residências, pois, no caso de o proprietário realizar ampliações ou reformas, não seria necessário refazer o sistema.

Mas, durante o projeto da Tipologia 3, devido à posição do banheiro e à configuração das águas do telhado, foram projetados cinco reservatórios na lateral esquerda e os outros cinco nos fundos. Dessa forma, na área de serviço não serão fixados reservatórios, uma vez que estes poderiam atrapalhar a circulação e obstruir a entrada de sol.

Outro elemento a ser levado em conta, foi a inexistência de beiral na lateral esquerda da edificação, mas, seguindo o padrão do telhado com beiral, cinco dos reservatórios foram instalados na mesma altura nesta face e interligados aos reservatórios fixados na parede dos fundos da residência.

Essa característica individual da Tipologia 3 ocasiona somente uma mudança visual pela alteração do posicionamento dos tambores metálicos e, por sua conexão em formato de "L", além de algumas peças de ligação (Figura 25).

Figura 25: Sistema coletor e armazenamento – Tipologia 3.



Fonte: Autora (2020).

A projeção das calhas, bem como, o posicionamento da caixa d'água, foram estratégias para facilitar o armazenamento das águas da chuva e a condução até as ligações hidráulicas de abastecimento da bacia sanitária.

Para o armazenamento das águas pluviais foram projetados sistemas de tambores metálicos, também conhecidos como tonéis, em que os tambores se encontram na posição horizontal, as unidades das extremidades se conectam às calhas e esses reservatórios são interligados aos demais, sendo fixados na alvenaria empregando cantoneiras metálicas reforçadas e uma base de concreto armado.

Os tambores são confeccionados em chapas de aço, possuem capacidade de 200 litros, e tampa fixa, altura de 0,92 metros e diâmetro 0,62 m (Figura 26). São facilmente encontrados no mercado, inclusive usados, porém, para este projeto foi considerada a utilização de produtos novos, evitando a presença de resíduos ou substâncias contaminantes.

Figura 26: Tambor metálico utilizado como reservatório e cantoneira para fixação.

Fonte: Mercado livre (2020).

Os tambores metálicos devem receber pintura e vedação das extremidades utilizando silicone ou materiais impermeabilizantes, mantendo os reservatórios selados e sem vazamentos.

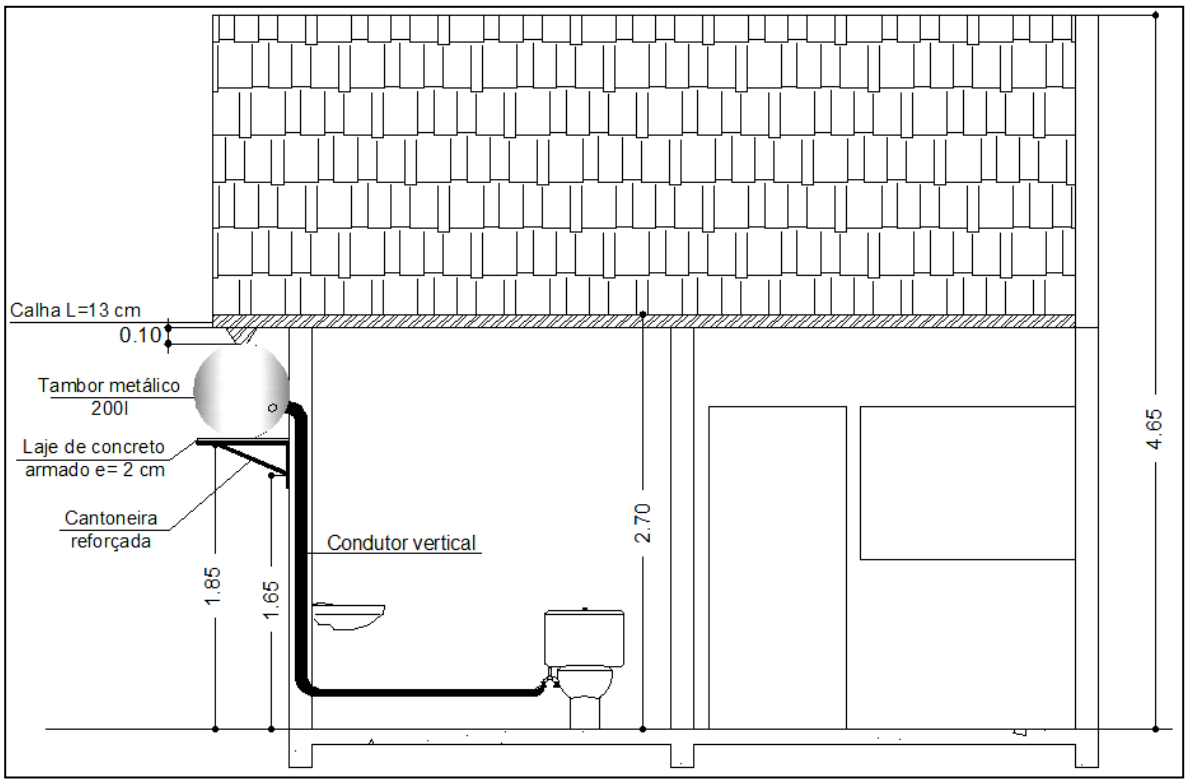
Para a sustentação dos reservatórios, onde cada tambor chega a pesar 200kg (contabilizados os 180kg de água e os demais pesos próprios da estrutura de apoio) quando cheios, foi projetada uma base em concreto armado com 60 centímetros de largura e 2 cm de espessura, apoiado sobre cantoneiras reforçadas (Figura 26).

As cantoneiras selecionadas possuem 60 cm por 30 cm, compostas de chapa metálica 1” x 1/8” suportam 75 kg com espaçamento até 70cm. Nas propostas para adaptação das tipologias residenciais do CHJDN serão colocadas três cantoneiras para sustentar cada tambor metálico mais a base, distribuindo a carga para garantir estabilidade e evitar sobrecarga estrutural.

Optou-se por construir essa estrutura elevada para sustentar os reservatórios, visto seu peso e o espaço físico disponível para sua instalação. Além do aproveitamento da altura

Como exemplo, a Figura 27, demonstra a localização dos reservatórios e o sistema básico de coleta das águas pluviais para as residências do CHJDN de Tipologia 1.

Figura 27: Locação do reservatório para as unidades habitacionais de Tipologia 1 – Corte BB sem escala.



Fonte: Autora (2020).

Esta configuração permitiu manter a pressão por gravidade, com um condutor vertical de 1,70 metros de descida, interligado a um joelho à 0,20 m do piso, conectando-se a um

registro instalado através de um “T” adaptado ao registro de água potável existente. Permitindo, assim, a troca do abastecimento com água pluvial para o sistema de água habitual, fonte alternativa de água para complementar o abastecimento com águas de chuva. Esse sistema possui fácil alteração através do acionamento do registro para utilização durante os períodos de estiagem e volume insuficiente de águas da chuva para suprimento da demanda.

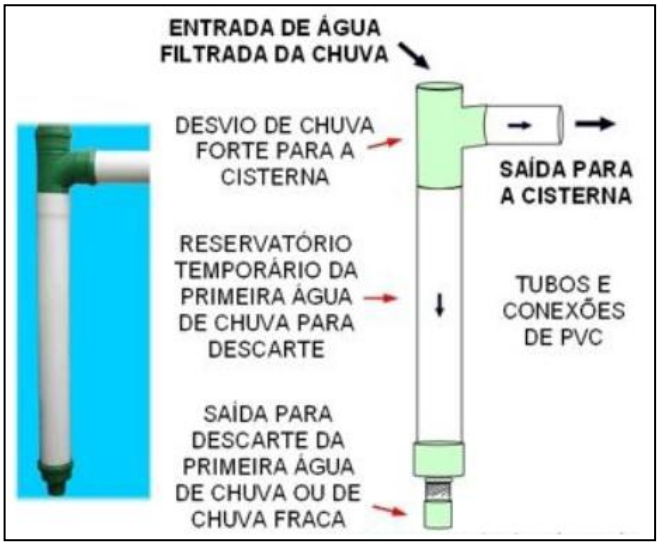
A concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender à NBR 5626/1998 e NBR 10844/1989. No caso da NBR 10844/1989, as tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável (ABNT, 1989).

Segundo May (2009) para um tratamento simples pode ser aplicado um sistema de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Também pode ser utilizado um dispositivo como uma grade que percorre toda a extensão da calha, evitando entupimentos com folhas e galhos nos condutores, ou ainda uma grade, funcionando como um filtro na entrada de água do reservatório.

Além disto, é necessária a instalação de um dispositivo de descarte para a primeira água da chuva, materiais depositados nos telhados podem contaminar essa água pluvial. De acordo com a NBR 15527/2007 o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista, sendo recomendado o descarte de 2 mm da precipitação inicial (ABNT, 2007).

Para isso, será executado um reservatório temporário a fim de separar a primeira água da chuva e dispensar gradualmente no solo. Além do extravasor, também chamado ladrão, para a saída do excesso de água, garantindo que não haja transbordamento (Figura 28).

Figura 28: Referência para a instalação do reservatório temporário da primeira água.



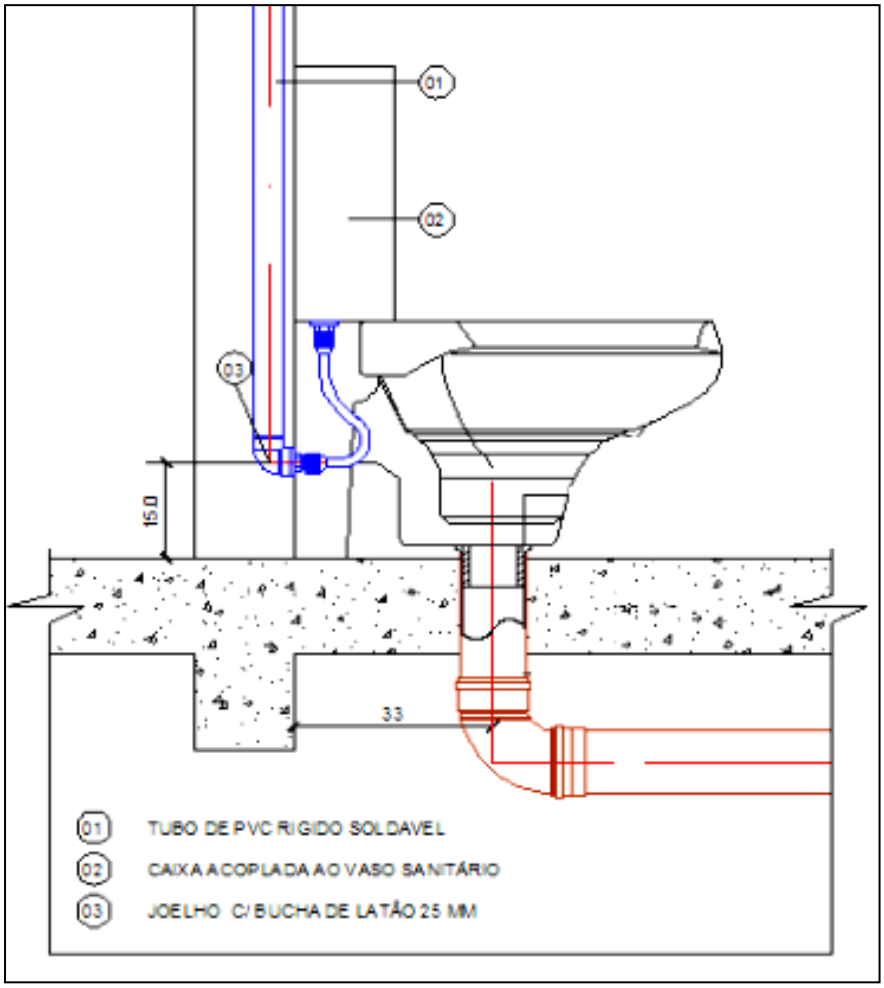
Fonte: Rocha (2016).

Esse modelo de separador possui um funcionamento simples. Durante as primeiras chuvas ou chuvas mais fracas, a água passa pelo reservatório e escoa pelo pequeno furo na ponta, caso as chuvas se intensifiquem, a pequena saída disponível não suportará a vazão, acumulando a água neste reservatório, que, quando completamente cheio, permite a transferência dessa água mais limpa para os reservatórios.

O condutor vertical trata-se de um tubo de PVC rígido soldável de 75 mm, que será embutido na alvenaria e interligado ao alimentador da caixa acoplada através de um joelho de PVC com bucha de latão de 75 mm x 25 mm, um “T” ligado a outros dois joelhos de PVC rígido soldável de 25mm e dois registros de gaveta em PVC.

A Figura 29 representa um esquema de ligação das instalações hidráulicas para caixa acoplada convencional, abastecida pelo sistema existente de água potável.

Figura 29: Esquema de instalações hidráulicas convencionais para o sistema de abastecimento da caixa acoplada em bacias sanitárias.

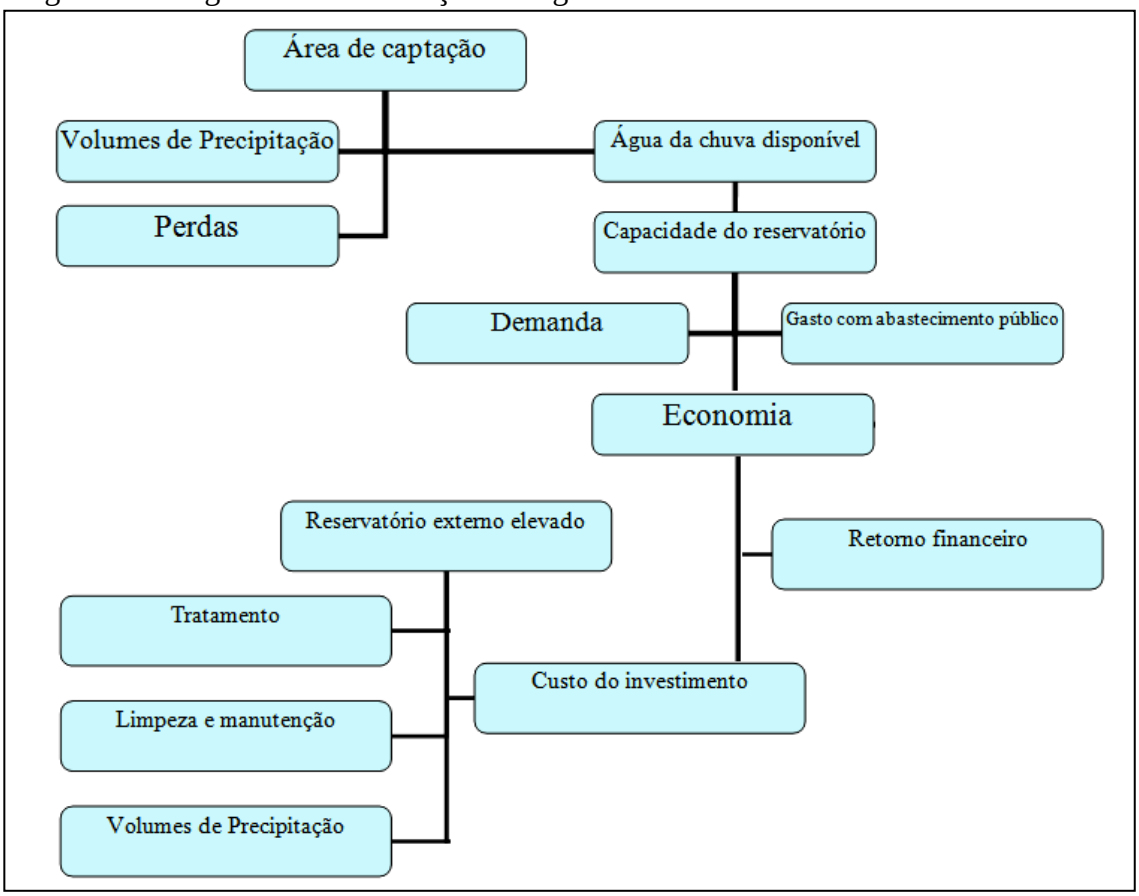


Fonte: Rodovalho (2015), editado pela Autora (2020).

6.1. Viabilidade econômica e eficiência do sistema

A metodologia adotada para analisar o retorno financeiro baseou-se no diagrama a seguir (Figura 30).

Figura 30: Diagrama da reutilização das águas da chuva até o retorno do investimento.



Fonte: Autora (2020).

Com o intuito de aferir o investimento financeiro necessário às adaptações nas unidades residenciais do Conjunto Habitacional João Domingos Netto foram executadas Planilhas Orçamentárias contemplando os serviços e materiais relacionados para cada uma das tipologias residenciais do loteamento.

A partir do resultado obtido, é possível elaborar o comparativo entre os custos do sistema para a coleta e armazenamento de águas pluviais e a economia nas contas de água das famílias, prevendo o tempo de retorno e os benefícios a médio e longo prazo.

Segundo Okimoto e Rizk (2017) os retornos almejados após a implantação de um sistema de reuso de águas pluviais são de cunho financeiro, visando à redução da conta

mensal de água potável, e também de cunho ambiental, por meio da preservação de água potável e reutilização das águas de chuva.

As Tabelas 7, 8 e 9 detalham as planilhas orçamentárias elaboradas, segundo os quantitativos de cada um dos três projetos de residências do CHJDN.

Tabela 7: Planilha orçamentária sistema de reutilização de águas pluviais – Tipologia 1.

	TIPOLOGIA 1					
Código	**Descrição da Atividade**	**UNID**	**QUANT.**	**PREÇO UNITÁRIO**	**TOTAL**	**%**
01.	**ADAPTAÇÃO DA COBERTURA**				**744,92**	**34,69%**
	CALHA L=13CM TIPO MOLDURA EM AÇO GALVANIZADO	M	23,66	30,07	711,46	
	TELA DE FIBRA DE VIDRO EM PVC	M²	3,08	10,88	33,46	
02.	**ESTRUTURA**				**406,59**	**18,93%**
	LAJE PRE-FABR VIGOTA TREL UNIDIR E=2CM-100KGF/M2	M2	5,48	64,11	27,09	
	CANTONEIRA REFORÇADA 60CM x 30CM	UNID	30,00	12,65	379,50	
03.	**INSTALAÇÕES HIDRAULICAS DE ÁGUAS PLUVIAIS**				**876,08**	**40,79%**
	TUBO DE PVC RIGIDO JUNTA SOLDAVEL DN 75MM	M	4,40	56,62	249,13	
	REGISTRO DE GAVETA DN 25MM (1")	UNID	2,00	75,17	150,34	
	JOELHO PVC SOLDAVEL 90º AGUA FRIA 25MM	UNID	4,00	4,48	17,92	
	TE PVC SOLDAVEL COM ROSCA METALICA AGUA FRIA 25MMX25MM	UNID	1,00	8,69	8,69	
	RESERVATÓRIO TIPO TAMBOR METÁLICO 200L	UNID	10,00	45,00	450,00	
04.	**SERVIÇOS COMPLEMENTARES**				**120,00**	**5,59%**
	LIMPEZA E MANUTENÇÃO	ANUAL	1,00	120,00	120,00	
		VALOR TOTAL DO ORÇAMENTO =			**R$**	**2.147,59**

Fonte: Autora (2020).

Tabela 8: Planilha orçamentária sistema de reutilização de águas pluviais – Tipologia 2.

	TIPOLOGIA 2					
Código	**Descrição da Atividade**	**UNID**	**QUANT.**	**PREÇO UNITÁRIO**	**TOTAL**	**%**
01.	**ADAPTAÇÃO DA COBERTURA**				**769,16**	**36,56%**
	CALHA L=13CM TIPO MOLDURA EM AÇO GALVANIZADO	M	24,43	30,07	734,61	
	TELA DE FIBRA DE VIDRO EM PVC	M²	3,18	10,88	34,55	
02.	**ESTRUTURA**				**406,59**	**19,33%**
	LAJE PRE-FABR VIGOTA TREL UNIDIR E=2CM-100KGF/M2	M2	5,41	64,11	27,09	
	CANTONEIRA REFORÇADA 60CM x 30CM	UNID	30,00	12,65	379,50	
03.	**INSTALAÇÕES HIDRAULICAS DE ÁGUAS PLUVIAIS**				**808,13**	**38,41%**
	TUBO DE PVC RIGIDO JUNTA SOLDAVEL DN 75MM	M	3,20	56,62	181,18	
	REGISTRO DE GAVETA DN 25MM (1")	UNID	2,00	75,17	150,34	
	JOELHO PVC SOLDAVEL 90º AGUA FRIA 25MM	UNID	4,00	4,48	17,92	
	TE PVC SOLDAVEL COM ROSCA METALICA AGUA FRIA 25MMX25MM	UNID	1,00	8,69	8,69	
	RESERVATÓRIO TIPO TAMBOR METÁLICO 200L	UNID	10,00	45,00	450,00	
04.	**SERVIÇOS COMPLEMENTARES**				**120,00**	**5,70%**
	LIMPEZA E MANUTENÇÃO	ANUAL	1,00	120,00	120,00	
		VALOR TOTAL DO ORÇAMENTO =			**R$**	**2.103,89**

Fonte: Autora (2020).

Tabela 9: Planilha orçamentária sistema de reutilização de águas pluviais – Tipologia 3.

	TIPOLOGIA 3					
Código	**Descrição da Atividade**	**UNID**	**QUANT.**	**PREÇO UNITÁRIO**	**TOTAL**	**%**
01.	**ADAPTAÇÃO DA COBERTURA**				**685,10**	**32,66%**
	CALHA L=13CM TIPO MOLDURA EM AÇO GALVANIZADO	M	21,76	30,07	654,32	
	TELA DE FIBRA DE VIDRO EM PVC	M²	2,83	10,88	30,78	
02.	**ESTRUTURA**				**406,59**	**19,38%**
	LAJE PRE-FABR VIGOTA TREL UNIDIR E=2CM-100KGF/M2	M2	5,48	64,11	27,09	
	CANTONEIRA REFORÇADA 60CM x 30CM	UNID	30,00	12,65	379,50	
03.	**INSTALAÇÕES HIDRAULICAS DE ÁGUAS PLUVIAIS**				**886,27**	**42,24%**
	TUBO DE PVC RIGIDO JUNTA SOLDAVEL DN 75MM	M	4,58	56,62	259,32	
	REGISTRO DE GAVETA DN 25MM (1")	UNID	2,00	75,17	150,34	
	JOELHO PVC SOLDAVEL 90º AGUA FRIA 25MM	UNID	4,00	4,48	17,92	
	TE PVC SOLDAVEL COM ROSCA METALICA AGUA FRIA 25MMX25MM	UNID	1,00	8,69	8,69	
	RESERVATÓRIO TIPO TAMBOR METÁLICO 200L	UNID	10,00	45,00	450,00	
04.	**SERVIÇOS COMPLEMENTARES**				**120,00**	**5,72%**
	LIMPEZA E MANUTENÇÃO	ANUAL	1,00	120,00	120,00	
		VALOR TOTAL DO ORÇAMENTO =			**R$**	**2.097,96**

Fonte: Autora (2020).

Analisando as Tabelas 7, 8 e 9, fica clara a prevalência do custo com as interligações hidráulicas e o reservatório em relação aos outros elementos. Para ambas tipologias, este elemento representou mais de 20% em relação ao todo.

Na Tipologia 1 este item refere-se à 20,95% do valor total que resultou em um investimento de R$2.147,59, sendo o sistema mais caro para instalação devido à maior extensão das calhas.

Para a Tipologia 2 a porcentagem foi de 21,39% e o total R$2.103,89, bem próximo ao custo para a Tipologia 1. E finalmente, para a Tipologia 3, o percentual foi 21,45% em relação ao custo total de R$2.097,96.

A diferença, em reais, entre as tipologias do CHJDN corresponde a R$49,63, abaixo de R$50,00 reais, demonstrando que as três configurações de projeto representam um valor irrisório a considerar quando comparadas, porém, detalhar cada tipologia de residência foi essencial para executar o projeto e considerar as ligações hidráulicas e a extensão dos condutores verticais e horizontais.

Uma residente do Conj. Hab. João Domingos Netto disponibilizou uma conta de água, referente ao mês de junho deste ano, possibilitando observar o histórico de consumo mensal médio de 15m³, para residências com 4 pessoas como o exemplo. Na Fotografia 2 é demonstrado o registro da conta de água, cedida pela moradora.

Fotografia 2: Conta de água de uma unidade residencial do CHJDN.

Calculo do Valor da Conta Residencial Por Economia

Faixa Consumo (m3)	Consumo(m3) por 1 economia	Agua Tarifa(R$)	Agua Valor(R$)	Esgoto Tarifa(R$)	Esgoto Valor(R$)
Ate 10	Minimo	26,18	26,18	21,00	21,00
11 A 20	6	3,65	21,90	2,89	17,29
21 A 30		5,61		4,48	
31 A 50		5,61		4,48	
Acima de 50		6,71		5,34	
			48,08		38,28

Total Residencial (Vl Agua + Vl Esgoto) = 86,36

Discriminacao do Faturamento

Item	Valor (R$)
Agua	48,08
Esgoto	38,28
Multa	1,33
At.Monetaria	0,05
Juros de Mora	1,31
Tx Regulacao - TRCF	0,44

Total a Pagar R$ *********89,49
Vencimento: 15/06/20

Fonte: Tiburcio (2020).

Apesar, da resolução comprometida, na Fotografia 2 observa-se o valor de R$89,49 à serem pagos, com referência ao consumo verificado no mês de junho, correspondente a 16m³. Considerando o levantamento dos custos para execução do sistema para captação e reuso das águas da chuva, elaborou-se o comparativo e a previsão de retorno financeiro a partir da redução mensal na conta de água junto à concessionária (Tabela 10).

Tabela 10: Cálculos do período necessário para retorno financeiro e economia na conta.

	Custo		Por ano	Por mês
Tipologia 1	R$ 2.147,59	Custo diluído nos 5 anos restantes de financiamento	R$ 429,52	R$ 14,32
Tipologia 2	R$ 2.103,89		R$ 420,78	R$ 14,03
Tipologia 3	R$ 2.097,96		R$ 419,59	R$ 13,99
			Média	R$ 14,11
Média do valor da conta de água mensal			R$ 90,00	Economia: R$ 6,59
Reduzir 23% referente à demanda considerada para o abastecimento da bacia sanitária			R$ 20,70	≅ 7,3%

Fonte: Autora (2020).

Os cálculos comparativos desenvolvidos acima permitem concluir que o investimento despendido para a implantação desse sistema de reutilização das águas pluviais ainda permitiria a economia mensal de aproximadamente 7%. Ou seja, os custos para sua construção, se puderem ser diluídos nos cinco anos restantes para a quitação do financiamento (período total 10 anos, do ano de 2015 a 2025), representam um retorno ínfimo, porém já não significa um gasto com retorno somente em longo prazo.

Depois de concluída a instalação do sistema já será possível obter o retorno financeiro e, a partir do ano de 2026, será possível usufruir da redução de aproximadamente 23% na conta de água. Essa porcentagem representa redução de R$90,00 para R$69,30 na conta mensal paga à concessionária de abastecimento de água.

Além da viabilidade econômica devem ser consideradas possíveis deduções tributárias mediadas por políticas públicas e decretos municipais, como o IPTU ecológico, por exemplo; também deve ser levada em consideração a valorização do imóvel como referência de construção detentora de soluções e tecnologias sustentáveis; e finalmente, mas não menos importante, o retorno ambiental, principal fator motivador para a implantação desse sistema.

Um fator a ser considerado é a situação econômica da população residente no conjunto habitacional. Onde, para a grande maioria, o custo total de cerca de R$2.000,00 (dois mil reais) previstos para a construção deste sistema de reutilização de águas da chuva, não caberia no orçamento das famílias.

Possivelmente, seria necessária a realização de campanhas junto ao município e ao poder público solicitando subsídios para a implantação dos sistemas, que poderiam ser inclusos nas parcelas do financiamento, ou ainda, avalizados pela Prefeitura municipal como uma medida mitigadora dos impactos decorrentes da ocupação e do aumento das taxas de impermeabilização do solo verificados na área.

Para analisar os impactos reais do reuso das águas pluviais nas unidades habitacionais pode se avaliar os volumes precipitados que os telhados são capazes de captar, os volumes efetivamente reservados e os volumes excedentes:

• Tipologia 1

950 residências
V. captado = Volume precipitado e captado pelos telhados por ano = 41.311,7 litros/UH (Unidade habitacional)
V. reserv. = Volume efetivamente reservado pelo sistema por ano = 22.521,6 litros/UH
V. excedente = Volume excedente extravasado por ano = 19.090,1 litros/UH

Assim, para as 950 UHs da Tipologia 1 serão captados 39.246,2 m^3, reservados e utilizados no sistema cerca de 21.395,5 m^3 e devolverão à drenagem urbana cerca de 18.135,6 m^3. A reserva atinge 54,52% do volume precipitado.

• Tipologia 2

949 residências
V. captado = Volume precipitado e captado pelos telhados por ano = 45.021,9 litros/UH
V. reserv. = Volume efetivamente reservado pelo sistema por ano = 22.521,6 litros/UH
V. excedente = Volume excedente extravasado por ano = 22.800,3 litros/UH

Assim, para as 949 UHs da Tipologia 2 serão captados 42.725,8 m^3, reservados e utilizados no sistema cerca de 21.373,0 m^3 e devolverão à drenagem urbana cerca de 21.637,5 m^3. Com a reserva de 50,02% do volume precipitado.

• Tipologia 3

444 residências
V. captado = Volume precipitado e captado pelos telhados por ano = 42.428,7 litros/UH
V. reserv. = Volume efetivamente reservado pelo sistema por ano = 22.521,6 litros/UH
V. excedente = Volume excedente extravasado por ano = 20.207,1 litros/UH

E, por final, nas 444 UHs da Tipologia 3 serão captados 18.838,3 m^3, reservados e utilizados cerca de 9.999,6 m^3, devolvendo à drenagem urbana aproximadamente 8.972,0 m^3 de águas pluviais. Representando até 53,08% de reserva sobre o volume total precipitado.

Portanto, em todo o CHJDN, nas 2.343 casas, serão captados 10.0810,3 m^3, reservados e reutilizados aproximadamente 52.768,1 m^3. Retornando aos sistemas de drenagem cerca de 48.745,1 m^3. O volume médio total de águas pluviais captado e reservado representa 52,34% do volume precipitado. Na Figura 31 é apresentada a relação de áreas do CHJDN para elaborar um comparativo.

Figura 31: Áreas do projeto do Conjunto Habitacional João Domingos Netto.

QUADRO DE ÁREAS

ESPECIFICAÇÕES	ÁREAS (m2)	%
1. ÁREAS DE LOTES (2.368)	397.758,65	41,84
2. ÁREAS PÚBLICAS		
2.1 SISTEMA VIÁRIO	320.226,54	33,69
2.2 ÁREAS INSTITUCIONAIS (equipamentos urbanos e comunitários)	42.330,16	4,45
2.3 Áreas Verdes	85.637,65	9,01
2.4 Área de Preservação Permanente	104.628,63	11,01
3. TOTAL DA GLEBA (ÁREA LOTEADA)	950.581,63	100,00

Fonte: Presidente Prudente (2019).

Segundo o loteamento original, são cerca de 950mil m² de total da gleba loteada com aproximadamente 400 mil m² de lotes, 320 mil m² de sistema viário, 40 mil m² de áreas institucionais e 190 mil m² de áreas verdes e APPs.

Subtraindo as áreas verdes e APPs, teríamos cerca 760mil m² de áreas de telhados (média de 52 m²) correspondem a cerca de um terço das áreas dos lotes (média de 160 m²), teríamos 130 mil m² de telhados, equivalentes a 17% das demais áreas impermeáveis (supondo que não há infiltrações nas vias, nas áreas institucionais e nos outros dois terços do lote).

Como o aproveitamento médio do sistema de reuso proposto é de cerca de 50%, pode-se afirmar que a contribuição aproximada do reuso das águas da chuva proposto para o CHJDN é de quase 10%. Se outros usos não potáveis puderem ser supridos pelas águas de chuva, poderia chegar aos 20%, capacidade total dos telhados.

Todo esse volume de águas das chuvas captado e reutilizado, deixa de escoar sobre o solo até os fundos de vale, reduzindo enxurradas na área.

Por fim, para que esse sistema possa ser construído, como uma adaptação das residências do CHJDN, e o reuso das águas pluviais para as descargas sanitárias seja formalizado e segundo a norma NBR 15527/2007 os parâmetros de coliformes totais, coliformes termotolerantes, cloro residual livre, turbidez, cor aparente e pH, devem ser aferidos e devidamente tratados. Para tanto, é necessário realizar coletas e análises da água da chuva captada, objetivando a avaliação da qualidade da água e a adequação ao reuso sanitário atendendo aos padrões de referência.

A NBR 15527/2007 determina a frequência e os componentes de um sistema de aproveitamento da água da chuva que devem receber manutenção. No caso do sistema apresentado, esses elementos são:

- Calhas e condutores verticais e horizontais = limpeza de 6 em 6 meses;
- Filtro de sujeiras grossas provenientes da primeira água da chuva = inspeção mensal;
- Tela mosquiteiro na saída do extravasor = inspeção mensal (para prevenir danos na tela e a proliferação de mosquitos da dengue);
- Reservatório de armazenamento das águas pluviais = limpeza e desinfecção anual para a retirada do lodo depositado no fundo.

Do mesmo modo, ABNT define que todos os elementos utilizados para a instalação do sistema, inclusive o reservatório, devem ser desinfetados com uma solução de hipoclorito de sódio dissolvido na água a ser desinfetada (OKIMOTO; RIZK, 2017).

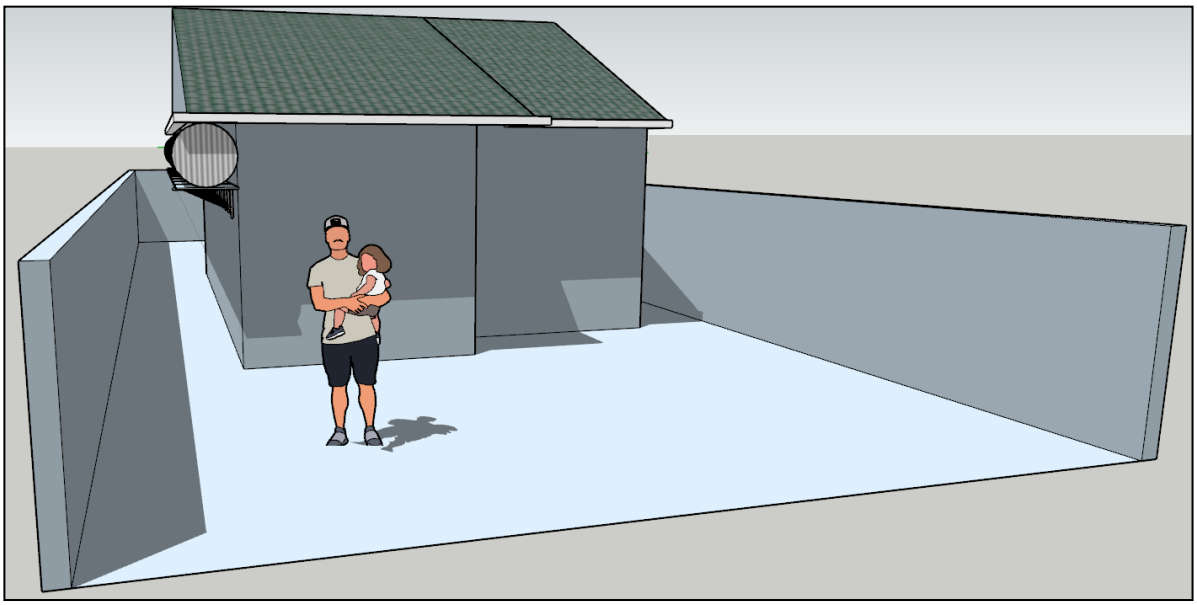
6.2. Estudo volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais

A fim de facilitar a visualização e interpretação do sistema projetado para cada uma das tipologias residenciais do Conj. Hab. João Domingos Netto foram elaborados estudos através de projetos tridimensionais.

O foco principal é demonstrar a volumetria dos reservatórios (tambores metálicos), permitindo observar sua representatividade em vista da dimensão da unidade residencial. Além de analisar a estética como um todo após a implantação dessas adaptações.

As Figuras 32, 33 e 34 apresentam os croquis volumétricos do sistema de reutilização de águas para uma residência da Tipologia 1.

Figura 32: Croqui volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais para a Tipologia 1.

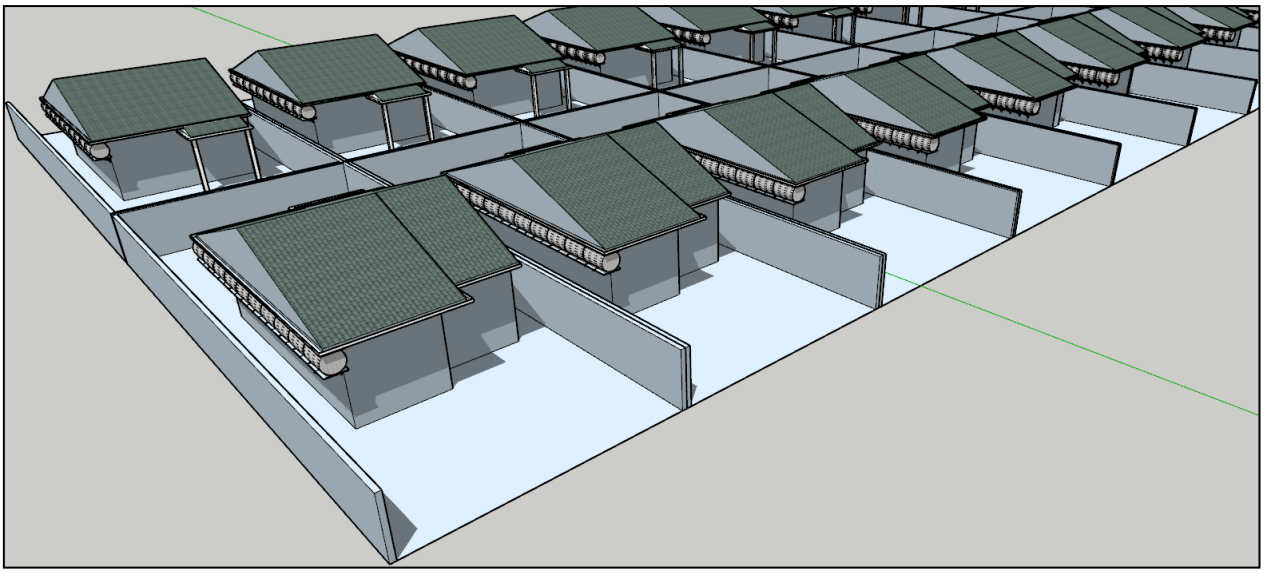


Fonte: Autora (2020).

Na Figura 32 observa-se a escala humana inserida para possibilitar a análise da proporção do sistema.

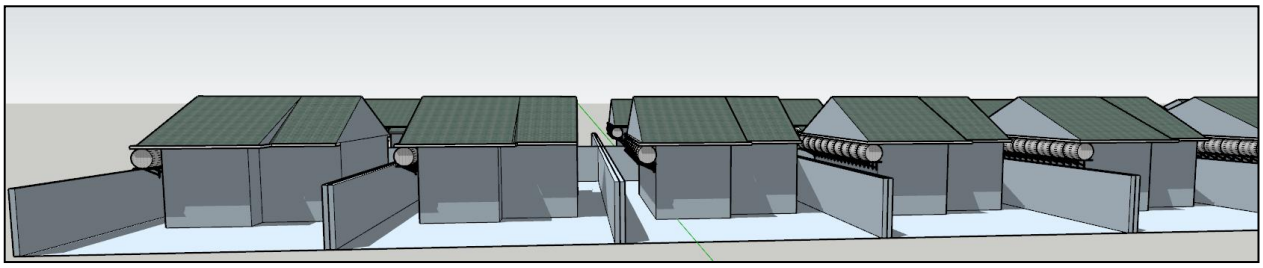
A partir das Figuras 33 e 34 é possível verificar que a inserção dos sistemas não ocasionará um visual “pesado” às residências e no loteamento em geral.

Figura 33: Croqui volumétrico do sistema para a Tipologia 1, vista geral.



Fonte: Autora (2020).

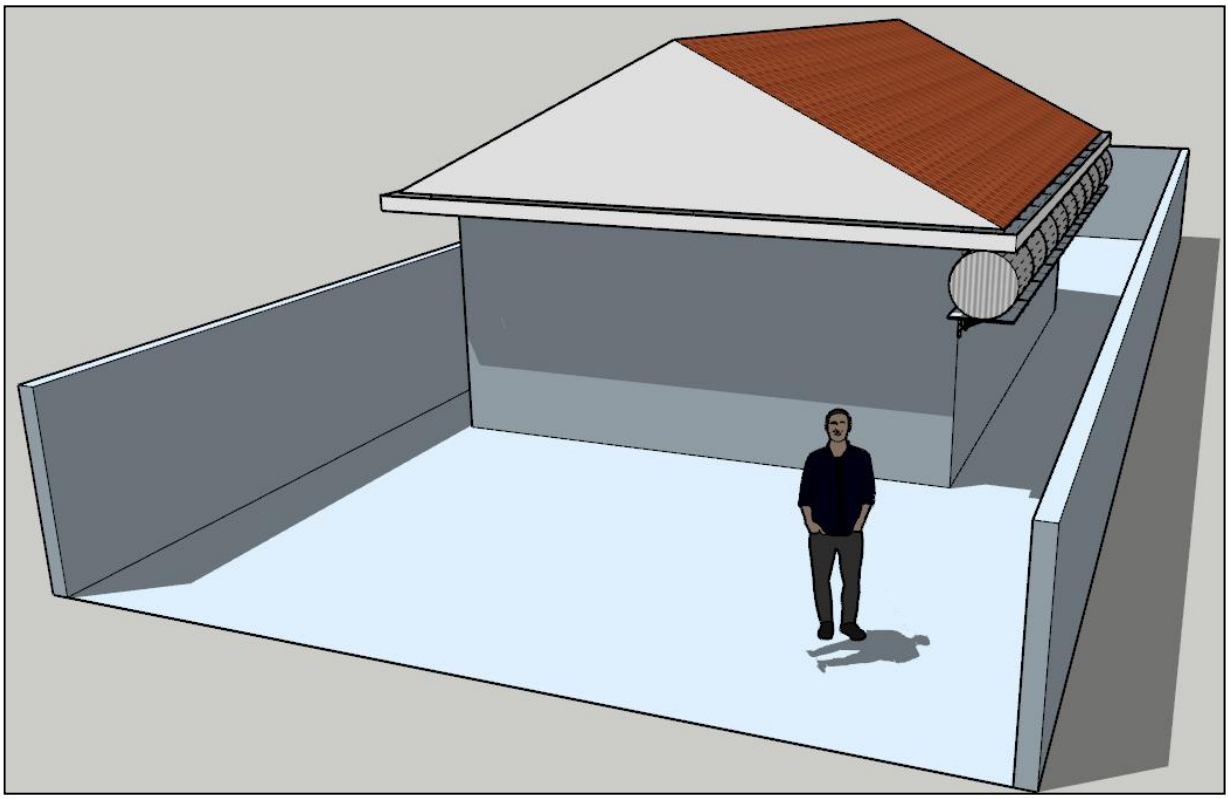
Figura 34: Croqui volumétrico do sistema para a Tipologia 1, vista geral frontal.



Fonte: Autora (2020).

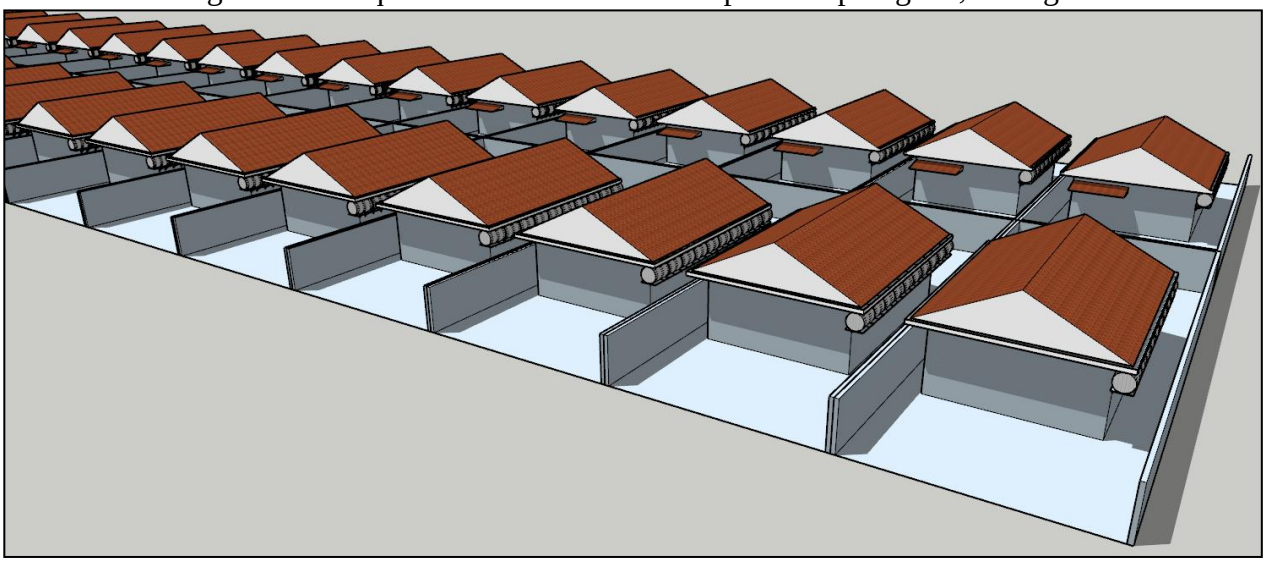
Para as unidades de Tipologia 2, o posicionamento do sistema se apresenta bastante similar ao da Tipologia 1, porém com os reservatórios fixados na lateral direita das residências (Figuras 35 e 36).

Figura 35: Croqui volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais para a Tipologia 2.



Fonte: Autora (2020).

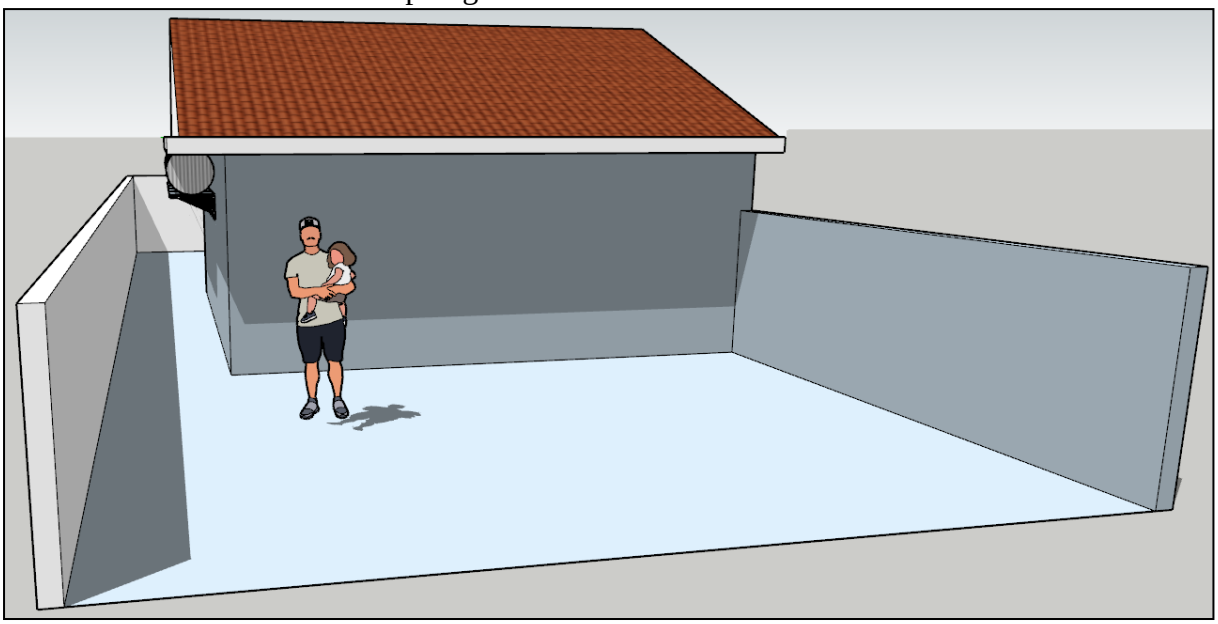
Figura 36: Croqui volumétrico do sistema para a Tipologia 2, vista geral.



Fonte: Autora (2020).

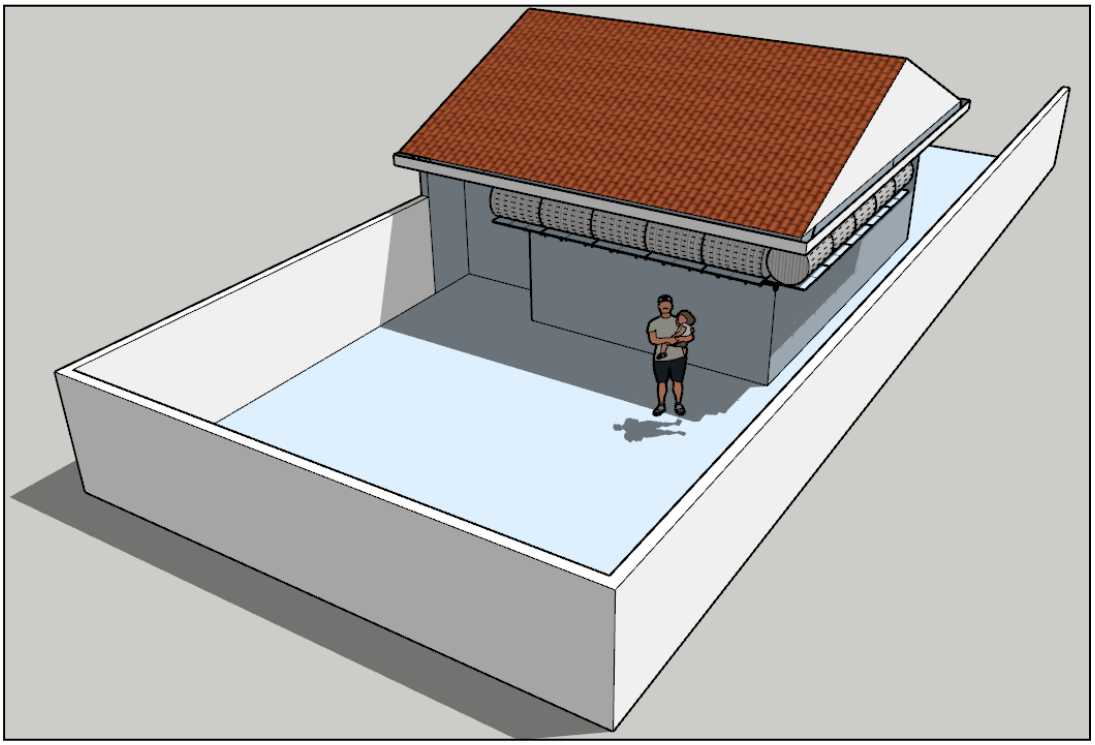
Como na Tipologia 3 os reservatórios foram inseridos na lateral esquerda e nos fundos (Figuras 37 e 38), apresentando o croqui tridimensional da frente e dos fundos da residência.

Figura 37: Croqui volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais para a Tipologia 3 - frente da residência.



Fonte: Autora (2020).

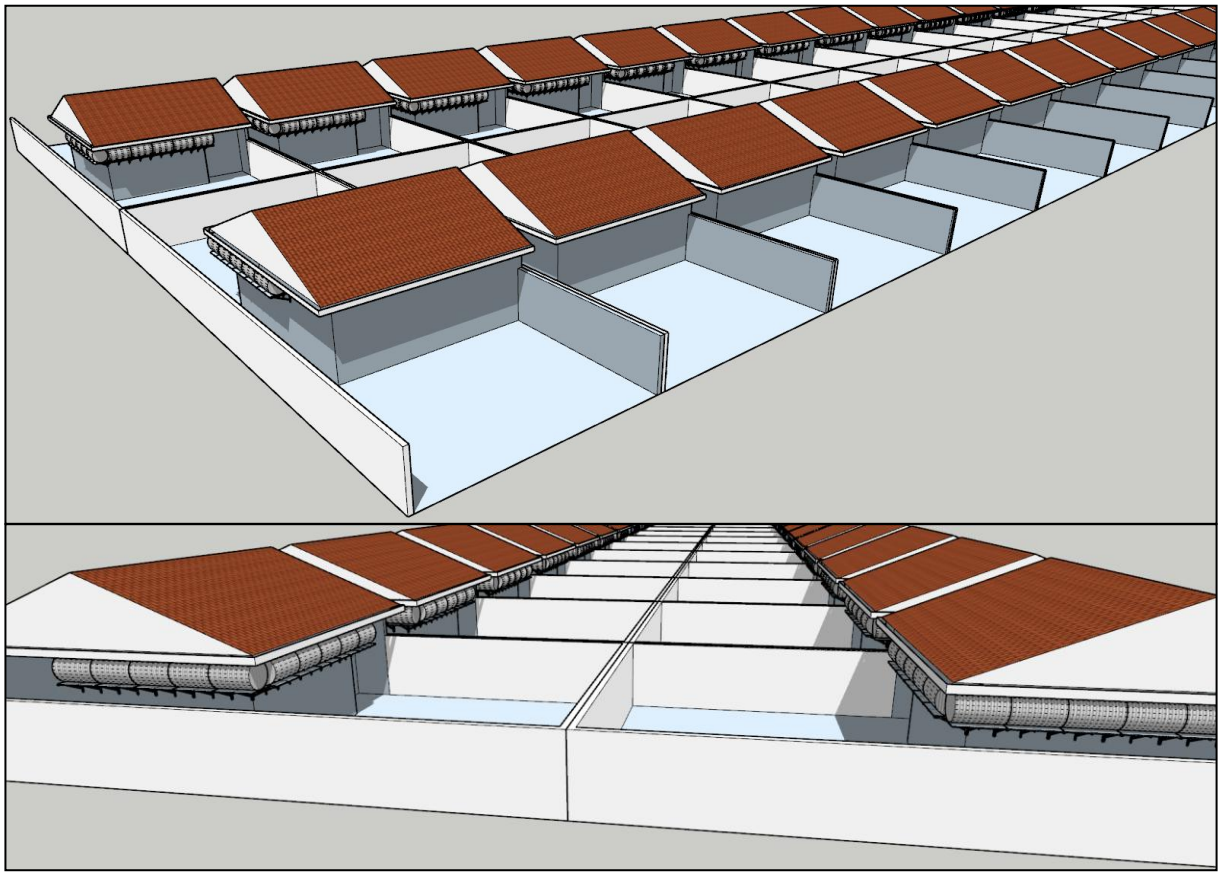
Figura 38: Croqui volumétrico do sistema de reutilização de águas pluviais para a Tipologia 3 - fundos da residência.



Fonte: Autora (2020).

A partir das Figuras 39 e 40, observa-se a locação dos reservatórios na Tipologia 3. Apesar da necessidade de fixar os reservatórios em duas faces da residência, a estética não foi comprometida e o armazenamento continuou funcional.

Figuras 39 e 40: Croquis volumétricos do sistema para a Tipologia 3, vista geral.



Fonte: Autora (2020).

O sistema fixado em “L” atende ao volume de armazenamento necessário e não representa complicações às instalações ou à edificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Torna-se cada vez mais indispensável monitorar a situação dos recursos hídricos do território nacional, de forma a atuar preventivamente em situações de conflito e embasar adequadamente ações de regulação.

O presente trabalho apresentou um sistema de captação e reutilização das águas pluviais, aplicando técnicas e equipamentos para a redução do consumo de água potável em residências como alternativa para o suprimento das descargas sanitárias, fornecendo uma fonte alternativa e sustentável de água.

Verificou-se que as exigências previstas nas NBR's restringem o dimensionamento do reservatório, sendo obrigatório implantar amplos reservatórios, e, portanto, de alta carga, dificultando sua inserção sobre a laje e/ou estruturas existentes quando em casos como a área de estudo, em que não há como comprovar a resistência e a qualidade dos materiais utilizados na construção das unidades residenciais.

Os métodos de cálculo previstos na ABNT na NBR 15.527/2007 priorizam o volume de precipitação para dimensionar o reservatório, ou seja, o potencial aproveitamento das águas da chuva captadas é o fator preponderante, exigindo a implantação de equipamentos compatíveis.

Um dos fatores que influenciam de maneira a dificultar a viabilização desse projeto é a área reduzida dos terrenos, sendo necessário prever soluções que otimizem os espaços e proponham um posicionamento estratégico para a fixação dos reservatórios. Outra questão são as áreas de captação reduzidas devido às pequenas áreas construídas pertencentes às residências sociais.

Este trabalho tornou possível verificar que a reutilização de águas da chuva reflete na redução do consumo com água potável e trata-se de uma medida viável, atingindo o objetivo de auxiliar a gestão dos recursos hídricos. O surgimento e a apresentação de projetos nesta linha de pensamento atraem incentivos públicos e campanhas de conscientização atuam enfatizando a importância do uso racional da água.

Foi constatado que o retorno financeiro da implantação deste projeto pode ser recuperado ainda durante o período de quitação do financiamento, ou seja, em 5 anos o valor investido já teria sido revertido na economia mensal com a conta de água. Mas, além do retorno financeiro, devem ser exaltados os benefícios ao meio ambiente e na preservação dos recursos naturais.

O projeto deste sistema de reutilização de águas pluviais para residências de interesse social do Conjunto Habitacional João Domingos Netto, na cidade de Presidente Prudente-SP, apresentou-se viável, uma vez que o volume de precipitação na área/região é suficiente para responder à demanda, e desde que a água coletada seja devidamente tratada e se enquadre nos padrões exigidos para fins não potáveis.

Os materiais, equipamentos e mão de obra, necessários para sua construção são encontrados com facilidade no mercado, não exigem a fabricação de elementos exclusivos e possuem preços acessíveis.

É válido ressaltar que o sistema projetado se trata de uma adaptação, por meio de elementos construtivos, para unidades residenciais prontas. Consequentemente, buscou-se interferir o menos possível na construção e, principalmente, em sua estrutura. Foram utilizados elementos externos, calhas e condutores de fácil fixação, além de uma base exclusiva (laje em concreto armado) para a elevação e sustentação do reservatório.

Para projetar em condições ideais, no caso de construções do zero, seria mais vantajoso implantar telhados embutidos de duas águas, onde estas possuiriam caídas direcionadas “ao meio” da edificação, possibilitando a captação das águas da chuva através de uma calha tipo água furtada.

Essa formatação facilitaria a coleta e o direcionamento direto à um reservatório sobre a laje, evitando também a necessidade de dimensionar sistemas de bombeamento e computar seus custos. Ainda no caso de projetos novos, os custos poderiam ser diluídos durante todo o período do financiamento, sem representar despesas excessivas e a disponibilização de investimentos à vista.

Para trabalhos futuros, fica a sugestão de estudar a aplicabilidade de sistemas semelhantes em outros tipos de edificação como edifícios comerciais e residenciais, de modo a buscar tecnologias eficientes e econômicas, focando nos princípios da sustentabilidade e reutilização das águas.

Devem ser citados os benefícios ao meio ambiente e na preservação dos recursos naturais, prevenção de inundações, processos erosivos e assoreamentos. Bem como, os benefícios à cidade através da redução de sobrecargas nos sistemas de drenagem urbana e, consequentemente, na proteção das vias urbanas.

Por fim, o mais importante é a análise dos benefícios ao país, como um todo, possibilitando o avanço em medidas sustentáveis, redução do consumo de água potável e minimização dos problemas futuros com a falta de água. A justificativa principal para

elaboração desse projeto é estabelecer uma medida de planejamento estratégico propondo a aplicação de artifícios construtivos para a coleta e conservação de águas pluviais em unidades habitacionais de interesse social, como planos de ação no tocante à preservação dos recursos hídricos, de forma a favorecer a disponibilidade hídrica para as gerações atuais e futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios - Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.** Rio de Janeiro, 2007.

Agência Nacional de Águas - ANA. Cadernos de Recursos Hídricos. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil.** Brasília, 2005.

BARRETO, Douglas. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, ed. 2, p. 23-40, 1 abr. 2008.

BRASIL. **Unidades de Planejamento Hídrico (UPH).** Disponível em: <www.dados.gov.br/dataset/26>. Acesso em: 10 mar. 2019.

CAMPISANO, Alberto *et al*. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives - Review. **Water Research**, Elsevier Ltd, v. 115, p. 195-209, 15 maio 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135417301483?via%3Dihub. Acesso em: 7 dez. 2019. https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2017.02.056.

CARVALHO, Viviane Fernanda de Oliveira. **Porque aqui é a minha casa! Velhas práticas e novas possibilidades em conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida.** 2019. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" FCT-UNESP, Presidente Prudente, abr. 2019.

Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo - CDHU. **Relatório de Sustentabilidade 2018.** Governo do Estado de São Paulo Secretaria da Habitação, São Paulo, 2018.

Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo - CODASP. **Caderno de Estudos em Conservação do Solo e Água.** Soluções 1: Adequação de Erosões, causas, consequências e controle da erosão rural. v1. n.1. Presidente Prudente, mai. 2007.

COHIM, Eduardo *et al*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Consumo de água em residências de baixa renda – estudo de caso.** Recife, p. 1-9, 20 set. 2009.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA - CBH-PP. **Características Gerais da UGRHI-22.** Disponível em: < http://paranapanema.org/ugrh/comites/sp/cbhpp/caracterizacao/>. Acesso em: 01 mar. 2019.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA - CBH-PP. **Relatório de situação dos recursos hídricos do Pontal do Paranapanema: ano base 2018.** Disponível em: <http://cbhpp.org/files/2019/08/RS_ano_base_2018_CBH-PP2019.pdf>. Acesso em: 13 out. 2019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos - CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA– SPI, 1999. 412 p.

GONÇALVES, R. F. (coordenador). **Uso Racional da Água em Edificações.** Prosab (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico). Abes (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), Rio de Janeiro, 2006.

HAQUE, Md Mahmudul *et al*. Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier Ltd, v. 137, p. 60-69, 20 nov. 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261630926X?via%3Dihub. Acesso em: 18 set. 2018. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.038.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Portal Cidades - Panorama**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama. Acesso em: 18 set. 2018.

KLEINDIENST, Thiago Urbano Silva Von Gusseck. **Tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva para residências uni familiares**. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Guaratinguetá, jan. 2015.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Área de Concentração: Engenharia Hidráulica e Sanitária. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica, São Paulo – SP, 2009.

MEDEIROS, Sara Raquel Fernandes Queiroz de. **BNH: outras perspectivas.** Disponível em: http://www.cchla.ufrn.br/cnpp/pgs/anais/Artigos%20REVISADOS/BNH,%20outra%20pespectiva.pdf. Acesso em: 16 dez. 2019.

NAKADA, Liane Yuri Kondo; MORUZZI, Rodrigo Braga. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 19, n. 1, p. 1-9, mar. 2014 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522014000100001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 13 ago. 2018. http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014000100001.

OKIMOTO, Fernando Sérgio; RIZK, Maria Cristina. **Elementos de projeto para sistemas de captação e reuso de águas pluviais em edificações residenciais.** In: Renata Ribeiro de Araújo; Leonice Seolin Dias; Sandra Medina Benini. (Org.). Água: tratamento, efluentes e

lodos. 2ªed.Tupã, SP: ANAP - Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2017, v. 2, p. 75-98.

PEREIRA, Júlia Fernandes Guimarães. **Habitação social e desigualdade urbana: o Programa Minha Casa Minha Vida em Presidente Prudente.** 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2017.

PRESIDENTE PRUDENTE, Prefeitura Municipal. **Mapas e Informações Geográficas.** Disponível em: http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/central_mapas.xhtml. Acesso em: 16 dez. 2019.

RAMPAZZO, Camila Riboli. **Clima urbano, risco climático e vulnerabilidade socioespacial mediados pela produção do espaço urbano em cidades paulistas (São Carlos, Marília e Presidente Prudente).** 2019. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2019.

REZENDE, Jozrael Henriques; TECEDOR, Natália. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté , v. 12, n. 6, p. 1040-1053, dez. 2017 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000601040&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 10 out. 2019. http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1940.

SALLA, Marcio Ricardo *et al*. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambient. constr.**, Porto Alegre , v. 13, n. 2, p. 167-181, jun. 2013 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000200013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 08 dez. 2019. http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212013000200013.

SANTOS, Aline A. dos; FERNANDES, Mariana Ribeiro; ALMEIDA, Munique Miyoshi de; OLIVEIRA, Suélen Daianne de; ROCHA, Paulo César. **VII Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas.** Análise da densidade de estações fluviométricas nas unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI's) 20, 21 E 22 do estado de São Paulo, Brasil. Manaus, 02 a 05 out. 2019.

SANTOS, N. C. dos; TONON, A. C. **Proposta de projeto interventivo no Conjunto Habitacional João Domingos Netto: Patrimônio cultural e sua relevância para a qualidade de vida dos mutuários.** Seminário Integrado, Presidente Prudente, v. 9, n.9, 2015.

SÃO PAULO. **SIGRH (SP) - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. Apresentação. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhpp/apresentacao>. Acesso em: 28 nov. 2017.

SILVA, Samiria Maria Oliveira *et al* . Proposta de gestão integrada das águas urbanas como estratégia de promoção da segurança hídrica: o caso de Fortaleza. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 24, n. 2, p. 239-250, abr. 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-

41522019000200239&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 dez. 2019. Epub 30-Maio-2019. http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019181776.

SILVEIRA, Alexandre *et al*. Influência da intensidade de precipitação na geração de escoamento em telhados cerâmicos: experimentos em laboratório sob chuva simulada. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 23, n. 4, p. 751-756, ago. 2018 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000400751&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 08 dez. 2019. http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018174038.

Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo - SINDUSCON-SP. **Manual de Conservação e Reúso da água em edificações**. São Paulo: SindusCon, 2005.

TASSI, Rutinéia *et al*. Preferências da população de diferentes estratos sociais no manejo das águas pluviais urbanas. **Ambient. constr.**, Porto Alegre , v. 16, n. 3, p. 39-52, set. 2016 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000300039&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 dez. 2019. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000300091.

VIEIRA, Mayara Pissutti Albano. **Qualidade ambiental na produção de habitação de interesse social em Presidente Prudente-SP: o caso dos conjuntos Ana Jacinta e João Domingos Neto.** 2019. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" FCT-UNESP, Presidente Prudente, dez. 2019.

Sites consultados:

C&C. Casa & Construção. Disponível em: <www.cec.com.br>. Acesso em: 25 mai. 2020.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica – São Paulo. Disponível em: <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br>. Acesso em: 20 mar. 2020.

Fortlev. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/produtos/reservatorios/solucoes-fortlev-caixa-dagua-pequenos-volumes/caixas-dagua/caixa-dagua-de-polietileno-1000l/>. Acesso em: 25 mai. 2020.

Governo do Brasil – Diário Oficial da União – Matérias: Portaria Nº 269, de 22 de março de 2017. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20122352/do1-2017-03-24-portaria-n-269-de-22-de-marco-de-2017-20122235. Acesso em: 22 mar. 2020.

Mercado livre. <https://www.mercadolivre.com.br>. Acesso em: 18 jun. 2020.

Multtelas. <https://www.multtelas.net.br>. Acesso em: 18 jun. 2020.