

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA RAQUEL VENTURINI PIEROTTI

**PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E RESERVAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA USOS NÃO POTÁVEIS COMO COMPONENTE DE PROJETO PADRÃO DE
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO DE EMPREENDIMENTO
EM CORNÉLIO PROCÓPIO/PR**

APUCARANA

2021

BRUNA RAQUEL VENTURINI PIEROTTI

**PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E RESERVAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA USOS NÃO POTÁVEIS COMO COMPONENTE DE PROJETO PADRÃO DE
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO DE EMPREENDIMENTO
EM CORNÉLIO PROCÓPIO/PR**

**PROPOSITION OF A RAINWATER RASVETING SYSTEM FOR NON-POTABLE USES
AS PART OF SOCIAL HOUSINGS' STANDARD PROJETCS: CASE STUDY IN A
PROGRAM IN CORNÉLIO PROCÓPIO/PR.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como
requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientadora: Profª. Dra. Andrea Sartori Jabur.

APUCARANA

2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

BRUNA RAQUEL VENTURINI PIEROTTI

**PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E RESERVAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA USOS NÃO POTÁVEIS COMO COMPONENTE DE PROJETO PADRÃO DE
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO DE EMPREENDIMENTO
EM CORNÉLIO PROCÓPIO/PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como
requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientadora: Profa. Dra. Andrea Sartori Jabur.

Data de aprovação: 08 de dezembro de 2021.

Andrea Sartori Jabur
Dra em Engenharia Florestal
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Adriana Faganello
Dra em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luiz Antônio Farani
Dr em Métodos Numéricos em Engenharia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

APUCARANA

2021

AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa a conclusão de uma trajetória longa e complexa pela qual devo muitos agradecimentos. À minha família, que me deu e me dá tanto suporte e força, e aos meus amigos e colegas que me acompanharam, confortaram e inspiraram de tantas maneiras, muito obrigada, sempre.

Agradeço especialmente à COHAPAR por ceder os projetos do Residencial Pioneiro João Rocha e colaborar com todas as informações pertinentes sobre o programa habitacional. E agradeço ao IDR-PR pelos dados climáticos fornecidos de maneira tão solícita e gentil.

À minha orientadora, Andrea, sou profundamente grata pelo acolhimento, pelos esclarecimentos, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência e pela parceria. Agradeço também à banca, profa. Adriana e prof. Luiz, que me acompanhou desde a primeira fase deste trabalho, pelas correções e sugestões de melhoria.

Ainda, sou grata aos colegas que me acompanharam, e aos professores da UTFPR Apucarana que guiaram este trecho do meu caminho. E devo, ainda, um muito obrigado à UTFPR, que me acolheu muito cedo e por muito tempo, me permitindo acessar tanto conhecimento e me abrindo tantas portas.

Meus mais carinhosos agradecimentos a todos que participaram da minha vida enquanto eu desenvolvía este trabalho, vocês com certeza ajudaram a construir o que eu conquistei aqui.

RESUMO

As edificações voltadas à população de baixa renda, chamadas de habitações de interesse social (HIS), são componentes de políticas públicas que tem uma função muito maior do que simplesmente suprir o déficit habitacional, mas garantir o acesso à direitos básicos e à própria dignidade humana. Neste sentido, é de extrema importância que estas edificações façam parte de programas integrativos, que considerem as necessidades dos ocupantes perante as cidades e, por outro lado, também considerem o impacto da inserção destes novos empreendimentos – no meio ambiente e no ambiente construído. Implementar elementos que favoreçam a eficiência das edificações nos quesitos consumo de água e energia, e que mitiguem seu impacto sobre os sistemas urbanos e o meio ambiente são um passo na direção desta filosofia integrativa.

Este trabalho avaliou a viabilidade da implementação de um sistema de captação e reservação de água da chuva para consumo em fins não potáveis em unidades habitacionais de um programa de HIS que consiste em um condomínio de casas térreas geminadas voltadas à população da terceira idade na cidade de Cornélio Procópio, no norte do Paraná. Observou-se que a região apresenta índices pluviométricos altos, com pluviosidade média mensal de mais de 100mm. No entanto, os resultados de volume de reservação ideais para garantia de abastecimento, obtidos pelo método de Azevedo Netto, se mostraram muito elevados, devido à existência de períodos de estiagem. O sistema desenhado para esta edificação considerou, então, reservatórios mais compactos, de 400L. O sistema se mostrou viável e pode gerar impactos positivos tanto para os ocupantes das habitações, quanto para o ambiente, auxiliando na amortização das vazões de escoamento superficial em eventos de chuva.

Palavras-chave: aproveitamento de água da chuva; habitação de Interesse Social; edificações eficientes.

ABSTRACT

The buildings for low-income populations, also known as social housing, are part of public policies which aim beyond to make up the housing deficit, but to guarantee the access to basic rights and human dignity. So, it's extremely important that these buildings compose integrative programs, which consider the impact that the new buildings cause – to the environment and to the city. To implement elements that support the housing efficiency about water and energy consumption, and that reduce the impact over the urban systems and the environment represents steps toward this integrative mindset. This paper evaluated the viability of setting a rainwater harvesting system, to non-potable ends, in unities of a social housing program, that consists in a condominium with townhouses reserved to elderly people, in the city of Cornélio Procópio, in Paraná's north area. It was possible to see that the area presents good rain rates, with average precipitation over 100mm per month. Nonetheless, the ideal storage volumes to guarantee the supply over the hole year, took from the Azevedo Netto's method, showed up very high, due the drought periods. The designed system considered, than, tinner reservoirs, with 400L. The system ended up being viable and able to generate positive impacts to the habitants and to the environment, helping to reduce the runoff flows in rain events.

Keywords: Rainwater harvesting system; Social housing; Efficient buildings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Projeto de conjunto habitacional e parque linear apresentado no concurso Renova SP.....	20
Figura 2 - Projeto de HIS integrado ao ambiente construído apresentado ao concurso Renova SP.....	21
Figura 3 - Projeto de adequação de área de ocupação irregular. Apresentado ao concurso Renova SP.	21
Figura 4 - Conjunto habitacional em Barcelona.....	22
Figura 5 - Apartamentos de habitação social em Ivry-Sur-Seine, França.	22
Figura 6 - Recomendações para conforto ambiental em HIS.....	24
Figura 7 - Habitação social em Salou, Espanha.	25
Figura 8 - Projeto vencedor do 1º prêmio no Concurso Público Nacional de Arquitetura para Novas Tipologias de Habitação de Interesse Social Sustentáveis.....	25
Figura 9 - Moradias construídas ou reformadas pela ONG Construíde em: A. Santo André, SP; B. Guaratinguetá, SP; e C. Osasco, SP.....	26
Figura 10 - Esquema simplificado do ciclo hidrológico natural	27
Figura 11 - Representação da diferença nas vazões de pico em ambientes urbanizados e naturais.	28
Figura 12 - Interferência da urbanização sobre o hidrograma da bacia.....	28
Figura 13 - Dispositivos dos sistemas de drenagem, captação e reservação de águas da chuva utilizados em cidades da antiguidade.	31
Figura 14 - Falha no sistema de drenagem em Veneza, 1969. A cena representa a Praça de São Marcos, onde há remanscência da arquitetura do período Medieval.	31
Figura 15 - Esquema representativo de um Sistema de Drenagem Urbana tradicional.	32
Figura 16 - Comparação entre sistema tradicional e sistema de baixo impacto.....	35
Figura 17 - Esquema dos elementos básicos de um sistema de aproveitamento de água da chuva em residências.....	38
Figura 18 - Detalhe da implantação das áreas de convivência e algumas unidades habitacionais do Residencial Pioneiro João Rocha.	40
Figura 19 - Vista superior do condomínio Pioneiro João Rocha - Modelo.....	41
Figura 20 - Vista dos passeios entre as unidades habitacionais no condomínio Pioneiro João Rocha - Modelo.	41
Figura 22 - Fachada frontal das unidades conjugadas.....	42

Figura 23 - Fachada posterior das unidades conjugadas, com detalhe das varandas com área de serviço.....	42
Figura 24 - Planta baixa mobiliada e com detalhe das soluções de acessibilidade das unidades conjugadas.	43
Figura 25 - Planta de cobertura das unidades conjugadas.	44
Figura 26 - Representação da metodologia de cálculo da área de contribuição de superfície inclinada.	45
Figura 27 - Ábacos para dimensionamento dos condutores verticais.	48
Figura 28 - Dispositivos complementares do sistema de captação e reservação a) redutor de turbulência; b) filtro de sólidos grosseiros; c) descarte da primeira chuva.	50
Figura 29 - Modelo base para montagem do sistema de captação e reservação.	50
Figura 30 - Denominação das águas de telhado.	51
Figura 31 - Detalhe da seção da calha retangular em chapa de aço galvanizado.	52
Figura 32 - Detalha da saída da calha na cobertura.	53
Figura 33 - Precipitações média mensais, com sério de 10 anos.....	54
Figura 34 - Precipitações médias anuais em 10 anos.	55
Figura 35 - Precipitações anuais totais para os 10 anos.	55
Figura 36 - Modelo de reservatório dimensionado.....	56
Figura 37 - Filtro de sólidos grosseiros.	57
Figura 38 - Dispositivo para descarte da "primeira chuva", usado como filtro fino.	58

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Classificação das medidas de controle de inundações.	30
Quadro 2 - Técnicas de controle de alagamentos em drenagem urbana.	34
Quadro 3 - Exemplos de técnicas compensatórias e seus mecanismos.	35
Quadro 4 - Parâmetros climáticos da região de estudo, segundo o Atlas do IDR.	39
Quadro 5 - Parâmetros da Equação da Chuva.	46
Quadro 6 - Coeficientes de rugosidade (n).	47
Quadro 7 - Área de contribuição da cobertura de cada unidade habitacional.	51
Quadro 8 - Intensidades de chuva (imáx) para Bandeirantes.	51
Quadro 10 – Dimensionamento do diâmetro mínimo das calhas.	52
Quadro 11 - Dados de pluviosidade da cidade de Bandeirantes.	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	JUSTIFICATIVA	14
3	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivo Geral	15
3.2	Objetivos Específicos	15
4	REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1	Habitação: Conceitos e Função	16
4.1.1	Habitação como direito e o déficit habitacional	17
4.2	Habitação de Interesse Social	18
4.2.1	A interação da HIS com a cidade	19
4.2.1.1	Importância da eficiência da edificação em HIS	23
4.3	Água pluvial e sua interferência em ambiente urbano	27
4.4	Drenagem urbana	29
4.4.1	Revisão dos procedimentos históricos	30
4.4.2	Sistema tradicional	32
4.4.3	Técnicas compensatórias	33
4.4.3.1	Uso de pequenos reservatórios como técnica de controle de alagamentos	36
4.5	Aproveitamento da água pluvial	37
5	MATERIAIS E MÉTODOS	39
5.1	Características Ambientais	39
5.1.1	Região de estudo	39
5.1.2	Empreendimento	39
5.1.2.1	Unidade habitacional padrão	42
5.1.3	Índice de precipitação	44
5.2	Sistema de captação e reservação	44
5.2.1	Dimensionamento dos equipamentos de captação	45
5.2.1.1	Parâmetros iniciais de projeto	45
5.2.1.2	Calhas e condutores	46
5.2.2	Dimensionamento do reservatório	49
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6.1	Dimensionamento do sistema de captação	51
6.1.1	Parâmetros iniciais de projeto	51

6.1.2	Calhas e condutores	52
6.2	Reservatório.....	53
6.2.1	Dispositivos complementares	57
6.2.2	Operação e manutenção	58
6.3	Balanço hídrico.....	59
7	CONCLUSÕES	60
8	REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.
	ANEXO 1 - IMPLANTAÇÃO URBANÍSTICO	64
	ANEXO 2 - ARQUITETÔNICOS	65
	APÊNDICE 1 - PROJETOS DO SISTEMA PLUVIAL	66

INTRODUÇÃO

Sendo a habitação uma necessidade básica e um direito pautado na garantia da dignidade humana (BUONFIGLIO, 2018; CECCHETTO et al., 2015; CIRIACO, 2019), é importante que as políticas públicas voltadas a esta área sejam integrativas. Em outras palavras, as habitações de interesse social (HIS) devem garantir aos moradores não apenas o abrigo, mas o acesso aos equipamentos e serviços públicos que compõe uma vida digna, como emprego, educação, mobilidade e saneamento básico (CECCHETTO et al., 2015; SAMORA; DIANA, 2021).

Por outro lado, do ponto de vista do impacto da edificação no ambiente natural e construído, a importância da integração das HIS se refere a garantir que as construções estudem e considerem a região onde serão implantadas, e apliquem dispositivos que reduzam ou *melhorem* sua interferência (BEZERRA JUNIOR, 2017; SAMORA; DIANA, 2021).

Neste sentido, um dos principais impactos diretos da inserção de uma nova edificação é sobre os sistemas de drenagem. As modificações que as novas construções implicam ao meio alteram o comportamento da água na área, impactando os sistemas de drenagem construídos e toda a rede hídrica (BOTELHO, 2017; DORNELLES, 2012; JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011; MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015). Este impacto é, em geral, absorvido por obras públicas de micro e macro drenagem urbana, mas medidas adotadas nas próprias edificações podem mitigar estes impactos, como a adoção de sistemas de captação e reservação de águas da chuva para consumo em fins não-potáveis (DORNELLES, 2012; JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011; TUCCI, 2005).

Estes dispositivos, classificados como técnica compensatória para a gestão de águas urbanas, servem como amortecedores das vazões de escoamento superficial causadas pelas edificações, além de funcionarem como provisão de água, reduzindo a necessidade de consumo da água potável em fins não-nobres e aumentando a eficiência das HIS (BENINI, 2015; DORNELLES, 2012; GRANDO; ZOLLET; JUBUR, 2011; JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011).

Este trabalho propõe um sistema de captação e armazenamento de água da chuva para um empreendimento de HIS em implantação no norte do Paraná, voltado ao público da terceira idade. O empreendimento consiste em 40 casas térreas geminadas e área comum, em condomínio fechado, e o sistema desenhado foi pensado para atender às unidades habitacionais individualmente.

JUSTIFICATIVA

A preocupação com os impactos causados na construção civil vem aumentando nos últimos anos, principalmente no que se refere aos impactos de uso e ocupação. Este fator levou ao desenvolvimento de diversas tecnologias que aumentam a eficiência das edificações, melhorando conforto térmico e acústico, por exemplo, e reduzindo as demandas de água e energia das redes públicas de abastecimento.

Estas tecnologias, no entanto, costumam estar associadas a um alto custo e vê-se a implantação de muitas destas técnicas apenas em edifícios de alto padrão. Esta cultura de que as construções sustentáveis são uma coisa “cara” faz com que muitas técnicas construtivas que beneficiam o meio ambiente e o ambiente construído não sejam nem consideradas, por se admitir por pressuposto que estejam acima do orçamento. Em edificações de interesse social (HIS), principalmente, vê-se que há uma negligência sistêmica de ferramentas que não só são sustentáveis, mas que também podem contribuir para o conforto e eficiência das habitações.

Este trabalho apresenta uma opção de sistema de captação e armazenamento de água de chuva baseado em modelos de baixo custo que possa ser implantado nas unidades habitacionais de um empreendimento voltado à HIS. Busca-se entender os benefícios que esta solução representa para o meio ambiente e para o meio construído, para os ocupantes das edificações e para as comunidades como um todo.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de captação e reservação de água pluvial para usos não potáveis para ser anexado ao projeto padrão das residências do programa *Viver Mais Paraná* a serem executadas na região norte do estado.

Objetivos Específicos

- Determinação dos dados climatológicos da cidade de estudo;
- Avaliar as condições e o modelo a ser instalado;
- Avaliar a redução do escoamento superficial no lote com a instalação do sistema.

REFERENCIAL TEÓRICO

Habitação: Conceitos e Função

A função primordial de uma habitação é a de abrigar seus moradores, protegendo-os das tantas variáveis encontradas no ambiente externo, proporcionando, como ressalta Ciriaco (2019), segurança física e emocional, privacidade, e atendendo aos critérios da dignidade humana. E esta função se mantém, independentemente dos avanços tecnológicos na construção civil ou de como a sociedade se altera e se desenvolve (CECCHETTO et al., 2015). O conceito de habitação, no entanto, é definido a partir de diversas perspectivas, que se chocam e se completam em algum momento: habitação pode ser entendida como necessidade, como direito ou como produto/mercadoria. Quando se estende as análises ao campo prático, criam-se particularidades que ampliam ainda mais a gama de conceitos que definem a habitação, colocando-a como déficit e política pública, por exemplo (BUONFIGLIO, 2018).

Moradia é uma necessidade básica de todo ser humano, integrante da base da pirâmide de Maslow. A habitação, segundo Heller (1986) *apud* Buonfiglio (2018), figura tanto como uma necessidade natural, compreendida entre aquelas requeridas para a autopreservação do indivíduo; quanto como uma necessidade social, visto que as nuances desta necessidade se relacionam diretamente com o papel que o indivíduo desempenha e com sua atividade em sociedade.

Habitar é uma necessidade indissociável do ser humano: toda pessoa sobre a superfície geodésica da terra irá habitar algum lugar, independente das condições e qualquer privação que se imponha. No entanto, não é qualquer lugar que pode ser tido como habitação. Para ser habitação, o ambiente deve atender aos requisitos supracitados, ou, em suma, garantir a dignidade humana. Assim, existe de forma natural uma demanda por moradia e a habitação passa a ser vista como bem de consumo – ou mercadoria (BUONFIGLIO, 2018).

Por esta perspectiva, tem-se a especulação imobiliária sobre os espaços edificáveis e uma consequente segregação urbana, que dissocia áreas periféricas do acesso à infraestrutura das cidades, principalmente dos dispositivos de saneamento básico e mobilidade; e então a marginalização das populações mais pobres, que não conseguem acesso à moradia formal, através do mercado imobiliário, e de maneira institucional. Estas populações ocupam espaços negligenciados no meio urbano, sem acesso à instrumentos urbanísticos mínimos e sem satisfazer a necessidade de habitar, propriamente dita (SAMORA; DIANA, 2021).

Habitação como direito e o déficit habitacional

A natureza da moradia como necessidade básica a relaciona entre os princípios para a garantia da dignidade. Ter uma casa é tão importante para que o ser humano viva em condições adequadas, e atender a esta necessidade envolve tantos fatores, que a habitação é reconhecida como um direito humano dentro da ONU tanto no âmbito civil e político, pelo Pacto Internacional sobre Direitos Civis e Políticos (PIDCP), quanto na esfera econômica e social pelo Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (PIDESC) (BUONFIGLIO, 2018).

Apesar de a promulgação da Constituição Federal (CF) de 1988 ter iniciado a ampliação dos direitos sociais (SAMORA; DIANA, 2021), o direito à moradia especificamente só foi incluído anos depois. No Brasil, todo cidadão tem direito à moradia segundo o exposto pelo Art. 6º da CF (1988), em texto incluído pela Emenda Constitucional nº 26 em 2000 (BUONFIGLIO, 2018; CIRIACO, 2019). A regulamentação e institucionalização deste direito coube ao Ministério das Cidades, por meio do Estatuto das Cidades, criado em 2001 (BUONFIGLIO, 2018). Desta forma, fica mais claro que a garantia do direito à moradia é uma questão que envolve todo o meio urbano, onde grande parte da população brasileira está inserida e onde se concentram os problemas habitacionais.

Identificada a existência de um problema, ele precisa ser definido, e, para tanto, quantificado. Aqui, tem-se que o problema é a *falta* de unidades habitacionais para atender à todas as famílias: um déficit habitacional. Mas, a quantificação deste problema também é um processo complexo: não basta fazer um balanço entre os imóveis existentes e as famílias que habitam determinada região para dizer que esta apresenta *déficit* ou *superávit* habitacional (CIRIACO, 2019). Isto porque a conceituação da habitação por si só traz esta complexidade.

No Brasil, o déficit habitacional é computado desde o início da década de 1990 pela metodologia da Fundação João Pinheiro (FJP), que analisa todos os aspectos que caracterizam (ou não) um domicílio como habitação e contabilizando domicílios precários, coabitação familiar, ônus excessivos em aluguel e domicílios alugados com adensamento excessivo, além de domicílios com inadequações fundiárias (não-institucionais), sem serviços de infraestrutura, sem acesso à saneamento básico, e adensamento excessivo em imóveis próprios. Observa-se que para determinar o déficit habitacional é necessário não apenas considerar a casa, mas os serviços que esta fornece aos ocupantes, incluindo aqueles que são providos pela cidade – como saneamento e mobilidade (BUONFIGLIO, 2018).

A determinação do déficit habitacional deve embasar a busca de soluções pelos responsáveis pelo problema: o poder público. Entendendo a moradia como direito humano e constitucional, tem-se que é dever do Estado garantir e viabilizar o acesso à habitação adequada (CIRIACO, 2019).

Habitação de Interesse Social

Cabendo ao Estado a garantia do direito à moradia, a habitação entra no escopo das políticas públicas, que devem fazer a função de conciliar os diversos fatores que caracterizam e definem a habitação. Atualmente, os programas e políticas que tratam desta área a denominam como Habitação de Interesse Social (HIS), mas esta nomenclatura já foi alterada diversas vezes ao longo da história.

No Brasil, as primeiras políticas públicas de habitação social vieram em 1923, no governo de Getúlio Vargas, com a criação dos Institutos de Aposentadoria e Pensões (IAPs). Neste modelo, a provisão da habitação estava diretamente atrelada ao conceito de seguridade social e às categorias de trabalho. Mas, a partir de 1964 e da criação do Banco Nacional de Habitação (BNH), no governo militar, estes conceitos são dissociados e a habitação passa a ser tratada como uma política pública a parte. Na prática, essa alienação prejudicou a função do programa social voltado à moradia, em favor do mercado imobiliário (BUONFIGLIO, 2018). Com essa mudança, o Estado passa a ser apenas o financiador das habitações que o trabalhador adquire da iniciativa privada. A força de trabalho, no entanto, continua sendo a fonte de capital para a produção das habitações, com a criação do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e a destinação deste recurso para os programas habitacionais. Ainda hoje este modelo se mantém, antes com o BNH e agora com a Caixa Econômica Federal (BUONFIGLIO, 2018).

A HIS passa a ter cada vez mais um viés de mercadoria e, ao longo da evolução das políticas, tem-se o conceito de Habitação Social de Mercado. Neste sentido, o exemplo mais contundente é o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), criado em 2009, e remodelado como Programa Casa Verde e Amarela. Aqui, tem-se um híbrido entre HIS, já que há um empenho do poder público na viabilização do acesso à moradia para a população de baixa renda, e a criação de todo um segmento de mercado voltado a esta população, que passa a ser economicamente viável graças à intervenção do Estado.

Com o distanciamento das políticas de habitação das relações de emprego e da seguridade social, também se distancia o trabalhador da possibilidade da aquisição de um imóvel que seria financiado por sua vida de trabalho. Esse processo resultou em toda uma geração de

aposentados sem a posse de uma casa e, por vezes, sem moradia em si (BUONFIGLIO, 2018). Portanto, faz-se necessária a criação e implantação de programas habitacionais suplementares por parte de estados e município, que tem que lidar com um déficit habitacional que está fora do alcance dos programas nacionais.

A interação da HIS com a cidade

Como já mencionado no texto anterior, o mecanismo que fez da moradia um produto de mercado levou à marginalização das populações mais carentes e à segregação das unidades habitacionais de baixa renda dos dispositivos urbanísticos básicos (SAMORA; DIANA, 2021). Esta segregação urbana, presente no processo de urbanização das grandes cidades brasileiras, culmina em habitações e ambientes insalubres e inadequados para o desenvolvimento humano e social. Alguns dos requisitos para que uma habitação seja garantia de dignidade para seus ocupantes, como acesso a saneamento básico, dependem diretamente de equipamentos urbanos.

Além disso, a habitação é apenas um dos aspectos indispensáveis ao indivíduo. As famílias que ocupam as HIS ainda precisam ter acesso à trabalho, emprego e renda e, por tanto, à dispositivos de mobilidade urbana. No mesmo contexto, há a necessidade da educação, da saúde, do lazer... ou seja, é preciso garantir o acesso à *cidade* (BUONFIGLIO, 2018; CECCHETTO et al., 2015) (Figuras 1 a 3).

Nesse sentido, tem-se a definição das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS). Segundo a SDRU (2021) as ZEIS são instrumentos urbanísticos que definem áreas na cidades onde o zoneamento segue regras especiais, que se adaptam à ocupação já existente ou favorecem a implantação de novas edificações de HIS. Estas áreas devem constar nos mapas de zoneamento dos municípios, como integrantes do Plano Diretor das cidades (CECCHETTO et al., 2015), e se destinam principalmente à recuperação urbanística e à regularização fundiária. A delimitação de uma ZEIS deve considerar a viabilidade da área, ou seja, se esta está efetivamente atendendo a população. Além de garantir a qualidade habitacional e a sustentabilidade das edificações, a preservação ambiental e a integração com os equipamentos públicos (PREFEITURA DE LONDRINA; COHAB, 2013).

Em suma, as ZEIS são uma ferramenta para mitigar a desigualdade de acesso aos serviços públicos. Este modelo de urbanização integrada agrega para que a HIS e os conjuntos habitacionais de baixa renda em geral sejam incluídos em um panorama que abrange questões de desenvolvimento urbano, preservação ambiental, saneamento e drenagem das cidades. Esta

visão se sustenta na premissa de que a habitação é a primeira unidade de planejamento das infraestruturas urbanas (SAMORA; DIANA, 2021).

Em relação à urbanização, deve-se considerar no espaço urbano o efeito da edificação. Primeiro, é notório o impacto da construção civil sobre o meio ambiente, sendo esta indústria responsável por cerca de 40% dos resíduos sólidos urbanos e 12% do consumo total de água, além das emissões somadas geradas pela cadeia da construção civil e a pressão que empreendimentos de infraestrutura geram sobre diferentes ecossistemas (CECCHETTO et al., 2015). Sobre o ambiente construído, ainda há a sobrecarga que novas edificações acarretam aos sistemas públicos de abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes domésticos, de resíduos sólidos, de drenagem urbana, fornecimento de energia, à malha viária e aos sistemas de transporte público, entre outros. Por isso, para que a implantação de HIS seja de fato um ponto gerador de impactos sociais e econômicos positivos, é necessário que as políticas públicas habitacionais sejam integrativas, e não isoladas.

No campo de conhecimento da arquitetura e da engenharia, esta preocupação integrativa não é recente. Diversos estudos direcionam o olhar para as soluções ambientais e sociais necessárias ao desenvolvimento das cidades. Um exemplo é o concurso Renova SP, no qual arquitetos e urbanistas propuseram soluções voltadas para a recuperação de áreas ocupadas de maneira precária na cidade de São Paulo, para as unidades habitacionais em si, e para a inserção de novos empreendimentos (Figuras 1 a 3) (SAMORA; DIANA, 2021).

Figura 1 - Projeto de conjunto habitacional e parque linear apresentado no concurso Renova SP.



Fonte: Adaptado de Libeskind e Paauw (2011).

Figura 2 - Projeto de HIS integrado ao ambiente construído apresentado ao concurso Renova SP.



Fonte: Libeskind e Paauw (2011)

Figura 3 - Projeto de adequação de área de ocupação irregular. Apresentado ao concurso Renova SP.



Fonte: Adaptado de Libeskind e Paauw (2011).

No Brasil, porém, estas soluções ainda não são o modelo aplicado e dificilmente saem do papel. Já em outros países, que desenvolveram esta preocupação um pouco antes, é possível observar muitos empreendimentos destinados a atender as HIS interagindo com a cidade, e

muitas vezes, criando dispositivos de uso público como espaços de convivência ou até mesmo centros comerciais anexos ao conjunto habitacional, como os empreendimentos na Espanha e na França, por exemplo, representados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Figura 4 - Conjunto habitacional em Barcelona.



Fonte: CONCURSODEPROJETO.ORG (2012).

Figura 5 - Apartamentos de habitação social em Ivry-sur-Seine, França.



Fonte: ARCHDAILY (2017).

Importância da eficiência da edificação em HIS

A produção habitacional está subordinada aos interesses do mercado imobiliário, e quando se trata de HIS, tem-se uma excessiva padronização nos projetos e padrões arquitetônicos, visando primordialmente o controle dos custos e sem considerar aspectos regionais, culturais e ambientais (BEZERRA JUNIOR, 2017; CECCHETTO et al., 2015). Esta padronização, sem preocupação com a sustentabilidade e resiliência da edificação, levam à produção de moradias de baixa qualidade, pouco eficientes e que não atendem plenamente às necessidades dos usuários (CECCHETTO et al., 2015).

Nestas condições, as HIS acabam por não adotarem práticas e tecnologias que reduzam o impacto das edificações no meio ambiente natural e construído, não atendendo ao critério de integração com a cidade (CECCHETTO et al., 2015). Por consequência, também não são capazes de otimizar o ambiente habitado em favor da qualidade de vida dos ocupantes. Sem ações de construção sustentável e sem a preocupação com a resiliência da habitação, nota-se que as HIS, e as populações de baixa renda, portanto, são as mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas (BORTOLI; VILLA, 2020).

São diversos os pontos de atenção e reclamação sobre o conforto ambiental nas edificações, passando por conforto térmico, iluminação, ventilação, umidade e infiltrações, e conforto acústico (BORTOLI; VILLA, 2020). Mas, também existem soluções viáveis e diversos dispositivos e técnicas possíveis de serem implementados em HIS que otimizam o conforto ambiental na edificação, e reduzem seus custos de operação e manutenção, e o impacto ambiental. Cecchetto, et al. (2015) destaca algumas alternativas sustentáveis que devem ser estudadas em cada empreendimento e são possíveis de serem aplicadas em HIS:

- Adoção de cores claras;
- Aquecimento solar de água;
- Aproveitamento de água pluvial;
- Materiais termo-eficientes em revestimentos;
- Energia fotovoltaica;
- Equipamentos hidráulicos controladores de consumo;
- Ventilação cruzada e pé-direito alto;
- Iluminação e sombreamento natural.

Estes critérios também são apontados por Bortoli e Villa (2020), conforme explicitado na Figura 6.

Figura 6 - Recomendações para conforto ambiental em HIS.



RECOMENDAÇÕES:

- Implantação de edifícios e setorização de usos considerando ventos predominantes, geometria solar e períodos de insolação nas fachadas dos terrenos;
- Especificação de elementos de sombreamento e proteção solar quando a orientação de determinada(s) fachada(s) mostrar-se desfavorável (brises horizontais e verticais, beirais, auto-sombreamento da edificação, proteção de coberturas, etc);
- Atendimento às recomendações do RTQ-R (PROCEL, 2012) quanto às propriedades de transmitância térmica, absorvância térmica e capacidade térmica recomendadas às faces da envoltória (paredes, janelas e cobertura), específicas para cada uma das 8 zonas bioclimáticas brasileiras (atentar para atualização de valores e parâmetros a que as normas estão naturalmente sujeitas);
- Utilização de materiais permeáveis de pavimentação, como blocos intertravados, concreto permeável, concregrama, seixo rolado, sendo todos tão claros quanto possível e, portanto, capazes de conter a terra do sítio sem implicar em altas taxas de absorção solar (que ocorre em função da coloração escura);
- Especificação de alturas de pé-direito maiores, permitindo maior flexibilidade e conforto térmico e respiratório quando da combinação de ampliações à casa-embrião;
- Inclusão de vegetação em projeto mediante criação de hortas e jardins verticais, terraços verdes, pátios internos, entre outras possibilidades, beneficiando a casa dos efeitos do resfriamento evaporativo e sombreamento proporcionados pela vegetação.
- Adoção de estratégias bioclimáticas passivas para condicionamento do clima interno, como coberturas ventiladas; cobogós e muxarabis; prateleiras de luz, claraboias, sheds, lanternins, e outras estratégias passivas capazes de maximizar a captação e distribuição de luz e barramento de calor; peitoris ventilados; torres de vento e outros mecanismos para exaustão passivos;
- Desenvolvimento de projetos complementares de drenagem pluvial, contemplando detalhamento de peças para condução e eventual reservação da água de chuva;
- Especificação de materiais construtivos resistentes, duráveis e estanques;
- Adequada vedação de frestas de esquadrias e outros componentes construtivos mediante utilização de material capaz de absorver ruído (maleável) e impossibilitar penetração de vento, poeira, e animais indesejáveis;
- Utilização e especificação de componentes construtivos para paredes capazes de barrar, pelo menos, as principais frequências que compõem a voz humana;
- Utilização de lajes leves, acústicas e termicamente isolantes.



TEMPERATURA



ILUMINAÇÃO,
VENTILAÇÃO,
UMIDADE



VEDOS



ACÚSTICA

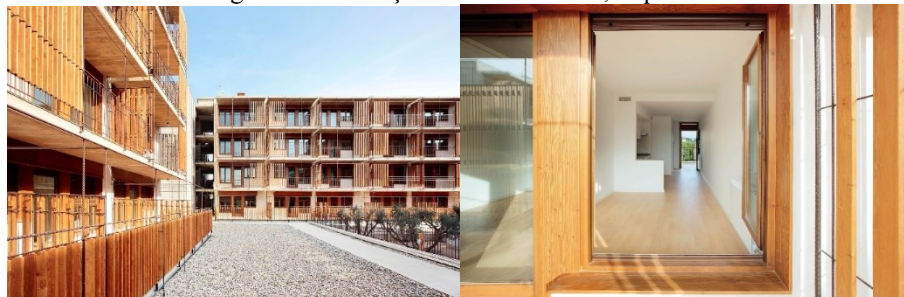
Fonte: Bortoli e Villa (2020)

As HIS são o objeto final de uma política pública que visa garantir um direito humano e constitucional que preserva a dignidade. A aplicação destas medidas alternativas garante a qualidade da edificação, o conforto dos usuários, e a integração sustentável das moradias com as cidades e o meio ambiente, fazendo com que a política pública cumpra seus objetivos.

Inserir elementos de construção sustentável e edificações eficientes, tendo como exemplo a ventilação cruzada e elementos de madeira, como vistos no conjunto habitacional em Salou,

representado na Figura 7, ou a iluminação natural e telhado verde, aplicados no projeto de Delaqua (2013), conforme Figura 8, são uma maneira de garantir o bem estar dos ocupantes e, assim, a longevidade da solução apresentada pela política pública.

Figura 7 - Habitação social em Salou, Espanha.



Fonte: ARCHDAILY (2014).

Figura 8 - Projeto vencedor do 1º prêmio no Concurso Público Nacional de Arquitetura para Novas Tipologias de Habitação de Interesse Social Sustentáveis.



Fonte: Delaqua (2013).

A adequação das unidades habitacionais alinhada às necessidades reais dos ocupantes, juntamente com a regularização fundiárias, como é feito no trabalho realizado pela ONG Construíde (Figura 9), também é uma maneira de garantir que as pessoas estejam bem acomodadas, tornando a solução permanente.

Figura 9 - Moradias construídas ou reformadas pela ONG Construíde em: A. Santo André, SP; B. Guaratinguetá, SP; e C. Osasco, SP.

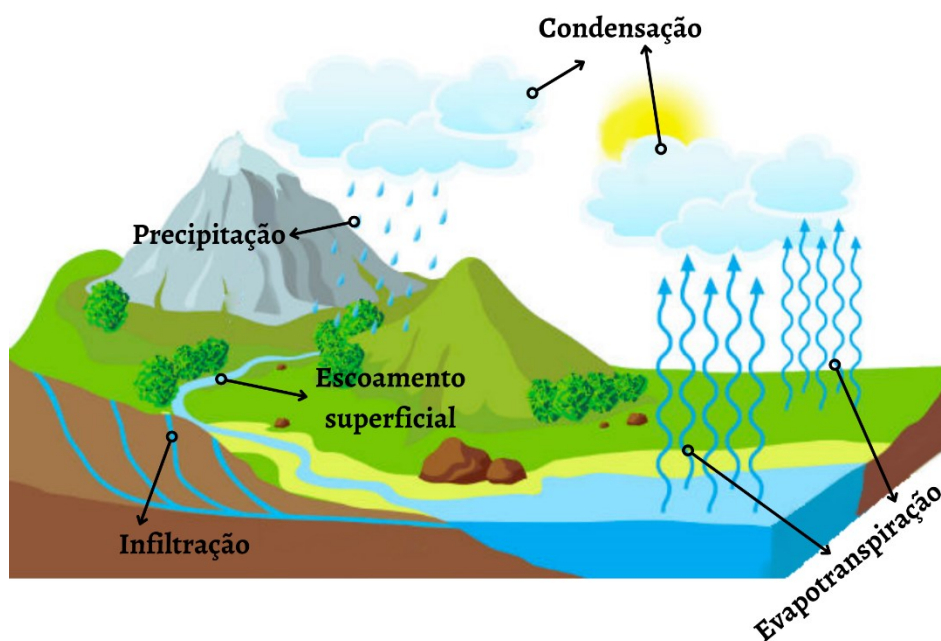


Fonte: Instagram da ONG Construíde (2021).

Água pluvial e sua interferência em ambiente urbano

A água é um recurso natural renovável indispensável para a manutenção da diversidade dos ecossistemas, do equilíbrio ecológico e de toda a vida existente no planeta. É um recurso que está presente em todo ecossistema e a forma como se apresenta interfere drasticamente em suas interações e nas qualidades do ambiente. A disponibilidade da água é determinada por ciclos (Figura 10), e depende das características locais referentes à relevo, clima, posição geográfica, entre outros (TELLES; COSTA, 2007).

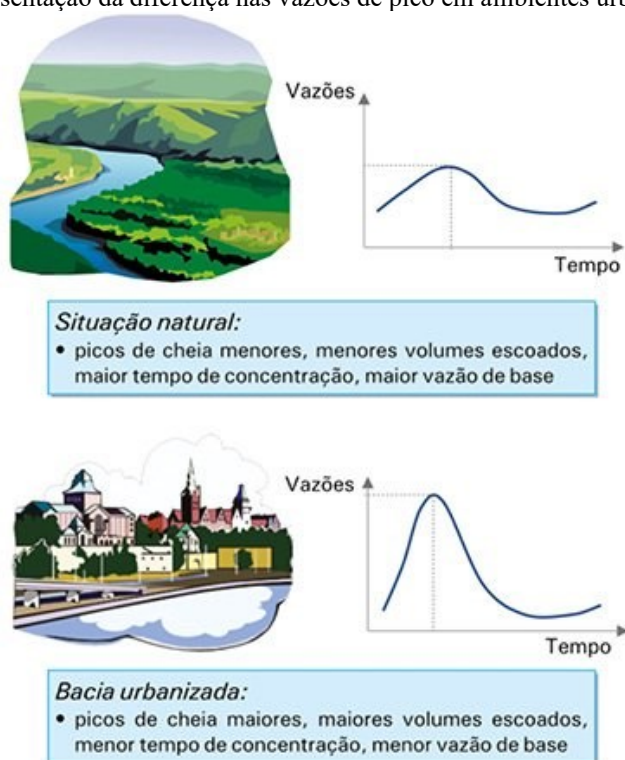
Figura 10 - Esquema simplificado do ciclo hidrológico natural



Fonte: Adaptado de Teixeira (2019).

As alterações no meio físico decorrentes do processo de urbanização interferem neste ciclo, principalmente pelas modificações no desenho da bacia hidrográfica e na cobertura do solo. Toda modificação da paisagem natural gerada por ação antrópica impacta o ciclo hidrológico natural (Figura 11). Assim, tem-se alterações na resposta fluvial e disponibilidade hídrica (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015; ROSA; ALMEIDA, 2018).

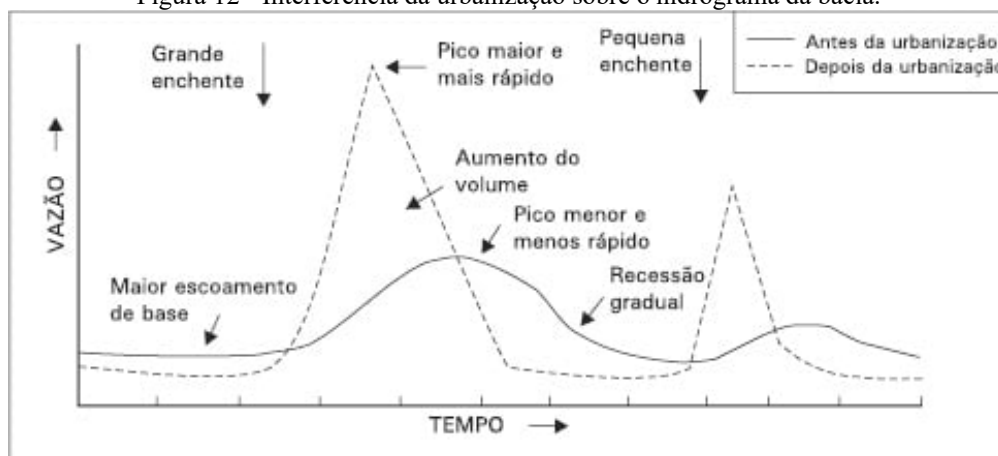
Figura 11 - Representação da diferença nas vazões de pico em ambientes urbanizados e naturais.



Fonte: Miguez, Veról e Rezende (2015).

Segundo Miguez, Veról e Rezende (2015), as principais consequências da urbanização para a hidrografia são a redução da evapotranspiração, a desproteção contra a erosão, aumento da compactação do solo e consequente redução na taxa de infiltração, causados pela remoção da cobertura vegetal; a impermeabilização do solo e a regularização do terreno que reduzem o tempo de detenção e aceleram o escoamento superficial, podendo aumentá-lo em até seis vezes (Figura 12).

Figura 12 - Interferência da urbanização sobre o hidrograma da bacia.



Fonte: Schueler, 1987 *apud* Miguez, Veról e Rezende (2015).

Estes fatores são os motivos pelos quais os caminhos da água não podem ser ignorados quando da ocupação e modificação de um ambiente. A falta de planejamento e a expansão desordenada das cidades levam aos problemas urbanos tão bem conhecidos dentre os quais constam o desabastecimento de água e os alagamentos (DORNELLES, 2012).

O problema pode ser agravado, ainda, por fatores socioeconômicos como o déficit habitacional. Grande parte das ocupações irregulares que abrigam a população de baixa renda ocorre em encostas e faixas marginais de corpos d'água, áreas ambientalmente sensíveis e sem nenhuma infraestrutura urbana. Além de gerar riscos diretos à população, estas condições ainda levam à degradação do ambiente natural, que está sendo modificado sem direcionamento técnico; e do ambiente construído, já que favorecem alagamentos e prejudicam a infraestrutura instalada (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015; SAMORA; DIANA, 2021).

Segundo Botelho (2017), quando há alagamentos e inundações, pode-se dizer que o processo de urbanização falhou. Isto porque o planejamento urbano, responsável por direcionar o uso e ocupação do solo das cidades, deve considerar não apenas os aspectos hidrológicos, mas todos os fatores urbanos que envolvem a área e as particularidades de seu uso.

Drenagem urbana

A constituição das cidades implica, então, na necessidade de se controlar o escoamento superficial gerado sobre o solo antropicamente modificado. Assim, surgem os sistemas de drenagem: infraestruturas que tem a função de coletar e direcionar as águas precipitadas na superfície para o ponto de coleta final, de maneira que não se acumulem em locais indesejados (GRIBBIN, 2014; MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Segundo Tucci (2005), as medidas de controle de enchentes devem ser organizadas e analisadas de acordo com a ação na bacia (área de interferência):

- **distribuída ou na fonte:** atua dentro do lote, ou praças e passeios;
- **na microdrenagem:** controle no loteamento;
- **na macrodrenagem:** atua sobre os corpos d'água urbanos.

E, também, segundo sua ação sobre o hidrograma (natureza da interferência) (Quadro 1).

Quadro 1 - Classificação das medidas de controle de inundações.

Ação sobre o hidrograma	Descrição
Infiltração e percolação	Soluções que encaminham o escoamento para áreas onde a infiltração e percolação é possível, freando o escoamento superficial.
Armazenamento	Inserção de reservatórios que retêm o volume do escoamento superficial, reduzindo o pico de vazão à jusante.
Aumento da eficiência do escoamento	Implantação de dutos e canais que captam o volume de uma área e direcionam para outra.
Diques e estações de bombeamento	Solução para áreas que não tem espaço para amortecimento.

Fonte: Adaptado de Tucci (2005).

Revisão dos procedimentos históricos

A água, por ser essencial para a manutenção da vida, é uma preocupação desde o estabelecimento das primeiras comunidades humanas. Sistemas de abastecimento de água de fontes superficiais e subterrâneas, drenagem e captação de água pluvial e sistemas de drenagem já eram encontrados em todas as cidades da antiguidade das quais tem-se a arquitetura documentada (LIEBMANN, 1979).

Há evidências de que há cerca de 6000 anos já se usava sistemas de captação de água pluvial na China e ruínas de adutoras em Israel mostram que a água da chuva era usada para irrigação desde de 2000 a.C. (JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011).

Segundo Liebmann (1979), as cidades da antiguidade tinham uma preocupação especial com o escoamento superficial e seus sistemas de drenagem, sendo que estes sempre consideravam o clima e o relevo local. Havia um alto nível de planejamento dessas cidades, de forma a favorecer os sistemas de abastecimento de água e eliminação de esgotos. Tinha-se a consciência do impacto das medidas de saneamento na saúde pública (Figuras 13 e 14).

Nas cidades gregas nota-se que em grande parte das edificações públicas, onde destacam-se os templos religiosos, as superfícies expostas à chuva se inclinavam em direção a calhas que direcionavam o escoamento superficial às cisternas enterradas, que existem ainda hoje (LIEBMANN, 1979). Esta tendência era observada em comunidades da América do Sul, também, onde se destacam os sistemas utilizados pelos Incas para captar água da chuva posteriormente utilizada em banhos, que estariam inseridos em sua cultura como um ritual de purificação (DORNELLES, 2012).

Estes exemplos mostram como o controle sobre a água é uma tendência inata, indispensável ao processo civilizatório. O planejamento das cidades, desde que estas existem,

passa pelo controle do escoamento superficial, drenagem de efluentes e abastecimento de água para consumo.

Este desenvolvimento da engenharia de saneamento infelizmente se perdeu ao longo do período da Idade Média, e muito trabalho vem sendo necessário para redescobrir muitas destas técnicas para que sejam adequadas às situações atuais e aplicadas para a solução dos problemas contemporâneos (LIEBMANN, 1979).

Figura 13 - Dispositivos dos sistemas de drenagem, captação e reservação de águas da chuva utilizados em cidades da antiguidade.



"Vão da escada do palácio micênico de Cnossos, vendo-se os canos que traziam as águas dos telhados, os quais desembocam em cisternas."



"Tanque do palácio micênico de Cnossos, que servia para realizar filtragem das águas que vinham dos telhados, antes de serem despejadas nas cisternas."

Fonte: Liebmann (1979).



"Os terraços do templo serviam para captar água da chuva. No caso, a Acrópole de Lindos, em Rodas."

Figura 14 - Falha no sistema de drenagem em Veneza, 1969. A cena representa a Praça de São Marcos, onde há remanscência da arquitetura do período Medieval.

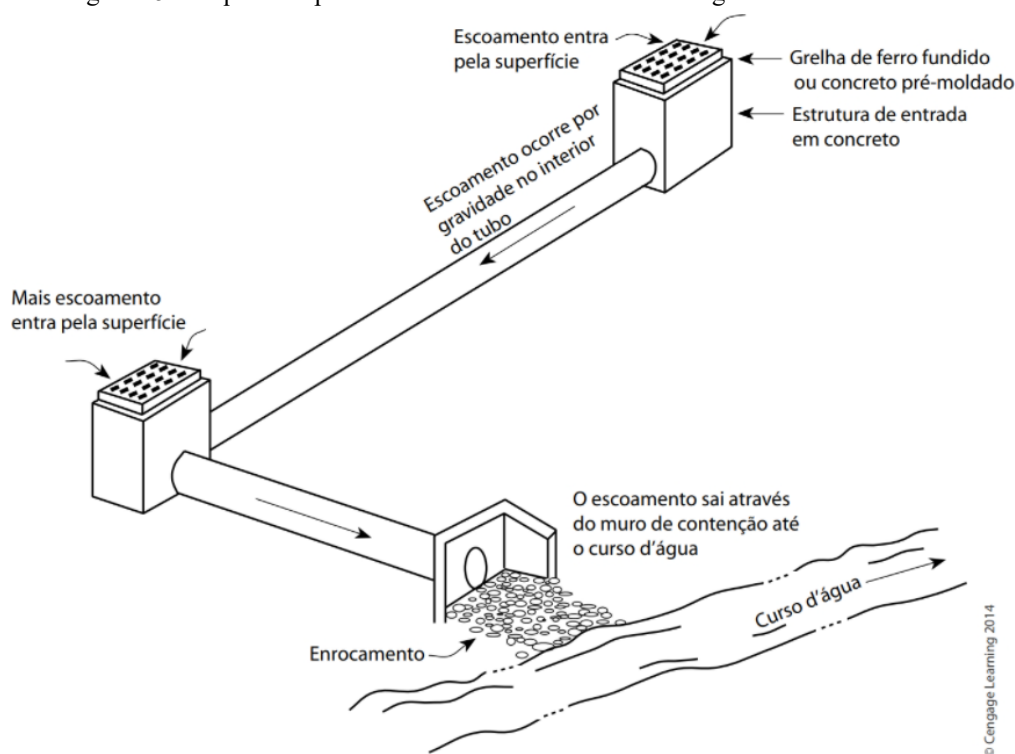


Fonte: Liebmann (1979).

Sistema tradicional

Define-se um sistema de drenagem como o conjunto de dispositivos interligados que objetiva captar as águas em uma área específica e direcioná-las ao seu destino, que geralmente é um corpo d'água superficial. No sistema tradicional (Figura 15), a malha viária faz parte deste conjunto que visa evitar erosões no terreno e no pavimento; evitar alagamentos na via de tráfego; reduzir a exposição da população à inundações; proteger a qualidade ambiental e o bem estar social; e garantir a chegada ordenada das águas aos corpos hídricos (BOTELHO, 2017; MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Figura 15 - Esquema representativo de um Sistema de Drenagem Urbana tradicional.



Fonte: Gribbin (2014)

Os sistemas de drenagem se dividem em *Microdrenagem*, que compreendem os condutos pluviais ou canais nos loteamentos e são dimensionados para precipitações de risco moderado; e em *Macro drenagem*, que envolve sistemas coletores de diversas redes de microdrenagem em áreas superiores à 4km² (SUDERHSA, 2002).

Um sistema de microdrenagem é responsável por captar e conduzir a água durante a ocorrência da chuva e é composto por: meio-fio, sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, condutores, caixas de ligação, poços de visita e galerias. No cálculo tradicional, o projeto de macrodrenagem deve conduzir todo o escoamento produzido na bacia à qual a rede está

associada, ou seja: receber e dar continuidade à condução das águas captadas e direcionadas pelas redes de microdrenagem. Os principais elementos dessa rede são os rios naturais ou retificados, e os canais artificiais e galerias (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Pode-se classificar os sistemas de acordo com o material que transportam. Os *Sistemas Unitários* transportam as águas pluviais e os esgotos sanitários no mesmo conduto e direcionam todo o efluente urbano para as estações de tratamento (ETEs). Já os *Sistemas Separador Absoluto* transportam os esgotos e as água pluviais em redes de condutores separados. As normas brasileiras recomendam sempre a implementação do *Sistema Separador Absoluto*, principalmente para garantir controle sobre a vazão dos efluentes que necessitam de tratamento (SUDERHSA, 2002).

Estes sistemas tradicionais (que captam e canalizam a água da chuva direcionando-as aos fundos de vale da microrregião) não consideram medidas mitigatórias ou um olhar mais dedicado ao ambiente em questão. Mesmo quando dimensionados de maneira adequada e considerando uma resposta hidrológica condizente com a realidade, os sistemas tradicionais levam ao aumento significativo da taxa de escoamento superficial e da velocidade do escoamento no corpo hídrico receptor, resultando em erosão do solo natural e do pavimento podendo resultar até nas indesejadas inundações e alagamentos (ROSA; ALMEIDA, 2018).

Técnicas compensatórias

As chamadas técnicas compensatórias são medidas adotadas para auxiliar o controle de enchentes e alagamentos em conjunto com o sistema tradicional, visando o desenvolvimento sustentável das cidades. Estas técnicas também podem ser organizadas entre aquelas que são aplicadas dentro dos limites dos lotes e as que agem sobre o loteamento ou a bacia hidrográfica (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015). Para Benini (2015) algumas destas técnicas são básicas (Quadro 2) e devem ser consideradas já no planejamento dos sistemas de drenagem, não apenas como medidas adicionais.

Quadro 2 - Técnicas de controle de alagamentos em drenagem urbana.

OBRA	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	FUNÇÃO	EFEITO
Pavimento Poroso	É um pavimento com camada de base porosa como reservatório	Armazenar temporariamente as águas da chuva no local do próprio pavimento	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado pelo pavimento e por eventuais áreas externas
Trincheira de infiltração	Reservatório linear escavado no solo preenchido com material poroso	Infiltração no solo ou retenção, de forma concentrada e linear, da água da chuva caída em superfície limítrofe	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área adjacente
Vala de infiltração	Depressões lineares em terreno permeável	Infiltração no solo, ou retenção, no leito da vala, da chuva caída em áreas marginais	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área vizinha
Poço de Infiltração	Reservatório vertical e pontual escavado no solo	Camada não saturada e/ou saturada do solo, da chuva caída em área limítrofe	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado na área contribuinte ao poço
Micro reservatório/ Reservatório de Lote	Reservatório de pequenas dimensões tipo 'caixa d'água' residencial	Armazenamento temporário do esgotamento pluvial de áreas impermeabilizadas próximas	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas
Telhado reservatório	Reservatório de pequenas dimensões tipo 'caixa d'água' residencial	Armazenamento temporário do esgotamento pluvial de áreas impermeabilizadas próximas	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas
Bacia de detenção	Reservatório vazio (seco)	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia de retenção	Reservatório com água permanente	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia subterrânea	Reservatório coberto, abaixo do nível do solo	Armazenamento temporário do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Condutos de armazenamento	Condutos e dispositivos com função de armazenamento	Armazenamento temporário do escoamento no próprio sistema pluvial	Amortecimento do escoamento afluente à macrodrenagem
Faixas gramadas	Faixas de terreno marginais a corpos d'água	Áreas de escape para enchentes	Amortecimento de cheias e infiltração de contribuições laterais

Fonte: Adaptado de Benini (2015).

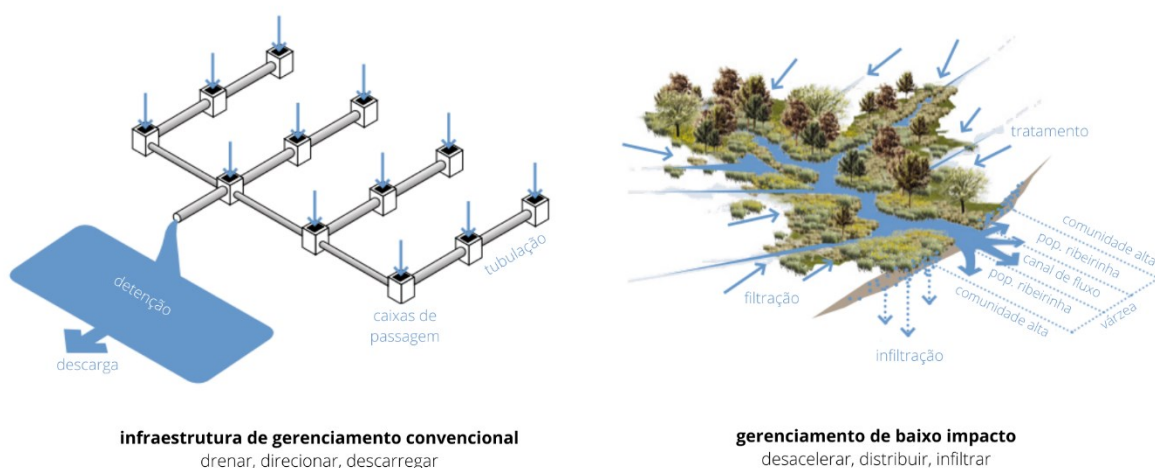
Miguez, Veról e Rezende (2015) divide as técnicas compensatórias entre as medidas de armazenamento e as medidas de infiltração (Quadro 3) e destaca que estas técnicas devem ser introduzidas como alternativa ou complemento às técnicas tradicionais de sistemas de drenagem, contribuindo para o conceito de desenvolvimento de baixo impacto (Figura 16).

Quadro 3 - Exemplos de técnicas compensatórias e seus mecanismos.

	Técnica	Descrição
Armazenamento	Reservatórios de detenção	Realizam o armazenamento de curto período, distribuindo o volume do escoamento. Podem ser usadas também para o controle de contaminação de recursos hídricos.
	Reservatórios de retenção	Possui um lago permanente, retendo e tratando biologicamente o escoamento superficial. São integrados ao paisagismo.
	Reservatórios de lote	Fazem a reserva local e atuam de forma distribuída na bacia. Também reduzem a vazão de pico e apresentam a possibilidade do aproveitamento pelos proprietários dos lotes.
Infiltração	Pavimento permeável	A porosidade do material de revestimento da superfície permite a infiltração para um reservatório intermediário para que seja infiltrado no solo.
	Vala de infiltração	Utilizadas para frear o escoamento superficial ao longo de estradas, contribuindo também para a redução da vazão de pico e o aumento da taxa de infiltração.
	Trincheira de infiltração	Armazena a água pelo tempo necessário para que esta seja infiltrada no solo. Sua estrutura constitui um filtro, favorecendo a recarga do lençol freático enquanto preserva a vazão de base.
	Telhado verde	Conhecido como sistema de maturação, consiste na implantação de cobertura vegetal sobre edificações. Esta técnica absorve os volumes do escoamento, amortecendo as vazões de pico.

Fonte: Adaptado de Miguez, Veról e Rezende (2015).

Figura 16 - Comparação entre sistema tradicional e sistema de baixo impacto.



Fonte: Adaptado de UACDS (2010).

Uso de pequenos reservatórios como técnica de controle de alagamentos

Os pequenos reservatórios, ou reservatórios de lote, são sistemas que fazem a captação de água da chuva a partir das coberturas das residências e a armazenam geralmente para o aproveitamento em usos não potáveis (GRANDO; ZOLLET; JUBUR, 2011; JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011). Os benefícios destes sistemas são diversos, dentre os quais destacam-se o fator econômico, para os usuários; redução da demanda sobre os mananciais e os sistemas de captação, e redução do consumo de água potável; podem ser suprimento de água em regiões áridas; auxiliam o controle de dissipação da poluição em corpos d'água urbanos; e amortecem o impacto do escoamento superficial sobre sistema de drenagem (DORNELLES, 2012; JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011; ROCHA et al., 2019; TUCCI, 2005).

A respeito do impacto positivo dos pequenos reservatórios sobre o sistema de drenagem há algumas divergências. Dornelles (2012) diz que os reservatórios de lote podem ser pouco eficientes como ferramentas de controle de alagamento já que, para atender aos usuários como um suprimento de água, é necessário que o reservatório sempre conserve um certo volume enquanto que, para amortizar o impacto sobre alagamentos, o ideal seria que eles ficasse a maior parte do tempo vazio. Tucci (2005) também traz a preocupação sobre a necessidade de se manter o reservatório disponível para receber o volume escoado em eventos de precipitação, para que haja eficácia na redução da vazão de pico.

Além disso, Dornelles (2012) demonstra que, em simulação realizada na cidade de Porto Alegre, o uso dos pequenos reservatórios não foram eficazes no controle da vazão de pico, mas apresentaram uma redução no volume do hidrograma, principalmente no caso de habitações populares.

Estudos realizados por Filho e Moreira (2005) *apud* Dornelles (2012) em cidades do Ceará, no entanto, demonstraram maior eficiência do uso de reservatórios de lote no controle das vazões e um impacto positivo nos sistemas de microdrenagem. Observa-se uma tendência de regiões que apresentam precipitações mais bem distribuídas ao longo do ano se beneficiarem mais do uso destes sistemas como controle de alagamentos. Assim, para determinar a eficácia e eficiência desta ferramenta de controle, é necessário que se analise resultados regionalizados. Não se pode usar estudos pontuais e estendê-los a todo o país (DORNELLES, 2012).

Apesar das divergências técnicas, muitas cidades no país já desenvolveram mecanismos para inserir esta técnica compensatória em seus planejamentos urbanísticos. No Paraná, temos este exemplo na cidade de Curitiba, que inseriu esta técnica através do PURAE (Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações), em 2003 com a Lei nº 10.785. E no

município de Londrina que inseriu este dispositivo em seu Código de Obras e edificações desde 2011, pela Lei 11.381 (GRANDO; ZOLLET; JUBUR, 2011).

Os custos para a implantação de sistemas de captação e armazenamento de água da chuva em edificações já existentes pode ser relativamente alto para os usuários, considerando a necessidade e a dimensão das adequações e a frequente ausência de *as-builts*. Em novas construções, no entanto, os custos da implantação destes sistemas são bastante satisfatórios diante dos benefícios fornecidos (DORNELLES, 2012; JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011).

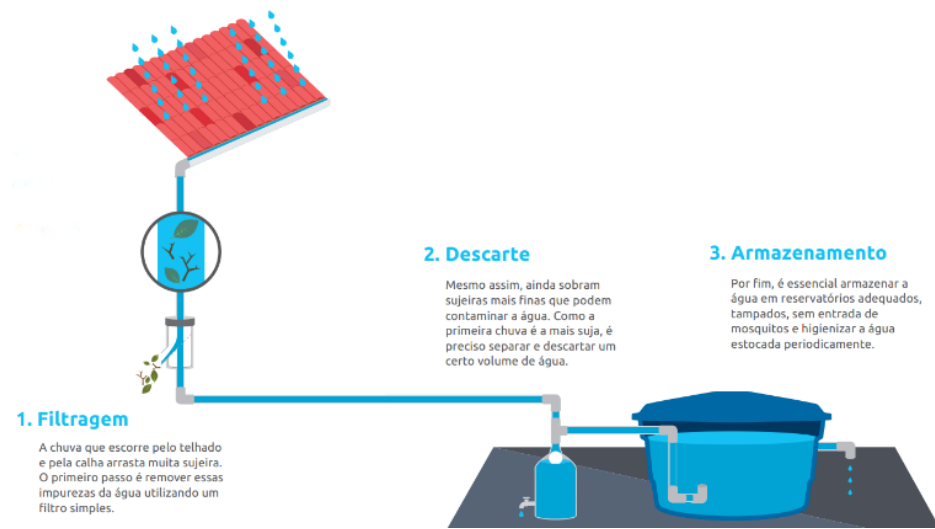
Aproveitamento da água pluvial

O desenvolvimento das sociedades e os avanços civilizatórios levam, tradicionalmente, ao aumento no consumo de recursos hídricos, principalmente da água potável, proveniente de sistemas públicos de distribuição, que deveriam ser destinadas apenas para usos nobres, como o consumo humano (GRANDO; ZOLLET; JUBUR, 2011). Por este aumento de demanda não se dar de maneira racional, o estresse sobre os mananciais aumenta e acentua a escassez hídrica, gerando crises em todas as regiões do país (ROCHA et al., 2019). Como disse Rebouças (2004) *apud* Dornelles (2012) “a água é um recurso nobre, independente de sua escassez ou abundância, e que deve ser utilizado com parcimônia”. Neste sentido, uma alternativa para reduzir o consumo indevido de água potável é o aproveitamento de águas pluviais para fins não-potáveis como limpeza em geral, irrigação e sanitários.

Para Dornelles (2012); Jabur, Benetti e Siliprandi (2011) e Rocha et al. (2019), o aproveitamento das águas da chuva é uma medida que reduz o volume de captação de fontes tradicionais (potáveis) e, ainda, contribui para a gestão do escoamento superficial e controle de alagamentos.

Outros benefícios desses sistemas são o baixo custo a que se obtém este recurso; a preservação da qualidade das águas; e o fator de acessibilidade. (JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011). Mesmo que os cuidados básicos de desinfecção da água, de manter o sistema isolado para evitar proliferação de vetores de doenças, e de limpeza regular principalmente do reservatório tenham que ser tomados, é possível implantar um sistema de baixo custo adequado a qualquer tipo de edificação, em qualquer região (Figura 17).

Figura 17 - Esquema dos elementos básicos de um sistema de aproveitamento de água da chuva em residências.



Fonte: Modificado de Zanella, Marioto e Machesi (2015).

MATERIAIS E MÉTODOS

Características Ambientais

Para este estudo serão considerados os aspectos do clima e topografia da região de estudo, além dos parâmetros urbanísticos estabelecidos para o empreendimento em implantação.

Região de estudo

O condomínio residencial será implantado na cidade de Cornélio Procópio, no chamado norte velho do Paraná. O município ocupa uma área de 635,100 km² na região do bioma mata atlântica e, segundo o último censo (2010) conta com 89,9% de esgotamento sanitário adequado e 51,6% de vias públicas urbanizadas (IBGE, 2021a, 2021b).

Segundo o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IDR (junção dos antigos IAPAR e EMATER), a classificação climática de Koppen em Cornélio Procópio é a Cfa – úmido em todas as estações, verões quentes, e os principais dados climáticos da região estão descritos no Quadro 4.

Quadro 4 - Parâmetros climáticos da região de estudo, segundo o Atlas do IDR.

Parâmetro	Valor	Unidade
Precipitação anual	1400 – 1600	mm
Temperatura média anual	21,1 – 22	°C
Umidade relativa anual	70,1 – 75	%
Evapotranspiração potencial (ETP)	1000,1 – 1100	mm

Fonte: Adaptado de Nitsche et al. (2019).

A população estimada em 2021 é de 47.840 habitantes (46.928 no censo de 2010) (IBGE, 2021a, 2021b) e, segundo a COHAPAR (2021a) há uma demanda de 1977 habitações, para famílias cadastradas para os programas de HIS no município.

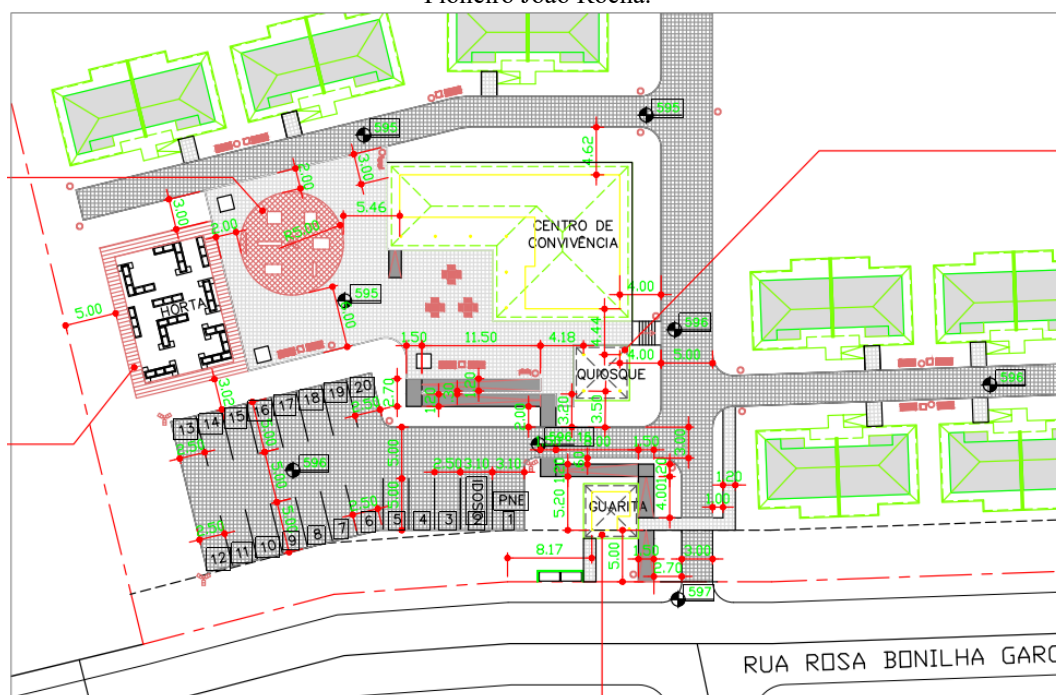
Empreendimento

As edificações e conjunto habitacional estudados fazem parte do programa *Viver Mais Paraná*, que “é uma modalidade do programa estadual de habitação voltada ao atendimento de idosos” (COHAPAR, 2021b).

O projeto, que é gerenciado pela Companhia de Habitação do Paraná - COHAPAR, consiste em condomínios residenciais fechados, com infraestrutura voltada para o público da terceira idade que pode incluir centro comunitário, academia ao ar livre, praças e áreas de preservação, ambulatorio médico, espaços de recreação, além de serviços periódicos de atendimento médico e de assistência social prestados pelo poder público.

O projeto estudado e que está em implantação no município de Cornélio Procopio é o Residencial Pioneiro João Rocha e conta com 40 imóveis de aproximadamente 40,0m² cada, além de uma praça, biblioteca, sala de informática, academia ao ar livre, horta comunitária, salão de festas, quiosques de jogos e piscina para hidroginástica (Figuras 18 a 20). Os imóveis serão locados ao valor de 15% do salário-mínimo para pessoas sozinhas ou casais com idade acima de 60 anos e renda mensal até seis salários-mínimos, que tenham realizado o cadastro de pretendentes na companhia de habitação (COHAPAR, 2021b).

Figura 18 - Detalhe da implantação das áreas de convivência e algumas unidades habitacionais do Residencial Pioneiro João Rocha.



Fonte: COHAPAR (2021).

Figura 19 - Vista superior do condomínio Pioneiro João Rocha - Modelo.



Fonte: COHAPAR (2021).

Figura 20 - Vista dos passeios entre as unidades habitacionais no condomínio Pioneiro João Rocha - Modelo.

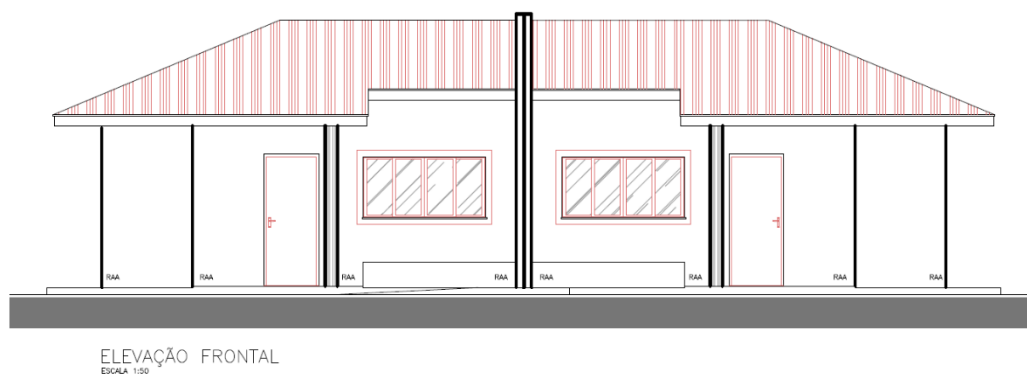


Fonte: COHAPAR (2021).

Unidade habitacional padrão

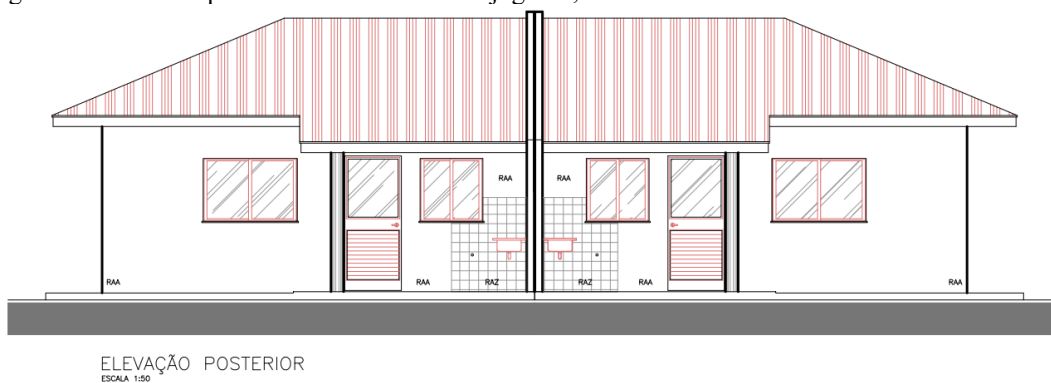
As unidades habitacionais são casas térreas de 40,61m² geminadas, com um quarto, sala, cozinha, banheiro e varanda/área de serviço. A arquitetura é adequada para atender às necessidades específicas do público da terceira idade (Figuras 21 a 23).

Figura 21 - Fachada frontal das unidades conjugadas.



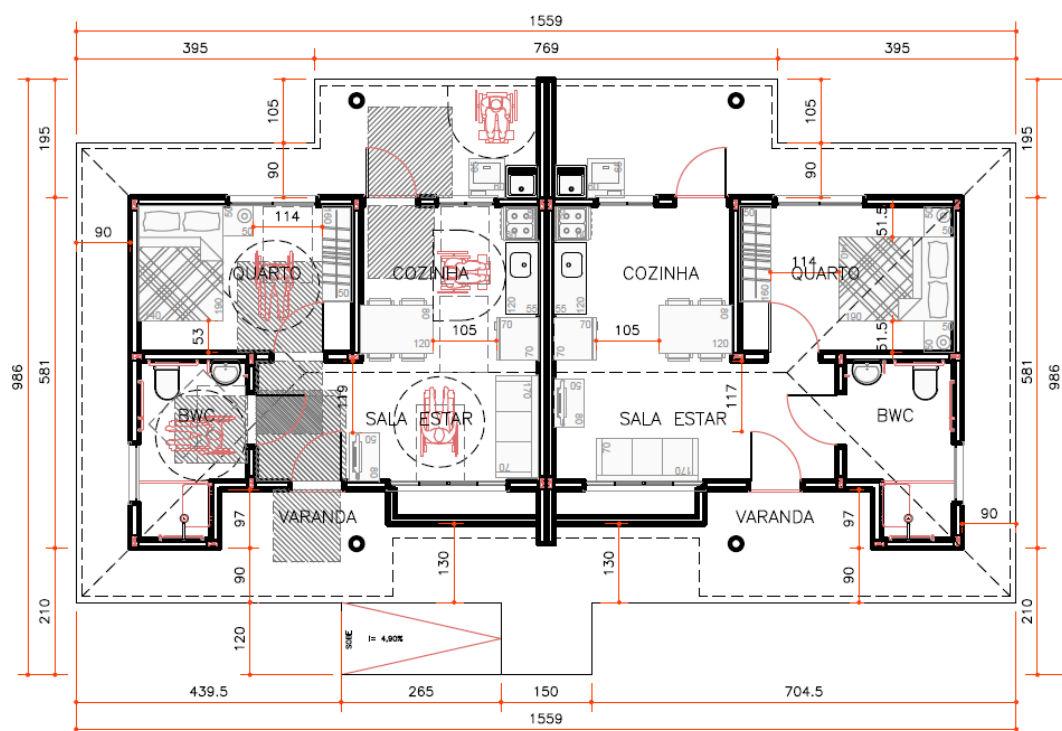
Fonte: COHAPAR (2021).

Figura 22 - Fachada posterior das unidades conjugadas, com detalhe das varandas com área de serviço.



Fonte: COHAPAR (2021).

Figura 23 - Planta baixa mobiliada e com detalhe das soluções de acessibilidade das unidades conjugadas.



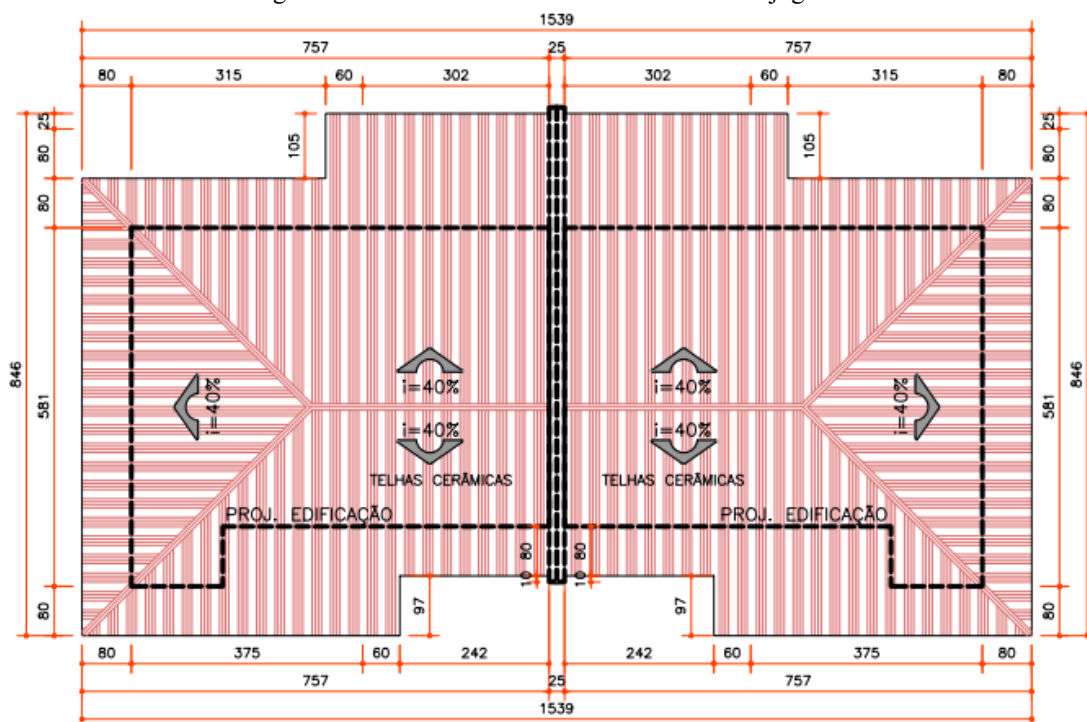
PLANTA MOBILIADA E ADAPTADA

ESCALA 1:75

Fonte: COHAPAR (2021).

As edificações serão executadas em alvenaria convencional de blocos cerâmicos e estrutura de concreto armado, com esquadrias e acabamentos conforme detalhamentos do Anexo 2. A cobertura de cada unidade possui três águas e será executada em telhas cerâmicas do tipo francesa, com inclinação de 40% e beiral, sem calhas (Figura 24).

Figura 24 - Planta de cobertura das unidades conjugadas.



PLANTA COBERTURA
ESCALA 1:100

Fonte: COHAPAR (2021).
Índice de precipitação

As características de precipitação para a região foram determinadas a partir dos dados diários dos últimos 10 anos (de 2010 a 2020¹) fornecidos pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR) coletados na estação mais próxima da área de estudo, no município de Bandeirantes, a cerca de 30km de Cornélio Procópio.

Os meses de estiagem são considerados como aqueles nos quais a precipitação fica abaixo de 80% da chuva média (LIMA; SENA; NETO, 2019).

Sistema de captação e reservação

Os dispositivos de captação e reservação serão dimensionados, prioritariamente, de acordo com as normas técnicas brasileiras disponíveis. Quando necessário, serão feitas adequações com base na literatura técnica analisada.

Dimensionamento dos equipamentos de captação

Como o projeto inicial das edificações não prevê a instalação de dispositivos de captação de água pluvial, serão dimensionados aqui as calhas, os condutores verticais e horizontais (se necessários), além dos reservatórios e demais ferramentas para o aproveitamento da água da chuva.

Parâmetros iniciais de projeto

O sistema de captação de água pluviais será dimensionado de acordo com o disposto na ABNT NBR 10.844:1989 – Instalações prediais de água pluviais. A área de cobertura e as inclinações das águas do telhado, as dimensões e inclinação das calhas e os condutores serão, então, definidas de acordo com o disposto nesta norma e considerando a equação do Método Racional de Transformação de Chuvas para superfícies impermeabilizadas (Equação 1).

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

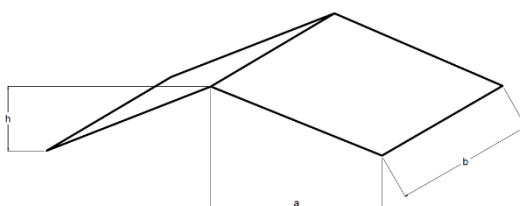
Q é a vazão de projeto, em L/min;

I é a intensidade pluviométrica em mm/h e;

A é a área de contribuição em m².

A área de contribuição depende da geometria da cobertura, conforme aproximado pela Figura 25 e pela Equação 2 (ABNT, 1989).

Figura 25 - Representação da metodologia de cálculo da área de contribuição de superfície inclinada.



Fonte: Adaptado de (ABNT, 1989).

$$A = Ap \cdot \left(1 + \frac{i}{2}\right) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Ap é a área da projeção da cobertura e;

i é a inclinação do telhado.

A intensidade máxima pontual da chuva (I) é determinada através de relações intensidade-duração-frequência (IDF) observadas em uma série de dados coletados no local de estudo, que pode ser extrapolado para a área do município, e calculada através da Equação 3 (FESTI, 2009).

$$i_{m\acute{a}x} = k \cdot \frac{Tr^m}{(t+t_0)^n} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

$i_{m\acute{a}x}$ a intensidade pluviométrica máxima, em mm/h;

Tr o tempo de retorno, em anos e;

t_0 o tempo de duração da chuva, em minutos.

O Tr considerado é de 5 anos, indicado pela ABNT NBR 10.844:1989 para *coberturas e/ou terraços*, e a duração será fixada em 5 minutos, seguindo também a ABNT NBR 10.844:1989. Já as constantes que compõe a Equação 3 estão determinadas na coletânea de (FESTI, 2009). Como não há dados específicos para a cidade de Cornélio Procópio, foram utilizados os parâmetros do município mais próximos onde há informações disponíveis: Bandeirantes-PR (Quadro 5).

Quadro 5 - Parâmetros da Equação da Chuva.

Localidade	k	m	t_0	n	Unidade saída	Autor
Bandeirantes	1.077,21	0,157	10	0,781	mm/h	Fendrich

Fonte: Adaptado de Festi (2009).

Calhas e condutores

O dimensionamento das calhas, como recomenda a ABNT NBR 10.844:1989 é feito pela equação de Manning-Strickler (Equação 4). O material especificado e considerado no cálculo é chapa de aço galvanizado, em seção retangular, com atenção para a inclinação mínima que deve ser de 0,5%.

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Q é a vazão de projeto, em L/min;

S é a área da seção molhada, em m²;

R_H é o raio hidráulico, em m;

n é o coeficiente de rugosidade do material (Quadro 6);

i é a inclinação da calha, em m/m;

K é adotado igual a 60.000, conforme ABNT NBR 10.844:1989.

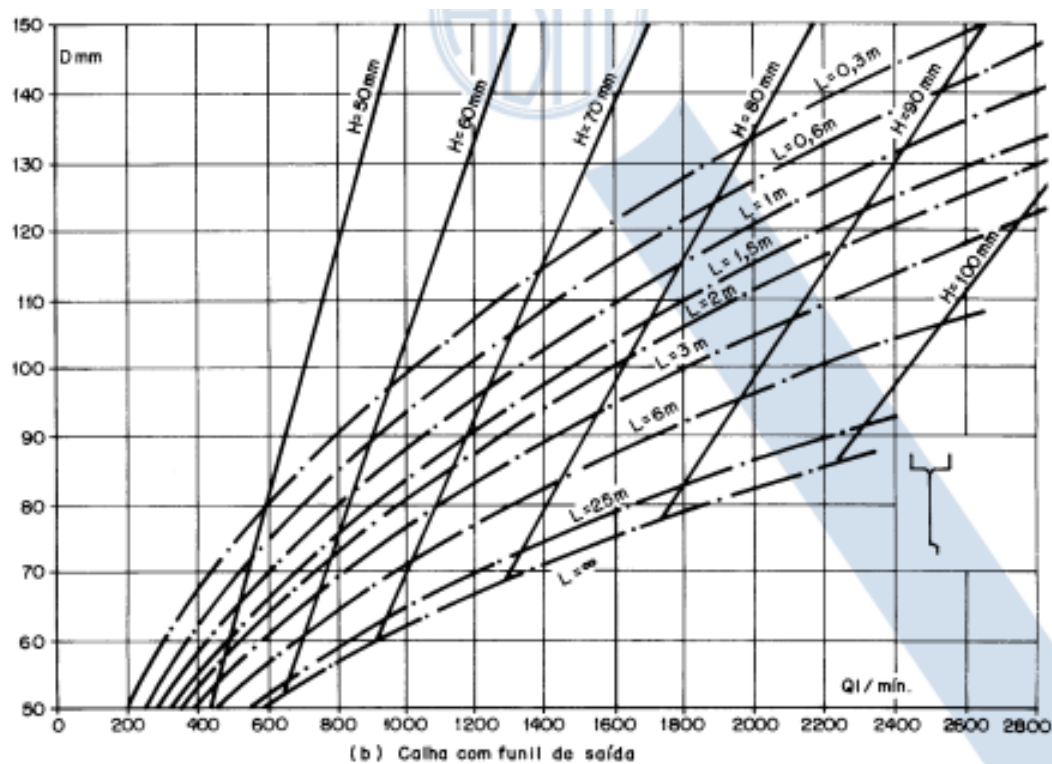
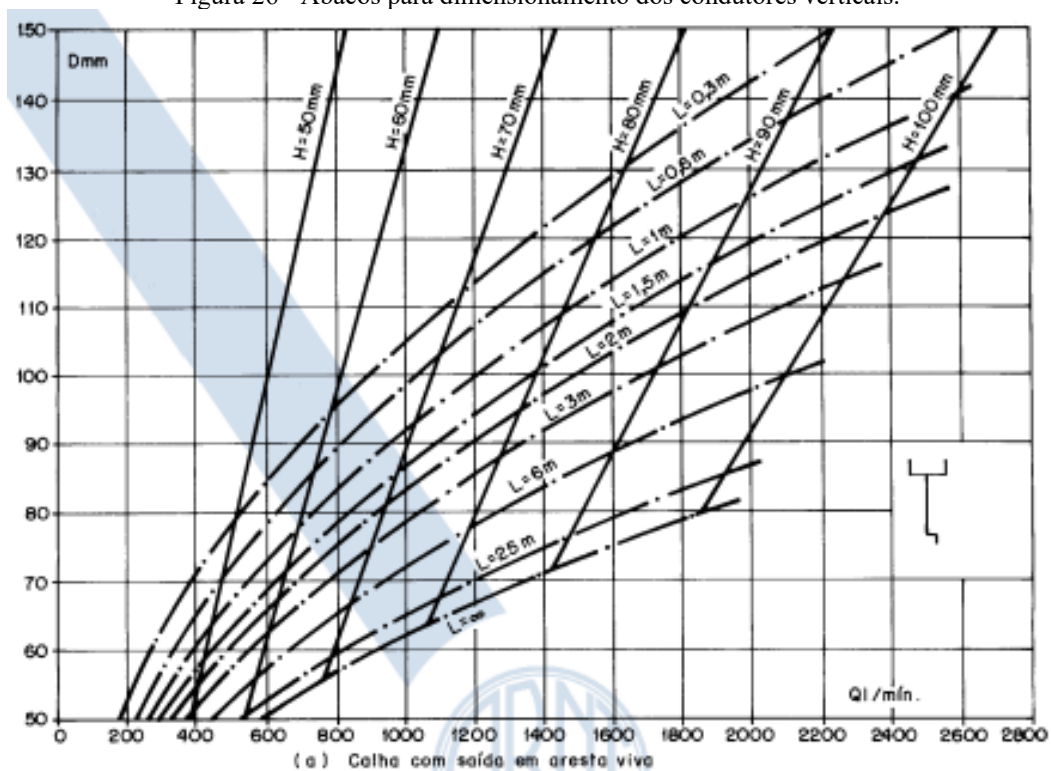
Quadro 6 - Coeficientes de rugosidade (n).

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

O dimensionamento dos condutores verticais também segue o disposto na ABNT NBR 10.844:1989 e é feito a partir dos dados de vazão de projeto (Q); altura da lâmina d'água na calha (H); comprimento do condutor vertical (L) e do ábaco para determinação do diâmetro dos condutores, da ABNT NBR 10.844:1989 (Figura 26).

Figura 26 - Ábacos para dimensionamento dos condutores verticais.



Fonte: ABNT (1989).

Dimensionamento do reservatório

O reservatório de água da chuva será dimensionado pelo método de Azevedo Netto, também conhecido como Método Prático Brasileiro (Equação 5), que considera os meses de estiagem para o cálculo.

Todas as instalações deste dispositivo estarão de acordo com o previsto nas normas ABNT NBR 15.527:2019 – Aproveitamento de água da chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos; ABNT NBR 5.626:2020 – Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção e ABNT NBR 10.844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais.

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

V é o volume do reservatório, em litros;

P é a precipitação média anual, em mm;

A é a área de captação em projeção no terreno, em m² e;

T é o número de meses de estiagem.

Os dispositivos para amortecer a turbulência na entrada, descarte da “primeira chuva”, filtro de sólidos e extravasor consideram as metodologias apresentadas por Jabur, Benetti e Siliprandi (2011), Rocha et al. (2019) e Zanella, Marioto e Machesi (2015), além das recomendações do projeto da ONG Sempre Sustentável.

Para evitar a turbulência na entrada, o tubo será longo e próximo ao fundo do reservatório (Figura 27a). O filtro de sólidos grosseiros consiste em uma junção simples com uma tela mosquiteiro fixada em seu interior, entre a abertura livre e a sequência para o reservatório (Figura 27b).

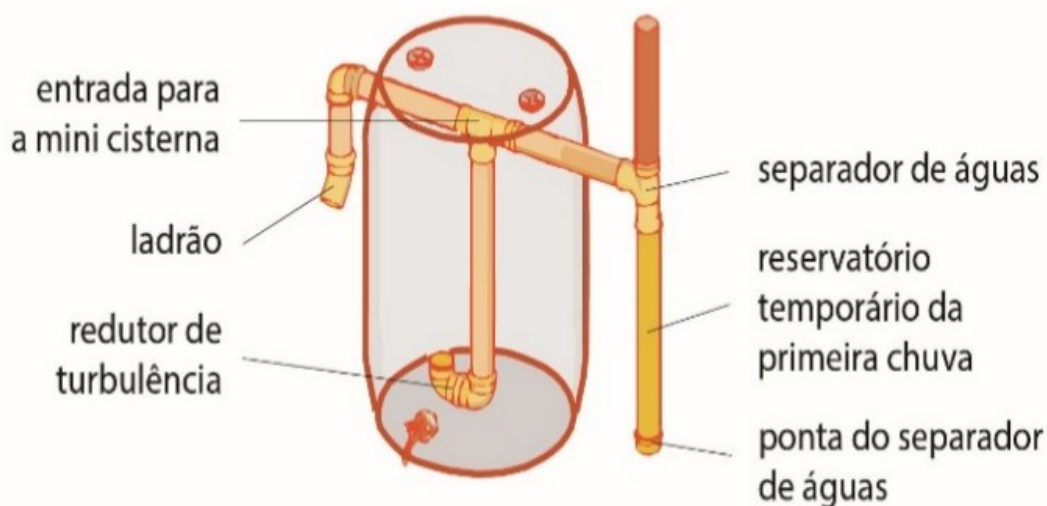
Figura 27 - Dispositivos complementares do sistema de captação e reservação a) redutor de turbulência; b) filtro de sólidos grosseiros; c) descarte da primeira chuva.



Fonte: Adaptado de Grando, Zollet e Jabur (2011).

O descarte da “primeira chuva”, para descarte de sólidos finos, considera os primeiros dois milímetros de chuva e será implementado com um pequeno reservatório formado por um tubo e um cap com um pequeno furo na base (Figura 27c). O sistema base pode ser observado na Figura 28.

Figura 28 - Modelo base para montagem do sistema de captação e reservação.



Fonte: Rocha et al. (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dimensionamento do sistema de captação

Parâmetros iniciais de projeto

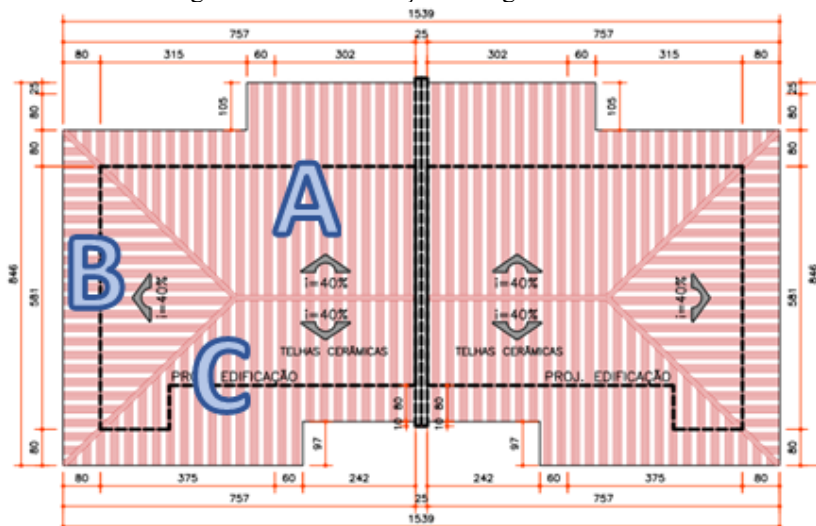
A partir das plantas de cobertura das unidades habitacionais (Figura 29) e do disposto na seção 5.2.1, foram obtidas as áreas de contribuição constantes no Quadro 7. A intensidade da chuva e a consequente vazão de projeto, a partir dos dados da estação meteorológica de Bandeirantes, estão descritos no Quadro 8.

Quadro 7 - Área de contribuição da cobertura de cada unidade habitacional.

Água	Ap (m ²)	A (m ²)
A	24,98	29,976
B	13,73	16,476
C	18,84	22,608
Total	57,55	69,06

Fonte: Autora (2021).

Figura 29 - Denominação das águas de telhado.



Fonte: Adaptado de COHAPAR (2021).

Quadro 8 - Intensidades de chuva (imáx) para Bandeirantes.

Cidade	Imáx (mm/h)	Vazão de projeto (L/min)
Bandeirantes	167,31	192,57

Fonte: Autora (2021).

Calhas e condutores

Para o dimensionamento das calhas, a área de contribuição e, por tanto, a vazão de projeto, foi dividida nas três águas da cobertura. Os parâmetros obtidos e o diâmetro mínimo necessário para cada situação estão apresentados no Quadro 9.

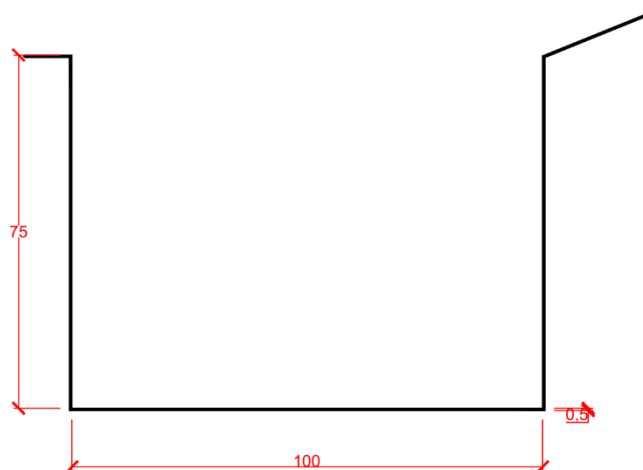
Quadro 9 – Dimensionamento do diâmetro mínimo das calhas.

<i>Água</i>	<i>A (m²)</i>	<i>Vazão de projeto (L/min)</i>	<i>Diâmetro da calha (m)</i>
<i>A</i>	29,976	83,586	0,083
<i>B</i>	16,476	45,942	0,066
<i>C</i>	22,608	63,041	0,075
<i>Total</i>	69,060	192,569	0,113

Fonte: Autora (2021).

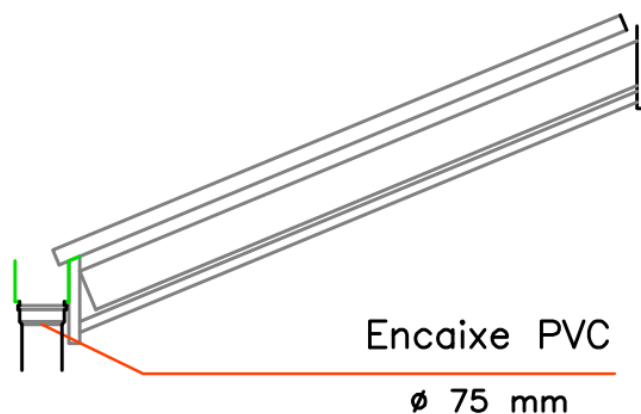
A partir desta análise, adotou-se o diâmetro de 100mm e altura de 75mm para a calha retangular, com inclinação de 0,5% e uma saída (Figuras 30 e 31).

Figura 30 - Detalhe da seção da calha retangular em chapa de aço galvanizado.



Fonte: Autora (2021).

Figura 31 - Detalha da saída da calha na cobertura.



Fonte: Autora (2021).

O condutor vertical terá diâmetro de 75mm (Figura 31), que atende aos requisitos de projeto e à ABNT NBR 10.844:1989 que exige que os tubos de descida sejam maiores do que Ø70mm.

Reservatório

Os dados diários de pluviosidade da estação de Bandeirantes, fornecidos pelo IDR-PR, compõe o Quadro 10, do qual é possível extrair os dados climatológicos necessários para o dimensionamento do reservatório.

O Quadro 10 apresenta a precipitação acumulada de cada mês, do ano de 2010 ao ano de 2020, em milímetros de chuva. A última coluna, intitulada ***Média do mês***, apresenta a precipitação média de cada mês, ao longo destes 10 anos (Figura 32). A última linha, intitulada ***MÉDIA***, apresenta as precipitações médias mensais de cada ano, também em milímetros (Figura 33). Em cada ano, todos os meses que apresentaram precipitação inferior a 80% desta média, foram considerados meses de estiagem (células em vermelho-claro).

Na última coluna, ***Média do mês***, e na Figura 32, observa-se que os meses nos quais a estiagem se repete, historicamente, são os meses de abril, julho, agosto e setembro (células em vermelho). Assim, tem-se que o número de meses de estiagem considerado no método de Azevedo Netto para o dimensionamento do reservatório é 4.

A penúltima linha, intitulada ***TOTAL***, apresenta as precipitações acumuladas totais de cada ano (Figura 34) e, na última coluna, temos a precipitação total anual média, em milímetros de chuva (célula destacada em amarelo). Este é o valor considerado na precipitação anual para o dimensionamento.

Quadro 10 - Dados de pluviosidade da cidade de Bandeirantes.

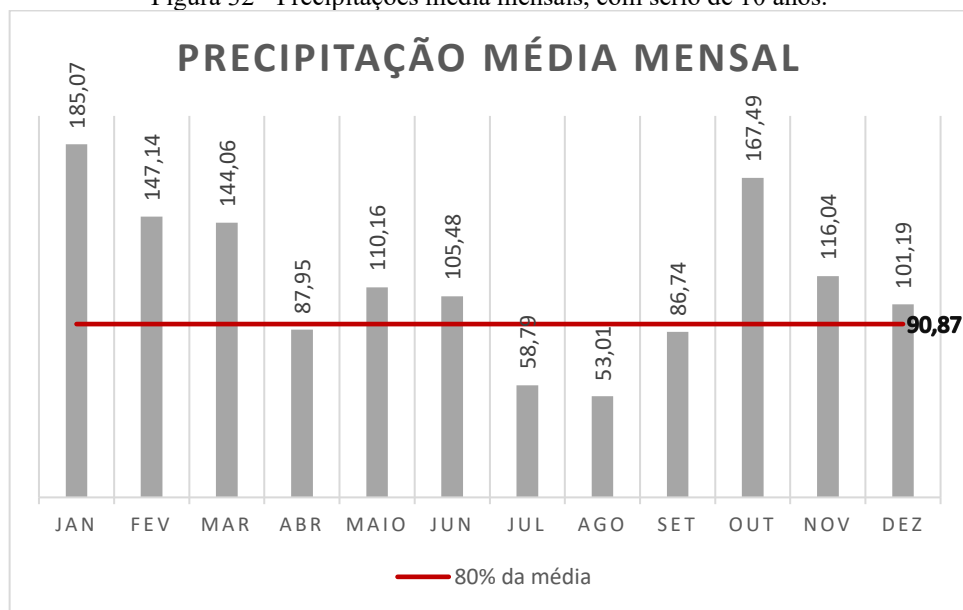
IDR PARANA - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANA IAPAR-EMATER estação 2350018

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Média do mês
Jan	291,6	260,5	109,5	131,5	131,5	148,4	249,6	204,2	145,6	178,3	88,8	185,07
Fev	136,8	135,1	78,3	209,7	218,5	171,2	160,3	131,6	73,9	156	96,6	147,14
Mar	111,4	95,4	130,6	166,3	154,9	180,7	147	191	109,6	153,7	¹	144,06
Abr	84,5	44,7	150,1	251,8	80,4	95,1	59,3	47,4	15,9	50,3	¹	87,95
Mai	32,9	8,4	104,8	139,3	140,1	127,7	195,9	255,3	33,4	63,8	¹	110,16
Jun	21,3	40,7	401,8	210,6	11,7	12,8	140,7	138,2	15,8	61,2	¹	105,48
Jul	72,1	53,9	52,4	56,5	63,1	235,4	24,5	0	0	30	¹	58,79
Ago	10	44,2	1,7	1,9	48	37	122,9	91,6	171,8	1	¹	53,01
Set	67,5	2,4	69,7	107,9	238,3	176	23,3	5,7	101,8	74,8	¹	86,74
Out	168	353,8	98,9	233,4	59	209,3	89,8	257,8	159,7	45,2	¹	167,49
Nov	62,9	79,2	64,8	114,6	97,6	352,5	26,1	180,8	76,1	105,8	¹	116,04
Dez	78,5	31,6	109,9	33,4	145,5	227	152,6	145,3	¹	88,1	¹	101,19
TOTAL	1137,5	1149,9	1372,5	1656,9	1388,6	1973,1	1392	1648,9	903,6	1008,2	185,4	1363,12
MÉDIA	94,79	95,82	114,38	138,08	115,72	164,43	116	137,41	75,3	84,02	92,7	113,59

¹ Estação desativada ou em manutenção no período.

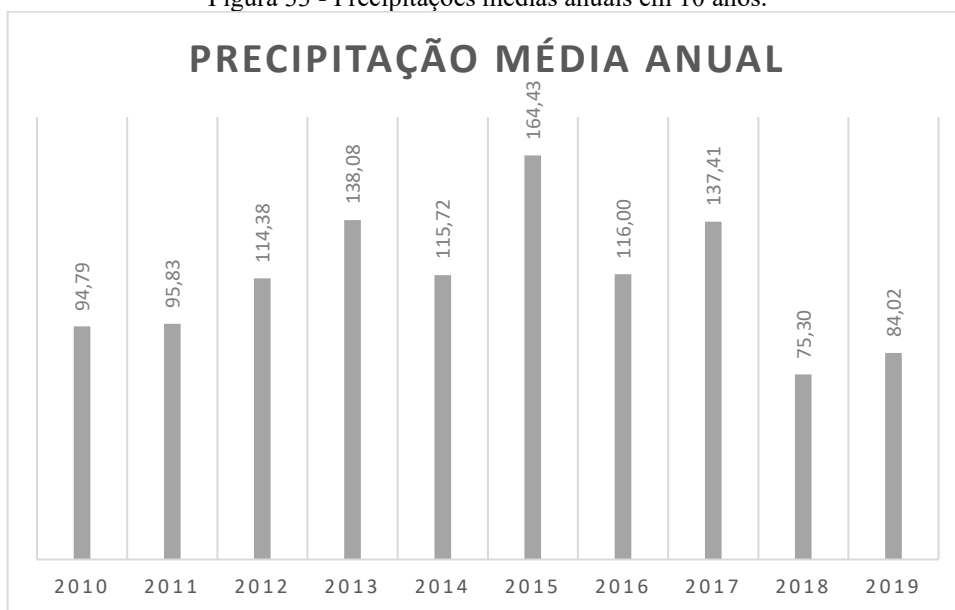
Fonte: Autora (2021).

Figura 32 - Precipitações média mensais, com sério de 10 anos.



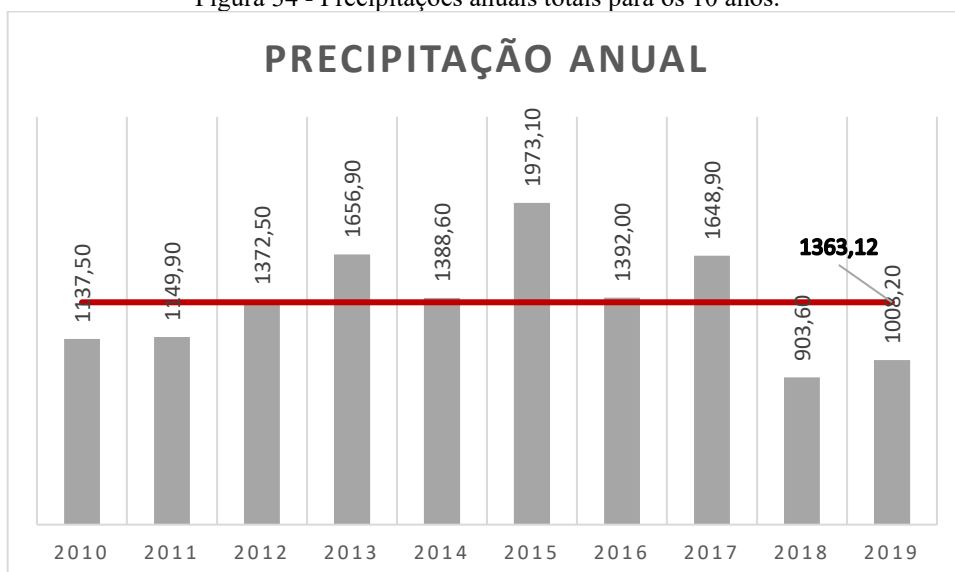
Fonte: Autora (2021).

Figura 33 - Precipitações médias anuais em 10 anos.



Fonte: Autora (2021).

Figura 34 - Precipitações anuais totais para os 10 anos.



Fonte: Autora (2021).

Aplicando estes dados no método de Azevedo Netto (Equação 5) obtém-se que o volume ideal do reservatório para servir como suprimento de água durante todo o ano, nas condições climáticas e de área de captação apresentadas, seria de **1317,92L**.

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \rightarrow 1317,92 = 0,042 \cdot 1363,12 \cdot 69,06 \cdot 4$$

É importante destacar que o método de Azevedo Netto tem o objetivo principal de dimensionar um reservatório que funcione como provisão de água em caso de escassez, por isto

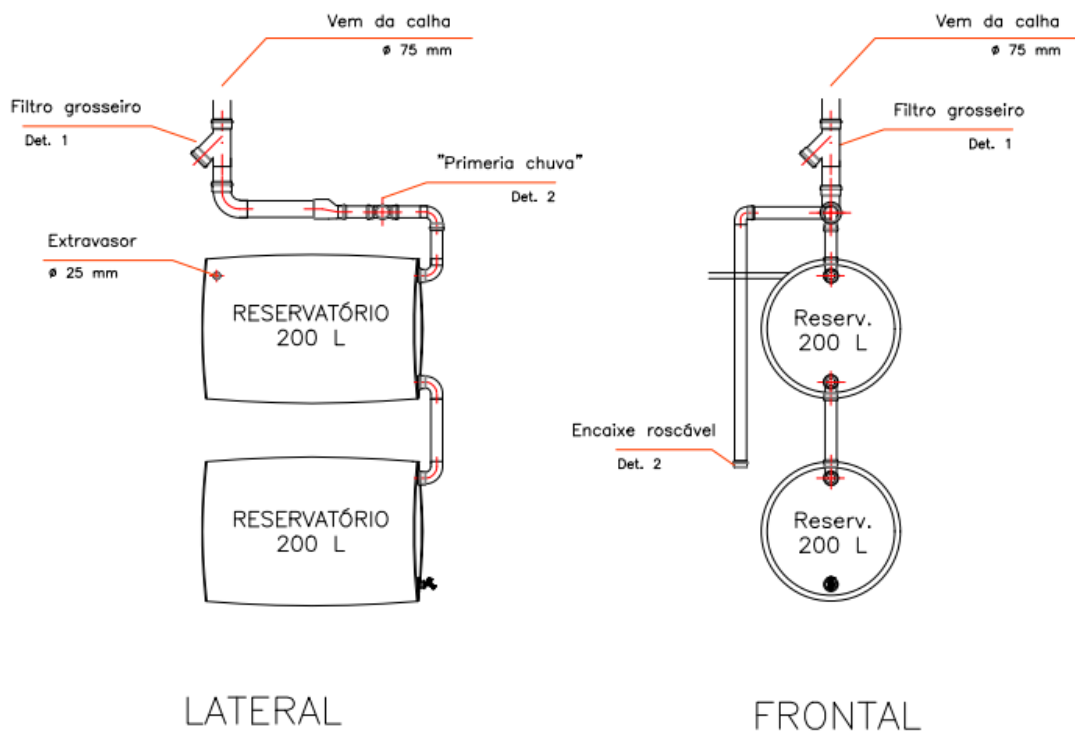
considera os meses de estiagem. Desta maneira, tem-se um volume em geral muito maior do que quando aplicamos outras metodologias, como o Método Prático Inglês, por exemplo (GARCIA; ANJOS; SILVA, 2018; LIMA; SENA; NETO, 2019).

Tendo em vista esta característica e as limitações de área disponível na edificação, além da dificuldade de captar ao longo de toda a cobertura, optou-se por calcular o volume do reservatório considerando como área de captação apenas a água do telhado identificada como “A” (Figura 29), sobre a varanda da unidade habitacional.

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \rightarrow, 572,05 = 0,042 \cdot 1363,12 \cdot 29,98 \cdot 4$$

Ainda assim, a solução encontrada para este projeto possibilitou a implantação de um volume um pouco abaixo do ideal. A solução considera um sistema vertical, com duas bombonas de 200,0L cada sobrepostas, totalizando um volume reservado de **400,0L** (Figura 35).

Figura 35 - Modelo de reservatório dimensionado.



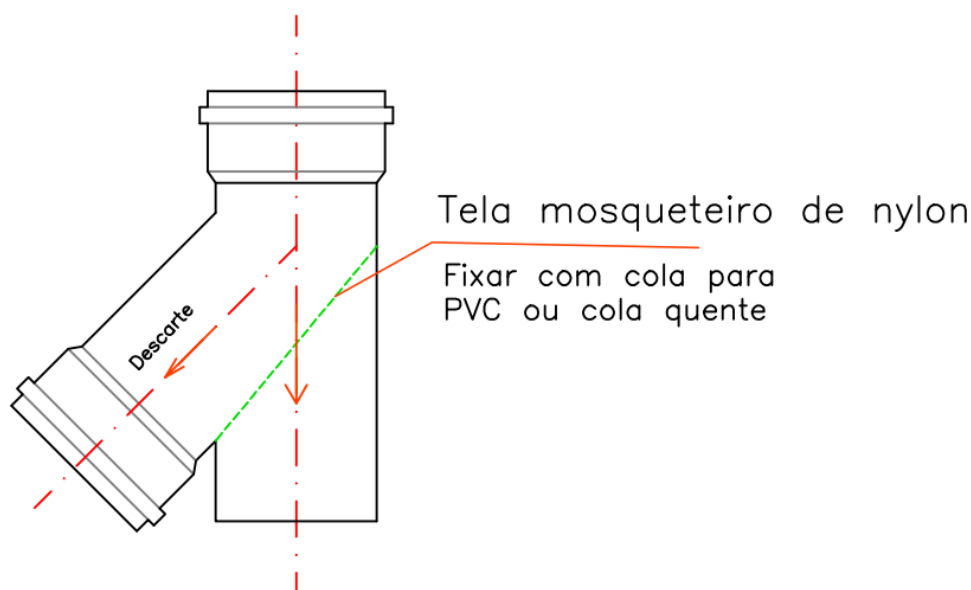
Fonte: Autora (2021).

Dispositivos complementares

A turbulência na entrada do reservatório será mitigada pela adoção de um tubo que se estende até o fundo do reservatório, com uma curva de 90° na ponta. Para controlar o volume, um tubo de Ø25mm será posicionado na extremidade do reservatório superior. A saída deste tubo deve direcionar o excesso de água para a área gramada ao lado da varanda (Figura 35).

O filtro de sólidos grosseiros consiste em uma junção invertida com uma tela mosquiteira fixada no interior, na diagonal, direcionando os sólidos grosseiros, como folhas, para a saída livre e permitindo a passagem da água para a sequência no sistema (Figura 36). Este dispositivo deve ser alocado logo na saída da calha e a extremidade livre deve estar voltada também para a área gramada, para facilitar a limpeza.

Figura 36 - Filtro de sólidos grosseiros.

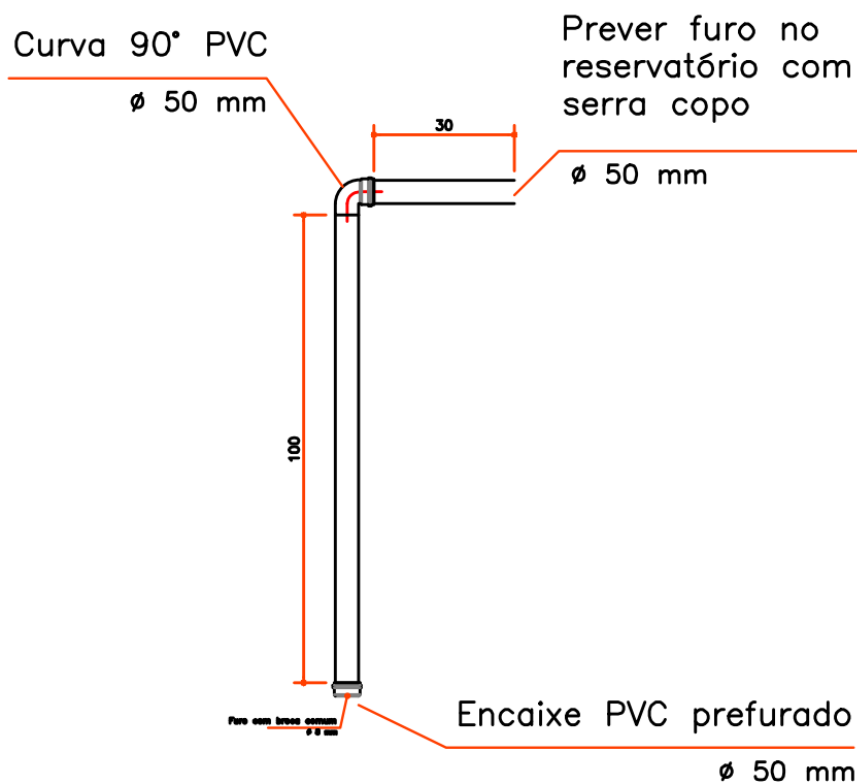


Fonte: Autora (2021).

Para garantir o descarte dos dois primeiros milímetros de chuva, eliminando os sólidos mais finos e as partículas de poluição possivelmente acumulados na cobertura, no caso desta edificação e desta área de cobertura, deve-se descartar aproximadamente **2,30L** de água.

Desta forma, o filtro fino será formado por um tubo de Ø50mm com comprimento de 1,0m posicionado antes da entrada no primeiro reservatório. A extremidade do tubo deve ser fechada por um CAP roscável, para que seja possível a remoção para eliminação da água, e com uma perfuração feita com broca de 8mm para garantir que a água não fique acumulada (Figura 37). Este dispositivo também deve ter sua extremidade voltada para a área gramada.

Figura 37 - Dispositivo para descarte da "primeira chuva", usado como filtro fino.



Fonte: Autora (2021).

Este projeto completo pode ser encontrado no Apêndice 1.

Operação e manutenção

As calhas e os elementos de entrada do sistema devem ser verificados periodicamente pelos usuários, que devem efetuar a limpeza para remoção de folhas ou outros sólidos grosseiros que possam obstruir a tubulação. O filtro grosseiro deve receber o mesmo cuidado.

O filtro da primeira chuva deve ser esvaziado periodicamente, abrindo o CAP na extremidade inferior, para que a água não se acumule e não corra o risco de contaminar o sistema.

Recomenda-se também a cloração da água do reservatório na proporção de 10mL para cada 100L, de acordo com o que pede a ABNT NBR 15527:2019 e o recomendado pela cartilha do IPT (2015). Esta higienização pode ser feita, neste caso, com a adição de 4 colheres de sopa de água sanitária comum no reservatório. Esta medida evita a proliferação de algas no interior do reservatório, além de garantir a eliminação de patógenos, contribuindo para a segurança do sistema.

Mesmo com a desinfecção da água no reservatório, esta água não apresenta garantias de segurança sanitária e, por tanto, não deve ser ingerida. Ressalta-se que a utilização desta água deve ser feita estritamente em usos não-potáveis. Assim, recomenda-se, ainda, que todas as saídas de água da chuva sejam identificadas com os dizeres “NÃO POTÁVEL”.

Balanço hídrico

Aplicando o Método Racional para a área de cobertura, considerando uma chuva com tempo de recorrência de 5 anos, obtém-se que a vazão de escoamento superficial gerada é de **192,56 L/min** no telhado total da residência.

Considerando o volume dos dois reservatórios de **400 Litros**, para o enchimento de cada reservatório plástico com a vazão do telhado, apenas da **cobertura C (vazão de 63L/min)**, tem-se que são necessários **6,35 min** para o enchimento completo do sistema, mantendo uma vazão de **63 L/min**. Direcionar esta vazão para os reservatórios pode, então, *reduzir o escoamento superficial gerado pelas coberturas em até 33%*, em eventos de precipitação de recorrência de até 5 anos.

CONCLUSÕES

As habitações de interesse sociais (HIS) são dispositivos das políticas públicas que tem a função não apenas de suprir a demanda por habitação, mas garantir uma ampla gama de direitos, que passam pelo acesso à cidade e todos os seus serviços, como mobilidade, saúde, educação e emprego, e saneamento básico. Sendo um instrumento tão multifacetado, é importante que se pense as edificações de HIS como componentes que interagem de forma ativa no meio que se inserem, e que se planeje o impacto que estas causam para que resultem no saldo mais positivo possível nos aspectos ambiental, social e de infraestrutura urbana.

Usar de dispositivos para o aproveitamento das águas da chuva em HIS leva à melhoria da eficiência dessa edificação em dois sentidos importantes: primeiro, reduz o consumo de água potável da edificação, gerando ganhos econômicos para os ocupantes e contribuindo para sua segurança hídrica; além disso, a utilização destes dispositivos leva a redução do impacto da edificação nos sistemas de drenagem e na qualidade dos corpos hídricos da região.

Para os sistemas de drenagem, é possível aliviar os picos de vazão e reduzir o escoamento superficial imediato em eventos pluviométricos através da reserva temporária de um volume desta precipitação. Do ponto de vista da qualidade das águas, os sistemas de captação fazem uma filtragem e retém sólidos e poluentes que, sem eles, iriam diretamente para os corpos hídricos da macrodrenagem.

Observou-se neste trabalho que a região estudada apresenta precipitação relativamente estável ao longo do ano, apesar de contar com meses de estiagem. Esta característica favorece a implantação de reservatórios para o aproveitamento das águas da chuva, mesmo que de pequeno porte, pois há a garantia de constância na ocorrência de chuvas.

Apesar da impossibilidade da implantação de um reservatório com volume ideal em cada unidade habitacional, a alternativa apresentada ainda garante um volume de água disponível adequado em um sistema muito simples. E representa, para todo o empreendimento, um volume reservado de 16.000 litros de água.

Medidas de fácil execução e baixo custo, como a proposta por este trabalho, são ferramentas que podem contribuir para a melhoria da qualidade ambiental, do conforto e eficiência das HIS, levando a uma melhoria na própria qualidade de vida da população atendida e melhorando, direta e indiretamente, os índices de desenvolvimento da comunidade.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020. 55 p.

_____. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

_____. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos. Rio de Janeiro, 2019. 10 p.

ARCHDAILY. **80 Viviendas De Protecci'n Oficial En Salou/Toni Gironès**. 2014. Disponível em: <https://www.archdaily.com/507784/80-viviendas-de-proteccion-oficial-en-salou-toni-girones>. Acesso em: 19 out. 2021.

_____. **Social Housing/Atelier du Pont**. 2017.

BENINI, Sandra Medina. **INFRAESTRUTURA VERDE COMO PRÁTICA SUSTENTÁVEL PARA SUBSIDIAR A ELABORAÇÃO DE PLANOS DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE TUPÃ/SP**. 2015. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, [S. l.], 2015.

BEZERRA JUNIOR, Francisco da Rocha. Habitação de Interesse Social, conceito e projeto : uma proposta para Mãe Luiza / Natal-RN. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, [S. l.], v. 2, n. 1 SE-PRÁXIS, p. 130–136, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/16601>.

BORTOLI, Karen Carrer Ruman De; VILLA, Simone Barbosa. CONFORTO AMBIENTAL COMO ATRIBUTO PARA A RESILIÊNCIA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL BRASILEIRAS. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, [S. l.], v. 5, n. 3 SE-PESQUISA, 2020. DOI: 10.21680/2448-296X.2020v5n3ID20077. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/20077>.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição Federal**. [S. l.: s. n.], 1988.

_____. Emenda constitucional nº 26, de 14 de fevereiro de 2000. Altera a redação do art. 6º da Constituição Federal. **Constituição Federal**, [S. l.], 1988.

BUONFIGLIO, Leda Velloso. HOUSING OF SOCIAL INTEREST. **Mercator; Vol 17 (2018)DO - 10.4215/rm2018.e17004**, [S. l.], 2018. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1980>.

CECCHETTO, Carise Taciane; CHRISTIMANN, Samara Simon; BIAZZI, Juliene Pierezan; ISTAN, Liamara Pasinato; OLIVEIRA, Tarcísio Dorn De. HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS. **REVISTA GESTÃO E DESENVOLVIMENTO EM CONTEXTO- GEDECON**, [S. l.], v. 3, n. 2, 2015.

CIRIACO, Beatriz. **ESTUDO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NA CIDADE DE APUCARANA: estudo de caso no conjunto habitacional Sumatra I**. 2019. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], 2019.

COHAPAR. **PRETENDENTES**. 2021a. Disponível em: <https://www.sistemas.cohapar.pr.gov.br/prestadoresOnline/listaDemanda.php>. Acesso em: 27 out. 2021.

_____. **Viver Mais Paraná**. 2021b. Disponível em: <https://www.cohapar.pr.gov.br/Viver-Mais>. Acesso em: 27 out. 2021.

CONCURSODEPROJETO.ORG. **Conjunto Habitacional – Barcelona**. 2012. Disponível em: <https://concursosdeprojeto.org/2012/12/23/conjuntohabitacional-barcelona/>.

CONSTRUÍDE (Brasil). **Instagram**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.instagram.com/construide/>. Acesso em: 1 nov. 2021.

CURITIBA. **Lei ordinária nº 10785, de 18 de setembro de 2003**. CRIA NO MUNICÍPIO DE CURITIBA, O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES - PURAE. [S. l.], 2003.

DELAQUA, Victor. **Habitação de Interesse Social Sustentável / 24.7 arquitetura design**. 2013. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-141035/habitacao-de-interesse-social-sustentavel-slash-24-dot-7-arquitetura-design>. Acesso em: 19 out. 2021.

DORNELLES, Fernando. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2012. FESTI, Aparecido Vanderlei. **Coletânea das equações de chuva do Brasil**. Paulínea.

GARCIA, Jones dos Santos; ANJOS, Nicolas Azambuja Borges Dos; SILVA, Marcelo Jacomini Moreira Da. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS UTILIZANDO OS MÉTODOS DE AZEVEDO NETTO E PRÁTICO INGLÊS. **Organizações e Sociedade**, [S. l.], v. 7, n. 8, p. 161, 2018. DOI: 10.29031/ros.v7i8.411. Disponível em: <http://revista.facfama.edu.br/index.php/ROS/article/view/411>.

GRANDO, Maurício Nelso; ZOLLET, Elis Regina; JUBUR, Andrea Sartori. Aproveitamento De Águas Pluviais Para Fins Não Potáveis Para Habitações Sociais. **Synergismus scyentifica UTFPR**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2011. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/1172>.

GRIBBIN, John E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 4. ed. São Paulo: CENGAGEA Learning, 2014.

IBGE. **Cidades e Estados**. 2021a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/cornelio-procopio.html>. Acesso em: 27 out. 2021.

_____. **Cidades**. 2021b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/cornelio-procopio/panorama>. Acesso em: 27 out. 2021.

JABUR, Andrea Sartori; BENETTI, Heloiza Piassa; SILIPRANDI, Elizangela Marcelo. APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO 2011, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro

LIBESKIND, Claudio; PAAUW, Robert De. **Concurso Renova SP – Grupo 1 – Água Vermelha 2 – 1o Lugar**. 2011. Disponível em: <https://concursosdeprojeto.org/>. Acesso em: 19 out. 2021.

LIEBMANN, Hans. **Terra: Um Planeta Inabitável?** Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1979.

LIMA, Mayra Gislayne Melo De; SENA, Leandro Fabricio; NETO, José Dantas. Dimensionamento de reservatório para captação de água de chuva para residência em área urbana. *In*: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC 2019, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: SOEA, 2019.

LONDRINA. **Lei nº 11381, de 21 de novembro de 2011**. INSTITUI O CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO MUNICÍPIO DE LONDRINA. [S. l.], 2011.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Mora. **Drenagem Urbana - Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NITSCHKE, Pablo Ricardo; CARAMORI, Paulo Henrique; RICCE, Wilian da Silva; PINTO, Larissa Fernandes Dias. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina. PREFEITURA DE LONDRINA; COHAB. **Regulamentação das Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS**. Londrina.

ROCHA, Carlos Adilson Alves; LEITE, Bruno José de Macedo Silva; MANGUEIRA, Filipe Gonzales Nobre; GAMA, Vivian Rodrigues; NOME, Carlos Alejandro. Gestão Integrada de Águas Pluviais em Conjunto Habitacional Multifamiliar: Experimento Casa Nordeste 1.0. **Paranoá**, [S. l.], n. 23 SE-, p. 1–10, 2019. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.01. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/23767>.

ROSA, Andressa Ferreira; ALMEIDA, Maria Rita Raimundo e. OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO – MG. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 70–89, 2018.

SAMORA, Patrícia; DIANA, Luana. Conceitos de habitação social e desenho urbano ambiental no Concurso Renova SP, 2011. **arq.urb**, [S. l.], n. 30 SE-Artigos, p. 154–168, 2021. DOI: 10.37916/arq.urb.vi30.456. Disponível em: <https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/456>.

SECRETARIA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. **Zona especial de interesse social**. 2021. Disponível em: <https://www.capacidades.gov.br/dicionario/index/letra/z>. Acesso em: 5 out. 2021.

SUDERHSA. **Manual de Drenagem Urbana**. Curitiba.

TEIXEIRA, Silvana. **Ciclo hidrológico: como explicar esse conceito?** 2019. Disponível em:

<https://www.cpt.com.br/cursos-meioambiente/artigos/ciclo-hidrologico-como-explicar-esse-conceito>. Acesso em: 15 out. 2021.

TELLES, Dirceu D'Alkimin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Reúso da água: Conceitos, Teorias e Práticas**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2007.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

UACDS. **Low Impact Development: a design manual for urban areas**. 1. ed. Fayetteville: University of Arkansas Press, 2010. Disponível em: <http://uacdc.uark.edu>.

ZANELLA, Luciano; MARIOTO, Guilherme; MACHESI, Mariana. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. São Paulo: IPT, 2015.