

# PROJETO DE REÚSO DE ÁGUA PLUVIAL EM HABITAÇÃO POPULAR PARA FINS NÃO POTÁVEIS

## RAINWATER REUSE PROJECT IN POPULAR HOUSING FOR NON-POTABLE PURPOSES

Ana Vitória de Souza Cruz<sup>1</sup>  
Robson José Silva<sup>2</sup>

### RESUMO

O forte crescimento populacional e a urbanização vêm gerando um aumento do consumo de água potável. Esse fator, atrelado ao uso irresponsável e à poluição dos mananciais, tem contribuído para uma considerável crise hídrica. O Brasil é um país privilegiado, pois possui 12% da água doce no mundo, porém devido à má distribuição, há regiões do país onde a disponibilidade de água é baixa, a exemplo disso tem-se o nordeste brasileiro que enfrenta fortes crises de escassez na maior parte do ano. Por esse motivo, é necessária a busca por políticas sustentáveis que forneçam soluções para esse problema e ao mesmo tempo conscientize a população da importância do uso consciente da água. Dentro desse contexto, o reúso de água pluvial torna-se uma alternativa viável, de fácil aplicação, que proporciona a preservação do meio ambiente. Assim sendo, o presente trabalho elaborou um projeto de habitação popular na cidade do Recife com base no Plano Diretor da cidade e dimensionou um Sistema de Instalação de Água Pluvial para esta moradia, de acordo com a NBR 10844 (1989). No projeto, a captação da água de chuva se deu apenas por uma água do telhado, sendo suficiente para suprir as necessidades de reúso da residência, visto que a cidade apresenta alto índice de chuvas. Os materiais empregados na instalação do sistema de captação foram de baixo custo e simples aplicação, onde o projeto de implantação apresentou custo muito inferior ao valor total da construção residencial, além de representar uma excelente alternativa de conscientização ambiental e economia de água tratada.

**Palavras-chave:** Água de Chuva. Captação. Reúso. Habitação Popular. Sustentabilidade.

### ABSTRACT

Strong population growth and urbanization have led to increased drinking water consumption. This factor, coupled with irresponsible use and pollution of water sources, has contributed to a considerable water crisis. Brazil is a privileged country, as it has 12% of the world's freshwater, but due to poor distribution, there are regions of the country where water availability is low, such as the Northeast of Brazil that faces severe scarcity crises most of the year. Therefore, the search for sustainable policies that provide solutions to this problem and at the same time make the population aware of the importance of conscious use of water is necessary. Within this context, the reuse of rainwater becomes a viable alternative, easily applied, which provides the preservation of the environment. Therefore, the present work elaborated a popular housing project in Recife based on the city's Master Plan and designed a Rainwater harvesting System for this dwelling, according to NBR 10844 (1989). In the project, the rainwater was captured

---

<sup>1</sup> Tecnólogo em Construção Civil - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho. 2019

<sup>2</sup> Orientador do Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnólogo em Construção Civil – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho

only by water from the roof, which enough to meet the house reuse needs, as the city has a high rate of rainfall. The materials used in the installation of the collection system were low cost and simple to apply, where the implementation project presented a much lower cost than the total value of residential construction, besides representing an excellent alternative for environmental awareness and treated water saving.

**Keywords:** Rainwater. Catchment. Reuse. Popular housing. Sustainability.

## INTRODUÇÃO

A maior parte da água existente no planeta não é destinada ao consumo direto, visto que cerca de 97,5% da água é salgada. Dos 2,5% de água doce, presentes no planeta terra, apenas 1% encontra-se nos rios, 30% são águas subterrâneas, armazenadas em aquíferos e o restante dessa parcela de água doce é de difícil acesso (69%), pois encontra-se nas geleiras (Agência Nacional de Águas - ANA, 2018).

De acordo com a Declaração Universal dos Direitos da Água, publicada pela Organização das Nações Unidas (ONU,1992), a água é parte do patrimônio do planeta, no qual cada nação, região e cidadãos são responsáveis por esse recurso, que é a condição essencial de vida dos seres. A água deve ser manipulada com racionalidade, consciência e discernimento para que não se encaminhe a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis, visto que ela é responsável pelo equilíbrio e pelo futuro do planeta.

Nesse aspecto de importância da água como fonte vital, é notório perceber que o planeta vem sofrendo com a crise hídrica. Dados da Organização das Nações Unidas, indicam que a taxa de crescimento da população mundial duplicou, enquanto que o consumo de água aumentou seis vezes, referente ao século 20. Atualmente, aproximadamente 26 países sofrem com a escassez crônica de água e, em 2025, a previsão é que esse valor chegue a 52 países, equivalente a 3,5 bilhões de pessoas nessa condição. Além disso, a água doce e de boa qualidade presente no planeta é distribuída de maneira desigual. O Brasil dispõe de 53% da água doce da América Latina e 12% do total

mundial, porém esse recurso é mal distribuído geograficamente segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019). A exemplo disso é possível citar a Região Hidrográfica Amazônica, a qual é habitada por menos de 5% dos brasileiros e possui 80% da disponibilidade de água, diferente de outras regiões onde existe uma considerável escassez hídrica. Mais de 59% das cidades do Norte e do Nordeste necessitam de recursos em sistemas produtores de água. A ANA ressalta que pequenos sistemas de abastecimento de água do Norte estão precários, com deficiência na infraestrutura hídrica; no Nordeste as bacias hidrográficas litorâneas estão com disponibilidade baixa de água e na região Sudeste, os impasses estão diretamente ligados ao acentuado crescimento populacional e aos complexos sistemas produtores de abastecimento.

Os motivos que estão ocasionando o esgotamento gradativo dos recursos hídricos relacionam-se principalmente à ação antrópica, como consumo inconsequente de água potável e sem sustentabilidade, poluição dos mananciais e dos rios (DETONI, 2008). Desse modo, é necessário haver conscientização da população e das nações para a administração adequada desse recurso, propondo políticas sustentáveis para a redução do consumo e preservação. A partir disso é importante pensar em meios alternativos de aproveitamento.

Com base na literatura (LAMBERTS et al, 2010; CARDOSO, 2010; TOMAZ, 2000), a busca por sustentabilidade e durabilidade dos recursos hídricos vem contribuindo para o desenvolvimento de fontes alternativas. Dentre as fontes, há o reúso das águas pluviais e servidas. O benefício

do aproveitamento da água pluvial está ligado, também, à economia de água potável, pois essa alternativa é de fácil acesso para população, independente das condições financeiras e sociais, podendo ser vista como fonte de água doce que ainda não é cobrada pelo uso. As águas pluviais podem ser utilizadas para fins menos nobres, uso em descarga de vaso sanitário, irrigação de jardim, lavagem de carros, calçadas. Portanto, o reaproveitamento de água atua na diminuição sobre a captação de água bruta e, conseqüentemente, na otimização do uso de água tratada.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo dimensionar um sistema de reúso de águas pluviais, a partir de um modelo de habitação popular na cidade do Recife, Pernambuco, analisando a viabilidade técnica e econômica desse sistema, que será utilizado para fins não potáveis.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de aproveitamento de água pluvial apresenta diversos aspectos, tais como viabilidade, mecanismos e tratamento. Nesse sentido, serão abordados o aproveitamento da água da chuva no contexto da habitação unifamiliar, projeto de reúso, armazenamento de água da chuva, descarte das primeiras águas e sustentabilidade ambiental.

### Aproveitamento de água pluvial

A água da chuva é definida como a água coletada durante períodos de precipitação pluviométrica em áreas de telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de pessoas ou veículos (TOMAZ, 2000). O uso da água pluvial não é uma atividade recente, foi inventado de maneira independente em várias partes do mundo há milhares de anos, sendo difundido particularmente em regiões semi-áridas onde as chuvas ocorrem durante poucos meses. Há relatos do uso da água pluvial em diferentes regiões: no deserto de Negev, atualmente território de Israel e Jordânia,

existiu um sistema integrado de manejo de água da chuva; no Planalto de Loess na China, há dois mil anos, já havia registros de tanques e cacimbas para armazenamento de água pluvial; entre outros.

Com as tecnologias mais modernas de abastecimento, construção de grandes barragens, técnicas para o aproveitamento de águas subterrâneas, irrigação encanada e implantação dos sistemas de abastecimento, o aproveitamento da água da chuva perdeu força (GNADLINGER, 2000). Por outro lado, a urbanização provocou mudanças no ciclo hidrológico. Segundo Cardoso (2010), o aumento das áreas impermeáveis, devido à pavimentação e construções, acarretou na diminuição da infiltração e do armazenamento de água de chuva nas camadas subterrâneas da terra, resultando em enchentes e problemas à população. Em solução a esses problemas, a utilização de água da chuva voltou a ser realidade e, atualmente, é bastante difundida em países desenvolvidos, fazendo parte da gestão moderna. Esses países possuem políticas de incentivo para a população em relação à economia de água, fornecendo prêmios e subsídios do governo quando sistemas eficientes são adotados (BONA, 2014).

No Brasil, não existia lei federal aprovada que incentivasse o aproveitamento da água da chuva, apenas leis municipais, que pontuavam a importância da conversação e do uso racional da água (BONA, 2014). Porém, no ano de 2017, foi incluído na Lei nº 9433, o seguinte objetivo: *“incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais”* (Agência Nacional de Águas - ANA, 2017). Segundo Bona (2014), a coleta de água da chuva tornou-se obrigatória para alguns empreendimentos das metrópoles brasileiras. Com essa nova inclusão na legislação, fica visível o incentivo e a busca por fontes alternativas de aproveitamento de água, onde o reúso pluvial se apresenta como um dos fundamentos da construção sustentável, pois prevê a redução do consumo e preserva o meio ambiente, trazendo benefícios econômicos,

valorização imobiliária, melhoria na qualidade de vida e desenvolvimento da consciência ambiental. São as chamadas construções eco-eficientes (MATEUS, 2004; FURRIELA, 2001).

### **Residência unifamiliar**

A Habitação de Interesse Social (HIS) é voltada para população com um menor poder aquisitivo, a qual tem restrições de acesso à moradia formal e condições de contratar profissionais habilitados da construção civil (MOREIRA, 2019). Em 2009, foi implementado pelo governo brasileiro o “Programa Minha Casa Minha Vida” (PMCMV), com objetivo de facilitar a aquisição do imóvel por financiamento, sendo possível ajustar o valor mensal da prestação de acordo com a renda do participante. Desde então, o financiamento tem sido feito nos bancos públicos do Governo Federal: Banco do Brasil e Caixa Econômica.

Grace (2012) ressalta que o programa em questão foi uma das conquistas alcançadas pela construção civil brasileira, pois acarretou no aumento da formalidade das habitações de baixa renda. Antes desse programa, mais de 90% das residências de baixa renda eram feitas informalmente, ocasionando desperdício de materiais e aumento de resíduos, sobretudo da construção. Com o programa, mais de um milhão de unidades foram construídas dentro da formalidade. Em contrapartida, o surgimento da norma de desempenho para as edificações habitacionais em 2013, NBR 15575, consolidou a melhoria da qualidade dos materiais utilizados no processo. Segundo Grace (2012), as habitações foram aperfeiçoadas dentro do contexto de qualidade e otimização do uso dos recursos naturais, diminuindo a geração de resíduos e aumentando a quantidade de certificações ambientais e programas de incentivo. O Selo Casa Azul, por exemplo, é uma classificação socioambiental de empreendimentos residenciais concedido pela Caixa Econômica Federal, com o

objetivo de estimular o uso racional de recursos naturais, a partir da conscientização da população sobre as vantagens das construções sustentáveis.

A primeira obra sustentável do Minha Casa Minha Vida a receber o Selo Azul foi o residencial Ville Barcelona em Minas Gerais, que atendeu 19 créditos obrigatórios necessários para iniciar o processo de certificação. Alguns dos recursos utilizados foram o uso de pré-fabricados, inclusão de trabalhadores locais e flexibilidade de projeto, apresentando 40% de área permeável e torneiras equipadas com arejadores, dispositivos que limitam a vazão de água, além de bacias sanitárias com duplo acionamento, medidas de redução do consumo de água em todo edifício (PRIMEIRA..., 2013). As construções sustentáveis estão ganhando espaço no mercado imobiliário, chegando em empreendimento de interesse social.

### **Projeto de reúso de águas pluviais**

A norma de Instalação de águas pluviais, NBR 10844 (1989), fornece critérios para o dimensionamento dos componentes de instalação hidráulica. É importante também saber a respeito dos elementos de hidrologia ligados às precipitações. Botelho (2014) define:

Intensidade pluviométrica - é a medida (mm/h) do quanto de chuva que cai em um determinado local em um espaço de tempo. Mede-se este valor pelo uso de um equipamento, pluviógrafo, registrando a intensidade da chuva;

Tempo de duração - é o período de tempo que dura uma chuva, chuvas fortes duram pouco e chuvas fracas duram muito;

Tempo de concentração - intervalo de tempo decorrido entre o início da chuva e o momento em que toda a área de contribuição passa a contribuir para determinada seção transversal de um condutor ou calha.

A NBR 15527 (2007), que trata do aproveitamento de água da chuva em coberturas urbanas para fins não potáveis,

define os elementos que compõem o sistema coletor e aproveitador de água: área de captação, calha, condutor, reservatório e dispositivo de descarte da primeira chuva.

### Área de captação

Pode-se definir área de captação segundo a NBR 15527 (2007), como sendo área, em metros quadrados, da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada, projetada na horizontal. Normalmente se refere aos telhados das edificações.

Desse modo, com o sistema de aproveitamento de água, a cobertura passará a ter uma nova função, conduzir a água para as calhas. Então, é necessário manter o telhado limpo (LAMBERTS et al, 2010).

### Calhas e condutores

Para a captação da água de chuva são necessários calhas e condutores, podendo ser de PVC, chapas galvanizadas, alumínio, geomembranas. Botelho (2014) define calha e condutor da seguinte maneira:

Calha - sistema normalmente em posição quase horizontal, que intercepta e recebe as águas de chuva de uma cobertura;

Condutor - tubo vertical e/ou horizontal que recebe as águas coletadas das calhas e as transporta até o nível do chão.

Lamberts (2010) descreve que, junto a esses elementos, devem ser previstos o uso de dispositivos de descarte de sólidos e mecanismos que impeçam a passagem de sujeiras, além do desvio da água dos primeiros escoamentos, uma vez que ao passar pela troposfera e pela área de captação, a água acaba carregando impurezas.

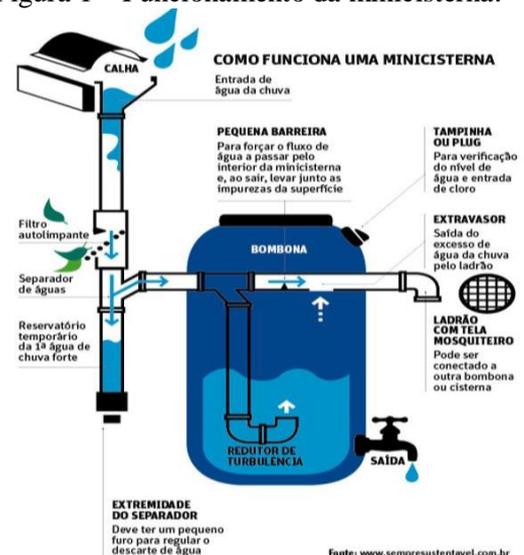
### Descarte da primeira chuva e reservatório de águas pluviais

O reservatório é o lugar onde será armazenada a água da chuva coletada, e o meio mais conhecido de armazenamento são as cisternas. Segundo Brito (2017), as

cisternas não são muito comuns em regiões urbanas e, sim, em regiões rurais. Atualmente, novos meios alternativos de armazenamento da água de captação estão surgindo, a exemplo disso é possível citar o sistema Mano (2016) que consiste no armazenamento em tubos de PVC na vertical, consoante a Brito (2017) que utiliza muro sustentável de garrafas PET para armazenamento da água pluvial e a Urbano (2014) que utiliza bombonas.

A Figura 1 representa o modelo de funcionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva desenvolvido por Urbano (2014). Resumidamente, o sistema recebe a água da chuva na área de captação e esta é conduzida para a calha, depois aos condutores e posteriormente à minicisterna. Para o bom funcionamento do sistema pluvial, é necessária a aplicação de filtro e descarte da primeira água da chuva. O filtro tem como função impedir a passagem de sujeiras, como fezes de bichos, folhas de árvores, insetos e penas de pássaros. A Figura 2 demonstra o funcionamento do filtro. O diâmetro do tubo pode variar de acordo com projeto.

Figura 1 – Funcionamento da minicisterna.



Fonte: Sempre Sustentável (2014).

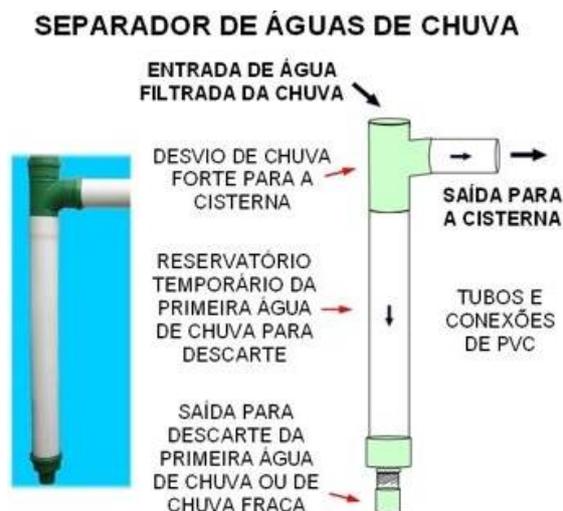
Figura 2 – Funcionamento do filtro auto-limpante.



Fonte: Sempre Sustentável (2014).

As sujeiras finas que conseguem passar pelo filtro vão para o separador de águas, reservatório de descarte das primeiras águas, responsável por separar e descartar as primeiras águas que ainda contém impurezas. Quando esse reservatório enche, a água transborda pela conexão e a água segue para o reservatório propriamente dito. A Figura 3 representa o esquema do separador das primeiras águas.

Figura 3 – Funcionamento do separador de águas.



Fonte: Sempre Sustentável (2014).

## METODOLOGIA

### Área de Estudo

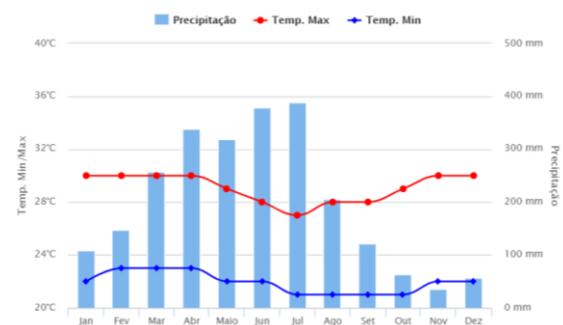
A região escolhida para residência foi a cidade do Recife, localizada na Zona de Interesse Social – ZEIS, segundo a lei de Uso e Ocupação do Solo da cidade. Trata-se das áreas de assentamentos habitacionais de população de baixa renda.

O clima do município se caracteriza como tropical úmido, com temperatura média anual de 26° C. A cidade apresenta altitude média de 4 m acima do nível do mar e sua composição de área territorial é composta principalmente de morros e planícies.

### Intensidade Pluviométrica do Recife

Conforme dados históricos dos últimos 30 anos, o período chuvoso na cidade do Recife compreende entre os meses de abril a julho. A maior média de precipitação é observada no mês de julho, atingindo em média 388mm ao mês. O contrário é observado no mês de novembro, no qual são verificadas as menores precipitações, com média de 36 mm neste período do ano (Figura 4).

Figura 4 – Precipitação durante os meses do ano Cidade do Recife.



Fonte: Clima Tempo (2019).

No ano, a média mensal pluviométrica é de 201,58mm e a média anual de 2419 mm. Esses dados possibilitam calcular o volume de água pluvial mensal, que será correlacionado, posteriormente, à área de captação do telhado.

## Projeto de Arquitetura

Para o desenvolvimento do projeto de residência unifamiliar, foram utilizadas as recomendações presentes no Plano Diretor do Recife, com base na Lei nº 7427/61 (Código de Urbanismo e Obras - Codificações das Normas de Urbanismo e Obras) e na Lei nº 16176/96 (Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife). O código ressalta que a edificação constituída por uma única residência deverá ter, no mínimo, quatro compartimentos: sala, quarto, cozinha e banheiro, fornecendo, também, as áreas mínimas de cada cômodo. Para banheiros e cozinha, a área mínima é de 4m<sup>2</sup>, já salas e dormitórios 8m<sup>2</sup>. Também deve ser respeitado largura dos corredores interno, sendo o mínimo de 90cm. Em relação à cobertura, quando existirem calhas e condutores, a declividade deverá ser uniforme e não inferior a 1%, sendo o diâmetro mínimo dos condutores de 0,10m. Em relação à lei de uso e ocupação do solo, na ZEIS, a taxa de solo natural recomendada é de 20%, referente ao percentual mínimo da área do terreno que precisa ser mantida nas suas condições naturais, tratada com vegetação. Segundo essa mesma lei, as edificações com menos dois pavimentos podem atender às seguintes condições de afastamentos mínimos: afastamento mínimo de 3m na divisa dos fundos, quando a residência apresentar duas divisas laterais coladas com muro ou em outra residência; afastamento de 1,5m em uma divisa lateral, quando a residência apresentar uma divisa lateral e a divisa dos fundos coladas com muro ou em outra residência, e afastamento frontal de 5m.

Com base nas instruções do Plano Diretor do Recife foi elaborado o modelo proposto da residência. Com auxílio dos softwares AutoCAD (2018) e SketchUp (2017), foram desenvolvidos os projetos arquitetônicos: planta baixa, planta de cobertura, locação, cortes A-A e B-B, e perspectivas da residência. Para detalhamento do projeto arquitetônico, consultar o Apêndice.

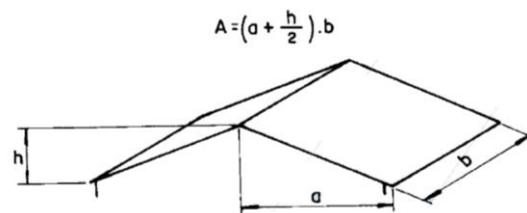
## Projeto de reúso de águas pluviais

Para o projeto de instalação de águas pluviais, o dimensionamento dos componentes do sistema iniciou-se pelas calhas e condutores verticais, baseado na NBR 10844 (1989). Posteriormente, foi pensado no reservatório.

### Cálculo da área inclinada do telhado

O cálculo da área de contribuição foi feito através da NBR 10844/89, com o telhado possuindo a seguinte configuração (Figura 5):

Figura 5 – Telhado com superfície inclinada.



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

A equação (1), determina a altura do triângulo, parâmetro necessário para dimensionar a área da superfície inclinada.

$$i = \left( \frac{h}{a} \right) \quad (1)$$

Em que:

i: é a inclinação do telhado;

A: área da superfície inclinada/área de contribuição;

a: o cateto do triângulo;

h: altura do triângulo;

b: largura do telhado.

### Cálculo da vazão

Para início do procedimento de cálculo dos elementos, foi necessário conhecer a vazão do projeto, ou seja, a vazão a ser coletada pelas calhas. De acordo com a NBR 10844 (1989), a equação (2) fornece:

$$Q = \frac{I.A}{60} \quad (2)$$

Em que:

I: intensidade pluviométrica (mm/h);

A: área de contribuição (m<sup>2</sup>);

Q: vazão de projeto (L/min).

Para o projeto em questão, foi considerada a área de uma água da residência. Na NBR 10844, nos casos que a área do telhado é igual ou menor que 100 m<sup>2</sup>, pode-se adotar 150 mm/h de intensidade pluviométrica e duração de 5 minutos.

#### Dimensionamento de calhas

Para o dimensionamento das calhas foi utilizada a fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} (RH)^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (3)$$

No qual:

Q: vazão de projeto (L/min);

S: área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

P: perímetro molhado (m);

RH: raio hidráulico (m),  $R=S/P$ ;

n: coeficiente de rugosidade;

i: declividade da calha (m/m);

K: 60.000.

A Tabela 1 indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas. Foi adotado calhas de Policloreto de Vinila (PVC), com coeficiente de rugosidade (n) de 0,011 e declividade de 1%. Com a vazão de projeto e a declividade foi possível obter o valor do diâmetro das calhas (Tabela 2), o valor da área da seção molhada e do perímetro molhado. O diâmetro escolhido

foi aquele que possibilitou uma vazão maior ou igual à vazão de projeto.

Tabela 1 – Coeficientes de rugosidade.

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: ABNT NBR 10844 (1989).

Tabela 2 – Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade  $n = 0,011$  (L/min).

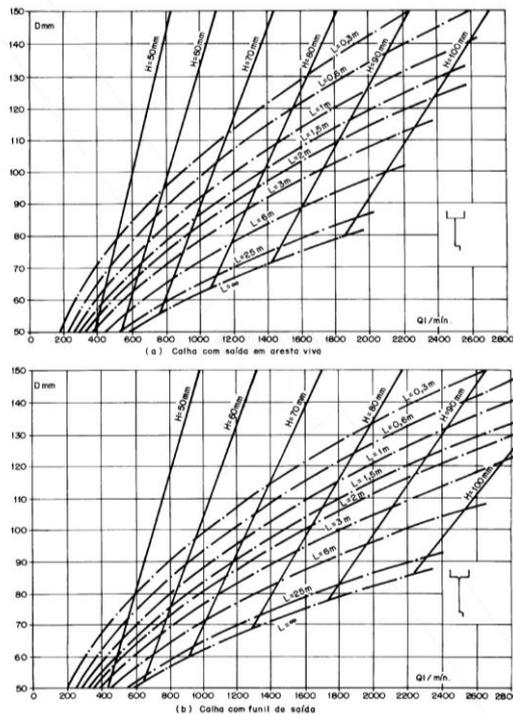
Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,50%	1,00%	2,00%
100	130	183	
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

#### Dimensionamento de condutores verticais

Para o dimensionamento dos condutores verticais, a NBR 10844/89 apresenta critérios para a escolha. Seu dimensionamento não pode ser feito pelas fórmulas do escoamento em canal, por serem peças verticais. Por essa razão foram utilizados ábacos específicos representados na Figura 6, no qual a vazão, Q (trazida pelas calhas que alimentarão o condutor), a altura do condutor, L, e a altura da lâmina de água na calha, H, correspondem aos dados de entradas para utilizar o ábaco (BOTELHO, 2014).

Figura 6 – Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

### Cálculo do Consumo de Água

Segundo Botelho (2014), o consumo diário de água é dado por:

$$Cd = Cp.n \quad (3)$$

Em que:

Cd: consumo diário;

Cp: consumo per capita;

n: número de ocupantes.

A diminuição do consumo de água potável, foi feito através da reutilização da água pluvial para irrigação de jardim, lavagem de carro e limpeza de pisos. Para o cálculo do consumo de água não potável foi utilizado os valores estimados por Tomaz (2000), conforme Tabela 3. Esses valores foram otimizados para consumo por semana.

Tabela 3 – Demanda residencial para estimativa de consumo de água não potável.

<b>Demanda residencial</b>	<b>Unidade</b>	<b>Faixa</b>
Gramado ou Jardim – Volume	L/dia/m <sup>2</sup>	2
Gramado ou Jardim – Frequência	Irrigações/s emana	2
Lavagem de Carro – Volume	L/lavagem/carro	150
Lavagem de Carro – Frequências	Lavagens/s emana	1
Lavagem de Piso – Volume	L/dia/m <sup>2</sup>	3
Lavagem de Piso – Frequências	Lavagens/s emana	1

Fonte: Adaptado Tomaz (2000).

### Cálculo do volume de Água da Chuva

A fórmula utilizada para o cálculo do volume médio de água pluvial foi baseada no Método Racional (FERREIRA, 2014):

$$V_{ch} = 0,95.I.Ac \quad (4)$$

Em que:

V<sub>ch</sub>: volume médio de chuva coletada;

I: precipitação média anual;

0,95: eficiência do filtro;

Ac: área de captação.

Esse parâmetro foi utilizado como base de comprovação da suficiência da oferta de chuva na cidade do Recife.

### Viabilidade do Projeto

Nessa etapa, foi realizado o orçamento para a construção da residência e para implementação do projeto de reúso de água pluvial. Para este, realizou-se uma simulação do custo através de pesquisas de mercado e internet, considerando as tubulações, peças e acessórios pertinentes. Para o orçamento da residência foram calculados os custos de cada etapa de construção por meio de tabela SINAPI

(Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) referente ao mês de outubro de 2019. Utilizou-se 25% como porcentagem de Benefícios de Despesas Indiretas (BDI), taxa que se adiciona ao custo de uma obra para cobrir as despesas indiretas, risco do empreendimento, tributos incidentes na operação e despesas financeiras incorridas. As etapas de construção consideradas no orçamento foram: serviços preliminares, cobertura, alvenaria, revestimentos, pintura, impermeabilização, esquadrias, itens complementares, fundações, estruturas, instalação elétrica e hidráulica.

A viabilidade ambiental foi realizada através da projeção de quantos metros cúbicos de água tratada seriam economizados com o sistema de aproveitamento de água da chuva aplicado às residências de um loteamento padrão de habitação popular. Para a viabilidade econômica do sistema foi comparado o seu custo de implantação com o custo da construção residencial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

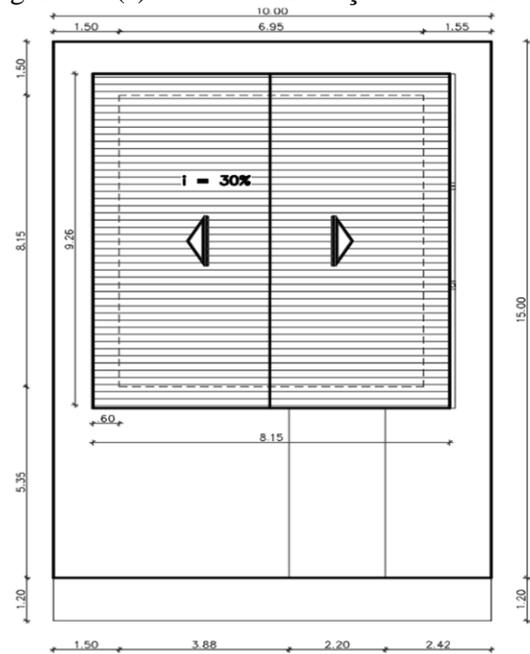
Com base no Plano Diretor de Recife e a NBR 10844 (1989) e a partir da metodologia adotada neste trabalho, foi projetada uma residência unifamiliar com um sistema de reuso de águas pluviais.

### Projeto de Arquitetura

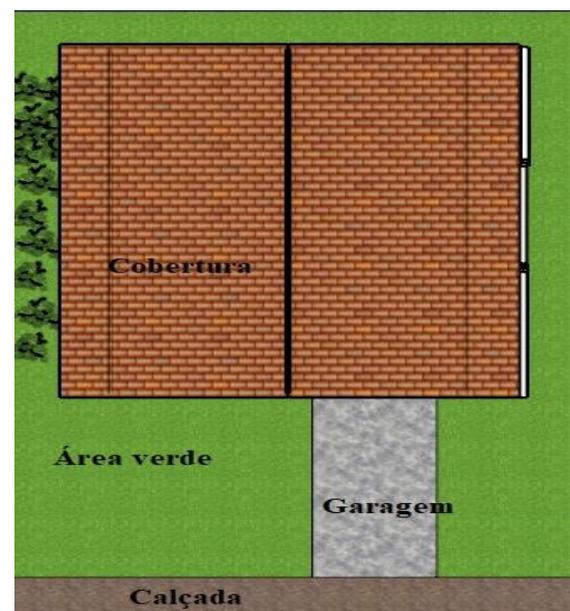
#### Planta de locação e cobertura

O modelo de cobertura adotado foi o de duas águas com inclinação de 30% e beiral de 0,60 metros. O terreno da residência possui dimensões de 10,00x15,00 metros, a Figura 7 (a) fornece os afastamentos e a área projetada do telhado corresponde a 76,2m<sup>2</sup>. Com a Figura 7 e 8 é possível calcular a área solo natural, 81,60 m<sup>2</sup>. Desse modo, a residência está em conformidade com a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Figura 7 (b).

Figura 7 – (a) Planta de Locação e Coberta.



(b) Esquema da Planta de Locação.

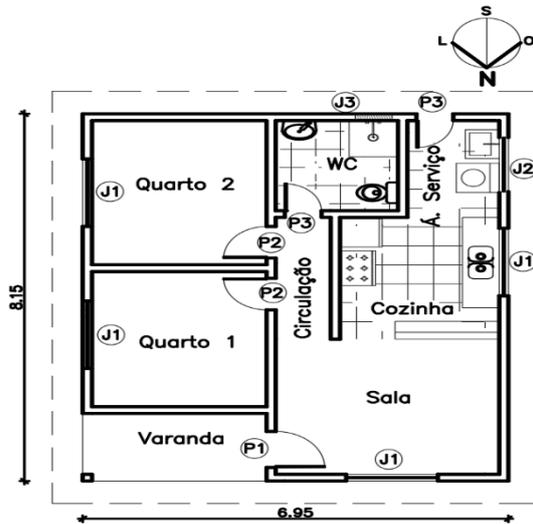


Fonte: Autora.

#### Planta baixa

O projeto de residência desenvolvido apresentou área construída de 56,64m<sup>2</sup> e a seguinte distribuição: varanda, sala de jantar/estar, dois quartos, um banheiro, área de serviço e área de circulação conforme Figura 8. Detalhes das áreas dos ambientes e dimensões das esquadrias podem ser observados no Quadro 1 e Quadro 2, respectivamente.

Figura 8 – Planta Baixa da Residência Unifamiliar.



Fonte: Autora.

Quadro 1: áreas de cada ambiente da residência.

Ambientes	Área (m <sup>2</sup> )
Varanda	4,50
Sala	11,00
Quarto 1	8,55
Quarto 2	9,10
Circulação	2,40
WC	4,00
Cozinha	6,63
Área de Serviço	3,20

Fonte: Autora.

Quadro 2: Quadro de esquadrias.

Portas		Esquadrias	
	Largura x Altura (m)		Largura x Altura/Peitoril (m)
P1	0,80x2,10	P1	1,50x1,00/1,10
P2	0,70x2,10	P2	1,20x1,00/1,10
P3	0,60x2,10	P3	0,60x0,6/1,50

Fonte: Autora.

### Projeto de reúso de águas pluviais

#### Cálculo da área inclinada do telhado

Considerando a largura (a), o comprimento (b) e a inclinação do telhado (i) para o cálculo de uma água, conforme Figura 5:

$$I = \left( \frac{h}{a} \right) \therefore$$

$$h = i * a = 0,3.4,07$$

$$h = 1,22 \text{ m} \quad (5)$$

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) \cdot b$$

$$A = \left( 4,07 + \frac{1,22}{2} \right) \cdot 9,35$$

$$A = 43,8 \text{ m}^2 \quad (6)$$

#### Cálculo da vazão

Com a área inclinada do telhado de 43,8 m<sup>2</sup> e a intensidade pluviométrica de 150 mm/h, para o cálculo da vazão:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} = \frac{150 * 43,8}{60}$$

$$Q = 109,41 \text{ L/min} \quad (7)$$

#### Dimensionamento de calhas

Com vazão de projeto de 109,41 L/min, declividade de 1% e diâmetro de 100mm para as calhas:

$$RH = S/P \therefore RH = 0,00393/0,1571$$

$$RH = 0,025 \text{ m} \quad (8)$$

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} (RH)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$= 60000 \cdot \frac{0,00393}{0,011} (0,025)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,01^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 183,14 \text{ L/min} \quad (9)$$

Sendo a vazão de projeto das calhas (9) superior à vazão de projeto do telhado (7), o diâmetro de 100 mm adotado para as calhas está em conformidade.

#### Dimensionamento dos Condutores Verticais

Para a saída da calha tipo funil, altura L = 3 m, lâmina H = 50 mm, vazão Q = 109,41 L/min e análise do ábaco da Figura 2, o diâmetro mínimo dos condutores verticais

seria 70mm. Por conseguinte, por razões de exigências do Plano Diretor, o diâmetro adotado foi de 100mm.

#### Cálculo do Consumo de Água

Considerando o número de habitantes residencial  $n = 4$  e consumo per capita  $C_p = 150$ :

$$Cd = 150 * 4 = 600L/dia = 0,6m^3/dia \quad (10)$$

O consumo diário de água potável encontrado equivale a  $4,2m^3/semana$ , aproximadamente  $18m^3/mês$ .

Para o cálculo do consumo de água não potável, a área destinada à lavagem de piso (garagem, calçada, varanda, área de serviço e cozinha) é de  $39,18 m^2$ . Já para jardim e gramado a área foi de  $81,54 m^2$ . A Tabela 4 apresenta o resultado de consumo de água não potável por semana.

Tabela 4 – Consumo de água não potável.

Consumo de Água	Consumo (m <sup>3</sup> /semana)
Gramado ou jardim	0,326
Lavagem de carro	0,150
Limpeza de pisos	0,117
Total	0,594

Fonte: Autora.

O consumo de água não potável, ou seja, aquele a ser suprido pelo sistema de reuso, apresentou o valor de 593,90 litros por semana, aproximadamente  $2,38m^3$  por mês. Dessa forma, o consumo de água potável será reduzido. Com o projeto de instalação de água pluvial, o novo consumo de água potável passa a ser  $15,62 m^3/mês$ , o que representa uma economia na conta de água residencial.

#### Cálculo do Volume de Água da Chuva

Com base na precipitação média anual da cidade do Recife de 2.419 mm e na área de captação de  $48,3 m^2$  (uma água de telhado):

$$V_{ch} = 0,95.I.Ac = 100.654 L/ano \quad (11)$$

Logo, o volume médio de chuva para uma água do telhado é  $100.654 L/ano$ ,  $8.387 L/mês$ , aproximadamente  $8,39m^3/mês$ , sendo maior que o volume de consumo para o projeto de reuso.

Considerando o volume de chuva para cada mês do ano e o consumo de água não potável de  $593,9 L/semana$ , foi adotado o reservatório de 800L (quatro bombonas de 200 litros), que suprirá as necessidades de reuso, com um saldo de 206,1L por semana. Na Tabela 5, é possível perceber que há uma pluviosidade significativa na maioria dos meses do ano. Julho é o mês com maior precipitação e volume de água pluvial,  $16,1m^3$ , e novembro é aquele com menor precipitação e volume,  $1,41m^3$ . Para suprir as necessidades da residência seriam necessários  $2,38m^3$  de volume de chuva por mês. Com o saldo de 206L por semana, será possível reservar água da chuva para atender os meses de menor precipitação, como novembro.

Tabela 5 – Volume de água da chuva referente a todos os meses do ano.

Mês	Precipitação (mm)	Volume m <sup>3</sup> /mês
Janeiro	108	4,5
Fevereiro	148	6,2
Março	257	10,7
Abril	338	14,1
Mai	319	13,3
Junho	378	15,7
Julho	388	16,1
Agosto	205	8,5
Setembro	122	5,1
Outubro	63	2,6
Novembro	36	1,5
Dezembro	57	2,4

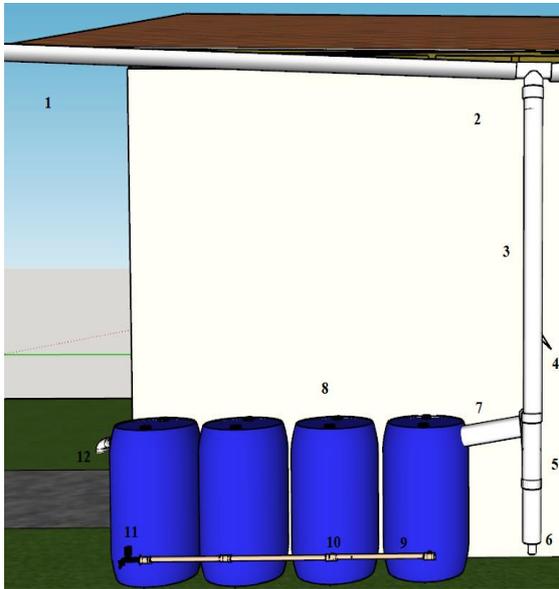
Fonte: Clima Tempo Adaptado (2019).

#### Sistema de Água Pluvial

O sistema escolhido foi a minicisterna, adaptado de Urbano (2014). O modelo de captação da água da chuva foi realizado através do SketchUp. A Figura 9 ilustra os componentes do sistema e suas funções. A Figura 10 representa a perspectiva da

residência com o sistema de reúso devidamente aplicado.

Figura 9 – Esquema do aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Autora

Os componentes do sistema de reúso:

1. Calhas;
2. Bocal;
3. Condutor vertical;
4. Filtro;
5. Separador de água da chuva;
6. Extremidade do separador;
7. Tubulação que leva água mais limpa para as bombonas;
8. Bombona;
9. Tubulação horizontal;
10. Ponto de interligação;
11. Torneira;
12. Extravasor.

Figura 10 – Residência com sistema de água pluvial.



Fonte: Autora

## Viabilidade do Projeto

Custo da implementação do sistema de captação de água da chuva

A Tabela 6 representa os valores dos componentes necessários para montagem do sistema de reúso, calhas e condutores. A Tabela 7, refere-se às peças utilizadas para instalação do sistema de armazenamento, filtro e descarte da água da chuva, esses dados foram obtidos através de fornecedores na capital, Recife.

Tabela 6 – Custo do sistema calhas e condutor.

Material	Un.	Custo unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Calha de PVC (100 mm) 3 m	3	57,90	173,7
Suporte de PVC circular 100 mm	9	6,2	81,00
Bocal para calha	1	10,7	49,5
Emenda de PVC 100 mm	1	14,1	28,90
Cabeceira de PVC 100 mm	1	13,3	28,80
Tubulação 100 mm	2	16,1	53,00
Braçadeira	1	8,5	35,40
Tampa de calha	122	5,1	7,90
<b>Total (R\$)</b>			<b>458,20</b>

Fonte: Autora.

Tabela 7 – Custo dos componentes de instalação do sistema de bombonas.

Material	Un.	Custo unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Bombona 200 L	4	100,00	400,00
Tê de 100 mm, saída de 75mm	1	16,90	16,90

Joelho de 90°, 75mm	4	4,99	19,96
Tubo de 75mm	1	15,10	15,10
Tubo de 20mm,	1	6,90	6,90
Tê de 20mm	4	1,29	5,16
Torneira plástica	1	3,90	3,90
Tela de mosqueteiro	1	3,36	3,36
Cap de 100mm	1	8,00	8,00
Cap de 20mm	1	0,45	0,45
Adaptador com flange	4	6,19	24,76
Veda Rosca	1	2,89	2,89
Adesivo para PVC	1	5,00	5,00
<b>Total (R\$)</b>			<b>509,79</b>

Fonte: Autora.

O valor do custo total do projeto de reúso foi de R\$ 967,99, valor a ser comparado com o custo total de construção da residência.

#### Custo da residência unifamiliar

A Tabela 8 representa o resumo do orçamento dos serviços referente às etapas de construção da residência. No Apêndice H esse orçamento é detalhado em planilha.

Tabela 8 – Orçamento das etapas de construção da residência.

<b>Resumo do Orçamento</b>	
<b>Discriminação</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Serviços preliminares	64,01
Cobertura	4.527,32
Alvenaria	6.006,00
Revestimento horizontal	3.673,75
Revestimento vertical	20.429,68
Pintura	2.919,39
Impermeabilização	2.423,26
Esquadrias	6.800,31
Itens complementares	1.100,06
Fundações	3.062,44
Estruturas	7.145,70
Instalação elétrica	2.552,04
Instalação hidráulica	3.572,85

<b>Total geral com BDI 25% (R\$)</b>	<b>105.507,99</b>
--------------------------------------	-------------------

Fonte: Autora.

O custo total considerando a construção da residência e do sistema de aproveitamento de água da chuva foi de R\$ 106.475,98, que representa o valor de investimento do Governo. Vale salientar que o sistema de reúso representa uma parcela muito pequena do total da obra, cerca de 0,90%.

#### Viabilidade ambiental e econômica

Como visto no cálculo do consumo de água (Tabela 4), uma residência gastaria 2,38 m<sup>3</sup> para reúso mensal. Significa dizer que numa região com 250 casas populares, o volume de reúso seria 595m<sup>3</sup> por mês, ou 7.140 m<sup>3</sup> por ano, uma economia de 7.140.000L de água tratada anual.

Outro atrativo para a compra do imóvel seria a economia de água tratada residencial, uma vez que o sistema de reúso reduziria o valor na conta de água do usuário.

A Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) é uma organização responsável pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário. As tarifas de Recife são cobradas por m<sup>3</sup>, os valores são especificados na Tabela 9.

Tabela 9 – Estrutura Tarifária Residencial.

<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Tarifa Social Até 10 m <sup>3</sup> /mês	9,22
Custo fixo – até 10 m <sup>3</sup> /mês	44,08
10,001 a 20,000 m <sup>3</sup>	5,05
20,001 a 30,000 m <sup>3</sup>	6,01
30,001 a 50,000 m <sup>3</sup>	8,27
50,001 a 90,000 m <sup>3</sup>	9,8
90,001 a 999999,000 m <sup>3</sup>	18,83

Fonte: COMPESA (2019).

No estudo, o consumo sem aproveitamento de água pluvial seria de 18 m<sup>3</sup>/mês e com a captação de água da chuva é 15,62 m<sup>3</sup>/mês.

O cálculo dos custos de consumo é feito utilizando a distribuição por faixas, pois é a estrutura tarifária da Concessionária (Rodrigues, 2016).

- Para o consumo de 18 m<sup>3</sup>/mês:

A 1ª Faixa com 10 m<sup>3</sup> tem como custo fixo o valor fixo de R\$ 44,80; A 2ª Faixa com 8m<sup>3</sup> tem como custo fixo R\$ 40,40; Totalizando R\$ 85,20.

- Para o consumo de 15,62 m<sup>3</sup>/mês:

A 1ª Faixa com 10 m<sup>3</sup> tem como custo fixo o valor de R\$ 44,80; A 2ª Faixa com 5,62 m<sup>3</sup> tem como custo fixo R\$ 28,40; Totalizando R\$ 73,20.

Com o uso da água de reúso, o usuário da residência economizaria 12 reais por mês na conta de água da residência, isso equivale a R\$ 144,00 reais no ano.

Com base nas avaliações desenvolvidas até então, é possível pontuar várias vantagens da aplicabilidade do sistema proposto:

1. O valor investido pelo Governo para implantação do projeto representa uma parcela muito pequena em relação ao custo de construção da residência;
2. É possível a economia de grande volume de água tratada, ao longo do ano;
3. A residência teria visibilidade sustentável, já que a população seria estimulada à prática de uma consciência ambiental;
4. As vendas poderiam ser impulsionadas, visto que os habitantes da residência também economizariam na conta de água;
5. À medida que a demanda por água tratada diminuísse, reduziria os gastos do Governo com captação, tratamento de água e infraestrutura.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, projetos vinculados à temática sustentável apresentam grande relevância social e econômica, principalmente quando aplicados no âmbito da população de média à baixa renda. Os investimentos no setor da construção civil, precisam estar sempre atrelados à economia dos recursos naturais. Com o modelo de reúso de água da chuva proposto será possível a economia de grande volume de água tratada ao longo do

ano. Este valor poderá chegar 7.140.000L de água tratada, sendo adotado em um loteamento com 250 casas populares por exemplo. Além disso, a prática de aproveitamento de água da chuva estimula os usuários a uma conscientização ambiental sobre a necessidade do uso sustentável da água, a partir de técnicas de economia e reúso hídrico.

No projeto, a captação da água de chuva se deu apenas por uma água do telhado, sendo suficiente para suprir as necessidades de água não potável da residência, visto que o volume de chuva aproveitável correspondeu a 8,38m<sup>3</sup>/mês, valor extremamente compatível com o alto índice de chuvas na cidade do Recife. Os materiais empregados na instalação do sistema de captação de água das chuvas foram de baixo custo e simples aplicação, no qual o projeto de implantação apresentou custo muito inferior ao valor total da construção residencial, representando, apenas, 0,90% deste. Outro fator relevante na aplicabilidade do projeto é o auxílio na redução do escoamento superficial da água da chuva, que muitas vezes acarreta em enchentes críticas, além de ser uma alternativa para cidades que sofrem com a escassez e racionamento de água.

Portanto, o aproveitamento de água da chuva é uma prática que apresenta vantagens reais de economia e que deve impulsionar o projeto de instalações de águas pluviais dentro do contexto de construção sustentável. Inserir-lo dentro do projeto Minha Casa Minha Vida acaba sendo uma forma de beneficiar a maior parte da população brasileira, que é composta pela classe social menos favorecida.

Para trabalhos futuros, é recomendável o estudo da viabilidade para diferentes tipos de reservatórios de captação, sendo possível comparar a eficiência de sistemas variados. Além disso, seria interessante inserir outros meios de economia sustentável na residência, por exemplo, o reúso de águas cinzas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844**: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Muita água para pouca consciência**. Brasília, DF: ANA, 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/muita-a-gua-para-pouca-consciaancia.2019-03-15.4481351298>. Acesso em: 22 out. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Agência de Águas alerta para má distribuição dos recursos hídricos no país embora recurso seja abundante**. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/agaancia-de-aguas-alerta-para-ma-distribuiassapso.2019-03-15.6104030097>. Acesso em: 10 out. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Falta de água potável no mundo aparece relacionada a 80% das mortes e doenças**. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/falta-de-a-gua-pota-vel-no-mundo-aparece.2019-03-14.1777251782>. Acesso em: 15 out. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Aproveitamento de água de chuva é incluído na Legislação**. Brasília, DF: ANA, 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias/aproveitamento-de-agua-de-chuva-e-incluido-na-legislacao>. Acesso em: 17 out. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Agência de Águas alerta para má distribuição dos recursos hídricos no país**

**embora recurso seja abundante**. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/agaancia-de-aguas-alerta-para-ma-distribuiassapso.2019-03-15.6104030097>. Acesso em: 17 out. 2019.

BRITO, A. W. B. **Estudo de Viabilidade de um Muro Residencial Sustentável para Aproveitamento de Água da Chuva**. 2017. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Cabo de Santo Agostinho, 2017. Disponível em: [https://www.repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1368/1/tcc\\_art\\_andrewillianbarbosabrito.pdf](https://www.repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1368/1/tcc_art_andrewillianbarbosabrito.pdf). Acesso em 13 out. 2019.

BONA, B. O. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho (RS)**. 2014. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1365/Bona\\_Berenice\\_de\\_Oliveira.pdf?ssequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1365/Bona_Berenice_de_Oliveira.pdf?ssequence=1&isAllowed=y). Acesso em 15 out. 2019.

BOTELHO, M. H. C; RIBEIRO JÚNIOR, G. A. **Instalações Hidráulicas Prediais Utilizando Tubos Plásticos**. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2014. p. 251 – 272.

CARDOSO, D. C. **Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social – Caso: “Minha Casa Minha Vida”**. 2010. 65f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2010.

CLIMATOLOGIA. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Recife, BR**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/259/recife-pe>. Acesso em 02 nov. 2019.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. **Estrutura Tarifária**. Pernambuco: COMPESA, 2019. Disponível em: <https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>. Acesso em: 13 nov. 2019.

DETONI, T. L.; DONDONI, P. C.; A Escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica. **Revista Ciências Administrativas**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 191-204, 2008. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/rca/article/view/20>. Acesso em 05 nov. 2019.

FERREIRA, A. D. D. **Habitação Autossuficiente, interligação e integração de sistemas alternativos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FURRIELA, R. B. Educação para o consumo sustentável. *In*: Ciclo de Palestras sobre Meio Ambiente - Programa Conheça a Educação do Cibec/Inep - MEC/SEF/COEA, Brasília, 2001, p. 47-55. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/download/cibec/pce/2001/47-55.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2019.

BERNARDES, Georgia Grace. Rio + 20 impulsiona a construção sustentável. Entrevistadora: Altair Santos; **Massa cinzenta**, Curitiba, 13 jun. 2012. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/rio20-impulsiona-a-construcao-sustentavel/>. Acesso em: 26 nov. 2019.

GNADLINGER, J. Colheita de água de chuva em áreas rurais. *In*: Fórum Mundial de Água Haia, 2000, Holanda. Acesso em: <https://irpaa.org/colheita/indexb.htm>. Acesso em: 10 nov. 2019.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: Uso racional da água** 1. ed. Santa Catarina: UFSC/LabEEE, 2010. 3v.

Arquitetos desenvolvem sistema inteligente da captação de água da chuva. **Hypeness**. Disponível em: <https://www.hypeness.com.br/2014/12/arquitetos-desenvolvem-sistema-inteligente-de-captacao-de-agua-da-chuva/>. Acesso em: 10 out. 2019.

MATEUS, Ricardo. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Portugal, 2004. disponível: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/817/5/Parte%20I.pdf> Acesso em: 02 out. 2019.

MOREIRA, Susanna. **O que é Habitação de Interesse Social?**. [S.l.]: ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/925932/o-que-e-habitacao-de-interesse-social>. Acesso em: 03 nov. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração Universal dos Direitos da Água. Paris: ONU, 1992.

RECIFE. **Lei nº 7427, Código De Urbanismo e Obras - Codificação das Normas de Urbanismo e Obras, 19 de outubro de 1991**. Recife: Câmara Municipal [1990]. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/1961/742/7427/lei-ordinaria-n-7427-1961-codigo-de-urbanismo-e-obras-codificacao-das-normas-de-urbanismo-e-obras>. Acesso em: 20 set. 2019.

RECIFE. **Lei nº 16176, Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife. 09 de Abril de 1996**. Recife: Câmara Municipal [1996]. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/1996/1617/16176/lei-ordinaria-n-16176-1996-estabelece-a-lei-de-uso-e-ocupacao-do-solo-da-cidade-do-recife>. Acesso em: 20 set. 2019.

RODRIGUES, M. L. **Dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva no Centro de Energias Renováveis da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - Unesp.** 2016. 60f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/155182/000880139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 set. 2019.

SEMPRESUSTENTAVEL. **Projeto experimental de aproveitamento de água da chuva com a tecnologia da minicisterna para residência urbana:** manual de construção e instalação. [S.l]: SEMPRESUSTENTAVEL, 2018. Versão 1.2. Disponível em: <http://www.sempresustentavel.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2019. Acesso em 20 nov. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Pernambuco: SINAPI, 2019. Disponível em: [http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_653](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_653). Acesso em: 22 set. 2019.

**Primeira obra ‘verde’ do Minha Casa Minha Vida:** residencial construído em Minas Gerais inova e recebe a certificação Selo Casa Azul, da CAIXA. Disponível em: [https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/primeira-obra-verde-do-minha-casa-minha-vida\\_6627\\_10\\_20](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/primeira-obra-verde-do-minha-casa-minha-vida_6627_10_20). Acesso em: 28 nov. 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva:** aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 1 ed. São Paulo: Navegar, 2000.

## APÊNDICE

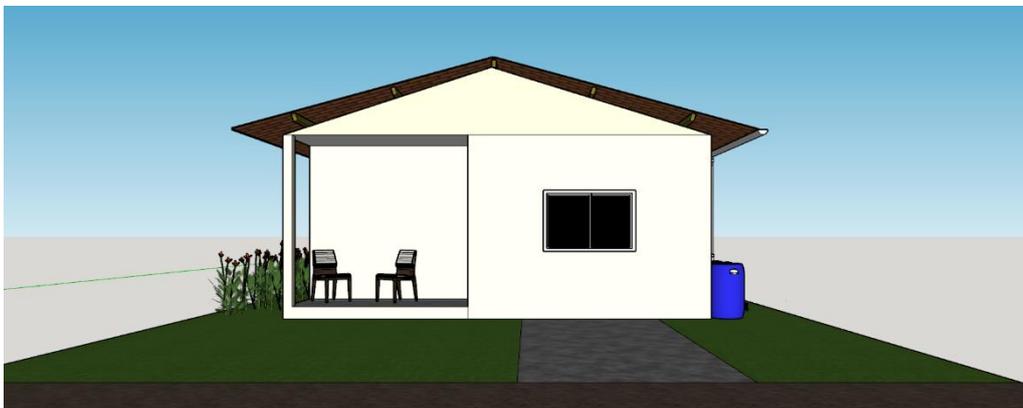
### APÊNDICE A – Residência unifamiliar.



### APÊNDICE B – Vista Frontal.



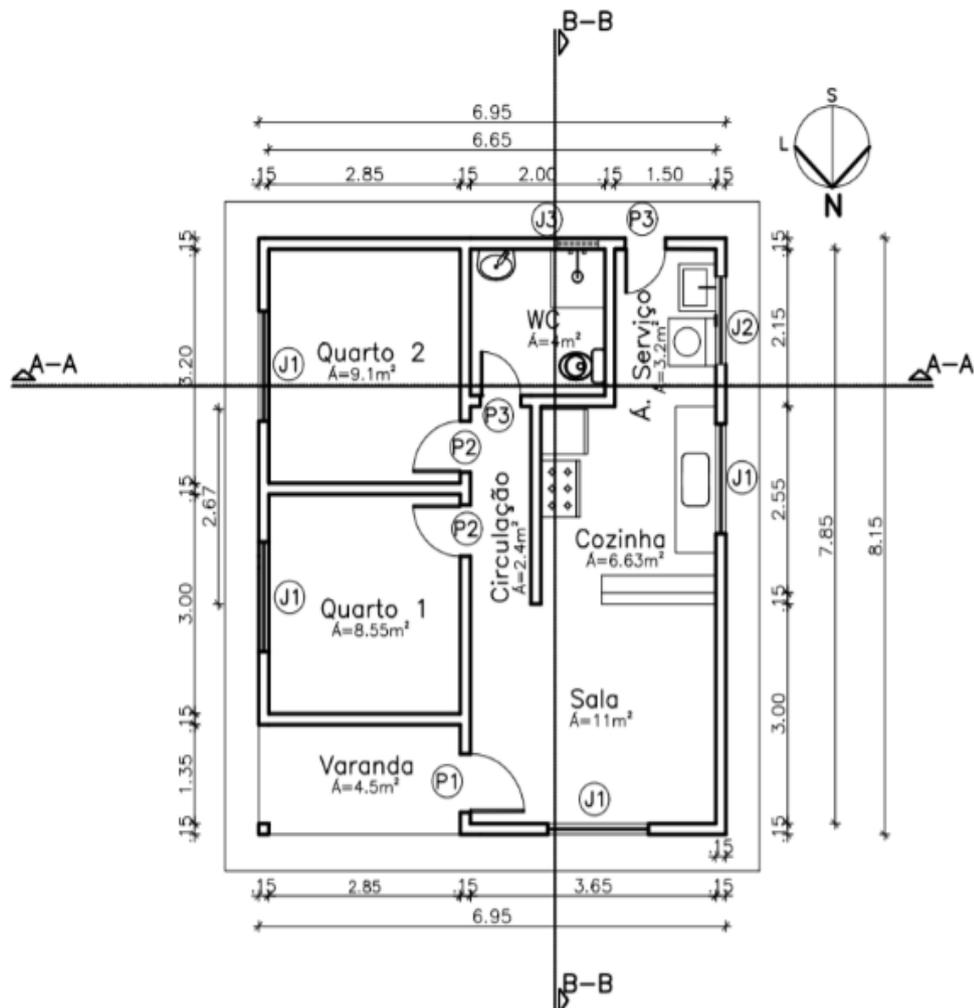
### APÊNDICE C – Vista Lateral Esquerda.



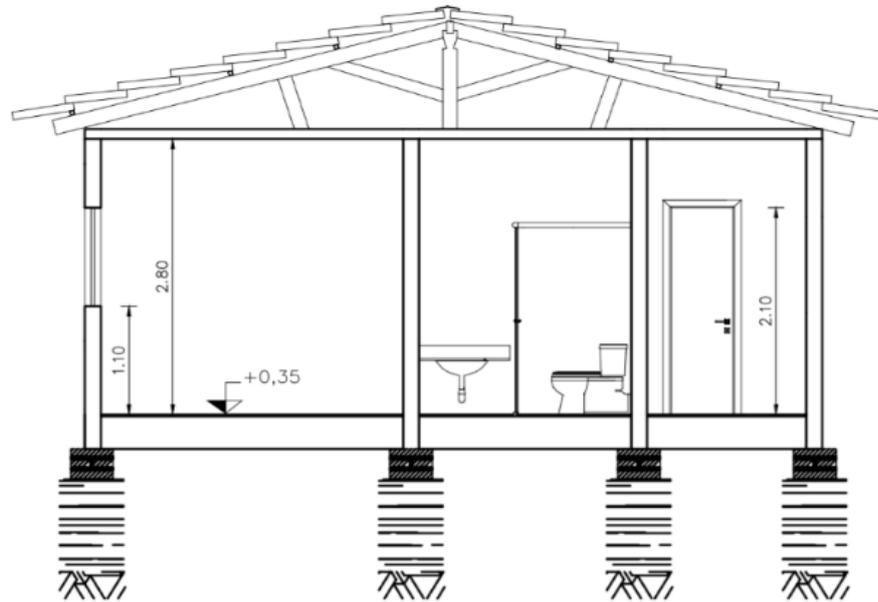
APÊNDICE D – Vista Lateral Direita.



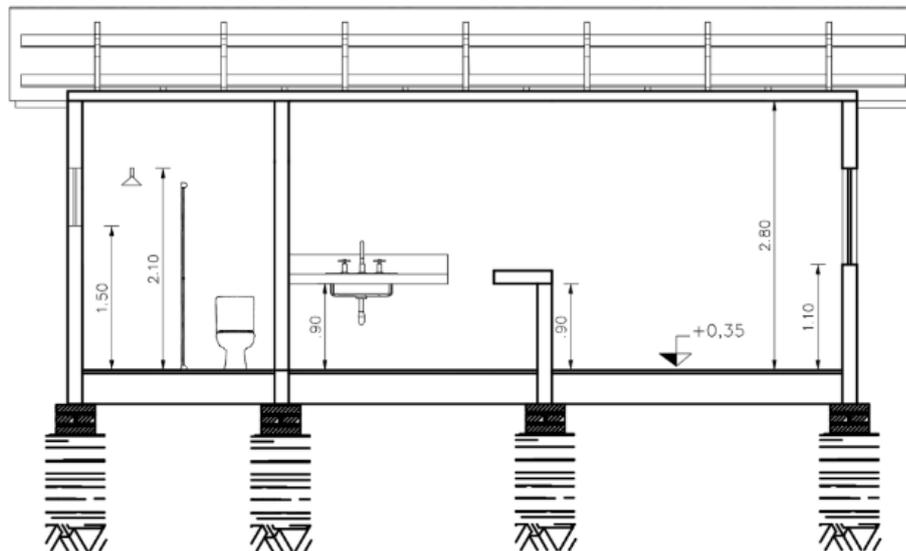
APÊNDICE E – Planta Baixa, medidas em metros.



APÊNDICE F – Corte B-B, medidas em metros.



APÊNDICE G – Corte A-A, medidas em metros.



APÊNDICE H – Descrição e quantitativo de serviços.

Quadro 3 – Orçamento da residência unifamiliar.

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIMINAÇÃO DO SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIDADES	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
<b>1</b>			<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>			<b>R\$</b>	<b>R\$ 64,01</b>
1.1	73859/002		CAPINA E LIMPEZA MANUAL DE TERRENO	M²	56,64	1,13	R\$ 64,01
<b>2</b>			<b>COBERTA</b>				<b>R\$ 4.748,48</b>
2.1	94207	SINAPI OUT 2019	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	M²	67,84	44,46	R\$ 3.016,24
2.2	92543	SINAPI OUT 2019	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA M2 AS 10,91 TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M²	67,84	10,90	R\$ 739,47
2.3	94219	SINAPI OUT 2019	CUMEEIRA E ESPIGÃO PARA TELHA CERÂMICA EMBOÇADA COM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (CIMENTO, CAL E AREIA), PARA TELHADOS COM MAIS DE 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	M	9,35	24,52	R\$ 229,26
2.4	92555	SINAPI OUT 2019	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE TESOURA INTEIRA EM MADEIRA NÃO APARELHADA, UN AS 541,14 VÃO DE 3 M, PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	UN	3	254,50	R\$ 763,50
<b>3</b>			<b>ALVENARIA</b>				<b>R\$ 6.006,00</b>
3.1	87504	SINAPI OUT 2019	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA	M²	118,86	50,53	R\$ 6.006,00

			LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/ 2014				
<b>4</b>			<b>PISOS</b>				<b>R\$ 3.673,75</b>
4.1	87622	SINAPI OUT 2019	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MANUAL, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 2CM. AF_06/2014	M²	56,78	25,47	R\$ 1.446,28
4.2	87249	SINAPI OUT 2019	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 45X45 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MENOR QUE 5 M2. AF_06/20	M²	9,59	47,46	R\$ 454,90
4.3	87250	SINAPI OUT 2019	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 45X45 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA ENTRE 5 M2 E 10 M2. AF_0 6/2014	M²	24,48	38,7	R\$ 947,32
4.4	87251	SINAPI OUT 2019	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIM M2 CR 32,73 ENSÕES 45X45 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10 M2. AF_06/2	M²	10,95	32,94	R\$ 360,69
4.5	73921/2	SINAPI OUT 2019	PISO EM PEDRA ARDOSIA ASSENTADO SOBRE ARGAMASSA COLANTE REJUNTADO COM CIMENTO COMUM	M²	11,77	39,47	R\$ 464,56
<b>5</b>			<b>REVESTIMENTO VERTICAL</b>				<b>R\$ 20.429,68</b>
INTERNO							
5.1	87876	SINAPI OUT 2019	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M²	195,83	8,92	R\$ 1.746,82
5.2	87530	SINAPI OUT 2019	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M²	195,83	27,24	R\$ 5.334,46

5.3	87528	SINAPI OUT 2019	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA MENOR QUE 5M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M²	62,72	29,78	R\$ 1.867,80
5.4	87532	SINAPI OUT 2019	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM FACES <b>INTERNAS</b> DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA ENTRE 5M2 E 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M²	95,87	26,35	R\$ 2.526,23
5.5	87536	SINAPI OUT 2019	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA MAIOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M²	37,24	23,8	R\$ 886,31
5.6	87264	SINAPI OUT 2019	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 20X20 CM APLICADAS EM AMBIENTES DE ÁREA MENOR QUE 5 M² NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES. AF_06/2014	M²	42,73	46,83	R\$ 2.000,95
5.7	87265	SINAPI OUT 2019	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 20X20 CM APLICADAS EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 5 M² NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES. AF_06/2014	M²	29,23	40,64	R\$ 1.187,99
EXTERNO							
5.8	87891	SINAPI OUT 2019	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (SEM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M²	84,56	9,93	R\$ 839,68
5.9	87781	SINAPI OUT 2019	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS DE <b>FACHADA</b> COM PRESENÇA DE VÃOS, ESPESSURA DE 35 MM. AF_06/2014	M²	84,56	47,77	R\$ 4.039,43
<b>6</b>			<b>PINTURA</b>				<b>R\$ 2.919, 39</b>

6.1	88485	SINAPI OUT 2019	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES, UMA DEMÃO. AF_06/2014	M²	84,56	1,94	R\$ 164,05
6.2	88483	SINAPI OUT 2019	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR LÁTEX PVA EM PAREDES, UMA DEMÃO. AF_06/2014	M²	123,87	2,57	R\$ 318,35
6.3	88487	SINAPI OUT 2019	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA EM PAREDES, DUAS DEMÃO S. AF_06/2014	M²	123,87	8,84	R\$ 1.095,03
6.4	88423	SINAPI OUT 2019	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA TEXTURIZADA ACRÍLICA EM PAREDES EXTERNAS DE CASAS, UMA COR. AF_06/2014	M²	84,56	15,87	R\$ 1.341,97
<b>7</b>			<b>IMPERMEABILIZAÇÃO</b>				<b>R\$ 2.423,26</b>
PAREDES - BANHEIROS, COZINHA E ÁREA DE SERVIÇO							
7.1	98561	SINAPI OUT 2019	IMPERMEABILIZAÇÃO DE PAREDES COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E = 2CM. AF_06/2018	M²	71,96	27,37	R\$ 1.969,55
PISO - BANHEIROS, COZINHA E ÁREA DE SERVIÇO							
7.2	98560	SINAPI OUT 2019	IMPERMEABILIZAÇÃO DE PISO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E = 2CM. AF_06/2018	M²	13,99	32,43	R\$ 453,71
<b>8</b>			<b>ESQUADRIAS</b>				<b>R\$ 6.800,31</b>
8.1	91306	SINAPI OUT 2019	FECHADURA DE EMBUTIR PARA PORTAS INTERNAS, COMPLETA, ACABAMENTO PADRÃO MÉDIO, COM EXECUÇÃO DE FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	5	73,16	R\$ 365,80
8.2	90820	SINAPI OUT 2019	PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), 60X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, INCLUSO DOBRADIÇAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08 /2015	UN	2	261,94	R\$ 523,88

8.3	90821	SINAPI OUT 2019	PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), 70X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, INCLUSO DOBRADIÇAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08 /2015	UN	2	283,79	R\$ 567,58
8.4	90793	SINAPI OUT 2019	PORTA-PRONTA DE MADEIRA, FOLHA PESADA OU SUPERPESADA, 90X210CM, FIXAÇÃO UN CR 424,86 O COM PREENCHIMENTO TOTAL DE ESPUMA EXPANSIVA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	1	442,07	R\$ 442,07
8.5	91016	SINAPI OUT 2019	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA VERNIZ, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 90X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTA GEM E INSTALAÇÃO DO BATENTE, SEM FECHADURA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO . AF_08/2015	UN	1	593,83	R\$ 593,83
8.8	94560	SINAPI OUT 2019	JANELA DE AÇO DE CORRER, 2 FOLHAS, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA, COM VIDROS, PADRONIZADA. AF_07/2016	M²	6,00	569,93	R\$ 3.419,58
8.9	94559	SINAPI OUT 2019	JANELA DE AÇO BASCULANTE, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA, SEM VIDROS, PADRONIZADA. AF_07/2016	M²	1,08	612,94	R\$ 661,98
8.10	72119	SINAPI OUT 2019	VIDRO TEMPERADO INCOLOR, ESPESSURA 8MM, FORNECIMENTO E INSTALACAO, INCLUSIVE MASSA PARA VEDACAO	M²	1,08	208,88	R\$ 225,59
<b>9</b>			<b>ITENS COMPLEMENTARES</b>				<b>R\$ 1.100,06</b>
9.1	86931	SINAPI OUT 2019	VASO SANITÁRIO SIFONADO COM CAIXA ACOPLADA LOUÇA BRANCA, INCLUSO ENGATE FLEXÍVEL EM PLÁSTICO BRANCO, 1/2 X 40CM - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO . AF_12/2013	UN	1	356	R\$ 352,81
9.2	86939	SINAPI OUT 2019	LAVATÓRIO LOUÇA BRANCA COM COLUNA, *44 X 35,5* CM, PADRÃO POPULAR, INCLUSO SIFÃO FLEXÍVEL EM PVC, VÁLVULA E ENGATE FLEXÍVEL 30CM EM PLÁSTICO E COM TORNEIRA CROMADA PADRÃO POPULAR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2013	UN	1	272,7	R\$ 272,7
9.3	86900	SINAPI OUT 2019	CUBA DE EMBUTIR DE AÇO INOXIDÁVEL MÉDIA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. A F_12/2013	UN	1	133,9	R\$ 133,9

9.4	86925	SINAPI OUT 2019	TANQUE DE MÁRMORE SINTÉTICO COM COLUNA, 22L OU EQUIVALENTE, INCLUSO SIFÃO FLEXÍVEL EM PVC, VÁLVULA PLÁSTICA E TORNEIRA DE METAL CROMADO PADRÃO POPULAR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2013	UN	1	340,65	R\$ 340,65
	Porcentagem do valor da obra						
<b>10</b>	<b>6%</b>		<b>FUNDAÇÕES</b>				<b>R\$ 2.889,90</b>
<b>11</b>	<b>14%</b>		<b>ESTRUTURAS</b>				<b>R\$ 6.743,09</b>
<b>12</b>	<b>5%</b>		<b>INSTALAÇÃO ELÉTRICA</b>				<b>R\$ 2.408,25</b>
<b>13</b>	<b>7%</b>		<b>INSTALAÇÃO HIDRÁULICA</b>				<b>R\$ 3.371,55</b>

<b>VALOR DA OBRA (Com BDI e encargos sociais)</b>	<b>R\$ 105.507,99</b>
---	-----------------------

Fonte: SINAPI (2019).