



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DANYLO WESLEY MACENA SILVA
MARIANA GONÇALVES DE GODOY

**ANÁLISE DOS IMPACTOS E DA VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO E APLICAÇÃO
DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS E DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA
CHUVA EM CASAS POPULARES DE UM EMPREENDIMENTO NO AGRESTE
PERNAMBUCANO**

Recife

2021

DANYLO WESLEY MACENA SILVA E
MARIANA GONÇALVES DE GODOY

**ANÁLISE DOS IMPACTOS E DA VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO E APLICAÇÃO
DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS E DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA
CHUVA EM CASAS POPULARES DE UM EMPREENDIMENTO NO AGRESTE
PERNAMBUCANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial
para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Sávia Gavazza dos Santos Pessôa.

Coorientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Azevedo Luz de Lima.

Recife

2021

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

- S586a Silva, Danylo Wesley Macena.
Estudo comparativo entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas no local / Danylo Wesley Macena Silva, Mariana Gonçalves de Godoy. - 2021.
76 folhas, il., gráfs., tabs.
- Orientadora: Profa. Dra. Sávia Gavazza dos Santos Pessoa.
Coorientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Azevedo Luz de Lima.
- TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2021.
Inclui Referências e Anexos.
1. Engenharia civil. 2. Reuso. 3. Água cinza. 4. Água de chuva. 5. Casas populares. I. Godoy, Mariana Gonçalves de. II. Pessoa, Sávia Gavazza dos Santos (Orientadora). III. Lima, Júlio Cesar Azevedo Luz de (Coorientador). IV. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2021-165

DANYLO WESLEY MACENA SILVA E
MARIANA GONÇALVES DE GODOY

**ANÁLISE DOS IMPACTOS E DA VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO E APLICAÇÃO
DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS E DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA
CHUVA EM CASAS POPULARES DE UM EMPREENDIMENTO NO AGRESTE
PERNAMBUCANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal
de Pernambuco, Centro de Tecnologia e
Geociências, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 06/05/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Sávia Gavazza dos Santos Pessôa (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Nyadja Menezes Rodrigues Ramos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. James Charles Ruas Machado de Souza (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por nos dar saúde e a oportunidade de trabalhar e vencer nossos desafios.

Aos nossos pais, Zildete, José Diniz, Michele e Stenio por todo carinho, dedicação e amor ao longo de todos os momentos das nossas vidas, independentemente de estarem perto ou longe. Amamos vocês.

Aos nossos irmãos Danielyton, Michele, Carolina e Beatriz por todo apoio, amizade e compreensão.

Aos nossos amigos e namorados que nos apoiaram e estiveram envolvidos direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Aos colegas de curso pelo companheirismo e compreensão.

À Viana & Moura Construções e todos os funcionários que proporcionaram e viabilizaram a realização deste trabalho. Nosso muito obrigada.

Agradecemos à Universidade Federal de Pernambuco e a todos os professores que por proporcionarem o aprendizado, não apenas o intelectual, o aprendizado da vida.

À nossa professora orientadora Sávia Gavazza e ao nosso Coorientador Júlio Lima por terem dedicado parte de seu tempo para nos orientar e passar um pouco de sua sabedoria e seu conhecimento.

Por fim, agradecemos a todos vocês, nossos sinceros e não suficientes, agradecimentos.

Muito obrigado!

RESUMO

Diante da crise hídrica no mundo, o uso de fontes alternativas de água está sendo visto como uma solução bastante promissora. O presente trabalho buscou analisar a viabilidade e os impactos ambientais, sociais e econômicos causados com a implantação do sistema de reuso de águas cinzas e utilização de água de chuva em um conjunto residencial popular em Caruaru, município situado no Agreste Pernambucano. O projeto foi desenvolvido em parceria com a empresa Viana e Moura Construções LTDA, sendo, o objeto de estudo deste trabalho o empreendimento imobiliário Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra. Inicialmente foi feito o dimensionamento do sistema de captação de água de chuva e de reuso de águas cinzas para as moradias do empreendimento, incluindo custo de implantação e demanda de manutenção e operação. Em seguida foi feita uma análise, com o auxílio da ferramenta Matriz SWOT, dos pontos favoráveis e desfavoráveis dos sistemas implantados. Além disso, foram traçadas estratégias para potencializar os pontos positivos e minimizar os negativos. Concluiu-se, assim, que, apesar de algumas vulnerabilidades, os sistemas apresentaram-se viáveis e com impactos bastante positivos nos âmbitos ambiental, social e econômico. No âmbito ambiental se destaca a contribuição na manutenção dos corpos hídricos. No âmbito social, qualidade de vida e redução de doenças. Finalmente, no âmbito econômico, redução das despesas mensais familiares na aquisição de água potável.

Palavras-chave: reuso. água cinza; água de chuva; casas populares.

ABSTRACT

As the planet faces a major water crisis, the usage of alternative water sources is considered a promising solution. This research seeks to analyze the feasibility and the environmental, social and economical impacts caused by the implementation of the wastewater reuse system and the use of rainwater in a popular residential complex in Caruaru, municipality located on the Agreste region of Pernambuco. The project was made in partnership with Viana e Moura Construções LTDA (a construction company) and using the real estate development "Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra" as the main body of study. Initially, the sizing of the rainwater utilization system and the wastewater reuse system were made considering the development housing, including the cost of implementation and the need for maintenance and operation. After that, a SWOT Matrix was used in order to analyze the pros and cons of each one of the implemented systems. Furthermore, strategies were designed so as to maximize the pros and minimize the cons. At the end, the studies showed that even with some vulnerabilities, the implemented systems were viable and had great positive impacts both environmentally, socially and economically. On the environmental scope, the bodies of water conservation was the main impact. On the social one, the increase of quality of life and reduction of diseases. At last, on the economical scope, the reduction on monthly family expenses when acquiring drinking water.

Keywords: reuse; wastewater; rain water; popular houses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Regime pluviométrico no Brasil	15
Figura 2 – Esquema do fluxo do Dispositivo DesviUFPE	19
Figura 3 – Planta baixo do imóvel padrão estudado	25
Figura 4 – Localização do empreendimento	26
Figura 5 – Imagem de satélite do empreendimento	27
Figura 6 – Bacias hidrográficas em que se encontra inserido o município de Caruaru	31
Figura 7 – Recursos hídricos no município de Caruaru	32
Figura 8 – Localização do posto pluviométrico da APAC	34
Figura 9 – Média da precipitação em Caruaru	35
Figura 10 – Comparação da taxa de crescimento populacional entre o município de Caruaru e o Estado de Pernambuco	37
Figura 11 – O volume consumido no bairro Lagoa de Pedra	40
Figura 12 – Mapa de caracterização da demanda por internações em Pernambuco	42
Figura 13 – Calha implantada numa das residências do empreendimento estudado.....	45
Figura 14 – Perfil de consumo de água numa residência	51
Figura 15 – Fluxo do sistema de reuso	52
Figura 16 – Planta baixa indicando a disposição geral do sistema de reuso em casa popular modelo	52
Figura 17 – Disposição geral do sistema de reuso em casa popular modelo	53
Figura 18 – Matriz SWOT do sistema de reuso de águas cinzas e de utilização de água da chuva.....	55
Figura 19 – ODS impactados	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vazão de água total.....	29
Tabela 2 – Vazões de esgoto consideradas no presente estudo.....	30
Tabela 3 – Situação atual dos poços cadastrados no município.....	33
Tabela 4 – Dados pluviométricos do posto da APAC.....	35
Tabela 5 – Crescimento populacional no município	36
Tabela 6 – Rendimentos mensal médio para a população o município de Caruaru e o bairro de Boa Vista	38
Tabela 7 – Fontes de abastecimento de água o município de Caruaru e o bairro de Boa Vista	39
Tabela 8 – Número de unidades domiciliares por tipo de solução adotada para o esgotamento sanitário	41
Tabela 9 – Pluviosidade média mensal do posto da APAC de Caruaru.....	43
Tabela 10 – Potencial do volume da pluviometria mensal captada no imóvel padrão do empreendimento	44
Tabela 11 – Dimensões do telhado padrão do imóvel estudado.....	46
Tabela 12 – Sistema de desvio de água implantado numa das residências do empreendimento.....	47
Tabela 13 – Quantitativo de peças necessárias para a implantação do sistema de águas azuis	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO.....	13
1.2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	SITUAÇÃO DA CRISE HÍDRICA.....	14
2.1.1	Brasil	14
2.1.2	Pernambuco.....	16
2.1.3	Caruaru.....	17
2.2	SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA O FORNECIMENTO DE ÁGUA.....	17
2.2.1	O aproveitamento da água da chuva	18
2.2.2	O reuso de águas cinzas.....	20
2.3	CARACTERÍSTICAS DE HABITAÇÃO PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA	20
2.4	ARCABOUÇO LEGAL	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1	CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO	24
3.1.1	Descrição do empreendimento estudado	24
3.1.2	Localização	25
3.1.3	Estimativa da população.....	27
3.1.4	Sistema de Abastecimento de Água	28
3.1.5	Sistema de Esgotamento Sanitário.....	29
3.2	CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO QUE INFLUENCIAM NA DISPONIBILIDADE DA ÁGUA	30
3.2.1	Recursos Hídricos.....	30
3.2.1.1	Águas Superficiais	30
3.2.1.2	Águas Subterrâneas.....	33
3.2.2	Pluviometria	33
3.3	CARACTERÍSTICAS DO MEIO ANTRÓPICO QUE INFLUENCIAM E SÃO INFLUENCIADOS PELA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA	35
3.3.1	Dinâmica Populacional	36

3.3.2	Rendimentos.....	37
3.3.3	Abastecimento de Água.....	38
3.3.4	Esgotamento Sanitário.....	40
3.3.5	Saúde e doenças	41
3.4	UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA.....	42
3.4.1	Pluviometria.....	43
3.4.2	Calhas.....	44
3.4.3	DesviUFPE	45
3.4.4	Reservatório e cloração.....	47
3.4.5	Orçamento.....	47
3.5	REUSO DE ÁGUAS CINZAS	48
3.5.1	Quantidade de esgoto gerada	49
3.5.2	Definição dos pontos de utilização que terão o efluente reutilizado ...	50
3.5.3	Orçamento.....	53
3.6	MATRIZ SWOT	53
4	RESULTADOS.....	55
4.1	PONTOS FORTES.....	56
4.1.1	Aumento da disponibilidade hídrica.....	56
4.1.2	Redução do esgoto gerado	56
4.1.3	Economia com caminhões pipas	57
4.1.4	Redução dos custos com tubulação e energia de bombeamento	58
4.1.5	Redução dos casos de doença	59
4.2	PONTOS DE MELHORIA.....	60
4.2.1	Manutenção dos sistemas.....	60
4.2.2	Investimento inicial	60
4.2.3	Disponibilidade de água no período de maior escassez	60
4.3	OPORTUNIDADES	61
4.3.1	ODS e o aumento da cultura de sustentabilidade no mundo	61
4.3.2	Incentivo das agências financiadoras de crédito	62
4.3.3	Escassez hídrica na região.....	63
4.4	AMEAÇAS.....	63
4.4.1	Cultura hídrica do país.....	63
4.4.2	Outras fontes de água.....	63

4.5	DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIAS.....	63
5	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS.....	67
	ANEXO A – ORÇAMENTO DO SISTEMA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA.....	71
	ANEXO B – ORÇAMENTO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA	72

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial para todos os seres humanos, no entanto, é fácil perceber a carência deste em diversas partes do mundo. Analisa-se que, em regiões com pouca disponibilidade, o valor comercial deste bem tende a aumentar e, conseqüentemente, o acesso por moradores de baixa renda se torna mais difícil.

Apesar do Brasil ser o país com o maior volume disponível de água doce do planeta, quase 10% dos domicílios, em 2019, não contavam com o abastecimento de água diário, segundo o Instituto de Geografia e Estatística (IBGE). Situação ainda mais agravante ao ver-se apenas a região Nordeste, cuja estatística aumenta para 31% dos domicílios sem regime de abastecimento diário de água.

Tendo em vista essa problemática, o presente estudo foi desenvolvido com a finalidade de avaliar alternativas que possam abrandar esta grande dificuldade que assola a vida de milhões de brasileiros, e, colocando em parâmetros globais, bilhões de pessoas.

Assim, foi-se estudado e analisado diversos fatores da implementação de dois sistemas: o sistema de reuso de águas cinzas, que, resumidamente, é a reutilização, após tratamento, da água residual utilizada nos chuveiros, pias de banheiro, tanques e máquinas de lavar; e o sistema de utilização de águas azuis, que consiste na captação e uso da água proveniente da chuva.

Estes dois sistemas tem o potencial de ser implantados em unidades habitacionais unifamiliares de um empreendimento popular em Caruaru, município brasileiro situado na região do Agreste Pernambucano, que, por sua vez, tem um dos piores indicadores de escassez de água do Brasil.

Este estudo buscou analisar os impactos dos sistemas mencionados acima, além de verificar a viabilidade da implantação dos mesmos.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Conforme cenário atual supracitado, este trabalho tem como principal motivação a melhoria das condições de vida das populações do município de Caruaru que enfrentam a escassez de água. Para tal, foram realizados estudos e análises de aplicações práticas de dois sistemas de fontes alternativas de água, com o intuito de possibilitar maiores oportunidades ao acesso a este bem, direito básico de qualquer ser humano.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade e o impacto causado com a implantação dos sistemas de reuso das águas cinzas e utilização das águas de chuva em casas populares de um empreendimento no Agreste Pernambucano. Tendo como objetivos específicos:

- a) Analisar a viabilidade e os impactos ambientais dos sistemas de reuso de água cinza e de utilização de águas azuis num empreendimento em Caruaru;
- b) Analisar a viabilidade e os impactos sociais dos sistemas de reuso de água cinza e de utilização de águas azuis num empreendimento em Caruaru;
- c) Analisar a viabilidade e os impactos econômicos dos sistemas de reuso de água cinza e de utilização de águas azuis num empreendimento em Caruaru.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

É fácil perceber a essencialidade da água para a vida no planeta. Entretanto, com o crescente consumo de água e com a má gestão e uso deste recurso, a escassez vem se tornando um problema cada vez mais sério.

Segundo UNICEF (2019), uma em cada três pessoas no mundo não possui acesso à água de qualidade para beber. Devido a essa dificuldade, a população mais carente fica vulnerável à ingestão deste recurso sem procedência confiável, potencializando a contaminação e a mortalidade através de doenças infecciosas e parasitárias. Estimativas da ONU indicam que a falta de água potável causa a morte de 1,7 milhão de crianças por ano no mundo, a partir de doenças como cólera, diarreia e malária.

Diante desses aspectos, para que a população tenha qualidade de vida, cresce a necessidade por pesquisas, que busquem novas tecnologias e fontes de água alternativas, além de novas formas de gestão e conscientização do uso desses recursos, tão indispensáveis. Como por exemplo, reutilização de água ou a captação e aproveitamento da água da chuva, desde que sejam implementados e utilizados com a devida segurança e confiabilidade.

2.1 SITUAÇÃO DA CRISE HÍDRICA

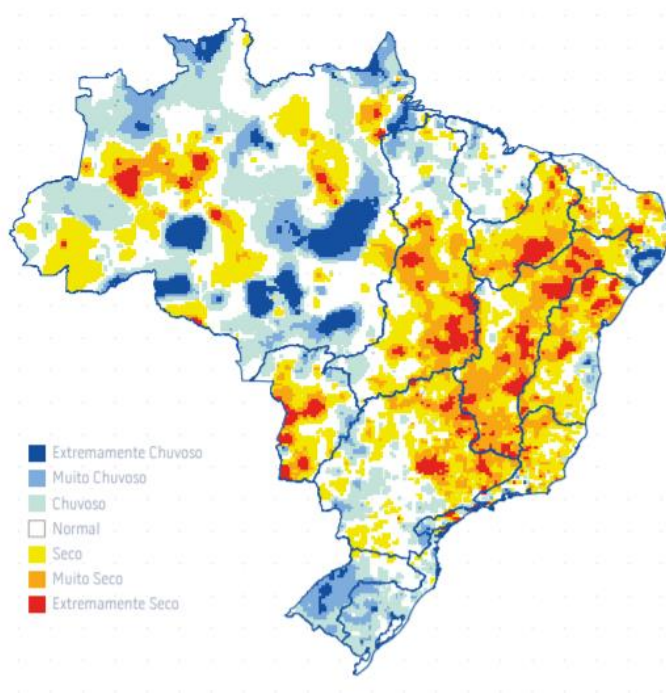
2.1.1 Brasil

Conforme diversos autores (como por exemplo ANA, 2009; BRASIL, 2017) o Brasil tem situação privilegiada quando se diz respeito à quantidade dos recursos hídricos, se destacando no cenário mundial. Estimativas indicam que 12% da água doce disponível no mundo, se encontra no Brasil.

Esta grande disponibilidade bruta de recursos hídricos no país, causa uma falsa percepção de que estes são inesgotáveis. No entanto, há uma má distribuição desse recurso, visto que 70% da água disponível está localizada na região Amazônica, onde se encontra a menor densidade populacional. Já na região Nordeste, que concentra 30% da população brasileira, possui apenas 3% da água doce do país.

Este cenário de distribuição da água pode ser facilmente percebido ao observar-se a pluviosidade nas regiões do país, como mostra a Figura 1, desenvolvida pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2018.

Figura 1 - Regime pluviométrico no Brasil



Fonte: ANA, 2018.

Este fato, dentre outros, resulta no estresse hídrico, visível e atual em diversas regiões brasileiras. Segundo pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) no ano de 2010, o Brasil possuía mais de 3 milhões de brasileiros, cerca de 6% da população, sem acesso a água encanada.

Diante deste cenário nacional, o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) apresentou em seu quinto edital o tema central “Racionalização do uso da água e conservação de energia em sistemas de abastecimento públicos e em edificações, por meio da redução do consumo, reaproveitamento de fontes alternativas e outras formas de uso racional da água”. Uma das principais vertentes dos trabalhos desenvolvidos foi estudar e propor sistemas para melhor aproveitamento de águas de chuvas e reuso, a exemplo o projeto da Universidade

Federal de Santa Catarina (UFSC), que objetivava o desenvolvimento e análise de fontes alternativas de água para fins potáveis e não potáveis, abrangendo mais especificamente um sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo humano, caracterizando a qualidade da água pluvial.

Este é um exemplo entre muitos outros estudos brasileiros que indicam a importância da sustentabilidade ambiental do saneamento básico, e a necessidade de mudança dos conceitos e das práticas hoje vigentes, com a adoção de novos métodos e sistemas, para que se consiga transformar a vida de vários brasileiros.

2.1.2 Pernambuco

Pernambuco é o sétimo estado brasileiro, dentre os 27, com maior população e o sexto com maior densidade demográfica. Segundo o IBGE (2018), o volume de água consumida por dia, no Brasil, era de mais de 26 milhões de metros cúbicos, resultando no consumo médio per capita de 127,5 litros por dia. Já em Pernambuco a situação é mais desfavorável, onde o volume de água consumida por dia era de aproximadamente 720 mil de metros cúbicos, resultando no consumo médio per capita de 76,2 litros por dia.

De acordo com outra pesquisa do Instituto Nacional de Geografia Estatística (IBGE, 2010), mais de 13% da população pernambucana não tinha acesso a água encanada no ano de 2010.

Somando a isso, diversos autores (Santos, 2015; Silva e Galvêncio, 2010; Duarte, 2009, Albuquerque e Galvêncio, 2010; Santos, 2010; Assis, Lacerda e Sobral, 2012; e Fachine, 2012) apontam para pequenas reduções nas vazões de algumas bacias nos últimos anos e possíveis agravamentos nas próximas décadas, devido ao atual estado de degradação dos recursos hídricos, ao comportamento das vazões das bacias hidrográficas, aos cenários de mudanças climáticas, e a outros contextos ambientais atuais do estado de Pernambuco.

Diante de todos esses fatores, já existem iniciativas para amenizar este problema tão alarmante, uma dessas iniciativas é o sistema adotado no estádio de futebol Valdemar Viana de Araújo, em Afogados da Ingazeira, onde toda água utilizada para irrigação da grama é proveniente do tratamento do esgoto gerado num bairro próximo ao estádio (Didi Galvão, 2021).

2.1.3 Caruaru

O Semiárido Brasileiro caracteriza-se por chuvas irregulares, apresentando uma pluviosidade média anual de 750 mm/ano, variando de 250 mm/ano a 800 mm/ano (ONU, 2014). Apesar dos esforços, historicamente, a região sofreu, e vem sofrendo, problemas com a escassez da água.

É justamente nesta região que se localiza o município de Caruaru, situado no Agreste pernambucano, que representa, de acordo com dados do censo IBGE (2010), um dos mais populosos municípios do semiárido brasileiro e o mais populoso do Agreste de Pernambuco, apresentando uma população de 314.912 habitantes e uma densidade populacional de 342,07 hab/km².

A cidade é abastecida por dois sistemas principais: Prata e Jucazinho, onde a prestação deste serviço de abastecimento é realizada por meio de parceria público-privada com a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), em que 91,15% dos domicílios são abastecidos pela rede geral de distribuição.

Segundo AB'SABER (2003), devido às suas características climáticas, com altas temperaturas e curtos períodos de chuva, o município apresenta muitos problemas de disponibilidade hídrica, o que ocasiona, muitas vezes, o abastecimento não contínuo, mesmo em lugares que possuem rede de água.

2.2 SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA O FORNECIMENTO DE ÁGUA

Vários países já buscam fontes alternativas de água para suprir a carência mundial, como é o caso de Israel, que se destaca por ter uma gestão dos recursos hídricos integrada, onde se tem, por exemplo, uma baixa taxa de perda no sistema de abastecimento de água, com uma taxa máxima de 11%, inferior à média proposta pela ONU, que é de 20%.

Já a China, que sofreu com ameaça de seca na região nordeste, implantou cisternas e reservatórios em todo o país para captar água da chuva. O sucesso desta iniciativa inspirou o programa Brasileiro de implantação de cisternas.

Outro exemplo é a Austrália, que investiu bastante na infraestrutura de abastecimento de água e na coleta do efluente, onde o esgoto é levado até estações de tratamentos, posteriormente é tratado e retorna às residências por uma encanação

especial, para serem utilizados na lavagem de roupas, lavagem do chão e outras atividades.

No âmbito nacional, pode-se citar o exemplo brasileiro do Programa 1 Milhão de Cisternas, hoje denominado Água para Todos, cujo principal objetivo é garantir o acesso à água de qualidade às famílias que vivem na zona rural dos municípios do Semiárido, através da construção de cisternas com placas de cimento para o armazenamento da água.

2.2.1 O aproveitamento da água da chuva

Atualmente existem diversos estudos e programas para o estímulo da utilização da água de chuva. Um dos exemplos é o estudo realizado pela Universidade Federal de Pernambuco, por Araújo (2017), que mostrou, através de monitoramento de cisternas, a confiabilidade da utilização da água da chuva.

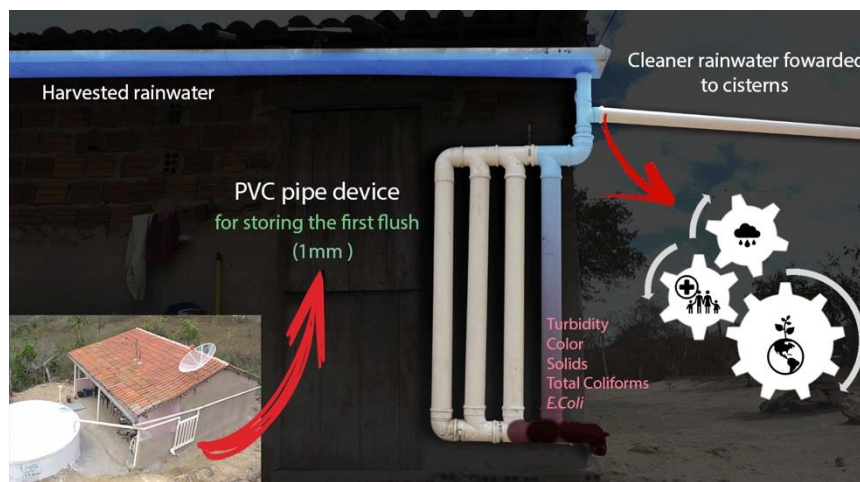
Além disso, pode-se citar outra aplicação, realizada em Pernambuco, pelo Programa Estadual de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável (ProRural) vinculado à Secretaria de Agricultura (SARA) de Pernambuco, é denominado "Programa Cisternas". Esta busca, por meio de parcerias com entidades sociais e igrejas do semiárido pernambucano, implantar cisternas para armazenamento da água da chuva, além de desenvolver cartilhas que orientam as famílias sobre os devidos cuidados com o sistema de captação e armazenamento da água da chuva.

É válido ressaltar que antes da água ser armazenada nas cisternas ela passa carreando diversas impurezas da atmosfera, por exemplos sólidos em suspensão e possíveis gases poluentes, assim como todos os materiais que ficaram depositados nos telhados e nas calhas, como pêlos, penas e fezes de animais, folhas, areias, poeiras, entre outros.

Visando o desvio dessa primeira água de chuva do inícios de eventos de precipitação, que são as águas mais contaminadas por impurezas, alunos e professores da Universidade Federal de Pernambuco, campus Caruaru e Recife, desenvolveram o dispositivo DesviUFPE (Figura 2), um dispositivo simples e de baixo custo, constituído de tubos e conexões de PVC, que foi reconhecido como uma tecnologia social, em 2013 e foi premiado pela Agência Nacional de Águas, em 2014.

Na Figura 2 abaixo pode-se ver o esquema representativo do dispositivo.

Figura 2 - Esquema do fluxo do Dispositivo DesviUFPE



Fonte: Carvalho et al. (2018).

O estudo original sobre o DesviUFPE foi elaborado por Cesar (2012) e o dispositivo foi instalado em uma residência localizada na cidade de Pesqueira-PE. Durante o estudo o autor acompanhou as variações na qualidade da água durante o percurso até a cisterna da residência, os resultados obtidos indicaram que o dispositivo de desvio automático das primeiras águas de chuva exerceu seu papel retraindo parte das impurezas supracitadas, interferindo diretamente e, até, melhorando a qualidade da água previamente armazenada na cisterna.

Para se calcular o volume de água a ser desviada, Cesar (2012) admitiu o acúmulo do primeiro milímetro chovido em cada 1 m² de telhado. Volume este, anteriormente analisado por Anecchini em 2005, que analisou o desvio dos primeiros milímetros da água em cobertas da cidade de Vitória (ES) concluindo que para obter-se água de melhor qualidade, seria necessário o descarte de, pelo menos, 1,0 mm de chuva.

Além disso, Silva (2017) reafirma, por meio de investigações de diferentes regiões atmosféricas, que para zona rural e urbana o desvio de 1mm serve como barreira sanitária eficaz.

2.2.2 O reuso de águas cinzas

Água cinza é o esgoto doméstico, exceto a contribuição da bacia sanitária e da pia de cozinha, ou seja, somente os efluentes gerados pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas.

De acordo com ERIKSSON et al. (2002) em função da separação dos efluentes provenientes da bacia sanitária, se exclui a maior quantidade das fezes e urina, de forma que as águas cinzas apresentam menor quantidade de nutrientes, como nitrogênio e fósforo e, também, menores densidades de microrganismos. A composição das águas cinzas é resultante de um conjunto de fatores, como as fontes escolhidas e suas proporções de mistura. Além disso, fatores regionais e culturais têm influência direta na composição química das águas cinzas.

Este reuso consiste na captação do efluente, seguida de tratamento adequado para o tipo de utilização da água desejado, armazenamento e distribuição em tubulação exclusiva para esta finalidade. Um desses tratamentos é a filtração lenta, que, segundo Paterniani & Roston (2003), é um sistema de simples construção, operação e manutenção, não requer mão de obra qualificada para sua operação, produz águas com características menos corrosivas e apresenta custos geralmente acessíveis a pequenas comunidades, principalmente de países em desenvolvimento.

A reutilização da água, com tratamento adequado e monitoramento, contribui para aumento da oferta hídrica, diminuição do risco de doenças relacionadas à contaminação através do consumo deste recurso, além de auxiliar na redução da contaminação dos solos e corpos d'água, ao reduzir o volume bruto de efluente descartado.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE HABITAÇÃO PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA

Os programas de habitação no Brasil, têm a responsabilidade de melhorar o déficit habitacional no país. Em 2009, foi implantado pelo Governo Federal o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), que busca atrair e oferecer oportunidades para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda. Atrelado a esta problemática social, tem-se o desafio de garantir infraestrutura para essas residências.

Em geral, para que estes empreendimentos sejam financeiramente viáveis, devido ao seu porte e seu público-alvo, são implantados em regiões que, apesar de se enquadrarem como zona urbana, se encontram afastados dos seus núcleos. Este fator causa expansão, desenvolvimento e enorme crescimento econômico da área, com maiores oportunidades de comércio e empregos para milhares de famílias. Entretanto, por outro lado, é, em geral, uma região com pouca infraestrutura, ao comparar-se com o centro urbano, acarretando a ausência ou deficiência de serviços essenciais.

Entretanto, diante desse cenário surgem oportunidades, uma delas é a chance de trazer aspectos de sustentabilidade ambiental para o âmbito de construções habitacionais de baixa renda.

Neste contexto, há empresas que visam a promoção de iniciativas sustentáveis, buscando a inclusão de medidas como o aproveitamento de água de chuva. Pode-se citar como exemplo a Viana & Moura Construções LTDA, é uma empresa que está totalmente alinhada com o pensamento de sustentabilidade ambiental, buscando sempre construir de forma sustentável, e, de maneira que potencialize o bem-estar dos moradores. Esta empresa é parceira da Universidade Federal de Pernambuco para desenvolvimento de pesquisas na área de sustentabilidade ambiental, refletindo um exemplo da sua postura pioneira.

Um ótimo exemplo do aproveitamento desses programas para introduzir a necessidade de cuidado com o meio ambiente pode ser visto no Anexo IV da portaria Nº 465 de 3 de outubro de 2011, que diz que unidades habitacionais unifamiliares destinadas a famílias de baixa renda, pelo programa MCMV, deverão contemplar sistema de aquecimento solar.

Tal iniciativa dada em 2011 sofreu modificações, muito pelas diferentes necessidades de cada região do país. Atualmente a portaria Nº 267 de 22 de março de 2017 define a obrigatoriedade do sistema de aquecimento solar apenas para as regiões sul, sudeste e centro-oeste do país.

No entanto, fica clara a preocupação e o incentivo de implantação de sistemas que diminuam os impactos ambientais e aumentem a qualidade de vida dos moradores. Logo, para regiões onde o déficit hídrico é marcante, sistemas que garantam a segurança hídrica, não só podem, como devem, e, estão sendo estimulados.

Em tal caso, um dos exemplos das iniciativas tomadas visando estimular o uso racional de recursos ambientais na construção e uso de empreendimentos, foi o lançamento de selos de classificação dos empreendimentos quanto à preocupação com os aspectos ambientais. Um desses selos é o Selo Casa Azul + Caixa, criado em 2009. Este selo garante redução nas taxas de juros para as construções sustentáveis do ponto de vista ambiental. A Viana & Moura possui empreendimentos com este selo, certificando a busca por sustentabilidade.

2.4 ARCABOUÇO LEGAL

Pode-se dizer que a gestão dos recursos hídricos no Brasil iniciou-se com a proclamação do decreto nº 24.643 de 1934, conhecido como código das águas, que dentre outros fatores importantes, determinou que a água é um bem público de domínio da união e, também, tratou sobre as forças hidráulicas e a regulamentação da indústria hidrelétrica. Tal decreto, apesar de ser bastante antigo, serviu como base para criação de diversas legislações.

Apesar dessas diversas legislações criadas, que tratam e regulam a utilização dos recursos hídricos, nenhuma delas é específica para utilização de água proveniente de efluentes tratados, nem para o uso da água da chuva, que trariam proteção e segurança à saúde pública e ao meio ambiente.

Entretanto, os projetos de reutilização de águas desenvolvidos atualmente no Brasil, tem como base técnica três legislações que, de certa forma, abrangem as águas de reuso e de chuva. Sendo elas: a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº357, que classifica os corpos hídricos de acordo com o uso que lhe será destinado, definindo os parâmetros bioquímicos e o tipo de tratamento necessário para cada uso; a Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre procedimentos e padrões a serem atendidos para que se tenha o controle e a vigilância da qualidade da água potável; a Resolução nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que estabelece modalidades, preceitos e especificações gerais para a prática de reuso direto de água não potável.

Todavia, em meio à visível necessidade de regulamentação específica para a água de reuso, atualmente, existem algumas iniciativas de implementação de novos projetos e propostas para incentivar e regulamentar o reuso de águas, como por

exemplo a elaboração de Proposta de Plano de Ações para Instituir uma Política de Reuso de Efluentes Sanitários Tratados no Brasil, elaborado pela parceria entre o Ministério da Cidade (hoje Ministério do Desenvolvimento Regional) e o Instituto Americano de Cooperação para a Agricultura (IICA), no ano de 2017.

Outro exemplo é o Projeto De Lei Nº 8.277, DE 2017, que busca aumentar a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis dos corpos hídricos, permitindo o abastecimento seguro de água doce e a redução substancial do número de pessoas que sofrem com a escassez de água, considerando o objetivo nº 06 da Agenda 2030 das Nações Unidas, que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Além disso, pode-se ter um embasamento técnico através de manuais, como o manual Conservação e Reuso da Água em Edificações da ANA, FIESP e SindusCon-SP e da Norma Técnica Brasileira (NBR) nº 13969, que sugere alguns procedimentos para o tratamento de esgotos sanitários, e inclui tratamento para a finalidade de reutilização da água.

O município de Caruaru possui a Lei complementar nº 062 de 27 de dezembro de 2018 cujo objetivo é estimular a adoção de medidas protetoras do meio ambiente, que contribuam para o desenvolvimento sustentável, através da concessão de benefício tributário, chamado de IPTU Verde, programa que já vigora no município.

Somado a isso, há um Projeto de Lei nº 34, de 2018, que prevê tornar obrigatória à implantação de alguns sistemas de cunho ambiental, incluindo os sistemas de reuso de águas cinzas e de utilização da água pluvial, nas construções do Programa MCMV.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada no presente estudo foi dividida em duas etapas principais: inicialmente foi feito uma análise de dados teóricos e práticos, possibilitando o entendimento das características do empreendimento, o Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra, e do seu entorno. Posteriormente, foram verificados os impactos e a viabilidade dos sistemas de reuso de águas cinzas e de utilização de água da chuva no referido empreendimento, através da matriz SWOT.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

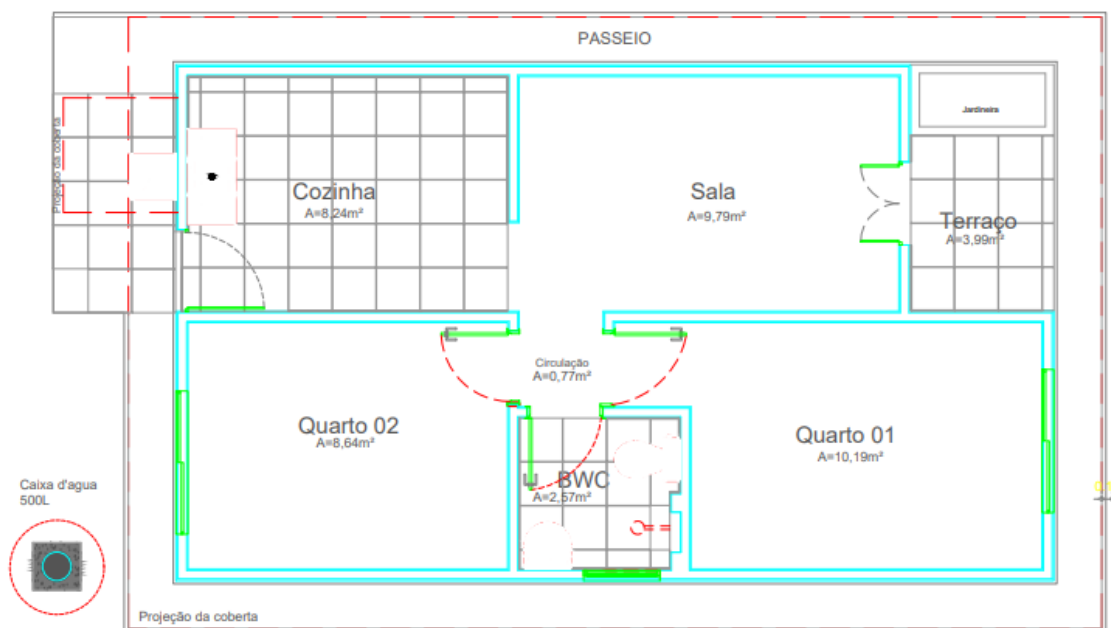
As características e a disposição dos elementos do imóvel e do empreendimento são elementos essenciais, para melhor compatibilização e entendimento dos impactos que serão gerados com a implantação dos objetos em estudo.

3.1.1 Descrição do empreendimento estudado

O empreendimento que estudado neste trabalho é o Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra, que faz parte do programa nacional Minha Casa Minha Vida. Durante o estudo, o empreendimento já estava construído e entregue.

Este empreendimento conta com 580 imóveis habitacionais constituídos de dois quartos, um com 8,64m² e outro com 10,19 m²; uma sala de 9,79 m²; uma cozinha de 8,24 m²; um terraço com 3,99 m²; e um banheiro com 2,57 m².(Figura 3),

Figura 3 - Planta baixo do imóvel padrão estudado



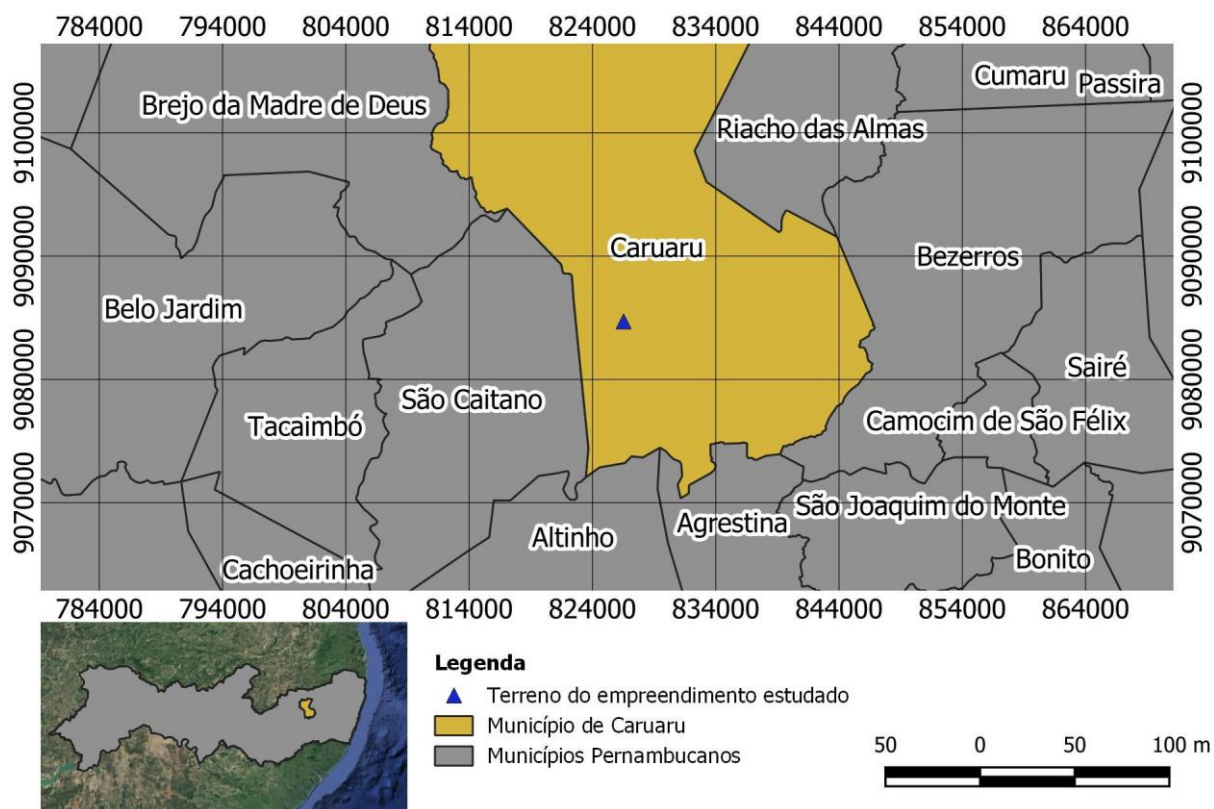
Fonte: Viana & Moura, 2021.

3.1.2 Localização

O Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra está sendo implementado na Estrada de Maniçoba, Lagoa de Pedra, bairro da Boa Vista, Município de Caruaru, Pernambuco (Brasil). Está situado na zona classificada como Macrozona de Expansão Urbana, cuja tipologia predominante da área é residencial, apresentando contexto urbano com tipo de ocupação de invasões, com lotes e padrões construtivos precários, e ainda há resquícios de atividade de pasto.

A seguir pode-se ver a Figura 4, que apresenta a localização do empreendimento, o município e estado o qual está inserido.

Figura 4 – Localização do empreendimento



Fonte: Os Autores, 2021.

Com área total de 171.608,14 m², os 580 lotes urbanos residenciais do empreendimento em estudo têm dimensões variando de 159,60 m² à 450,75 m²; além de 10 lotes urbanos de uso misto com 214,64 m² a 2.014,13 m²; e 02 lotes de área verde destinada a plantio de arborização urbana, lazer, práticas esportivas e contemplação. A Figura 5 mostra a imagem de satélite com a delimitação do terreno em estudo.

Figura 5 - Imagem de satélite do empreendimento



Fonte: Google Satélite (2020). Grifo dos autores.

3.1.3 Estimativa da população

Para a estimativa do quantitativo populacional utilizou-se a taxa de ocupação média domiciliar de 4 pessoas por habitação e de 5 pessoas para os lotes de uso misto, resultando em uma população habitacional de 2.320 pessoas e em uma população de 50 pessoas usuárias dos lotes de uso misto. Como pode-se ver na Equação 1 e na Equação 2. É válido ressaltar que as taxas de ocupação foram retiradas do Projeto de Abastecimento d'água do empreendimento.

$$\text{População Habitacional} = \text{N}^{\circ} \text{ lotes Habitacional} * \text{Taxa de Ocupação Média}$$

$$\text{População Habitacional} = 580 * 4 = 2320 \text{ Habitantes} \quad (1)$$

$$\text{População lotes uso misto} = N^{\circ} \text{ lotes uso misto} * \text{Taxa de Ocupação Média}$$

$$\text{População lotes uso misto} = 10 * 5 = 50 \text{ Habitantes} \quad (2)$$

3.1.4 Sistema de Abastecimento de Água

O Sistema de Abastecimento de Água do empreendimento foi feito a partir de uma adutora derivada do sistema público de abastecimento de água do bairro Alto do Moura na cidade de Caruaru.

Para o cálculo da adutora que fará tal derivação, estabeleceu-se um consumo "per capita" de 120 L/pessoa x dia, para os 2320 habitantes previstos para os 580 lotes habitacionais e para os 10 lotes de uso misto, com ocupação total prevista de 50 pessoas, um consumo per capita de 50 l/pessoa x dia. Foi-se calculado conforme Equação 3, Equação 4 e Equação 5. abaixo.

$$\text{Vazão média dos lotes habitacionais} = \frac{\text{População lotes uso habitacional} * \text{Per capita}}{86400}$$

$$\text{Vazão média dos lotes habitacionais} = \frac{2320 * 120}{86400} = 3,222 \text{ L/s} \quad (3)$$

$$\text{Vazão média dos lotes de uso misto} = \frac{\text{População lotes uso habitacional} * \text{Per capita}}{86400}$$

$$\text{Vazão média dos lotes de uso misto} = \frac{50 * 50}{86400} = 0,029 \text{ L/s} \quad (4)$$

$$\text{Vazão média total} = \text{Vazão média dos lotes habitacionais} + \text{Vazão média dos lotes de uso misto}$$

$$\text{Vazão média total} = 3,222 + 0,029 = 3,251 \text{ L/s} \quad (5)$$

Além disso, adotou-se um coeficiente do dia de maior consumo $K1 = 1,2$ e o coeficiente da hora de maior consumo de $K2 = 1,5$. Os valores das vazões máximas diárias, máximas horárias e mínimas, foram obtidas através destes coeficientes e podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 - Vazão de água total

Demanda total	
Vazão média (L/s)	3,25
Vazão máxima diária (L/s)	3,90
Vazão máxima horaria (L/s)	5,85
Vazão mínima (L/s)	1,63

Fonte: Os autores, 2021.

Desta forma, trabalhando os dados acima, foi possível obter a quantidade de água consumida por dia em todos os 580 lotes de uso residencial, que foi de 278,4 m³. Já nos lotes mistos este foi de 2,5 m³. Assim sendo, o empreendimento como um todo, utiliza 280,9 m³/dia de água.

De acordo com este dimensionamento, foi elaborado o projeto da adutora, pela incorporação Viana & Moura Construções, que possui uma extensão de 2849 metros, cujo material adotado foi PVC.

Quanto a rede de abastecimento para o empreendimento, esta será em tubos de PVC PBA C 12 com diâmetro variando de 50mm a 100mm e PVC DEFoFo com diâmetro de 150mm e extensão total de 4.047,56m.

3.1.5 Sistema de Esgotamento Sanitário

O esgoto gerado no empreendimento será coletado por uma rede coletora, com extensão total de 6.478,46 m e diâmetro nominal de 150 mm. Em seguida, será encaminhado por um emissário (com extensão total de 3.081,00 m e diâmetro nominal de 150 mm) até um poço de visita, onde de lá o esgoto é elevado, através de uma estação elevatória ao coletor tronco do sistema público de esgotamento sanitário da cidade de Caruaru.

Para o cálculo dessas tubulações foi utilizado o coeficiente de retorno 80%, que representa a porcentagem da água recebida que retorna em forma de esgoto. Desta forma, as vazões de esgoto consideradas neste trabalho são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Vazões de esgoto consideradas no presente estudo

	População	Vazão média (L/s)	Vazão máxima diária (L/s)	Vazão máxima horaria (L/s)	Vazão mínima (L/s)
Lotes Habitacionais	2320	2,58	3,09	4,64	1,29
Lotes Uso Misto	50	0,023	0,027	0,041	0,011
Total	2370	2,601	3,121	4,681	1,3

Fonte: Adaptado de Viana & Moura Construções LTDA, 2020.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO QUE INFLUENCIAM NA DISPONIBILIDADE DA ÁGUA

A compreensão dos aspectos físicos de uma região indica fatores que caracterizam o clima e a vida de toda a biosfera, inclusive o meio antrópico. Nos subcapítulos a seguir mostra-se uma série de dados coletados, com o intuito analisar as características do meio físico, que possam influenciar na viabilidade e nos impactos da implantação dos sistemas propostos.

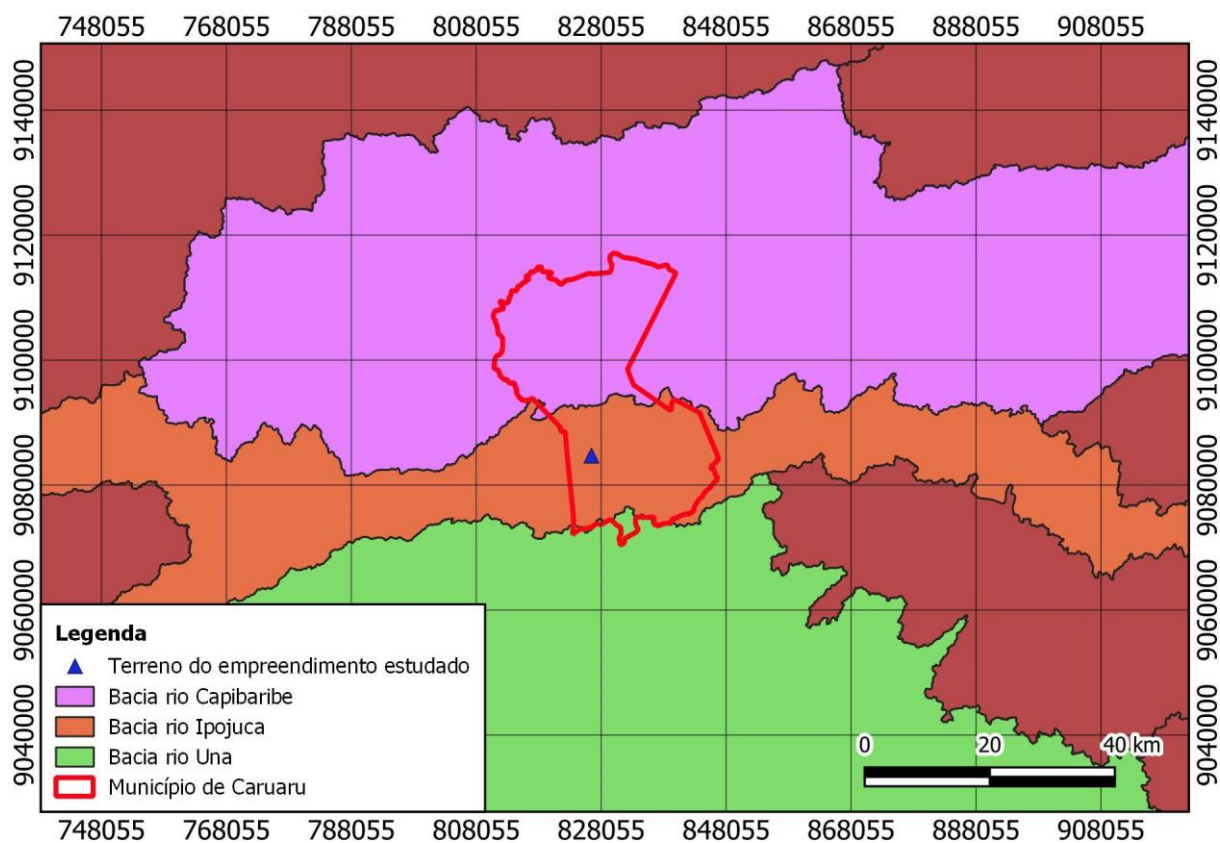
3.2.1 Recursos Hídricos

O fator ambiental de recursos hídricos foi abordado neste estudo para analisar o potencial hídrico da região.

3.2.1.1 Águas Superficiais

O município de Caruaru encontra-se inserido nos domínios das Bacias Hidrográficas dos Rios Ipojuca (UP3), Capibaribe (UP2) e, ainda, um pequeno trecho na bacia do rio Una (UP5) (Figura 6).

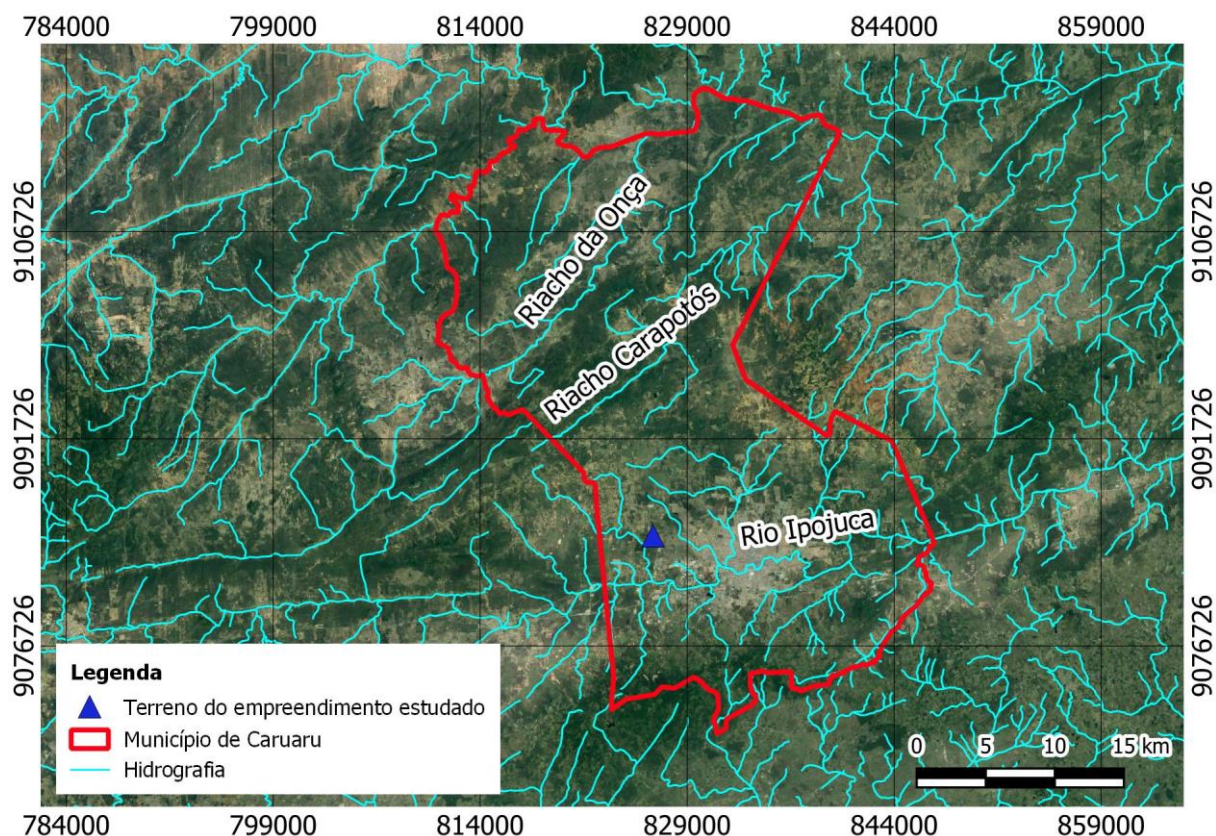
Figura 6 – Bacias hidrográficas em que se encontra inserido o município de Caruaru



Fonte: Os Autores, 2021.

Os principais corpos hídricos que estão inseridos no território do município são o rio Ipojuca, que cruza a cidade, e o riacho da Onça e o riacho Carapatós, afluentes do rio Capibaribe (Ver Figura 7).

Figura 7 - Recursos hídricos no município de Caruaru



Fonte: Os Autores, 2021.

O percurso do rio Ipojuca, com cerca de 320 km, é preponderantemente orientado na direção oeste-leste, sendo seu regime fluvial intermitente, tornando-se perene a partir do seu médio curso, justamente, nas proximidades do município estudado, o qual cruza. É válido ressaltar que de acordo com o estudo do CONDEPE/FIDEM em 2005, os parâmetros de qualidade deste rio, obtidos através de amostras coletadas próximas a ponte da vila da COHAB, a jusante da cidade, como resultado o rio, no trecho em questão, foi enquadrado como muito poluído, apesar de ser não tóxico.

Segundo o Diagnóstico para o Município de Caruaru do Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Estado de Pernambuco, todos os cursos d'água superficiais do município têm regime de escoamento intermitente e possuem como padrão de drenagem o dendrítico.

3.2.1.2 Águas Subterrâneas

O município de Caruaru está totalmente inserido no Domínio Hidrogeológico Fissural. Segundo o Diagnóstico para o Município de Caruaru do Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Estado de Pernambuco realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), o município possui 136 pontos d'água, sendo 05 fontes naturais, 02 indefinidos, 02 escavados e 127 poços tubulares. Deste, apenas 24% estavam em operação em 2015, ano do referido estudo (Tabela 3).

Tabela 3 – Situação atual dos poços cadastrados no município

Natureza do poço	Abandonado	Em operação	Não instalado	Paralisado	Indefinido	Total
Público	14 (34%)	9 (22%)	3 (7%)	13 (32%)	2 (5%)	41 (30%)
particular	16 (17%)	24 (25%)	30 (32%)	25 (26%)	-	95 (70%)
Indefinido	-	-	-	-	-	0 (0%)
Total	30 (22%)	33 (24%)	38 (24%)	38 (28%)	2 (1%)	136 (100%)

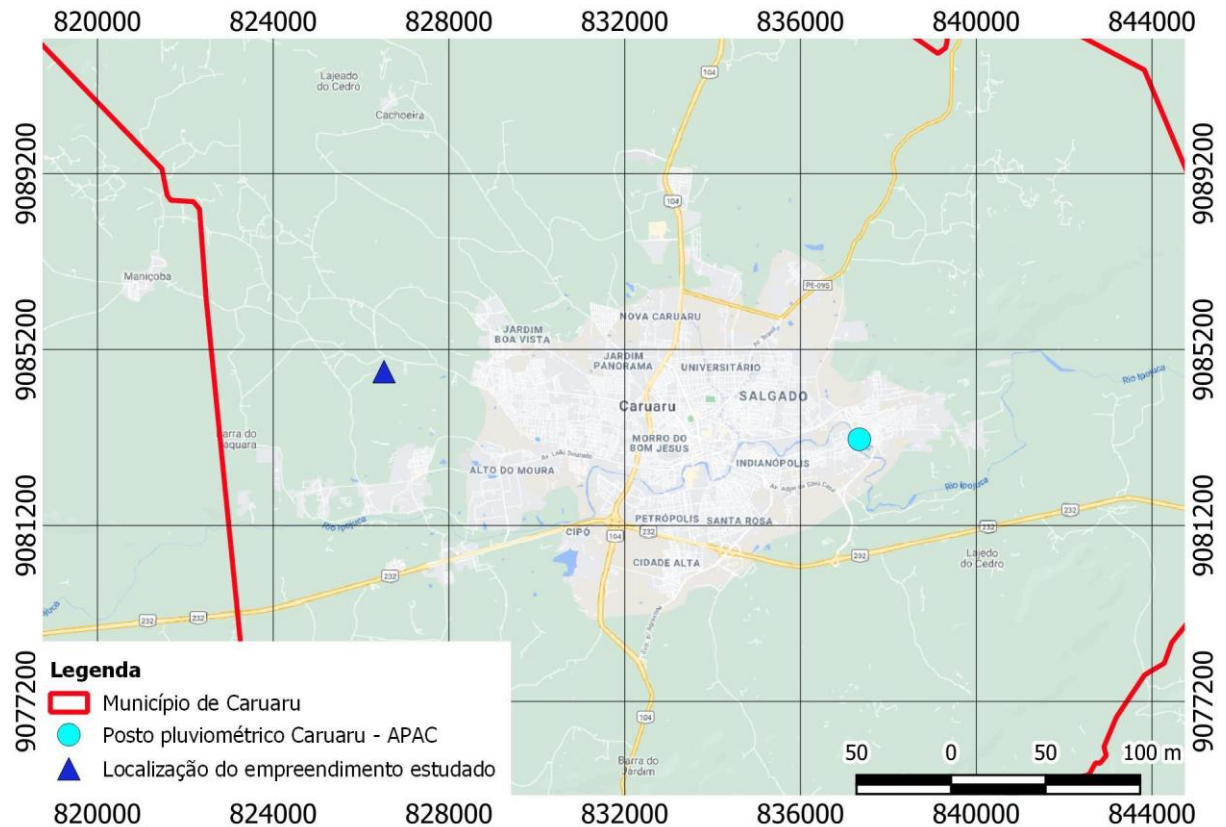
Fonte: CPRM, 2015.

O estudo da CPRM destaca ainda que mais de 87% dos poços cadastrados apresentaram águas salinas e/ou salobras. isto indica que a água subterrânea tem um potencial para reforçar o abastecimento do município, embora, seja necessário o uso de tecnologias de dessalinização para que possa ser utilizada para fins potáveis.

3.2.2 Pluviometria

Para mensurar a pluviometria da região utilizou-se dados mensais de 10 anos (do ano de 2010 ao ano de 2020) do posto pluviométrico monitorado pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC), localizado à Leste do empreendimento, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - Localização do posto pluviométrico da APAC



Fonte: Os Autores, 2021.

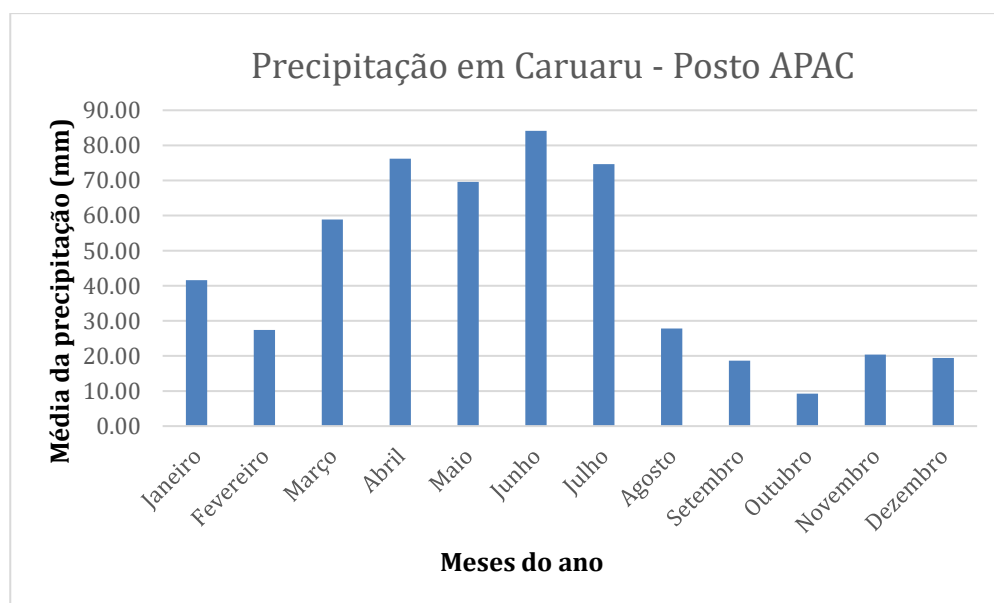
Através da Tabela 4 e Figura 9, é possível verificar que as chuvas estão concentradas entre os meses de março a julho, ficando os demais meses com volumes abaixo da média mensal do município, que é de 44 mm (APAC, nos referidos anos).

Tabela 4 - Dados pluviométricos do posto da APAC

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2010	117,9	43	46,4	74,5	7,8	317,8	51,9	22,1	19,2	10,7	-	3,2
2011	108,2	42,6	87,6	91	175,2	41,2	129,2	47,6	19,2	10	29,6	-
2012	16,4	18,4	13,8	10,4	28,6	41,3	39,9	23	1,4	0,4	-	6,6
2013	13,2	-	1	124,2	18,4	75,4	105,2	30,3	10,7	18,2	44	58,7
2014	3,4	15,2	45	47,4	63,9	32,2	33,2	24,4	50,8	30	6,8	-
2015	4,3	18	41,8	9	27,6	118,7	85	19,4	3,4	1	1,2	50
2016	74,4	46,1	29,9	40,1	65,1	49,2	23,5	11,4	18	3,2	-	10,5
2017	4,7	16,5	2,4	31,4	237,4	59,3	139,6	32,4	38,1	6,7	-	9,4
2018	23,4	29,6	87,2	200,5	40,7	15,3	14,3	8,4	3,2	-	-	9,7
2019	10,5	29,2	64,5	133,7	31,4	90,9	124,8	59,2	22,4	3,1	-	7,3
2020	81,2	15,4	169,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	41,60	27,40	58,87	76,22	69,61	84,13	74,66	27,82	18,64	9,26	20,40	19,43

Fonte: Os Autores, 2021.

Figura 9 - Média da precipitação em Caruaru



Fonte: APAC (2020). Desenvolvimento: os autores.

3.3 CARACTERÍSTICAS DO MEIO ANTRÓPICO QUE INFLUENCIAM E SÃO INFLUENCIADOS PELA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A compreensão dos aspectos antrópicos de uma região indica fatores que caracterizam as ações e costumes da população. Os dados apresentados a seguir

foram coletados com o intuito analisar as características do meio antrópico, que possam influenciar na viabilidade e nos impactos da implantação dos sistemas propostos.

3.3.1 Dinâmica Populacional

O crescimento acelerado da população dificulta a gestão do sistema de abastecimento, o que, em muitos casos, resulta no aumento do estresse hídrico na região.

Através da Tabela 5 é possível notar o crescimento populacional do município, de acordo com os Censos do IBGE dos últimos anos.

Tabela 5 - Crescimento populacional no município

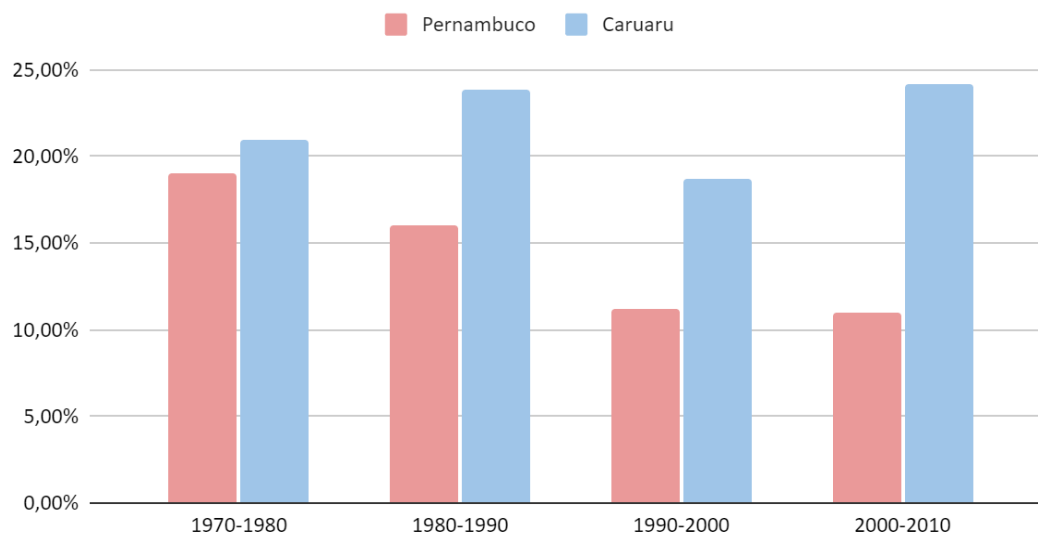
Ano	População
1970	142.653
1980	172.532
1991	213.697
2000	253.634
2010	314.912
2020*	365.278

*População estimada

Fonte: Censo IBGE dos referidos anos.

A população de Caruaru cresce acima da média do estado de Pernambuco (Figura 10).

Figura 10 – Comparação da taxa de crescimento populacional entre o município de Caruaru e o estado de Pernambuco



Fonte: IBGE, nos anos citados. Desenvolvimento: os autores.

3.3.2 Rendimentos

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) de 2019, 42% das riquezas do Brasil concentram-se em apenas 10% da população brasileira. Além disso, entre 1990 e 2010 a desigualdade de renda aumentou em média 11% nos países em desenvolvimento. Além disso, em 2019 o Brasil estava entre as 10 maiores economias do planeta, entretanto, também se encontrava entre as 10 economias mais desiguais do mundo, atrás apenas de algumas nações africanas.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo IBGE em 2018 e atualizada em 2021 (IBGE, 2021), famílias com rendas mensais de até 2 salários-mínimos, possuem aproximadamente 70% do seu rendimento comprometido com despesas essenciais, sendo estas: habitação (35,3%), alimentação (25,6%) e transporte (9,4%). Logo, possíveis gastos adicionais com abastecimento de água, implicam em grandes dificuldades para a maioria das famílias.

Segundo dados do IBGE, em 2018, 48,2% da população de Caruaru moram em domicílios com rendimentos mensais de até meio salário-mínimo por pessoa. Ainda conforme o IBGE, no Censo 2010, o rendimento nominal médio dos domicílios do

município de Caruaru consiste em R\$ 862,06 e do bairro de Boa Vista R\$ 851,64, o qual destoa do valor observado em Pernambuco, R\$ 867,78. Para efeito de comparação, ressalta-se que, de acordo com o IBGE (2010), o salário-mínimo no referido ano era de R\$ 510,00.

A Tabela 6 apresenta o número de habitantes segundo as classes de rendimento médio para Caruaru.

Tabela 6 - Rendimentos mensal médio para a população o município de Caruaru e o bairro de Boa Vista

Faixa salarial mensal	Caruaru (PE)		Bairro Boa Vista	
	nº de pessoas	Percentual	nº de pessoas	Percentual
Até 1/2 salário-mínimo	18348	7%	1705	6%
Mais de 1/2 a 1 salário-mínimo	82237	31%	8431	29%
Mais de 1 a 2 salários-mínimos	42284	16%	5213	18%
Mais de 2 a 5 salários-mínimos	18660	7%	2700	9%
Mais de 5 a 10 salários-mínimos	5478	2%	605	2%
Mais de 10 a 20 salários-mínimos	1512	1%	94	0%
Mais de 20 salários-mínimos	405	0%	20	0%
Sem rendimento	95963	36%	10323	35%
Total	264887	100%	29091	100%

Fonte: IBGE, 2010.

3.3.3 Abastecimento de Água

De acordo com o Censo IBGE 2010, mais de 88% dos domicílios de Caruaru possuem abastecimento de água por meio de rede pública (Tabela 7). Já no bairro de Boa Vista mais de 94% dos domicílios se encontram nesta mesma situação.

Tabela 7 – Fontes de abastecimento de água o município de Caruaru e o bairro de Boa Vista

Tipo de fontes	Caruaru (PE)		Bairro Boa Vista	
	nº de pessoas	Percentual	nº de pessoas	Percentual
Rede geral	85522	88,80%	9705	94,87%
Poço ou nascente na propriedade	399	0,41%	5	0,05%
Poço ou nascente fora da propriedade	1358	1,41%	10	0,10%
Rio, açude, lago ou igarapé	1574	1,63%	9	0,09%
Poço ou nascente na aldeia	-	-	-	-
Poço ou nascente fora da aldeia	-	-	-	-
Outros	7451	7,74%	501	4,90%
Total	96304	100%	10230	100%

Fonte: IBGE, 2010.

No caso de Caruaru, a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) é a responsável pela gestão do Sistema de Abastecimento de Água Público. Pode-se verificar, a partir dos dados obtidos que a grande parte dos domicílios do município é provido de rede de abastecimento de água, entretanto, em boa parte, o regime de abastecimento é deficiente.

De acordo com COMPESA, o abastecimento no loteamento de estudo foi de 5 dias com água e 10 dias sem, em média, no ano de 2020. Já no ano de 2021, a situação melhorou um pouco, o loteamento passou a receber água em 5 a cada 10 dias.

Além dessas informações, pode ser verificado através da Figura 11 que no Setor Lagoa de Pedra, no mês de março de 2021, existia um total de 769 ligações cadastradas, sendo estas divididas em cortadas, ligadas e suprimidas, com ou sem hidrômetro. O volume de água medido e faturado mostrado na Figura 11 é referente apenas aos lotes com hidrômetro.

Figura 11 – O volume consumido no bairro Lagoa de Pedra

Localidade	Situação de Água	Sector Comercial	Medidas	Medidor de Hidrômetro	Mês/Ano
CARUARU	CORTADO	987 - LAGOA DE PEDRA	Quantidade Ligações de Cadastro	TOTAL	223
				C/HIDROMETRO	212
				S/HIDROMETRO	11
	LIGADO	987 - LAGOA DE PEDRA	Quantidade Ligações de Cadastro	TOTAL	544
				C/HIDROMETRO	493
				S/HIDROMETRO	51
	SUPRIMIDO	987 - LAGOA DE PEDRA	Quantidade Ligações de Cadastro	TOTAL	2
				C/HIDROMETRO	0
				S/HIDROMETRO	2

987 - LAGOA DE PEDRA	Volume de Água Faturado	6.234 m ³
	Volume de Água Medido	3.241 m ³

Fonte: COMPESA, 2021.

Desta forma, pode-se calcular uma estimativa do volume de água fornecida pela COMPESA consumido em cada residência por mês, sendo este obtido através de divisão do volume medido pelo número de residências com hidrômetro (Equação 6).

$$\text{Volume consumido por residência (COMPESA)} = \frac{\text{Volume de água medido}}{\text{Número de Residências com hidrômetro}}$$

$$\text{Volume consumido por residência (COMPESA)} = 3.241 / 705 = 4,60 \text{ m}^3 \quad (6)$$

Através desse resultado pode ser verificado que o consumo médio das residências não atinge a faixa de consumo mínimo da COMPESA, que é de menor que 10 m³ à 10 m³ por mês. Isso também pode ser observado na Figura 11, cujo valor do volume faturado é bem superior ao volume medido.

Além disso, em conversas com moradores durante a execução deste trabalho, os mesmos relataram que, muitas vezes, não utilizavam a água do sistema público para usos nobres, como cozinhar, devido à cor da água.

3.3.4 Esgotamento Sanitário

Segundo Censo IBGE 2010, a alternativa predominante à destinação final dos efluentes sanitários em Caruaru é a utilização da rede geral, assim como no bairro de Boa Vista, como pode-se ver na Tabela 8.

Tabela 8 – Número de unidades domiciliares por tipo de solução adotada para o esgotamento sanitário

Tipo de esgotamento sanitário	Caruaru (PE)		Boa Vista - Caruaru (PE)	
Total	96304	100,00%	10230	100,00%
Rede geral de esgoto ou pluvial	72948	75,75%	8629	84,35%
Fossa séptica	5989	6,22%	1073	10,49%
Fossa rudimentar	6538	6,79%	262	2,56%
Vala	3067	3,18%	128	1,25%
Rio, lago ou mar	5510	5,72%	52	0,51%
Outro tipo	856	0,89%	73	0,71%
Não tinham	1396	1,45%	13	0,13%

Fonte: COMPESA (2021)

Dessa forma, os dados indicam que a maioria dos efluentes no município de Caruaru e no bairro de Boa Vista estão sendo destinados ao local correto.

3.3.5 Saúde e doenças

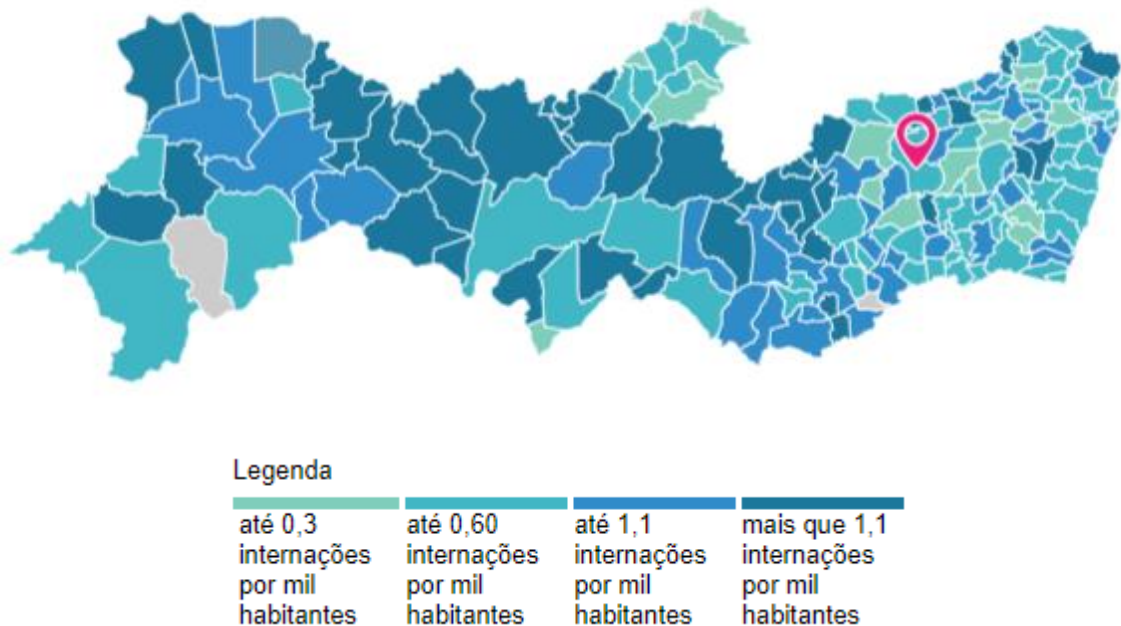
As deficiências no saneamento e a falta de água de qualidade, ocasionam uma série de doenças, que afetam majoritariamente as crianças, aumentando a taxa de mortalidade, principalmente nos países em desenvolvimento.

Um dos exemplos mais típicos de doenças ocasionadas devido à qualidade da água, é a diarreia aguda. Segundo Bühler et al (2014), as regiões Norte e Nordeste são as que tem, no Brasil, maior taxa de mortalidade em crianças de até 5 anos.

Em Caruaru, a taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 11,98 para cada 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 0,3 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2016).

A Figura 12 mostra o gráfico com a quantidade de internações por mil habitantes no estado de Pernambuco, dando destaque (em vermelho) para o município de Caruaru.

Figura 12 – Mapa de caracterização da demanda por internações em Pernambuco



Fonte: IBGE (2016)

3.4 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

No presente estudo, com o intuito de verificar resultados práticos do sistema, foram selecionadas até o presente estudo, duas residências, , onde implantou-se o sistema de captação e tratamento de águas azuis. Ressalta-se que foi orçado e planeja-se realizar a instalação do sistema em mais 20 casas.

A água da chuva após cair no telhado, escorrer até as calhas, são encaminhadas até o dispositivo de desvio das primeiras águas da chuva (DesviUFPE), com intuito de eliminar as impurezas inicialmente presentes no telhado, nas calhas e, até, na atmosfera. Após esse primeiro fluxo de chuva, que fica retida no dispositivo de desvio, os próximos milímetros de chuva serão encaminhados para o reservatório, onde serão clorados para posterior utilização.

Abaixo estão alguns subtópicos que auxiliaram no dimensionamento do sistema de captação e desvio da água da chuva.

3.4.1 Pluviometria

Para mensurar o volume de todo o sistema de água da chuva, se utilizou como base as informações da pluviometria, conforme o tópico 3.1.3. Através da Tabela 9, pode-se verificar, o resumo dos dados médios de pluviometria da APAC.

Tabela 9 - Pluviosidade média mensal do posto da APAC de Caruaru

Ano	Média (mm)
Janeiro	41,6
Fevereiro	27,4
Março	58,87
Abril	76,22
Maio	69,61
Junho	84,13
Julho	74,66
Agosto	27,82
Setembro	18,64
Outubro	9,26
Novembro	20,4
Dezembro	19,43

Fonte: APAC, 2020.

Objetivando obter o volume total de água de chuva que poderia ser captado com a implantação do sistema de utilização de água da chuva em todo o empreendimento de estudo, o Conjunto Habitacional Viana & Moura Lagoa de Pedra, foi relacionado os valores médios de cada mês com a área de captação (área do telhado) (Equação 7).

$$Volume_{\text{água de chuva}} = \text{Área}_{\text{telhado}} * \text{Altura}_{\text{Precipitação mensal}} \quad (7)$$

Isso resulta nos volumes mensais, em litros, mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Potencial do volume da pluviometria mensal captada no imóvel padrão do empreendimento

Mês	Volume (L)
Janeiro	2715,65
Fevereiro	1788,67
Março	3843,036
Abril	4975,64
Maiο	4544,14
Junho	5492,01
Julho	4873,80
Agosto	1816,09
Setembro	1216,82
Outubro	604,20
Novembro	1331,71
Dezembro	1268,06

Fonte: Os Autores, 2021.

Salienta-se que o volume do primeiro milímetro de chuva, que será desviado, não foi descontado dos volumes da tabela acima. Ressalta-se ainda, que apesar do primeiro milímetro de chuva não poder ser utilizado para fins potáveis, o mesmo pode ser utilizado em outras atividades menos nobres, como por exemplo, a lavagem de calçada.

3.4.2 Calhas

Esse volume de chuva será escoado pelas calhas. No estudo em questão, adotou-se calhas de PVC, devido sua facilidade de implantação, com 125 mm de diâmetro.

Figura 13 - Calha implantada numa das residências do empreendimento estudado



Fonte: Viana & Moura Construções (2021).

3.4.3 DesviUFPE

Conforme dito anteriormente, a jusante das calhas foi instalado o dispositivo de desvio, o DesviUFPE, que armazenará o volume relativo ao primeiro milímetro de água à cada evento de precipitação. Entende-se por evento de precipitação, chuvas com o intervalo inferior a 24 horas (1 dia) entre elas. Em um dado evento, após encher o dispositivo, o volume excedente irá diretamente para a cisterna. O início do próximo evento de precipitação se dará quando passar-se mais de 1 dia sem chover, sendo necessário o esvaziamento do dispositivo para novo ciclo.

Para o dimensionamento do DesviUFPE, foi utilizada a média do mês com maior pluviosidade, o mês de junho, cujo valor foi de 84,13 mm, a fim de conseguir armazenar o máximo de chuva possível. Este valor foi multiplicado pela área de captação do telhado. Assim sendo, segue informações da cobertura do imóvel padrão do empreendimento estudado.

Portanto, na Tabela 11 abaixo temos as dimensões da cobertura.

Tabela 11 - Dimensões do telhado padrão do imóvel estudado

Dimensão frontal do telhado	6,40	m
Dimensão lateral do telhado	10,20	m
Área total do telhado	65,28	m ²

Fonte: Viana & Moura Construções (2021).

Relacionando estes valores à área de captação (área do telhado), tem-se o volume de água desviado que ficará retido no dispositivo, e, o dimensionamento do mesmo, conforme mostrado, respectivamente, nas equações abaixo:

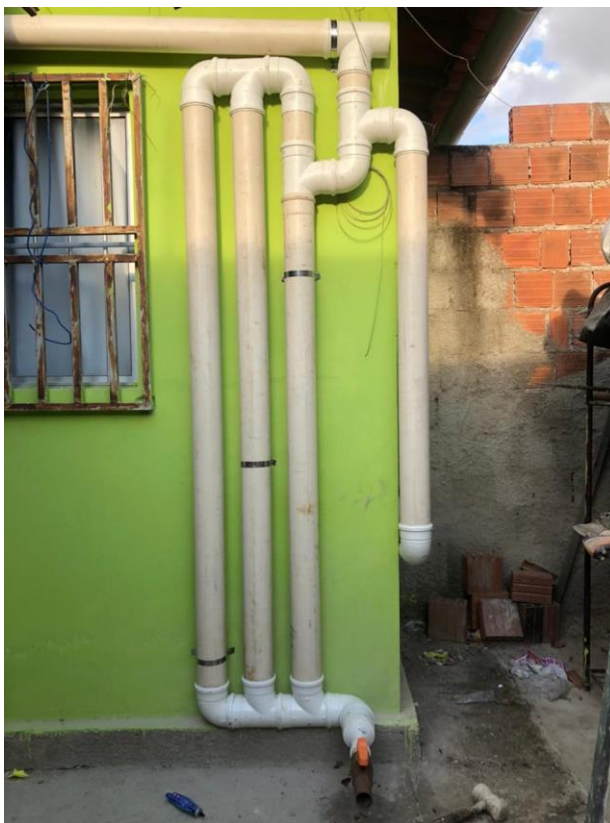
$$Volume_{desvio} = Área_{telhado} * Altura_{precipitação} \quad (8)$$

$$Comprimento_{tubo} = \frac{Volume_{desvio}}{Diâmetro_{tubo}^2 * \frac{\pi}{4}} \quad (9)$$

Como foi adotado, o valor de 1 mm de chuva para a barreira sanitária e o dispositivo com tubulações de diâmetro nominal de 100 mm, obteve-se um volume de 65,28 litros de água desviada, e, conseqüentemente, a necessidade de aproximadamente, 8 metros de tubulação.

A seguir é possível ver fotos do sistema de desvio instalados em um dos imóveis estudados do empreendimento.

Tabela 12 - Sistema de desvio de água implantado numa das residências do empreendimento



Fonte: Viana & Moura Construções (2021).

3.4.4 Reservatório e cloração

É importante ressaltar que, apesar do sistema necessitar de reservatório para o armazenamento da água captada, a maioria das casas já possui uma cisterna, devido ao já mencionado fato da intermitência do abastecimento. Portanto, a construção do reservatório não entrou no orçamento.

Devido ao baixo custo e facilidade de compra e aplicação, foi adotado como sugestão a adição de hipoclorito de sódio a 2,5% (água sanitária), na proporção de 0,10 mL (2 gotas) de para cada litro de água, a fim de realizar a desinfecção da água das cisternas.

3.4.5 Orçamento

Uma vez calculado o volume do desvio foi possível obter a relação de materiais necessários para a execução (Tabela 13).

Tabela 13 – Quantitativo de peças necessárias para a implantação do sistema de águas azuis

ÁGUAS CHUVA				
Peça	Quant	Unidade	Material	DN (mm)
Tê	8	unid	PVC	100x100
Joelho 90	12	unid	PVC	100
Luva	6	unid	PVC	100
Parafuso com bucha S-6	16	unid	Aço	-
Tubo	4,5	m	PVC	100
Calha	7	unid	PVC	125
Bocal para calha	2	unid	PVC	125x100
Cabeceira direita	2	unid	PVC	125
Cabeceira esquerda	2	unid	PVC	125
Emenda para calha	6	unid		125
Vedação de borracha para calha	q18	unid		125
tubo esgoto	0,2	m	PVC	50
suporte dobrado para calha	14	unid	Metal	-
redução	1	unid	PVC	100x50
Registro de esfera	1	unid	PVC	50
Anel de borracha esgoto	30	unid		100
Anel de borracha esgoto	1	unid		50

Fonte: Os Autores, 2021.

Além disso, foi verificado o custo total de aquisição dos materiais utilizados e necessários para a implantação do sistema de captação da água da chuva em uma casa, obtendo o valor final de R\$ 2483,53 (dois mil quatrocentos e oitenta e três reais e cinquenta e três centavos), como pode ser conferido no orçamento que se encontra no Anexo I.

3.5 REUSO DE ÁGUAS CINZAS

A reutilização de águas cinzas em residências é de certa forma mais complicada do que a utilização de águas azuis, pois, são necessárias mais etapas para o tratamento, e, a depender do sistema adotado, exige-se mão de obra qualificada no dia a dia para manutenção e operação do mesmo.

Sabendo disso, buscou-se adotar uma solução de tratamento de efluente que fosse de fácil operação e manutenção. Dentre as soluções disponíveis, a que mais se adequou às características do imóvel foi a solução de filtração, através de um filtro de areia.

Por fim, o percurso dos efluentes que serão tratados consiste inicialmente na sua coleta e seu encaminhamento por uma tubulação, distinta da tubulação de coleta de esgoto convencional, até o filtro. Caso o volume de esgoto gerado seja maior que a capacidade do filtro, foi previsto um extravasor para encaminhar o efluente excedente à tubulação de coleta de esgoto já existente. Após o filtro, a água cinza irá para um reservatório inferior onde será clorada, e encaminhada, através de uma pequena bomba, para o reservatório superior. E, só então, a água será utilizada na caixa acoplada do vaso sanitário.

3.5.1 Quantidade de esgoto gerada

Para dimensionamento dos componentes do sistema de coleta e tratamento, precisou-se inicialmente estimar a quantidade de resíduos gerados em cada residência. Inicialmente, conforme dito no tópico 2.1.1, utilizou-se a estimativa de 2.320 habitantes e um “per capita” de 120 litros por dia para os lotes de uso residencial, já para os lotes de uso misto utilizou-se a estimativa de 50 pessoas usuárias e uma “per capita” de 50 litros por dia.

O coeficiente de retorno utilizado, conforme dito anteriormente, foi de 0,80. Desta forma, pode-se ver os cálculos do volume de esgoto gerado por dia para cada tipo de lote.

Volume de efluente gerado nos lotes habitacionais

$$= \text{População lotes uso habitacional} * c * \text{Per capita}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume de efluente gerado nos lotes habitacionais} &= 2320 * 0,8 * 120 == \\ &222720 \text{ litros/dia} = 222,72 \text{ m}^3/\text{dia} \end{aligned} \quad (10)$$

Volume de efluente gerado nos lotes uso misto

$$= \text{População lotes uso misto} * c * \text{Per capita}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume de efluente gerado nos lotes uso misto} &= 50 * 0,8 * 50 = \\ &= 2000 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} = 2,00 \text{ m}^3/\text{dia} \end{aligned} \quad (11)$$

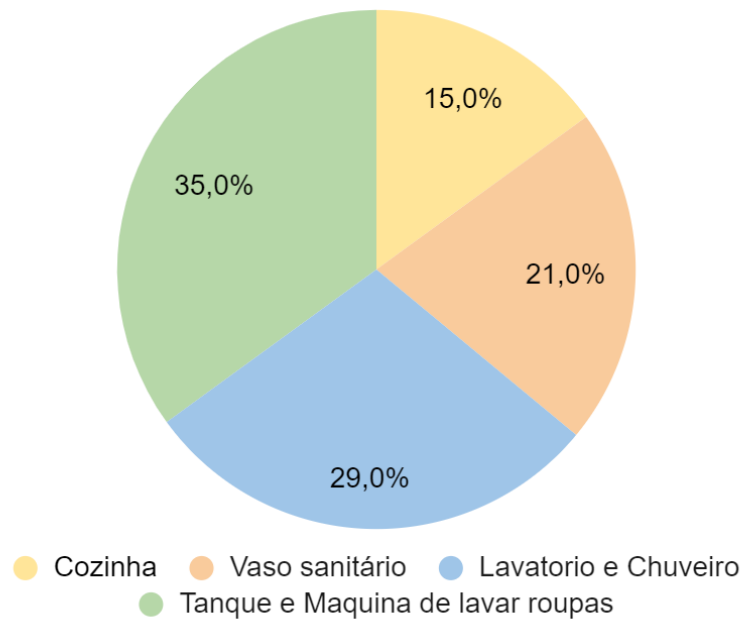
Portanto, a quantidade de efluente gerado por dia em todos os 580 lotes de uso residencial foram de 222,72 m³, já nos lotes mistos foi de 2,00 m³, assim sendo, o empreendimento como um todo, produz 224,72 m³/dia de efluente.

3.5.2 Definição dos pontos de utilização que terão o efluente reutilizado

Apesar das variadas formas de reutilização do recurso estudado, para o projeto em questão adotou-se a reutilização da água apenas nos vasos sanitários, pois, devido ao baixo contato entre os usuários e as águas desse ponto de utilização, os riscos de contaminação serão reduzidos.

Dessa forma, para que o efluente coletado pelo novo sistema instalado (de encaminhamento das águas cinzas ao filtro) tivesse volume diário próximo ao volume de utilização no vaso sanitário, tomou-se como base a pesquisa realizada pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), publicada no 5º edital do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), que informa a estimativa do percentual de água consumida em cada ponto de utilização numa residência. Pode-se ver na Figura 14 este perfil de consumo apresentado na pesquisa citada.

Figura 14 – Perfil de consumo de água numa residência

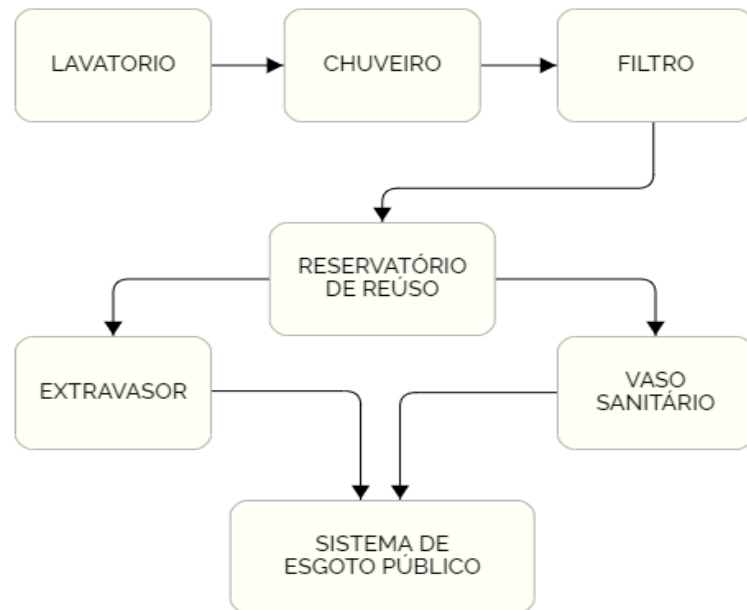


Fonte: UFSC, 2009. Desenvolvimento: os autores.

Sendo assim, o percentual de água utilizada para o vaso sanitário representa 21% do gerado da residência, sendo, neste caso, um volume de 46,77 m³ por dia em um imóvel. Logo, para suprir a demanda do vaso com a água cinza basta coletar e tratar o esgoto proveniente do Lavatório + Chuveiro, que representa 29% do consumo total. Conforme dito anteriormente, estes 8% excedente iriam, através do extravasor, voltar ao curso normal para ser tratado na rede convencional.

No presente estudo, foi considerado uma tubulação de PVC para coleta do efluente e o encaminhamento deste ao filtro. A Figura 15 mostra o fluxo do efluente. Já a Figura 16 e a Figura 17 mostram em detalhes a disposição geométrica do sistema.

Figura 15 – Fluxo do sistema de reuso



Fonte: Os Autores, 2021.

Figura 16 - Planta baixa indicando a disposição geral do sistema de reuso em casa popular modelo



Fonte: Os Autores, 2021.

Figura 17 - Disposição geral do sistema de reuso em casa popular modelo



Fonte: Os Autores, 2021.

3.5.3 Orçamento

Foi realizado um orçamento de aquisição dos materiais utilizados no sistema de reuso de águas cinzas, sendo esse valor estimado em R\$ 2.045,59 (dois mil e quarenta e cinco reais e cinquenta e nove centavos). O detalhamento desse orçamento encontra-se no Anexo II.

É válido ressaltar que este orçamento foi baseado nas composições de serviço da tabela SINAP 2020.

3.6 MATRIZ SWOT

Para análise dos impactos e estudo da viabilidade dos sistemas de reuso de águas cinzas e utilização de água pluvial foi utilizado a metodologia de análise estratégica denominada Matriz SWOT. Através das características de um projeto,

essa metodologia busca entender e equilibrar os pontos positivos e negativos, sejam eles internos ou externos.

O primeiro passo para análise dos impactos consiste na identificação das características dos objetos propostos, utilizando como base os tópicos acima. No caso deste estudo, o referido objeto são os sistemas de reuso de águas cinzas e utilização de águas azuis. Após este passo, identificam-se os pontos internos, tanto os fortes quanto os pontos fracos (pontos de melhoria) além de analisar os fatores externos ao projeto, identificando oportunidades ou ameaças.

Num segundo momento, deve-se planejar estratégias que busquem potencializar os resultados do projeto. De acordo com a matéria da empresa FCAP Junior, para facilitar o raciocínio, essas estratégias podem ser classificadas em 4 tipos.

- Estratégias ofensivas: buscam analisar como os pontos fortes do projeto se conectam com as oportunidades externas;
- Estratégias de confronto: analisam como os pontos fortes podem minimizar as ameaças;
- Estratégias de reforço: buscam entender como as oportunidades externas podem minimizar os pontos negativos do projeto;
- Estratégias de defesa: consiste em relacionar os pontos negativos do projeto com as ameaças identificadas, para traçar estratégias de defesa da melhor forma.

4 RESULTADOS

Analisando os fatores citados acima, juntamente com a vivência prática da implantação do sistema de água de chuva, podemos extrair como resultados o que segue mostrado na Figura 18 e nos itens a seguir.

Figura 18 – Matriz SWOT do sistema de reuso de águas cinzas e de utilização de água da chuva



Fonte: Os Autores, 2021.

É válido ressaltar que, mesmo diante de todos os resultados e impactos mostrados acima, o que mais se sobressai e justifica, por si só, a implantação do sistema é o aumento da disponibilidade hídrica para os moradores que foram amparados com o sistema.

4.1 PONTOS FORTES

Neste item serão analisados os fatores positivos que a implantação do sistema resultará.

4.1.1 Aumento da disponibilidade hídrica

Diante de um cenário onde a falta de água é tão presente, os sistemas alternativos estudados oferecem uma solução que, apesar de simples, causa um grande impacto na disponibilidade hídrica da região, e, conseqüentemente, transforma a realidade de diversas pessoas.

Com os dados pesquisados e calculados anteriormente, enfatiza-se que, caso seja implantado o sistema de água de chuva em todos os lotes habitacionais do empreendimento, pode-se economizar anualmente, em média, 19.992,50 m³ de água, o suficiente para abastecer todos os lotes habitacionais do empreendimento durante 2,4 meses.

Além disso, caso o sistema de reuso de águas cinzas seja implantado em todos os lotes habitacionais do empreendimento, o mesmo teria um potencial de economizar aproximadamente 16.988,83 m³ de água no ano, o equivalente a uma economia de água necessária para abastecer todos os lotes habitacionais do empreendimento durante aproximadamente 2 meses.

Ou seja, caso os dois sistemas sejam implantados na parte habitacional do empreendimento (todas as 580 casas), o volume de água provenientes das fontes alternativas estudadas seria o equivalente ao volume necessário para abastecer todas as habitações por 4,4 meses. Dessa forma, a implantação dos sistemas possibilita o abastecimento de uma unidade residencial durante mais de um terço do ano.

4.1.2 Redução do esgoto gerado

Todo o esgoto gerado no empreendimento, atualmente, vai para a rede pública da COMPESA, que encaminhará os efluentes até a estação de tratamento. Com a implantação do sistema de reuso das águas cinzas, a quantidade de efluentes a ser tratados pela companhia seria reduzida em, aproximadamente, 21% (a parte do esgoto que seria aproveitada para a reutilização), resultando num volume médio anual de 80.899,20 m³ de esgoto que não serão lançados na rede pública.

4.1.3 Economia com caminhões pipas

Conforme dito no item 3.1.4, estima-se um per capita de 120 litros por dia e uma taxa de ocupação média domiciliar de 4 pessoas, resultando num consumo de água mensal na residência de 14,4 m³.

No entanto, de acordo com o supracitado, o volume mensal de água fornecido pela rede pública é em média 4,60 m³ por residência. Assim sendo, pode-se observar um déficit hídrico de aproximadamente 10 m³ por mês em cada habitação.

Grande parte dos moradores, devido ao costume local e somado à falta do conhecimento de outras alternativas, acabam sendo levados ao consumo de água através de caminhões pipas.

Em pesquisa realizada pelos autores durante a execução do estudo, verificou-se que o valor médio de um caminhão pipa de 10 m³ é de R\$170,00, quantia esta destinada por mês, em cada residência para a compra de caminhões pipas (levando em conta as aproximações feitas acima). Uma dicotomia diante da renda que se observa em muitas famílias do padrão construtivo estudado.

Com a implantação dos sistemas, o déficit hídrico cairia para 4,49 m³ por residência por mês, diminuindo os gastos com caminhão pipa.

Com isso, ressalta-se uma possível redução na inadimplência de muitos moradores, que muitas vezes acaba ocorrendo por falta de capital, tanto em relação à conta de água da COMPESA, quanto nas parcelas do imóvel da Caixa Econômica Federal.

Através dos dados anteriormente calculados é possível obter o tempo de retorno do investimento inicial feito, baseando-se apenas nos ganhos financeiros relativos a economia proveniente da compra de caminhão pipa. Observa-se que ao se instalar os dois sistemas tem-se, pelos orçamentos estimados, um custo de R\$ 4.529,12 (quatro

mil e quinhentos e vinte e nove reais e doze centavos). Entretanto, de acordo com a vazão média acumulada dos sistemas estudados é possível obter uma redução de R\$ 170,00 em dois meses, levando em conta apenas os descontos com a redução de consumo de caminhões-pipa. Obtendo um retorno em 4,4 anos.

Ressalta-se que se o valor deste investimento (custo de R\$ 4.529,12) fosse incluído como requisito do sistema habitacional, poderia ser pago em até 30 anos, diminuindo ainda mais o tempo de retorno, ou, até ser subsidiado.

4.1.4 Redução dos custos com tubulação e energia de bombeamento

Em um cenário hipotético, caso tivesse sido pensado na implantação dos sistemas em estudo, ainda na fase de projeto do empreendimento, seria possível admitir um menor consumo per capita tanto no dimensionamento da rede, quanto da altura de água e de esgoto.

A efeito de comparação em relação às possíveis reduções de custo, foi realizado o cálculo da nova vazão. Tal vazão foi obtida através do novo consumo per capita, considerando o reuso de água nos vasos sanitários, conforme Equação 12 e Equação 13.

Devido ao fato de não se ter considerado a existência de reservatório com capacidade para armazenamento da água precipitada durante vários meses e os eventos pluviométricos não acontecerem de forma constante, sendo inexistente em alguns meses, não foi incluída a contribuição de águas azuis para o cálculo da nova vazão, pois, o sistema de abastecimento público deve ser dimensionado para abastecer os habitantes em todas as épocas do ano.

A Equação 12, Equação 13, Equação 14, Equação 15 e Equação 16 abaixo foi utilizada para o cálculo desta nova vazão de água.

$$\begin{aligned} Nova \text{ per capita}_{Uso \text{ residencial}} &= Per \text{ capita} - 21\% * Per \text{ capita} \\ Nova \text{ per capita}_{Uso \text{ residencial}} &= 120 - 25,2 = 94,8 \text{ L/dia} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} Nova \text{ per capita}_{Uso \text{ misto}} &= Per \text{ capita} - 21\% * Per \text{ capita} \\ Nova \text{ per capita}_{Uso \text{ misto}} &= 50 - 10,5 = 39,5 \text{ L/dia} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nova vazão uso residencial}_{\text{Máxima horária}} &= \frac{\text{Nova per capita} * \text{Habitantes} * 1,2 * 1,5}{86400} \\
 \text{Nova vazão uso residencial}_{\text{Máxima horária}} &= \frac{94,8 * 2320 * 1,2 * 1,5}{86400} = 3,666 \text{ L/s} \quad (14)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nova vazão uso misto}_{\text{Máxima horária}} &= \frac{\text{Nova per capita} * \text{Habitantes} * 1,2 * 1,5}{86400} \\
 \text{Nova vazão uso misto}_{\text{Máxima horária}} &= \frac{39,5 * 50 * 1,2 * 1,5}{86400} = 0,041 \text{ L/s} \quad (15)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nova vazão}_{\text{Máxima horária}} &= \text{Nova vazão uso residencial}_{\text{Máxima horária}} + \\
 &\text{Nova vazão uso misto}_{\text{Máxima horária}} \\
 \text{Nova vazão}_{\text{Máxima horária}} &= 3,666 + 0,041 = 3,707 \text{ L/s} \quad (16)
 \end{aligned}$$

Dessa forma, vemos que seria possível uma economia com os materiais, a implantação e até a manutenção (como é o caso da redução de energia com a bomba de recalque) do sistema de tubulações das redes e adutoras, de água e esgoto.

4.1.5 Redução dos casos de doença

Diante dos dados mostrados no item 3.2.5, uma grande parte da população sofre por doenças oriundas da qualidade duvidosa da água consumida. É possível notar que a instalação dos sistemas irá proporcionar o consumo de água de qualidade comprovada, conforme pesquisa citada de SILVA (2017), reduzindo a possibilidade de contaminação através deste recurso.

4.2 PONTOS DE MELHORIA

Neste item serão analisados os fatores negativos que a implantação do sistema resultará.

4.2.1 Manutenção dos sistemas

Apesar dos sistemas possuírem uma operação simples, esta é necessária para o funcionamento adequado deles, e deverá ser feita de forma manual. No caso da água de chuva, a manutenção é referente ao esvaziamento do desvio, já no caso do sistema de reuso é a execução da limpeza do filtro. Além disso, em ambas as situações, é requerida a adição manual de cloro como última etapa antes do consumo.

Esta necessidade nos mostra que o sucesso dos resultados apresentados pelo sistema é dependente do fator humano.

É válido destacar que podem existir futuras pesquisas para automatizar a detecção dos intervalos de chuva, a abertura e o fechamento da válvula no sistema de água de chuva, assim como realizar a manutenção do filtro, no sistema de reuso de água cinza.

4.2.2 Investimento inicial

Apesar de vários estudos, como o realizado por Vinicius Kuchinskiet et al (2016) no Brasil ou o realizado por Karim C. Abbaspour et al (2006), na China, que concluem pela viabilidade econômica de sistemas de água alternativos, é necessário enfatizar que a implantação destes exige um investimento inicial relativamente alto quando comparado à renda média da população do local. Com isso, destaca-se a importância do financiamento, ou do subsídio, para o benefício social do projeto.

4.2.3 Disponibilidade de água no período de maior escassez

Os baixos índices pluviométricos da região, apesar de ser um dos fatores que faz emergir a necessidade por novas fontes de água, também diminui o potencial do sistema de captação de águas azuis, visto que a baixa pluviometria faz com que o

volume de água captado seja pequeno quando comparado ao seu potencial em outras regiões, especialmente nos meses de escassez.

4.3 OPORTUNIDADES

Neste item serão analisadas as oportunidades dos sistemas, ou seja, os fatores externos a estes que os influenciam positivamente.

4.3.1 ODS e o aumento da cultura de sustentabilidade no mundo

Nos últimos anos estão havendo mudanças substanciais no pensamento e comportamento da sociedade, que começa a compreender que o desenvolvimento econômico precisa vir atrelado a conservação do meio ambiente, fato este que influencia diretamente no setor privado.

Em setembro de 2015 Organização das Nações Unidas (ONU) (lançou) 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que dão diretrizes para um desenvolvimento social e econômico.

Assim sendo, ressalta-se que o presente estudo pode impactar, direta e indiretamente em 7 entre os 17 (ODS), sendo eles: Saúde e bem-estar (ODS 3); Água potável e saneamento (ODS 6); Indústria inovação e infraestrutura (ODS 9); Redução das desigualdades (ODS 10); Cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11); Consumo e produção responsáveis (ODS 12); Parcerias e meios de implementação (ODS 17).

Figura 19 - ODS impactados



Fonte: Os Autores, 2021.

Para alcançar estes objetivos é essencial a participação do setor privado. Empresas como a Viana & Moura Construções, que financiou a implantação dos sistemas do presente estudo, além de serem pioneiras diante deste cenário de mudanças na forma de pensar (com cada vez mais valorização à consciência ambiental), se destacam no mercado em que atuam, e, também proporcionam o desenvolvimento de inovações e tecnologias, através do seu grande poder econômico, influenciando e engajando os mais diversos públicos.

4.3.2 Incentivo das agências financiadoras de crédito

Outra oportunidade para o desenvolvimento, e maior aplicação de sistemas sustentáveis em edificações, são os incentivos fiscais oferecidos pelas agências fornecedoras de crédito.

Um bom exemplo, é o Programa Selo Azul da Caixa Econômica Federal, que reduz a tarifa de juros para o financiamento imobiliário de acordo com a sustentabilidade do imóvel. Este fato não só estimula o desenvolvimento de projetos com cunho ambiental, como também fornece uma oportunidade comercial de expansão e aquisição de novos clientes para empresas privadas, bancos e fundos internacionais.

4.3.3 Escassez hídrica na região

De fato, tem-se a escassez como um dos maiores problemas na região. Entretanto, em alguns aspectos pode-se enxergá-la como uma oportunidade, como é o caso dos sistemas em análise, que, caso não houvesse a carência deste recurso, não teriam tamanha importância e impacto na região.

4.4 AMEAÇAS

Neste item serão analisadas as ameaças dos sistemas, ou seja, os fatores externos a estes que os influenciam negativamente.

4.4.1 Cultura hídrica do país

Apesar do pensamento da sociedade como um todo estar em processo de mudança, ainda é comum se encontrar ações que não priorizem a conservação dos recursos hídricos e nem a consciência ambiental. Fato este, atrelado e, muitas vezes até enraizado, na cultura da população, dificulta a implementação de novas tecnologias.

4.4.2 Outras fontes de água

Caso haja um melhoramento no sistema de abastecimento de água tradicional, ou até o desenvolvimento de outras fontes, a viabilidade do sistema poderá ser alterada. No entanto, os impactos socioambientais do sistema continuarão bastante relevantes.

4.5 DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIAS

Nesse tópico foi feita uma análise das características do projeto supracitadas, visando traçar sugestões para potencializar a implantação dos sistemas.

Primeiramente analisou-se estratégias ofensivas, ou seja, como os pontos fortes do projeto se conectam com as oportunidades externas. Dessa forma, pode-se

verificar que um dos principais pontos fortes do projeto é que ele está alinhado com o pensamento sustentável, que cresce no mundo atual.

Além disso, a implantação dos sistemas impacta em vários ODS. Portanto, uma das estratégias seria comunicar de forma efetiva e, se possível até visual, que o sistema engloba sustentabilidade e os ODS, deixando claro aos moradores que, além do aumento da disponibilidade hídrica, existem outros impactos e propósitos de grande relevância. Ou seja, utilizar destes aspectos como fator propulsor do engajamento e da adesão das pessoas ao sistema.

Seguidamente, analisou-se as estratégias de confronto, que consiste em analisar como os pontos fortes podem minimizar, ou até neutralizar, as ameaças.

À vista disso, observou-se que um dos principais desafios é o fato de estar enraizado na cultura do país o uso de fontes de água tradicionais.

Entretanto, a utilização dos sistemas propostos traz uma série de vantagens, desde a economia com caminhões pipas até o aumento da disponibilidade hídrica. Logo, é possível, através de workshops e palestras e até do incentivo de outros moradores (que já tenham o sistema implantado), ir aos poucos mudando essa mentalidade cultural e mostrando os outros pontos fortes presentes nos objetos em estudo, que, por sua vez, não estão presentes nas outras fontes hídricas.

Já as estratégias de reforço buscam entender como as oportunidades externas podem minimizar os pontos negativos do projeto. Como citado anteriormente, a manutenção do sistema e o alto investimento inicial para implantação do mesmo são desafios relevantes. No entanto, para minimizar tais pontos, além do fomento da ideia da sustentabilidade, que cria uma cultura, estimulando a adoção dos sistemas, há um incentivo por parte de agências à adoção de medidas sustentáveis. Como por exemplo, informado no item 2.3, a obrigatoriedade de implantação de aquecedor solar em residências financiadas pela Caixa na região sul, Sudeste e Centro-Oeste do país.

Logo, de forma semelhante, pode-se analisar a possibilidade de se estimular que órgãos governamentais e agências financiadora também fomentem o uso de medidas de obrigatoriedade quanto à instalação de sistemas que melhorem a oferta hídrica. Mesmo ainda não sendo obrigatório, é possível aproveitar incentivos existentes, como o Selo Azul, como atrativo para a adesão e implantação destes por empresas privadas.

Por último, analisou-se estratégias de defesa, que relaciona os pontos negativos do projeto com as ameaças identificadas, para traçar estratégias de defesa da melhor forma.

O modo de utilização de água da população estudada e a necessidade de manutenção do sistema, juntos, constituem uma ameaça ao sucesso da implantação dos sistemas. Para minimizar isto, pode-se desenvolver aplicativos interativos ou sistemas de monitoramento digitais, que prevejam e alertem possíveis necessidades de manutenção, e, simultaneamente, agreguem valor ao objeto em estudo.

5 CONCLUSÃO

Diante das informações dispostas, com o auxílio do método de análise da Matriz SWOT, pode-se concluir que os sistemas de aproveitamento da água da chuva e reutilização de águas cinzas que serão implantados no empreendimento de casas populares em Caruaru são excelentes soluções de fontes sustentáveis de água. Quando se atua de forma conjunta com o sistema público, se aumenta a disponibilidade deste recurso tão escasso na região do agreste Pernambucano.

No aspecto ambiental, conclui-se que o sistema se adequa bem a região, além de diminuir o consumo de água de qualidade dos mananciais, contribuindo com a manutenção dos corpos hídricos.

Já no viés social a implantação dos sistemas estudados tem um grande potencial, pois, além dos consideráveis ganhos de qualidade de vida advindos da disponibilidade hídrica, tem-se também um grande potencial na redução de doenças transmitidas pela água.

Além disso, no âmbito econômico, os sistemas contribuem de forma ativa na redução das despesas mensais familiares, minimizando os custos com as atuais fontes de água alternativa (em geral caminhão-pipa). Pode-se destacar, ainda, a redução da vazão nas redes, adutoras e emissários, acarretando, possivelmente, na diminuição dos custos com a implantação e de manutenção das infraestruturas de saneamento.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 151 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo: ANA, 2005. 151 p. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=161985>. Acesso em: 29 abr. 2021.

ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. Dissertação (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ARAÚJO, Luttemberg. **DesviUFPE como barreira sanitária para melhoria da qualidade de água de chuva em Zona Rural: determinação de deposição seca e melhoria de desempenho**. Caruaru, 2017. TCC (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017.

ARTICULAÇÃO semiárido brasileiro. Programa um milhão de cisternas. 2021. Disponível em: <https://www.asabrazil.org.br/acoes/p1mc>. Acesso em: 29 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520/2011** - Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12225/2011**. Informação e documentação – Lombada – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724/2011** - Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023/2002** - Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024/2003** - Informação e documentação – Numeração progressiva das seções de um documento escrito – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027/2003** - Informação e documentação – Sumário – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028/2003** - Informação e documentação – Resumo – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6034/2003** - Informação e documentação – Índice – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BARRETO, Douglas. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5358>. Acesso em: 29 abr. 2021.

BLOG do Didi Galvão, 2021. Afogados da Ingazeira reaproveita água e deixa a cidade mais bonita para os visitantes. Disponível em: <https://www.didigalvao.com.br/afogados-da-ingazeira-reaproveita-agua-e-deixa-a-cidade-mais-bonita-para-os-visitantes/>. Acesso em: 14 abr. 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei n. 8.277**. Diário Oficial da União.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial, 08 de março de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio ambiente. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria, de 12 de dezembro de 2011**. Diário Oficial da União.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Elaboração de proposta do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil**. Brasília, 2018. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/interaguas/reuso/produto6_plano_de_acoes_e_politica_de_reuso.pdf. Acesso em: 29 abr. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 54, de 28 de novembro de 2005**. Diário Oficial, 09 de março de 2006.

CAMPINAS, SP. Câmara Municipal. **Lei n. 12474**. Diário Oficial da União. Campinas, SP.

CARUARU. Prefeitura. **Lei Complementar n. 062, de 27 de dezembro de 2018**. Diário Oficial da União. Caruaru, 27 de dezembro de 2018.

ELABORAÇÃO de proposta do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil: acordo de empréstimo nº 8074-BR – Banco Mundial. Produto III – Critérios de Qualidade da Água (RP01B), p. 575.

FCAP Junior Consultoria. **Análise S.W.O.T.**: tome decisões assertivas com análises internas e externas de mercado. Disponível em: <https://blog.fcapijr.com.br/matriz-fofa/>. Acesso em: 21 abr. 2021.

GIKAS, Georgios D.. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. **Journal of Hydrology**, Xanthi, Grécia, v. 466-467, p. 115-126, 12 out. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.020>. Acesso em: 1 fev. 2021.

GONÇALVES, Ricardo ; KELLER, Regina; FRANCI, Thiago. Análise comparativa das práticas de reúso de água cinza em edificações urbanas na Alemanha e no Brasil. **Revista DAE**, 04 09 2018.

HAGER, Francis Priscilla Vargas; D'ALMEIDA, Marcelo Lopes. **Legislação Aplicada a água às subterrâneas**. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas , Brasília, Distrito Federal,, p. 16.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**: tabelas de dados agregados. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/T/Q>. Acesso em: 30 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil consome 6 litros de água para cada R\$ 1 produzido pela Economia**. 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/20465-brasil-consome-6-litros-de-agua-para-cada-r-1-produzido-pela-economia>. Acesso em: 29 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabel 1395**: domicílios particulares permanentes, por situação do domicílio e existência de banheiro ou sanitário e número de banheiros de uso exclusivo do domicílio. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1395>. Acesso em: 29 abr. 2021.

INDICADORES sociais municipais: uma análise dos resultados do universo do censo demográfico 2010, f. 81. 2010. 161 p.

KRÜTZMANN, Uiliam Eduardo. **Captação da água das chuvas com reutilização em bacias sanitárias**. Lajedo, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário Univates, 2015.

KUCHINSKI, Vinicius; GASTALDINI, Maria. Viabilidade técnica e econômica do aproveitamento das águas de chuva e cinza para consumo não potável em edifício residencial de Santa Maria (RS). **Revista DAE**, Santa Maria/RS., p. 19, 20 07 2016.

LIMA, Júlio Cesar. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano**. Recife, 2012. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

O PROGRAMA de pesquisas em saneamento básico – PROSAB. Uso racional de água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Vitória, ES, 2009. 339 p. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-deprogramas/prosab/prosab5_tema_5.pdf. Acesso em: 29 abr. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Millennium Project**. Investing in development: a practical plan to achieve the Millennium Development Goals. Nova York, 2005.

ROSSI, Marco; ELIAS, Mariana. **Aplicação de reuso de águas cinza em residências unifamiliar**. Porto, COCEP, 22 julho 2015.

SANTOS, LUIZ. **Gestão da água em edificações públicas**: a experiência no prédio da empresa baiana de águas e saneamento S.A. - EMBASA. 2010. 120 p. Dissertação (Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

SILVA, Selma Thaís. **Influência das condições de ocupação do solo, da deposição seca e de dispositivos de desvio, sobre a qualidade da água de chuva**. Recife, 2017. Tese (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

ANEXO A – ORÇAMENTO DO SISTEMA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

CAPTAÇÃO	UND	1,00	R\$ 2.483,53	R\$ 2.483,53
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	UND	4,50	R\$ 59,90	R\$ 269,55
TE SANITARIO, PVC, DN 100 X 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL	UND	8,00	R\$ 11,54	R\$ 92,34
JOELHO 90° PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	UND	12,00	R\$ 5,81	R\$ 69,73
LUVA DE PVC, JE, DN 100 MM, PARA REDE COLETORA DE ESGOTO (NBR 10569)	UND	6,00	R\$ 12,86	R\$ 77,13
Parafuso c/ bucha S-6	UND	16,00	R\$ 0,15	R\$ 2,43
Calha circular p/ águas pluviais em PVC ø 125mm, com 3m	UND	7,00	R\$ 159,00	R\$ 1.113,00
Bocal para calha pluvial de PVC (125x100mm),	UND	2,00	R\$ 47,52	R\$ 95,03
Cabeceira direita p/calha pluvial PVC, d=125mm,	UND	2,00	R\$ 15,51	R\$ 31,03
Cabeceira esquerda p/calha pluvial PVC, d=125mm.	UND	2,00	R\$ 15,51	R\$ 31,03
Emenda p/calha pluvial beiral, d=125mm.	UND	6,00	R\$ 29,09	R\$ 174,55
Vedação de borracha para calha pluvial beiral d=125mm.	UND	18,00	R\$ 1,16	R\$ 20,95
Suporte Dobrado Metal 170 mm -	UND	14,00	R\$ 25,60	R\$ 358,40
Fita metálica	m	3,00	R\$ 2,80	R\$ 8,40
REDUCAO, PVC SOLDABEL, 100 X 50 MM, SERIE NORMAL PARA ESGOTO PREDIAL	und	1,00	R\$ 7,75	R\$ 7,75
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 50 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	0,20	R\$ 8,16	R\$ 1,63
REGISTRO DE ESFERA PVC, COM BORBOLETA, SOLDABEL DE 50MM	und	1,00	R\$ 19,50	R\$ 19,50
Anel de borracha esg serie R 100mm	und	30,00	R\$ 3,65	R\$ 109,50
Anel de borracha esg serie R 50mm	und	1,00	R\$ 1,59	R\$ 1,59

ANEXO B – ORÇAMENTO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA

ÁGUAS CINZAS				
RESERVATÓRIO SUPERIOR	UND	1,00	R\$ 414,93	R\$ 414,93
RESERVATÓRIO E SUPORTE	UND	1,00	R\$ 385,80	R\$ 385,80
MATERIAL	UND	1,00	R\$ 205,83	R\$ 205,83
Caixa D Água Polieti. Fortlev 100l	UND	1,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 20 MM X 1/2", PARA CAIXA D	UND	1,00	R\$ 6,97	R\$ 6,97
ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, COM FLANGE E ANEL DE VEDACAO, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D	UND	1,00	R\$ 8,01	R\$ 8,01
TORNEIRA DE BOIA CONVENCIONAL PARA CAIXA D'AGUA, 1/2", COM HASTE E TORNEIRA METALICOS E BALAO PLASTICO	UND	1,00	R\$ 11,86	R\$ 11,86
Vigota para laje (TR08644)	M	4,35	R\$ 8,00	R\$ 34,80
Lajota cerâmica para laje treliçada H8 (8x20x40cm)	UND	15,00	R\$ 1,20	R\$ 18,00
CONCRETO 25MPA	M3	0,06	R\$ 330,00	R\$ 18,15
TELA ELETROSSOLDADA Q61	UND	0,11	R\$ 74,06	R\$ 8,04
MÃO DE OBRA	UND	1,00	R\$ 179,97	R\$ 179,97
EXECUÇÃO	UND	1,00	R\$ 179,97	R\$ 179,97
PEDREIRO	H	5,00	R\$ 21,41	R\$ 107,03

SERVENTE	H	5,00	R\$ 14,59	R\$ 72,94
TUBULAÇÃO DE SAÍDA	UND	1,00	R\$ 29,13	R\$ 29,13
MATERIAL	UND	1,00	R\$ 29,13	R\$ 29,13
TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	M	5,70	R\$ 2,67	R\$ 15,22
JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 1/2", PARA AGUA FRIA PREDIAL	UND	1,00	R\$ 4,39	R\$ 4,39
JOELHO PVC, SOLDÁVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	UND	1,00	R\$ 0,52	R\$ 0,52
Tubo de Ligação Flexível PVC 1/2" X 60cm AMANCO	UND	1,00	R\$ 9,00	R\$ 9,00
RESERVATÓRIO INFERIOR	UND	1,00	R\$ 1.630,66	R\$ 1.630,66
RESERVATÓRIO	UND	1,00	R\$ 1.128,79	R\$ 1.128,79
MATERIAL	UND	1,00	R\$ 1.033,56	R\$ 1.033,56
Bombona Tampa Removível 220 Lts	UND	2,00	R\$ 159,50	R\$ 319,00
Tampa Pré-moldada 100x75x05cm	UND	2,00	R\$ 48,00	R\$ 96,00
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	5,00	R\$ 64,26	R\$ 321,30
MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M2	4,00	R\$ 27,44	R\$ 109,76
CONCRETO 20MPA	M3	0,75	R\$ 250,00	R\$ 187,50

MÃO DE OBRA	UND	1,00	R\$ 95,23	R\$ 95,23
ESCAVAÇÃO	M3	1,65	R\$ 57,71	R\$ 95,23
SERVENTE	H	6,53	R\$ 14,59	R\$ 95,23
BOMBA DE RECALQUE	UND	1,00	R\$ 328,87	R\$ 328,87
ABRIGO DA BOMBA	UND	1,00	R\$ 33,01	R\$ 33,01
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,36	R\$ 64,26	R\$ 23,13
MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M2	0,36	R\$ 27,44	R\$ 9,88
MATERIAIS ELÉTRICOS	UND	1,00	R\$ 295,86	R\$ 295,86
BOMBA DÁGUA 0,5CV	UND	1,00	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Cabo flexível 2,5mm² 750V Preto ou Vermelho ou Amarelo (Somente essas opções) COBRECOM	M	10,30	R\$ 0,89	R\$ 9,17
Cabo flexível 2,5mm² 750V Azul (Somente essas opções) COBRECOM	M	10,30	R\$ 0,89	R\$ 9,17
Cabo flexível 2,5mm² 750V Verde (Somente essas opções) COBRECOM	M	10,30	R\$ 0,89	R\$ 9,17
Eletroduto Flexível Corrugado 25 mm x 50m Amarelo AMANCO	M	10,30	R\$ 1,15	R\$ 11,85
Caixa Luz 4 x 2 PVC Preta AMANCO	UND	1,00	R\$ 1,13	R\$ 1,13
Luva de Pressão 25mm AMANCO	UND	1,00	R\$ 0,68	R\$ 0,68

Módulo visor cego com furo petra MEC-TRONIC	UND	1,00	R\$ 0,51	R\$ 0,51
Disjuntor IEC monopolar (1P) curva C - 230V/400V - 3kA/4,5kA - 50Hz/60Hz - 16A ELETROMAR	UND	1,00	R\$ 4,19	R\$ 4,19
INSTALAÇÃO DE RECALQUE	UND	1,00	R\$ 103,28	R\$ 103,28
MATERIAL	UND	1,00	R\$ 103,28	R\$ 103,28
VÁLVULA DE RETENÇÃO PVC SOLDÁVEL 25MM	UND	1,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 20 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	M	10,50	R\$ 2,08	R\$ 21,84
CURVA DE PVC 90 GRAUS, SOLDAVEL, 20 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)	UND	4,00	R\$ 1,71	R\$ 6,84
TÊ PVC, SOLDAVEL, DN 20 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	UND	1,00	R\$ 0,80	R\$ 0,80
REGISTRO DE ESFERA PVC, COM BORBOLETA, COM ROSCA EXTERNA, DE 1/2"	UND	1,00	R\$ 8,80	R\$ 8,80
CLORADOR	UND	1,00	R\$ 50,00	R\$ 50,00
INSTALAÇÃO DE SUCÇÃO	UND	1,00	R\$ 30,54	R\$ 30,54
MATERIAL	UND	1,00	R\$ 30,54	R\$ 30,54
VÁLVULA DE SUCÇÃO PVC PÉ COM CRIVO SOLDÁVEL DE 25MM	UND	1,00	R\$ 19,90	R\$ 19,90
TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	M	1,50	R\$ 2,67	R\$ 4,01
CURVA DE PVC 90 GRAUS, SOLDAVEL, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)	UND	3,00	R\$ 2,21	R\$ 6,63
TUBOS E CONEXÕES DE ENTRADA	UND	1,00	R\$ 39,20	R\$ 39,20
MATERIAL	UND	1,00	R\$ 39,20	R\$ 39,20

TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 40 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	M	2,40	R\$ 3,28	R\$ 7,87
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 50 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	M	3,60	R\$ 5,59	R\$ 20,12
JOELHO 45° PVC SERIE NORMAL, DN 40 MM, PARA ESGOTO PREDAL (NBR 5688)	UND	1,00	R\$ 1,80	R\$ 1,80
JOELHO 45° PVC SERIE NORMAL, DN 50 MM, PARA ESGOTO PREDAL (NBR 5688)	UND	1,00	R\$ 2,60	R\$ 2,60
JUNÇÃO EM Y PVC SERIE NORMAL, DN 40 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	UND	1,00	R\$ 3,90	R\$ 3,90
CAP PVC SERIE NORMAL, DN 40 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	UND	1,00	R\$ 2,90	R\$ 2,90