



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

HIAN MELO SALES

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
SEMI ÁRIDO CEARENSE: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
CEARÁ EM CRATEÚS.**

CRATEÚS

2019

HIAN MELO SALES

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
SEMI ÁRIDO CEARENSE: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
CEARÁ EM CRATEÚS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: Prof. M^a. Tatiane Lima Batista

CRATEÚS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S155p Sales, Hian Melo.
Proposta de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no semi árido cearense: estudo de caso na Universidade Federal do Ceará em Crateús / Hian Melo Sales. – 2019.
91 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2019.
Orientação: Profa. Ma. Tatiane Lima Batista.
1. Conservação da água. 2. Usos não potáveis. 3. Captação e armazenamento de águas pluviais. 4. Substituição de fontes. I. Título.

CDD 620

HIAN MELO SALES

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO SEMI ÁRIDO CEARENSE: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ EM CRATEÚS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. M^a. Tatiane Lima Batista (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. M^a. Janine Brandão de Farias Mesquita
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Nádía Ducila e Severino.

AGRADECIMENTOS

A Prof. Me. Tatiane Lima Batista, obrigado pela excelente orientação, por ter me acompanhado nessa etapa crucial da graduação. As discussões e sugestões contribuíram muito para minha formação.

Aos professores participantes da banca examinadora Janine Brandão de Farias Mesquita e Alan Michell Barros Alexandre pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da instituição, pelo tempo concedido nas entrevistas.

Aos colegas da turma de graduação, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas, em especial aos amigos Antônio Edimar dos Santos Junior, Carlos Henrique Mendes de Oliveira, Francisco Roniel Soares Silva, Joais Lima Fernandes, Jose Jeronimo de Carvalho Neto, Lucas Mourão Abreu e Mateus Veras Mendes.

“Aproveite a vida hoje para o amanhã não ser desperdiçado pelas lamentações de ontem”
(Hian Melo Sales, 2018).

RESUMO

As instituições de ensino apresentam grande potencial de implantação de sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais devido a sua disposição de vasta área para captação. Nesse contexto, a universidade se insere com o importante papel de guiar a sociedade por caminhos sustentáveis. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi propor de um sistema de aproveitamento de águas pluviais de cobertura para fins não potáveis em duas edificações da Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús. Assim sendo, procurou-se contextualizar e sintetizar alguns aspectos relacionados à conservação da água, a organização e aos componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais, ressaltando a seriedade com a qual o tema deve ser tratado. Com base no levantamento de dados pluviométricos locais, além de informações como demanda de água não potável, foi realizada uma investigação sobre potencial de captação e aproveitamento de águas pluviais, caso o sistema fosse implantado. A pesquisa verificou as condições da estrutura existente bem como o dimensionamento de componentes do sistema. Os resultados indicaram que a captação de águas pluviais proporcionaria uma economia significativa dos gastos com água potável, podendo gerar uma redução do consumo na ordem 70%, suprimindo toda a demanda para as bacias sanitárias, mictórios, atividade de limpeza e de irrigação.

Palavras-chave: Conservação da água. Usos não potáveis. Captação e armazenamento de águas pluviais.

ABSTRACT

Educational institutions have great potential for the implementation of building systems for the use of rainwater due to their willingness to a vast area for capture. In this context, the university is part of the important role of guiding society through sustainable paths. Thus, the objective of this work was to propose a system of use of rainwater coverage for non-drinking purposes in two buildings of the Federal University of Ceará, Campus Crateús. Therefore, we sought to contextualize and synthesize some aspects related to water conservation, the organization and components of the rainwater use system, emphasizing the seriousness with which the theme should be addressed. Based on the survey of local rainfall data, in addition to information such as demand for non-drinking water, an investigation was carried out on the potential for the capture and use of rainwater if the system were implemented. The research verified the conditions of the existing structure as well as the sizing of system components. The results indicated that rainwater harvesting would provide a significant savings in drinking water spending, which could generate a reduction in consumption in order 70%, supplying all demand for sanitary, urinal basins, cleaning activity and irrigation.

Keywords: Water conservation. Non-potable uses. Rainwater collection and storage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação da qualidade da água das chuvas em Vitória (ES).....	22
Figura 2 - Baoli Chand, com mais de 35 metros de profundidade.....	23
Figura 3 - Uma das cisternas da Fortaleza Massada.....	24
Figura 4 - Componentes Básicos de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais.....	26
Figura 5 - Área de captação – Telhados.....	27
Figura 6 - Área de captação – Lajes impermeabilizadas.....	27
Figura 7 - Área de captação – estacionamento.....	27
Figura 8 - Esquema dos elementos condutores de uma SAAP.....	28
Figura 9 - Modelo de filtro de materiais grosseiros.....	30
Figura 10 – Esquema de um dispositivo de descarte de primeiras chuvas.....	31
Figura 11 - Reservatório de água da chuva, de paredes metálicas.....	32
Figura 12 - Localização do município de Crateús.....	35
Figura 13 - Bloco Acadêmico da UFC-Crateús.....	35
Figura 14 - Bloco Administrativo da UFC-Crateús.....	36
Figura 15 - Maquete da universidade quando concluída.....	36
Figura 16 - Localização da UFC e das estações meteorológicas mais próximas.....	50
Figura 17 - Coberta do bloco Administrativo.....	52
Figura 18 - Coberta do Bloco Acadêmico.....	53
Figura 19 - Condições instaladas da calhas – Bloco Academico.....	66
Figura 20 – Tubo de queda sem ralos abacaxis - bloco administrativo.....	74
Figura 21 – Tubos de saídas laterais – Bloco Administrativo.....	75

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica média mensal (mm), entre 1974-2019.	51
Gráfico 2 - Frequência de comparecimento semanal à UFC-Crateús.	57
Gráfico 3 - Frequência diária de utilização das bacias sanitárias da UFC-Crateús.....	57
Gráfico 4 - Frequência diária de utilização dos mictórios da UFC-Crateús.....	58
Gráfico 5 - Frequência de descarga das bacias sanitárias, UFC-Crateús.	58
Gráfico 6 - Frequência de descarga dos mictórios, UFC-Crateús.	59
Gráfico 7 - Demanda por equipamento sanitário e serviços de limpeza e irrigação (m ³).	62
Gráfico 8 - Comparativo entre uma situação de 50% e 100% aproveitamento.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.....	23
Tabela 2 - Variação da qualidade da água em função da superfície de captação.....	28
Tabela 3 - Indicativo da frequência de manutenção dos componentes de uma SAAP.....	33
Tabela 4 - Quantitativo de pessoas por atividade no Campus da UFC-Crateús.....	37
Tabela 5 – Coeficientes de rugosidade dos materiais utilizados nas calhas.....	44
Tabela 6 - Representação das vazões suportadas, através a equação 13.....	45
Tabela 7 - Capacidade de vazão dos condutores horizontais de seção circular.....	46
Tabela 8 - Estações pluviométricas ativas no município de Crateús-CE.....	49
Tabela 9 - Áreas de contribuição de cada tubo de queda do Bloco Administrativo. <i>continua</i>	53
Tabela 10 - Áreas de contribuição de cada tubo de queda do Bloco Acadêmico. <i>continua</i>	54
Tabela 11 - Volumes e valores das constas de água da UFC-Crateús.....	55
Tabela 12 - Respostas da entrevista com os servidores da limpeza.....	61
Tabela 13 - Demanda por equipamento sanitário e serviços de limpeza e irrigação.....	61
Tabela 14 - Consumo da UFC vs consumo estimado de não potavel.....	62
Tabela 15 - Comparativo entre vazão de projeto e a vazão suportada das calhas do Bloco Administrativo.....	64
Tabela 16 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, calhas do Bloco Acadêmico. <i>continua</i>	64
Tabela 17 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Administrativo.....	67
Tabela 18 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Acadêmico. <i>continua</i>	67
Tabela 19 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Administrativo.....	69
Tabela 20 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Acadêmico. <i>continua</i>	69
Tabela 21 - Volume de água promovido pelo regime pluviometrico, pelo método de Rippl. ..	71
Tabela 22 - Volume dos reservatórios de descarte das primeiras chuvas.....	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização	14
1.2	Questão de pesquisa	15
1.3	Objetivos	15
1.3.1	<i>Objetivo geral</i>	15
1.3.2	<i>Objetivo específicos</i>	16
1.4	Justificativa	16
1.5	Delimitação do estudo	16
1.6	Roteiro temático	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Conservação da água	18
2.2	Águas pluviais como recurso hídrico	20
2.2.1	<i>Qualidade das águas pluviais</i>	21
2.2.2	<i>Histórico do aproveitamento de águas pluviais</i>	23
2.3	Sistema de aproveitamento de águas pluviais	25
2.3.1	<i>Área de captação</i>	26
2.3.2	<i>Calhas e condutores</i>	28
2.3.3	<i>Pré-tratamento e tratamento</i>	29
2.3.3.1	<i>Dispositivos de remoção de sólidos indesejáveis</i>	29
2.3.3.2	<i>Dispositivos de descarte da primeira chuva</i>	30
2.3.4	<i>Reservatório de armazenamento</i>	31
3	METODOLOGIA	34
3.1	Área de estudo	34
3.2	Estudos preliminares do sistema de aproveitamento de águas pluviais	37
3.2.1	<i>Estudo das séries históricas</i>	37
3.2.2	<i>Área de captação</i>	38
3.2.3	<i>Equação IDF</i>	38
3.2.4	<i>Demanda de água não potável</i>	39
3.2.4.1	<i>Consumo diário de água dos aparelhos sanitários</i>	40
3.2.4.2	<i>Consumo diário de água dos serviços de irrigação e de limpeza</i>	41
3.3	Verificação e dimensionamento de calhas e condutores	42
3.3.1	<i>Calhas</i>	44

3.3.2	<i>Condutores verticais</i>	44
3.3.3	<i>Condutores horizontais</i>	45
3.4	Dimensionamento dos reservatórios	46
3.4.1	<i>Reservatório inferior</i>	46
3.4.2	<i>Reservatório superior</i>	48
3.5	Análise do potencial de economia de água potável	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1	Estudos preliminares do sistema de aproveitamento de águas pluviais	49
4.1.1	Estudo das séries históricas de precipitação pluviométrica	49
4.1.2	Área de captação	51
4.1.3	Equação de IDF	55
4.1.4	Demanda de água não potável	55
4.1.4.1	<i>Demanda dos aparelhos sanitários</i>	56
4.1.4.2	<i>Demanda do serviço de irrigação e limpeza</i>	59
4.2	Dimensionamento de calhas e condutores	63
4.2.1	<i>Verificação das dimensões das calhas</i>	63
4.2.2	<i>Verificação das dimensões dos tubos de queda</i>	66
4.2.3	<i>Verificação e dimensionamento dos condutores horizontais</i>	68
4.2.4	<i>Execução das novas instalações</i>	70
4.3	Dimensionamento dos reservatórios	71
4.3.1	<i>Reservatório inferior</i>	71
4.3.2	<i>Reservatório superior</i>	73
4.4	Dispositivos de pré-tratamento	73
4.4.1	Reservatórios de descarga das primeiras chuvas	75
4.5	Análise do potencial de economia de água potável	76
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
	REFERÊNCIAS	80
	APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS USUÁRIOS DOS APARELHOS SANITÁRIOS	85
	APÊNDICE 2 – ENTREVISTAS REALIZADAS COM OS SERVIDORES	86
	APÊNDICE 3 – PLANTA DA COBERTURA DO BLOCO ACADÊMICO	87
	APÊNDICE 4 – PLANTA DA COBERTURA DO BLOCO ADMINISTRATIVO	88
	APÊNDICE 5 – PLANTA DOS CONDUTORES VERTICAIS DO BLOCO ADMINISTRATIVO	89

APÊNDICE 6 – CONDUTORES HORIZONTAIS DO BLOCO ACADÊMICO	90
APÊNDICE 7 – PLANTA DE LOCAÇÃO DO RESERVATÓRIO	91

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A água é um importante recurso para a sustentação da vida em nosso planeta. A maioria das formas de vida aqui existentes é dependente em algum feitiço deste recurso. Além disso, ela se apresenta como um dos principais recursos necessários para o desenvolvimento dos países. Sendo assim, o seu mau gerenciamento e uso irracional em conjunto com as especificidades de cada local (microclima) podem gerar desequilíbrios econômicos e sociais, limitando a atividade econômica, gerando conflitos e reduzindo a qualidade de vida de grandes grupos populacionais.

Segundo ANA (2018) e Von Sperling (1996), cerca de 97,5% da água existente no planeta é dita salgada, apresentando-se nos oceanos, mares e lagos salgados, sendo os 2,5% remanentes de água doce. No entanto, 99 % desse volume está contido em locais de difícil acesso, como nas geleiras e no subsolo, restando apenas 1% em locais acessíveis como rios e lagos.

O Brasil exibe uma situação hídrica aparentemente confortável, possuindo 12% da água doce disponível no planeta. Entretanto, olhando para a distribuição do recurso entre as regiões, percebe-se um desequilíbrio hídrico. A região Nordeste possui 27,8 % da população e dispõe de 3,3% dos recursos hídricos, enquanto que a região Norte possui 8,3% da população e dispõe de 68% das águas nacionais (ANA, 2017; IBGE, 2010). O país obteve um crescimento populacional de 12,33% entre os dois últimos censos, passando de 169.799.170 em 2000 para 190.732.694 habitantes em 2010. Já a região Nordeste obteve um crescimento de 11,18% nesse mesmo período, saltando de 47.741.711 para 53.078.137 pessoas. Se não bastasse esse aumento populacional, que já provoca um aumento na demanda dos recursos hídricos, o consumo per capita de água também vem apresentando aumentos. Para a ONU (2018), o brasileiro consome em média 154 litros por dia. Dados da ANA (2017) mostram que nas últimas duas décadas ocorreu um aumento de 80% na retirada de água do meio ambiente e com expectativas de um aumento de 30% até 2030.

Dessa forma, faz-se necessário a implementação de técnicas de conservação e aproveitamento da água que visem obter uma maior estabilidade hídrica. A prática do conceito de “substituição de fontes”, se apresenta como uma alternativa plausível para satisfazer as demandas, principalmente aquelas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico (HESPANHOL, 2002).

1.2 Questão de pesquisa

Para Marinoski e Glisi(2008), a utilização das águas pluviais para suprir as demandas de água para fins não potáveis se apresenta como alternativa viável, pois propicia a redução de problemas de falta d'água e contribui para a preservação do meio ambiente. A NBR 15527 (ABNT, 2019) apresenta as características e os componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, que se baseia na captação e armazenamento das águas das chuvas para uso futuro em atividades de menores exigências de qualidade. Segundo ela, os usos não potáveis incluem descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio e irrigação. Além disso, o aproveitamento dessas águas também pode ser feito para outros usos se associados a estudos de parâmetros de qualidade de água e aplicação de tratamentos adequados.

Ultimamente a conscientização e a preocupação com a preservação dos recursos naturais vem incentivado inúmeros estudiosos a avaliarem a viabilidade de implementação do aproveitamento de águas pluviais como meio de redução do consumo de águas potáveis, podendo ser citados os trabalhos de Marinoski (2007), Hagemann (2009) e Oliveira (2005), que expõem que além da redução do consumo de água potável, o uso de águas pluviais pode trazer, ainda, reduções nas contas de água.

Diante disso, foram levantados os seguintes questionamentos:

- Qual a viabilidade técnica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais de cobertura para fins não potáveis no semiárido cearense?
- Quais as características do consumo de água na Universidade Federal do Ceará em Crateús?

Esses questionamentos nortearam o desenvolvimento do estudo, conforme objetivos apresentados no tópico seguinte.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo geral*

- Apresentar uma proposta de modelo de um sistema de aproveitamento de águas pluviais de cobertura para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal do Ceará localizado no município de Crateús-CE.

1.3.2 Objetivo específicos

- Caracterizar o regime pluviométrico do município de Crateús;
- Estimar o consumo de água na universidade para fins não potáveis;
- Analisar os elementos existentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais: calhas, condutores e reservatórios;
- Verificar o potencial de economia de água potável pela utilização do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

1.4 Justificativa

Atitudes governamentais como: a Lei nº 13.501 de 30 de outubro de 2017, que inclui à Política Nacional de Recursos Hídricos o aproveitamento de águas pluviais como um dos seus objetivos; bem como a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), um programa do Ministério do Meio Ambiente que visa estimular instituições públicas nacionais a implementarem práticas sustentáveis, demonstrando a sinergia entre a eficiência da atividade pública com a promoção da preservação do meio ambiente, reforçam a importância e a necessidade de se trabalhar projetos de conservação da água nas universidades públicas (MMA, 2018).

Os espaços públicos com grandes áreas, como instituições de ensino, se apresentam com potencial de implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas pluviais, já que dispõem de vasta área de captação. Nesse contexto, a universidade se insere com o importante papel de guiar ações na busca pela sustentabilidade devendo se constituir como uma referência nesse sentido. Essa necessidade se torna mais forte para a Universidade Federal do Ceará, área de estudo deste trabalho, localizada no município de Crateús, região de clima semiárido, onde problemas relacionados à escassez de água são prováveis e frequentes.

1.5 Delimitação do estudo

O estudo se restringe a uma proposta de modelo de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis na Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, analisando o potencial de economia de água resultante da utilização desse sistema.

1.6 Roteiro temático

Este trabalho está subdividido em cinco seções, incluindo a introdução. Na seção 1 tem-se a introdução, contextualização, questão de pesquisa, objetivos, justificativa e delimitação do trabalho.

Na seção 2 apresenta-se uma revisão bibliográfica que abordará temas relacionados a conservação da água e aos componentes dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Na seção 3 apresenta-se a metodologia utilizada para a estimativa do consumo na universidade em estudo, para verificação e dimensionamento de componentes do sistema de aproveitamento da água da chuva e para o estudo do potencial de economia de água potável.

Na seção 4 são apresentados os resultados obtidos a partir do levantamento do consumo de água da universidade, são discutidas as verificações realizadas na instalação já existente, além do dimensionamento de reservatórios e análise do potencial de economia de água potável.

Na seção 5 são apresentadas as conclusões do presente trabalho e as sugestões para estudos futuros, seguidos das referências e apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção buscou apresentar uma explanação acerca da importância da conservação da água, assim como proporcionar uma compreensão sobre o aproveitamento das águas pluviais, bem como os métodos usados para tal, seguindo a legislação e normatizações vigentes para as temáticas em questão.

2.1 Conservação da água

Segundo Morais (2017), o mundo vem enfrentando um grave problema que é a escassez de água doce, consequência da falta de consciência das ações humanas na natureza, propiciando a poluição dos mananciais, o que reduz significativamente a disponibilidade e a qualidade desse valioso recurso. Ainda segundo o autor a humanidade caminha para uma situação de insuficiência, que pode comprometer gerações futuras.

Para Jaques (2005), a água vem se tornando um bem escasso e precioso, tal situação se apresenta pelo constante aumento populacional, dos aglomerados urbanos, da industrialização e da falta de consciência ambiental.

Gonçalves *et al.* (2006), trazem alguns dos principais impactos provocados pela atividade humana ao ciclo da água, expostos a seguir:

- A escassez ou a extinção local do recurso, devido à captação de grandes quantidades de água bruta;
- A degradação da qualidade do manancial em função do lançamento de esgoto sanitário e de água de drenagem pluvial nos corpos receptores;
- A utilização de recursos naturais para a produção de energia e insumo como produtos químicos;
- A emissão atmosférica de compostos gerados direta ou indiretamente nos sistemas urbanos de água;
- O desperdício de importantes quantidades de nutrientes necessários à produção de alimentos, etc;

A estimativa da Organização mundial de Saúde (OMS) é que 1 bilhão de pessoas não terá acesso a água potável até 2025. Para SABESP (2011) embora o cenário da OMS estime a problemática para 2025, ela já bate à porta de muitos se apresentando como realidade para alguns países.

De acordo com o relatório do Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS,2017), o Brasil desperdiçou em média 37% de toda a água tratada em 2013, enquanto a região Nordeste que já dispõe de baixo volume de água doce e cujo fenômeno de estiagem é algo periódico, desperdiçou em média 45%, cabe salientar que este índice deveria ser inferior a 20%.

Segundo a Abes (2016), é mais provável que o nível médio de perdas de água em países em desenvolvimento gire em torno de 40-50%. A ineficiência dos sistemas brasileiros de produção e distribuição de água fica mais evidente quando comparados a cidades da Alemanha e do Japão que apresentam perdas na ordem de 11% e na Austrália em torno de 16%.

A preocupação com os recursos naturais e com o futuro da vida na terra são cada vez maiores. Inúmeras reuniões da comunidade mundial para debater o tema exemplificam que essa não se trata mais de um problema local ou mesmo regional, muitos países já vivenciam crises de falta de água, poluição dos mananciais, aumento dos casos de doenças respiratórias atreladas ao aumento de poluentes na atmosfera.

Tais encontros como os abordados adiante, ajudaram a expor a problemática a um número bem maior de pessoas, bem como na elaboração de diretrizes a serem tomadas para que casos como a falta de água potável para consumo humano deixe de ser uma realidade, para tantos.

Durante o Comitê Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD, 1988,1992), foi exposto um dos conceitos de desenvolvimento sustentável mais difundidos: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”. Os objetivos derivados desse conceito estão relacionados com o processo de crescimento das cidades e se destinam a conservação pelo uso racional dos recursos naturais incorporados às atividades produtivas. Dentre eles temos a satisfação das necessidades essenciais por água e conservação e proteção da base de recursos.

O exposto pelo Comitê Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD, 1988,1992), ajudou a corroborar com os movimentos conservacionistas que exaltam o amor à natureza e ao meio ambiente aliados ao uso racional de matéria-prima e bens naturais, concorrendo com o auxílio e manejo criterioso pelos seres humanos, para que possamos nos perceber como parte integrante desta mesma natureza e do processo gestor destes recursos.

Durante a Rio 92, 179 países se comprometeram a adotar um conjunto de ações que visam contribuir para um desenvolvimento sustentável de garantias para gerações futuras e

atual. O que fez surgir o documento ou agenda que ficou conhecido como “Agenda 21” que possui o capítulo 18 totalmente dedicado a água (MMA, 2011).

Alguns dos pontos abordados pela Agenda 21 foram que os estados devem: mobilizar os recursos hídricos para zonas áridas e/ou semiáridas; buscar desenvolver novas e alternativas fontes de abastecimento de água, cabendo destacar a dessalinização de água do mar e o aproveitamento de águas de menor qualidade; promover a conservação da água por meio de planos melhores e com maior aproveitamento da água, bem como minimizar os desperdícios (MMA, 2011).

Para Gonçalves *et al.* (2006), a conservação da água consiste no controle da demanda juntamente com a ampliação da oferta, por meio do uso de fontes alternativas, sendo uma delas o aproveitamento da água de chuvas. O autor ainda chegou a elaborar um conjunto de preposições para classificar as ações conservativas, como:

- Sociais: A conscientização dos usuários se apresenta como foco principal. Campanhas educativas que buscam a adequação de procedimentos e modificações nos padrões comportamentais acerca do uso da água.
- Tecnológicas: interferências na infraestrutura, como, por exemplo a substituição de sistemas e dispositivos por outros mais econômicos. Além da implementação de dispositivos que consigam detectar vazamentos, bem como o uso de fontes alternativas de água.
- Econômicas: consistem na aplicação de incentivos ou de desincentivos econômicos. Como os incentivos a boas práticas de redução de consumo e adoção de dispositivos mais econômicos. Por outro lado, desincentivando o consumo elevado através de tarifas maiores.

Acompanhando o exposto, a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em atividades que não necessitem de uma exigência maior de qualidade da água, como descargas sanitárias, irrigação de jardins, lavagem de calçadas e veículos, se apresenta com uma alternativa plausível de ser avaliada (PERFEITO e MARQUES, 2015).

2.2 Águas pluviais como recurso hídrico

Para Guilherme (2006), as águas pluviais vêm se apresentando como uma alternativa viável já que é de baixo custo, além de resolver os problemas prolixos da água destinada ao consumo humano.

Segundo o Righetto *et al.* (2008):

Os deflúvios superficiais decorrentes de chuvas intensas sobre áreas urbanas de drenagem podem representar fontes alternativas de água para consumo, desde que sejam direcionadas a reservatórios e, dependendo de sua utilização, recebam algum tipo de tratamento. Volumes expressivos de água podem ser acumulados em reservatórios e utilizados tanto no período de estiagem quanto durante o próprio período chuvoso, [...] alternativa de uso em relação à oferecida pela rede pública. (RIGHETTO *et al.*, 2008, p. 44).

Para Cohim, Garcia e Kiperstok (2007), as águas pluviais podem ser manejadas como uma alternativa de abastecimento descentralizado. Entretanto para que se possa aproveitar essa água precipitada, ela deve ser recolhida antes de entrar em contato com agentes contaminantes. O tópico a seguir descreve alguns requisitos e exigências relacionados à qualidade das águas pluviais.

2.2.1 Qualidade das águas pluviais

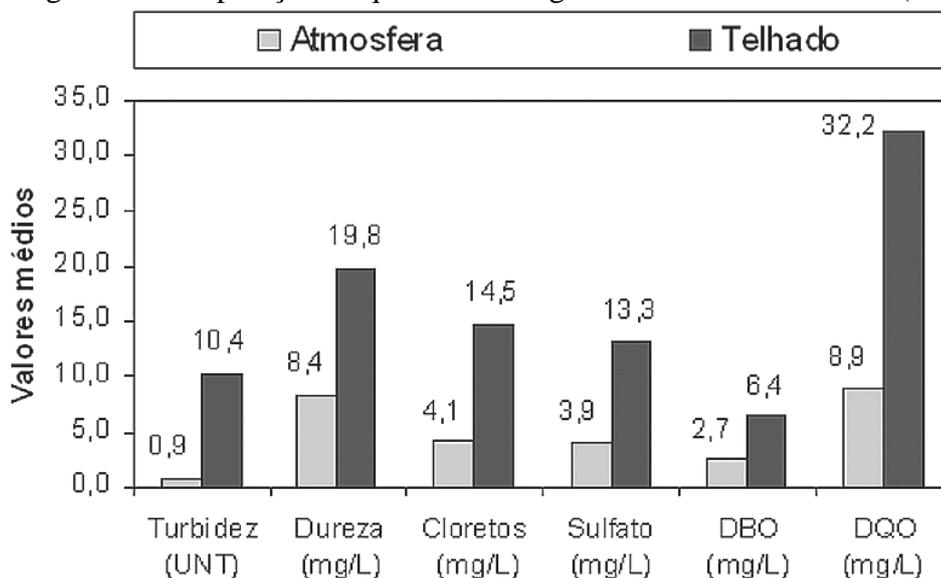
Os componentes presentes na água da chuva variam de acordo com a localização geográfica, condições meteorológicas, existência de vegetação e a existência de cargas poluentes. Esses são alguns dos fatores que podem inviabilizar o aproveitamento das águas pluviais, assim sendo deve-se avaliar seu potencial risco sanitário envolvido (RIGHETTO *et al.*, 2008).

A depender da situação, a água da chuva pode apresentar uma qualidade superior à de águas superficiais e/ou subterrâneas por não entrar em contato com agentes contaminantes presentes no solo tão pouco estar diretamente sujeita ao lançamento de poluentes de origem antropogênica (HAGEMANN, 2009).

Para Peters (2006) a qualidade da água da chuva na atmosfera se difere da qualidade após sua passagem pela área de captação e após o armazenamento no reservatório final. A chuva por si só atua na dispersão de poluentes, já que ela limpa a atmosfera sedimentando o material particulado e auxiliando na dissolução dos gases, agindo como um grande agregador, capturando as partículas (DANNI-OLIVEIRA, 2003).

No entanto, pesquisas realizadas pelo Gonçalves *et al.* (2006), demonstraram que a qualidade das águas da chuva é reduzida após ela passar pela superfície de captação, um exemplo disso foi a coleta de amostras de águas de chuva realizadas na cidade de Vitória-ES, que apresentou os resultados presentes na Figura 1.

Figura 1 - Comparação da qualidade da água das chuvas em Vitória (ES).



Fonte: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (2006).

Inúmeros trabalhos, dentre eles, o manual de PINA (2005), propõem o descarte das primeiras chuvas para melhoria da qualidade da água. Anecchini (2005) avaliou a qualidade das águas de chuvas de Vitória e percebeu que com o descarte de, pelo menos, 1,0 mm a qualidade obtida já era compatível com o uso para fins não potáveis, inclusive a maioria dos parâmetros se encaixavam nos padrões de balneabilidade, da Resolução CONAMA N° 357/05 para corpos de água doce.

Para a NBR 15527 (ABNT, 2019) – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis-requisitos, as águas de chuva devem apresentar os parâmetros mínimos de qualidade presentes na Tabela 1 para que seja possível seu uso não potável nas seguintes atividades:

- a) Sistemas de resfriamento a água;
- b) Descarga de bacias sanitárias e mictórios, independentemente do sistema de acionamento;
- c) Lavagem de veículos;
- d) Lavagem de pisos;
- e) Reserva técnica de incêndio;
- f) Uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos);
- g) Irrigação para fins paisagísticos;

Tabela 1 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

PARAMÊTRO	VALOR
Escherichia coli	< 200/100 mL
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: NBR 15527 (2019).

2.2.2 Histórico do aproveitamento de águas pluviais

O aproveitamento de águas pluviais não é algo “recente”. Inúmeras civilizações de locais, tempo e culturas diferentes já o praticava. Desde o Oriente, Oriente Médio, Europa, América Latina, já existem relatos de dispositivos de coleta e armazenamento da água da chuva.

Já na ilha de Creta, na Grécia antiga, podem ser vistos muitos reservatórios com o objetivo de aproveitamento das águas pluviais para consumo, escavados em pedras, datados de antes de 3000 A.C. (TOMAZ, 2009).

Segundo Tomaz (2011), a Pedra de Moabitá, datada de 830 A.C., encontrada a leste do mar morto no Oriente Médio determina que seja executada a construção de um reservatório em cada casa para o aproveitamento da água da chuva, sobre ordens do rei Mesha dos moabitas.

Na Índia podem ser encontrados os famosos poços de escadas, técnica tradicional que capta as águas das poucas chuvas que caem no deserto de Thar, e que ajuda inúmeras pessoas a conviver com os efeitos do sol há séculos. Lá os poços de escadas são conhecidos como “baolis” (Figura 2), e são estruturas constituídas de pedras. Basicamente os “baolis” são abastecidos de duas formas pelas águas das chuvas e dependendo do local pelo lençol freático.

Figura 2 - Baoli Chand, com mais de 35 metros de profundidade.



Fonte: Rachel in Wonderland (2011).

No deserto de Negev, no sul de Israel, o sistema de aproveitamento de água da chuva existe há 4000 anos. Durante a era Romana, foi construído o sistema de coleta e armazenamento das águas pluviais (MAY, 2004). A famosa fortaleza de Massada (Figura 3) em Israel, possui dez reservatórios cavados em rocha com uma capacidade de mais de 40 milhões de litros (TOMAZ, 2011).

Figura 3 - Uma das cisternas da Fortaleza Massada.



Fonte: Camilo Simon (2013).

Para Gnadlinger (2000), o decaimento da utilização de técnicas de coleta de água da chuva se deve, principalmente, da visão de construção de grandes barragens, do desenvolvimento de técnicas que explorassem as águas subterrâneas e da implementação de sistemas de distribuição encanados, tendo como agentes precursores os países desenvolvidos durante os séculos XIX e XX.

No Brasil, um dos primeiros relatos de aproveitamento de águas pluviais foi o executado na ilha de Fernando de Noronha, pelo exército americano durante a segunda guerra mundial (HAGEMANN, 2009).

Em seu trabalho, Hagemann (2009) mostra que no Brasil há uma pequena quantidade de relatos de captação das águas da chuva para fins de aproveitamento devido a sua relativa fartura de fontes de abastecimento. O aproveitamento de água pluviais vem sendo praticado em maiores proporções na região Nordeste, justificado por seu problema de escassez hídrica.

Um dos principais agentes para a convivência com a seca é a ASA (Articulação do Semiárido Brasileiro), a qual possui programas que buscam difundir novas técnicas de convivência com as secas e promover uma melhor condição de vida para as pessoas. Alguns dos programas desenvolvidos por ela são os seguintes (ASA, 2019):

- a) Em 2000 teve início o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), o qual visava atender a uma necessidade básica das pessoas: água de beber. O programa consistiu na mobilização e a formação das famílias, o qual ao fim da formação ganhavam uma cisterna com capacidade de 16 mil litros, abastecida pelas águas pluviais que caem sobre os telhados das residências.
- b) Em 2007 teve início o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), que se baseava numa evolução no P1MC, objetivando dar soberania alimentar. No primeiro programa a mobilização das famílias foi essencial já que foram elas que construíram as estruturas de coleta de água. A depender das condições do local as famílias utilizavam uma técnica diferente de obtenção de água. Tendo as técnicas cisterna-calçada, barragem subterrânea, tanque de pedra ou caldeirão, bomba d'água popular, barreira-trincheira, barriguinha e cisterna-enxurrada como opções a serem realizadas.

Em 2009 teve início o programa Cisternas nas Escolas, motivado pelo fato de que um grande número de escolas não tinha acesso a água, em torno de 28,3 mil unidades. A própria comunidade ajudava na construção das cisternas.

Uma pesquisa realizada por Soares e Zotes (2017), demonstrou a viabilidade econômica de implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais na instituição de ensino CEFET/RJ Campus Maracanã – Edifício do Bloco E, o qual apresentou retorno do investimento após 24 meses (payback simples) e em 28 meses (payback descontado).

Para Moraes (2017), a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em três edificações padrões de Instituições de Ensino Superior do Amazonas é algo viável. Entretanto, cada edificação apresentou diferentes potenciais de economia de água potável, sendo 23,76% para a Residência Universitária, 7,10% para a Faculdade de Tecnologia e 4,27% para a Faculdade de Ciências Agrárias. Tendo assim um período de retorno do investimento de 27, 22 e 15 meses respectivamente.

Muitos estudos vêm sendo aplicados visando demonstrar a viabilidade da implantação dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais, mais um deles é o de Salla *et al.* (2013), que serve de diretriz para a implantação desse sistema na Universidade Federal de Uberlândia.

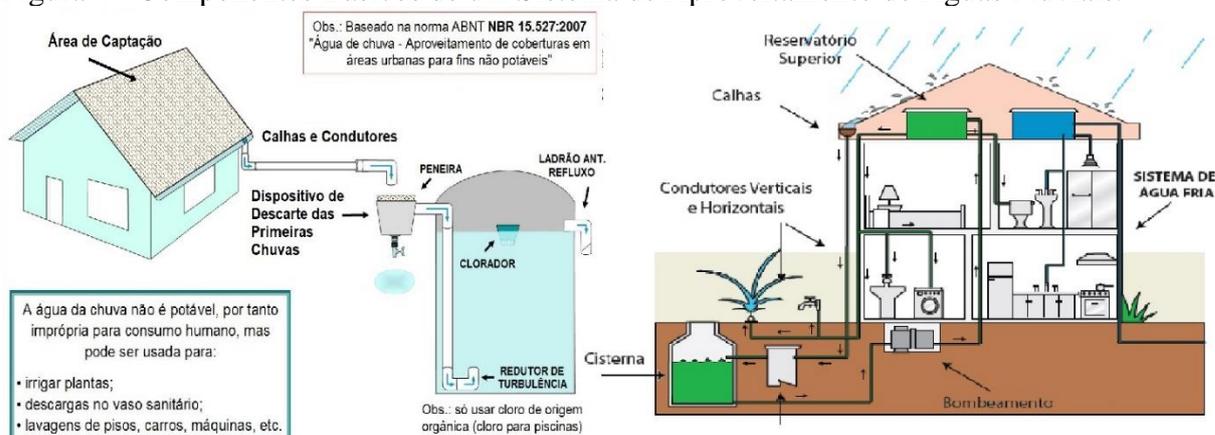
2.3 Sistema de aproveitamento de águas pluviais

Os Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais se baseiam em sua maioria na destinação de suas águas para fins de caráter não potável, já que dispensa gastos excessivos com tratamentos, além do que muitas das atividades humanas dispensam o uso de águas potáveis.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019) – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis-requisitos, os estudos para a concepção de um SAAP devem conter a caracterização geral do local, a demanda e a oferta do recurso, o volume do reservatório, a área de captação e a expectativa de atendimento da demanda.

De acordo com Perfeito e Marques (2015), os Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em edificações para fins não potáveis, “podem ser usados para lavagem de vasos sanitários (descargas), sistemas de ar condicionado, sistemas de controle de incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e, ainda, na irrigação de jardins”. Eles ainda expõem alguns dos componentes que fazem parte do SAAP (Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais), são eles: as áreas de captação, calhas e condutores, dispositivos de descarte das primeiras águas, separador de materiais grosseiros, armazenamento, sistema de recalque e sistema de distribuição. Estes componentes foram descritos de forma mais detalhada nos tópicos a seguir, bem como na Figura 4.

Figura 4 - Componentes Básicos de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais.



Fonte: adaptações do site Sempre Sustentável (2019).

2.3.1 Área de captação

Na grande maioria dos casos, os telhados se estabelecem como a área de captação das águas pluviais. Entretanto, superfícies impermeabilizadas como pisos, calçadas e estacionamentos também podem ser utilizados para a captação. Os telhados podem ser compostos pelos mais diversos materiais como os cerâmicos, metálicos, vidros, acrílicos, cimentícios e plásticos. Tais materiais podem influenciar na qualidade e quantidade de água

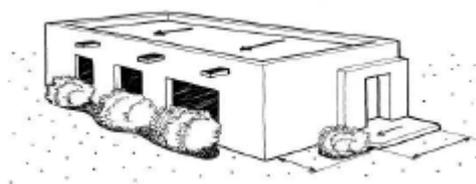
captada (HAGEMANN 2009). As Figuras 5, 6 e 7, ilustra alguns sítios que podem atuar como área de captação.

Figura 5 - Área de captação – Telhados.



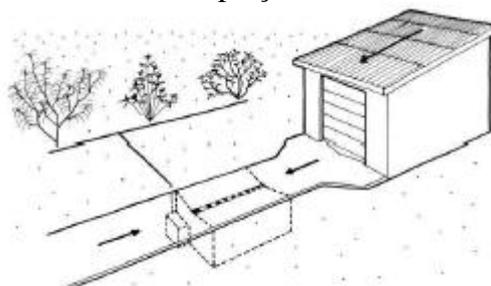
Fonte: Waterfall (2006).

Figura 6 - Área de captação – Lajes impermeabilizadas.



Fonte: Waterfall (2006).

Figura 7 - Área de captação – estacionamento.



Fonte: Waterfall (2006).

Lopes (2012) ressalta a importância das áreas de captação, visto que estas definem a quantidade de água a ser captada, destacando ainda o fato de que elas são as estruturas com as quais a água tem seu primeiro contato, estando vulnerável a poluições diversas.

Alguns estudos comprovam que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais dependem diretamente do tipo de revestimento da área de captação, onde os materiais de menor absorção e maior coeficiente de Runoff devem ser priorizados na hora de decisão. Materiais que retenham mais sujeiras e que facilitem a proliferação de bactérias devem ser rejeitados (GONÇALVES *et al.*, 2006). A Tabela 2 expõe os usos adequados de águas pluviais em função da superfície de captação.

Tabela 2 - Variação da qualidade da água em função da superfície de captação

QUANTIDADE	SUPERFÍCIE DE CAPTAÇÃO	USOS
A	Telhados (lugares não frequentados por pessoas ou animais)	Se a água for purificada e potável
B	Telhados (lugares frequentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
C	Pisos e estacionamentos	Necessidade de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas	

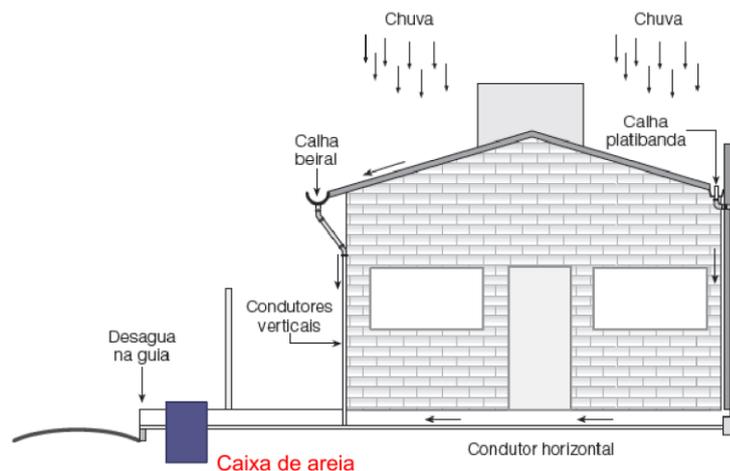
Fonte: Marionski (2007)

2.3.2 Calhas e condutores

Assim como a área de captação, as calhas e condutores devem ser feitos de materiais inertes, de preferência de cloreto de vinila (PVC) evitando assim o desgaste pela corrosão dos materiais metálicos (UNEP, 2002).

As calhas e condutores são os responsáveis por transportar as águas da área de captação até os demais dispositivos. A Figura 8 mostra um exemplo de associação de calhas e condutores.

Figura 8 - Esquema dos elementos condutores de uma SAAP.



Fonte: Grabowski (2017).

Os condutores se dividem em verticais e horizontais. Os condutores verticais são tubulações que recolhem e destinam as águas das calhas, coberturas e terraços até a área inferior das edificações. Os condutores horizontais são compostos por tubulações que conduzem as águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais.

Segundo a NBR 10844(1989), para o dimensionamento das calhas deve-se levar em consideração o período de retorno, a vazão de projeto e a intensidade da chuva dentre outros.

2.3.3 Pré-tratamento e tratamento

O tratamento das águas pluviais para fins não potáveis visa alcançar os parâmetros mínimos de qualidade estabelecidos na Tabela 1.

Para a NBR 15527 (2019), toda água pluvial deve passar por um pré-tratamento antes de chegar ao reservatório. Os dispositivos usados para tal, devem ser de fácil manutenção e duráveis.

A norma indica a utilização de dois sistemas como formas de pré-tratamento:

- O primeiro são as grades e/ou telas, que visam remover os materiais sólidos indesejáveis, como é o caso de folhas, insetos e detritos;
- O segundo são os dispositivos de descarga da primeira água, que separa os 2mm iniciais de cada chuva impedindo que esse volume de água chegue ao reservatório.

2.3.3.1 Dispositivos de remoção de sólidos indesejáveis

Os filtros tem papel de grande relevância já que eles retêm os materiais grosseiros como folhas, galhos e animais pequenos que podem danificar as instalações bem como comprometer a qualidade do recurso. Instalados antes do reservatório, eles apresentam configurações diversas, mas que se embasam em uma barreira física retendo os materiais por meio de telas, gradeado e/ou terra. Eles podem ser autolimpantes. A Figura 9 mostra um modelo de filtro.

Figura 9 - Modelo de filtro de materiais grosseiros.



Fonte: Bella Calha (2007)

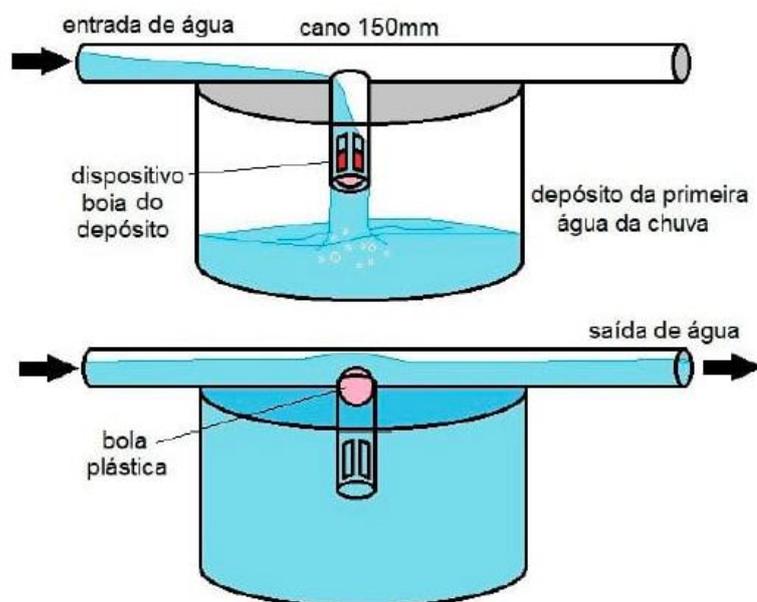
Para alcançar essa finalidade de remoção de sólidos grosseiros, podem ser utilizadas também grades instaladas nas caixas de inspeção do sistema de águas pluviais, ralos hemisféricos, telas instaladas nas calhas, etc.

2.3.3.2 Dispositivos de descarte da primeira chuva

Muitos autores falam sobre a importância do descarte ou segregação das primeiras chuvas, já que estas possuem uma carga de contaminantes bem maiores, pois são elas que fazem a limpeza da superfície de captação, que acumula poeira e material contaminante durante os períodos sem chuva. Assim sendo, faz-se necessária a implementação de anteparos com o objetivo de impedir que os primeiros milímetros de chuva cheguem ao reservatório de armazenamento (SILVA, 2006 apud LAGE, 2010).

Para Tomaz (2011), para cada 100m² de área projetada devem ser descartados 40 litros de água, o que corresponde a 4mm de chuva. No domínio normativo brasileiro, a NBR 15527 (2019) estabelece que quando não houver dados suficientes que direcionem sobre os padrões de qualidade das águas das chuvas deve-se adotar um descarte de 2mm. A Figura 10 ilustra um exemplo de dispositivo de descarte automatizado.

Figura 10 – Esquema de um dispositivo de descarte de primeiras chuvas.



Fonte: Alexandre Matthiensen/Embrapa (2013).

2.3.4 Reservatório de armazenamento

Após a conclusão das etapas anteriores, a água atinge o reservatório podendo este ser enterrado, parcialmente enterrado ou na superfície. Esta decisão está muito atrelada às condições do local de instalação. O material pelo qual o reservatório é feito também pode variar.

Em seu trabalho, Rodrigues (2010) faz levantamentos sobre as vantagens e desvantagens dos diversos tipos de reservatórios. Embora os reservatórios superficiais possuam menor custo de implantação, eles apresentam maiores desvantagens já que estão mais sujeitos a intempéries: a água armazenada tende a esquentar mais acelerando a atividade biológica, o tempo de vida útil costumeiramente é mais curto.

A Figura 11 mostra um exemplo de reservatório semienterrado.

Figura 11 - Reservatório de água da chuva, de paredes metálicas.



Fonte: Recolast-Ambiental (2019).

Os reservatórios geralmente são os elementos de maior custo, bem como um dos elementos que se deve ter um cuidado maior, já que a contaminação da água dentro dele pode propiciar um grande prejuízo. Assim sendo, o manual da PINA (2005), estabelece alguns cuidados a serem tomados para com o reservatório:

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório, minimizando a proliferação de algas e microrganismos;
- Sempre manter a tampa de inspeção fechada;
- Colocar a tela no extravasor, visando evitar a entrada de animais pequenos;
- Limpeza periódica do reservatório;
- Assegurar a utilização da água apenas para fins não potáveis;

Os cuidados com a manutenção dos equipamentos é um dos pontos levantados não só pela NBR 15527 (ABNT, 2019), como também por Braga (2008), já que garante a qualidade da água, bem como o funcionamento pleno dos dispositivos. A frequência de manutenção é exposta na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicativo da frequência de manutenção dos componentes de uma SAAP

COMPONENTES	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivos de descarte de detritos e do escoamento inicial (caso exista)	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Calhas, áreas de captação e condutores	Inspeção semestral e limpeza quando necessário
Dispositivos de desinfecção e bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, limpeza quando necessário

Fonte: adaptação da NBR 15527 (2019).

3 METODOLOGIA

As principais normas observadas para realização deste trabalho foram: a NBR 15527 (2019) – Água de chuva-Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis e a NBR 10844 (1989) – Instalações prediais de águas pluviais. Tais normas foram utilizadas como embasamento de verificação das instalações.

3.1 Área de estudo

O local de aplicação deste estudo foi um Campus da Universidade Federal do Ceará (UFC) localizado no município de Crateús no estado do Ceará, região Nordeste do Brasil.

O município de Crateús, IBGE (2010), se encontra em um ambiente de clima semiárido e de constante convivência com regimes de estiagens, localizando-se nas entrâncias do estado do Ceará com as coordenadas 5°11'55" ao sul e 40°40'8" à oeste, situando-se a uma altitude de 296 metros acima do nível do mar. A cidade possui sua economia voltada para prestação de serviços, ao comércio e à agricultura. Os domínios da cidade se estendem por mais de 2988,29 km² de terras. A Figura 12 mostra sua localização no país.

Segundo Bezerra (2018), em seu livro “O Bioma Caatinga e o Semiárido Brasileiro”, a região Nordeste apresenta um rígido clima semiárido, onde a convivência com a seca é quase que obrigatória para as pessoas dessa região com exceção de algumas áreas como: no litoral leste atlântico, o estado do Maranhão e a alguns locais onde ocorre a transição de climas e vegetações. Bezerra (2018), também expõe alguns dados sobre a pluviosidade média anual da região a qual apresenta certa variabilidade como 1000mm nas áreas próximas ao litoral, podendo chegar a menos de 500mm anuais à medida que se adentra ao continente.

Figura 12 - Localização do município de Crateús.



Fonte: adaptado do IBGE (2019).

De acordo com o IBGE (2010), o município de Crateús possui 72812 mil habitantes, onde mais de 426 domicílios fazem uso das águas pluviais para se abastecerem de água, 322 domicílios se utilizam da operação carro-pipa e 1172 se utilizam de rios e/ou açudes, mas a maioria da população dispõe de sistema de distribuição pública de água encanada.

O foco do estudo é a Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús, instalada e funcionando em prédio próprio desde o ano de 2017. Localiza-se no município supracitado, às margens da BR-226 de frente à Vila de oficiais do 40º batalhão de infantaria, em uma área de 30 ha. Atualmente, o Campus dispõe de duas edificações principais, sendo: uma de atribuições administrativas com 918,65 m² de cobertura e uma de atribuições acadêmicas com 3849,24 m² de cobertura. Ambas as edificações apresentam uma ampla área de captação de águas da chuva, totalizando 4767,89 m². As Figuras 13 e 14 mostram as edificações da universidade e a Figura 16 mostra uma maquete da situação de como ficará a universidade quando concluída, com as edificações destacadas de azul representando a estrutura atual.

Figura 13 - Bloco Acadêmico da UFC-Crateús.



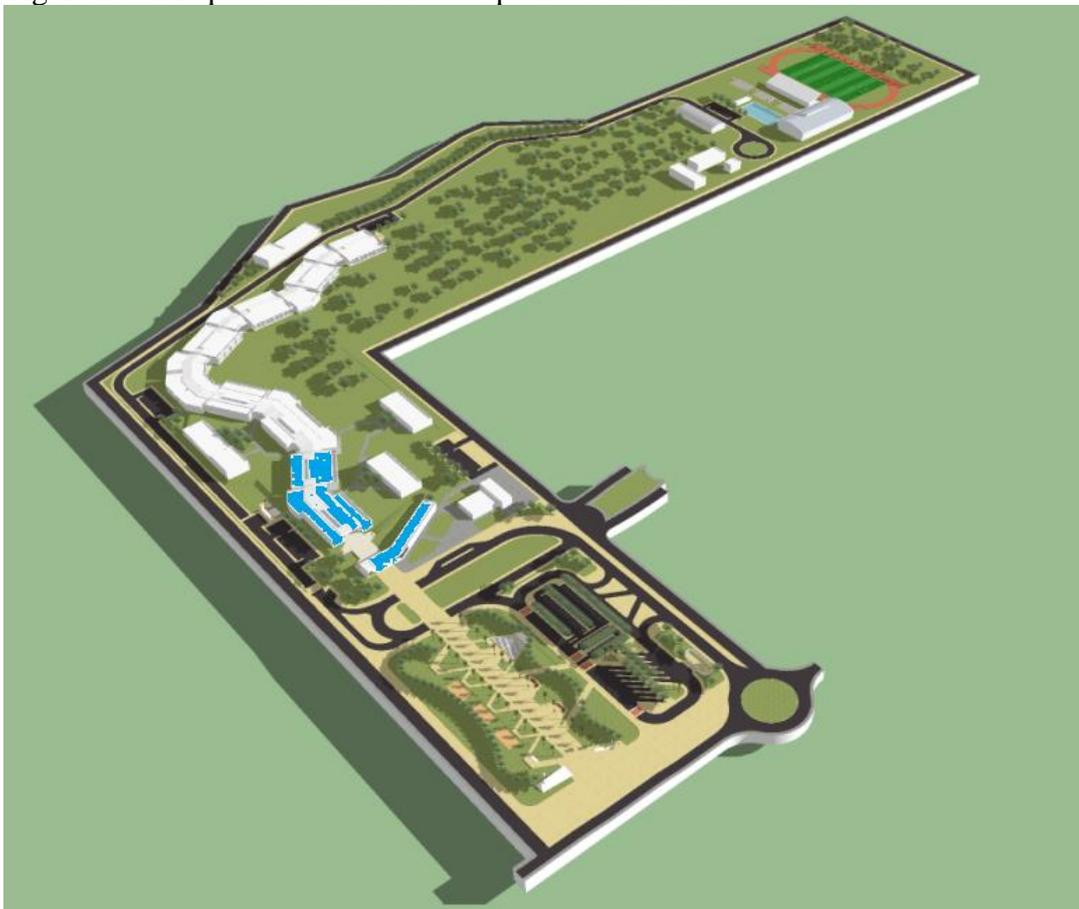
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 14 - Bloco Administrativo da UFC-Crateús.



Fonte: Aatoria própria (2019).

Figura 15 - Maquete da universidade quando concluída.



Fonte: Custódio Santos (2013).

A Universidade Federal do Ceará em Crateús, no período de 2019.2, dispõe de um total de 746 frequentadores ativos, sendo estes compostos por alunos, docentes e funcionários. A Tabela 4 discrimina a quantidade de pessoas por atividade. Entretanto, a universidade consiste de um espaço público e outras pessoas além da comunidade acadêmica costumam frequentar o espaço. O abastecimento de água da universidade, assim como a maioria da

população, é feito pelo sistema de distribuição de água encanada. Tal serviço é ofertado pela Companhia de Águas e Esgotos do Ceará (CAGECE). A universidade ainda dispõe de 3 poços profundos, entretanto só são usados em momentos de falha no fornecimento da CAGECE.

Tabela 4 - Quantitativo de pessoas por atividade no Campus da UFC-Crateús.

ATIVIDADE	QUANTIDADE	HOMENS	MULHERES
Alunos de eng. civil	176	133	43
Alunos de eng. ambiental	115	48	67
Alunos de eng. minas	101	66	35
Alunos de ciências da computação	123	105	18
Alunos de sistema da informação	121	84	37
Docentes efetivos	50	32	18
Técnicos administrativos	29	17	13
Segurança	6	6	0
Limpeza	5	2	3
Manutenção	6	6	0
Portaria	4	4	0
Jardim	1	1	0
Terceirizado	1	0	1
Lanchonete	3	1	2
Servidores do RU	5	2	3

Fonte: A autoria própria (2019).

3.2 Estudos preliminares do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Para estabelecer a concepção do sistema de aproveitamento de águas da chuva para o campus universitário da UFC em Crateús, foi necessário realizar um levantamento de dados, através de entrevistas com os usuários da instituição, como alunos e funcionários, coleta de contas de consumo de água, aquisição das plantas baixas da instituição, verificação das áreas de captação, dos dados pluviométricos, entre outros. Todas estas etapas estão descritas nos tópicos seguintes.

3.2.1 Estudo das séries históricas

Acompanhando o trabalho de Hagemann (2009), tem-se a percepção da importância das características das precipitações para a obtenção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais eficaz. O levantamento das séries de precipitação é fundamental para o dimensionamento das calhas, do reservatório e dos condutores verticais e horizontais.

Para Su *et al* (2009 *apud* Baptista, 2014) quanto maior for o período de registros de dados pluviométricos, mais preciso serão os resultados. Para ele é aconselhável que se utilize no mínimo 10 anos de dados.

Para a elaboração desse estudo foram coletados os dados pluviométricos da estação de número 540114 extraídos do Portal HidroWeb ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), sendo esta estação a mais próxima da Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús, com menos de 2 km de distância. A estação dispõe de mais de 46 anos de dados contínuos, de 1974 a 2019.

3.2.2 Área de captação

Como já colocado no tópico 2.4.1 deste trabalho, as áreas de captação podem ser bem variadas, entretanto para este estudo adotou-se as coberturas das edificações da UFC-Crateús como sendo as áreas de captação. Os dados dessas coberturas como área, inclinação e projetos de calhas e condutores verticais e horizontais foram adquiridos junto a prefeitura do campus que forneceu alguns projetos em arquivo DWG.

3.2.3 Equação IDF

Segundo a NBR 10844 (1989), os fatores meteorológicos devem ser estabelecidos para que se possa dimensionar os condutores do sistema de drenagem pluviais, com o intuito de se evitar extravasamentos e/ou prejuízos financeiros e estruturais às infraestruturas.

Para obter a vazão de projeto, faz-se necessário encontrar a intensidade de projeto que pode ser obtida através das equações IDF de chuvas intensas que relacionam para uma determinada localidade três parâmetros das chuvas intensas: a intensidade (mm/h ou mm/min), a duração (min) e a frequência ou tempo de retorno (anos). Assim, fixando-se valores adequados para a duração da precipitação e para o tempo de retorno, obtém-se a intensidade de projeto. A NBR 10844 (1989) sugere que a duração da precipitação (t) seja fixada em 5 minutos. A NBR 15527 (2019) sugere que o tempo de retorno (Tr) seja fixado em, no mínimo, 25 anos, já que se baseia em uma área de cobertura onde o empoçamento ou extravasamento não são tolerados.

Ciente da problemática de uma inexistência de equações de IDF em muitos locais, Batista (2018) elaborou um código computacional, em linguagem *Java*, que conseguiu desenvolver as equações de IDF para os 184 municípios do Ceará. A Equação 01 foi a obtida para o município de Crateús.

$$i = \frac{23,355*(Tr-2,200)^{0,110}}{(t+9,805)^{0,794}} \quad (01)$$

Em que:

i é a intensidade da chuva (mm/min),

Tr é o tempo de retorno (anos),

t é a duração da precipitação (min)

Para este trabalho, a duração da precipitação foi fixada em 5min e o tempo de retorno em 25 anos.

3.2.4 Demanda de água não potável

Os dados da demanda de água não potável a ser atendida são necessários para o dimensionamento correto do reservatório de águas pluviais e para a verificação da viabilidade de atendimento a essa demanda de acordo com as características pluviométricas locais.

Na Universidade Federal do Ceará a demanda de água não potável está relacionada aos seguintes usos: descarga em bacias sanitárias e mictórios, irrigação para fins paisagísticos e lavagem de pisos.

Para obter esses dados, foram realizados um modelo de questionário e dois de entrevista aplicados aos funcionários, alunos e professores da UFC-Crateús, a fim de estimar a frequência e o consumo de água nos aparelhos sanitários e nas torneiras de jardim nas atividades de limpeza e irrigação.

O questionário foi aplicado com o intuito de obter as características do consumo de água nos vasos sanitários e mictórios da instituição, e representantes de todos os setores da comunidade participaram do questionário, servidores docentes e técnicos, discentes, funcionários da limpeza, de segurança e de jardinagem. O questionário aplicado encontra-se no Apêndice 1.

O primeiro modelo de entrevista foi aplicado aos funcionários da limpeza, que foram questionados sobre a quantidade de água consumida por dia em suas atividades. O segundo modelo de entrevista visou alcançar os valores referentes ao consumo de água para irrigar as plantas, sendo aplicado, exclusivamente, para os funcionários da jardinagem. Os modelos das entrevistas encontram-se no Apêndice 2.

Para obter um levantamento mais preciso, seria necessário consultar toda a comunidade que faz uso das instalações sanitárias da UFC-Crateús. Entretanto, obteve-se certa dificuldade na colaboração de todos, devido aos mais diversos motivos como a indisposição de algumas pessoas em participar deste estudo.

Devido a tal fator, decidiu-se realizar a pesquisa por amostragem, sendo estipulado uma amostra com representatividade relevante, levando em consideração um valor de erro amostral.

As amostras foram calculadas segundo a metodologia apresentada por Barbetta (2003), que salienta que é possível determinar uma amostra que represente um determinado número de pessoas através das Equações 02 e 03.

$$n \geq \frac{N * n_0}{N + n_0} \quad (02)$$

$$n_0 \geq \frac{1}{\varepsilon_0^2} \quad (03)$$

Em que:

N é o número total de pessoas;

ε_0 é o erro amostral desejado;

n é a amostra de pessoas entrevistadas.

Para Barbetta (2003), uma amostragem significativa é alcançada quando o erro adotado está entre 1 e 4%.

O consumo de água dos aparelhos sanitários, das torneiras de jardim e de limpeza foi estimado com base nos dados obtidos a partir do questionário e das entrevistas. Os cálculos referentes a demanda de cada uso estão melhores descritos nos tópicos a seguir.

3.2.4.1 Consumo diário de água dos aparelhos sanitários

Para a obtenção do consumo de água diário dos aparelhos sanitários da UFC-Crateús, primeiramente, foi estimado o consumo médio per capita de água diário de cada tipo de aparelho (bacia sanitária e mictório), obtido através da Equação 04:

$$Cm. d. a. = f * T \quad (04)$$

Em que:

$Cm.d.a.$ é o consumo médio diário per capita por tipo de aparelho (L/dia*peessoa);

T é a taxa de consumo de água nos aparelhos sanitários (L/uso). Adotou-se um valor de T de 6,5 L/uso para as bacias sanitárias (NBR 16727, 2019) e de 2 L/uso para os mictórios (SABESP, 2019),

f é a frequência diária média de uso do aparelho (uso/dia*peessoa),

A frequência diária média (f) foi obtida através da equação 05.

$$f = \frac{\sum_{i=0}^n Di \cdot Vi}{7 \cdot n} * u\% \quad (05)$$

Em que:

D é a quantidade de dias por semana que cada pessoa frequenta a universidade (dias/semana);

V é o número de vezes que a pessoa faz uso dos aparelhos sanitários por dia (uso/dia);

n é a amostra de pessoas entrevistadas (pessoas);

$u\%$ é a média percentual do uso das descargas, através da média aritmética das respostas da entrevista.

Posteriormente, realizou-se o somatório para a obtenção do consumo total diário dos aparelhos sanitários, conforme a Equação 06.

$$Ctd = Cm.d.a.1 * (Pf + Pm) + Cm.d.a.2 * Pm \quad (06)$$

Em que:

Ctd é o consumo total diário dos aparelhos sanitários (L/dia);

$Cm.d.a.1$ é o consumo das bacias sanitárias(L/dia*peessoa);

$Cm.d.a.2$ é o consumo dos mictórios(L/dia*peessoa);

Pf é a população feminina;

Pm a população masculina.

3.2.4.2 Consumo diário de água dos serviços de irrigação e de limpeza

O consumo diário de água das atividades de irrigação e de limpeza foram encontrados através das entrevistas realizadas com servidores dos respectivos setores.

Para o serviço de irrigação, o consumo diário de água foi obtido pela equação 07.

$$Cm.d.j = \frac{Tp * Np * D}{7} \quad (07)$$

Em que:

Cm.d.j é o consumo médio diário para os serviços de jardinagem (L/dia);

Tp é taxa de consumo de água para irrigação (L/planta);

Np é o número de plantas irrigadas por dia;

D é a quantidade de dias por semana em que é realizado o trabalho de irrigação;

Para o serviço de limpeza, o consumo diário médio de água foi obtido pela equação 08.

$$Cm.d.l = \frac{D * Tb * (Nb * Qb + Ns * Qs)}{7} \quad (08)$$

Em que:

Cm.d.l é consumo médio diário para os serviços de limpeza (L/dia);

Tb é a taxa de consumo de água por balde ($Tb = 6L/balde$);

Nb é o número de baldes utilizados por banheiro (balde/banheiro);

Ns é o número de baldes utilizados por sala (balde/sala);

Qb é a quantidade de banheiros limpos por dia (banheiros/dia);

Qs é a quantidade de salas limpas por dia (salas/dia);

D é a quantidade de dias por semana em que é realizado o serviço de limpeza;

Assim, o consumo total diário médio de água não potável foi encontrado pela soma dos consumos de cada atividade, conforme a Equação 09.

$$CT = Ctd + Cm.d.j + Cm.d.l \quad (09)$$

Em que:

CT é o consumo total médio diário de água não potável (L/dia).

3.3 Verificação e dimensionamento de calhas e condutores

Como o estudo se baseia em uma edificação já existente, a verificação das dimensões das calhas e condutores torna-se necessária. Acompanhando a NBR 10844 (1989) pertinente ao assunto, foi realizado o dimensionamento destes elementos visando avaliar a necessidade da realização de alguma obra de adaptação.

A NBR 10844 (1989) fixa exigências e critérios aos projetos de instalações prediais de águas pluviais, com o objetivo de garantir níveis aceitáveis de funcionamento, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. Ela “...se aplica à drenagem de águas pluviais de cobertura e demais áreas associadas ao edifício...”

Assim sendo, as calhas e condutores devem ser executadas de tal maneira que:

- Recolham e conduzam a vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- Sejam estanques;
- Permitam a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior das instalações;
- Não promovam ruídos excessivos;
- Sejam fixados de maneira a assegurar resistência e durabilidade;

Com os fatores meteorológicos em mãos (tópicos 3.1.1. e 3.1.3), partiu-se para a definição das áreas de contribuição, as quais foram estimadas para cada tubo de queda. A cobertura das edificações da UFC-Crateús apresenta platibanda em suas bordas, com altura superior à cumeeira da coberta. Dessa forma, as áreas de contribuição correspondem a área horizontal do telhado, conforme Equação 10.

$$A = a * b \tag{10}$$

Em que:

a é a largura da área correspondente;

b é o comprimento da área correspondente;

Com as áreas de contribuição definidas, calculou-se a vazão de projeto (Q) que as calhas e condutores devem suportar. Utilizou-se a Equação 11 para a obtenção da vazão conforme a NBR 10844 (ABNT,1989).

$$Q = \frac{I * A}{60} \tag{11}$$

Em que:

Q é a vazão de projeto em L/min;

I é a intensidade pluviométrica obtida pela equação de IDF, em mm/h;

A é a área de contribuição em m²

3.3.1 Calhas

De acordo com a NBR 10844 (1989) a vazão suportada pelas calhas deve obedecer a fórmula de Manning-Strickler que está representada na Equação 12.

$$Q = \frac{K * S * \sqrt[3]{S/P^2 * \sqrt{i}}}{n} \quad (12)$$

Em que:

K é 60000 (fator de conversão de m³/s para L/min);

S é a área molhada em m² da calha;

P é o perímetro molhado em m da calha;

i é a declividade da calha em m/m. Para o presente estudo $i = 0,005$;

n é o coeficiente de rugosidade (Tabela 5);

Tabela 5 – Coeficientes de rugosidade dos materiais utilizados nas calhas.

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

Fonte: ABNT NBT 10844 (1989).

Esta vazão da calha deve ser igual ou superior a vazão de projeto associada a sua respectiva área de contribuição.

3.3.2 Condutores verticais

Os condutores verticais devem apresentar dimensões mínimas de 70mm e devem conduzir as águas das calhas aos condutores horizontais (NBR 10844, 1989).

Em estudos realizados pela PCC-USP (2006), foi desenvolvida a Equação 13 e a Tabela 6, para definir a vazão máxima de escoamento em condutores verticais com o intuito de que não ocorra um regime de escoamento forçado, o que seria danoso aos condutos.

$$Q = 0,019 * \sqrt[3]{T_o^5} * \sqrt[3]{D^8} \quad (13)$$

Onde:

Q é a vazão em (L/min);

T_o é a taxa de ocupação do tubo;

D é o diâmetro interno do condutor vertical (mm);

Tabela 6 - Representação das vazões suportadas, através a equação 13.

TAXA DE OCUPAÇÃO (T_o)	25%	30%
Dint (mm)	Vazão (L/min)	
75	188,57	255,54
100		550,33
150		1622,33
200		3494,37
250		6335,72

Fonte: PCC-USP (2006).

Para este trabalho foi utilizada a Equação 13 para a verificação das dimensões dos condutores verticais.

3.3.3 Condutores horizontais

Os condutores horizontais tem a função de conduzir as águas pluviais dos condutores verticais até o reservatório.

A NBR 10844 (1989) fornece uma tabela para o dimensionamento de condutores horizontais de seção circular considerando uma altura de lâmina de água igual a 2/3 do diâmetro (Tabela 7). Infelizmente, não foi possível identificar a declividade dos condutores horizontais já existentes na edificação, então adotou-se o mínimo de 0,5%.

Tabela 7 - Capacidade de vazão dos condutores horizontais de seção circular.

	DIÂMETRO INTERNO (D) (mm)	n=0,011			
		0,5%	1%	2%	4%
1	50	32	45	64	90
2	75	95	133	188	267
3	100	204	287	405	575
4	125	370	521	735	1040
5	150	602	847	1190	1690
6	200	1300	1820	2570	3650
7	250	2350	3310	4660	6620
8	300	3820	7590	7590	10800

Fonte: Adaptado da NBR 10844(2019).

Em se tratando de uma verificação das instalações já existentes, o emprego da Tabela 7 ocorre de forma a possibilitar a comparação entre vazão requerida e a vazão suportada pelo condutor. Sendo está empregada, justamente, na obtenção da vazão suportada pelo condutor, indicando-se o diâmetro, a inclinação e o coeficiente de rugosidade.

3.4 Dimensionamento dos reservatórios

3.4.1 Reservatório inferior

A realização de um dimensionamento correto do reservatório de armazenamento das águas pluviais é crucial, já que corriqueiramente ele se apresenta como o item de custo mais elevado de implantação do sistema, impactando significativamente no tempo de retorno do investimento. O reservatório também se apresenta como o principal fator de confiabilidade do sistema, já que sua função é evitar a falta de água em um intervalo de tempo mais duradouro possível (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011). Dessa forma, torna-se imprescindível o dimensionamento correto do reservatório para evitar o gasto desnecessário por conta de um superdimensionamento e/ou a baixa eficiência por conta de um subdimensionamento.

A NBR 15527 (2019) traz alguns exemplos de métodos matemáticos plausíveis de serem utilizados para o dimensionamento do reservatório. A norma traz seis métodos de cálculo, são eles: método de Rippl, método da Simulação, método Azevedo Neto, método Prático Alemão, método Prático Inglês e o método Prático Austríaco. Embora a norma traga todos esses métodos ela não aconselha o uso de algum desses métodos especificadamente, ficando a critério do projetista a escolha.

Trabalhos como o de Rupp, Munarim e Ghisi (2011), almejavam estimar qual método seria o mais eficiente. Para tanto, eles realizaram comparações em 3 cidades, espalhadas pelo Brasil, entre todos os métodos, chegando à conclusão que nenhum dos métodos propostos pela NBR 15527 (2007) é suficiente e adequado ao atendimento pleno de aplicabilidade, dimensionamento do reservatório e cálculo de potencial de economia de água potável. Pode-se destacar que os volumes obtidos pelos métodos de Rippl, Simulação e Azevedo Neto resultaram em valores mais conservadores.

Visando obter certa margem de segurança e acompanhando a maioria dos estudos utilizados como base para realização deste trabalho, foi aplicado o método de Rippl para o dimensionamento do reservatório.

O método de Rippl faz uso da série histórica de precipitação, transformando-as em vazões que alimentam o reservatório. Thomaz (2003) explicou de forma mais didática o método, conforme descrito a seguir.

Com as precipitações médias mensais, a área de captação e o coeficiente de *runoff*, calcula-se o volume de água pluvial aproveitável (chega no reservatório), por mês. A Equação 14 é a utilizada para a obtenção desse volume.

$$Q(m) = C * Pm * At \quad (14)$$

Em que:

$Q(m)$ é o volume de água pluvial aproveitável no mês m (L);

Pm é a precipitação média do mês (mm);

At é a área total das coberturas (m²);

C é o coeficiente de escoamento ou coeficiente de *Runoff* Para este trabalho foi utilizado 0,9, segundo Tomaz (2011), já que o material das telhas é metálico.

Posteriormente, deve-se subtrair a demanda mensal (Dm) do volume de água pluvial calculado (Qm) para a obtenção do volume de água pluvial que deve ser armazenada naquele mês, conforme Equação 15.

$$S(m) = D(m) - Q(m) \quad (15)$$

Em que:

$S(m)$ é o volume de água pluvial que deve ser armazenada no reservatório no mês m (L);

$D(m)$ é o volume consumido de água não potável no mês m (L);

Por fim a capacidade do reservatório de água pluvial a ser utilizada para fins não potáveis deve seguir a Equação 16.

$$V = \sum S(m), \text{ somente para os valores que } S(m) > 0 \quad (16)$$

Em que:

V é o volume do reservatório inferior (L).

3.4.2 Reservatório superior

O reservatório superior deve prover a demanda média diária de consumo de água não potável, de tal forma que reduza os custos com uma estrutura exagerada e/ou com gastos de consumo elétrico do motor bomba funcionando com mais frequência. Seguindo a Equação 09.

$$CT = Ctd + Cm.d.j + Cm.d.l \quad (09)$$

Em que:

CT é o consumo total médio diário de água não potável (L/dia).

3.5 Análise do potencial de economia de água potável

É possível determinar o benefício financeiro relacionado às contas de água que consiste basicamente no valor monetário economizado pela redução do consumo de água, devido a implantação do SAAP.

Tomando como base as informações de tarifação da CAGECE para instituições públicas, temos que o valor do benefício pode ser encontrado por meio da Equação 17:

$$Bt = V.e * Ta \quad (17)$$

Em que:

Bt é o benefício no período (R\$)

$V.e$ é o volume de água economizado no período (m^3);

Ta é a tarifa sobre o consumo de água (R\$ 14,07/ m^3);

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudos preliminares do sistema de aproveitamento de águas pluviais

4.1.1 Estudo das séries históricas de precipitação pluviométrica

A Tabela 8 mostra as informações relativas à todas as estações pluviométricas em instaladas no município de Crateús, como: distância até o Campus, número de anos com dados, nome da estação e código da estação. A estação 540114 foi escolhida por conta da proximidade com o local de estudo e pela grande quantidade de dados da série histórica de precipitação pluviométrica.

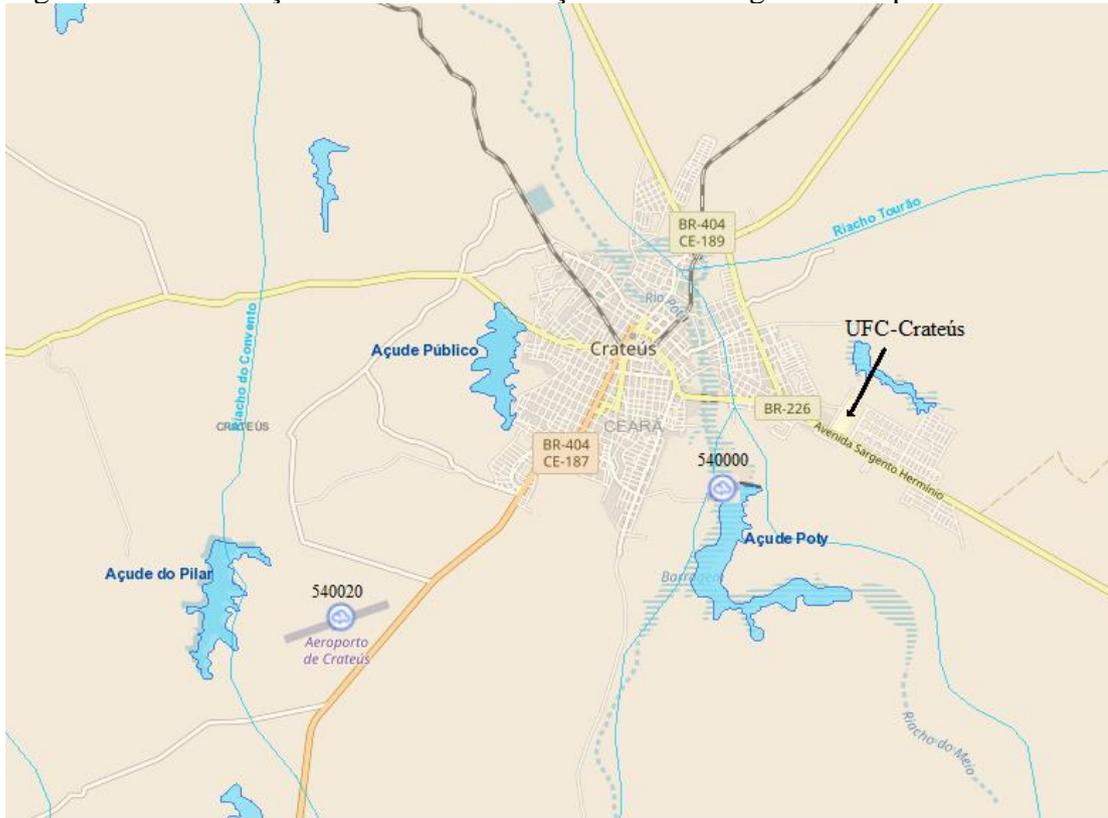
Tabela 8 - Estações pluviométricas ativas no município de Crateús-CE.

NOME	CÓDIGO	ANOS COM DADOS CONTÍNUOS	DISTANCIA (Km)
Crateús	540000	1910-1970	1,66
Crateús	540114	1974-2019	1,66
Monte Nebo	540024	1998-2019	36,01
Santa Terezinha	540029	2015-2018	17,88
Ibiapaba	540023	1996-2019	34,32
Morro Alegre	540025	1998-2003	10,84
Tucuns	540028	2001-2003	31,25
Irapuã	540026	2018-2019	25,32
Fazenda Gracinha	540111	2003-2010	10,18
Vila Santo Antônio	540027	2001-2015	23,65
Belém	540117	2017-2019	15,68
Sítio Baixa Grande	540118	2018-2019	21,81
Aeroporto	540020	1911-2019	7,41

Fonte: Autoria própria, com informações do Portal HidroWeb(2019).

A localização da estação está representada na Figura 16 que mostra as duas estações meteorológicas mais próximas do campus.

Figura 16 - Localização da UFC e das estações meteorológicas mais próximas.

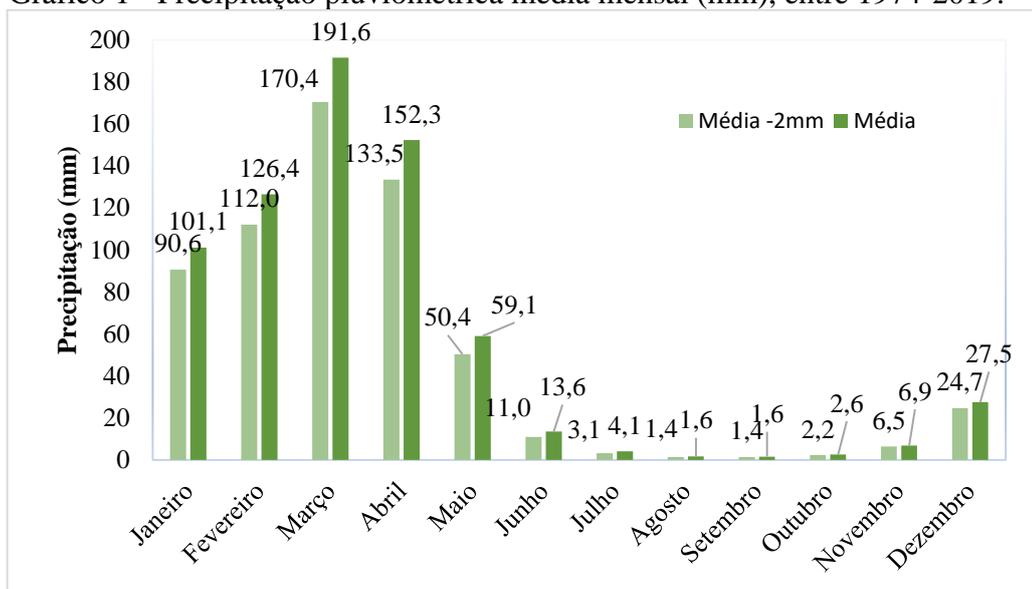


Fonte: Adaptada do Portal HidroWeb(2019).

Os dados fornecidos pela estação pluviométrica de número 540114 propiciaram a elaboração do Gráfico 1 que expõem as características das precipitações médias mensais ao longo dos 46 anos.

O Gráfico 1 apresenta a média das precipitações mensais ao longo dos 46 anos. Nele podemos visualizar que março é o mês de maior média de precipitação, devido principalmente ao fato de que o principal sistema causador de chuvas na região semiárida cearense é a descida da Zona de Convergência Intertropical que ocorre geralmente entre os meses de março, abril e/ou maio. Também pode-se observar a grande variação ao longo dos meses do ano, existindo meses com considerável precipitação e outros com precipitações próximas de zero. Essa variação caracteriza-se como um desafio para o dimensionamento do reservatório de armazenamento das águas pluviais que deve ter a capacidade de armazenar água suficiente para ser utilizada durante todo o período de escassez, tal fator poderá impor a execução de um reservatório de maiores dimensões, o que acarretará maiores custos.

Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica média mensal (mm), entre 1974-2019.



Fonte: Autoria própria (2019).

Através desses dados, pode-se visualizar a peculiaridade da região que convive com os fenômenos de seca, apresentando anos de cheia e outros de estiagem, influenciando diretamente em todos os aspectos da vida na região (econômica, social, cultural, etc).

Visando a construção dos cálculos e dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para fins não potáveis, adotou-se como base as médias mensais das precipitações dos 46 anos. Obedecendo as normatizações para efeito de cálculo do volume precipitado passível de ser utilizado foi extraído 2 mm de cada chuva, sendo esses 2mm o estabelecido na NBR 15527 (2019) como descarte da primeira chuva, restando assim 607,21 mm dos 688,39 mm precipitados passíveis de serem utilizados. O gráfico 1 mostra as precipitações médias dos meses com e sem a extração dos 2mm descartados por chuva.

4.1.2 Área de captação

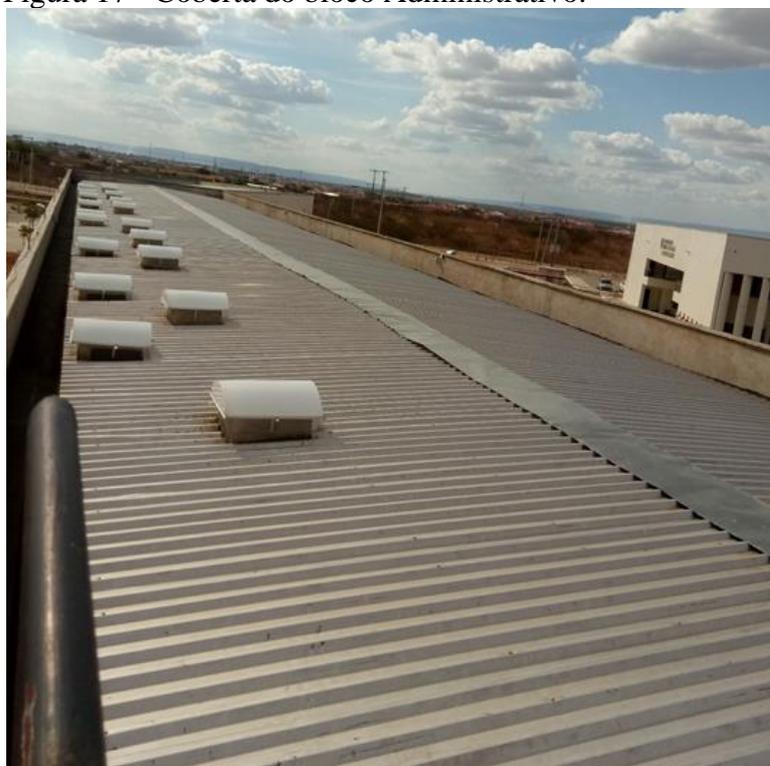
Através dos projetos fornecidos pela prefeitura da universidade chegou-se aos seguintes valores para as áreas de captação: o bloco administrativo dispõe de 918,62 m² de cobertura e o bloco acadêmico dispõe de 3449,45 m² de cobertura o que totaliza 4368,07m².

As figuras dos Apêndices 3 e 4 foram extraídas e adaptadas dos arquivos DWG fornecidos pela universidade e correspondem às plantas baixas das coberturas dos blocos administrativo e acadêmico, respectivamente. Elas mostram o posicionamento das calhas, a localização dos tubos de queda, a inclinação das coberturas, bem como a divisão das áreas de influência de cada tudo de queda.

Em inspeção visual às instalações foi possível averiguar que muitas das considerações dos projetos foram efetivamente executadas, no entanto, em alguns locais, ocorreram diferenças entre projeto e execução. Alguns exemplos dessas diferenças são os seguintes: não foi observada a instalação de ralos abacaxis nos tubos de queda do bloco administrativo (condição prevista em projeto); a existência de tubos de queda em quantidade superior ao estabelecido em projeto no bloco acadêmico, estando estes localizados dentro das circunferências em destaque (Apêndice 3), foi observado que as áreas de captação (representadas com os números de 27 a 32 no Apêndice 4) não possuem calhas instaladas.

As Figuras 17 e 18 mostram imagens obtidas durante a visita às coberturas.

Figura 17 - Coberta do bloco Administrativo.



Fonte: Autoria própria. (2019).

Figura 18 - Coberta do Bloco Acadêmico.



Fonte: Autoria própria. (2019).

Cabe destacar que ambas as coberturas são executadas em material metálico, com um decaimento de 5%, suas calhas possuem formato retangular. O bloco administrativo apresenta 24 saídas de água da calha e o bloco acadêmico possui 54 saídas de água da calha (considerando os tubos de queda adicionais) espalhadas, todos com 100 mm de diâmetro, com exceção de dois tubos de queda do Bloco Administrativo, com 150 mm de diâmetro.

As áreas de contribuição de cada tudo de queda para as duas edificações em estudo estão nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 - Áreas de contribuição de cada tubo de queda do Bloco Administrativo. *continua*

NÚMERO DA ÁREA	ÁREA (m²)
1	20,87
2	39,55
3	39,28
4	39,42
5	39,42
6	39,42
7	50,96
8	69,28
9	39,81
10	39,44
11	39,42
12	39,42
13	39,42
14	39,42
15	47,21
16	46,05

Tabela 9 - Áreas de contribuição de cada tubo de queda do Bloco Administrativo. *Conclusão.*

17	25,1
18	43,57
19	38,87
20	21,56
21	23,64
22	37,47
23	38,79
24	21,19

Fonte: Autoria própria. (2019).

Tabela 10 - Áreas de contribuição de cada tubo de queda do Bloco Acadêmico. *continua*

NÚMERO DA ÁREA	ÁREA (m ²)
1	134,2
2	131,93
3	132,11
4	132,02
5	133,73
6	134,18
7	131,91
8	132,09
9	132
10	134,21
11	133,73
12	132,02
13	132,11
14	131,93
15	134,2
16	134,21
17	132
18	132,09
19	131,91
20	134,18
21	80,66
22	87,61
23	87,61
24	80,66
25	93,03
26	93,03
27	19,54
28	19,54
29	46,19
30	70,18

Tabela 10 - Áreas de contribuição de cada tubo de queda do Bloco Acadêmico. *conclusão*

31	70,18
32	46,19

Fonte: Autoria própria. (2019).

Para facilitar a aplicação do procedimento metodológico e aumentar a segurança e confiabilidade dos cálculos, os tubos de queda adicionais não foram levados em consideração na determinação da área de captação associada a cada tubo de queda.

4.1.3 Equação de IDF

A intensidade de precipitação de projeto, calculada conforme o disposto no item 3.2.3, para o município de Crateús, foi de 3,88 mm/min ou 232,60 mm/h.

Esse valor de intensidade de projeto se refere a uma chuva de grande intensidade em um curto intervalo de tempo, portanto, sendo utilizado no dimensionamento das estruturas de condução das águas pluviais (condutores verticais, condutores horizontais e calhas), que devem suportar tal chuva sem que ocorra extravasamentos, que por ventura possam causar prejuízos, além de impossibilitar a captação das águas para seu aproveitamento posterior

4.1.4 Demanda de água não potável

O consumo mensal de água da instituição foi obtido junto a prefeitura do campus e está descrito na Tabela 11 juntamente com os valores mensais pagos.

Tabela 11 - Volumes e valores das constas de água da UFC-Crateús

MÊS	VOLUME (M³)	VALOR (R\$)
Janeiro	75	583,71
Fevereiro	280	2838,71
Março	193	1894,22
Abril	165	1645,09
Mai	274	3222,82
Junho	220	2523,83
Julho	172	2709,48
Agosto	246	3045,26
Setembro	323	4276,42
Outubro	356	4700,72

Fonte: Autoria própria. (2019).

Segundo a prefeitura do campus, a universidade começou a utilizar a água do sistema público de distribuição a partir de janeiro do ano de 2019. Antes disso, fazia-se uso de

água subterrâneas captadas através dos 3 poços profundos localizados nas instalações da universidade. Os meses de janeiro, abril e julho apresentaram distorções ao consumo corriqueiro. Em janeiro essas distorções estão atreladas ao uso intercalado das águas subterrâneas e ao baixo contingente de pessoas; em abril são decorrentes de falhas no fornecimento de água. Em julho ocorreu a limpeza do reservatório, o que ocasionou um aumento do consumo de água mesmo sendo um período de pouco consumo devido à ausência de aulas.

Com uma população de frequentadores fixa de 746 pessoas, a realização da coleta de dados por meio do questionário não conseguiu atingir toda a população que utiliza os aparelhos sanitários. Já para o cálculo da demanda de água para irrigação e limpeza, foi possível entrevistar todos os servidores relacionados às atividades, já que o universo amostral é bem menor, com 5 servidores de limpeza e 1 de jardinagem. Assim, seguindo a metodologia de Barbetta (2003) obteve-se o grau de significância da coleta dos dados devido a amostragem atingida.

Para o cálculo da demanda de água para os equipamentos sanitários foram consultadas 88 pessoas (54 homens e 34 mulheres), o que resulta em um erro amostral de 10%, segundo a Equação 02. Já os dados dos serviços de limpeza e jardinagem não apresentaram erro amostral já que todas as pessoas responsáveis pela área participaram da entrevista.

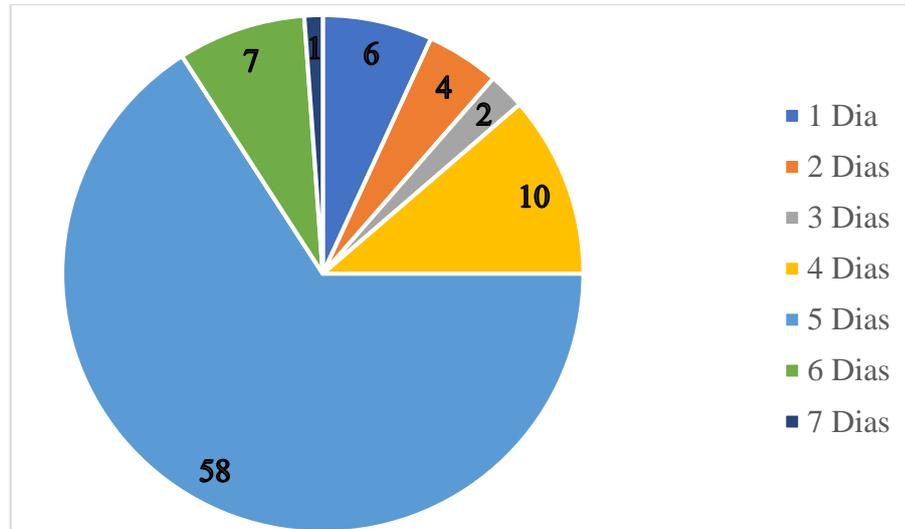
4.1.4.1 Demanda dos aparelhos sanitários

As respostas do questionário e das entrevistas foram variadas, devido as peculiaridades de cada indivíduo.

Para o questionário foram obtidas as seguintes respostas:

Para a primeira pergunta, “Quantos dias por semana você frequenta a UFC-Crateús?”, foram obtidas as respostas representadas no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Frequência de comparecimento semanal à UFC-Crateús.

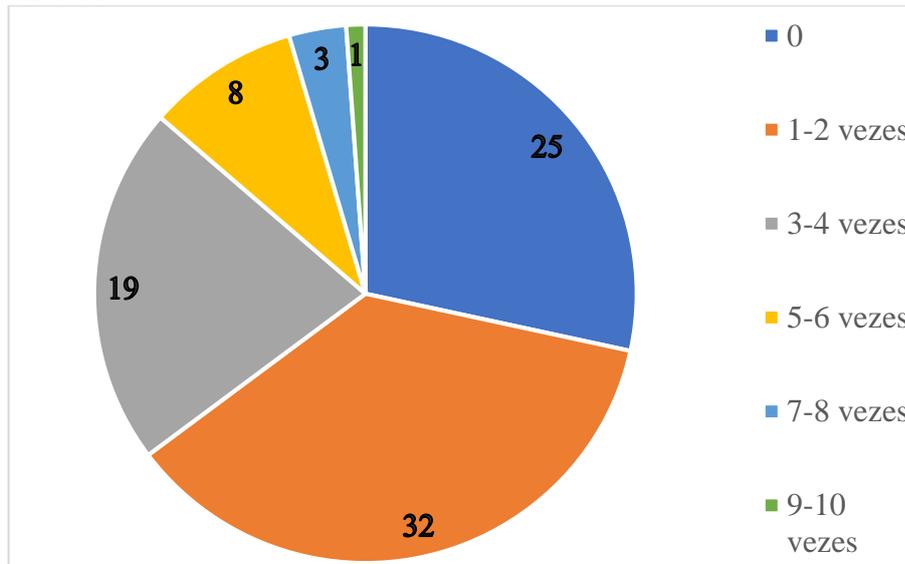


Fonte: Autoria própria. (2019).

De acordo com o Gráfico 02, a maioria dos usuários (58 pessoas- 65,9%) frequenta a universidade 5 vezes por semana e, em média, as pessoas frequentam 4,53 dias por semana. Essa informação tem sua relevância na estimativa da frequência de uso dos aparelhos sanitários, compondo o elemento D_i da Equação 05.

Para segunda pergunta, “Quantas vezes por dia você costuma utilizar os vasos sanitários da UFC-Crateús?”, foram obtidas as respostas representadas no Gráfico 03. Considerou-se para realização dos cálculos a média do intervalo.

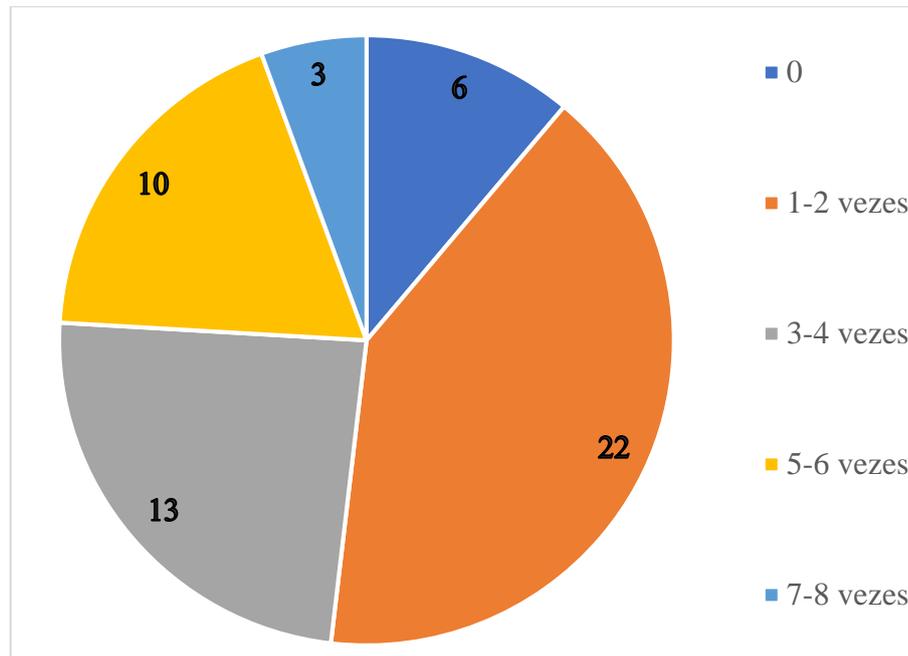
Gráfico 3 - Frequência diária de utilização das bacias sanitárias da UFC-Crateús



Fonte: Autoria própria. (2019).

Para a terceira pergunta, “Quantas vezes por dia você costuma utilizar os mictórios da UFC-Crateús?”, foram obtidas as respostas representadas no Gráfico 04.

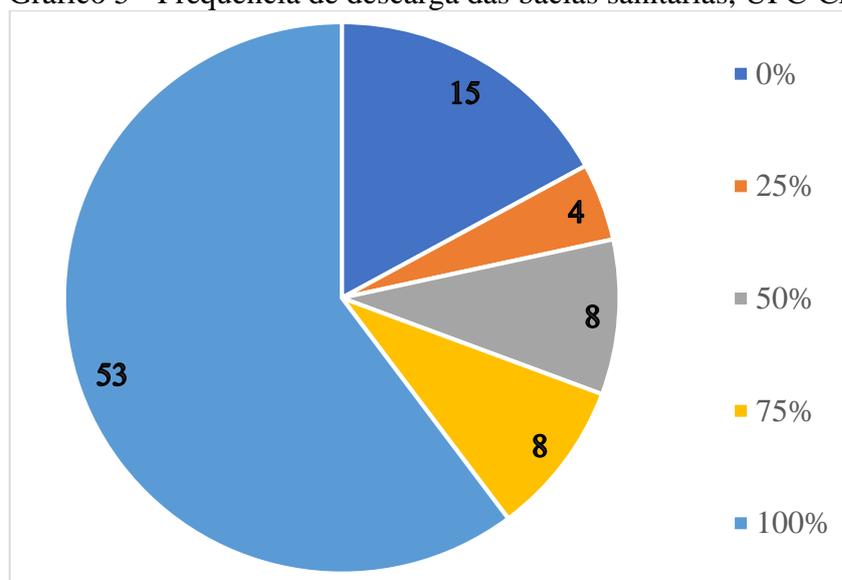
Gráfico 4 - Frequência diária de utilização dos mictórios da UFC-Crateús.



Fonte: Autoria própria. (2019).

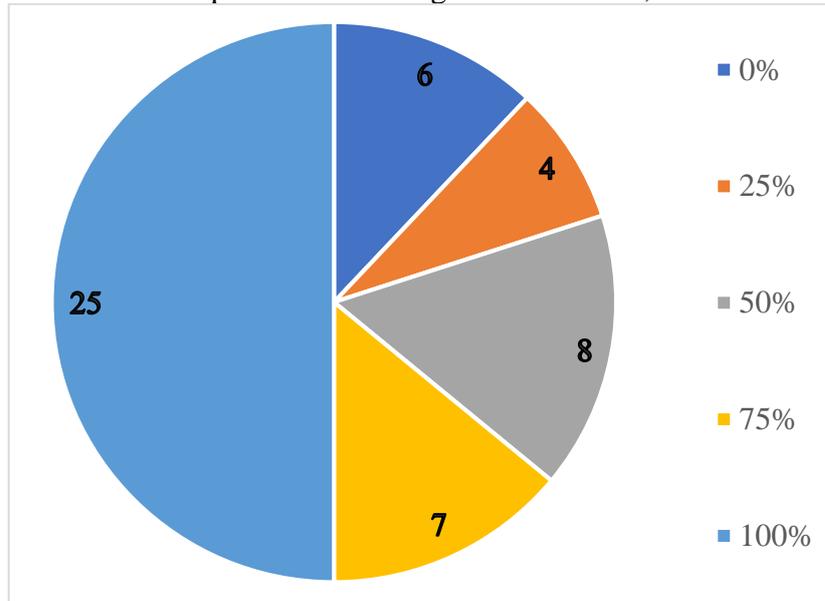
A quarta pergunta, “Você costuma usar a descarga sempre que usa o vaso sanitário e o mictório?”, foi realizada com o intuito de se obter uma melhor estimativa do consumo diário de água, já que nem sempre as pessoas usam a descarga após o uso dos aparelhos sanitários. As médias das respostas foram utilizadas na Equação 05, para a obtenção da frequência diária de uso por aparelho sanitário, correspondendo ao fator $u\%$, sendo este 72,72% para as bacias sanitárias e 65,28% para os mictórios. Os Gráficos 5 e 6 ilustram os resultados obtidos.

Gráfico 5 - Frequência de descarga das bacias sanitárias, UFC-Crateús.



Fonte: Autoria própria. (2019).

Gráfico 6 - Frequência de descarga dos mictórios, UFC-Crateús.



Fonte: Autoria própria. (2019).

Desta maneira, através do uso da Equação 05 foram encontrados os seguintes valores para a frequência diária média para as bacias sanitárias e mictórios:

$$f(bac) = 1,028 \text{ uso}/\text{dia} * \text{pessoa}$$

$$f(mic) = 1,332 \text{ uso}/\text{dia} * \text{pessoa}$$

O consumo médio diário para cada tipo de aparelho foi encontrado através da equação 04:

$$Cm. d. a. (bac) = 1,028 \left(\frac{\text{uso}}{\text{dia} * \text{pessoa}} \right) * 6,5 \left(\frac{L}{\text{uso}} \right) = 6,68 \text{ L}/\text{dia} * \text{pessoa}$$

$$Cm. d. a. (mic) = 1,332 \left(\frac{\text{uso}}{\text{dia} * \text{pessoa}} \right) * 2 \left(\frac{L}{\text{uso}} \right) = 2,66 \text{ L}/\text{dia} * \text{pessoa}$$

Para o consumo total diário, conforme equação 06, foi obtido o seguinte resultado:

$$\begin{aligned} Ctd &= 6,68 \left(\frac{L}{\text{dia} * \text{pessoa}} \right) * 746 \text{ pessoas} + 2,66 \left(\frac{L}{\text{dia} * \text{pessoa}} \right) * 508 \text{ pessoas} \\ &= 6340,04 \text{ L}/\text{dia} \end{aligned}$$

4.1.4.2 Demanda do serviço de irrigação e limpeza

As perguntas realizadas nas entrevistas foram montadas de acordo com uma conversa informal inicial com os servidores da limpeza e da irrigação a fim de saber qual seria a melhor forma de quantificar o consumo de água em suas atividades.

Na entrevista realizada com o servidor responsável pela irrigação dos jardins foram obtidas as seguintes respostas:

Para a primeira pergunta, “Quantos dias por semana o serviço de irrigação é realizado?”, foi respondido 5,5 dias, já que seus serviços são prestados de segunda a sábado sendo os sábados, somente, meio expediente.

Para a segunda pergunta, “Você geralmente costuma utilizar quantos litros de água por planta?”, foi respondido que corriqueiramente ele faz uso de 4 litros por planta.

Por fim, para última pergunta, “Quantas plantas são irrigadas por dia?”, foi respondido que “nos dias de expediente normal (8h-11h e 13h-17h), algo em torno de 350 plantas”.

Assim, através da aplicação da equação 07, foi encontrado o seguinte resultado:

$$Cm. d. j = \frac{4 \left(\frac{L}{planta} \right) * 350 \left(\frac{plantas}{dia} \right) * 5,5 \left(\frac{dias}{semana} \right)}{7 \left(\frac{dias}{semana} \right)} = 1100L/dia$$

Para a quantificação da demanda de água para o serviço de limpeza foram entrevistados os 5 servidores responsáveis. Os questionamentos realizados foram os seguintes, conforme o descrito no Apêndice 02:

Questionamento 01: “Quantos dias por semana o serviço de limpeza é realizado?”

Questionamento 02: “Geralmente você costuma realizar a limpeza de quantos banheiros, por dia?”

Questionamento 03: “Geralmente você costuma realizar a limpeza de quantas salas por dia?”

Questionamento 04: “Quantos baldes de água são consumidos na limpeza de cada banheiro?”

Questionamento 05: “Quantos baldes de água são consumidos na limpeza de cada sala?”

As respostas referentes aos cinco questionamentos realizados encontram-se descritas na Tabela 12.

Tabela 12 - Respostas da entrevista com os servidores da limpeza.

Servidor	Perguntas					Cm.d.l (L/dia)
	Q-01	Q-02	Q-03	Q-04	Q-05	
1º	5,5 dias	Nenhum	2	Nenhum	1	9,42
2º	5,5 dias	Nenhum	8	Nenhum	1	37,71
3º	5,5 dias	9	6	3	0,5	141,43
4º	5,5 dias	6	4	5	0,5	150,86
5º	5,5 dias	8	4,5	3	1	134,36

Fonte: Aatoria própria. (2019).

Aplicando a Equação 08, foi possível obter o consumo diário de água total para essa atividade pelo somatório dos consumos de cada servidor:

$$Cm. d. l = 473,8 L/dia$$

A aplicação dos questionários e as entrevistas possibilitaram o levantamento do quantitativo total do consumo de água da UFC-Crateús para fins não potáveis, através da equação 09:

$$CT = 6340,04 \left(\frac{L}{dia} \right) + 1100 \left(\frac{L}{dia} \right) + 473,8 \left(\frac{L}{dia} \right) = 7913,84 \left(\frac{L}{dia} \right)$$

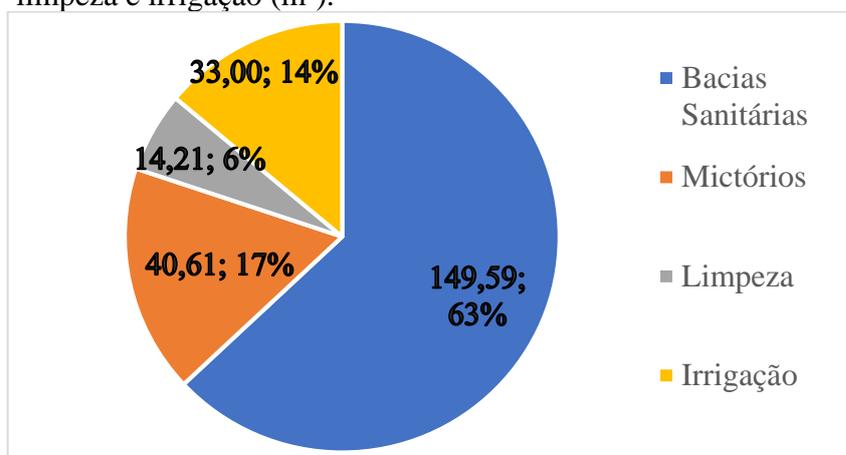
A Tabela 13 e Gráfico 7 resumem os valores encontrados para a demanda de uso não potável da edificação diária e mensal.

Tabela 13 - Demanda por equipamento sanitário e serviços de limpeza e irrigação.

EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS	NÚMERO DE USUÁRIOS	CONSUMO DIÁRIO per-capita (L/dia*peessoa)	CONSUMO DIÁRIO (L/dia)	CONSUMO MENSAL (L)
Bacia Sanitária	746	6,68	4986,4	149591,94
Mictório	508	2,66	1353,6	40609,20
SERVIÇOS	Servidores	-	-	-
Limpeza	5	-	473,8	14213,6
Irrigação	1	-	1100	33000
Total	-	-	7913,8	237414,74

Fonte: Aatoria própria. (2019).

Gráfico 7 - Demanda por equipamento sanitário e serviços de limpeza e irrigação (m³).



Fonte: Autoria própria. (2019).

Para a obtenção dos consumos mensais foi considerado que os meses apresentam 30 dias. Nos meses de pleno funcionamento da instituição, com a ocorrência de aulas, a demanda total de água não potável encontrada foi de:

$$\begin{aligned} \text{Demanda total mensal} &= 149591,94 L + 40609,20 L + 14213,6 L + 33000 L \\ &= 237415L = 237,415m^3 \end{aligned}$$

Para os meses de férias, em que existe um público frequentador inferior ao corriqueiro, os consumos mensais são reduzidos. O valor encontrado para estes períodos foi 75,43 m³ mensais, considerando apenas a quantidade de funcionários para o cálculo da demanda de água para os aparelhos sanitários e considerando constantes os consumos dos jardins e da limpeza que permanecem aproximadamente inalterados independente da época.

A Tabela 14 mostra um comparativo entre o consumo total de água, medido pela CAGECE, e a demanda de água não potável estimada neste trabalho.

Tabela 14 - Consumo da UFC vs consumo estimado de não potável

MÊS	VOLUME, CAGECE (M ³)	CONSUMO ESTIMADO (M ³)
Fevereiro	280	237,415
Março	193	237,415
Maio	275	237,415
Junho	220	237,415
Agosto	246	237,415
Setembro	323	237,415
Outubro	356	237,415

Fonte: autoria própria (2019)

Algumas considerações podem ser realizadas em relação a esses resultados:

Como o consumo medido em janeiro, abril e julho não são representativos, conforme explicado anteriormente, não foi possível realizar uma comparação entre os consumos para os meses de férias.

Para o mês de março, a demanda de água não potável ficou acima do consumo total medido pela CAGECE. Esse fato pode ser explicado por conta de vários fatores como: em março deste ano o calendário acadêmico contou com vários dias feriados nos quais o consumo era reduzido; A quantidade de plantas atuais (valor que foi utilizado para o cálculo da demanda) não existia ainda no primeiro semestre. A irrigação desta quantidade de plantas só teve início por volta de setembro; as instalações ainda não estavam em pleno funcionamento, como é o caso de 2 dos 4 banheiros de uso coletivo do bloco acadêmico que passaram a funcionar a partir de agosto. Esses fatores também podem explicar o aumento do consumo total e, conseqüentemente, a redução da porcentagem de usos não potáveis em relação aos usos totais, que acontece a partir de setembro e que, provavelmente, representará melhor o consumo total futuro.

Conseguiu-se estimar que o consumo médio de água não potável em um mês normal de funcionamento é de 87,8% do consumo geral, considerando a média do consumo dos meses mostrados na Tabela 15. Comparando apenas com os meses de setembro e outubro, os quais representam com mais veemência a realidade de consumo mensal de água, encontra-se uma porcentagem de 69,93%. A melhor representação de consumo dos meses de setembro e outubro está atrelado a conclusão das estruturas de consumo do campus, onde todos os banheiro já estão funcionando, os serviços de limpeza e irrigação já estão com uma rotina estabelecida, o número de frequentadores (discentes, docentes, técnicos e demais servidores) tende a não sofrer mais oscilações consideráveis, atrelado ao fato de que os cursos já estão com seus ciclos completos, onde todos os anos ingressam e graduam-se alunos.

4.2 Dimensionamento de calhas e condutores

4.2.1 Verificação das dimensões das calhas

As áreas de contribuição de cada condutor vertical e/ou calhas foram estabelecidas conforme o projeto da cobertura e estão apresentados nos Apêndice 3, 4 e 5.

Para realização da verificação foram utilizadas as informações de área de contribuição das Tabelas 9 e 10 para a obtenção da área de contribuição de cada calha. A vazão de projeto que cada calha deve suportar foi encontrada de acordo com a Equação 11. A vazão

que cada calha suporta foi encontrada pela Equação 12 de acordo com as dimensões medidas. As Tabelas 15 e 16 mostram os resultados obtidos para as calhas dos blocos administrativo e acadêmico, respectivamente. A vazão suportada pela calha deve ser igual ou superior a vazão de projeto para que não seja necessário realizar ajustes.

Tabela 15 - Comparativo entre vazão de projeto e a vazão suportada das calhas do Bloco Administrativo.

NÚMERO DA ÁREA	ÁREA (m²)	VAZÃO DE PROJETO (L/min)	LARGURA CALHA (M)	ALTURA CALHA (M)	VAZÃO SUPORTADA (L/min)
1	20,87	80,90	0,69	0,22	8571,9
2	19,78	76,66	0,69	0,22	8571,9
3	19,64	76,14	0,69	0,22	8571,9
4	19,71	76,41	0,69	0,22	8571,9
5	19,71	76,41	0,69	0,22	8571,9
6	19,71	76,41	0,69	0,22	8571,9
7	25,48	98,78	0,69	0,22	8571,9
8	69,28	268,57	0,69	0,22	8571,9
9	19,91	77,16	0,69	0,22	8571,9
10	19,72	76,45	0,69	0,22	8571,9
11	19,71	76,41	0,69	0,22	8571,9
12	19,71	76,41	0,69	0,22	8571,9
13	19,71	76,41	0,69	0,22	8571,9
14	19,71	76,41	0,69	0,22	8571,9
15	23,61	91,51	0,69	0,22	8571,9
16	46,05	178,52	0,69	0,22	8571,9
17	25,10	97,30	0,5	0,25	6924,62
18	21,79	84,45	0,5	0,25	6924,62
19	19,44	75,34	0,5	0,25	6924,62
20	21,56	83,58	0,5	0,25	6924,62
21	23,64	91,64	0,5	0,25	6924,62
22	18,74	72,63	0,5	0,25	6924,62
23	19,40	75,19	0,5	0,25	6924,62
24	21,19	82,14	0,5	0,25	6924,62

Fonte: Autoria própria. (2019).

Tabela 16 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, calhas do Bloco Acadêmico. *continua*

NÚMERO DA ÁREA	ÁREA (m²)	VAZÃO DE PROJETO. (L/min)	LARGURA CALHA(M)	ALTURA CALHA (M)	VAZÃO SUPORTADA (L/min)
1	67,10	260,12	0,78	0,14	5007,39
2	65,97	255,72	0,78	0,14	5007,39
3	66,06	256,07	0,78	0,14	5007,39
4	66,01	255,89	0,78	0,14	5007,39
5	66,87	259,21	0,78	0,14	5007,39

Tabela 16 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, calhas do Bloco Acadêmico. *conclusão*

6	67,09	260,08	0,78	0,14	5007,39
7	65,96	255,68	0,78	0,14	5007,39
8	66,05	256,03	0,78	0,14	5007,39
9	66,00	255,85	0,78	0,14	5007,39
10	67,11	260,14	0,78	0,14	5007,39
11	66,87	259,21	0,78	0,14	5007,39
12	66,01	255,89	0,78	0,14	5007,39
13	66,06	256,07	0,78	0,14	5007,39
14	65,97	255,72	0,78	0,14	5007,39
15	67,10	260,12	0,78	0,14	5007,39
16	67,11	260,14	0,78	0,14	5007,39
17	66,00	255,85	0,78	0,14	5007,39
18	66,05	256,03	0,78	0,14	5007,39
19	65,96	255,68	0,78	0,14	5007,39
20	67,09	260,08	0,78	0,14	5007,39
21	40,33	156,34	0,87	0,1	3344,47
22	43,81	169,81	0,87	0,1	3344,47
23	43,81	169,81	0,87	0,1	3344,47
24	40,33	156,34	0,87	0,1	3344,47
25	93,03	360,64	0,63	0,17	5254,52
26	93,03	360,64	0,63	0,17	5254,52
27	9,77	37,87	Não possui	Não possui	Não possui
28	9,77	37,87	Não possui	Não possui	Não possui
29	23,10	89,53	Não possui	Não possui	Não possui
30	35,09	136,03	Não possui	Não possui	Não possui
31	35,09	136,03	Não possui	Não possui	Não possui
32	23,095	89,53	Não possui	Não possui	Não possui
33	67,1	260,12	Não possui	Não possui	Não possui
34	65,965	255,72	Não possui	Não possui	Não possui

Fonte: Autoria própria. (2019).

Como a maioria dos tubos de queda, localizam-se, no meio das calhas, a área de contribuição das calhas será metade da área de contribuição dos tubos de queda com exceção de algumas áreas, em que os tubos situam-se em uma das extremidades, como ocorre nas áreas 25 e 26 do Bloco Acadêmico e nas áreas 1, 8, 16, 17, 20, 21 e 24 do Bloco Administrativo.

Em ambas as edificações pode-se ressaltar que a execução das calhas está de acordo com as normas e atende as exigências de projeto, tal afirmação se baseia no fato de que a vazão suportada pelas calhas é bem superior às exigências de vazão geradas por sua área de influência, o que nos permite descartar a necessidade de realização de obras de correção nos locais aonde não foram colocadas as calhas e condutores, relacionado as áreas 27 a 34.

A Figura 19 mostra uma das calhas do bloco acadêmico. Pode-se observar o formato, o material e as condições de instalação do elemento. Nela podemos comprovar o formato retangular da calha, a presença de detritos (folhas secas e galhos), a presença de ralos abacaxis que funcionam como grades retendo a entrada de materiais grosseiros nos condutos. Além disso, pode-se observar a ocorrência de rachaduras que devem ser oriundas da dilatação térmica. Em alguns locais foi possível observar a presença de machas de empoçamento de água.

Figura 19 - Condições instaladas da calhas – Bloco Academico



Fonte: Autoria própria. (2019).

4.2.2 Verificação das dimensões dos tubos de queda

Para os condutores verticais, foi utilizada a Equação 13 e Tabelas 6, 15 e 16, para estimar se os tubos de queda suportam ou não a vazão de projeto. As Tabelas 17 e 18 mostram os resultados encontrados para os blocos administrativo e acadêmico, respectivamente. A vazão suportada pelo tubo de queda deve ser igual ou superior à vazão de projeto para que não sejam necessários ajustes. A maioria dos tubos de queda estão arranjados de forma espalhada, no entanto, nas áreas 25 e 26 do bloco acadêmico existe uma proximidade excessiva entre dois tubos de 100mm, o que tornou mais adequada a sua avaliação adotando dois condutos para a mesma área de contribuição.

Tabela 17 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Administrativo.

NÚMERO DA ÁREA	VAZÃO DE PROJETO (L/min)	DIÂMETRO DO TUBO DE QUEDA (mm)	VAZÃO SUPORTADA PELO TUBO (L/min)
1	80,90	100	550,33
2	153,32	100	550,33
3	152,27	100	550,33
4	152,81	100	550,33
5	152,81	100	550,33
6	152,81	100	550,33
7	197,55	100	550,33
8	268,57	150	1622,33
9	154,33	100	550,33
10	152,89	100	550,33
11	152,81	100	550,33
12	152,81	100	550,33
13	152,81	100	550,33
14	152,81	100	550,33
15	183,01	100	550,33
16	178,52	100	550,33
17/18/19/20	500,47	150	1622,33
21/22/23/24	469,41	150	1622,33

Fonte: Autoria própria. (2019).

Tabela 18 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Acadêmico. *continua*

NÚMERO DA ÁREA	VAZÃO DE PROJETO (L/min)	DIÂMETRO DO TUBO DE QUEDA (mm)	VAZÃO SUPORTADA PELO TUBO (L/min)
1	520,24	100	550,33
2	511,44	100	550,33
3	512,13	100	550,33
4	511,79	100	550,33
5	518,41	100	550,33
6	520,16	100	550,33
7	511,36	100	550,33

Tabela 18 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Acadêmico. *conclusão*

8	512,06	100	550,33
9	511,71	100	550,33
10	520,28	100	550,33
11	518,41	100	550,33
12	511,79	100	550,33
13	512,13	100	550,33
14	511,44	100	550,33
15	520,24	100	550,33
16	520,28	100	550,33
17	511,71	100	550,33
18	512,06	100	550,33
19	511,36	100	550,33
20	520,16	100	550,33
21/22	652,31	100	550,33
23/24	652,31	100	550,33
25	360,64	2 tubos de 100	1100,66
26	360,64	2 tubos de 100	1100,66
27*	75,75	100	550,33
28*	75,75	100	550,33
29*	179,06	100	550,33
30*	272,06	100	550,33
31*	272,06	100	550,33
32*	179,06	100	550,33
33*	520,24	100	550,33
34*	511,44	100	550,33

Fonte: Autoria própria. (2019).

Através da observação dos resultados foi possível perceber que a grande maioria dos condutores verticais existentes suportaram a vazão de projeto, em ambas as edificações. Entretanto, nota-se que os condutores verticais “21/22” e “23/24” do bloco acadêmico não conseguiram suportar a vazão de projeto, necessitando assim de uma substituição da tubulação nesses trechos, por outra, de maiores dimensões. Cabe ressaltar que no bloco acadêmico como comentado no tópico 4.1.2. existem tubos de queda adicionais, conforme representado nos Apêndices 3 e 5.

4.2.3 Verificação e dimensionamento dos condutores horizontais

Por fim, tem-se os condutores horizontais os quais obedecem aos projetos presentes nos Apêndices 5 e 6, onde estão descritas as áreas contribuintes de cada condutor vertical que por sua vez contribui para cada trecho de condutor horizontal. Neles também podem ser

observados a descrição de cada trecho de condutores horizontais, que são nomeados conforme a numeração da letra “T”.

Infelizmente, não foi encontrado uma indicação de qual seria a inclinação dos condutores horizontais, assim sendo, se adotou o mínimo de 0,5% de inclinação para os condutores de maiores dimensões (300mm) e 1% para os condutores de menores dimensões (100mm e 150mm).

As Tabelas 19 e 20 mostram os resultados obtidos através da análise dos condutores horizontais existentes. As Tabelas trazem as informações por trecho de condutor horizontal, como as áreas de contribuição, o diâmetro dos condutores horizontais existentes, a vazão de projeto e a vazão suportada pelos condutores. A vazão suportada pelos condutores horizontais deve ser igual ou superior à vazão de projeto para que não sejam necessários ajustes.

Tabela 19 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Administrativo.

TRECHOS	ÁREAS	DIÂMETRO DO CONDUTOR (mm)	VAZÃO DE PROJETO (L/min)	VAZÃO SUPORTADA (L/min)
1 T	4	150	152,81	847
2 T	1/2/3/4	150	539,31	847
3 T	6	150	152,81	847
4 T	5/6	150	305,63	847
5 T	7	150	197,55	847
6 T	8/17/18/19/20	150	769,04	847
7 T	7/8/17/18/19/20	150	966,59	847
8 T	9	100	154,33	287
9 T	10	100	152,89	287
10 T	11	100	152,81	287
11 T	12	100	152,81	287
12 T	13	100	152,81	287
13 T	14	100	152,81	287
14 T	15	100	183,01	287
15 T	16	100	178,52	287
16 T	21/22/23/24	150	469,41	847

Fonte: Autoria própria. (2019).

Tabela 20 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Acadêmico. *continua*

TRECHOS	ÁREAS	DIÂMETRO DO CONDUTOR (mm)	VAZÃO DE PROJETO (L/min)	VAZÃO SUPORTADA (L/min)
1 T	1	150	520,24	847
2 T	3	150	512,13	847
3 T	1/2/3	300	1543,81	3820
4 T	21/22/27	100	728,06	287
5 T	5/21/22/27	150	1246,47	847

Tabela 20 - Comparativo entre vazão de projeto e vazão suportada, dos tubo verticais do Bloco Acadêmico. *conclusão*

6 T	4/5/21/22/27	300	1758,26	3820
7 T	25	150	360,64	847
8 T	26	150	360,64	847
9 T	25/26	300	721,28	3820
10 T	12	150	511,79	847
11 T	23/24/28	100	728,06	287
12 T	11/12/23/24/28	300	1758,26	3820
13 T	15	150	520,24	847
14 T	14/15	150	1031,67	847
15 T	13/14/15	300	1543,81	3820
16 T	6	150	520,16	847
17 T	8	150	512,06	847
18 T	6/7/8	300	1543,58	3820
19 T	29/30	100	451,12	287
20 T	10/29/30	150	971,39	847
21 T	9/10/29/30	300	1483,10	3820
22 T	31/32	100	451,12	287
23 T	18	150	512,06	847
24 T	17/18	150	1023,77	847
25 T	16/17/18/31/32	300	1995,16	3820
26 T	20	150	520,16	847
27 T	19/20	300	1031,52	3820

Fonte: Autoria própria. (2019).

Para o bloco administrativo, pode-se perceber que o trecho “7T” necessita de uma alteração em suas dimensões. O condutor pode ser substituído por um de 200mm de diâmetro ou a inclinação pode ser alterada para 2%, o que seria suficiente, segundo as prescrições da NBR 10844 (1989).

Para o caso do bloco acadêmico, que foi exposto na Tabela 23, 9 trechos necessitam de alterações. São eles: “4T”, “5T”, “11T”, “13T”, “14T”, “19T”, “20T”, “22T” e “24T”.

As instalações da drenagem das águas pluviais encontram-se em boas condições, sendo necessário a execução de pequenas alterações na estrutura já executada. Porém, para que um sistema de aproveitamento de águas pluviais seja implantado deve-se instalar condutores horizontais que conduzam as águas, que hoje são desperdiçadas sendo lançadas nas sarjetas, até o reservatório inferior do sistema.

4.2.4 Execução das novas instalações

Conforme realizado nos processos de verificação propôs-se um traçado dos condutores horizontais os quais recolhem as águas das instalações já existentes e conduzem até o reservatório inferior de armazenamento do sistema.

4.3 Dimensionamento dos reservatórios

4.3.1 Reservatório inferior

Para o dimensionamento do reservatório inferior, pelo método de Rippl, faz-se uso da Equação 13, para a obtenção do volume de água fornecida mensalmente pelas chuvas em média. Para tanto são utilizadas as informações de área total de captação, dados pluviométricos mensais, mostrados no Gráfico 1, e do coeficiente de escoamento. A Tabela 1 mostra o volume de água passível de ser captada ao longo dos meses do ano.

Tabela 21 - Volume de água promovido pelo regime pluviométrico, pelo método de Rippl.

MÊS	Pm (mm)	At(m ²)	C	Qm	
				(L)	(m ³)
Janeiro	90,58	4368,07	0,9	356104	356,104
Fevereiro	112,03	4368,07	0,9	440413	440,413
Março	170,44	4368,07	0,9	670058	670,058
Abril	133,52	4368,07	0,9	524918	524,918
Mai	50,37	4368,07	0,9	198033	198,033
Junho	11	4368,07	0,9	43226,8	43,2268
Julho	3,14	4368,07	0,9	12340,7	12,3407
Agosto	1,37	4368,07	0,9	5384,12	5,38412
Setembro	1,38	4368,07	0,9	5418,31	5,41831
Outubro	2,24	4368,07	0,9	8819,7	8,8197
Novembro	6,45	4368,07	0,9	25365,2	25,3652
Dezembro	24,69	4368,07	0,9	97050,9	97,0509

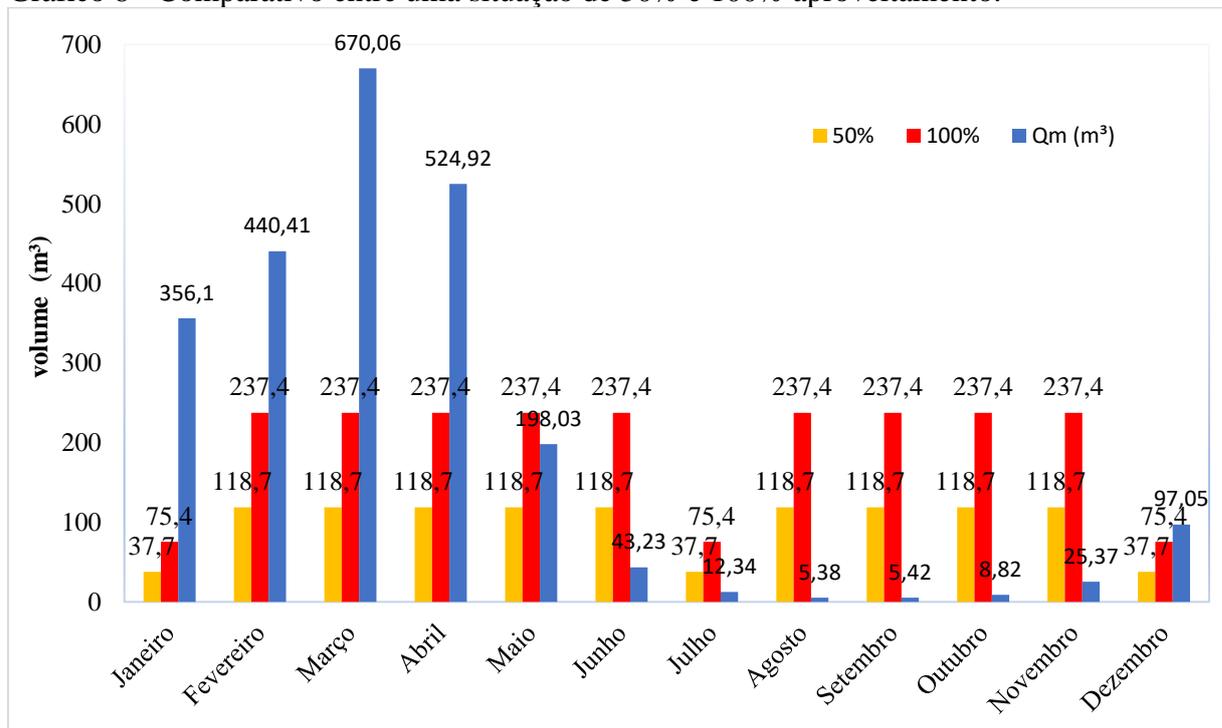
Fonte: Autoria Própria (2019).

Em que: $Q(m)$ é o volume de água pluvial aproveitável no mês m (L); Pm é a precipitação média do mês (mm); At é a área total das coberturas (m²); C é o coeficiente de escoamento ou coeficiente de *Runoff* Para este trabalho foi utilizado 0,9, segundo Tomaz (2011), já que o material das telhas é metálico.

Em uma primeira análise, quando se compara o volume total passível de ser captado (2387,13 m³), com a demanda anual de águas não potáveis (2363,02 m³), pode-se perceber que o regime de precipitação médio local consegue suprir 100% do consumo de água não potável da instituição.

Continuando com o dimensionamento do reservatório inferior, foi aplicada a Equação 14 para a obtenção do volume mensal que deve ser armazenado no reservatório. O Gráfico 8 traz esses resultados. Os cálculos foram realizados considerando duas situações: a primeira, em que são utilizadas águas pluviais para suprir 100% da demanda não potável de água para instituição, e a segunda, em que são utilizadas águas pluviais para suprir apenas 50% da demanda de água não potável da instituição. Essa análise foi realizada com a finalidade de verificar a relação entre o volume do reservatório necessário e volume potencial de aproveitamento de água.

Gráfico 8 - Comparativo entre uma situação de 50% e 100% aproveitamento.



Fonte: Autoria própria. (2019).

Apenas os valores de “S(m)” positivos devem ser considerados no somatório para o cálculo do volume necessário para o reservatório. Dessa forma, considerando a primeira situação, faz-se necessário um reservatório de 1201,33 m³ de capacidade de armazenamento. Assim, a água armazenada no reservatório abasteceria os pontos de consumo durante os 7 meses de menor precipitação (Maio – Novembro). No entanto, o custo de implantação de um reservatório de 1201,33 m³ pode tornar a implantação inviável, podendo ser mais atrativa a implantação de um reservatório menor, com capacidade de suprir apenas 50% da demanda de água não potável. Para essa situação, faz-se necessário um reservatório de 530,70 m³ de armazenamento, o qual corresponderia a apenas 44,18% do reservatório de 1201,33 m³. A opção por suprir 50% do consumo de água potável pode tornar-se bem mais atrativa

financeiramente, já que o custo com a construção do reservatório é elevado. Porém, não está no escopo deste trabalho a realização desta análise, ficando restrito apenas a averiguar o potencial de aproveitamento das águas pluviais.

Diante desses resultados foi proposto um modelo de reservatório cuja localização encontra-se especificada no Apêndice 7. As dimensões propostas para o reservatório são as seguintes: preferindo deixa a largura (20 metros) e o comprimento (20 metros) fixos independentemente do volume do reservatório a ser usado, alterando assim apenas a profundidade, que no caso do reservatório de 1201,33 m³ será de 3,0 metros e para o reservatório de 530,70 será de 1,30 metros.

4.3.2 Reservatório superior

O reservatório superior deve prover a demanda média diária de consumo de água não potável, de tal forma que reduza os custos com uma estrutura exagerada e/ou com gastos de consumo elétrico do motor bomba funcionando com mais frequência.

O consumo diário médio de água foi determinado no tópico 4.1.4. e corresponde a 7,91 m³.

Admitindo que a estrutura do reservatório superior será idêntica ao reservatório já implantado da UFC tem-se que: o reservatório tem formato cilíndrico de diâmetro 3,50 metros e profundidade de 0,83 metros. Para determinação da cota de elevação do reservatório faz-se necessário a realização de um levantamento topográfico.

4.4 Dispositivos de pré-tratamento

Para a remoção dos materiais grosseiros foi indicado o uso de ralos abacaxis em todas as saídas das calhas. Como as estruturas das calhas são robustas e firmes, aconselha-se que antes dos períodos de chuvas, seja realizada uma limpeza manual das calhas. As Figuras 20 e 21 mostram a situação atual das calhas. Os materiais sólidos acumulados nas cobertas da universidade estão atrelados ao período de ventos dos meses de outubro e novembro.

Figura 20 – Tubo de queda sem ralos abacaxis - bloco administrativo.



Fonte: Autoria própria. (2019).

A Figura 21 mostra um tubo de queda obstruído por folhas e galhos que atingiram a cobertura, ressaltando-se a necessidade de instalação dos ralos abacaxis em todas as descidas, que garantiriam a desobstrução dos condutores. Cabe também a instalação de grades nas caixas de inspeção do sistema de águas pluviais, indicadas nos Apêndice 5 e 6, como “CA”.

Figura 21 – Tubos de saídas laterais – Bloco Administrativo



Fonte: Autoria própria. (2019).

A figura 21 ilustra a deposição de materiais grosseiros nas calhas, próximo aos tubos de queda laterais instalados, no bloco acadêmico.

Segundo a NBR 15527 (2019), caso os critérios de qualidade de água estabelecidos na Tabela 2 não sejam alcançados com o pré-tratamento, deve-se instalar um sistema adicional de tratamento, através de soluções químicas e/ou físicas.

4.4.1 Reservatórios de descarga das primeiras chuvas

Os reservatórios de descarte das primeiras chuvas são estruturas que funcionam como elemento de pré-tratamento das águas pluviais já que retêm as primeiras águas (de menor qualidade) e permite a passagem das águas de qualidade superior, com destino ao reservatório inferior.

Os reservatórios de primeiras chuvas são estruturas semelhantes a Figura 9 exposta no tópico 2.4.4.

Para encontrar o volume dos reservatórios de descarte das primeiras chuvas foi utilizada a Equação 13 considerando uma precipitação de 2mm, conforme determinado pela NBR 15527(ABNT, 2019). Para este trabalho, os reservatórios de descarte foram distribuídos entre os condutores horizontais, que por sua vez, reúnem as águas dos condutores verticais. As áreas de captação correspondentes a cada reservatório estão descritas na Tabela 24. Os Apêndices 5 e 6 mostram a localização dos reservatórios de descarte das primeiras chuvas.

Tabela 22 - Volume dos reservatórios de descarte das primeiras chuvas

TRECHO	BLOCO	ÁREA (m ²)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
2T	Admin.	139,12	250,42
4T	Admin.	78,84	141,91
7T	Admin.	249,34	448,81
8T	Admin.	39,81	71,66
9T	Admin.	39,44	70,99
10T	Admin.	39,42	70,96
11T	Admin.	39,42	70,96
12T	Admin.	39,42	70,96
13T	Admin.	39,42	70,96
14T	Admin.	47,21	84,98
15T/16T	Admin.	167,14	300,85
3T	Acad.	398,24	716,83
6T	Acad.	453,56	816,41
9T	Acad.	186,06	334,91
12T	Acad.	453,56	816,41
15T	Acad.	398,24	716,83
18T	Acad.	398,18	716,72
21T	Acad.	382,58	688,64
25T	Acad.	514,67	926,41
27T	Acad.	266,09	478,96

Fonte: Autoria própria. (2019).

Os volumes obtidos para os reservatórios de descarte são relativamente “pequenos”, e com certa facilidade pode-se encontrar caixas de água de PVC no mercado que possam fazer o papel de reservatório de descarte.

4.5 Análise do potencial de economia de água potável

Os benefícios oriundos da instalação da SAAP para as duas edificações da UFC-Crateús, consistem numa economia referentes às despesas mensais de consumo de água.

Aplicando a equação 22, pode-se estimar a economia gerada nas contas de água ao longo de um ano, tanto para um aproveitamento de 100% das águas não potáveis quanto de 50%.

$$Bt\ 100\% = 2363,02(m^3) * 14,07 \left(\frac{R\$}{m^3} \right) = 33.248,00\ R\$/ano$$

$$Bt\ 50\% = 1181,51(m^3) * 14,07 \left(\frac{R\$}{m^3} \right) = 16.623,83\ R\$/ano$$

Pode-se perceber que a implantação de ambas possibilidades (100% e 50%) de atendimento da demanda de águas não potáveis, produzem benefícios significativos a UFC-Crateús, tanto financeiros, na economia das contas de água, quanto ambientais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo a sugestão de um modelo de um sistema de aproveitamento de águas pluviais de cobertura para fins não potáveis, no Campus da Universidade Federal do Ceará localizado na cidade de Crateús-CE, apresentando-se como uma alternativa para a preservação dos recursos hídricos através da redução do consumo de águas potáveis.

Com base na metodologia aplicada e nos resultados obtidos pode-se concluir que a implantação de um SAAP na Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, pode gerar uma redução no consumo de água potável na ordem de 69,93%, suprimindo toda a demanda de águas não potáveis, o que corresponde a uma economia anual de R\$ 33.247,60 aos cofres da instituição, levando-se em conta a redução do valor das contas de água.

Para atestar a viabilidade financeira do sistema caberia a realização de uma análise de viabilidade econômica pautada no orçamento de implantação da infraestrutura do sistema e dos custos gerados por ele, como consumo de eletricidade e manutenção das instalações, o que não foi possível realizar no âmbito deste trabalho.

De acordo com o estudo realizado, constatou-se a necessidade de execução de pequenas alterações nas estruturas de captação e condução das águas das coberturas.

Através dos questionários e entrevistas realizados foi possível estimar, por amostragem, a demanda de água não potável da universidade, envolvendo as atividades de limpeza e irrigação e os usos de água para descargas de bacias sanitárias e mictórios, como pretendido no objetivo específico 2.

Os resultados encontrados neste trabalho podem servir também como base para estudos semelhantes em outras instituições de ensino.

Durante o período de levantamento dos dados, surgiram algumas dificuldades que impossibilitaram obter um levantamento mais preciso, tais como:

- A amostra entrevistada não foi a desejada para representar a população;
- Ausência de equipamentos próprios para medição da vazão dos equipamentos sanitários;
- Período de monitoramento do hidrômetro da universidade insuficiente para uma representação mais consistente;
- Impossibilidade de adquirir alguns dados relacionados às instalações da UFC-Crateús;

Ademais, não foi possível realizar análises relativas à qualidade das águas pluviais captadas nas coberturas da edificação, o que poderia acarretar a necessidade de instalações de tratamento.

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Realizar um estudo de análise qualitativa das águas pluviais;
- Realizar uma análise da viabilidade econômica da implementação do SAAP na universidade através do dimensionamento do sistema de distribuição, não contemplado nesse trabalho, orçamento do sistema, estudo dos custos de manutenção e operação e do tempo de retorno do investimento.
- Refazer as estimativas adotando mais de uma metodologia sugerida pela normal.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>. Acesso em: 30 ago. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. 3. ed. Brasília, 2017. 169 p. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf>. Acesso em: 13 out. 2019.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005). 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Ações**. Recife, 2019. Disponível em: <https://www.asabrazil.org.br/acoes/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. ABES na mídia: **ABES-SP na Rádio CBN**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/?p=1672>. Acesso em 02 nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527**: Aproveitamento de águas de chuva de coberturas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.727**: Bacia sanitária. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BATISTA, Tatiane Lima. **Geração de equações IDF dos municípios cearenses pelo método de desagregação por isozonas implementado em um programa computacional**. 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BEZERRA, Evandro. **O bioma caatinga e o semiárido brasileiro: comentários sobre a desertificação e o aquecimento global**. 1. ed. Fortaleza: DNOCS, 2017. 177 p.

BRAGA, I. Y. L. G. **Aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2008.

BRASIL. Constituição (2017). Decreto nº 13501, de 30 de outubro de 2017. Brasília, 30 out. 2017.

COHIM, E; GARCIA, A. P. A; KIPERSTOK, A. (2007). Captação direta de água de chuva nomeio urbano para usos não potáveis. In: **Anais do 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 24, Belo Horizonte. Rio de Janeiro: ABES, 2007. 13p.

COMPANHIA DE ABASTACIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Estrutura Tarifária**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/precos-e-prazos/estrutura-tarifaria/>. Acesso em 03 nov. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Equipamentos economizadores**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>. Acesso em 12 ago. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Muito além da água**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/muitoalemdaagua/>. Acesso em 12 ago. 2019

DANNI-OLIVEIRA, Ines Moresco. Poluição do ar como causa de morbidade e mortalidade da população urbana. **Raega: O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, n. 15, p.113-126, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/14249/9575>. Acesso em: 13 out. 2019.

GONÇALVES, Ricardo Franci et al. **TECNOLOGIAS DE SEGREGAÇÃO E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA ORIGEM, VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA INFRA-ESTRUTURA DE COLETA, ESPECIALMENTE NAS PERIFERIAS URBANAS: PROSAB 4**. Rio de Janeiro: Abes, 2006. 352 p.

GNADLINGER, J. (2000). **Rainwater Harvesting for Agricultural Use in Rural Area**. Em: Fórum Mundial da Água 2, Haia, Holanda, 16-22 março 2000. Disponível em: <http://www.irpaa.org/colheita/index.htm>. Acesso em: 19.mar. 2019.

GUILHERME, L.M. **aproveitamento das águas de chuva da cidade do natal para fins não potáveis**. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reuso de água na agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 7, n. 4, p.75-95, 4 out. 2002.

HIDROWEB. **Sistema de Informações Hidrológicas: Séries históricas**. 2018. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>. Acesso em: 14 ago. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: <https://mapasinterativos.ibge.gov.br/grade/default>. Acesso em: 20 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/crateus/panorama>. Acesso em: 20 set. 2019.

JAQUES, R.C. **QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS E SUA POTENCIALIDADE PARA APROVEITAMENTO EM EDIFICAÇÕES**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LAGE, E. de S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte**: Potencial de economia de água potável e estudo da viabilidade econômica. 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LOPES, Gabriela Bernadi. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Urbelândia, MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14171/1/d.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, Enedir. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p.67-84, abr. 2008.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - sc**. 2007. 107 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004, 159 p. Disponível em: <http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wpcontent/uploads/2015/07/May-2004.pdf>. Acesso em 10 set 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. **Diagnósticos da situação do saneamento no Brasil**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.snis.gov.br/component/content/article?id=175>. Acesso em: 18 set. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conservação de Reuso da água em edificações. Brasília**, 2005. Disponível em: <https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>. Acesso em 26 out. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **História**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://a3p.mma.gov.br/historia/>. Acesso em: 20 set. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21**. Brasília, 2019. Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AwFquOwUE78J:https://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap18.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 20 set. 2019.

MORAIS, Jeronimo Wallage Araujo. **Viabilidade técnica/econômica no aproveitamento de água de chuvas para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas**. 2017. 124 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

OLIVEIRA, Sulayre Mengotti de. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em palhoça** - sc. 2005. 134 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e a água**. [S. l], 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/mundo-nao-pode-ver-agua-como-garantida-afirma-chefe-da-onu-ao-lancar-decada-global-de-acao/>. Acesso em: 17 ago. 2019.

PERFEITO, Marcus Danilo Rodrigues; MARQUES, Vinicius Silva. **Análise de viabilidade de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em condomínios horizontal**. 2015. 72 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PETERS, M.R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006, 109f. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PINA, R.S. (Brasil). Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo (Org.). **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005. 152 p. Disponível em: <https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>. Acesso em: 13 out. 2019.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Manejo de águas pluviais urbanas**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Uso racional da água em edificações**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.

RODRIGUES, Jose Carlos Moreira Resende. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais**. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2010.

RUPP, Ricardo Forgiarini; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p.47-64, out. 2011.

RIGHETTO, Antônio Marozzi et al. **Desenvolvimento de sistemas de manejo das águas pluviais urbanas, tais como técnicas de retenção, detenção e reúso, considerando a qualidade da água e a redução dos impactos da poluição nos corpos d'água: PROSAB 5**. Rio de Janeiro: Abes, 2009. 396 p.

SALLA, Marcio Ricardo et al. **Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p.167-181, abr. 2013.

SILVA, Dayanne Kamilla Souza; CARVALHO, Vânia Soares de. **Elaboração de projeto de captação de águas pluviais no IFPE – Campus Recife**. Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFCE: CINENTEC, Recife, v. 10, n. 1, p.47-64, jan. 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2017**. 23. ed. Brasília: [s. n.], 2017. 226 p.

SOARES, Mario Santos; ZOTES, Luiz Peres. **Aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino**. Projectus, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p.62-78, abr. 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água da chuva (2009)**. Disponível em: <http://www.acquacon.com.br/aguadechuva/plinio.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 4^o ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 208 p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: [s. n.], 1996. 243 p.

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS USUÁRIOS DOS APARELHOS SANITÁRIOS

Uso dos Aparelhos Sanitários na UFC-Crateús

• **Identificação**

Qual seu vínculo com a UFC-Crateús?

Aluno/a Professor/a Técnico

• **Questionário**

Quantos dias por semana você frequenta a UFC-Crateús?

Uma Duas Três Quatro Cinco Seis Sete

Quantas vezes por dia você costuma utilizar os vasos sanitários da UFC-Crateús?

Nula 1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12 13-14 +14

Dia

Quantas vezes por dia você costuma utilizar os mictórios da UFC-Crateús?

Não aplica nula 1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12 13-14 15-16

Dia

Você costuma usar a descarga sempre que usa o vaso sanitário e o mictório?

Não aplica nunca 25% 50% 75% 100%

Vaso sanitário

Mictório

APÊNDICE 2 – ENTREVISTAS REALIZADAS COM OS SERVIDORES

Modelo de entrevista dos serviços de irrigação:

- Quantos dias por semana o serviço de irrigação é realizado?

- Geralmente costuma utilizar quantos litros de água por planta?

- Quantas plantas são irrigadas por dia?

Modelo de entrevista dos serviços de limpeza:

- Quantos dias por semana o serviço de limpeza é realizado?

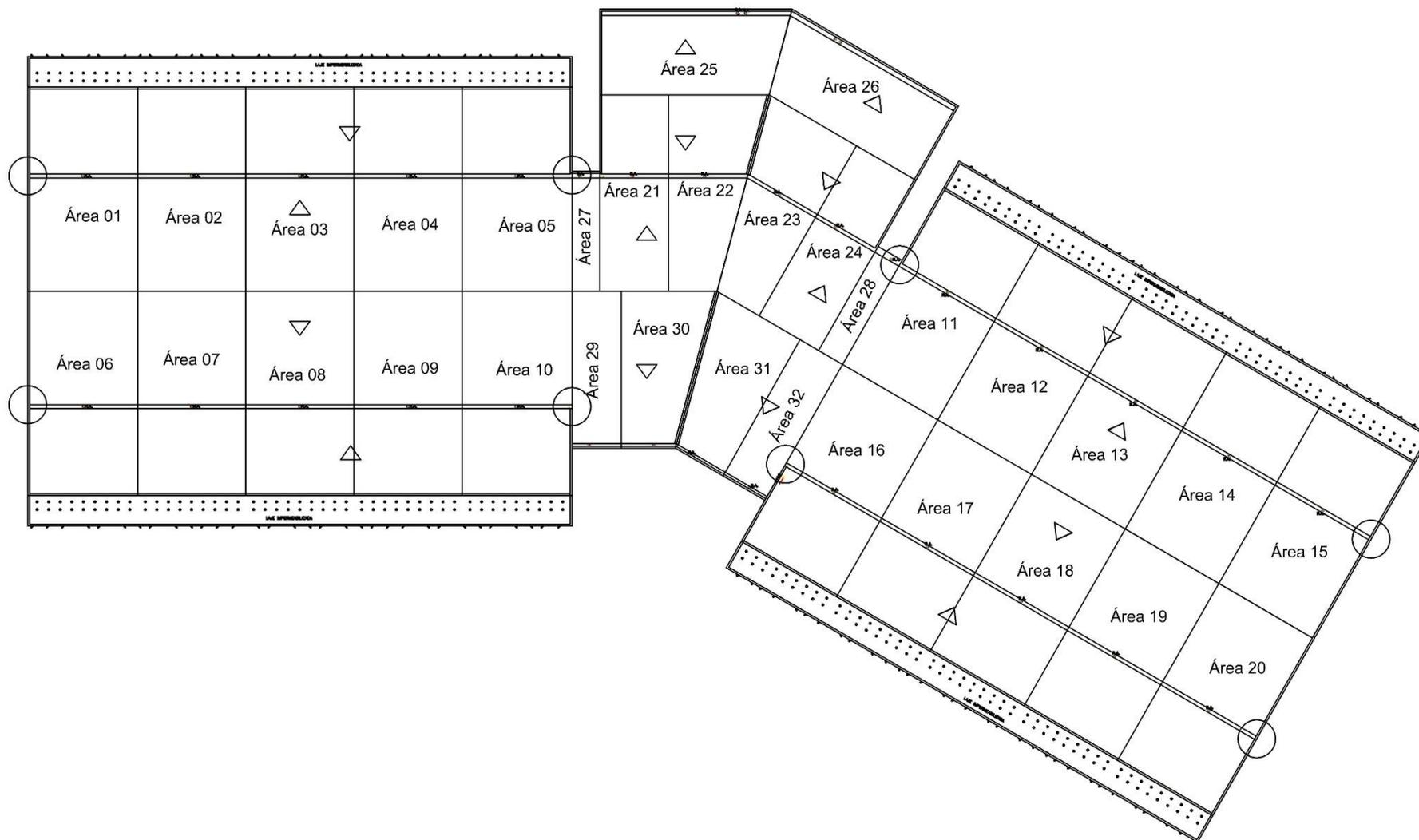
- Geralmente você costuma realizar a limpeza de quantos banheiros, por dia?

- Geralmente você costuma realizar a limpeza de quantas salas por dia?

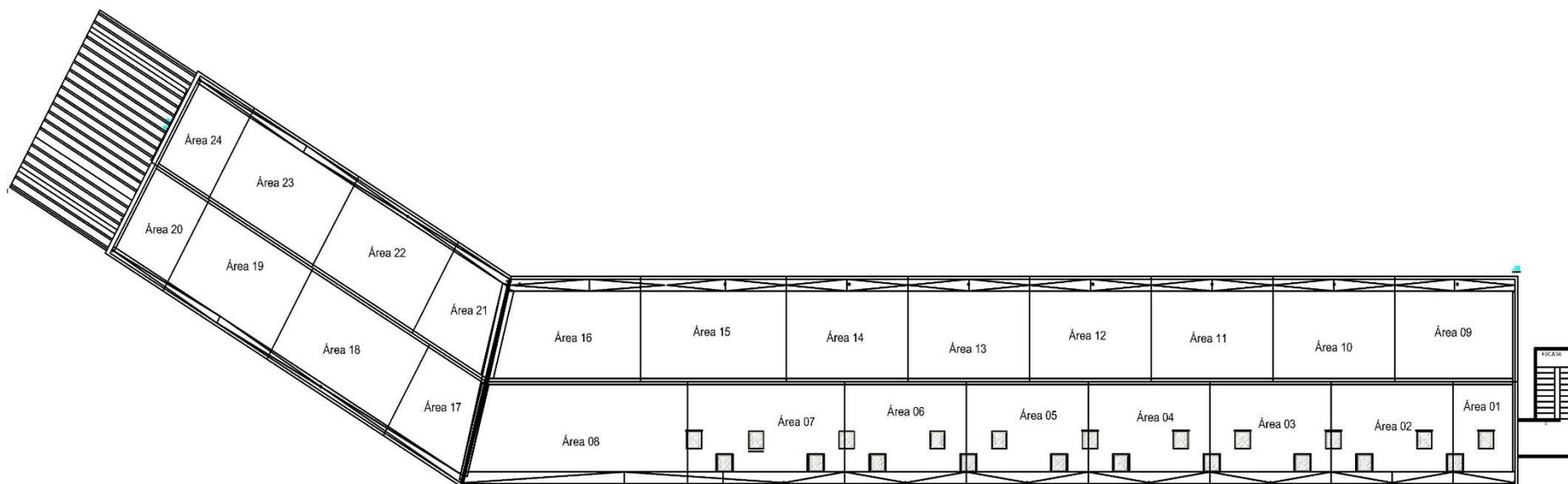
- Quantos baldes de água são consumidos na limpeza de cada banheiro?

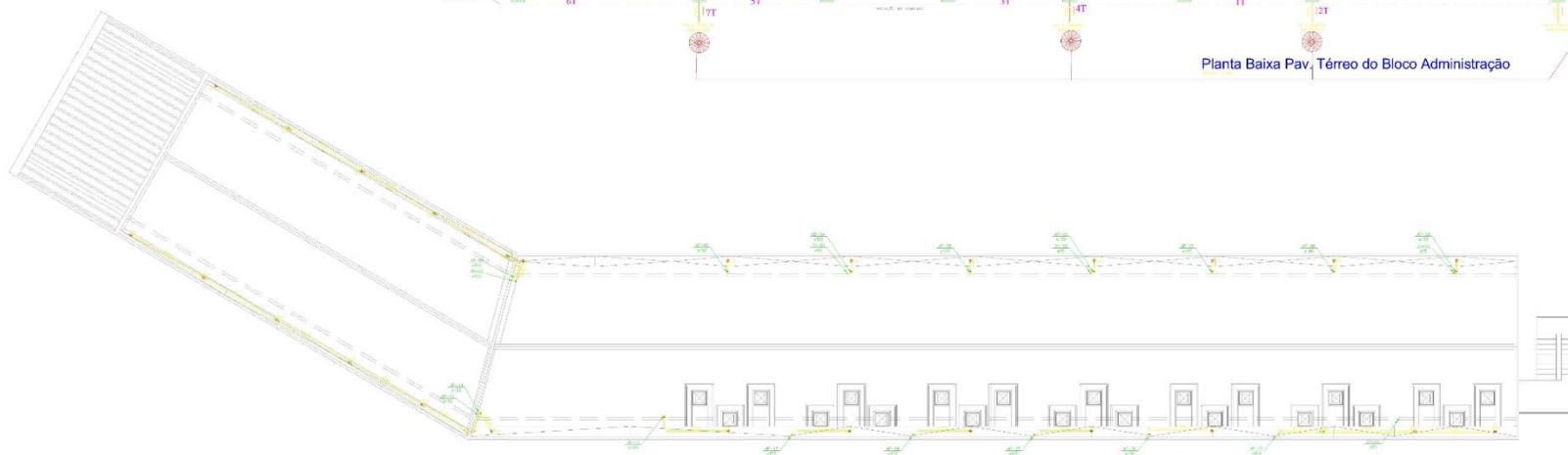
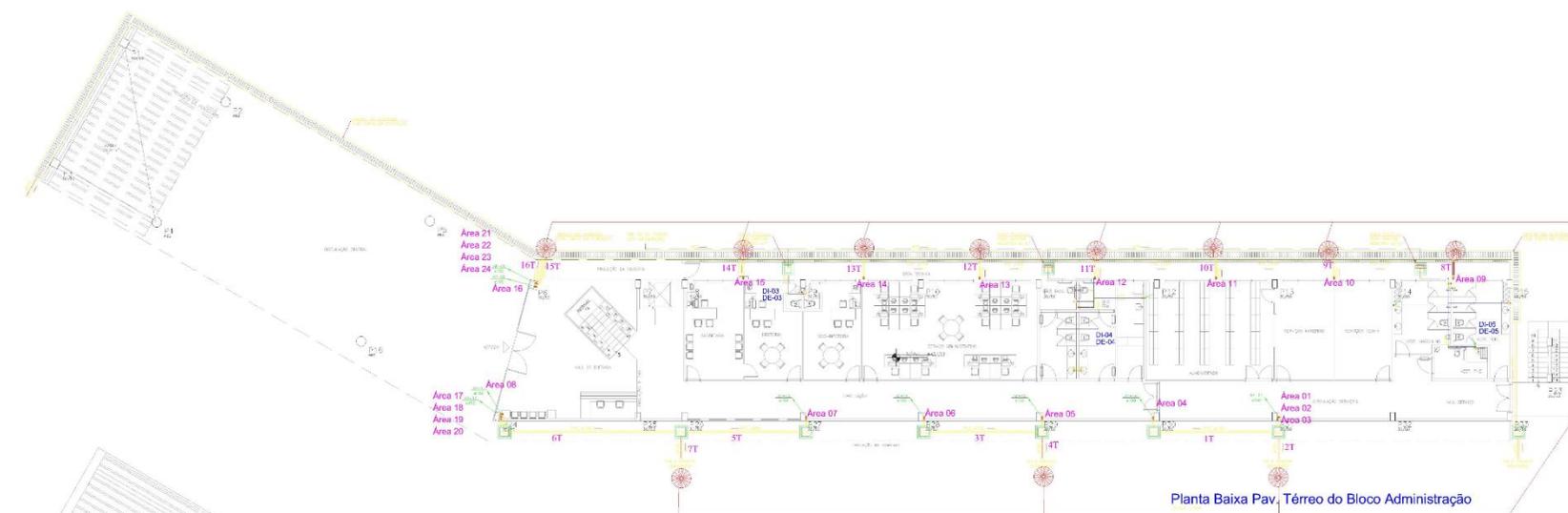
- Quantos baldes de água são consumidos na limpeza de cada sala?

APÊNDICE 3 – PLANTA DA COBERTURA DO BLOCO ACADÊMICO



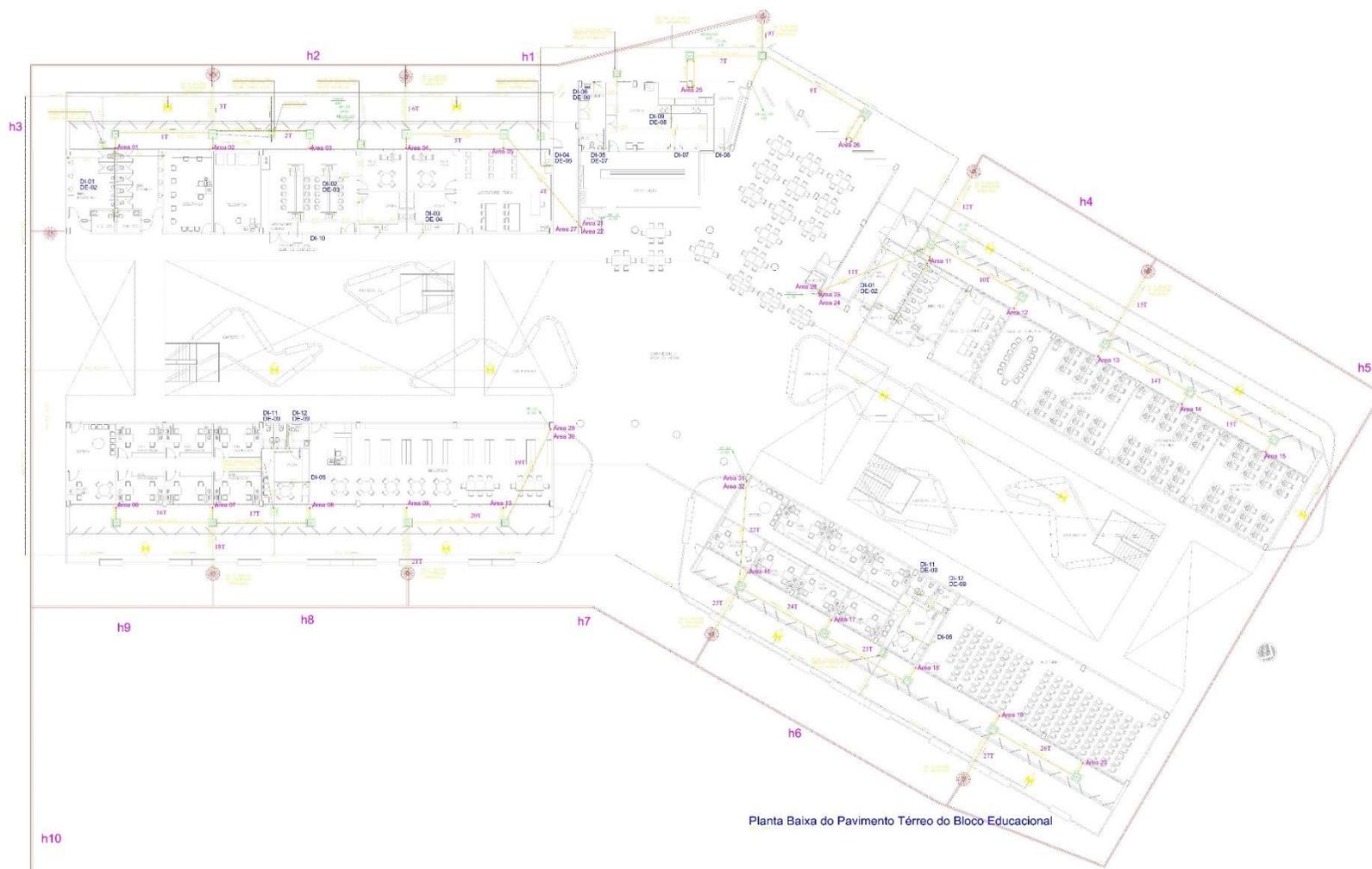
APÊNDICE 4 – PLANTA DA COBERTURA DO BLOCO ADMINISTRATIVO



APÊNDICE 5 – PLANTA DOS CONDUTORES VERTICAIS DO BLOCO ADMINISTRATIVO

Planta Baixa do coberta do Bloco da Administração

APÊNDICE 6 – CONDUTORES HORIZONTAIS DO BLOCO ACADÊMICO



APÊNDICE 7 – PLANTA DE LOCAÇÃO DO RESERVATÓRIO

