



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

GUSTAVO FERNANDO SANTOS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DA PARAÍBA COM BASE NA COMPARAÇÃO ENTRE A CHUVA
LOCAL E A CHUVA NORMATIZADA**

**CAMPINA GRANDE-PB
2018**

GUSTAVO FERNANDO SANTOS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DA PARAÍBA COM BASE NA COMPARAÇÃO ENTRE A CHUVA
LOCAL E A CHUVA NORMATIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como exigência para obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Orientador: Professor. Dr. Laércio Leal dos Santos

**CAMPINA GRANDE-PB
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S237a Santos, Gustavo Fernando.

Aproveitamento de águas pluviais no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba com base na comparação entre a chuva local e a chuva normatizada [manuscrito] / Gustavo Fernando Santos. - 2018.

62 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.

"Orientação : Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

1. Método de Gumbel. 2. Águas pluviais. 3. Captação de água. 4. Consumo de água. I. Título

21. ed. CDD 333.91

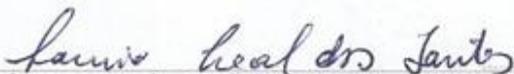
GUSTAVO FERNANDO SANTOS

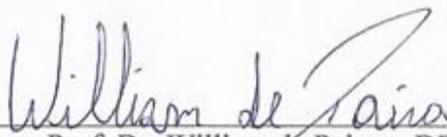
**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DA PARAÍBA COM BASE NA COMPARAÇÃO ENTRE A CHUVA
LOCAL E A CHUVA NORMATIZADA**

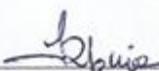
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como exigência para obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Aprovada em: 03/12/2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos – DESA/UEPB
(Orientador)


Prof. Dr. William de Paiva – DESA/UEPB
(Examinador Interno 1)


Prof. Dr. Lígia Maria Ribeiro Lima – DESA/UEPB
(Examinador Interno 2)

A Deus, aos meus pais Naucélia Maria e José Antônio (em memória), aos meus irmãos Gabriel Fernando e Paula Fernanda e aos meus amigos, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por ter me ajudado a permanecer firme durante a graduação, apesar de todas as provações.

Aos meus familiares, que me amam incondicionalmente, em especial minha mãe Naucélia Maria que nunca mediu esforços em me incentivar, investir e aconselhar durante toda minha educação.

Ao meu pai José Antônio, que não pôde realizar o seu sonho em me ver formado durante sua vida, porém está em algum lugar do paraíso com Deus torcendo pela minha vitória.

Aos irmãos Gabriel Fernando e Paula Fernanda, pela cumplicidade, carinho, conselhos nas minhas escolhas e amor incondicional.

Aos meus amigos de infância e aos que adquiro durante a vida, em especial Matheus Augusto.

Aos amigos da vida acadêmica pelos momentos de amizade e apoio, em especial Jéssica Caroline, juntamente com a sua família.

A minha namorada Polyana Lins, por estar sempre ao meu lado, dando-me força e orientações nas minhas escolhas.

Ao meu orientador, professor Laércio Leal dos Santos, pela aceitação, pela elaboração e oportunidade de trabalhar com o tema, pela consideração, atenção, confiança, riqueza de comentários e ajuda incansável no fornecimento dos materiais e meios de trabalho.

Aos professores William de Paiva e Lígia Maria Ribeiro de Lima, por aceitarem o convite de participar da banca examinadora deste trabalho.

A Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), através do quadro de professores do departamento do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, que contribuíram de maneira significativa para a minha formação profissional através de orientação, amizade e conhecimentos transmitidos.

RESUMO

Os recursos hídricos no mundo estão paulatinamente ameaçados pela poluição dos mananciais, pelas modificações climáticas e também pelo consumo elevado de água. Por meio de um novo paradigma de urbanização e buscando minimizar as enchentes, torna-se necessário captar e armazenar águas pluviais na própria edificação. Este estudo teve como objetivo investigar de que maneira pode-se dimensionar reservatórios e aproveitar a água de chuva no Campus I da UEPB, especificamente nas edificações do CCT e da CIAC, na cidade de Campina Grande-PB, utilizando o método de Gumbel de precipitações máximas diárias anuais para chuvas de projeto. Ademais, realizou-se o comparativo entre os valores obtidos no método e os valores preconizados na NBR 10844/89, para os diferentes períodos de retorno e evidenciou-se uma superestimação nos dados de precipitações de chuva. Consequentemente, obteve-se o volume potencial de captação de água na cobertura da edificação, através da análise dos índices pluviométricos da região fornecidos pelo INMET, da área de coleta e do coeficiente de escoamento, identificando-se as possíveis atividades onde a utilização da água da chuva seria propícia. Logo, concluiu-se que aproveitar águas pluviais em edificações significa reduzir o consumo de água através do abastecimento público e as despesas com água tratada, bem como reduz os volumes retirados dos mananciais de abastecimento, além disso, aumenta o tempo de concentração na bacia hidrográfica e como resultante diminui os problemas relacionados a alagamentos e enchentes.

Palavras-chave: Água de chuva. Método de Gumbel. Período de retorno. Volume potencial de captação de água.

ABSTRACT

The water resources in the world are gradually threatened by pollution of water sources, by climate change and also by the high consumption of water. Through of a new paradigm of urbanization and seeking to minimize the floods, it is necessary to capture and storing rainwater in the building itself. This study aimed to investigate how can be sized reservoirs and enjoy the rain water on UEPB Campus I, specifically in the buildings of the CCT and the CIAC, in the city of Campina Grande-PB, using the method of Gumbel of annual maximum daily precipitations for project rains. In addition, If held the comparison between the values obtained in the method and the recommended values in NBR 10844/89, for the different return periods and it was evidenced an overestimation of the data of rainfall. Consequently, the potential volume was obtained of water catchment on the building roof, through the analysis of the rainfall indices of the region provided by INMET, of the rainwater collection area and the coefficient of flow, identifying himself the possible activities where the use of rainwater it would be propitious. Soon, it was concluded to enjoy rainwater in buildings means reducing the consumption of water through public supply and the expenses with treated water, as well as reduce the volumes withdrawn from supply sources, Besides that, increases concentration time in the hydrographic basin and as a result lessen the problems related to floods and floods

KEYWORDS: Rainwater. Gumbel method. Return period. Potential volume of water catchment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Demanda mundial de água por setor em percentuais.....	19
Figura 2 - Volume do açude Epitácio Pessoa nos últimos 10 anos (2008-2018).....	21
Figura 3 - Triângulo do manejo das águas pluviais: quantidade, qualidade e ecologia.....	25
Figura 4 - Triângulo das BMPs e relação com o tomador de decisões.....	26
Figura 5 – Hidrograma de uma bacia	30
Figura 6 - Fachada do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT).....	32
Figura 7 - Fachada do Centro de Integração Acadêmica (CIAC).....	33
Figura 8 - Modelo esquemático da equação 5.....	36
Figura 9 - Dados pluviométricos de Campina Grande-PB - Média histórica (1963-2017)	38
Figura 10 - Histograma das chuvas máximas diárias anuais de Campina Grande-PB (1963- 2017).....	40
Figura 11 - Representação esquemática da vista superior da cobertura 1 do Bloco B do CCT	46
Figura 12 - Representação esquemática da vista superior da cobertura 2 do Bloco C do CCT	46
Figura 13 - Representação esquemática de corte da planta baixa do Bloco B do CCT	47
Figura 14 - Representação esquemática de corte da planta baixa do Bloco C do CCT	48
Figura 15 - Representação esquemática da vista superior da cobertura oeste da CIAC	52
Figura 16 - Representação esquemática de corte da planta baixa da cobertura oeste da CIAC	53
Figura 17 - Representação esquemática da vista superior da cobertura leste da CIAC	54
Figura 18 - Representação esquemática de corte da planta baixa da cobertura leste da CIAC	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados pluviométricos de Campina Grande-PB - Média histórica (1963-2017)	37
Tabela 2 - Precipitações máximas diárias anuais de Campina Grande-PB (1963-2017)	39
Tabela 3 - Precipitações máximas diárias anuais para fins de projetos hidráulicos	42
Tabela 4 - Valores obtidos das chuvas intensas utilizando o método de Gumbel	44
Tabela 5 - Dados de período de retorno e chuva normatizada (NBR 10844/1989)	44
Tabela 6 - Dimensões da cobertura do CCT.....	49
Tabela 7 - Volumes dimensionados para o CCT utilizando os dados da chuva local	50
Tabela 8 - Volumes dimensionados para o CCT utilizando os dados da chuva normatizada	50
Tabela 9 - Dimensões da cobertura da CIAC	56
Tabela 10 - Volumes dimensionados para a CIAC utilizando os dados da chuva local	57
Tabela 11 - Volumes dimensionados para a CIAC utilizando os dados da chuva normatizada	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Executiva de Gestão de Águas da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
BMPs	Best Management Practices
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CCT	Centro de Ciências e Tecnologia
CIAC	Centro de Integração Acadêmica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
ONGs	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
OMM	Organização Meteorológica Mundial
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau celsius
ln	Logaritmo natural
mm	Milímetro
m	Metro
m²	Metro quadrado
m³	Metro cúbico
π	Número Pi
%	Porcentagem
km²	Quilômetro quadrado
S	South
W	West
R\$	Real
US\$	Dólar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO MUNDO	18
2.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL.....	18
2.3 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E ESCASSEZ.....	19
2.4 AÇUDE EPITÁCIO PESSOA	21
2.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS	22
2.5 POTENCIAL DE ECONOMIA E QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	22
2.6 CRITÉRIOS DE PROJETO PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA	23
2.7 SISTEMA DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS URBANAS.....	24
2.7.1 <i>Manejo de águas pluviais</i>	25
2.7.2 <i>Quantidade de água</i>	26
2.8 PERÍODO DE RETORNO.....	27
2.9 ESCOAMENTO SUPERFICIAL	28
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
3.2 CAMPUS I DA UEPB	31
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS	33
3.4 ESTUDO DO MÉTODO DE GUMBEL	33
3.5 DIMENSIONAMENTO DOS VOLUMES DE ÁGUAS PLUVIAIS LOCAIS COMPARANDO COM A NORMA NBR 10844/89	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB.....	37
4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE GUMBEL	41
4.2 DETERMINAÇÃO DOS VOLUMES PARA O DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS	45
4.2.1 <i>Volumes do CCT</i>	45
4.2.2 <i>Volumes da CIAC</i>	51
4.3 ANÁLISE DOS MÉTODOS PARA O CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ACORDO COM A NBR 15.527/2007	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60

REFERÊNCIAS	61
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Na conjuntura atual do desenvolvimento sustentável que propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as gerações futuras, estão introduzidas a busca por novas alternativas de abastecimento e gerenciamento do uso racional da água, como o aproveitamento das águas pluviais, a dessalinização da água do mar, a reposição das águas subterrâneas e o reuso da água (AGENDA 21, 2001).

A procura por novas fontes de abastecimento de água torna-se imprescindível em todo o planeta. Apesar do ciclo da água promover a renovação desta, a quantidade de água existente é sempre a mesma e o seu consumo aumenta todos os dias, o que torna um recurso natural limitado. A Organização das Nações Unidas (ONU) em seu alerta sobre degradação ambiental no planeta, ressalta à necessidade de governos, empresas e sociedade repensarem seus critérios de crescimento econômico, levando em consideração os impactos ao meio ambiente na premissa que a água é o recurso natural mais degradado pelo homem (GRIPP, 2001).

A captação da água de chuva é um processo remoto e bastante utilizado em regiões de climas áridos e semiáridos, como por exemplo, o Nordeste Brasileiro onde, eventualmente, a captação ainda é feita de maneira artesanal, cuja a finalidade pode, até mesmo, ser o consumo humano devido a ausência de água tratada (GROUP RAINDROPS, 2002).

Nas atividades onde há um consumo elevado de água para fins não potáveis, o aproveitamento de água pluviais está sendo utilizado, ainda que de maneira trivial, por indústrias, escolas, postos de gasolina, e edificações em geral, pois representa uma redução das despesas com a economia no consumo de água tratada. Além disso, coletar água de chuva e não deixar ela ir para rede de drenagem, significa a redução do volume superficial. A rede de drenagem atualmente não suporta a quantidade de água escoada por conta da impermeabilização da bacia, principalmente em áreas urbanas.

Sendo assim, visando a necessidade da preservação dos recursos hídricos, é ressaltado neste estudo a importância do aproveitamento das águas pluviais, propondo sua aplicabilidade na instituição pública da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campus I, especificamente dos prédios do Centro de Ciências e Tecnologia e do Centro de Integração Acadêmica, conforme a norma NBR 10844/89 da ABNT, baseando-se na comparação entre a chuva local e a chuva normatizada para tempos de período de retorno distintos, de maneira a reduzir o consumo de água tratada.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a capacidade de aproveitamento de águas pluviais na UEPB, Campus I, especificamente dos prédios do CCT e da CIAC, utilizando os dados pluviométricos locais e realizando uma comparação com a chuva normatizada (NBR 10844/89) para períodos de retorno distintos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o regime pluviométrico do município de Campina Grande – PB, através do banco de dados do instituto nacional de meteorologia (INMET);
- Avaliar a influência do regime pluviométrico no potencial para aproveitamento de águas pluviais e aplicar o método probabilístico de Gumbel de precipitação máxima diária anual para chuvas intensas;
- Realizar o dimensionamento de volumes para a reservação de água utilizando os volumes obtidos baseado na chuva local, comparando-os com a norma (NBR 10844/89) para períodos de retorno distintos;
- Analisar os possíveis usos que esse volume de água, caso reservado, poderia atender.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO MUNDO

O volume de água no planeta Terra é contínuo e substancialmente o que varia é o volume disponível nas distintas formas de armazenamento, além da qualidade deste recurso. A água pode estar acondicionada nas geleiras e calotas polares, em sua forma sólida, nos oceanos na configuração de lagos, rios, aquíferos e lençol freático, em sua forma líquida, e na atmosfera na forma de vapor.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à atividade de irrigação. Dos 2,5% de água doce, 68,7% é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30,1% são águas subterrâneas armazenadas em aquíferos. Os 1,2% restantes encontra-se em rios ou lagos (ANA, 2001).

Devido ao excessivo aumento populacional e o conseqüente processo de urbanização através das influências das atividades antrópicas, os solos gradativamente vão se tornando impermeáveis e a água, que deveria recarregar os lençóis freáticos, escoar rapidamente pelo solo impermeabilizado alterando o ciclo hidrológico, diminuindo o tempo de concentração e propiciando problemas de drenagem em áreas urbanas. De maneira geral, as condições locais influem diretamente na disponibilidade da água que varia no espaço e no tempo.

2.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL

Em termos mundiais, o Brasil é detentor de 12% da disponibilidade hídrica do mundo. No entanto, segundo Lima *et al.* (2011), esta disponibilidade hídrica vem gradativamente reduzindo na ordem de 66% em termos per capita entre os anos de 1980 e 2007. De acordo com Amorim e Pereira (2008), os motivos principais que explicam essa diminuição é o crescimento populacional, o deterioramento dos recursos hídricos e o uso irracional. Outro fator, citado por Tomaz (2003), constitui o “desequilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial e agrícola, e a concentração de água”.

No Brasil a distribuição dos recursos hídricos é bastante heterogênea, na qual a região Norte é possuidora da maior parte desses recursos com expressivos 81% do total do país, onde paradoxalmente sua população é cerca de apenas 5%, em contrapartida a região Sudeste que

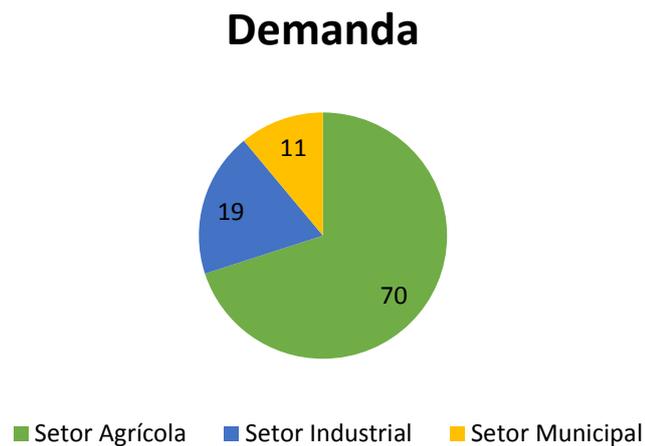
possui a maior concentração da população total, cerca de 45,5%, dispõe de apenas 2,7% da disponibilidade hídrica total (ANA, 2013).

2.3 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E ESCASSEZ

Nos dias atuais, o consumo de água potável é cerca de seis vezes mais do que era consumido em 1900, embora o crescimento populacional seja desproporcional. A agricultura é a atividade principal responsável pelo elevado índice de consumo utilizando consideráveis 70% do total da água extraída seguida pelo setor industrial com 19% do total e pelo setor municipal com 11% como pode ser visto na Figura 1

(FAO, 2014a).

Figura 1 – Demanda mundial de água por setor em percentuais.



Fonte: (Adaptado de FAO, 2014a).

Posteriormente, a indústria ocupa o segundo lugar no ranking de consumo de água seguida dos municípios, ou seja, os consumos domésticos e comerciais. Todavia, estimativas indicam que o crescimento do consumo mundial no setor agrícola será de 19% até o ano de 2050, incluindo a capacidade pluvial e a agricultura irrigada, enquanto que as estimativas relacionadas ao setor industrial indicam que o consumo de água será o dobro em 2025, e que a emissão de poluentes lançados por este setor nos corpos d'água será dobrado (SOECO/MG3, 2009 *apud* LAGE, 2010; UNESCO 2012).

Quando comparados aos dados de 1950, é bastante perceptível a redução na disponibilidade de água motivada pela constante contaminação dos recursos hídricos e pelo aumento do consumo nos setores industriais, agrícolas e municipais, na qual as reservas globais

outrora apresentavam 16,8 mil m³/hab, enquanto que em 2005 esse valor foi reduzido para 7,3 mil m³/hab, podendo ser reduzido ainda mais para cerca de 4,8 mil m³/hab até o ano 2030. De 1950 a 2000 a quantidade de habitantes no mundo triplicou, o consumo *per capita* dobrou e o volume total de água retirada das reservas disponíveis aumentou aproximadamente nove vezes (TUCCI, 2005).

Em muitos locais do planeta, como México, Índia, África e China, observa-se áreas sob profunda tensão hídrica, onde espelhos d'água recuam até um metro por ano (SOMERVILLE *et al.*⁵, 2001 *apud* LAGE, 2010). Nos últimos 50 anos no México, houve redução de 60% dos mananciais, sendo que dos cursos d'água restantes 93% estão poluídos e a disponibilidade hídrica *per capita* chega a ser menor que em países como o Egito, que apresenta em seu território extensas áreas desérticas. Na Jordânia fez-se necessário adotar planos emergenciais, racionando o abastecimento doméstico, onde a população recebe água unicamente 33 horas por semana (HESPANHOL⁶, 2001 *apud* HAGEMANN, 2009).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2000 a demanda de água na região Sudeste do Brasil alcançou os 360 l/hab.dia, enquanto que na região Norte do país o volume era de 190 l/hab.dia (IBGE, 2014). Dessa forma, considerando-se que o maior percentual da população brasileira se localiza na região sudeste, deduz-se que essa região é a maior consumidora de água potável do país e conseqüentemente, onde há maiores desperdícios.

A heterogeneidade na distribuição dos recursos hídricos, embora haja abundância deste recurso no país, faz com que várias comunidades vivam em situações críticas devido à escassez de água no Brasil (GHISI, 2006 *apud* LAGE, 2010). O semiárido nordestino do brasileiro é um exemplo do efeito avassalador da falta de água, pois grande parte dessa região sofre com intensos períodos de estiagem, tendo seu período chuvoso centrado durante apenas quatro meses do ano, de fevereiro a maio (RODRIGUES DA SILVA *et al.*⁸, 1998, *apud* SILVA *et al.*, 1999).

Segundo o Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo (2006), estima-se que quase 30% de toda água potável consumida nas residências brasileiras é utilizada em bacias sanitárias, valor este que poderia ser economizado se fossem implantadas nas residências sistemas utilizadores de fontes alternativas de água para essa finalidade. Como exemplo, o sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais pode ser indicado, sendo utilizados em pontos de consumo que não exigem potabilidade da água, como é o caso das bacias sanitárias (LAGE, 2010).

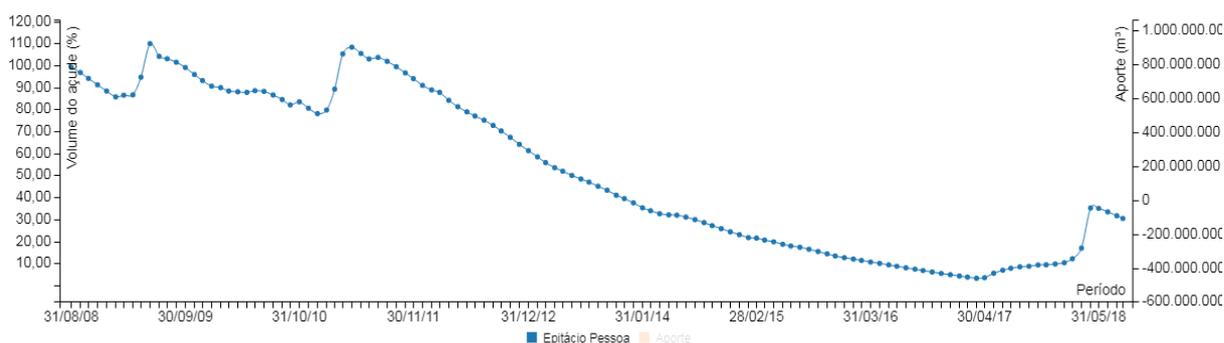
Dentro do contexto de conservação de água é relevante destacar a importância da instalação de sistemas que utilizem fontes alternativas de abastecimento de água, admitindo-se cautela para que as águas de qualidade inferior, de acordo com a sua classificação, sejam utilizadas apenas em atividades compatíveis (OLIVEIRA9, 2009 *apud* LAGE, 2010).

2.4 AÇUDE EPITÁCIO PESSOA

O açude Epitácio Pessoa, construído em 1958, com capacidade de 411.686.287,00 m³, localizado no município de Boqueirão, faz parte da bacia da Região do Alto Curso do Rio Paraíba, e é responsável pelo abastecimento de Campina Grande. A Companhia de Água e Esgotos de Paraíba (CAGEPA) possui a outorga da Agência Nacional de Águas (ANA) para realizar o tratamento e abastecimento da cidade (adaptado de CHAVES, 2010).

A crescente demanda por água e as longas estiagens tornaram críticas a situação do açude no período de 2014 a 2017, pois os volumes armazenados estavam em um declínio contínuo registrando seu pior nível desde a fundação, sendo necessário um esquema de racionamento para atender o contingente. Entretanto, com a chegada das águas da transposição do São Francisco no início de 2017, houve um aumento significativo do volume de água reservada, descartando-se o racionamento que estava em vigor. A Figura 2 ilustra toda conjuntura dos últimos 10 anos.

Figura 2 – Volume do açude Epitácio Pessoa nos últimos 10 anos (2008-2018).



Fonte: AESA (2018).

Dessa forma, observa-se que é necessário que haja o uso racional da água dando enfoque a alternativas para a preservação deste recurso imprescindível, tais como, o aproveitamento de águas pluviais em edificações para o uso não potável.

2.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS

O aproveitamento de água pluviais insere-se no contexto de conservação de água, sendo abordado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) norma NBR 15.527/2007 como toda a água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais.

É de suma importância frisar que a economia da água potável através do uso da água proveniente das chuvas diminui o desperdício de uma água limpa e pura em atividades como lavagem de carros, rega de plantas e gramados, descargas em bacias sanitárias, limpeza de calçadas ruas e pátios, espelhos d' água e algumas aplicações industriais (ABNT, 2007).

A conservação de água já é bastante utilizada em países da América do Norte, Europa e no Japão, ao contrário do que acontece no Brasil. Tomaz (2003) expõe exemplos de incentivos, como nos Estados Unidos no Texas, com a cidade de Austin que fornece US\$ 500 a quem instalar sistema de captação de água de chuva e a cidade de San Antônio que fornece US\$ 200 para quem economizar 1.230 m³ de água da rede pública usando água de chuva, durante o período de 10 anos.

2.5 POTENCIAL DE ECONOMIA E QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS

O estudo potencial de economia de água potável é essencial para a realização da análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva. Ele consiste na porcentagem de água tratada que pode ser substituída, ou economizada através do uso de outras fontes.

A fim de obter uma análise da viabilidade econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis-SC, Ghisi e Marinoski (2008) concluíram que a implantação do sistema no local do estudo era economicamente viável, porque apresentou um período de retorno do investimento de 4 anos e 10 meses. Outro fato relevante foi que os dados mostraram um grande potencial de economia de água potável em torno de 45,8%. Os volumes dos reservatórios de água pluvial foram determinados com o auxílio do programa computacional Netuno e o custo relativo à implantação do sistema foi de R\$ 17.615,56, após uma pesquisa de mercado na época,

Lage (2010) estudou a viabilidade econômica da utilização de água de chuva na lavagem de carros em concessionárias de veículos da cidade de Belo Horizonte, obtendo resultados

positivos. Os valores de economia de água potável se mantiveram entre 9,74% e 26,80%, o período de retorno dos investimentos para a implantação do sistema ficou entre 6 anos e 3 meses e 11 anos e 11 meses aproximadamente.

Ao se pensar na utilização de água de chuva para fins específicos deve-se tomar o cuidado de verificar a qualidade desta e determinar, se necessário, o processo de tratamento mais adequado que deverá ser aplicado na mesma, respeitando a Resolução CONAMA 357 (2005) que classifica os corpos d'água e estabelece o tipo de uso que se pode ter de acordo com as características físico-químicas e biológicas da água.

Em edificações, é notório que para usos onde não se á exigência quantos aos parâmetros de potabilidade da água, a utilização de águas pluviais só é permitida quando verificadas as exigências das legislações pertinentes, sendo fundamental na economia da água de boa qualidade, como recurso alternativo.

Segundo Hagemann (2009), a qualidade da água da chuva, em alguns casos, pode ser melhor que a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, quando se considera a possibilidade dessa água não entrar em contato com o solo nem estar diretamente sujeita à ação de poluentes descartados por ações humanas. Porém sabe-se que a qualidade do ar exerce influência sobre a qualidade da água de chuva seja por ações antrópicas ou por processos naturais, alterando assim a sua qualidade. Outros fatores que influenciam a qualidade das águas pluviais, quando se trata do aproveitamento, são a área de captação, calhas e tubulações, e o armazenamento final, fazendo-se necessário o descarte dos primeiros milímetros de chuva na tentativa de minimizar tais influencias.

2.6 CRITÉRIOS DE PROJETO PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA

As principais normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que se relacionam com o tema aproveitamento de água de chuva são:

- NBR 10844/89: Traz como título “Instalações prediais de águas pluviais” e fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia;
- NBR 15527/07: Traz como título “Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos” e fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis;

- NBR 5626/98: Traz como título “Instalação predial de água fria” e dispõe sobre as exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria.

Os principais sistemas de aproveitamento de águas pluviais são compostos por condutores horizontais e verticais como calhas e tubulação, área de captação como telhados ou coberturas, reservatórios e a tubulação de distribuição. A finalidade do uso específica é que determina o tratamento que deverá ser aplicado à água.

Sabe-se que os reservatórios são os itens mais caros e que ocupam mais espaço de todo o sistema, por isso trabalhos vêm sendo realizados a fim de otimizar o dimensionamento dos mesmos. Bezerra *et al.* (2010) e Amorim e Pereira (2008) fizeram estudos comparando alguns métodos de dimensionamento disponíveis e concluíram em seus trabalhos que para cada regime de pluviometria deve ser utilizado um método que tenha como resultado o dimensionamento do reservatório mais próximo do ótimo possível e que, portanto, não se deve utilizar o mesmo método para vários casos diferentes e/ou escolher um método aleatoriamente.

A norma NBR 15.527/2007 indica seis diferentes métodos para o cálculo de dimensionamento do reservatório para armazenamento de águas de chuva, sendo eles:

1. Método de Rippl.
2. Método da Simulação.
3. Método Azevedo Neto.
4. Método Prático Alemão.
5. Método Prático Inglês.
6. Método Prático Australiano.

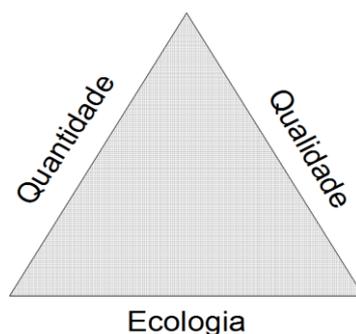
A escolha do método de dimensionamento é fundamental para que os reservatórios não sejam nem subdimensionados e nem superdimensionados, pois alguns métodos não são adequados independentemente da demanda de água pluvial ou do regime pluviométrico, já que estes retornam sempre ao mesmo volume de reservatório.

2.7 SISTEMA DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS URBANAS

Os principais objetivos do manejo das águas pluviais em áreas urbanas, conforme Tomaz (2011), descritos na Figura 3, são basicamente três:

- Quantidade de água.
- Qualidade.
- Preservação do meio ambiente.

Figura 3 - Triângulo do manejo das águas pluviais: quantidade, qualidade e ecologia.



Fonte: Tomaz (2011).

Deve ser minimizado os impactos no desenvolvimento na quantidade e qualidade das águas pluviais bem como ser maximizado a preservação do meio ambiente (TOMAZ, 2011).

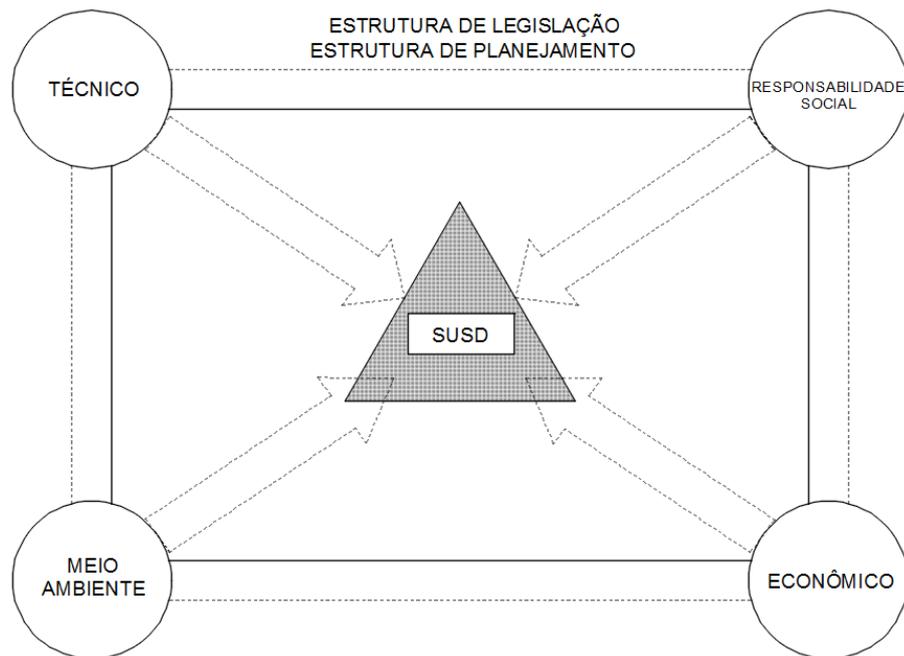
2.7.1 Manejo de águas pluviais

Para os estudos de gestão de águas pluviais ou manejo, é necessário levar em consideração não só aspectos técnicos, mas os aspectos econômicos, legais e sociais que de certa forma dificultam as decisões a serem tomadas.

Buscando a sustentabilidade do sistema urbano de drenagem, torna-se necessário que se obedecem às legislações e seja realizado um planejamento estrutural baseado em quatro pontos principais, conforme o triângulo das melhores práticas de gestão ou no inglês, Best Management Practices (BMPs), representado na Figura 4:

- **Técnico:** autoridades locais, engenheiros, autoridades políticas e legislação;
- **Econômico:** fomentadores do desenvolvimento, grupos especiais, entre outros;
- **Meio Ambiente:** ecologistas, arquitetos, ONGs, administradores, entre outros;
- **Responsabilidade Social:** ONGs, associações de moradores, políticos, público em geral.

Figura 4 - Triângulo das BMPs e relação com o tomador de decisões



Fonte: Tomaz (2011).

2.7.2 Quantidade de água

Conforme a CIRIA (2007), a quantidade das águas pluviais pode ser controlada pelas seguintes obras estruturais:

- **Infiltração:** Quando a água pluvial penetra no solo voltando ao ciclo hidrológico natural. Infelizmente não é todo o tipo de solo que pode ser feita a infiltração e há também problemas de solos contaminados ou potencialmente perigosos para a infiltração.
- **Detenção:** Um determinado volume fica detido um certo tempo atenuando os efeitos de enchentes a jusante. Podemos ter um reservatório de retenção seco ou um reservatório de retenção estendido;
- **Transporte de águas pluviais:** O transporte de águas pluviais se dá por intermédio de: escoamento superficial, galerias, canais, microdrenagem em que as águas pluviais são transferidas de um local para outro através de obras;
- **Captação da água de chuva:** A captação de água de chuva em cisternas diminuirá o impacto de enchentes e poderá ser usada em descargas de bacias sanitárias, por exemplo.

2.8 PERÍODO DE RETORNO

Período de retorno (T) é o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. É um parâmetro fundamental para a avaliação e projeto de sistemas hídricos, como reservatórios, canais, vertedores, bueiros, galerias de águas pluviais, dentre outros (RIGHETTO, 1998).

Para estabelecer o período de retorno recomenda-se:

- Discernimento.
- Avaliação dos Custos das obras.
- Avaliação dos Prejuízos finais.

O professor Dr. Kokei Uehara, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, recomenda o uso de período de retorno de 100 anos em piscinões e obras públicas importantes (TOMAZ, 2011).

Em décadas passadas se escolhia um período de retorno e se calculava uma obra de macrodrenagem, porém atualmente costuma-se verificar outros períodos de retorno. Porto (1995), salienta os critérios políticos, sociais e econômicos para a definição do período de retorno. Os fatores socioeconômicos característicos das inundações são: número de perdas humanas (fatalidades e número de evacuações) e danos materiais. Nos países ricos praticamente não há perdas de vida com as enchentes enquanto que nos países em desenvolvimento, as fatalidades e evacuações são enormes. Em abril de 1991 em Bangladesh morreram nas enchentes 140.000 pessoas (KUNDZEWICZ E KACZMAREK, 2000).

A probabilidade de ocorrência de um evento hidrológico de uma observação é o inverso do período de retorno de acordo com a Equação 1, conforme Mays (2001).

$$P = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Como exemplo, para período de retorno de 100 anos a probabilidade é de 0,01. Em outras palavras, a probabilidade de ocorrer em um ano, uma chuva de período de retorno de 100 anos é de 1%. Consequentemente, a probabilidade de não ocorrer é de 0,99, ou seja, 99%.

Na Equação 2, temos que:

$$P = 1 - \frac{1}{T} \quad (2)$$

Em que:

T = período de retorno (anos).

P = probabilidade de não ocorrer.

Para se calcular a probabilidade de chuvas acumuladas, é necessário um conjunto de eventos de precipitações médias anuais para a determinação da probabilidade com os dados de maneira ordenada, expressada pela Equação 3:

$$P = \frac{m}{(n+1)} \quad (3)$$

Em que:

m = ordem.

n = quantidade de dados.

A escolha do período de retorno é um dos grandes problemas da hidrologia, motivo pelo qual há muita discussão sobre o assunto. Não se deve esquecer que em primeiro lugar adota-se um modelo hidrológico adequado que produza menos erros. Dessa forma, se percebe que a escolha do período de retorno adequado deve ser aliada ao modelo adequado (TOMAZ, 2011).

Em relação a norma (NBR 10844/89) que trata da água pluvial em instalações prediais, a mesma adota a utilização de uma chuva para períodos de retorno de 1, 5 e 25 anos.

2.9 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

“A análise criteriosa do escoamento superficial, que inclui a determinação da vazão de pico, o volume e a forma do hidrograma, bem como o período de retorno associado a esses valores, constitui um dos mais importantes fatores de sucesso de um projeto de drenagem urbana. Erros cometidos nessa fase poderão introduzir incoerências graves no planejamento da bacia e acarretarão obras sub ou superdimensionadas.” (PORTO, 1995).

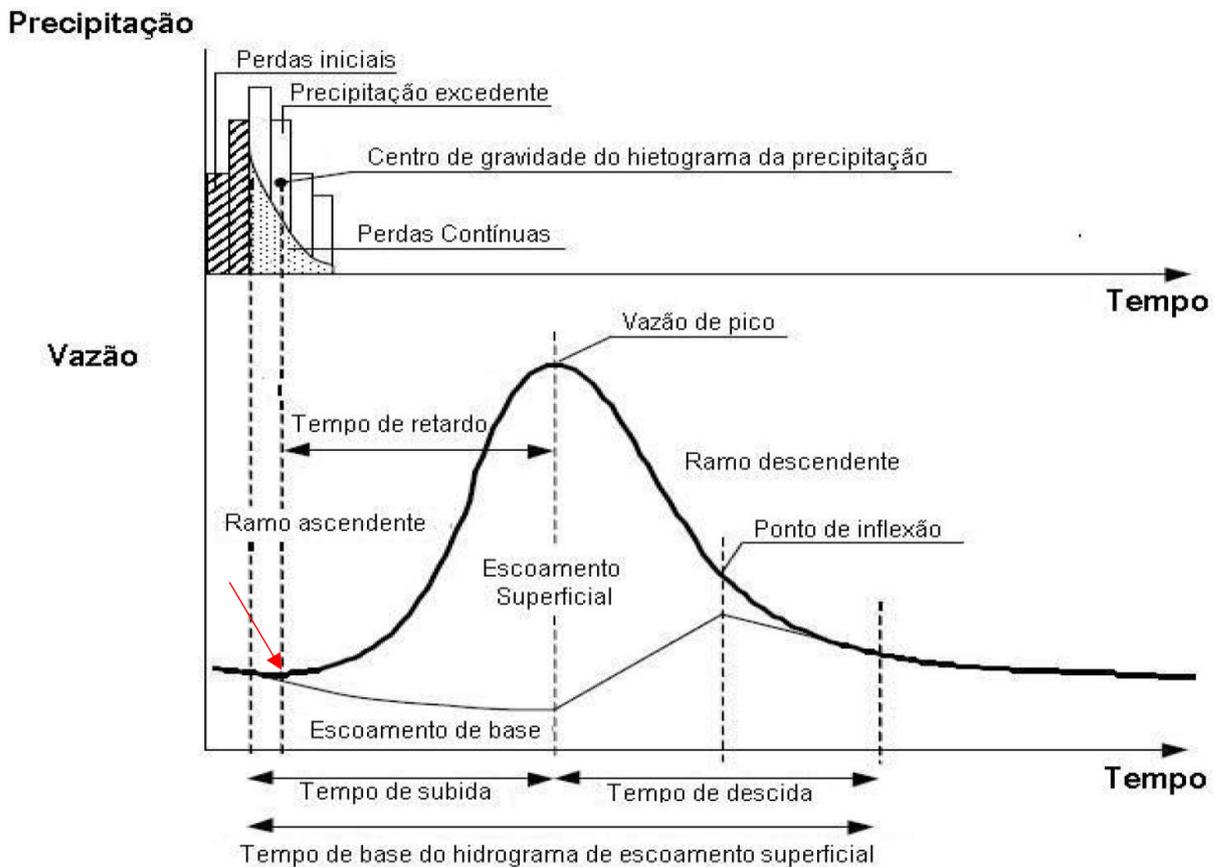
A vazão que atravessa a seção transversal de um rio após a ocorrência de precipitação não prove inteiramente desta precipitação que atingiu a bacia hidrográfica, afinal já existe um escoamento no curso d'água, que se mantém após o término da precipitação. Assim, podem-se distinguir duas componentes fundamentais do hidrograma; o escoamento de base e o escoamento superficial (PORTELA, 2006).

O nível do hidrograma começa a se elevar após um intervalo de tempo do início da precipitação, pois ocorre devido as perdas iniciais por interceptação vegetal, armazenamento em depressões do solo, infiltração e também pelo tempo de deslocamento da água na bacia. Então, de acordo com a distribuição da precipitação, o hidrograma atinge um ponto máximo, e a seguir apresenta um ramo descendente, onde se observa um ponto de inflexão, que caracteriza o fim do escoamento superficial (TUCCI, 2004).

O comportamento típico do hidrograma de uma bacia é apresentado na Figura 5. Segundo Tucci (2004), vários fatores influenciam a forma do hidrograma, tais como:

- Relevo.
- Forma da bacia.
- Cobertura da bacia.
- Modificações artificiais no rio.
- Distribuição, duração e intensidade da precipitação.
- Solo.

Figura 5 – Hidrograma de uma bacia.



Fonte: Portela (2006).

A Figura 5 representa o modelo esquemático do hidrograma de uma bacia. O gráfico acima é a representação do hietograma das precipitações em função do tempo, que dependem da duração e da intensidade da chuva. O gráfico abaixo representa o escoamento superficial e subterrâneo, através da distribuição da vazão em função do tempo num curso d'água. O ponto de abstração inicial, caracterizado pela seta vermelha, é o ponto no qual o escoamento superficial ainda não foi iniciado, ou seja, há uma distribuição de chuvas que infiltram e percolação o solo, além de ficar retido em telhados e áreas de captação de água. Após a saturação 100% do solo e/ou preenchimento de espaço de vazios e impermeabilização principalmente em áreas urbanas, inicia-se o escoamento superficial caracterizado por um tempo de subida até se atingir uma vazão de pico. Cessada a precipitação, ele vai diminuindo até anular-se, caracterizado por um tempo de descida. O ponto em que a curvatura muda é denominado de ponto de inflexão. Já o escoamento de base representa o escoamento subterrâneo. O tempo de base é o tempo completo para o escoamento subterrâneo de base que ocorreu mais próximo a superfície.

3 METODOLOGIA

Objetivando averiguar a capacidade de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis utilizando a chuva local e comparando com a chuva normatizada da NBR 10844/89, do Campus I da UEPB, para distintos períodos de retorno, foi desenvolvido uma metodologia com as seguintes etapas: descrição da área e do objeto de estudo, levantamento de dados de acordo com o regime pluviométrico do município, estudo do método de Gumbel e o dimensionamento dos volumes de águas pluviais locais realizando o comparativo com a norma NBR 10844/89.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Campina Grande-PB localiza-se no interior do estado da Paraíba, na mesorregião do agreste paraibano, na região nordeste do Brasil, inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Médio Paraíba, com latitude: 7°13'50" S, longitude: 35°52'52" W, área: 593,026 km² e altitude: 551 m. É a segunda cidade mais populosa da Paraíba, com uma população de 410.332 habitantes, de acordo com estimativas para 2017. (IBGE, 2017).

Apresenta um clima com temperaturas mais moderadas, considerado tropical com estação seca, com chuvas concentradas nas estações do outono e do inverno, de março a agosto. No verão, as temperaturas ficam mais altas, com máximas de 31 °C e mínimas de 21 °C. Já no inverno, o clima não aquece, com máximas entre 26 °C e 28 °C, e mínimas de 19 °C (BDMEP, 2014).

O índice pluviométrico da região será obtido a partir da média histórica dos dados pluviométricos de Campina Grande-PB, disponibilizados através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

3.2 CAMPUS I DA UEPB

As edificações públicas utilizadas como objeto de estudo de interesse foram o Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) e o Centro de Integração Acadêmica (CIAC), ambos pertencentes a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) - Campus I, localizados na Av.

Juvêncio Arruda, S/N, e rua Baraúnas, 351, respectivamente, no bairro de Bodocongó, Campina Grande-PB.

O CCT atualmente é formado por três blocos A, B e C. Nos blocos A funcionam a parte administrativa como coordenações, departamentos e alguns laboratórios, tais como, laboratórios de matemática, estatística, física, informática e química. No Bloco B estão localizadas salas de aulas, algumas salas de professores e também alguns laboratórios. Já no Bloco C além de salas de aulas, funciona a pós-graduação com mestrado e doutorado além de alguns laboratórios e sala de professores.

A CIAC ocupa uma área de aproximadamente 32 mil metros quadrados, contendo cinco blocos com 160 salas de aula, além de auditórios, bibliotecas, centro de vivência, banheiros em todos os pavimentos, laboratórios de informática, livraria, administração dos cursos e espaços com cantinas e lanchonetes.

Em ambas edificações, o fluxo de pessoas é contínuo e intenso, nos três turnos da semana, porém a permanência de pessoas não ultrapassa um turno. Durante os finais de semana e férias o fluxo é praticamente insignificante, relativo as atividades acadêmicas mais restritas. As Figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, imagens do CCT e CIAC.

Figura 6 – Fachada do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT).



Fonte: Própria.

Figura 7 – Fachada do Centro de Integração Acadêmica (CIAC).



Fonte: Própria.

3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para realizar o dimensionamento dos volumes de água captados no Campus I da UEPB e estabelecer o comparativo com a norma NBR 10844/89, além de analisar as possíveis destinações dessas águas pluviais, quando armazenadas, na instituição, é essencial definir as seguintes informações: áreas de captação e dados pluviométricos locais.

Em relação a área de captação pluvial nos edifícios da UEPB citados, foram solicitados a Pró-Reitoria de Infraestrutura (PROINFRA) as plantas das edificações da UEPB, o que prontamente foi concedido em virtude do estudo a ser realizado.

Neste projeto, considerou-se a área de captação como sendo a área de cobertura da edificação, na qual o cálculo é baseado na área do telhado e na inclinação verificados na planta. Já em relação aos dados de água pluvial, foram obtidas e disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de 1963 a 2017, que constam no banco de dados do posto pluviométrico da estação de Campina Grande-PB (OMM: 82795), em pleno funcionamento, de latitude: $- 7^{\circ}13'12''$, longitude: $- 35^{\circ}52'48''$, altitude: 547,56 m.

3.4 ESTUDO DO MÉTODO DE GUMBEL

Objetivando encontrar as precipitações máximas de um dia em milímetros, para diferentes períodos de retorno, será utilizado o método probabilístico de distribuição de

Gumbel, conforme Righeto (1998), que consiste na disposição das precipitações máximas diárias anuais para fins de projetos hidráulicos, detalhados em tabela da seguinte maneira:

- 1ª Coluna - O período de tempo em anos (1963-2017);
- 2ª Coluna - A Precipitação máxima diária anual (mm), na qual se obtém a média e o desvio padrão;
- 3ª Coluna - O ordenamento em números cardinais das precipitações, de maneira crescente;
- 4ª Coluna - A Precipitação máxima diária anual em ordem decrescente;
- 5ª Coluna - A probabilidade acumulada, calculada pela Equação 3;
- 6ª Coluna - Período de retorno em anos, calculada pela Equação 1.

Para analisar as maiores precipitações para fins de projeto hidráulicos, utiliza-se as (Equações 4 e 5):

$$\beta = 6^{(0,5)} \times \frac{S}{\pi} \quad (4)$$

$$\alpha = (\mu - 0,577 \times \beta) \quad (5)$$

Em que:

S = desvio padrão.

μ = média das precipitações.

β e α = variáveis probabilísticas de Gumbel.

Na distribuição de Gumbel, conforme Righeto (1998), temos as Equações 6 e 7:

$$\frac{P(1dia;T) - \alpha}{\beta} = -\ln \left[\ln \left(\frac{1}{F} (P(dia;T)) \right) \right] \quad (6)$$

$$F(P(dia;T)) = 1 - \left(\frac{1}{T} \right) \quad (7)$$

Em que:

T = período de retorno.

F = Frequência de chuva.

P = Precipitação.

Dessa forma, pode-se calcular a chuva de projeto para diferentes períodos de retorno e comparar com os volumes obtidos com a chuva normalizada.

3.5 DIMENSIONAMENTO DOS VOLUMES DE ÁGUAS PLUVIAIS LOCAIS COMPARANDO COM A NORMA NBR 10844/89

Para o dimensionamento dos volumes de águas pluviais nas edificações, segundo Bezerra, T. P (2018), que utiliza a norma NBR 15527/2007 da ABNT, o volume aproveitável de água em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis pode ser expresso pela Equação 8:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (8)$$

Em que:

V = volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável.

P = precipitação média anual, mensal ou diária.

A = área de coleta.

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura.

η = fator de captação que indica a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Conforme a norma NBR 10844/89, será calculada a área de coleta ou contribuição de águas pluviais em instalações prediais, expresso pela Equação 9:

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (9)$$

Em que:

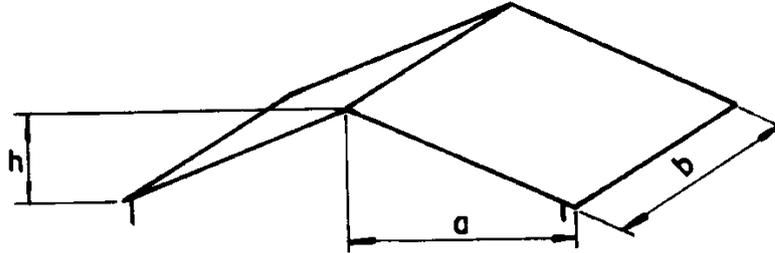
A = área de contribuição.

a = dimensão da projeção do menor lado da superfície de captação.

b = dimensão da projeção do maior lado da superfície de captação.

h = diferença de nível entre os pontos mais alto e mais baixo da superfície de contribuição.

Figura 8 – Modelo esquemático da equação 5.



Fonte: Ilustração de representação contida na NBR 10844/89.

Segundo Tomaz (2003), adota-se 0,95 para o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (C) ou coeficiente de Runoff. Quanto ao fator de captação (η), ele varia entre 0,50 a 0,90. Dessa forma, a relação usualmente adotada é de $C \times \eta = 0,80$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB

Conforme os dados obtidos pelo INMET, no BDMEP, observamos que no município de Campina Grande-PB chove em torno de aproximadamente 800 mm anuais e os valores médios mensais podem ser vistos na Tabela 1.

No período analisado, a menor precipitação observada foi no mês de novembro no valor de 14,17 mm, típica da estação do ano primavera na região. Já a maior precipitação observada foi de 125,33 mm no mês de julho, período de inverno na região.

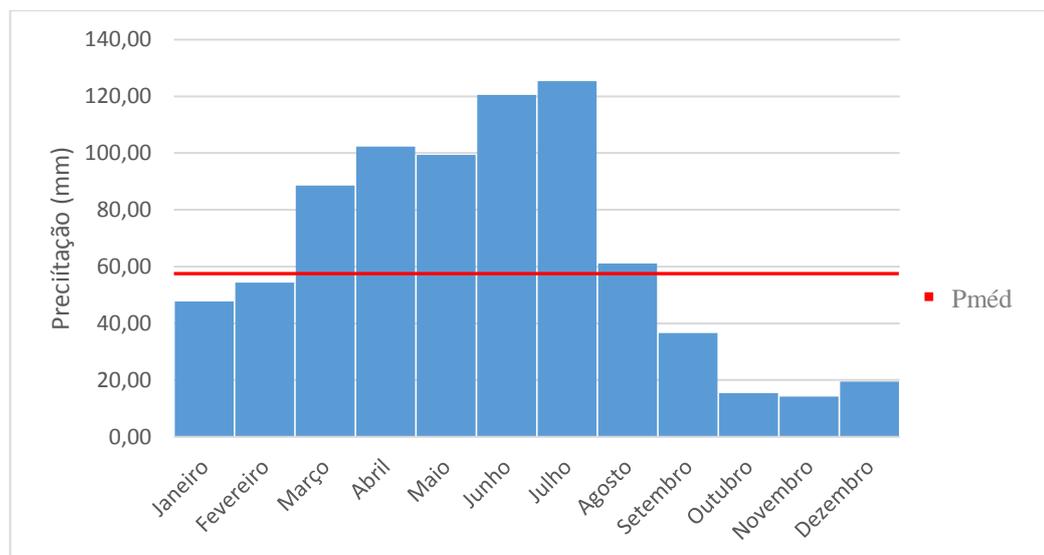
A precipitação média no período averiguado foi de 57,71 mm conforme a linha vermelha do gráfico da Figura 9. Dessa forma, os meses de janeiro, fevereiro, setembro, outubro, novembro e dezembro estão abaixo da média, enquanto que os meses de março, abril, maio, junho, julho e agosto estão acima da média.

Tabela 1 – Dados pluviométricos de Campina Grande-PB - Média histórica (1963-2017).

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	47,69
Fevereiro	54,31
Março	88,51
Abril	102,25
Maio	99,38
Junho	120,49
Julho	125,33
Agosto	61,10
Setembro	36,60
Outubro	15,38
Novembro	14,17
Dezembro	19,43
Total = 784,64	

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o BDMEP (2018).

Figura 9 – Dados pluviométricos de Campina Grande-PB - Média histórica (1963-2017).



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o BDMEP (2018).

Na Tabela 2, estão dispostas as precipitações máximas diárias anuais referidas. Deve-se levar em consideração que os anos de 1971, 1972, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 são ausentes de dados, segundo o BDMEP (2018). De acordo com os dados, o ano de 2011 apresentou o maior pico de precipitação no valor de 110,10 mm. Em contrapartida, o ano de 1993 apresentou a menor precipitação no valor de 4,90 mm, configurando-se um cenário de seca nesse período.

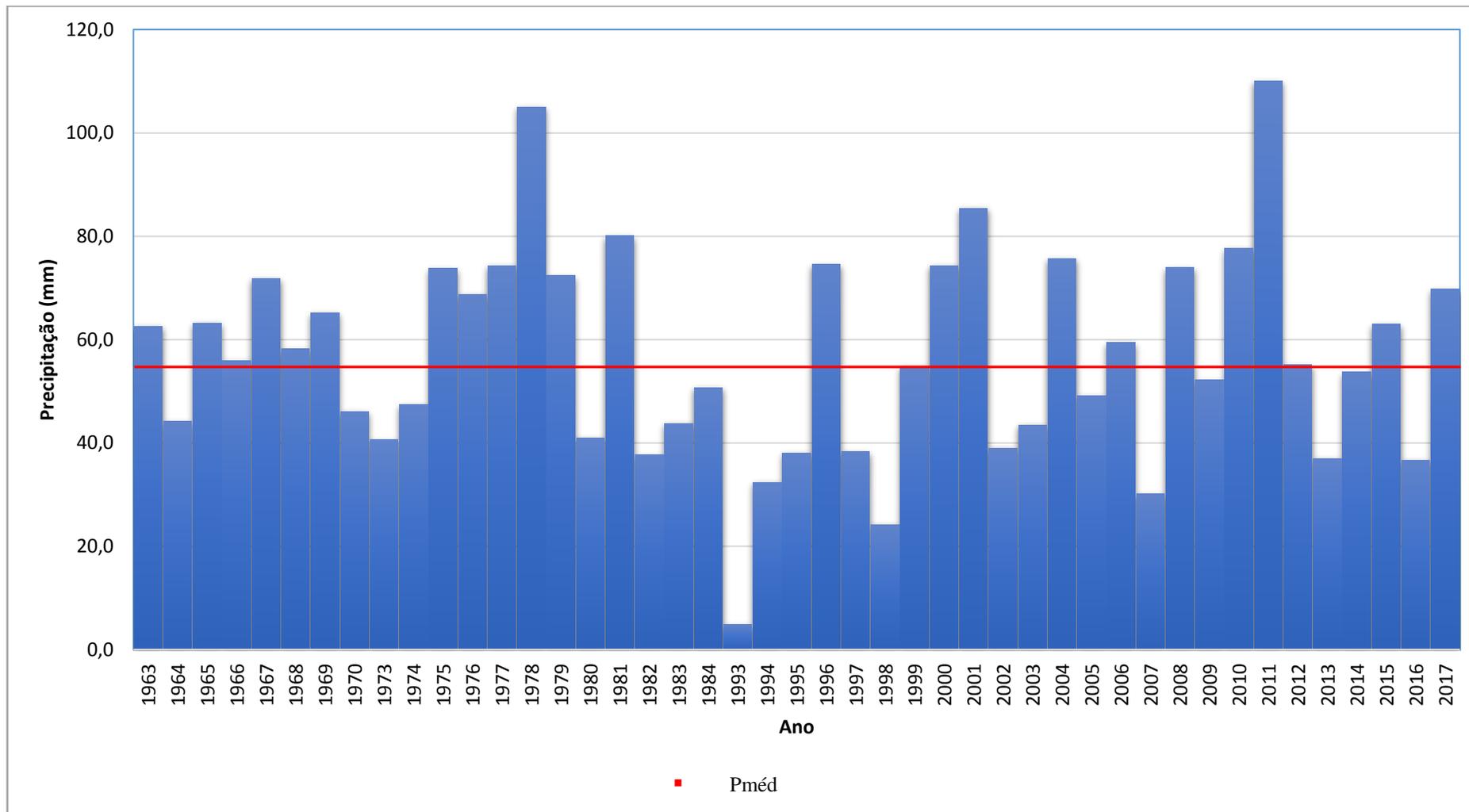
A precipitação média do histograma analisado foi de 55,10 mm, conforme a linha vermelha do gráfico da Figura 10, onde é possível verificar os anos onde a precipitação ocorreu acima ou abaixo da média. Quanto ao ano de 2012, o valor está exatamente igual a média das precipitações.

Tabela 2 – Precipitações máximas diárias anuais de Campina Grande-PB (1963-2017).

Ano	Precipitação (mm)
1963	62,60
1964	44,20
1965	63,20
1966	56,0
1967	71,80
1968	58,20
1969	65,20
1970	46,10
1973	40,60
1974	47,40
1975	73,80
1976	68,80
1977	74,30
1978	105,0
1979	72,40
1980	41,0
1981	80,10
1982	37,70
1983	43,80
1984	50,70
1993	4,90
1994	32,40
1995	38,10
1996	74,60
1997	38,30
1998	24,20
1999	54,80
2000	74,30
2001	85,40
2002	39,0
2003	43,50
2004	75,70
2005	49,20
2006	59,40
2007	30,10
2008	73,90
2009	52,20
2010	77,60
2011	110,10
2012	55,10
2013	37,0
2014	53,70
2015	63,0
2016	36,70
2017	69,80
Total = 2555,90 mm	

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o BDMEP (2018).

Figura 10 – Histograma das chuvas máximas diárias anuais de Campina Grande-PB (1963-2017).



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o BDMEP (2018).

4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE GUMBEL

Com os dados de precipitações obtidos da Tabela 2, foi possível aplicar a metodologia proposta através do método de Gumbel para a determinação da chuva de projeto com base em vários períodos de retorno. A Tabela 3 a seguir apresenta a montagem do processo de cálculo do método citado conforme a metodologia descrita, na qual o desvio padrão encontrado foi de 20,44 e a média das precipitações máximas diárias anuais de 56,80 mm.

Tabela 3 – Precipitações máximas diárias anuais para fins de projetos hidráulicos.

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6
Ano	Precipitação máxima diária anual (mm)	Ordem "m"	Precipitação máxima diária anual em ordem decrescente (mm)	Probabilidade acumulada $p = m/(n+1) \rightarrow n = 45$	Período de retorno $T = 1/p$ (anos)
1963	62,6	1	110,1	0,0217	46,000
1964	44,2	2	105,0	0,0435	23,000
1965	63,2	3	85,4	0,0652	15,333
1966	56,0	4	80,1	0,0870	11,500
1967	71,8	5	77,6	0,1087	9,200
1968	58,2	6	75,7	0,1304	7,667
1969	65,2	7	74,6	0,1522	6,571
1970	46,1	8	74,3	0,1739	5,750
1973	40,6	9	74,3	0,1957	5,111
1974	47,4	10	73,9	0,2174	4,600
1975	73,8	11	73,8	0,2391	4,182
1976	68,8	12	72,4	0,2609	3,833
1977	74,3	13	71,8	0,2826	3,538
1978	105,0	14	69,8	0,3043	3,286
1979	72,4	15	68,8	0,3261	3,067
1980	41,0	16	65,2	0,3478	2,875
1981	80,1	17	63,2	0,3696	2,706
1982	37,7	18	63,0	0,3913	2,556
1983	43,8	19	62,6	0,4130	2,421
1984	50,7	20	59,4	0,4348	2,300
1993	4,9	21	58,2	0,4565	2,190
1994	32,4	22	56,0	0,4783	2,091
1995	38,1	23	55,1	0,5000	2,000
1996	74,6	24	54,8	0,5217	1,917
1997	38,3	25	53,7	0,5435	1,840
1998	24,2	26	52,2	0,5652	1,769
1999	54,8	27	50,7	0,5870	1,704

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6
Ano	Precipitação máxima diária anual (mm)	Ordem "m"	Precipitação máxima diária anual em ordem decrescente (mm)	Probabilidade acumulada $p = m/(n+1) \rightarrow n = 45$	Período de retorno $T = 1/p$ (anos)
Continuação...					
2000	74,3	28	49,2	0,6087	1,643
2001	85,4	29	47,4	0,6304	1,586
2002	39,0	30	46,1	0,6522	1,533
2003	43,5	31	44,2	0,6739	1,484
2004	75,7	32	43,8	0,6957	1,438
2005	49,2	33	43,5	0,7174	1,394
2006	59,4	34	41,0	0,7391	1,353
2007	30,1	35	40,6	0,7609	1,314
2008	73,9	36	39,0	0,7826	1,278
2009	52,2	37	38,3	0,8043	1,243
2010	77,6	38	38,1	0,8261	1,211
2011	110,1	39	37,7	0,8478	1,179
2012	55,1	40	37,0	0,8696	1,150
2013	37,0	41	36,7	0,8913	1,122
2014	53,7	42	32,4	0,9130	1,095
2015	63,0	43	30,1	0,9348	1,070
2016	36,7	44	24,2	0,9565	1,045
2017	69,8	45	4,9	0,9783	1,022

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, através dos dados do desvio padrão e da média das precipitações máximas diárias anuais, foi possível calcular os valores de (β) e (α), que representam as variáveis probabilísticas para o método de Gumbel. Além disso, são apresentados os respectivos períodos de retorno e probabilidade de ocorrência de chuva de projeto, descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores obtidos das chuvas intensas utilizando o método de Gumbel.

Variáveis	Valores obtidos usando a distribuição de Gumbel								
β	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94
α	47,60	47,60	47,60	47,60	47,60	47,60	47,60	47,60	47,60
Período de retorno T (anos)	2	5	10	15	20	25	50	100	
F (P(1dia;T))	0,50	0,80	0,90	0,93	0,95	0,96	0,98	0,99	
P (1dia;T) (mm)	53,44	71,51	83,47	90,22	94,94	98,58	109,79	120,92	

Fonte: Elaborado pelo autor.

O método de Gumbel para determinação da chuva local de projeto utiliza os períodos de retorno que vão de 2 até 100 anos. Uma limitação do método é que ele não pode ser utilizado para análise da chuva de período de retorno de 1 ano. Em relação a norma NBR 10844/89, a mesma indica a utilização de período de retorno de 1, 5 e 25 anos, conforme a Tabela 5, logo faremos um estudo com os dados obtidos para o período de retorno de 5 e 25 anos.

Tabela 5 – Dados de período de retorno e chuva normatizada (NBR 10844/1989).

Chuvas intensas no Brasil			
Período de retorno T (anos)	1	5	25
P (1dia;T) (mm) - João Pessoa/PB	115	140	163 (23)*

* O valor entre parênteses indica o período de retorno a que se referem as intensidades pluviométricas, em vez de 5 ou 25 anos, em virtude de os períodos de observação dos postos não terem sido suficientes.

Fonte: ABNT-NBR 10844/1989.

A chuva de projeto determinada pelo método de Gumbel para o período de retorno de 5 anos é de 71,51 mm da Tabela 4, com a possibilidade de ocorrência da chuva de aproximadamente 80%. Já para o período de retorno de 25 anos, a chuva de projeto determinada pelo método de Gumbel é de 98,58 mm, cuja a frequência de ocorrência é de aproximadamente 99%.

Dessa forma, realizando uma comparação dos resultados obtidos com os valores normalizados, observa-se que, para o período de retorno de 5 anos, a chuva de projeto normalizada seria de 140 mm Tabela 5, isto é, 68,49 mm a mais do que a chuva de projeto local, o que significa uma superestimação em aproximadamente 96,0%, ou seja, quase o dobro da chuva de projeto local. Quanto ao período de retorno de 25 anos, a chuva de projeto normalizada seria de 163 mm, ou melhor, 64,42 mm a mais que a chuva estimada de projeto, na qual configura uma superestimação de aproximadamente 65,5%.

4.2 DETERMINAÇÃO DOS VOLUMES PARA O DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

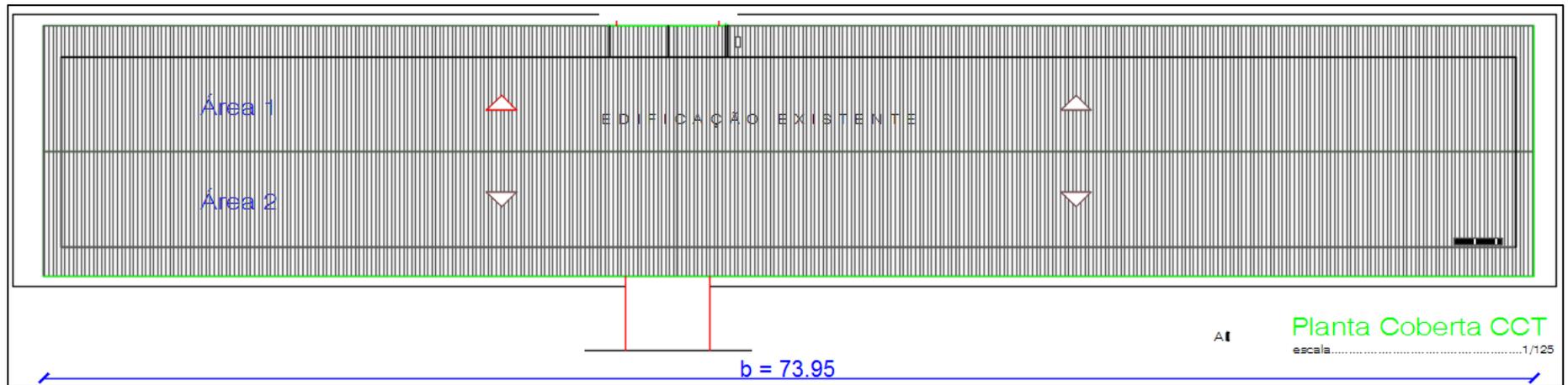
Através das chuvas de projetos locais determinadas pelo método de Gumbel para os vários períodos de retorno, é possível calcular os volumes escoados pelos telhados dos prédios do CCT e da CIAC que podem produzir. Nas Tabelas 6 e 7, estão explicitadas as dimensões das coberturas de cada edificação.

4.2.1 Volumes do CCT

Na edificação do CCT, levou-se em consideração apenas os Blocos B e C, pois foram desprezados os valores tanto da coberta do Bloco A, por ausência de dados, quanto da área de vivência que está numa posição intermediária entre os Blocos B e C, pelo fato de ter apresentado um volume não significativo para o estudo.

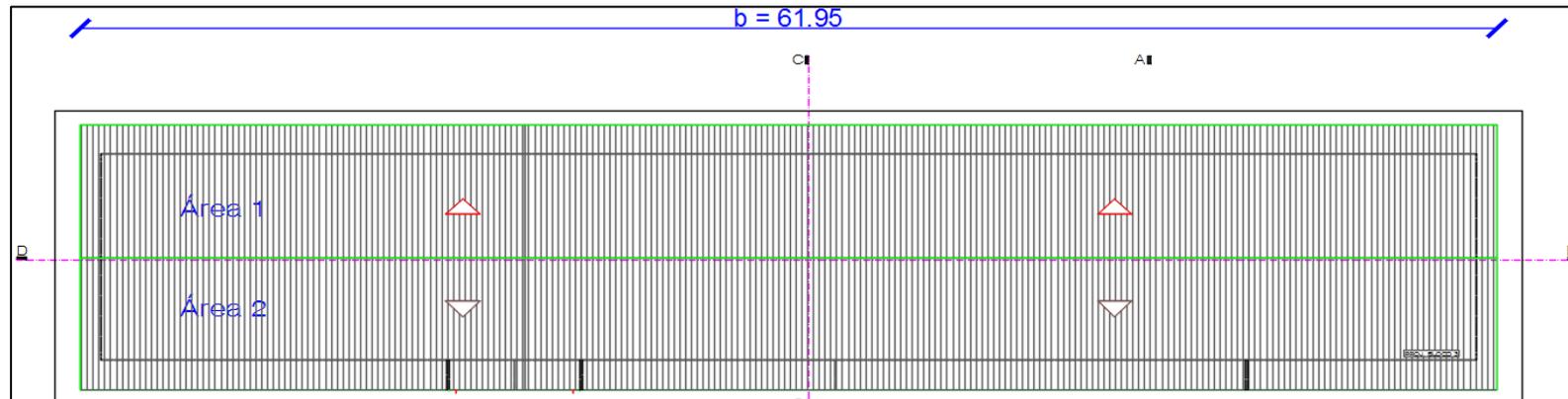
A variável (b) dos Blocos B e C do CCT foi determinada através das Figuras 11 e 12 e os dados das variáveis (a) e (h) foram determinadas através das Figuras 13 e 14. O cálculo das áreas 1 e 2 de ambos Blocos segue a Equação 5. As dimensões dos telhados estão detalhadas conforme a Tabela 6.

Figura 11 – Representação esquemática da vista superior da cobertura 1 do Bloco B do CCT.



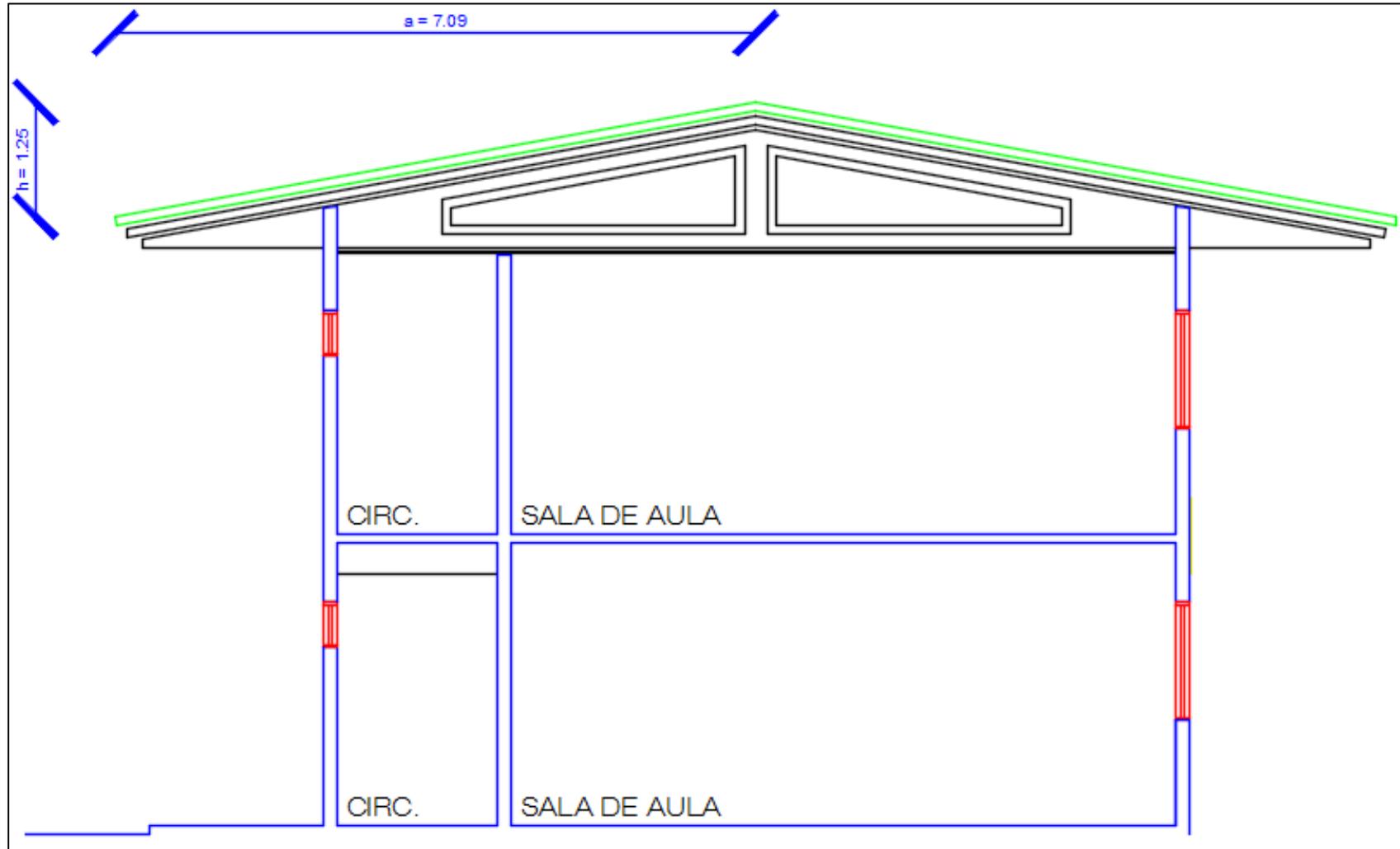
Fonte: PROINFA.

Figura 12 – Representação esquemática da vista superior da cobertura 2 do Bloco C do CCT.



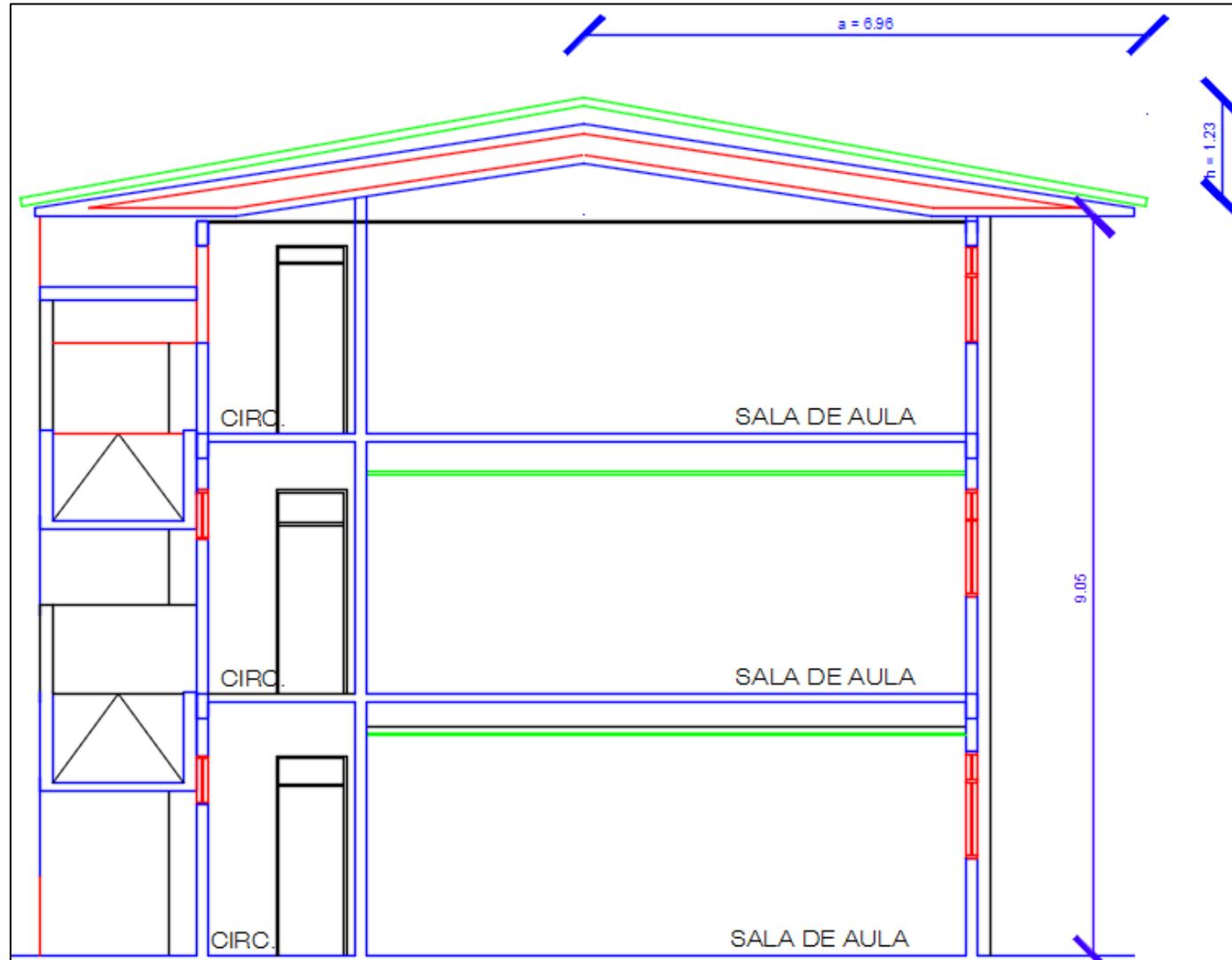
Fonte: PROINFA.

Figura 13 – Representação esquemática de corte da planta baixa do Bloco B do CCT.



Fonte: PROINFA.

Figura 14 – Representação esquemática de corte da planta baixa do Bloco C do CCT.



Fonte: PROINFA.

Tabela 6 – Dimensões da cobertura do CCT.

PLANTA BAIXA - CCT					
Coberta 1					
BLOCO B	Área 1 (m ²)	Área 2 (m ²)	a (m)	b (m)	h (m)
	570,52	570,52	7,09	73,95	1,25
	Área Total (m²) = 1.141,05				
Coberta 2					
BLOCO C	Área 1 (m ²)	Área 2 (m ²)	a (m)	b (m)	h (m)
	469,27	469,27	6,96	61,95	1,23
	Área Total (m²) = 938,54				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com as áreas totais calculadas através do somatório das correspondentes áreas de cada cobertura, isto é, 1.141,05 m² para o Bloco B e 938,54 m² para o Bloco C, é possível determinar os volumes para os diferentes períodos de retorno com as respectivas chuvas de projeto local determinadas pelo método de Gumbel. Para fazer a comparação com os dados normatizados, foi averiguado apenas os dados referentes ao período de retorno de 5 e 25 anos.

Antes, para realizar a determinação dos volumes, é necessário levar em consideração a Equação 4, na qual o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Runoff para o tipo de material utilizado no telhado é considerado. Verificando os materiais dos telhados, observa-se que o bloco B utiliza telhas cerâmicas comuns de barro. Quanto ao bloco C é utilizado telhas de fibrocimento ou cimento amianto. Os coeficientes de Runoff utilizados em ambos os materiais foi de 0,95, na qual a relação entre coeficiente de escoamento superficial por eficiência do fator de captação usualmente adotada é de 0,80, segundo Tomaz (2003).

Para os Blocos B e C, objetivando encontrar o volume a ser reservado, multiplica-se a área determinada pela chuva de projeto local calculada e é levado em consideração a relação adimensional de 0,80. Dessa maneira, tem-se para o período de retorno de 5 anos um volume de 65.275 e 53.691 m³, respectivamente. Já para o período de retorno de 25 anos, os volumes determinados foram de 89.989 e 74.018 m³, de maneira respectiva, conforme descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Volumes dimensionados para o CCT utilizando os dados da chuva local.

Período de retorno (anos)	2	5	10	15	20	25	50	100
P (1dia;T) (mm)	53,44	71,51	83,47	90,22	94,94	98,58	109,79	120,92
Volume (m³) – Bloco B	48.785	65.275	76.194	82.353	86.666	89.989	100.223	110.381
Volume (m³) – Bloco C	40.127	53.691	62.671	67.738	71.285	74.018	82.436	90.791

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando com os valores normatizados e aplicando num período de retorno de 5 anos, observa-se que o Bloco B apresenta um volume de 127.797 m³ conforme Tabela 8, ou seja, uma diferença de 62.522 m³ em relação a chuva local, isso implica num volume superestimado em aproximadamente 96,0%. Para um período de retorno de 25 anos, o Bloco B apresenta um volume de 148.793m³, isto é, uma diferença de 58.804 m³ em relação a chuva local, configurando um volume superestimado em aproximadamente 65,50%. Quanto ao Bloco C, que apresenta volumes menores em função da área da coberta, considerando um período de retorno de 5 anos, o volume encontrado foi de 105.117 m³, ou seja, uma diferença de 51.426 m³ em relação a chuva local, implicando numa superestimação de quase o dobro, com aproximadamente 96,0%. Por fim, para um período de retorno de 25 anos, o Bloco C apresenta um volume de 122.386 m³, isto é, uma diferença de 48.368 m³ em relação a chuva local, implicando num valor superestimado de aproximadamente 65,50%. Na Tabela 8 são apresentados os valores de acordo com a norma.

Tabela 8 – Volumes dimensionados para o CCT utilizando os dados da chuva normatizada.

Período de retorno de acordo com a norma (NBR 10844/1989)	1	5	25
P (1dia;T) (mm) - João Pessoa/PB	115	140	163 (23)*
Volume (m³) - Bloco B	10.4976	127.797	148.793
Volume (m³) - Bloco C	86.346	105.117	122.386

* O valor entre parênteses indica o período de retorno a que se referem as intensidades pluviométricas, em vez de 5 ou 25 anos, em virtude de os períodos de observação dos postos não terem sido suficientes.

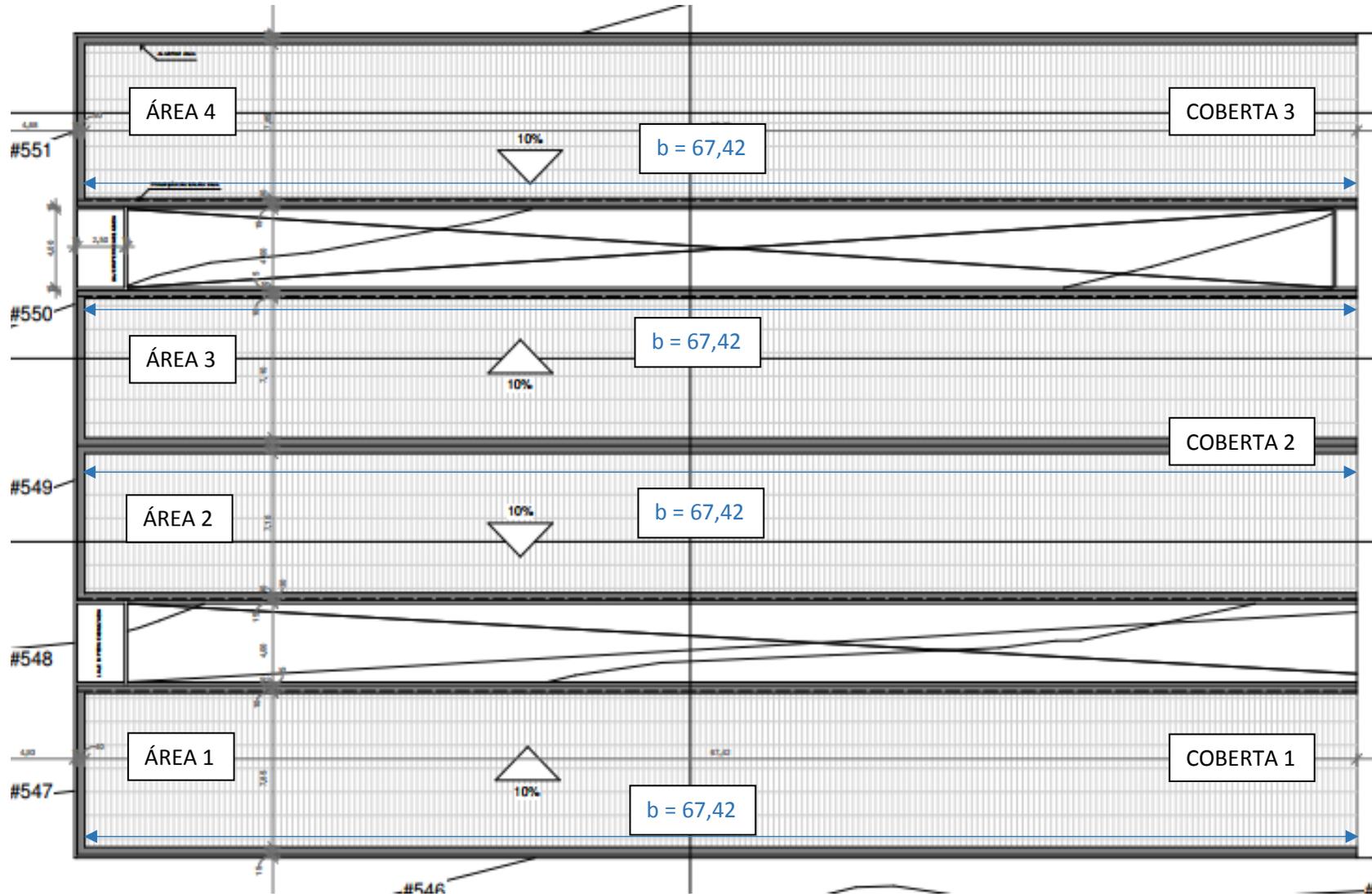
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 *Volumes da CIAC*

Na instalação predial da CIAC, levou-se em consideração apenas as faixas de cobertura localizadas nas extremidades, desprezando-se as dimensões do telhado central côncavo, pois é ausente de dados e não apresenta um volume significativo para o estudo.

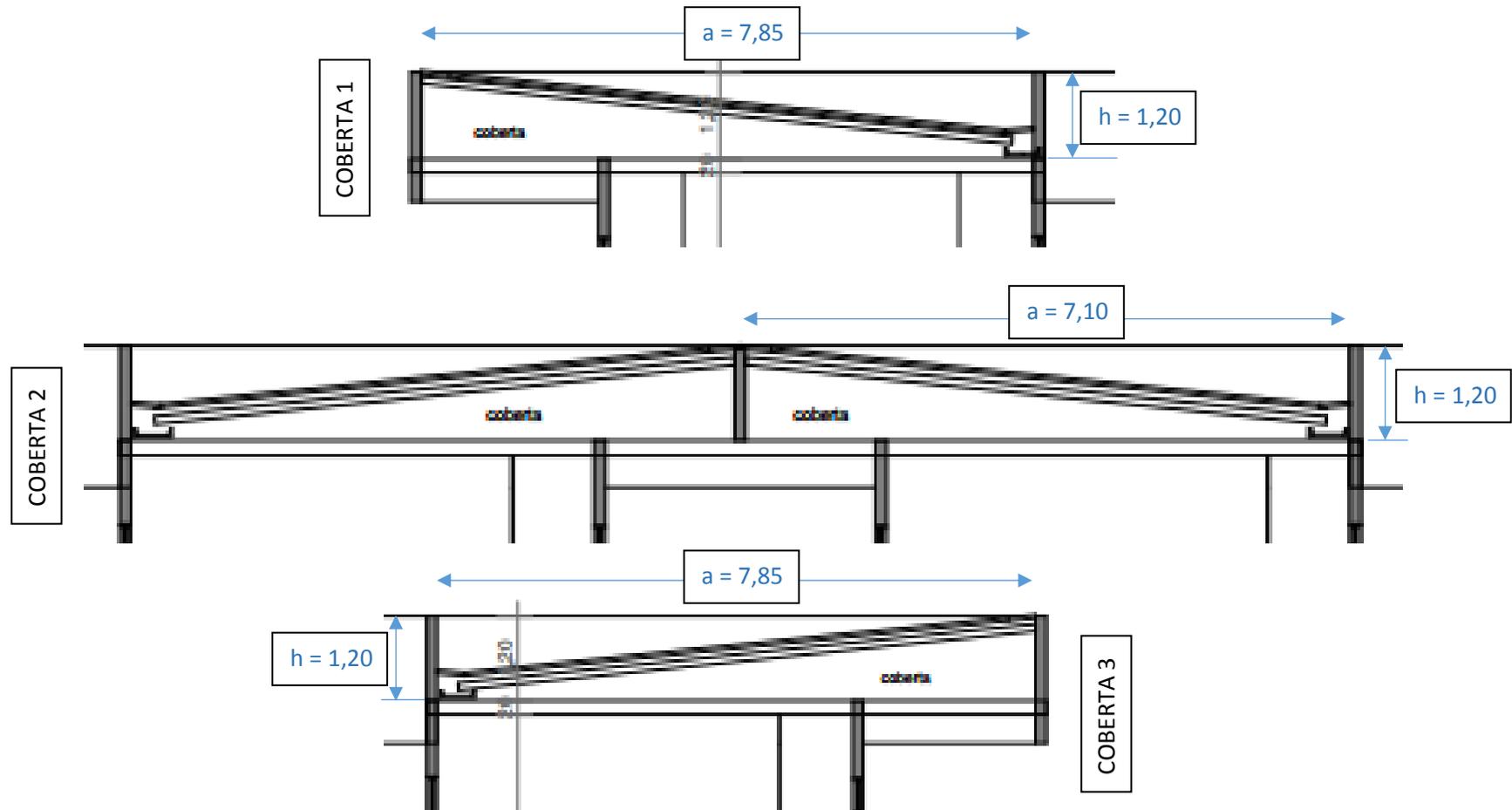
A variável (b) das Coberturas Leste e Oeste da CIAC foram determinadas através das Figuras 15 e 17 e os dados das variáveis (a) e (h) foram determinadas através das Figuras 16 e 18. O cálculo das áreas 1, 2, 3 e 4 de ambas Coberturas segue a Equação 5. As dimensões dos telhados estão detalhadas conforme a Tabela 9.

Figura 15 – Representação esquemática da vista superior da Cobertura Oeste da CIAC.



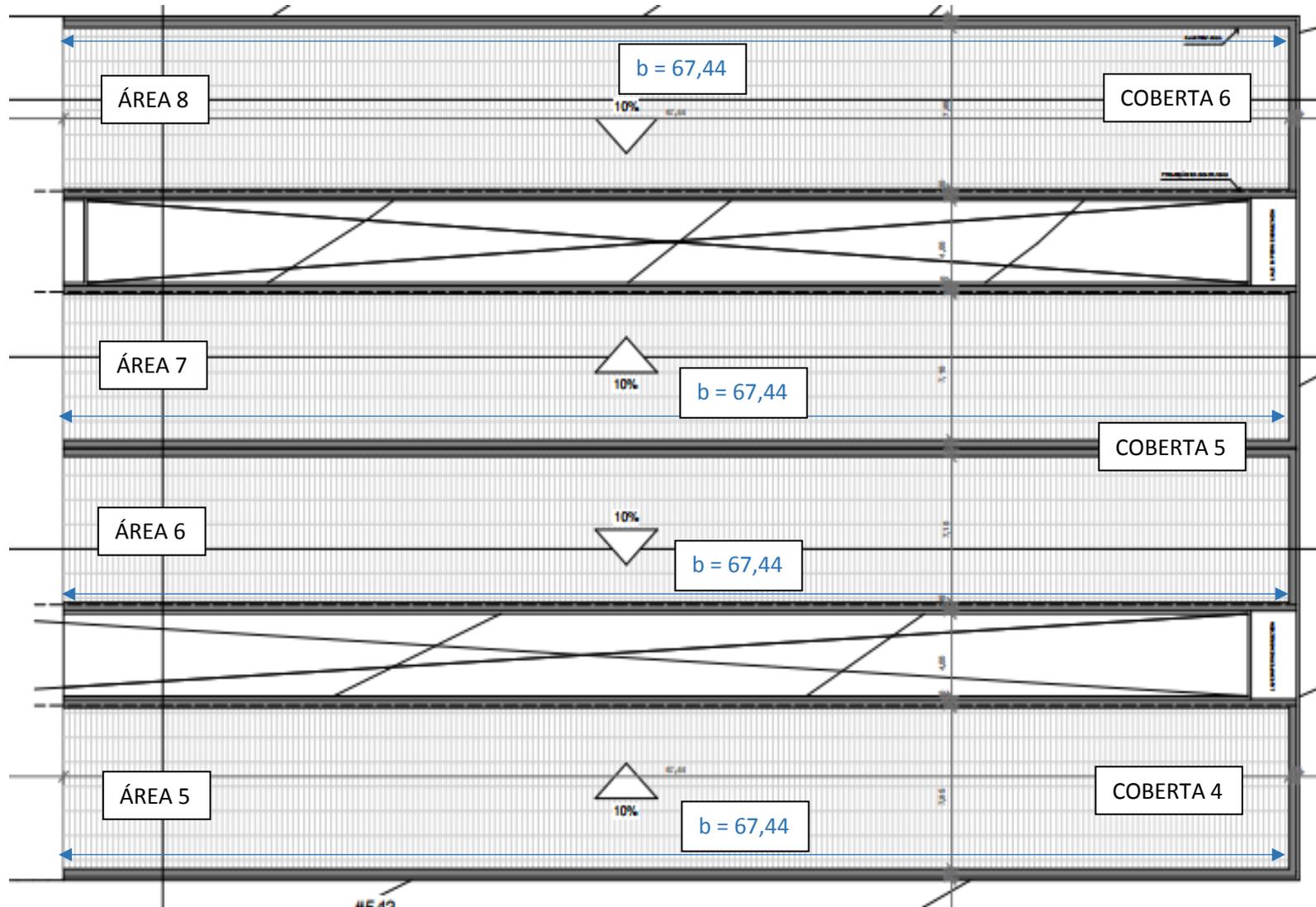
Fonte: PROINFA.

Figura 16 – Representação esquemática de corte da planta baixa da Cobertura Oeste da CIAC.



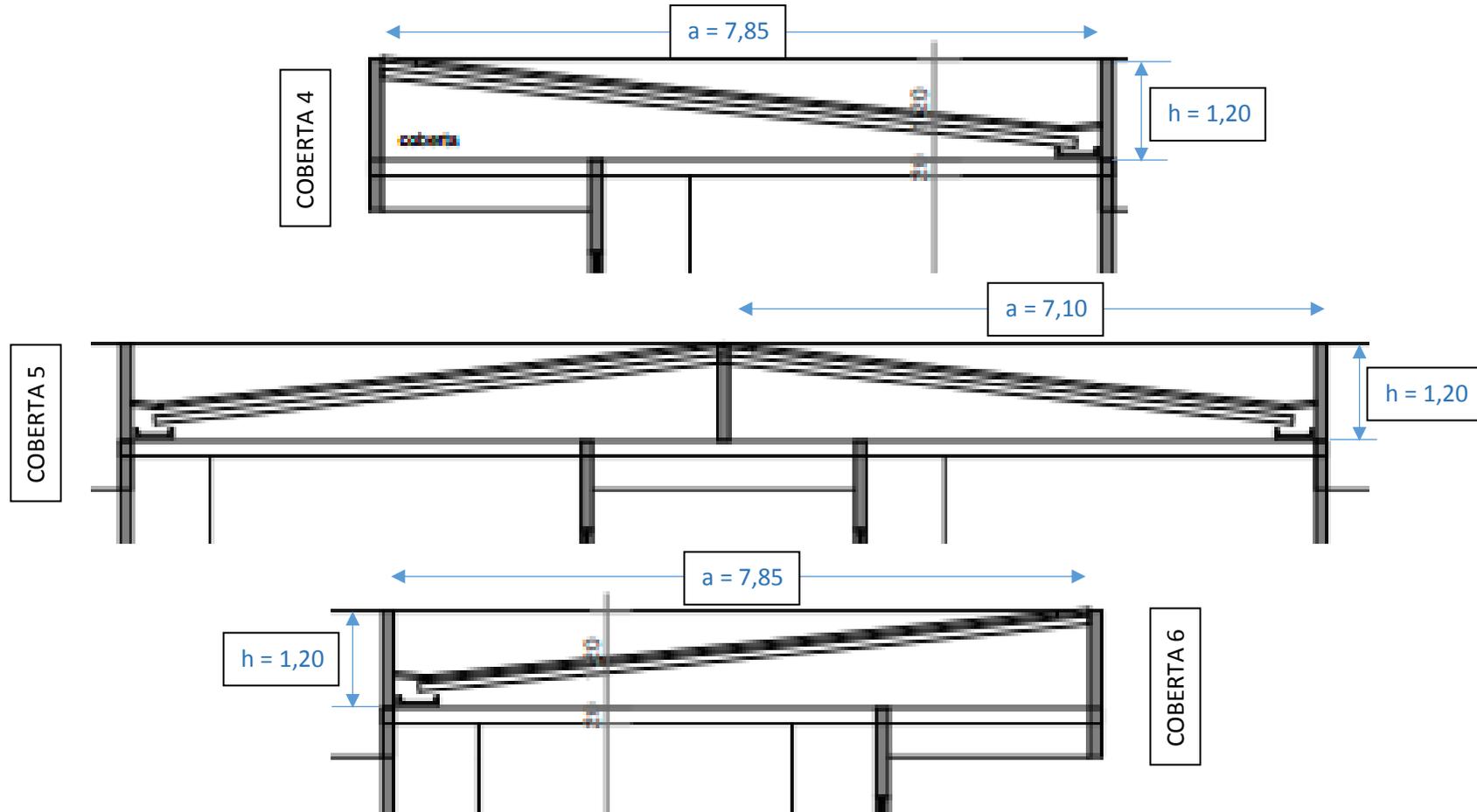
Fonte: PROINFA.

Figura 17 – Representação esquemática da vista superior da Cobertura Leste da CIAC.



Fonte: PROINFA.

Figura 18 – Representação esquemática de corte da planta baixa da Cobertura Leste da CIAC.



Fonte: PROINFA.

Tabela 9 – Dimensões da cobertura da CIAC.

PLANTA BAIXA - CIAC									
Coberta 1			Coberta 2			Coberta 3			
	a (m)	b (m)	h (m)	a (m)	b (m)	h (m)	a (m)	b (m)	h (m)
Cobertura Oeste	7,85	67,42	1,20	7,10	67,42	1,20	7,85	67,42	1,20
	Área 1 (m ²)			Área 2 (m ²)		Área 3 (m ²)		Área 4 (m ²)	
	569,70			519,13		519,13		569,70	
Área Total (m²) = 2.177,67									
Coberta 4			Coberta 5			Coberta 6			
	a (m)	b (m)	h (m)	a (m)	b (m)	h (m)	a (m)	b (m)	h (m)
Cobertura Leste	7,85	67,44	1,20	7,10	67,44	1,20	7,85	67,44	1,20
	Área 5 (m ²)			Área 6 (m ²)		Área 7 (m ²)		Área 8 (m ²)	
	569,87			519,29		519,29		569,87	
Área Total (m²) = 2.178,31									

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através das áreas totais calculadas por meio do somatório das correspondentes áreas de cada cobertura, ou seja, 2.177,67 m² para a Cobertura Oeste e 2.178,31 m² para a Cobertura Leste, é possível determinar os volumes para os diferentes períodos de retorno com as respectivas chuvas de projeto local determinadas pelo método de Gumbel. Para fazer a comparação com os dados normatizados, foi averiguado apenas os dados referentes ao período de retorno de 5 e 25 anos.

Verificando os materiais dos telhados, observa-se que as Coberturas Leste e Oeste utilizam telhas de fibrocimento ou cimento amianto. Os coeficientes de Runoff utilizados em ambos os materiais foi de 0,95, assim como no Bloco C do CCT, na qual a relação entre coeficiente de escoamento superficial por eficiência do fator de captação usualmente adotada é de 0,80, segundo Tomaz (2003).

No objetivo de encontrar o volume a ser reservado das Coberturas Oeste e Leste, multiplica-se a área determinada pela chuva de projeto local calculada e é levado em consideração a relação adimensional de 0,80. Dessa forma, tem-se para o período de retorno de 5 anos um volume de 124.577 e 124.613 m³, respectivamente. Já para o período de retorno de 25 anos, os volumes determinados foram de 171.741 e 171.792 m³, de maneira respectiva, conforme descritos na Tabela 10.

Tabela 10 – Volumes dimensionados para a CIAC utilizando os dados da chuva local.

Período de retorno (anos)	2	5	10	15	20	25	50	100
P (1dia;T) (mm)	53,44	71,51	83,47	90,22	94,94	98,58	109,79	120,92
Volume (m³) - Cobertura Oeste	93.105	124.577	145.414	157.170	165.401	171.741	191.273	210.660
Volume (m³) - Cobertura Leste	93.132	124.613	145.457	157.216	165.450	171.792	191.330	210.722

Fonte: Elaborado pelo autor.

Realizando a comparação com os valores normatizados e aplicando num período de retorno de 5 anos, observa-se que a Cobertura Oeste apresenta um volume de 243.899 m³, ou seja, uma diferença de 119.322 m³ em relação a chuva local, isso implica num volume superestimado em aproximadamente 96,0%, em outras palavras, quase o dobro. Para um período de retorno de 25 anos, a Cobertura Oeste apresenta um volume de 283.968 m³, isto é, uma diferença de 112.227 m³ em relação a chuva local, configurando um volume superestimado em aproximadamente 65,50%. Quanto a Cobertura Leste, considerando um período de retorno de 5 anos, o volume encontrado foi de 243.971 m³, ou seja, uma diferença de 119.358 m³ em relação a chuva local, implicando numa superestimação de quase o dobro, com aproximadamente 96,0%. Por fim, para um período de retorno de 25 anos, a Cobertura Leste apresenta um volume de 284.052 m³, isto é, uma diferença de 112.260 m³ em relação a chuva local, implicando num valor superestimado de aproximadamente 65,50%. Na Tabela 11 são apresentados os valores de acordo com a norma.

Tabela 11 – Volumes dimensionados para a CIAC utilizando os dados da chuva normatizada.

Período de retorno de acordo com a norma (NBR 10844/1989)	1	5	25
P (1dia;T) (mm) - João Pessoa/PB	115	140	163 (23)*
Volume (m³) – Cobertura Oeste	200.345	243.899	283.968
Volume (m³) – Cobertura Leste	200.405	243.971	284.052

* O valor entre parênteses indica o período de retorno a que se referem as intensidades pluviométricas, em vez de 5 ou 25 anos, em virtude de os períodos de observação dos postos não terem sido suficientes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 ANÁLISE DOS MÉTODOS PARA O CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ACORDO COM A NBR 15.527/2007

Conforme a norma NBR 15.527/07, existem seis diferentes tipos de métodos para o cálculo de dimensionamento do reservatório para armazenamento de águas de águas pluviais. Dessa forma, dentre as metodologias observadas a que mais se adapta aos resultados encontrados nos itens 4.2.1 e 4.2.2 é o método de Rippl, pois nele pode-se utilizar séries históricas de precipitações médias diárias ou mensais, considerando o coeficiente de escoamento e a área de captação. Tal divergência entre as metodologias supracitadas, é que o método de Rippl leva em conta o volume de água reservada ao decorrer do tempo, sendo a diferença entre o volume que é indispensável para o consumo e o volume de chuva que pode ser aproveitada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto, conclui-se que de acordo com o estudo do regime pluviométrico do município de Campina Grande, com base no banco de dados do INMET, observa-se um período de dados pluviométricos de 1963 a 2017, com exceção dos anos de 1971, 1972, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 que são ausentes de dados. A maior precipitação registrada foi de 110,10 mm e a menor de 4,90 mm, sendo o valor médio das precipitações máximas diárias anuais observadas em toda série histórica de 55,10 mm, levando em consideração que no período analisado ocorrem falhas nas medições.

A utilização do método de Gumbel possibilita a obtenção da chuva de projeto conforme o potencial pluviométrico local, de maneira mais precisa, evidenciando assim a capacidade de redução de custos no processo de produção de estruturas de armazenamento de água, como reservatórios superdimensionados.

Através da comparação entre os dados da chuva de projeto obtidos com o método de Gumbel para os diferentes períodos de retorno analisados e comparando-os com os dados de precipitação e os períodos de retorno da NBR 10844/89, foi possível observar uma superestimação média para todos os casos da ordem de aproximadamente 81,0%.

Em relação aos volumes obtidos no dimensionamento através das edificações do CCT e da CIAC, observa-se que um volume considerável da ordem 10^4 a 10^5 m³ de água poderia ser armazenado e utilizado para fins menos nobres, como por exemplo, jardins, lavagens de corredores, descarga e nos banheiros. Já no caso de se buscar um tratamento visando possivelmente a aplicação para fins potáveis, os volumes de águas pluviais dimensionados poderiam ser destinados para a Estação de Tratamento de Água Prof. Dr. Edvaldo de Oliveira Alves pertencente a própria instituição da UEPB e localizada no CCT, que abasteceria o Campus I.

Analisando os métodos de reservação dos volumes, conforme a NBR 15527/2007, foi possível observar que o método de Rippl é o mais viável para a instituição em virtude de sua simplicidade e facilidade de aplicação, sendo assim economicamente executável para reservar águas pluviais em projetos hidráulicos.

Sendo nossa região extremamente carente de recursos hídricos e ademais passando por vários momentos de escassez hídrica nos últimos anos, é notório que há de fato uma ausência de gestão pública no tocante as políticas relacionadas a coleta, armazenamento e tratamento de águas de chuva. Dessa forma, pelos volumes obtidos e caso fossem efetivadas a construção de reservatórios, seria notória a redução de água que deixaria de ir para o sistema de drenagem da

bacia hidrográfica e propiciaria o aumento do tempo de concentração, evidenciando dessa forma, a redução dos riscos de alagamentos em áreas de riscos.

Portanto, fica evidenciado que para a realização de projetos objetivando a coleta e o armazenamento de águas pluviais, torna-se essencial e viável economicamente um estudo probabilístico para a determinação da chuva de projeto local para cada município, reduzindo assim os custos no processo de dimensionamento e confecção dos reservatórios, evitando o superdimensionamento dos mesmos.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo mostrou a necessidade de se realizar a determinação da chuva de projeto para o dimensionamento de obras hidráulicas como reservatórios de armazenamento de água de chuva que podem ser aplicadas a outros prédios públicos ou privados, tendo em vista a sua eficiência. Dessa forma, propõe-se as seguintes sugestões relevantes para pesquisas futuras:

- Aplicar a metodologia para outros municípios onde existam os Campus da UEPB, na intenção de avaliar a capacidade de volumes de águas pluviais que podem ser reutilizados para usos não potáveis;
- Verificar os custos envolvidos na construção de tais reservatórios em paralelo com a economia no consumo de água que pode ser obtida;
- Avaliar os demais prédios da UEPB em Campina Grande para analisar a capacidade de produção de água através das coberturas.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de Coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.
- AESA – **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: < http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude/?id_acude=531 >. Acesso em: ago de 2018.
- AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e social – IPARDES, 2001, 260p.
- AMORIM, S. V. de.; PEREIRA, D. J. de A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído - Revista on-line da ANTAC, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008. Disponível em: < <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5359> >. Acesso em: jul. 2018.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, 2013. Disponível em: < http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html >. Acesso em jun. 2018.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, 2001. 2ª Ed. Disponível em: < http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20061212102729_Introducao_Gerenciamen to.pdf >. Acesso em jun. 2018.
- BDMEP. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>. Acesso em: 07 de agosto de 2018.
- BEZERRA, S. M. da C.; CHRISTAN, P. de; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBACKHSH, K. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva**: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. Ambiente Construído - Revista on-line da ANTAC, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./dez. 2010. Disponível em: < <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/13020> >. Acesso: jun. 2018.

BEZERRA, T. P. **Condições de moradia e de saneamento básico em Domicílios atendidos pelo programa P1MC no semiárido do estado da Paraíba.** 2018. 70 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental – Centro de tecnologia, Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

CHAVES, E. **Abastecimento de água e Saneamento básico em Campina Grande: Uma questão política, social e econômica.** In: ECONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 16., 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre/RS.

CIRIA - CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION. **The SUDS manual.** London, 2007, CIRIA C697, ISBN 978-0-86017-697, 606 páginas.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 357/2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: jun. 2018.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Usos da Água.** 2014a. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/indexesp.stm>. Acesso em: jun. 2018.

GHISI, E. **Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil.** Building and Environment, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

GRIPP, S. **Revista Banas Qualidade.** Banas Ambiental. São Paulo: Banas, n.12, jun. 2001. 58 p. Suplemento.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva.** Makoto Murase(Org.). Tradução: Massato Kobiyama; Cláudio Tsuyoshi Ushiwata; Manoela dos Anjos Afonso. Tradução de: Yatte Miyo Amamizu Riyo. Curitiba: Organic Trading, 2002, 196p.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HESPAHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS, v. 7, n.4, p. 75-95, 2002.

HOEPFNER, A. C. **Estudo comparativo entre vazões de pico estimadas pelo método racional e pelo método do SCS para a Bacia hidrográfica do rio bom retiro em Joinville-SC.** 2007. 57 p. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina, FLORIANÓPOLIS, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010.** 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **CIDADES**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama..> Acesso em: 08 de agosto de 2018.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Brasília, 2018.

KUNDZEWICZ, Z. W. e KACZMARCK, K. Coping with hydrological Extremes. International Water Resources Association (IWRA), Water International, V. 25, N. I, p. 66-75, March 2000.

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.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M. de; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.16, n.3, jul/set 2011, p.291-298.

GIACCHINI, M.; FILHO, A. G. A. **Utilização da água de chuva nas edificações industriais**. 2006. 8 p. Artigo, II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, Ponta Grossa, 2006.

MARINOSK, A. K.; GHISI, E. **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./jun. 2008.

MAYS, LARRY W. **Water Resources Engineering**. New York: John Wiley & Sons, 2001, 1ª ed. ISBN 0-471-29783-6, 761 p.

OLIVEIRA, L. G. **Estudo simplificado de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para o uso não-potável em edificações da Universidade Federal de Sergipe**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, SE, 2009.

PORTELA, M. M. **Modelação Hidrológica**. Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2006.

PORTO, MONICA F.A. Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. In Drenagem Urbana. ABRH: 1995, 1ª ed. 428p. ISBN 85-7025-364-8.

RIGHETTO, ANTONIO MAROZZI. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. 1ª ed. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 1998, 819 p.

RODRIGUES DA SILVA, V.P., MACIEL, G.F.; GUEDES, M.J.F. **Influência dos eventos fortes do fenômeno El Niño na precipitação pluvial do Nordeste do Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, e Congresso da FLISMET, 8, 1998, Brasília, Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998, CD.

SILVA, V. P. R. da; MELO, H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CAVALCANTI, J. H. F. **Impacto do Fenômeno El Niño na Captação de Chuva no Semi-árido do Nordeste do Brasil.** In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 1999, Petrolina. *Anais eletrônicos...* Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em: <www.cpatas.embrapa.br/catalogo/doc/droughts/3_1_Hiran_Melo.doc>. Acesso em: jun. 2018.

SOECO/MG. **Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva.** Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>>. Acesso em: 20 Ago. 2018.

SORDI, M. **Análise de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Centro de Integração Acadêmica da UEPB, Campina Grande, Paraíba.** 2016, 21. Ed. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva:** Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo. Ed. Navegar, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** São Paulo: Editora Navegar, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas: Saneamento para todos.** Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>>. Acesso em Ago. 2018.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 3a ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **WWDR4 – Resumo histórico:** Os recursos hídricos do planeta estão sob pressão do crescimento rápido das demandas por água e das mudanças climáticas, diz novo Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/WWDR4%20Background%20Briefing%20Note_pt_2012.pdf>. Acesso em: 20 Ago. 2018.

ZARDINI, C. S. **Aproveitamento de água de chuva - estudo da viabilidade em diferentes capitais brasileiras.** 2014. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em engenharia ambiental e sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2014.