

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL

ESTUDO DA POSSIBILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE
ÁGUA PLUVIAL EM TEMPLO RELIGIOSO
NO DISTRITO FEDERAL- DF

ANNA KAROLLINA MENDONÇA NOVAES

ORIENTADORA: CLÁUDIA MARCIA COUTINHO
GURJÃO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
CIVIL

BRASÍLIA – DF, DEZEMBRO DE 2015
UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**ESTUDO DA POSSIBILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE
ÁGUA PLUVIAL EM TEMPLO RELIGIOSO
NO DISTRITO FEDERAL- DF**

ANNA KAROLLINA MENDONÇA NOVAES

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

APROVADA POR:

**CLÁUDIA MARCIA COUTINHO GURJÃO, D.Sc. (UnB)
(ORIENTADOR)**

**VALDIRENE MARIA SILVA CAPUZZO, D.Sc. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE ALVES, D. Sc. (UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, DEZEMBRO DE 2015.

FICHA CATALOGRÁFICA

NOVAES, Anna Karollina Mendonça

Estudo da possibilidade da utilização de água pluvial em templo religioso no Distrito Federal

Vii, 36 p, 297mm (ENC/FT/UNB, Bacharel, Engenharia Civil, 2015)

Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Águas pluviais

2. Aproveitamento de águas

3. Reservatório

I. ENC/FT/UnB

II . Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NOVAES, A. K. M. (2015). Estudo da possibilidade da utilização de água pluvial em templo religioso no Distrito Federal – DF. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 41P.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Anna Karollina Mendonça Novaes

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Estudo da possibilidade da utilização de água pluvial em templo religioso no Distrito Federal – DF

GRAU / ANO : Bacharel em Engenharia Civil / 2015

É concedida a Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Anna Karollina Mendonça Novaes

Núcleo Rural Lago Oeste

Rua 19, Chácara 724

karolnovaes@yahoo.com.br

RESUMO

Devido ao aumento da população e ao mau uso da água, esse recurso tem se tornado cada vez mais escasso gerando a necessidade de se buscar novas alternativas que possam suprir as demandas atuais de consumo. Neste contexto, a água de chuva pode ser coletada e utilizada para fins não potáveis como irrigação de áreas verdes, lavagem de carros e pisos e em descargas de bacias sanitárias substituindo a utilização de água tratada. Visando economizar água potável, a direção do Núcleo Estrela Matutina propôs a elaboração de um estudo para possível implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para atender as demandas de irrigação do campo de futebol e das descargas das bacias sanitárias do banheiro. Para a realização desse estudo foi feito o levantamento das demandas de utilização de água não potável, a verificação do dimensionamento das estruturas existentes no templo em relação as normas brasileiras que regem este tipo de projeto e uma simulação matemática para determinar a demanda que deverá ser atendida pelo reservatório do Núcleo. Após as análises, concluiu-se que as estruturas existentes no local estão dimensionadas de acordo com os parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas e que o reservatório será capaz de atender as demandas do banheiro e do campo de futebol integralmente no período chuvoso, porém, no período de estiagem, nos meses de agosto e setembro haverá déficit.

Palavras-chave: Águas pluviais. Aproveitamento. Reservatório. Demanda.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	1
2.0. Justificativa	1
1.2 Objetivos	2
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Disponibilidade de Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo	3
2.1.1 Recursos Hídricos no Distrito Federal	5
2.2 Legislação de Aproveitamento da Água de Chuva	7
2.3 Elementos do Sistema de Aproveitamento de Água	9
2.4 Técnicas de Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais	10
2.4.1 Área de captação	10
2.4.2 Vazão de Projeto	11
2.4.3 Calhas	12
2.4.4 Condutores Verticais	13
2.4.5 Condutores Horizontais	14
2.4.6 Reservatório	14
3.0 METODOLOGIA	19
4.0 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	20
4.1 Descrição do Núcleo	20
4.2 Demandas	22
4.2.1 Demanda do Campo de Futebol	22
4.2.2 Demanda do Banheiro	23
4.3 Dados Pluviométricos	23
4.4 Análise das Estruturas Existentes	24
4.5 Dimensionamento dos Elementos do Projeto de Aproveitamento de Águas Pluviais	26
5.0 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	3
Figura 1 Desigualdade da população no acesso a água potável	4
Figura 2 Distribuição dos Recursos Hídricos no Brasil	5
Figura 3 Bacias hidrográficas e principais rios do Distrito Federal	8
Figura 4 Leis Municipais de aproveitamento de água	8
Figura 5 Sistema de aproveitamento de água	10
Figura 6 Coeficientes para cálculo de contribuição	10
Figura 7 Ábaco para determinação do diâmetro do condutor vertical com saída em aresta viva	13
Figura 8 Ábaco para determinação do diâmetro do condutor horizontal com saída em funil	14
Figura 9 Fluxograma da Metodologia	19
Figura 10 Localização do Núcleo no Distrito Federal	20
Figura 11 Vista aérea do Núcleo	21
Figura 12 Fachada voltada para o campo de futebol	21
Figura 13 Precipitação média acumulada de 1962 a 2015	24
Figura 14 Planta de cobertura do templo	25
Figura 15 Fachada lateral	25
Figura 16 Dimensionamento e espaçamento da calha	25
Figura 17 Reservatório	26
Figura 18 Dimensões do reservatório	26
Figura 19 Parâmetros geométricos da calha	27
Figura 20 Condutores horizontais e caixas de inspeção	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Coeficientes de Runoff	11
Tabela 2 Coeficientes de Rugosidade	12
Tabela 3 Capacidade dos condutores horizontais de seção circular	14
Tabela 4 Demanda de irrigação do campo de futebol	23
Tabela 5 Demanda do banheiro	24
Tabela 6 Diâmetro dos condutores horizontais	28
Tabela 7 Simulação matemática	29

1.0 INTRODUÇÃO

Atualmente, questões que envolvem disponibilidade de água são de grande importância para a humanidade, pois dela depende a sobrevivência de toda vida existente e sua preservação é fundamental para o desenvolvimento das próximas gerações.

“A água disponível no território brasileiro é suficiente para atender as necessidades do país” (INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL, 2008). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014) o Brasil possui uma grande oferta hídrica, porém em algumas regiões a diferença entre a oferta e a demanda de água são significativas. Sendo assim algumas áreas que podem combinar fatores como baixa disponibilidade, alta demanda e poluição dos mananciais já sofrem com escassez deste recurso, passando por racionamentos e em casos mais graves até a falta de água para atendimento das necessidades básicas, como é o caso da região semiárida do Nordeste e também de parte do Sudeste.

De acordo com Tokarnia (2015), o Distrito Federal ainda não enfrenta problemas em relação ao abastecimento da população, contudo a Companhia de Saneamento Ambiental (CAESB) alerta que nos horários de pico o sistema de abastecimento de água chega a operar no limite, isto é o consumo fica próximo à marca de produção.

Marinoski (2007) cita que a utilização da técnica de aproveitamento da água de chuva é uma boa alternativa para atender a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis, uma vez que é um recurso natural amplamente disponível na maioria das regiões do Brasil. A água da chuva coletada e armazenada pode ser utilizada em torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas, de automóveis e em descarga de vasos sanitários reduzindo o consumo de água potável e possíveis racionamentos, possibilitando ainda a diminuição do escoamento dessa água nas áreas pavimentadas que estão sujeitas a causar alagamentos e enchentes, promovendo a preservação do meio ambiente e dos recursos hídricos

As florestas também são responsáveis pela disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, uma vez que protegem nascentes e mananciais e os mantêm limpos e a sua cobertura vegetal facilita a infiltração e diminui o escoamento superficial (INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL, 2008).

1.1 JUSTIFICATIVA

Por ter sido criado na Floresta Amazônica, o Centro Espírita Beneficente União do Vegetal nasceu com a vocação de respeito e zelo pela preservação do meio ambiente. Atualmente o Centro possui núcleos em várias capitais do Brasil e do exterior e, em concordância com esses preceitos, o Núcleo Estrela Matutina em Brasília, tem diversas iniciativas que buscam minimizar os impactos ambientais causados pela edificação no local, dentre elas é possível citar o reflorestamento de uma área devastada, a utilização de uma fossa de evapotranspiração para adubação e absorção de água contaminada, trabalhos de conscientização sobre a importância da preservação da água e do meio ambiente realizados na região e também com os sócios do centro.

Buscando economizar água potável e também a redução com as despesas geradas pela irrigação do campo de futebol, foram instaladas calhas no telhado do templo e foi construído um reservatório para possível implantação de um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais. Contudo, este sistema não está sendo utilizado e necessita de um estudo para justificar a sua conclusão, pois o reservatório foi dimensionado sem estudo prévio e não se sabe se a capacidade do reservatório é suficiente para armazenar a quantidade de água necessária para atender as demandas de irrigação e do banheiro.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo verificar o potencial para captação de água de chuva obtido através do dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, utilizando a estrutura já existente de um templo religioso no Distrito Federal.

São objetivos específicos deste projeto:

- Estimar as demandas;
- Verificar o dimensionamento dos elementos do sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- Verificar a capacidade de atendimento à demanda do reservatório de água pluvial existente no local, e
- Fazer um levantamento da quantidade de água coletada.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico que sustentará esta pesquisa científica, explorando os tópicos mais relevantes para o entendimento do tema proposto. Inicialmente trata-se dos dados necessários e normas existentes acerca do tema para que se possa elaborar um projeto.

2.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E NO MUNDO

A água cobre cerca de 71% da superfície do planeta, contudo nem toda água existente é potável, e nem toda água potável está facilmente disponível para uso. Do total desse volume, aproximadamente 97,5% está nos oceanos e por conter uma alta concentração de cloreto de sódio é considerada salgada e não pode ser utilizada para consumo humano

Os outros 2,5% é a chamada água doce, ou seja, água própria para o consumo humano. No entanto 69,8% desta água é encontrada em estado sólido, formando grandes massas de gelo nas regiões próximas dos polos e no topo de montanhas mais altas. Isso significa que somente 0,8% de toda água está disponível para ser captada em rios, lagos ou em aquíferos (PENA, 2015).

Se fosse igualmente distribuída, esta quantidade de água seria suficiente para atender aproximadamente sete vezes o mínimo anual que cada habitante do planeta necessita (INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL, 2008), porém seis países: Brasil, Canadá, Rússia, Indonésia, China e Colômbia possuem 50% de todas as reservas de água potável do planeta enquanto um terço da população vive em países que têm um consumo de água maior que a oferta (GALASTRI, 2010).

O problema da escassez de água não se dá somente pelas diferenças geográficas, é também consequência do aumento das demandas devido ao crescimento populacional e da degradação da qualidade da água. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento de Recursos Hídricos, na medida em que crescem as demandas por recursos hídricos no mundo, diminuem as probabilidades de fornecimento de água doce em muitas regiões, como consequência da mudança climática. Segundo este documento, há previsão de um aumento das desproporções econômicas entre certos países, assim como entre setores econômicos ou regiões dentro dos mesmos. Os países mais pobres estão mais sujeitos a sofrerem as consequências deste processo. A figura 1

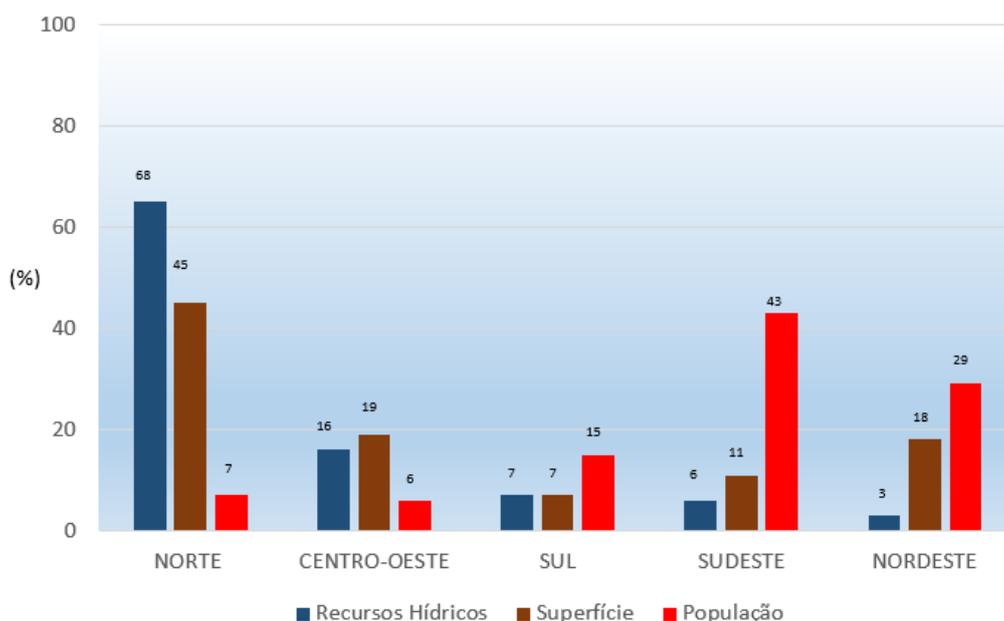


Figura 2: Distribuição dos Recursos Hídricos no Brasil.
 FONTE: [IBGE, 2003](#).

Há anos a Região Nordeste já enfrenta problemas de abastecimento de água na região conhecida como polígono das secas e recentemente São Paulo passou por uma grande crise hídrica quando o reservatório do Sistema Cantareira atingiu níveis muito baixos, comprometendo o abastecimento da região mais populosa do país.

2.1.1 RECURSOS HÍDRICOS NO DISTRITO FEDERAL

O Distrito Federal localizado na Região Centro-Oeste do Brasil, possui um território com cerca de 5.801,9 km², o que corresponde a apenas 0,067% do território brasileiro. A sua população, segundo o censo do ano de 2010 é de aproximadamente 2.570.160 habitantes (IBGE, 2010). Está situado numa região de terras altas que servem como dispersores das drenagens que fluem para três importantes bacias fluviais do Brasil: Prata, Araguaia-Tocantins e São Francisco (IBRAM, 2015).

A Figura 3 apresenta um mapa com a delimitação das bacias hidrográficas do Distrito Federal e seus principais rios.

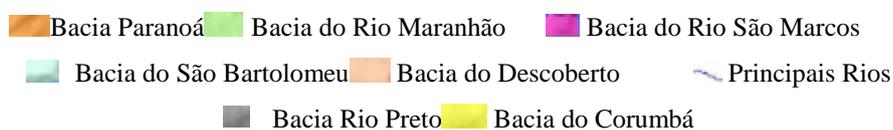
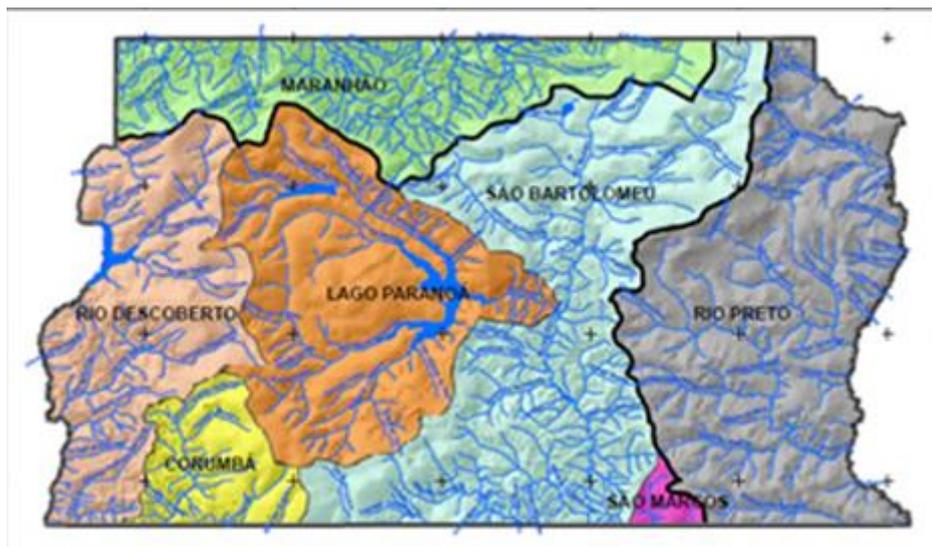


Figura 3: Bacias hidrográficas e principais rios do Distrito Federal.

FONTE: Adasa 2015.

Entre as principais bacias pode-se citar a Bacia do Descoberto, Bacia do São Bartolomeu, Bacia do Rio Corumbá, Bacia do Rio Preto, Bacia do Rio Maranhão, Bacia do Paranoá e Bacia do Rio São Marcos.

Vários fatores estão contribuindo para a depreciação dos recursos hídricos no Distrito Federal, dentre os mais graves é possível citar a ocupação errada do solo, a urbanização desenfreada, o aumento da demanda, a utilização de poços irregulares e a má conservação dos mananciais. Todos esses fatores reunidos acarretam em problemas que diminuem a quantidade e a qualidade de água disponível. Dentro deste panorama, já existem situações de graves conflitos ambientais quanto ao uso dos recursos hídricos em todas as principais bacias hidrográficas do Distrito Federal (IBRAM, 2015).

Quanto às águas subterrâneas, em função do novo modelo de ocupação do solo, o uso de águas subterrâneas no Distrito Federal aumentou muito nos últimos 15 anos. Desde 1985, com o surgimento de condomínios e com a ampliação de núcleos urbanos consolidados, as águas subterrâneas passaram a desempenhar um papel de fundamental importância no abastecimento público. Nesse cenário, o número de poços tubulares profundos na região do Distrito Federal triplicou. O aumento da demanda pela água subterrânea está diretamente ligado ao aumento da densidade populacional em regiões fora do alcance do Sistema Integrado de Abastecimento da CAESB (GUIMARÃES *et al*,

2013).

O consumo de água por habitantes no DF varia de cidade para cidade, mas a média brasiliense é de 274 litros dia. As cidades que tem uma condição socioeconômica melhor têm um consumo maior, chegando a 1026 litros por dia no Lago sul, enquanto as cidades com menores condições socioeconômicas têm o menor consumo, como é o caso do Recanto das Emas com um gasto diário de 120 litros. Em ambos os casos, o consumo está acima do recomendado pela ONU que considera ideal o consumo de 110 litros de água por habitante por dia (BERNARDES, 2011).

2.2 LEGISLAÇÃO DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Atualmente no Brasil não existe legislação federal específica para aproveitamento de água de chuva, porém algumas cidades têm legislação própria que definem alguns parâmetros e regras para aprovação de projetos.

No Distrito Federal em 2008, foi aprovado o projeto de autoria do Deputado Batista das Cooperativas, que criou o programa de captação de água da chuva no Distrito Federal. A Lei nº 4181, de 21 de julho de 2008 tem como objetivos a captação, o armazenamento e a utilização das águas pluviais pelas edificações urbanas.

A Lei estimula o poder executivo a apoiar, diretamente ou por meio de parcerias com a iniciativa privada, ações como: instalação, nas casas e prédios públicos e particulares, com mais de duzentos metros quadrados de área construída, de caixas ou reservatórios de água, com tampa parcialmente removível, coletores e armazenadores da precipitação atmosférica; instalação de calhas adaptadas., cada edificação conterà uma caixa ou reservatórios de água destinado unicamente ao armazenamento de água pluvial e toda água coletada será utilizada em atividades que dispensem o uso de água tratada.

Marques (2012) apresenta um quadro resumo com algumas leis municipais existentes no Brasil, sua abrangência e objetivos. Como mostra o quadro 1:

Número da Lei	Abrangência	Objetivo
Lei n° 13.276/2002	São Paulo	Obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por cobertura e pavimentos nos lotes, edificados ou não que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Estabelece que a água captada deva, preferencialmente, ser infiltrada no solo, podendo ser direcionada a rede de drenagem após uma hora do término da chuva ou ainda ser utilizada para fins não potáveis
Lei n° 10.785/2003	Curitiba- Paraná	Criou o programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, que tem como objetivo instituir medidas visando induzir a conservação, uso racional e utilização de fontes.
Lei n° 14.018/2005	São Paulo	Tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.
Lei n° 8.718/2006	Ponta Grossa- Paraná	O objetivo dessa lei é que todas as edificações apliquem o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água pluvial.
Lei n° 10.506/2008	Porto Alegre – Rio Grande do Sul	As novas edificações sem reaproveitamento das águas pluviais não ganharão o habite-se da prefeitura. Além disso os prédios serão obrigados a ter um hidrômetro para cada apartamento.

Figura 4: Leis Municipais de aproveitamento de água.

FONTE: Marques 2012.

Na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) existem duas normas, a NBR 10.844/1989 “Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento”, cujo principal objetivo é estabelecer critérios necessários para o desenvolvimento das instalações de drenagem de águas pluviais e a NBR 15.527/07 “Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis” que cita termos e definições, condições gerais, concepção do Sistema de aproveitamento de águas pluviais, calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção e métodos de cálculo para o dimensionamento dos reservatórios (Sampaio 2013).

2.3 ELEMENTOS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA

Segundo COHIM, GARCIA e ASHER KIPERSTOK(2008)um sistema de captação e utilização de água de chuva é composto de:

- captação: Várias superfícies impermeáveis podem ser utilizadas para captação de água pluvial, os telhados são as que oferecem a melhor qualidade de água e por este motivo são mais utilizados. A quantidade de água de chuva que pode ser captada é diretamente proporcional à área do telhado, e o material do qual ele é feito tem influência em fatores como qualidade da água captada e nas perdas por evaporação e absorção
- calhas e tubulações: Têm a função de transportar a água coletada, podem ser encontrados em diversos materiais como PVC, alumínio e aço galvanizado que é o material está sendo utilizado nas calhas instaladas no templo . É importante ressaltar que toda a tubulação que fizer parte desse sistema deve estar destacada com cor diferente e avisos de que essa conduz água de chuva evitando, assim, conexões cruzadas com a rede de água potável.
- tratamento: Para fins não potáveis o tratamento não é necessário, assim recomenda-se somente a não utilização dos primeiros milímetros de chuva pois eles normalmente contêm as concentrações de poluentes, galhos e outras impurezas que podem acumular no fundo reservatório, diversos dispositivos já foram desenvolvidos e testados com este objetivo.
- bombas: Estes dispositivos devem ser utilizados quando os pontos de utilização estão em cotas superiores a do nível de água no reservatório principal.
- reservatórios ou cisternas: é a parte mais cara do sistema, podem ser enterrados, apoiados ou elevados. Diversos materiais podem ser utilizados na fabricação dos reservatórios, sendo, portanto, necessário avaliar em cada caso aspectos como: capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnica, custo, disponibilidade local.

A figura 5 mostra um esquema simplificado de um sistema de captação de água

através do telhado.



Figura 5: Esquema de um sistema de captação de água de chuva.
Fonte: ROTARY CLUB 2015.

2.4 TÉCNICAS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O dimensionamento dos elementos de captação e distribuição podem ser feitos de acordo com a NBR 10.844/1989.

2.4.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Para dimensionar a área de captação, a norma recomenda uma correção de acordo com a inclinação e o tipo de telhado da edificação. Para um telhado de duas águas, como o da figura 5, as correções devem ser feitas de acordo com a equação 1:

$$A = (a + h \div 2) \cdot b \quad (1)$$

Onde:

A, é a área de contribuição, em m², corrigida;

os coeficientes “a”, “b” e “h” correspondem as dimensões mostradas na figura

6.

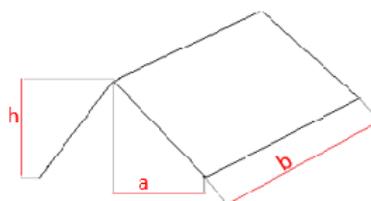


Figura 6: Coeficientes para cálculo de área de contribuição.

2.4.2 VAZÃO DE PROJETO

Após coletada, a água de chuva percorrerá os elementos de distribuição (calhas e condutores) com uma determinada vazão, esta vazão é denominada vazão de projeto e é calculada pela seguinte equação:

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

Onde:

- Q, é a vazão de projeto em L/min;
- c, é o coeficiente de escoamento superficial;
- i, é a intensidade pluviométrica em mm/hora e
- A, é a área de contribuição em m²

A norma fornece valores de i para quase todos os estados brasileiros, mas não para o Distrito Federal. Porém, é possível obter este valor através da equação contida no Termo de Referência da NOVACAP.

$$i = \left[\frac{21,7.Tr^{0,16}}{(t+11)^{0,815}} \right] \quad (3)$$

Onde:

- i = intensidade de chuva (mm/min);
- Tr = período de retorno (anos);
- t = tempo de concentração (min);

O tempo de retorno recomendado para coberturas é de 5 anos e a duração da chuva é de 5 minutos.

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de runoff é a relação entre a lamina de água escoada e a lamina precipitada, este coeficiente varia de acordo com o material da superfície coletora. A tabela 1 apresenta alguns valores para os materiais mais utilizados.

Tabela 1: Coeficientes de Runoff.

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUNOFF
Telhas Cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95

Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, PVC	0,9 a 0,95

Fonte: NBR10844/1989

4.2.3 CALHAS

Após a determinação da vazão de projeto, deverá ser dimensionada a calha. Onde a seguinte verificação tem que ser atendida:

$$Q > Q_c$$

A capacidade de condução da calha (Q_c) é calculada pela equação de Manning-Strickler, indicada a seguir:

$$Q_c = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Onde:

Q_c = Capacidade de condução da calha, em L/min

S = área da seção molhada, em m²

n = coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 2)

R = raio hidráulico, em m

P = perímetro molhado, em m

δ = declividade da calha, em m/m

$K = 60.000$

Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade

Material	N
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,014

Fonte: NBR 10.844/1989.

O raio hidráulico, a área da seção molhada e o perímetro molhado são parâmetros geométricos que dependem do tipo de calha e são calculados pelas equações 5, 6 e 7 respectivamente.

Raio Hidráulico:

$$R h = \frac{S}{P} \quad (5)$$

A área da seção molhada:

$$S = b \times h \quad (6)$$

Perímetro molhado:

$$P = 2 \times h + b \quad (7)$$

Onde:

b = largura da calha em mm

h = altura da lâmina de água na calha

2.4.4 CONDUTORES VERTICAIS

O dimensionamento dos condutores verticais e horizontais é feito através de ábacos da NBR10844/1989. Os dados de entrada nos ábacos são: a vazão de projeto em L/min, a altura da lamina de água dentro da calha em mm e o comprimento do conduto vertical em m e o dado de saída é o diâmetro da tubulação de acordo com o tipo de saída da calha, em aresta viva ou em funil, como mostram as figuras 7 e 8.

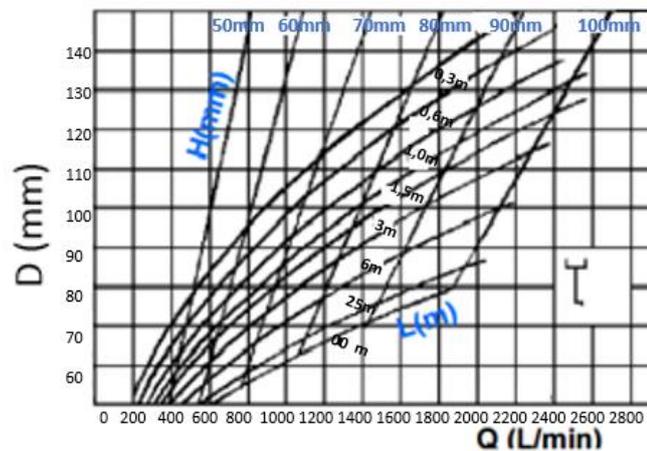


Figura 7: Ábaco para determinação do diâmetro do condutor vertical com saída em aresta viva.

Fonte: ABNT-1989 Adaptado.

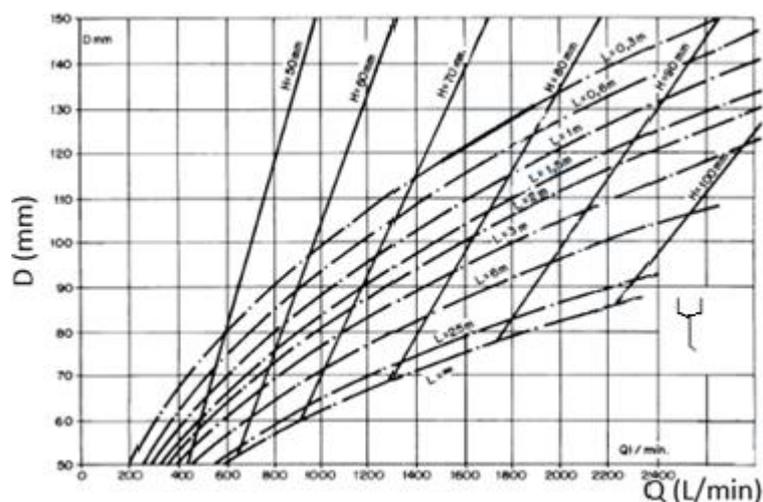


Figura 8: Ábaco para determinação do diâmetro do condutor vertical com saída em funil.

Fonte: ABNT-1989 Adaptado.

2.4.5 CONDUTORES VERTICAIS

A norma recomenda que os condutores horizontais sejam projetados com uma declividade uniforme e de valor mínimo de 0,5% e que o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular, sejam feitos para escoamento com lâmina de altura igual a $2/3$ do diâmetro interno (D) do tubo. Deverão existir caixas de inspeção, para condutores aparentes, e caixas de areia, para condutores enterrados, sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos. A ligação entre os condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

A tabela 3 fornece o diâmetro do condutor de acordo com coeficiente de rugosidade n.

Tabela 3: Capacidade de condutores horizontais de seção circular.

Diâmetro interno mm	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	25	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882

150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	2070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: NBR 10.844/1989.

Dimensionados os elementos de captação e distribuição, deve-se então prosseguir para o dimensionamento do elemento de armazenamento, o reservatório.

O reservatório é a parte do projeto que tem o maior custo, portanto é necessário saber a disponibilidade e a demanda de água para que seu dimensionamento seja feito de maneira eficiente.

2.4.6 RESERVATÓRIO

De acordo com Lanna (2001), a variabilidade temporal das vazões pluviais faz com que haja excesso de água nos períodos chuvosos e falta de água nos períodos secos, o que justifica a necessidade de armazenamento nos períodos em que há excesso para complementação das demandas na estação seca. No entanto, por serem aleatórias, as vazões nem sempre poderão atender as demandas integralmente, sendo assim, em alguns períodos a dimensão do reservatório será suficiente e em outros não.

Para calcular a dimensão ideal do reservatório devem ser considerados juntamente os seguintes fatores: custo de investimento na sua implantação, que é diretamente proporcional a dimensão do reservatório, e custo da escassez de água nos períodos secos, sendo este custo inversamente proporcional ao volume que se pode armazenar.

O Anexo A da NBR 1527/2007 traz alguns dos métodos mais utilizados para o dimensionamento do reservatório, sendo eles o Método da Simulação Matemática, Método de Rippl, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

O Método da Simulação Matemática, segundo Lanna (2001), necessita de informações gerais que permanecerão fixas durante a simulação e em seguida estabelece duas condições iniciais: o intervalo inicial de simulação e o armazenamento inicial. Para que modelo faça a simulação correta as condições estabelecidas anteriormente devem representar uma situação real, por exemplo, ao início ou término da estação úmida é possível determinar se o reservatório estará cheio ou vazio. Então são introduzidos os valores tentativos para o cálculo da capacidade útil do reservatório, V , e a demanda D a

ser atendida.

Aplicando a equação do balanço hídrico ao reservatório para um determinado mês:

$$S(t+1) = Q(t) + S(t) - D(t) \quad (8)$$

Onde:

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (9)$$

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t , sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$

$D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial

O armazenamento ao final em cada intervalo de tempo $S(t+1)$, não pode ser superior a capacidade de armazenamento V e nem menor que zero, neste último caso existe incompatibilidade entre a capacidade útil do reservatório e a demanda a ser suprida.

Contudo, sendo atendidos os critérios e chegando a conclusão de que existe compatibilidade entre a demanda D e a capacidade útil do reservatório V , ainda assim é possível estar ocorrendo um superdimensionamento do reservatório, o que fica comprovado quando o armazenamento mínimo observado ao longo da simulação, for muito superior a zero ou se o armazenamento final for muito superior ao que se esperava obter no intervalo final da simulação. Neste caso é possível alterar o valor de V até que seja obtido um dimensionamento mais adequado.

De acordo com Tomaz (2012), o método de Rippl super dimensiona o reservatório, porém é recomendado utilizá-lo quando é necessário verificar o limite superior do reservatório de acumulação de água de chuva.

O volume do reservatório é determinado através das seguintes equações:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (10)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (11)$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0$$

Sendo que:

$$\sum D(t) < \sum Q(t)$$

Onde:

S (t) é o volume de água no reservatório no tempo t;
Q (t) é o volume de chuva aproveitável no tempo t;
D (t) é a demanda ou consumo no tempo t;
V é o volume do reservatório, em metros cúbicos;
C é o coeficiente de escoamento superficial.

Segundo Campos apud Sampaio (2013, p. 18) quanto menor o intervalo nos dados pluviométricos, mais preciso é o dimensionamento e a utilização de dados diários é suficiente, entretanto o uso de dados mensais também apresenta resultados satisfatórios.

O método prático Alemão é um método empírico onde se adota o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V \text{ adotado} = \text{mín} (V; D) \times 0,06 \quad (12)$$

onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V adotado é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

Método prático Inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (13)$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, em milímetros (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, em metros quadrados, e

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

Método Azevedo Neto

o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$v = 0,042 \times P \times A \times T \quad (14)$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros

quadrados;

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em .litros (L).

Método prático Australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (15)$$

onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O volume do reservatório é estimado através de tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório, conforme a equação 16:

$$V_t = V(t - 1) + Q_t - D_t \quad (16)$$

Onde:

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

$V(t-1)$ é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

D_t é a demanda mensal;

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V(t-1) + Q_t - D) < 0$,

então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$Pr = \frac{Nr}{N} \quad (17)$$

Onde:

Pr é a falha;

Nr é O número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$; N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Confiança = (1 - Pr)

(18)

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %.

3 METODOLOGIA

Para a verificação do potencial de captação de água de chuva obtido através do dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, no templo religioso, foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas: descrição do objeto de estudo, levantamento de dados referentes a demanda de água, dados pluviométricos da região, análise das estruturas existentes e simulação matemática do uso do reservatório, conforme a figura 9.

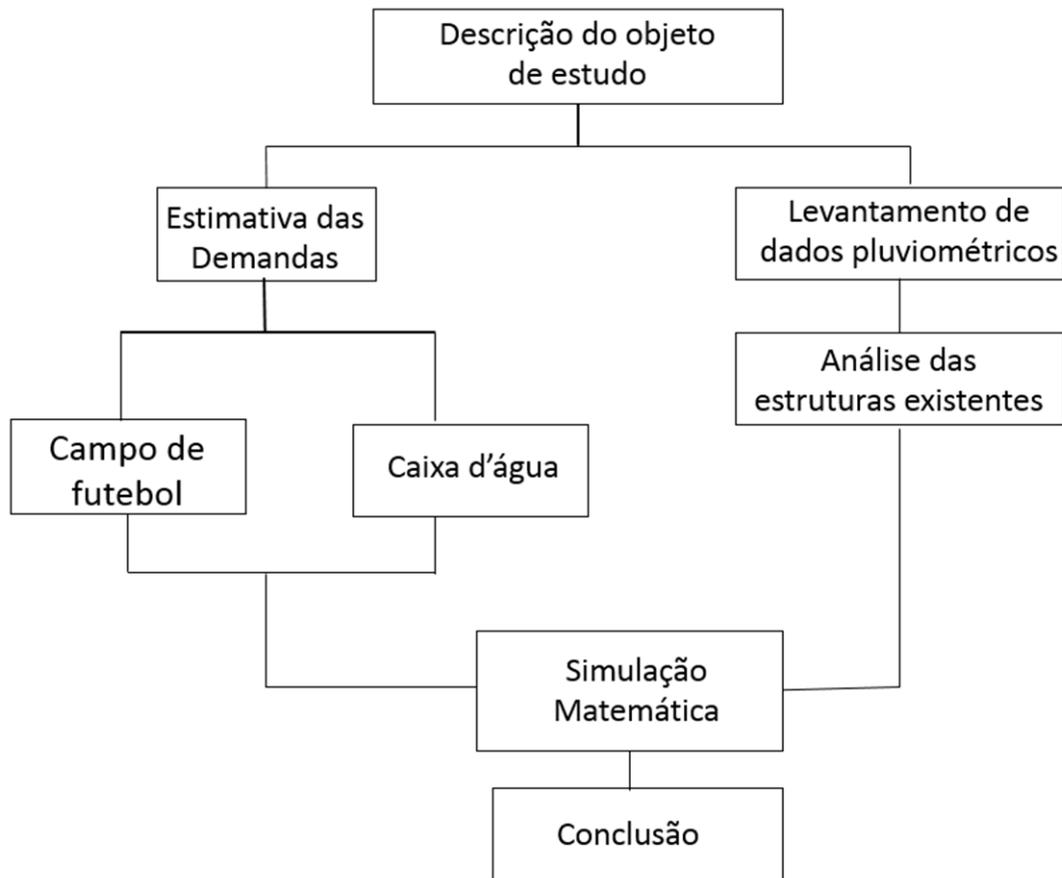


Figura 9: Fluxograma da metodologia

4.0 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 DESCRIÇÃO DO NÚCLEO

O Centro Espírita Beneficente União do vegetal possui uma Sede Geral e 212 núcleos distribuídos em todos os estados do território brasileiro e no exterior possui núcleos e distribuições nos Estados Unidos, Canadá, Portugal, Espanha, Suíça, Holanda, Austrália, Itália e Peru.

O Núcleo Estrela Matutina possui uma área total de 30.000m² com uma área construída de aproximadamente 1.000 m² onde estão localizados os dormitórios, banheiros, cozinha, refeitório, secretaria, tesouraria e o templo que ocupa uma área de 480m². Possui também áreas verdes destinadas ao lazer, como um parquinho, um mirante e um campo de futebol de 300m². As figuras 10, 11 e 12 mostram respectivamente, a localização no Distrito Federal, vista aérea do Núcleo e fachada do templo voltada para o campo de futebol.



Figura 10: Localização do Núcleo no Distrito Federal.

Fonte: Google Earth 2015.



Figura 11: Vista Aérea.
Fonte: Google Earth 2015.



Figura 12: Fachada voltada para o campo de futebol.

A cobertura do templo é de telhas metálicas galvanizadas. Para a drenagem da água pluvial existem calhas metálicas que não estão ligadas a nenhuma tubulação, as calhas possuem aberturas para condutores verticais com 100 mm de diâmetro. Próximo ao templo, foi construído um reservatório cilíndrico com capacidade de armazenamento de 27m³ de água.

4.2 DEMANDAS

No núcleo existem duas demandas de água que podem ser substituídas por água de chuva sem tratamento prévio, sendo elas as demandas do campo de futebol com 300 m² de área coberta por grama batatais e das 10 bacias sanitárias do banheiro.

4.2.1 DEMANDA DO CAMPO DE FUTEBOL

A demanda hídrica da grama batatais varia com a região em que ela está sendo cultivada e com a época do ano. Por ser uma espécie muito resistente aos longos períodos de estiagem, essa cultura se adaptou bem ao clima do Distrito Federal.

Em entrevista com o zelador do Núcleo, que é o responsável pela irrigação do campo de futebol, foram obtidas as seguintes informações: o campo é irrigado uma vez por semana no período de estiagem e a cada 15 dias no período chuvoso, porém em meses em que a chuva é frequente a irrigação é suspensa. O critério utilizado pelo zelador é empírico, ou seja, baseado nas observações do aspecto visual do gramado.

A irrigação é feita manualmente utilizando-se uma mangueira que fica aberta por 90 minutos. A vazão da torneira ligada a mangueira de irrigação foi estimada experimentalmente através da medição do tempo necessário para preencher um recipiente com volume de vinte litros e a vazão da mangueira é calculada a partir da equação 10:

$$Q_m = \frac{20}{t} \quad (19)$$

Onde:

Q_m é a vazão da mangueira em litros por segundo;

t é o tempo necessário para preencher um recipiente de 20 litros, em s.

A quantidade de água utilizada para a rega do gramado foi estimada através da seguinte equação:

$$V = Q_m \times t \quad (20)$$

Onde:

V é o volume total de água utilizado em uma rega, em litros;

Q_m é a vazão da mangueira em litros por segundo e

t é o tempo, em segundos, de irrigação.

A demanda mensal de irrigação é o produto do volume total de água utilizado em uma rega pelo número de regas no período.

A tabela 4 apresenta as demandas de irrigação no período chuvoso e no período de estiagem.

Tabela 4: Demandas de irrigação do campo de futebol

Período	Demanda mensal (L)
Estiagem	4320
Chuvoso	8640

4.2.2 DEMANDA DO BANHEIRO

A água de chuva coletada e armazenada para utilização nos banheiros será destinada somente às bacias sanitárias e mictórios, por se tratar de água não potável, não poderá ser utilizada em pias e chuveiros.

A demanda de água de chuva utilizada no banheiro foi estimada de acordo com a equação 21:

$$Dc = Vd \times n \quad (21)$$

Onde:

Dc é a demanda da caixa d'água em litros;

Vd é o volume, em litros, de água utilizado em cada bacia sanitária ou mictório,

e

n é o número de vezes em que as descargas são acionadas mensalmente.

O valor de “n” foi obtido através de contagem no local em um dia de atividade e multiplicado pelo número de dias de atividades em um mês.

Os valores das demandas do banheiro são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Demanda do Banheiro

Aparelho	Volume por descarga (L)	Número de acionamentos mensais	Demanda
Bacia Sanitária	6	573	3438
Mictório	2	297	594
Total			4032

4.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos necessários para o estudo e o projeto do Sistema de aproveitamento de águas pluviais são as séries históricas de precipitações diárias e mensais, esses dados são fornecidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados dados de precipitação do período de 01/01/1962 até 31/01/2015.

O Distrito Federal está localizado numa região onde as chuvas acontecem em épocas bem definidas, que determinam basicamente dois períodos, o de estiagem e o chuvoso.

Para a determinação do período de estiagem foi feito um gráfico com a média mensal acumulada para o período de 53 anos, apresentado na figura 13.

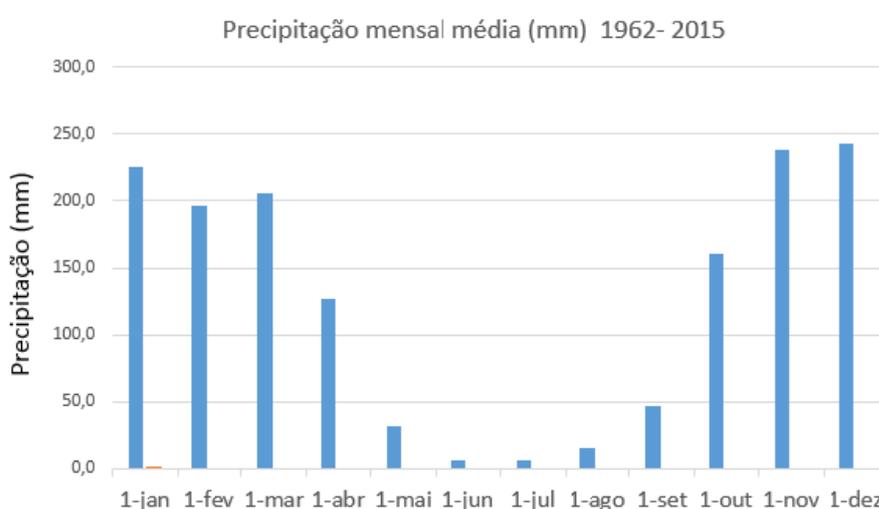


Figura 13: Precipitação média acumulada de 1962 a 2015

O período de maio a setembro é considerado o período de estiagem e o período de outubro a abril é considerado o período chuvoso.

4.4 ANÁLISE DAS ESTRUTURAS EXISTENTES

O templo possui alguns dos elementos que compõe o sistema de Aproveitamento de água de chuva, sendo eles a área de coleta (telhado), os condutores horizontais (calhas), e o reservatório.

A cobertura do telhado foi feita com telhas metálicas galvanizadas e possui duas águas com uma área total de 503,7 m², entretanto a área destinada a coleta de água de chuva é somente de 296m², correspondente à parte com caimento voltado para o campo

de futebol, estas áreas estão representadas como área 1 e área 2 nas figuras 14 e 15.

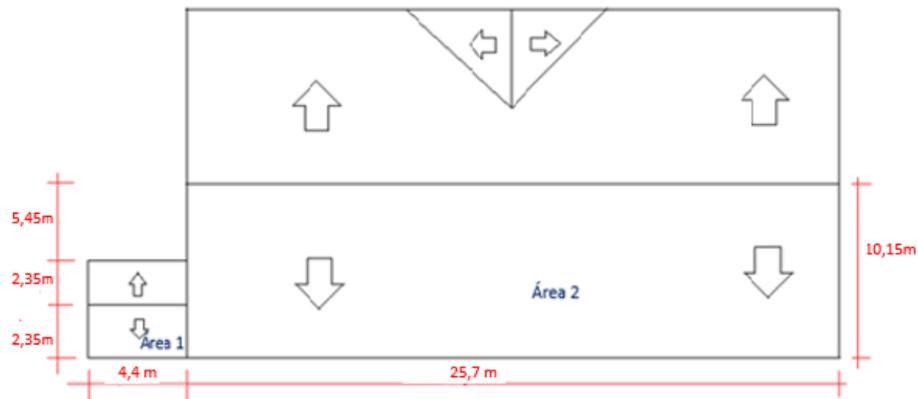


Figura 14: Planta de cobertura do templo.



Figura 15: Fachada Lateral.

A Calha retangular que coleta água desta parte do telhado é feita de chapa de aço galvanizado, e possui quatro aberturas de 100mm para condutores verticais, as dimensões e o espaçamento são mostrados na figura 16.

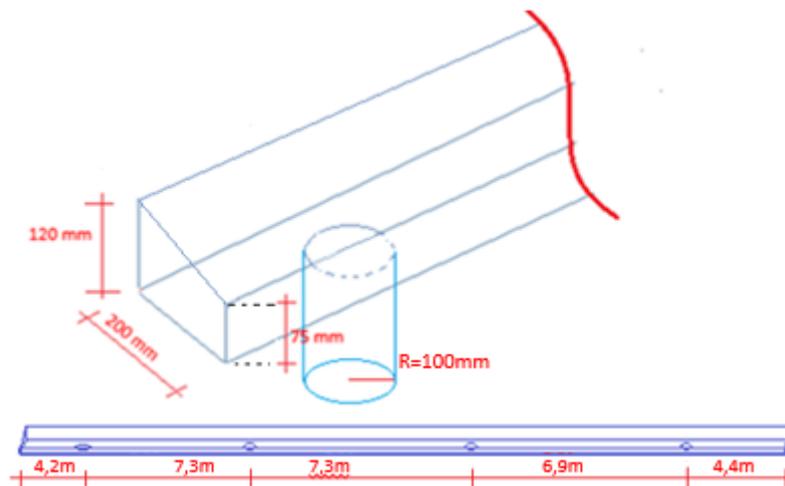


Figura 16: Dimensões e espaçamento da calha.

O reservatório de concreto armado foi construído em 2007 e necessita de manutenção e verificação de estanqueidade, está situado em um terreno plano com cota

vertical de 7 metros abaixo do nível do templo e 70cm acima do campo de futebol e possui capacidade de armazenar 27m³ de água.



Figura 17: Reservatório.

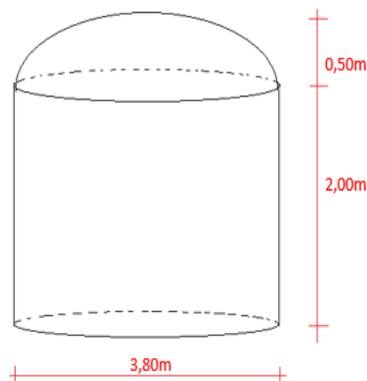


Figura 18: Dimensões do Reservatório.

4.5 DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DO PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Nesta etapa será feita a verificação do atendimento às normas pelas estruturas existentes para o dimensionamento dos elementos que ainda faltam para completar o sistema. Todas as verificações e dimensionamentos foram feitos com as diretrizes das normas NBR 10.844/1989 e NBR 15.527/2007.

4.5.1 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

Utilizando-se a equação 1 para as áreas 1 e 2 a área total de contribuição é de 293,37m²

4.5.2 VAZÃO DE PROJETO

Utilizando-se a equação 3 o valor da intensidade pluviométrica é de 2,9 mm/ min ou 174 mm/h.

A superfície coletora é coberta por telhas metálicas, pela tabela 2 o valor do

coeficiente de Runoff utilizado para o projeto é $c = 0,9$.

Logo, a vazão de projeto calculada pela equação 2 é $Q = 765,70 \text{ L/min}$

4.5.3 CALHAS

A declividade da calha é de 2%, dentro dos valores recomendados pela norma. Para que possa ser utilizada, a capacidade de condução da calha deve ser maior que a vazão de projeto.

Os Valores de b , h e x da calha estão representados na figura 19.

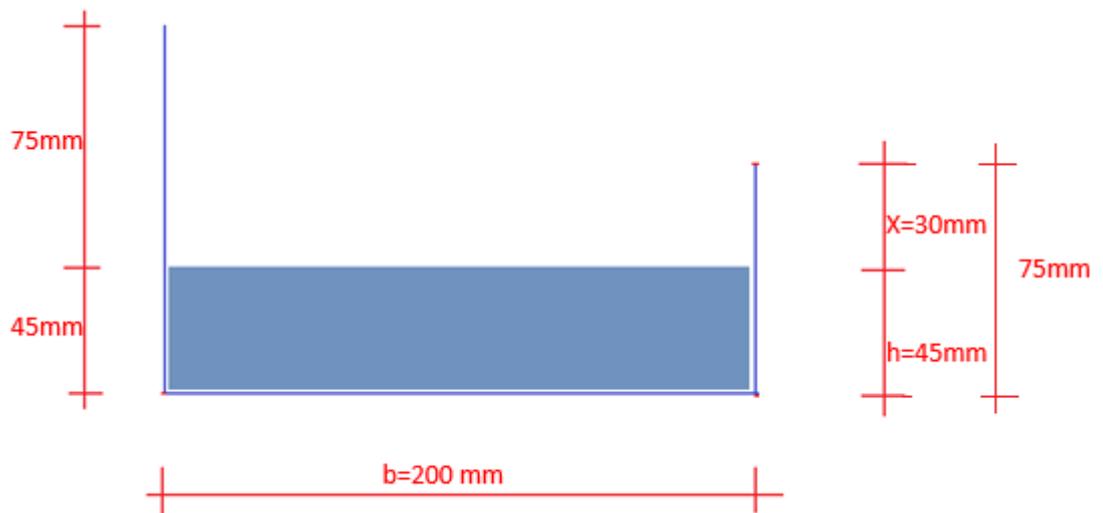


Figura 19: Geometria da calha

Da equação 5, raio Hidráulico:

$$Rh = 0,045$$

Da equação 6, área da seção molhada:

$$S = 0,009\text{m}^2$$

Da equação 7, perímetro molhado:

$$P = 0,29\text{m}$$

Declividade $\delta = 0,02$

Coefficiente de rugosidade $n = 0,011$

Aplicando os valores na equação 4, o valor encontrado para a capacidade de condução da calha é de $878,2 \text{ L/min}$. Logo:

$$Q_c > Q$$

Como a capacidade de condução da calha é maior que a vazão de projeto ela poderá ser

aproveitada para o projeto.

Para evitar o entupimento da calha por folhas ou detritos é recomendado a instalação de um ralo hemisférico em cada saída.

4.5.4 CONDUTORES VERTICAIS

A calha possui abertura para condutores verticais de 100mm de diâmetro, portanto somente será feita a verificação de atendimento à norma para este valor.

Estão previstos 4 condutores verticais, distribuindo a vazão de projeto entre eles o valor de entrada no ábaco é 191,42 L/min, a altura da lamina de água dentro da calha é de 45mm e o comprimento do conduto vertical é 4,4 m, sendo este comprimento a distância entre a calha e caixa de passagem.

O dado de saída é o diâmetro da tubulação em mm. O valor encontrado utilizando o ábaco (figura 6) fornecido pela norma é menor que o diâmetro mínimo, então o valor de 100 mm para calha com saída em aresta viva atende os requisitos da norma.

4.5.5 CONDUTORES HORIZONTAIS

Os condutores horizontais de seção circular foram dimensionados para escoamento com lâmina de altura igual a $\frac{2}{3}$ do diâmetro interno (D) do tubo. E o diâmetro dos condutores foram retirados da tabela 3, conforme a vazão em cada trecho. Os diâmetros são apresentados na tabela 6.

Tabela 6: Diâmetros dos condutores horizontais.

Trecho	Vazão (L/min)	Declividade	Diametro (mm)
1-2	191,42	0,5	100
4-3	191,42	0,5	100
3-2	382,84	1	125
2-5	765,7	1	150

Como há mudança de declividade e mudança de direção ou interligação com outros condutores, estão previstas caixas de inspeção em todos os trechos. Conforme a figura 20;

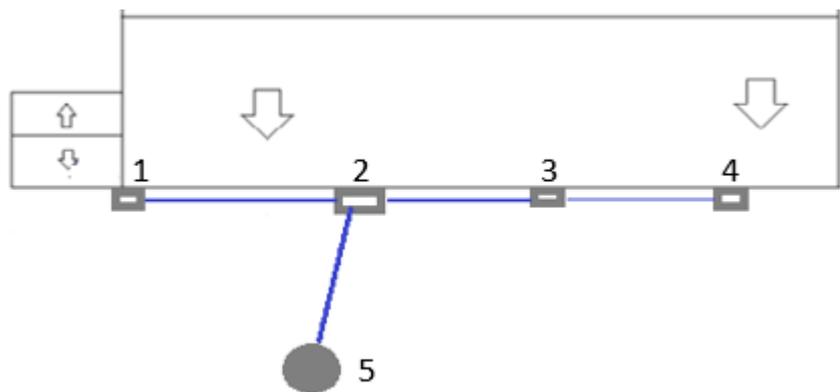


Figura 20: Condutores horizontais e caixas de inspeção.

4.5.6 RESERVATÓRIO

Como o reservatório já foi construído, foi necessário somente verificar quais demandas poderão ser supridas por ele. O método escolhido foi o método da simulação matemática que consta no Anexo A da NBR 15.527/2007. A tabela 7 apresenta os resultados da simulação matemática.

Tabela 7 – Simulação Matemática

mês (t)	Demanda banheiros (m³)	Demanda campo de futebol (m³)	Volume de chuva (m³)	Volume Reservatório início do mês (m³)	Volume Reservatório final do mês (m³)	Volume transbordado (m³)	Volume captado (m³)
Janeiro 1	4,03	4,32	46,66	0,00	27,00	11,31	35,35
Fevereiro 2	4,03	4,32	40,67	27,00	27,00	32,32	8,35
Março 3	4,03	4,32	42,50	27,00	27,00	34,15	8,35
Abril 4	4,03	4,32	26,19	27,00	27,00	17,84	8,35
Mai 5	4,03	8,64	6,54	27,00	20,87	0,00	6,54
Junho 6	4,03	8,64	1,22	20,87	9,41	0,00	1,22
Julho 7	4,03	8,64	1,34	9,41	0,00	0,00	1,34
Agosto 8	4,03	8,64	3,12	0,00	0,00	0,00	3,12
Setembro 9	4,03	8,64	9,59	0,00	0,00	0,00	9,59
Outubro 10	4,03	4,32	33,05	0,00	24,70	0,00	33,05
Novembro 11	4,03	4,32	49,32	24,70	27,00	38,67	10,65
Dezembro 12	4,03	4,32	50,21	27,00	27,00	41,86	8,35
TOTAL	48,38	73,44	310,42			176,15	134,27

Onde:

Coluna 1: Constam os meses do ano de janeiro a dezembro

Coluna 2: Demanda fixa do banheiro.

Coluna 3: Demanda do campo de futebol, variando conforme o período de

chuva ou de estiagem.

Coluna 4: O volume de chuva aproveitável $Q(t)$, obtido pela equação 9:

$$Q(t) = 0,9 \cdot 229,7 \cdot \text{Precipitação de chuva}$$

Onde:

Precipitação de chuva é a média mensal em m, de precipitação de uma série histórica de 53 anos.

0,9 é o coeficiente de escoamento superficial, e
293,97 a área do telhado em m^2

Coluna 5: O volume de água de chuva no reservatório no início do mês (t) . Para esta simulação matemática, foi utilizada a condição inicial de reservatório vazio, com volume $S(1) = 0$. Sendo que, $0 \leq S(t) \leq V$.

Quando $S(t) < 0$, o volume de água no reservatório não é suficiente para atender a demanda, portanto deve se fazer $S(t) = 0$.

Quando $S(t) > 0$, a quantidade de água disponível para aquele período foi suficiente para atender a demanda, encher o reservatório novamente e extravasar, portanto deve se fazer $S(t) = 27 m^3$.

Coluna 4: O volume de água de chuva no reservatório no final do mês (t) . Para o cálculo do volume de água no reservatório no final de cada mês, foi realizado o balanço hídrico da equação 8.

Coluna 6: o volume transbordado é o volume de chuva que não pôde ser armazenado no reservatório.

Coluna 8: O volume mensal captado é a soma da variação positiva do volume do reservatório com a demanda atendida, ambas no mesmo mês (t) .

5.0 CONCLUSÃO

Após a verificação do dimensionamento de todos os elementos que compõem o Sistema de Aproveitamento de água de chuva, verificou-se que os elementos existentes no templo podem ser aproveitados para um novo projeto.

As demandas do banheiro e do campo de futebol foram estimadas e poderão ser atendidas integralmente no período chuvoso, porém, no período de estiagem, nos meses de julho, agosto e setembro haverá déficit. A probabilidade de falha para este reservatório é de aproximadamente 25 %.

Aproveitando a água de chuva armazenada no reservatório para atender as demandas de irrigação do gramado do campo de futebol e do banheiro, o volume potencial de água a ser captado anualmente pelo sistema de aproveitamento de água é de 134.270 Litros.

No processo de simulação matemática foram observados que em vários meses o volume de água disponível é maior que a capacidade máxima de armazenamento do reservatório, e poderá ser armazenada numa bacia de retenção em um projeto futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.527 – **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**, 2007.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.844 – **Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento**, 1989.

BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; BARRAUD, Sylvie. Reservatórios individuais e outras técnicas localizadas. In: _____. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. p. 250-253.

BERNARDES, Adriana. Brasiliense gasta 2,5 vezes mais água do que o recomendado pela ONU. **Correio Braziliense**, Brasília, 14 mar. 2011.

BRASIL. DISTRITO FEDERAL. INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL. **Bacias do DF**.

BRASIL. DISTRITO FEDERAL. **Lei nº 4.181**, de 21 de Julho de 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Encarte especial sobre crise hídrica**. [s.l.]: ANA, 2014.

_____. **Geo Brasil: recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2007

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana; KIPERSTOK, Asher. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 9., 2008, Salvador-BA. **Anais...** Salvador: [s.n.], 2008.

GALASTRI, Luciana. **Quanta água existe na Terra?**

GUIMARÃES, Marco Aurélio et al. Histórico do uso do solo do Distrito Federal (DF) nas micro-bacias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 3230-3237.

INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL. **Almanaque Brasil Socioambiental**. São Paulo: ISA, 2007.

_____. **Água doce e limpa: de "dádiva" à raridade**.

LANNA, Antônio Eduardo. Regularização de vasões em reservatórios. In: TUCCI, Carlos E. M (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis**

em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. Florianópolis, Monografia (Graduação), Universidade Federal de Santa Catarina, 2007, 107 p.

MARQUES, Célia Medeiros. **Proposição de aproveitamento de água de chuva para o campus Campina Grande do IFPB:** Estudo da viabilidade econômica, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Paraíba, 2012, 33 p.

PITA, Marina. Manejo integrado. **Infraestrutura urbana**, São Paulo, n. 36, mar. 2014. p. 34-41.

SAMPAIO, Felipe Eugênio de Oliveira. **Análise da Viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de Sistema de Aproveitamento de água pluvial em centros urbanos**, Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, 2013, 11-33 p.

TOKARNIA, Mariana. Especialistas acreditam em falta de água no DF em 2018 **Agência Brasil**, Brasília, 20 mar. 2015.

TOMAZ, P. **Conservação da Água**. São Paulo: Ed. Digihouse, 1998. 176 p.
Dimensionamento de reservatórios de água de chuva, 2012.

UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT. Managing Water Report under Uncertainty and Risk. In: _____. **World Water Development Report: WWDR4**. 4. ed.

VILLELA, Sawami M , MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada** Aparecida. Ed Santuário, 1973. 107p.