



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MARIA ANALINE FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA
DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS**

PAU DOS FERROS/RN

2021

MARIA ANALINE FRREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA
DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Superior de
Bacharelado em Engenharia Civil, da
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido - UFERSA, Campus Pau dos
Ferros, em cumprimento às exigências
legais como requisito para a obtenção do
título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Wesley de Oliveira
Santos.

PAU DOS FERROS/RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Fd Ferreira, Maria Analine .
 DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA
 DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS
 PLUVIAIS / Maria Analine Ferreira. - 2021.
 44 f. : il.

 Orientador: Wesley de Oliveira Santos .
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2021.

 1. Programação. 2. Software . 3. Recursos
hídricos . I. de Oliveira Santos , Wesley ,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA ANALINE FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA
DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharela em
Engenharia Civil.

Defendida em: 01/06/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos – UFERSA
Presidente

Prof^ª. Ma. – Marília Calvacanti Santiago – UFERSA
1º examinadora

Prof. Me. Jennef Carlos Tavares– UFERSA
2º examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a minha fonte de inspiração, minha fé e meu destino, Deus. Obrigada por me dares sempre a tua mão como um pai amoroso que jamais abandona sua filha. Obrigada por todas as dádivas que recebo na vida dando o melhor de mim para o mundo. Obrigada por me mostrar que ao teu lado eu posso ser maior e mais forte que qualquer obstáculo da vida. Obrigada também pelas pessoas que o Senhor colocou em meu caminho, algumas delas me inspiram, me ajudam, me desafiam e me encorajam a ser sempre a melhor versão de mim.

Aos meus pais, Eudes Ferreira da Silva e Maria Antônia Pinheiro Ferreira por toda dedicação e amor, não existe outro no mundo que consiga ser incondicional, e demonstrar ao mesmo tempo um interesse tão grande e genuíno na minha felicidade. Obrigada por serem referência em minha vida e me ensinarem a caminhar com meus próprios passos, pela educação que me deram e por sempre estarem ao meu lado, não medindo esforços para que eu busque realizar todos os meus sonhos. Obrigada por serem sempre a minha fortaleza, os meus super-heróis. Meu caráter, meus valores e minha felicidade devo aos dois. Ter vocês como pais faz de mim uma pessoa muito abençoada no mundo. Obrigada por tudo. Amo muito vocês.

As minhas irmãs e irmãos, Maria Anaely Ferreira, Maria Anaclécia Ferreira, Maria Ana Gabriela Ferreira, Maria Andreia Ferreira, Ana Maria Ferreira, Francisco Moisés Ferreira e João Guilherme da Silva, por acreditarem em mim e no meu sonho, por me incentivarem e me ajudarem sempre que podem. Nosso laço é muito forte, nossa história é longa e diversificada e cada um de vocês tem um papel fundamental na minha vida e principalmente na minha formação. Obrigada por serem especiais de forma única e por estarem sempre comigo.

A todos os meus bons amigos, em especial a Heloisa Nascimento de Andrade, Vitor Gomes Melo Barra, Denise Kauanny de Araujo Rosendo, Raianny Mikaelly Melo de Almeida, Thallysmara Roberta Freitas de Moura, Cleto Rodrigues Durand Filho, Italo Eduardo Freitas Fonsêca, Wanessa Antunes de França, Thamara Moreira Martins, Francisco Caio Bezerra Queiroz, Ana Crolina da Silva Avelino. Com vocês vivenciei os melhores e os piores momentos, obrigada por estarem ao meu lado, vocês são incríveis e importantes demais em minha vida.

Aos meus queridos mestres pela devota dedicação empenhada em me passar o devido ensinamento, e por acompanharem a minha jornada enquanto universitária. Um agradecimento especial a professora Me. Marília Calvacanti Santiago por todo o seu carinho e cuidado, assumindo um papel de mãe. E ao meu orientador professor Dr. Wesley de Oliveira Santos, por toda paciência comigo me ensinando a lidar com calma perante assuntos importantes para o meu crescimento acadêmico.

Por fim, agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), sou grata a todo corpo docente, à direção e administração. Obrigada por ter me dado a chance de crescer pessoalmente e profissionalmente.

A todos, muito obrigada!

RESUMO

As demandas de utilização da água tornam-se cada vez maiores, e com suprimento limitado, é uma problemática frequente. Nas regiões áridas e semiáridas, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Porém, o fenômeno da escassez não é atributo exclusivo dessas regiões. Muitas áreas com taxas de precipitações anuais significativas, mas insuficientes para gerar vazões que atendam às demandas exorbitantemente elevadas, também experimentam conflitos de usos e enfrentam restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. Nas áreas urbanas a utilização de sistemas de captação de águas pluviais possibilita a realização de benfeitorias como o controle da drenagem do solo, prevenção de alagamentos, restauração do ciclo hidrológico e conservação de água potável. A nível predial é necessário a utilização de calhas, condutores verticais, caixas de areia, condutos horizontais descarregando nas sarjetas ou diretamente nos coletores públicos. Assim, esse trabalho apresenta como objetivo, o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para auxiliar no dimensionamento de instalações prediais de águas pluviais. Para tal, optou-se pelo uso de planilhas no Microsoft Excel, visto ser um meio consolidado e disseminado na automatização de cálculos dentro da engenharia. Assim, a planilha eletrônica foi criada de forma simples e intuitiva, proporcionando um aumento de produtividade para os usuários. Validou-se ao fim, a sua aplicação no objeto de estudo – Quadra poliesportiva da UFRSA campus Pau dos Ferros-RN, com resultados satisfatórios no dimensionamento de calhas e condutores verticais.

Palavras-chave: Programação. Software. Recursos hídricos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demandas do uso da água no Brasil 2017	15
Figura 2 - Evolução da retirada de água no Brasil (1931-2030)	16
Figura 3 - Sistema de captação	19
Figura 4 - Mapa de localização de Pau dos Ferros-RN	22
Figura 5 - Áreas de contribuição	25
Figura 6 - Mapa de localização UFERSA Campus Pau dos Ferros	26
Figura 7 - Duas águas- Planta de cobertura da quadra poliesportiva UFERSA <i>Campus</i> Pau dos Ferros.....	27
Figura 8 - Calha com saída em aresta viva.....	32
Figura 9 - Calha com funil de saída.....	32
Figura 10 - Dados de entrada.....	35
Figura 11 - Vazão de projeto	35
Figura 12 - Dimensionamento das calhas.....	36
Figura 13 - Calha com saída em aresta viva, projeção	37
Figura 14 - Calha com funil de saída, projeção.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais de uso na coleta e condução das águas da chuva	20
Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade.....	29
Tabela 3 - Calhas semicirculares quase horizontais com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ (vazão em L/min) para $h = 0,5D$	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos Do Rio Grande do Norte
CMPF	Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade Duração e Frequência
NBR	Norma Brasileira
RN	Rio Grande do Norte
SAAPs	Sistemas de Aproveitamento de Água Pluviais
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
VBA	Visual Basic for Applications

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
2.1	OBJETIVO GERAL	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3	REVISÃO TEÓRICA	11
3.1	ÁGUA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA	11
3.2	TECNOLOGIAS DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA	13
3.3	SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS	14
3.4	USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS NA ENGENHARIA	17
4	METODOLOGIA	19
4.1	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	20
4.2	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	22
4.3	VAZÃO DE PROJETO	24
4.4	DIMENSIONAMENTO DE CALHAS	25
4.5	DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES VERTICAIS	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1	DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS	31
5.2	DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES VERTICAIS	33
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS	37
	ANEXO A.....	41

1 INTRODUÇÃO

A água é o bem mais essencial a sobrevivência, de modo que não se pode imaginar a vida sem ela. Usada para beber, produzir e preparar o alimento de cada dia, para abastecimento das cidades, nas atividades domésticas e comerciais, é também essencial a manutenção e restauração dos diversos biomas e ecossistemas para equilíbrio ambiental do planeta.

Ainda que dois terços da superfície do planeta sejam constituídos por esse composto químico, a água potável, acaba sendo na realidade um recurso escasso. A quantidade de água doce na natureza corresponde a um percentual muito baixo se comparada ao total existente no globo, é nesse caso, um recurso limitado. O Brasil ainda pode ser considerado um país privilegiado quanto à disponibilidade hídrica total. No entanto a ocorrência da água é desigual no território e durante o ano, assim como a demanda por sua infraestrutura e utilização adequada para o seu aproveitamento e conservação (ANA, 2019).

As demandas de utilização da água tornam-se cada vez maiores, e com suprimento limitado, é uma problemática frequente. Muitos são os casos de racionamento de água, que ocorrem principalmente devido ao crescimento desordenado de algumas regiões e à essencialidade da água em termos de serviços e necessidades sociais. O solo sendo ocupado de forma não apropriada, um desordenado crescimento econômico, as atividades agrícolas, a expansão industrial, todos esses fatores têm contribuído de forma gradativa para tornar a disponibilidade hídrica em certas bacias hidrográficas conflitante com as demandas nas suas múltiplas modalidades de uso. Além de que, fatores como, descarte de esgotamentos sanitários e efluentes industriais sem qualquer tipo de tratamento, agrupados à disposição imprópria dos resíduos sólidos urbanos e industriais, têm afetado a qualidade das águas (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

Nas regiões áridas e semiáridas, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, implicando na busca por novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica existente. Porém, o fenômeno da escassez não é atributo exclusivo dessas regiões, muitas áreas com taxas de precipitações anuais significativas, mas insuficientes para gerar vazões adequadas para atender a demandas demasiadamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e enfrentam restrições de consumo, afetando o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (MANCUSO et al,

2003). Hoje é imprescindível desenvolver tecnologias capazes de economizar ou racionalizar a água, e uma dessas alternativas é fazer uso da água de chuva disponibilizada pela natureza.

A captação da água de chuva em residências contribui diretamente na conservação e no uso desse recurso hídrico potável, tendo em vista que os serviços que não necessitam de uma água de boa qualidade como é o caso das lavagens de pisos, rega de jardins, lavagens de roupas, etc., podem ser feitos com a água de captação passando ou não por um tratamento (INACIO, et al., 2013).

Nas áreas urbanas a utilização de sistemas de captação de águas pluviais possibilita benfeitorias como o controle da drenagem do solo, prevenção de alagamentos, restauração do ciclo hidrológico, conservação de água potável, além de educar as pessoas quanto ao uso racional da água (ZAIZEN et al. 2000). Sua aplicação é ambientalmente correta em todos os lugares.

Sabe-se que os telhados representam uma boa porcentagem das áreas urbanas impenetráveis, logo, são ideais para a captação de águas pluviais (Li *et al.*, 2010; Mehrabadi *et al.*, 2013). Isso torna evidente, a necessidade da existência do projeto de instalações prediais de águas pluviais, sendo que, para sua execução é necessário o uso de calhas, condutores horizontais e verticais, sistemas de filtração, dentre outros itens, que são especificados por normas.

De acordo com a norma brasileira NBR 10844 (ABNT, 1989) o projeto de instalações prediais de águas pluviais, corresponde ao conjunto de elementos que deve ser totalmente separado das demais instalações da construção para que não haja contaminação, responsável pela concentração, captação, armazenamento e tratamento do deflúvio para o uso não potável, garantindo à edificação conforto, segurança, funcionalidade, higiene, economia e durabilidade.

Com a finalidade de auxiliar na implantação apropriada de instalações prediais de águas pluviais e cooperar com o panorama de gestão de águas pluviais, objetiva-se com o estudo presente nesse trabalho, oferecer uma planilha de Excel, que de forma simples e dinâmica, possa realizar o dimensionamento de calhas, reduzindo o tempo gasto com a quantidade de cálculos envolvidos e garantindo segurança para que não ocorra erros de superdimensionamento ou subdimensionamento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo é desenvolver uma planilha eletrônica de auxílio ao dimensionamento de instalações hidráulicas prediais de águas pluviais de maneira prática.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Auxiliar no panorama de gestão de águas pluviais;
- Validar os resultados obtidos por meio da planilha a partir do exemplo prático de dimensionamento.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 ÁGUA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA

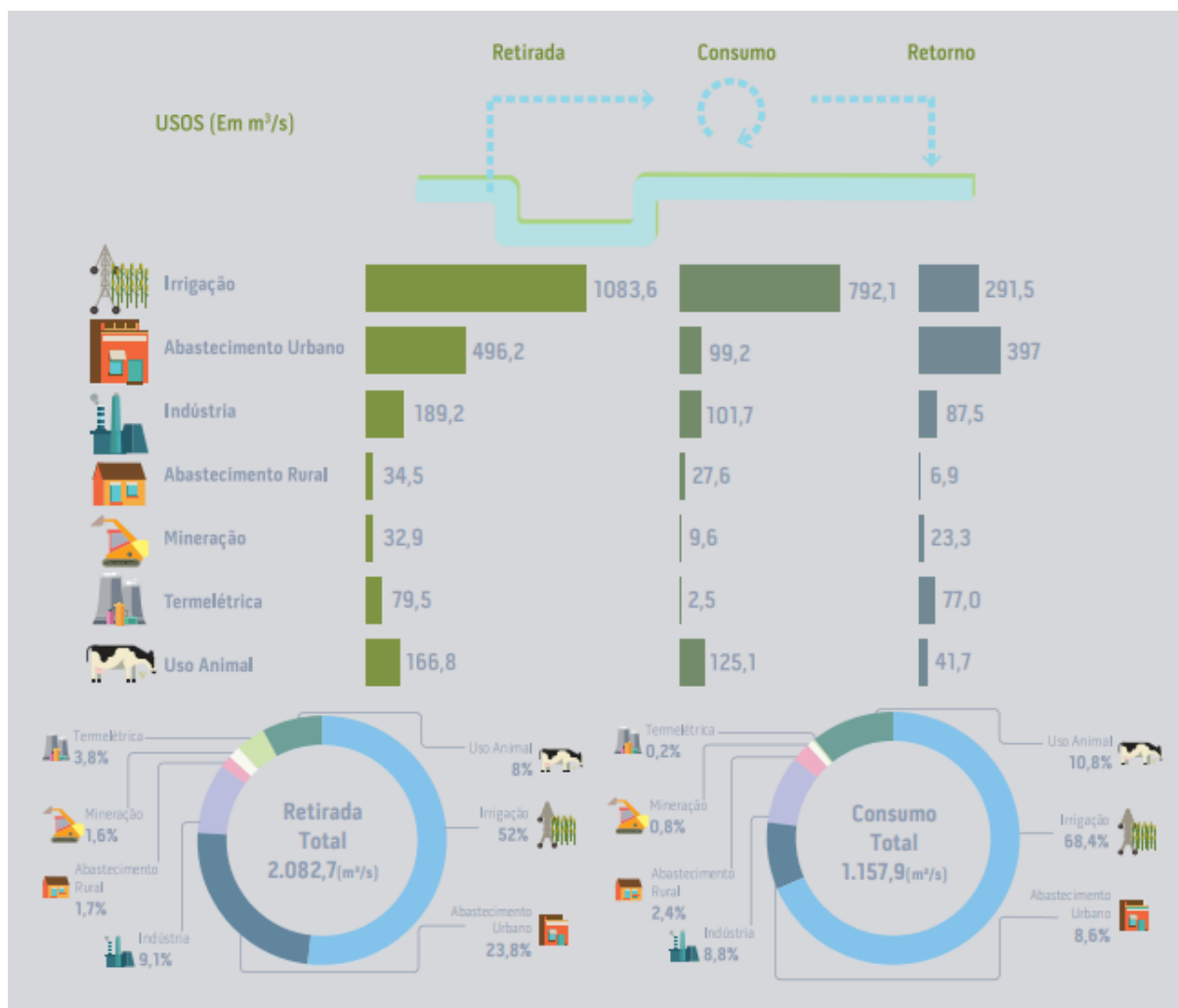
A realidade dos recursos naturais no mundo, especialmente dos recursos hídricos, atualmente muda consideravelmente de região para região. Porém, observa-se no mundo que diversos países já enfrentam uma situação desafiadora, onde o consumo supera a quantidade de água disponível. Até mesmo em regiões, onde a disponibilidade de água é abundante, a ausência de um manejo adequado destes recursos pode resultar em escassez no período de estiagem (COLLA, 2008).

O planeta Terra detém de dois terços de sua superfície ocupados por água, sendo aproximadamente 360 milhões de km² de um total de 510 milhões. O problema é que desse quantitativo, 98% das águas disponíveis no planeta são salgadas (MARENGO, 2008), menos de 1,0% corresponde à água doce, disponível em fontes superficiais e subterrâneas, para o desenvolvimento das atividades humanas (MANCUSO et al, 2003).

Todas as esferas do planeta são percorridas pela água através do seu ciclo hidrológico. NETO (2015) destaca suas principais etapas como sendo: precipitação, escoamento superficial, infiltração e evaporação, onde cada uma, compõe um campo de estudo cujo conjunto constitui o objeto da Hidrologia. O ciclo da água é considerado eterno, todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos, são parte do mesmo, sendo a fase líquida a mais importante para o homem, visto ser disponível para pronta utilização (TUNDISI, 2003).

No Brasil, os principais usos consuntivos (consumo total ou parcial) da água são o abastecimento humano (urbano e rural), o abastecimento animal, a indústria de transformação, a mineração, a termoelectricidade, a irrigação e a evaporação líquida de reservatórios artificiais. Sendo para cada uso, qualificadas as vazões de retirada (montante captado no corpo hídrico), de consumo (fração da retirada que não retorna ao corpo hídrico) e de retorno (fração da retirada que retorna ao corpo hídrico), assim como é demonstrado na Figura 01 (ANA, 2019).

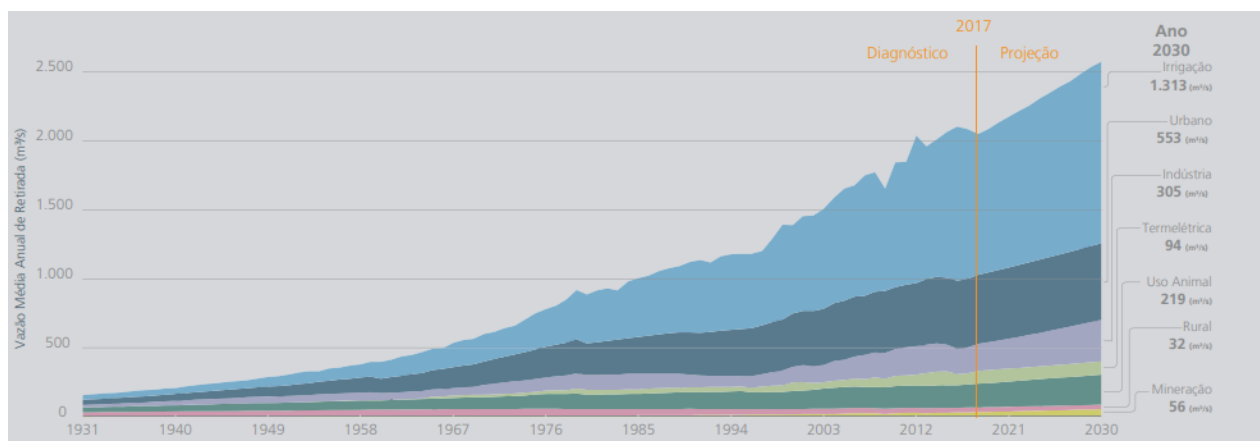
Ainda de acordo com o manual de usos consuntivos da água no Brasil (ANA, 2019), a estimativa do uso da água é um desafio, principalmente considerando a escala espacial (nacional, por município) e temporal (mensal, de 1931 a 2030). Inventários de medições são escassos no Brasil, mesmo na escala de um único município ou de uma pequena bacia hidrográfica.

Figura 01: Demandas do uso da água no Brasil em 2017

Fonte: ANA (2019)

Atualmente, desconsiderando a evaporação líquida em reservatórios artificiais (uso múltiplo), a irrigação é responsável por 52% das retiradas de água, seguida pelo abastecimento urbano (23,8%), indústria de transformação (9,1%) e abastecimento animal (8%). Já em relação ao consumo, devido as diferentes proporções de retorno médio aos corpos d'água, a proporção dos usos no consumo total se altera, com aumento da relevância da irrigação e diminuição do abastecimento urbano (Figura 01). Destaca-se a estimativa inédita do uso para geração termelétrica - uso que tem se tornado cada vez mais relevante na atualidade. A demanda por água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado nas últimas duas décadas (Figura 02). A previsão é de que ocorra um aumento de 24% na demanda até 2030. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do País. Na década de 1940, o uso preponderante da água nos municípios brasileiros era para abastecimento humano rural e abastecimento animal. Com o desenvolvimento econômico e o avanço da urbanização, a situação atual revela maior diversidade de usos, com ampliação da importância do uso urbano e relevante expansão dos usos industrial e para a agricultura irrigada (ANA, 2019).

Figura 02: Evolução da retirada de água no Brasil (1931-2030)



Fonte: ANA (2019)

3.2 TECNOLOGIAS DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

O uso da água de chuva tem seu primeiro registro apurado na pedra Moabita, 830 a.C, que foi encontrada na antiga região de Moab, perto de Israel. Esta relíquia traz determinações do rei Mesa, de Moab, para a cidade de Qarhoh, dentre as quais destaca-se “(...) para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa” (TOMAZ, 2010).

Ao longo da história, com base nos estudos, duas grandes circunstâncias de aplicação para a captação e o aproveitamento de água de chuva se destacam como sendo mais relevantes: a prevenção para minimização de cheias nas regiões de significativa pluviosidade, e o foco em estocar água das estações chuvosas para garantir a sobrevivência durante a estiagem nas regiões de grande escassez. Dessa forma, Gnadlinger (2000) afirma que a coleta e o aproveitamento da água de chuva tem sido uma técnica muito comum em diversas regiões do mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas.

Sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais estão espalhados pelo mundo todo, estes surgiram de maneira autônoma há milhares de anos. O atual surgimento de Leis que tratam da captação de água da chuva para a minimização de cheias em várias regiões do país, vem difundindo e valorizando os modelos. É cada vez mais amplo o número de iniciativas e projetos voltados à captação e aproveitamento de águas pluviais, visando, não só as reduções dos custos, mas também a valorização dos recursos naturais (COLLA, 2008).

A água de chuva pode ser usada como manancial abastecedor, uma vez que é armazenada em cacimbas ou cisternas, tidos pequenos reservatórios individuais. A cisterna tanto pode ser aplicada em áreas de grande pluviosidade como, em casos extremos, em áreas

de seca onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem com o propósito de garantir, ao menos, a água para beber (MASATO et al, 2004).

Segundo Gnadlinger (2008), os tipos de cisternas mais conhecidas e construídas nas comunidades rurais da região Nordeste, com sucesso, são: cisterna de placas de cimento, telacimento, de tijolos e cisternas de cal; onde cada modelo apresenta suas próprias características, vantagens e desvantagens.

Para Palhares (2016), os sistemas de condução da água para as cisternas citadas, em sua maioria, são abastecidos com água que escorre do telhado das casas, sendo que em 90% dos casos o telhado abrange uma área grande o suficiente para disponibilizar água potável para toda família que vive embaixo do teto em questão. E ainda pode ser feito também uma área no chão que seja cimentada ou coberta com pedras, como área de captação. Uma forma de captar água é utilizando uma folha de zinco colocada exatamente embaixo da última fileira de caibros no telhado.

Assim, Palhares (2016) considera importante destacar as partes que compõe um sistema de captação de água de chuva como sendo:

- A superfície de captação que é a área pela qual a água da chuva escorre;
- As calhas que são necessárias para a condução da água para a cisterna;
- As telas e o sistema de descarte da primeira chuva que serve para a retirada de folhas, galhos e detritos;
- A cisterna que é o local onde a água é armazenada;
- Sistema de tratamento que, dependendo do tipo de uso, será necessária à utilização de tecnologias de tratamento para ter água na qualidade desejada.

Silveira (2008) diz que a depender da utilidade a ser dada à água, não é recomendado que sua captação ocorra imediatamente após o início da chuva, visto que as calhas podem conter objetos contaminados comprometendo a qualidade da água.

3.3 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAPs) podem se adequar a qualquer tipo de edificação, tendo como escolha ser implantados desde a concepção dos projetos ou depois da construção das edificações (BAPTISTA et al, 2015). Sistemas esses, que em edificações com altos consumos de água, como comércio e instituições, geram grandes

benefícios, tanto econômicos como ambientais, isso porque, a maior demanda é para serviços que não requerem qualidades especiais da água, como exemplo, as bacias sanitárias, os mictórios, sistemas de resfriamento, irrigação e serviços de limpeza (CABELL BRAND CENTER, 2009).

Conforme NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 1) os sistemas prediais de águas pluviais devem ser projetadas de modo a obedecer às seguintes exigências: 1) recolher e conduzir as águas provenientes da chuva até o local adequado e permitido; 2) a instalação deve ser perfeitamente estanque; 3) permitir facilmente a limpeza e desobstrução da instalação; 4) permitir a absorção de choques mecânicos; 5) permitir a absorção das variações dimensionais, causadas por variações térmicas bruscas; 6) ser resistente às intemperes e à agressividade do meio (Ex. maresia ou orla marítima); 7) escoar a água sem provocar ruídos excessivos; 8) resistir aos esforços mecânicos atuantes na tubulação; 9) garantir indeformabilidade através de uma boa fixação da tubulação; 10) os condutos de águas pluviais não podem ser usados para receber efluentes provenientes do esgoto sanitário; 11) as superfícies horizontais de lajes devem ter uma declividade mínima de 0,5% que garanta o escoamento das águas pluviais até os pontos de drenagem previstos; 12) o diâmetro interno mínimo, dos condutores verticais, de seção circular é 75mm; 13) os condutores horizontais sempre que possível, devem ser dimensionados com declividade uniforme de valor mínimo equivalente a 0,5%.

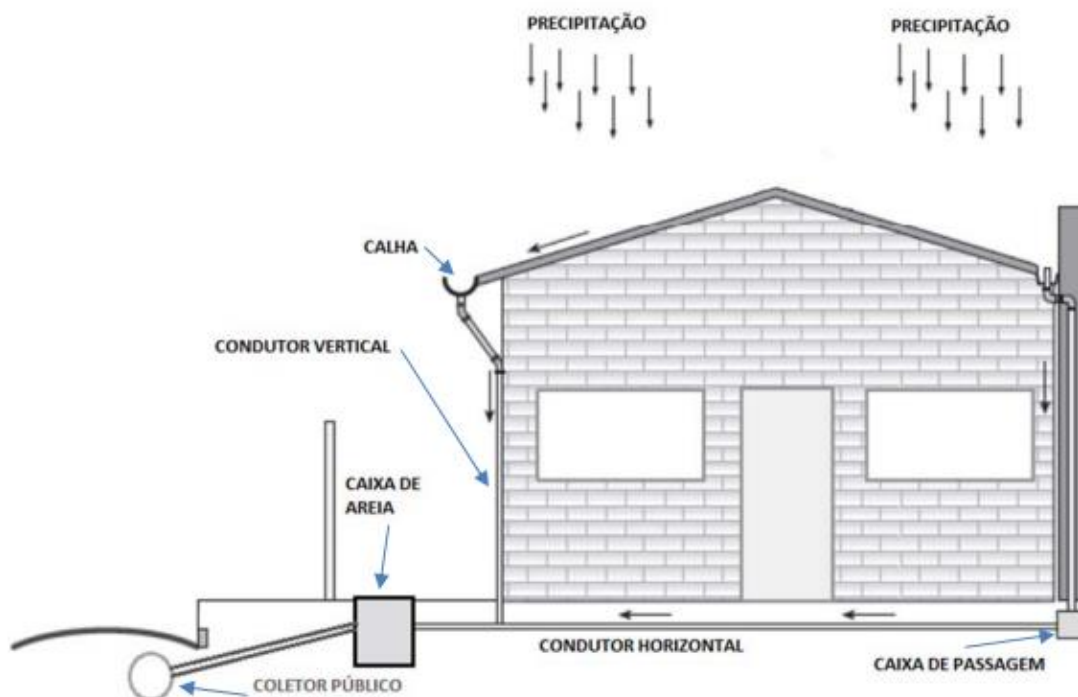
A Instalação predial de água pluvial objetiva a coleta e o encaminhamento das águas de chuvas que caem nas coberturas, terraços, pátios, quintais e outras áreas associadas ao edifício (...). As águas coletadas devem ser encaminhadas ao sistema público de drenagem urbana através de descarga direta na via pública, atendendo às prescrições legais vigentes. (NETO, 2015 pg. 591)

Em geral os códigos de obra dos municípios, impedem o caimento livre da água dos telhados de prédios, de mais de um pavimento, bem como o caimento em terrenos vizinhos. Podendo também aplicar-se a coberturas, terraços e pátios. Com base nisso, a água deve ser conduzida das calhas ou ralos aos condutores de água pluviais, ligados a caixas de areia no térreo, em seguida encaminhada aos coletores públicos de águas pluviais (CREDER, 1995).

As águas pluviais dos telhados, terraços e áreas abertas são conduzidas por meio de elementos até sua destinação final na rede pública de drenagem. A representação desta condução pode ser vista na Figura 03. De acordo com NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) são adotadas algumas definições para estes elementos, citados a seguir por (Marques, 2017):

- Calha: canal que recolhe a água precipitada sobre os telhados, conduzindo-a aos condutos verticais. As calhas podem ser de beiral ou platibanda, de acordo com sua instalação, devendo ter inclinação mínima de 0,5%. As formas das calhas são variáveis, sendo a mais comum a semicircular.
- Condutor vertical: tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares, conduzindo-os até a parte inferior do prédio ou residência. - Condutor horizontal (coletor): canal ou tubulação horizontal que coleta as águas dos condutores verticais e as conduzem ao coletor público.
- Ralo: caixa dotada de grelha na parte superior destinada a receber águas precipitadas sobre os terraços e áreas descobertas. As grelhas devem ter área dos orifícios igual ou maior a uma e meia a do condutor que se liga ao ralo.
- Funil: alargamento na junção de condutores com calhas para facilitar o escoamento das águas de chuva.
- Caixa de inspeção: caixa de alvenaria ou concreto, utilizada nos condutores horizontais para recolher detritos por deposição. São utilizados nas tubulações enterradas sempre que houver ligação entre condutores verticais com horizontais, conexão com outras tubulações, mudança de declividade, mudança de direção e a cada vinte metros, nos trechos retilíneos.
- Caixa de areia: caixa de alvenaria ou concreto, similar a uma caixa de inspeção, utilizada nos condutores horizontais para recolher detritos por deposição. Deve ser instalada pelo menos uma em cada lote, imediatamente antes da saída do coletor em direção ao coletor na via pública. A caixa de areia tem a geratriz inferior de chegada e de saída elevadas em relação ao fundo da caixa, para possibilitar a retenção de areia, que deve ser removida periodicamente, para não comprometer o sistema público de drenagem.

Figura 03: Sistema de captação



Fonte: Marques (2017)

Segundo a NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), os materiais presentes na Tabela 01 podem ser utilizados para coleta e condução das águas pluviais:

Tabela 01: Materiais usados na coleta e condução das águas da chuva

ELEMENTO	MATERIAL
Calha	aço galvanizado, folha de flandres, cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, pvc rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.
Condutor vertical	ferro fundido, fibrocimento, pvc rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas de flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.
Condutor horizontal	ferro fundido, fibrocimento, pvc rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria.

Fonte: Adaptado da NBR 10844/1989

3.4 USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS NA ENGENHARIA

O início desse século está marcado por grandes avanços na tecnologia digital, mudanças estão ocorrendo de maneira rápida e ampla, mais do que em qualquer outra época, o computador tem ganhado visibilidade, por sua capacidade de produzir, gerenciar e armazenar informações (SOUZA, 2004).

Considerando as demandas de mercado por agilidade e precisão, é inevitável o desenvolvimento de recursos computacionais para o tratamento de dados. Computadores são capazes de processar grandes volumes de informação, contribuindo para a otimização de processos e sendo aplicados nas mais diversas áreas, como é o caso das engenharias (AGUIAR, AGUIAR E WILHELM, 2006).

Dando destaque as planilhas eletrônicas como ótima ferramenta para tal organização que atualmente são utilizadas por uma imensa gama de profissionais, compondo parte dos pacotes de programa para escritórios, sendo os principais: BOffice, OpenOffice e Office (ZAMBONI et al., 2011).

O uso de planilhas permite a análise rápida das inúmeras possibilidades durante a resolução de um problema, podendo reduzir de forma significativa o tempo gasto com cálculos matemáticos, ocasionando mais tempo para a interpretação dos resultados. Outro ponto vantajoso é a redução da probabilidade de erros durante os cálculos, a rapidez, confiabilidade e fácil repetitividade do processo. Embora, quando se resolve manualmente um problema matemático, se torna mais fácil durante as etapas de execução, perceber se a solução é adequada ou não (MACHADO et al, 2005).

Dentre as planilhas eletrônicas, o Microsoft Excel é a mais utilizada do pacote de programa Office, está nos computadores de aproximadamente quinhentos milhões de usuários, mesmo que a maioria destes não usufrua do real potencial do programa (JELEN; SYRSTAD, 2017).

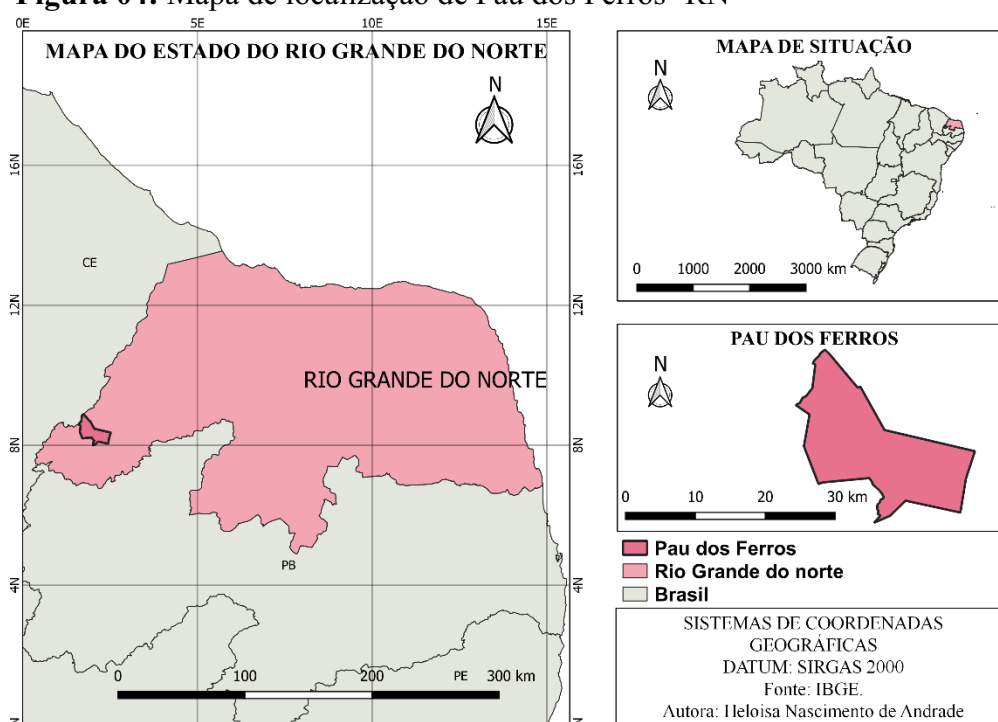
Segundo um estudo realizado na Universidade Presbiteriana Mackenzie, estudantes de engenharia possuem uma pré-disposição para organização e manipulação de dados de projetos em forma de planilhas, por se classificarem como indivíduos mais lógicos e objetivos no gerenciamento de projetos e empresas (ZAMBONI et al., 2011).

4 METODOLOGIA

Para desenvolver uma ferramenta que realize o dimensionamento do sistema de captação de água pluviais, segue-se os critérios propostos pela NBR 10844 (ABNT, 1989). Essa norma tem por objetivo fixar exigências e critérios necessários, garantindo níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.

A planilha foi desenvolvida no Microsoft Excel, utilizando como dado de entrada a equação de Intensidade, duração e frequência para a Cidade de Pau dos Ferros- RN (Figura 04), com o objetivo de realizar simulações estimando a intensidade máxima média de precipitação e dando sequência aos aspectos de dimensionamento das instalações prediais de águas pluviais, visto que calhas e condutores devem ser dimensionados com base em dados pluviométricos locais de chuvas intensas.

Figura 04: Mapa de localização de Pau dos Ferros- RN



Fonte: Andrade (2021)

O município representado na Figura 04 encontra-se localizado no semiárido brasileiro, mais especificadamente na mesorregião do oeste potiguar, distante aproximadamente 400 km da capital Natal/RN, com área de quase 260 km² e estimativa populacional de 30.600 habitantes

para o ano de 2020. Está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, mais precisamente entre a latitude 6° 06' 33" Sul e longitude 38° 12' 6" Oeste (IBGE, 2021).

Sua vegetação é de pequeno porte, formada pela caatinga hiperxerófila, típica do nordeste brasileiro, presente nas áreas de clima seco (temperaturas médias entre 32 e 35° Celsius) que conseguem suportar grandes períodos de estiagem, sendo que a região apresenta uma média pluviométrica entre 200 a 800 mm por ano (AB'SABER, 2003).

O relevo é constituído pela Depressão Sertaneja, que abrange terrenos mais baixos de transição entre a Chapada do Apodi e o Planalto da Borborema. Pau dos Ferros está situado em área de abrangência de rochas metamórficas que formam o embasamento cristalino que surgiram durante o período Pré-Cambriano médio, com idade entre 1 bilhão e 2,5 bilhões de anos. O tipo de solo predominante é o podzolítico vermelho amarelo equivalente eutrófico, com drenagem bastante acentuada, relevo suave, alto nível de fertilidade e textura média, que pode ser ou não formada por cascalho (CPRM, 2017).

É importante ressaltar que Pau dos Ferros tem como responsável pelo abastecimento de água da cidade a Companhia de Águas, e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Até a metade do ano de 2015, a captação de água era realizada no Açude Dr. Pedro Diógenes; que detém de uma capacidade de 54 milhões de m³, no entanto, nos últimos anos, o município passou por longos períodos de estiagem, e em 2015 o nível de água no açude torna-se insuficiente para abastecimento e compromete a qualidade, passando a não atender os parâmetros do Ministério da Saúde. Dessa forma, recorreu-se a outra fonte hídrica, a cidade começa a ser abastecida pela barragem de Santa Cruz, localizada em Apodi/RN, por meio da adutora de engate rápido, onde a exploração é feita nos mananciais de superfície. (ANDRADE, 2021).

4.1 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Com base na caracterização das chuvas intensas, sendo as que apresentam grande lâmina precipitada e chegam a superar um valor mínimo dentro de um intervalo de tempo, pode-se obter previsões e valores apropriados. As grandezas necessárias para o dimensionamento são três: a intensidade, a duração e a frequência. Relacionadas por meio da equação de chuvas intensas conforme a Equação 01 (BORGES; THEBALDI, 2016).

$$I = \frac{K \cdot TR^a}{(t + b)^c}$$

Equação (01)

Em que:

I: Intensidade pluviométrica (mm/h);

TR: Tempo de retorno (anos);

t: Tempo de duração (min);

k, *a*, *b* e *c*: Parâmetros de ajuste.

Para fins de projetos, a intensidade pluviométrica, deve ser determinada a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno, onde são usados como base os dados pluviométricos locais, destacando para construção de até 100 m² de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar uma intensidade de 150 mm/h. A duração de precipitação deve ser fixada no tempo de 5 min, enquanto o período de retorno deve ser fixado segundo as propriedades da área a ser drenada, obedecendo ao estabelecido: T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados; T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços; T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado, conforme NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989).

Os parâmetros da equação de intensidade, duração e frequência (IDF) atualizados para o local de análise, o município de Pau dos Ferros-RN, foram determinados com base em dados de precipitação máxima diária anual de 1964 a 2020 (57 anos), obtidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) para estimativa da intensidade máxima média de chuva (Equação 01):

$$I = \frac{738,242 \cdot 5^{0,221}}{(5 + 9,778)^{0,741}}$$

$$I = 143,21 \text{ mm/h}$$

Desde que:

$$K = 738,242$$

$$a = 0,221$$

$$b = 9,778$$

$$c = 0,741$$

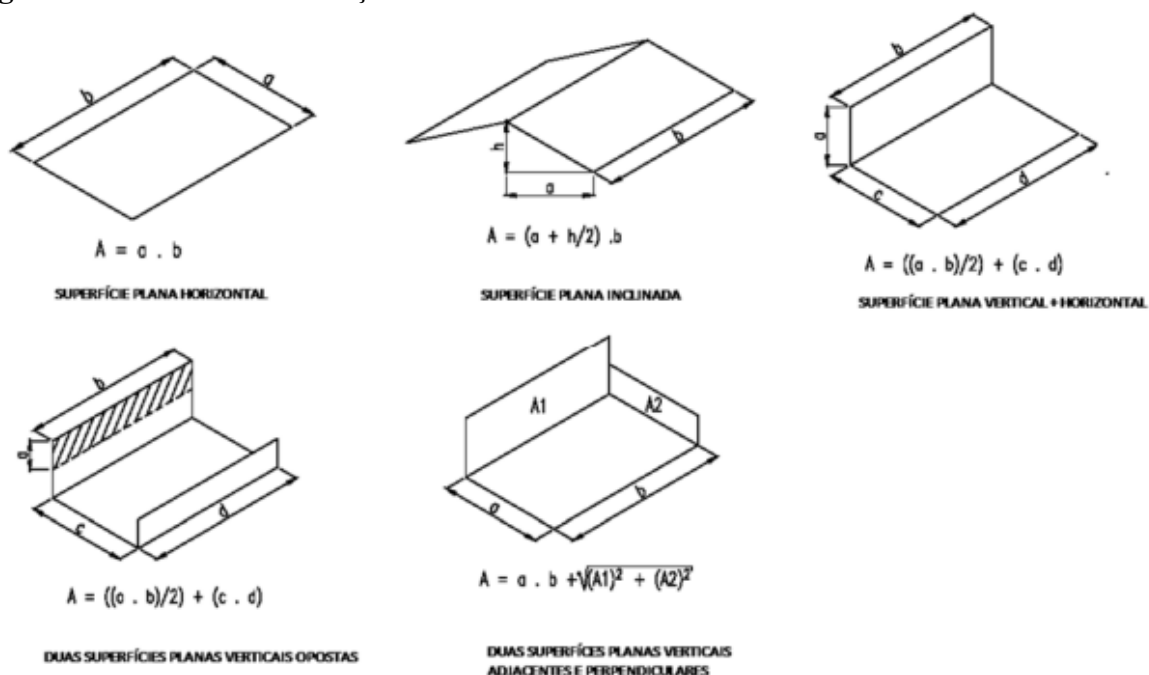
TR = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;

t = Duração da chuva, fixo em 5 minutos;

4.2 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

No cálculo da área de contribuição, o vento deve ser considerado na direção que origine maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies consideradas. A área de contribuição deve ser tomada na horizontal e receber um acréscimo devido à inclinação da chuva, estes incrementos são calculados de acordo com a NBR 1084/1989 e são demonstrados na Figura 05:

Figura 05: Áreas de contribuição



Fonte: Leão Marques (2017)

Para calcular a área de contribuição de calhas foi considerado um caso representativo, tomando por base o projeto da planta de cobertura e fachadas (Anexo A) da quadra poliesportiva da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), *Campus* Pau dos Ferros, (Figura 06). Como mostra a planta de cobertura (Figura 07) o telhado da edificação corresponde a duas

quedas d'água, sendo necessário também duas calhas, uma para cada água. O cálculo de área para a superfície plana inclinada especificados na Figura 05, é o que se aplica ao caso, sendo necessário dimensionar apenas uma das calhas, por motivos de simetria, logo:

$$A_{calha\ 1} = A_{calha\ 2} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \cdot b$$

Equação (02)

Sendo para o caso:

a = 13 m;

b = 38 m;

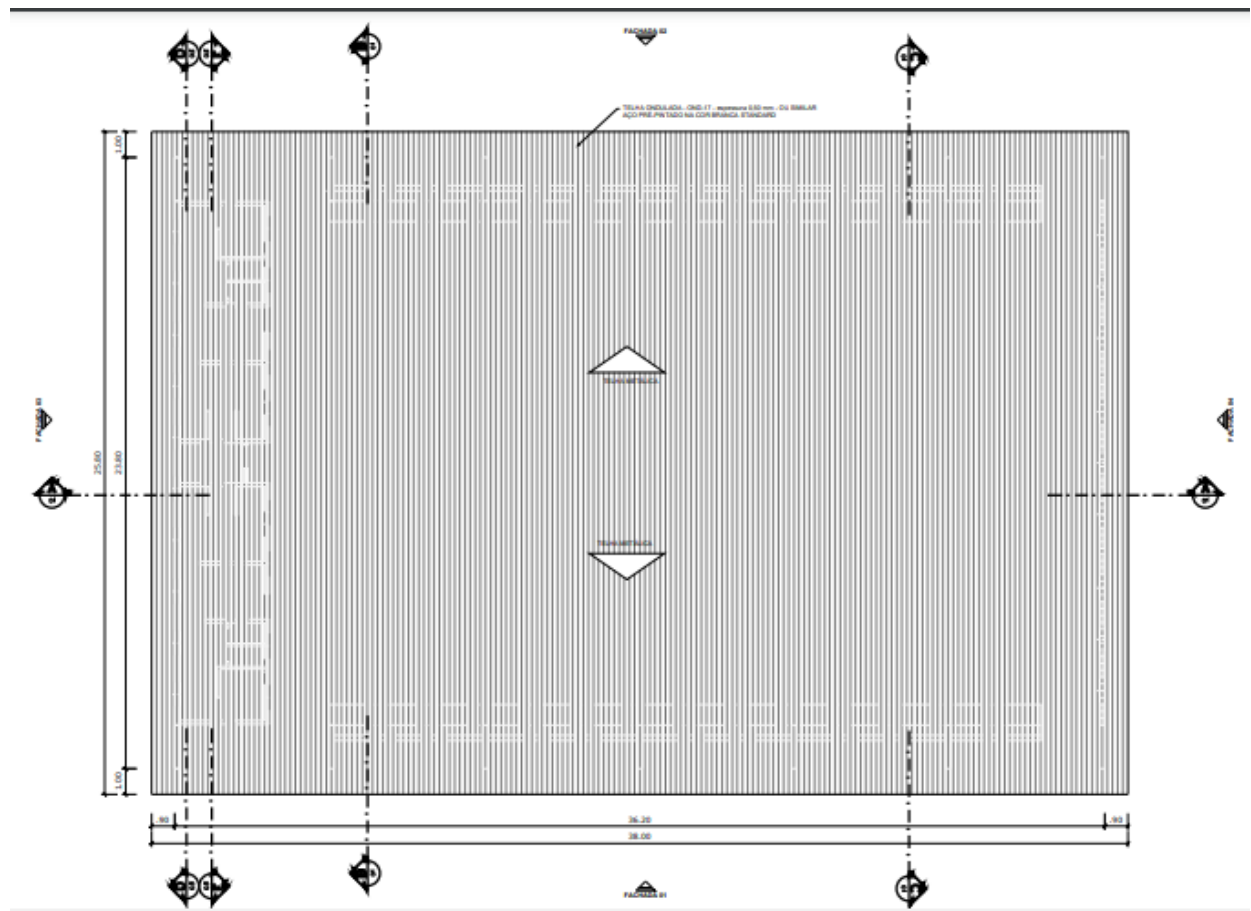
h = 6,2 m.

Figura 06: Mapa de localização UFRSA campus Pau dos Ferros -RN.



Fonte: Google Earth (2021)

Figura 07: Duas águas - Planta de cobertura da quadra poliesportiva da UFERSA *Campus* Pau dos Ferros



Fonte: UFERSA (2021)

4.3 VAZÃO DE PROJETO

A NBR 10844 (ABNT, 1989), apresenta a vazão de projeto correspondente a vazão de referência para o dimensionamento das instalações hidráulicas de águas pluviais, que deve ser estimada pelo método racional. A expressão pela qual é calculada, é dada pela Equação 03:

$$Q = (C \times I \times A) / 60$$

Equação (03)

Sendo:

Q = Vazão de projeto em L/min;

I = Intensidade pluviométrica mm/h;

A = Área de contribuição em m².

C é o coeficiente de escoamento, C = 1.

O coeficiente de escoamento superficial é estabelecido como a relação do volume do deflúvio e do volume precipitado, referente ao grau de impermeabilidade da superfície. Para cobertura e telhados, considera-se que todo o volume precipitado é convertido em escoamento, logo o coeficiente adotado é igual a 1 (BAPTISTA; LARA, 2014).

Para encontrar a vazão Q em m³/s, basta utilizar a área em hectares na Equação 03, chegando à equação seguinte:

$$Q = (C \times I \times A) / 360$$

Equação (04)

4.4 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS

A calha consiste em um condutor livre e seu dimensionamento é realizado por meio de fórmulas da hidráulica de canais (MACINTYRE, 2010). A norma brasileira recomenda a equação de Manning-Strickler (Equação 05), ou de qualquer outra fórmula análoga:

$$Q = k \times A_m \cdot \frac{1}{n} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

Equação (05)

Sabendo que:

Q = vazão de projeto (L/min);

A_m = área da seção molhada (m²);

n = coeficiente de rugosidade;

R_H = raio hidráulico (m);

i = declividade da calha (m/m);

K = Coeficiente de conversão de unidade (60000 · l · s / min · m³).

Em calhas de platibanda ou beiral, quando a saída se encontrar a uma distância menor que quatro metros de uma mudança de direção, a norma estabelece dois fatores a qual a vazão de projeto deve ser multiplicada (MARQUES, 2017):

1. curvas a menos de 2 metros da saída, 1,2 para cantos retos e 1,1 para cantos arredondados;
2. curvas entre 2 metros e 4 metros, 1,1 para cantos retos e 1,05 para cantos arredondados.

O que não se aplica ao exemplo dimensionado neste trabalho, porém, para Carvalho Júnior (2016), o uso destes coeficientes é justificável, pois a capacidade de escoamento diminui em até 17% com a mudança de direção.

A Tabela 02 abaixo é usada para indicar os coeficientes de rugosidade normalmente utilizados na confecção das calhas:

Tabela 02: Coeficientes de rugosidade para calhas

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

Fonte: Adaptado da NBR 10844/1989

No exemplo em questão serão instaladas 2 calhas, posicionadas na cobertura, em material metálico não-ferroso, normalmente o mais utilizado na confecção, fornecendo um coeficiente de rugosidade, $n = 0,011$.

Estas foram dimensionadas com seções semicirculares utilizando a equação de Manning-Stricker. Além disso, a declividade adotada para o escoamento de águas pluviais pelas calhas, foi a mínima exigida por norma, ou seja, $i = 0,5\%$.

Dessa forma, manipula-se as variáveis na Equação 05 em função do diâmetro, partindo do ponto em que a área de um círculo é obtida pela Equação 06:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Equação (06)

Para a seção especificada é necessário dividir a Equação 06 por dois, resultando na área molhada da calha em função do diâmetro (Equação 07):

$$A_m = 0,392 \cdot D^2$$

Equação (07)

O raio hidráulico é a razão entre a área molhada e o perímetro molhado da calha (Equação 09). E o perímetro molhado em função do diâmetro é dado pela Equação 08:

$$P_m = \pi \cdot D/2$$

Equação (08)

$$R_H = \frac{A_m}{P_m}$$

$$R_H = \frac{0,392D^2}{\pi \cdot D/2}$$

$$R_H = 0,25D$$

Equação (09)

Desta forma, aplicando as variáveis calculadas na Equação 05, pode-se obter o diâmetro da calha em metros, pela Equação 10:

$$Q = 60000 \cdot 0,392D^2 \cdot \frac{1}{0,011} \cdot (0,25D)^{\frac{2}{3}} \cdot (0,005)^{1/2}$$

$$D^{8/3} = \frac{Q}{60000,6}$$

Equação (10)

Por fim, consultando a Tabela 03, verifica-se o melhor diâmetro a ser utilizado, respeitando a declividade de 0,5%, e considerando a vazão de projeto.

Tabela 03: Calhas semicirculares quase horizontais com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (vazão em L/min), para $h = 0,5D$.

Diâmetro interno	DECLIVIDADE		
	0,5%	1,00%	2,00%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1684

Fonte: Adaptado da NBR 10844/1989

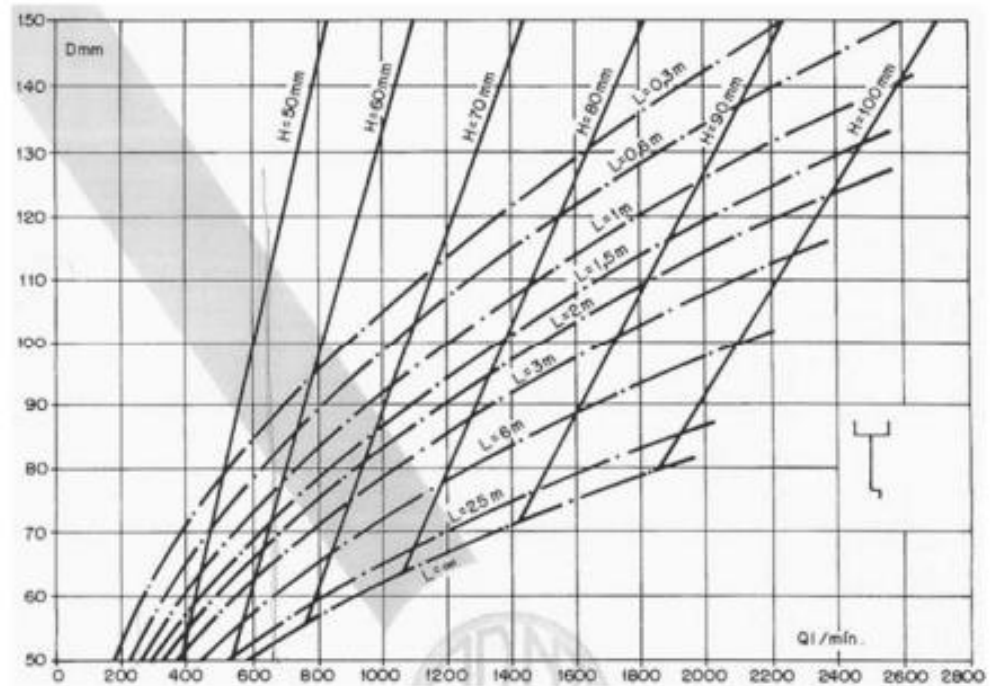
4.5 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES VERTICAIS

Os condutores verticais, deverão sempre que possível, ser instalados em uma só prumada. Em casos de haver necessidade de desvio devem ser utilizadas curvas de 90° de raio longo ou curva 45°, prevendo sempre peças de inspeção. Dependendo das considerações de projeto, do uso e da ocupação do edifício e do material dos condutores, estes poderão ser instalados interna ou externamente ao edifício. Os condutores verticais devem atender ao diâmetro interno mínimo de 70mm e devem ser dimensionados seguindo a especificação dos dados na NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989):

- Vazão de projeto (l/min) - Q;
- Altura da lâmina de água na calha (m) – H;
- Comprimento do conduto vertical (m) – L.

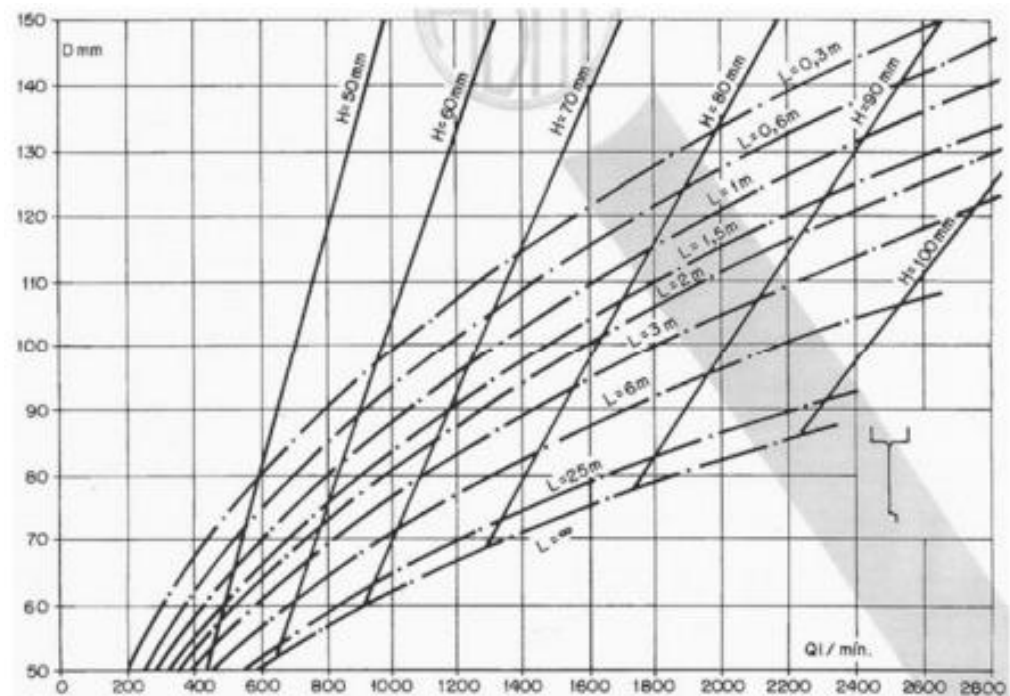
A partir dos dados deve-se consultar o ábaco da Figura 08 e Figura 09, seguindo a orientação da norma: Iniciar uma reta vertical por Q e levantá-la até interceptar as curvas de H e L correspondentes. Se não existir curvas para os valores de H e L, deve-se interpolar entre as curvas existentes. Transportar a interseção mais alta até o eixo D. Sendo necessário adotar um diâmetro nominal interno superior ou igual ao valor encontrado no ábaco.

Figura 08: Calha com saída em aresta viva



Fonte: NBR 10844/1989

Figura 09: Calha com funil de saída



Fonte: NBR 10844/1989

Teremos para o caso 2 condutores verticais, cada um atendendo as demandas de uma das áreas de contribuição da edificação, de modo que estes foram colocados externamente ao edifício, e o comprimento (L) em metros do condutor foi tomado com base na planta do Anexo A.

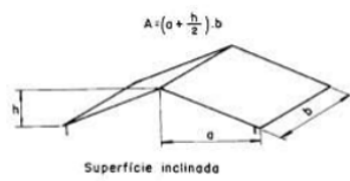
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visto que o objetivo geral é oferecer uma ferramenta simples e dinâmica para o dimensionamento de calhas de instalações prediais de águas pluviais, optou-se pela plataforma Excel, como interface por intermédio de planilhas operacionais, onde todo o dimensionamento foi proposto seguindo a NBR 10844 (ABNT, 1989).

5.1 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS

Os dados de entrada (Figura 10) que implicam em uma escolha, são inseridos com base em dados pluviométricos locais de chuvas intensas, usados para validar os resultados obtidos por meio da planilha a partir do exemplo prático de dimensionamento, sendo aqui, aplicados para a cidade de Pau dos Ferros- RN. Os parâmetros da equação de intensidade, duração e frequência (IDF), como já apresentado no tópico 4 deste trabalho, foram determinados com base em dados de precipitação máxima diária anual em um período de 57 anos, obtidos pela EMPARN para estimativa da intensidade máxima média de chuva (Equação 1) igual a 143,21 mm/h, sendo fixado o tempo de duração da chuva em 5min e considerando um período de retorno de 5 anos (coberturas ou telhados). Também é inserido como dado de entrada as respectivas áreas de contribuição, e o coeficiente de escoamento, $C=1$, para escoamento total da precipitação, dados esses que permitem calcular a vazão de projeto (Figura 11). O restante dos valores de entrada diz respeito a escolha da calha: sua seção, para o caso, semicircular; o material, Tabela 02 que fornece o coeficiente de rugosidade usado 0,011; inclinação da calha em 0,5%; e ainda, verificar se a calha detém de alguma curva, no caso, não existe, logo a vazão não é multiplicada por nenhum fator.

Figura 10: Dados de entrada

DADOS DE ENTRADA:									
Os parâmetros da equação de intensidade, duração e frequência (IDF)					Área de contribuição (m²)/ha		a (m) = 12,9		
$I = \frac{738,242 \cdot TR^{0,221}}{(t + 9,778)^{0,741}}$					608		0,0608		
k 738,242 a 0,221 b 9,778 c 0,741					Coeficiente de escoamento		b (m) = 38		
					1		h (m) = 6,2		
TR(anos)	t (min)	I=							
5	5	143,21 mm/h							
Material da calha									
Material					Coeficiente (n)				
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosoa					0,011				
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida					0,012				
Cêramica, concreto não alisado					0,013				
Alvenaria de tijolos não- revestida					0,015				
									
Seção da Calha			Inclinação na calha			$Q = \frac{k}{n} \times A_m \times R_H^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$			
Semicircular			I= 0,005			Onde K = 60000			
Am = 0,392 *D²			I= 0,01						
Rh = 0,25 *D			I= 0,02						

Fonte: Autora (2021)

Figura 11: Vazão de projeto

CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO		
	Calha 1	Calha 2
Q em L/min	1451,24	1451,24
Q em m³/s	0,02419	0,2419
$Q = C \times I \times A$		

Fonte: Autora (2021)

A alteração do dado área, possibilita que a planilha calcule as vazões de projeto que é a vazão de referência para o dimensionamento da instalação, respectivas a cada calha, que para o exemplo, são iguais. Fornecendo o dado em L/min (Equação 03) e m³/s (Equação 04).

A implementação dessas equações na planilha, juntamente com os dados de entrada e as respectivas vazões de referência, fornecem os diâmetros (Equação 11) de cada calha de forma automatizada, onde, os únicos dados que precisam ser alterados na planilha, levando em consideração que a instalação predial será para o município de Pau dos Ferros, são os valores de “a”, “b” e “h”, referentes área de contribuição das coberturas que distribuem a água precipitada para cada calha. Caso se deseje realizar em outra cidade, também deve-se alterar os parâmetros de ajuste “k”, “a”, “b” e “c”, pois dependem do local e são quem determinam a intensidade pluviométrica, assim como o tempo de retorno e o tempo de duração da chuva. A Figura 12 apresenta a planilha fornecendo o diâmetro em m e mm:

Figura 12: Dimensionamento das calhas

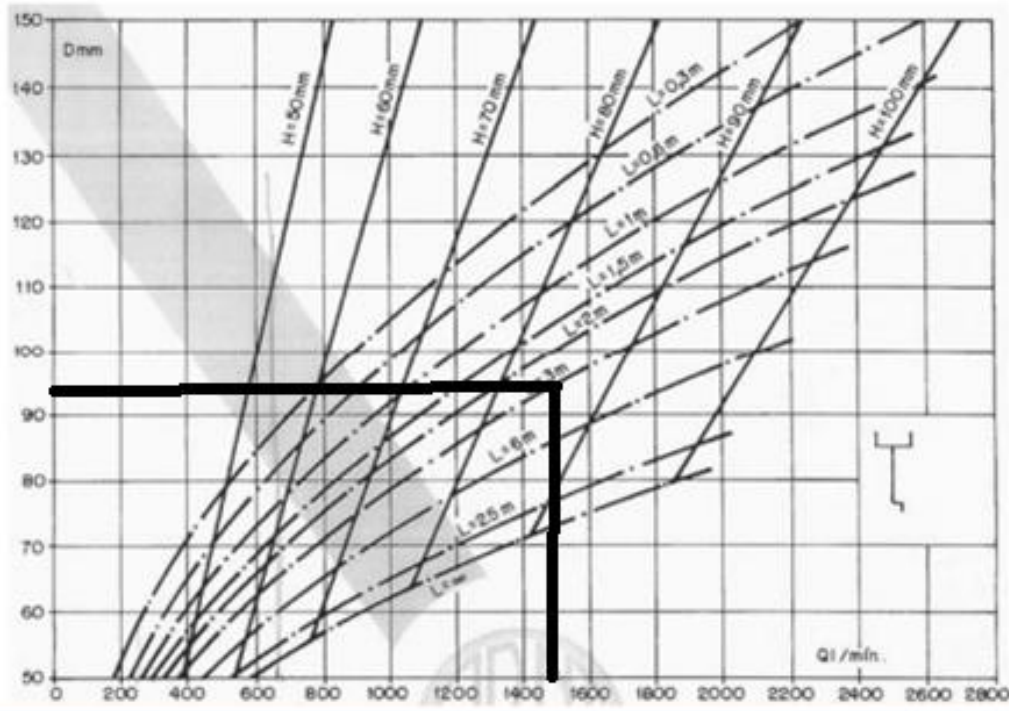
Fonte: Autora (2021)

Como pode-se observar, a planilha é capaz de dimensionar as calhas, aqui de seção semicircular, resumindo e simplificando de forma rápida e eficiente todas as equações apresentadas na metodologia deste trabalho necessária para a determinação do diâmetro, podendo reduzir de forma significativa o tempo gasto com cálculos matemáticos, ocasionando mais tempo para a interpretação dos resultados.

5.2 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICAIS

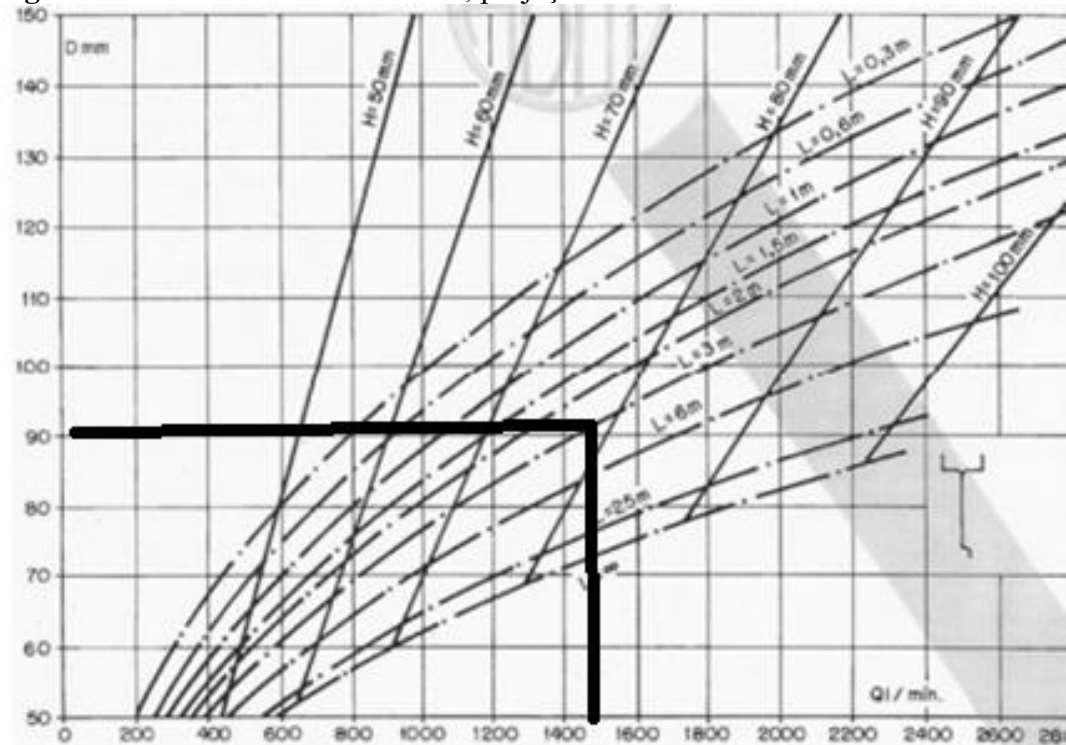
Com base nas informações obtidas acerca da área de contribuição, vazão do projeto, altura da lâmina de água na calha e comprimento do condutor vertical, podemos dimensionar os condutores verticais utilizados no projeto recomendado em norma (ABNT, 1989). Dispondo destas, faz-se a interceptação da projeção vertical da vazão de projeto de 1451,24 L/min e curva referente ao comprimento do condutor de 3 m, obteve-se um diâmetro de 90 mm que escoar uma lâmina de 80 mm (Figura 13 e 14), lembrando da necessidade de 2 condutores um para cada das duas áreas de captação e contribuição da vazão precipitada, dispostos externamente a edificação - quadra poliesportiva.

Figura 13: Calha com saída em aresta viva, projeção



Fonte: Adaptado da NBR 10844/1989

Figura 14: Calha com funil de saída, projeção



Fonte: Adaptado da NBR 10844/1989

Assim, conclui-se que por meio do exemplo prático de dimensionamento, discutidos e apresentados nesse tópico, foi possível validar de forma satisfatória os resultados obtidos por

meio da planilha desenvolvida no Microsoft Excel, se qualificando como uma ferramenta útil e precisa para auxílio do dimensionamento de instalações prediais de águas pluviais seguindo todas as exigências da NBR 10844/1989.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comprovou-se que o emprego de ferramentas computacionais para auxílio de procedimentos de cálculo oferece maior produtividade, tendo sido validada a aplicação da planilha eletrônica para o objeto de estudo do trabalho. Foram obtidos bons resultados no dimensionamento das calhas semicirculares da quadra poliesportiva da UFERSA, atendendo as diretrizes da NBR 10844 (ABNT, 1989) para o projeto de instalações hidráulicas prediais de águas pluviais. Em relação aos condutores, por não se ter mais informações sobre as condições de dimensionamento do ábaco não é possível realizar mais considerações, seguindo apenas os valores recomendados em norma.

À medida que o trabalho foi sendo desenvolvido, foram observados e listados pontos de melhoria para a planilha, que não foram implementados por demandarem maior disponibilidade de tempo. O uso da ferramenta Microsoft Excel associada ao Visual Basic for Applications (VBA) que permite potencializar as funcionalidades do Excel, podendo desenvolver planilhas macros que dependem das mesmas habilidades requeridas no desenvolvimento de programas em linguagens como Fortran ou C. Por meio dessa ferramenta é possível automatizar quase todas as ações executadas nos programas, de modo que os componentes de cada um deles passam a ser tratados como objetos pelo programador e podem ser manipulados para a finalidade desejada ((BIRNBAUM; VINE, 2007).

Dessa forma, uma sugestão para trabalho futuro é transformar a planilha em uma macro, de modo que esta contenha todos os complementos para dimensionamento das instalações de calhas, condutores verticais e horizontais. Alguns desses complementos seria a escolha da seção da calha a ser dimensionada, podendo também ser triangular, trapezoidal e retangular, o tipo de cobertura e as águas correspondentes, inclusão da escolha do número de condutores verticais, assim como outras equações referentes a novas literaturas para seus dimensionamentos fora a norma, visto a limitação aos ábacos, inclusão do dimensionamento dos condutores horizontais, dentre outros.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1989). NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais: Procedimento**. Rio de Janeiro, Brasil.

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

AGUIAR, Giancarlo de França; AGUIAR, Bárbara de Cássia Xavier Cassins; WILHELM, Volmir Eugênio. **Obtenção de índices de eficiência para a metodologia Data Envelopment Analysis utilizando a planilha eletrônica Microsoft Excel**. Curitiba. Da Vinci, v. 3, n. 1, p. 157–170, 2006.

ANA, Agência Nacional de Águas (2019). **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília - DF.

ANDRADE, Heloisa Nascimento de. **PANORAMA DE ATENDIMENTO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO**. 2021. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Pau dos Ferros-RN, 2021.

BAPTISTA, Márcio; LARA, Márcia. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. (2015) **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2. ed Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

BIRNBAUM, Duane; VINE, Michael. **Microsoft Excel VBA Programming for the Absolute Beginner**. Boston, MA: Thomson Course Technology PTR, 2007.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005**. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 04 de março de 2021.

CABELL BRAND CENTER. (2009) **Virginia Rainwater Harvesting Manual**. Virginia: Cabell Brand Center.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto De. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

COLLA, Lizzi Lemos. **Sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva**. 2008. 80 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Sorocaba/SP, 2008.

CMRP Sistema Geológico do Brasil. **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA PAU DOS FERROS* SB.24-Z-A-II**: programa geologia do brasil levantamentos geológicos básicos. Programa Geologia do Brasil Levantamentos Geológicos Básicos.

FERNANDEZ, José Carrera; GARRIDO, Raymundo José. **Economia dos Recursos Hídricos**. 1ª Edição. Editora da Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2002.

GNADLINGER, J. (2000). **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In: Anais eletrônicos do 2º Fórum Mundial da Água, Holanda. Disponível em: irpaa.org.br/colheita/indexb.htm. Acesso em: mar. 2021

GNADLINGER, J. **Técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do Semiárido brasileiro**. Juazeiro, BA: IRPAA, 2008.

HELLER, L. Concepção de instalações para o abastecimento de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. cap. 2.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. – IBGE: **Pau dos Ferros**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/pau-dos-ferros.html>. Acesso em: 03 mai. 2021.

INACIO, A.R.; DINIZ, A.F.; CANDIA, M.M.; OLIVEIRA, T.M.; CHAGAS, R.K. **Dimensionamento de um sistema de captação de água pluvial para uso doméstico em São Bernardo do Campo – S P**. Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade. Vol. 8, n.2, 2013, p.40-62.

JELLEN, Bill.; SYRSTAD, Tracy. **VBA e MACROS: Microsoft Excel 2016**. Rio de Janeiro, 2017.

LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. (2010). “Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland”. Desalination 260(1-3), pp. 1–8.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MACHADO, Daniel de Souza; FADUL, Júlia Cavalcanti; BACELAR, Arthur Reiche; NASCIMENTO, Sérgio C. Salles. **DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS PARA ENGENHARIA: UM POTENCIAL DIDÁTICO-PEDAGÓGICO.** 2005. Disponível em: <http://ri.ucsal.br:8080/jspui/bitstream/prefix/2748/1/Desenvolvimento%20e%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20planilhas%20e%20letr%C3%B4nicas%20para%20engenharia.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches et al. **Reuso de água.** 1ª Edição. Barueri: Editora Manole, 2003.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, 2008.

MARQUES, Estevão Leão. **Sistema predial de águas pluviais incorporando micro reservatório de controle do escoamento.** 2017. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

MASATO, Kobiyama et al. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de água.** 2004. 115 f. Curso de especialização em recursos hídricos - Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

NETO, Jose Martiniano De Azevedo. **Manual de hidráulica.** 9 ed. São Paulo: BLUCHER, 2015.

PALHARES, J. C. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016.

RASHIDI MEHRABADI, M.H.; SAGHAFIAN, B.; HAGHIGHI FASHI, F. (2013). "Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate conditions". *Resources, Conservation and Recycling* 73, pp. 86–93.

SOUZA, A. C. S., EAD: **romper as barreiras da sala de aula com a tecnologia de informação.** In: 3º Seminário Nacional de Infra-estrutura, Organização Territorial e Desenvolvimento local, 2004, Salvador. Anais.

TUNDISI, José Galizia. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado.** *Ciência e Cultura*, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

ZAIZEN, M.; URAKAWA, T.; MATSUMOTO, Y.; TAKAI, H. (2000). “The collection of rainwater from dome stadiums in Japan”. Urban Water 1(4), pp. 355–359.

ZAMBONI, Lincoln Cesar et al. **Planilhas Excel e uso da linguagem VBA em aplicações**. XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2011.

ANEXO A

