



CENTRO UNIVERSITÁRIO FAEMA – UNIFAEMA

LUCAS EDUARDO DA SILVA ZAMBAM

**DIMENSIONAMENTO DE DRENAGEM EM ESTRADA NÃO PAVIMENTADA EM
UMA MICROBACIA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES-RO**

**ARIQUEMES – RO
2022**

LUCAS EDUARDO DA SILVA ZAMBAM

**DIMENSIONAMENTO DE DRENAGEM EM ESTRADA NÃO PAVIMENTADA EM
UMA MICROBACIA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES-RO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA como pré-requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima.

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Z24d Zambam, Lucas Eduardo da Silva.

Dimensionamento de drenagem em estrada não pavimentada em uma microbacia localizada no município de Ariquemes - RO. / Lucas Eduardo da Silva Zambam. Ariquemes, RO: Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA, 2022.

71 f. ; il.

Orientador: Prof. Ms. Felipe Cordeiro de Lima.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil – Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA, Ariquemes/RO, 2022.

1. Bueiros. 2. SIG. 3. Comparativo. 4. Geoprocessamento. 5. Drenagem. I. Título. II. Lima, Felipe Cordeiro de.

CDD 620.1

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

LUCAS EDUARDO DA SILVA ZAMBAM

**DIMENSIONAMENTO DE DRENAGEM EM ESTRADA NÃO PAVIMENTADA EM
UMA MICROBACIA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES-RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para
obtenção do Grau em Engenharia Civil
apresentado ao Centro Universitário
FAEMA- UNIFAEMA.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

Prof.^a Me. Silênia Priscila da Silva Lemes
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

Prof. Esp. João Victor da Silva Costa
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

**ARIQUEMES – RO
2022**

A todos aqueles que persistiram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida por ter me guiado e protegido, dado força em todos os momentos, a Jesus por ser nosso salvador.

Agradeço aos meus pais Maria e Gilson que me criaram me educaram e fizeram me tornar uma pessoa de caráter e sempre me apoiarão, a minha família por sempre estar lá.

O meu muito obrigado a todos os professores que compartilharam um pouco dos seus conhecimentos conosco, em especial ao meu orientador Me. Felipe Cordeiro de Lima que me guiou pelos caminhos deste TCC, e a professora e coordenadora do curso de Engenharia Civil Priscila Lemes que nunca desacreditou de nós e sempre nos cobrou pra que desse o melhor de nós.

Sou grato aos meus amigos e colegas de faculdade, em especial ao meu amigo pessoal Iuri Souza que me aturou durante esses cinco anos de graduação, e sempre nós apoiamos durante o decorrer dessa graduação.

Sou grato!

*Respondeu Jesus: "Tenham fé em Deus.
Eu asseguro que, se alguém disser a este monte: 'Levante-se e atire-se no mar', e
não duvidar em seu coração, mas crer que acontecerá o que diz, assim lhe será
feito.*

MARCOS 11: 22 -23

RESUMO

As boas condições de trafegabilidade das estradas não pavimentada têm grande relevância econômica e social para país. As obras de drenagem possibilitam as transposições de talwegues assim permitindo o deslocamento por estas vias. O correto funcionamento deste tipo dispositivo está diretamente relacionado com dimensionamento a qual se considera dados relacionados com a bacia de contribuição como sua área, declividade, intensidade de precipitação, coeficientes de escoamento superficial, extensão do talvegue entre outros. Os parâmetros relacionados a topografia podem ser obtidos com o processamento de dados obtidos através de SRTM que resultam na criação MDE do terreno, que são utilizados para obtenção da área da bacia, comprimento do talvegue e curvas de níveis. Possibilitando calcular a vazão por equações como a do Método Racional que é de fácil interpretação e aplicação. Com o resultado obtido pelo cálculo através deste método, tem-se a vazão de projeto que o dispositivo de drenagem deverá atender. Para o resultado obtido para local de estudo, analisando os elementos que atendem a vazão de projeto, observou-se que tanto o BSCC 2,50 x 2,50 metros quanto o tubo PEAD de diâmetro 1,50 metro considerando três linhas são viáveis economicamente, por apresentarem custos menores que os tubos metálicos. Os principais fatores que podem influenciar para a escolha entre dispositivo de drenagem de concreto e o PEAD é a disponibilidades deste na região no período de executar a obra, tempo de execução além da logística.

Palavras- chaves: Bueiros, SIG, comparativo, geoprocessamento, drenagem.

ABSTRACT

The good trafficability conditions of the unpaved roads have great economic and social relevance for the country. Drainage works make it possible to cross thalwegs, thus allowing movement along these routes. The correct operation of this type of device is directly related to dimensioning, which considers data related to the watershed such as its area, slope, precipitation intensity, surface runoff coefficients, thalweg extension, among others. The parameters related to topography can be obtained with the processing of data obtained through SRTM that result in the creation of DEM of the terrain, which are used to obtain the basin area, thalweg length and level curves. Making it possible to calculate the flow by equations such as the Rational Method, which is easy to interpret and apply. With the result obtained by the calculation through this method, we have the design flow that the drainage device must meet. For the result obtained for the study site, analyzing the elements that meet the design flow, it was observed that both the MSCC 2.50 x 2.50 meters and the HDPE pipe with a diameter of 1.50 meters considering three lines are economically viable, because they have lower costs than metallic tubes. The main factors that can influence the choice between concrete drainage device and HDPE is the availability of the latter in the region in the period of execution of the work, execution time in addition to logistics.

Keywords: Culverts, GIS, comparative, geoprocessing, drainage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Compressão diametral de tubos de concreto simples	24
Figura 2- Esforço diametral de tubos de concreto armado ou reforçado	25
Figura 3- Esforço diametral de tubos de concreto armado ou reforçado (conclusão)	26
Figura 4- Tubos de concreto	26
Figura 5- Dimensões dos tubos pra água pluvial com encaixe ponta e bolsa.....	27
Figura 6- Galeria de concreto pré-moldada	28
Figura 7- Dimensões das aduelas.....	29
Figura 8- Tubo PEAD.....	30
Figura 9- Tabela diâmetro comercial tubos para drenagem	31
Figura 10- Chapas Corrugadas contidas na IPR-714.....	32
Figura 11- Tubo de chapa metálica corrugada	32
Figura 12- Representação de uma bacia hidrográfica e uma sub-bacia.....	34
Figura 13- Localização do objeto de estudo.....	37
Figura 14- Estrada sentido RO 140.....	38
Figura 15- Montante da ponte de madeira	39
Figura 16- Jusante da ponte de madeira.....	39
Figura 17- Estrutura da ponte sentido BR 364 lado da jusante	40
Figura 18- Estrutura da ponte sentido RO 140 lado da jusante	40
Figura 19- Etapas de processamento dos dados SRTM: preenchimento de falhas, refinamento, derivação e pós-processamento.....	42
Figura 20- Dados da quadricula 09S63_.....	42
Figura 21- MDE quadricula 09S63_.....	43
Figura 22- MDE Raster recortado para área de interesse com preenchido	44
Figura 23- Raster de direção de drenagem.....	45
Figura 24- Raster do fluxo de drenagem sobrepondo a direção de drenagem	45
Figura 25- Raster da bacia de estudo	46
Figura 26- Curvas de níveis de 5 metros.....	46
Figura 27 - Mapa da Bacia Hidrográfica com talvegue principal.....	57
Figura 28- Curvas de nível de 1 metro	58
Figura 29- Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros tubulares de concreto trabalhando como canal.....	60

Figura 30- Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros celulares de concreto trabalhando como canal	61
Figura 31 - Tabela de vazão do catálogo de tubulações corrugadas de PEAD	62
Figura 32- Vazão, velocidade e declividade crítica para bueiros simples circular metálicos corrugados trabalhando como canal	62
Figura 33- Vazão, velocidade e declividade crítica para bueiros duplos circular metálicos corrugados trabalhando como canal	63
Figura 34 - Planilha orçamentária comparativa	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Intensidade da chuva em mm/h	52
Tabela 2- Altura de chuva em mm	52
Tabela 3- Coeficiente de escoamento superficial ou Ronoff.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área da bacia hidrográfica
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABTC	Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
C	Coeficiente de escoamento superficial ou runoff
fck	Resistência Característica do Concreto à Compressão
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CNT	Confederação Nacional dos Transportes
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento de Estradas e Rodagens
<i>h</i>	Altura pluviométrica
<i>i</i>	Intensidade da precipitação
IBGE	Instituto Brasileiro de Georreferencia e Estatística
IDF	Intensidade – duração- frequência
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Km	Quilometro
Km ²	Quilometro quadrado
KN/m	Quilonewton por metro
MDE	Modelo Digital de Elevação
mm	Milímetro
Mpa	Mega Pascal
m ³ /s	Metro cubico por segundo
NBR	Norma técnica brasileira

SIG	Sistema de Informação Geográfica
t	Duração da precipitação
T_c	Tempo de Concentração
TR	Tempo de recorrência
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SIRGAS	Sistema de Referência Geodésico para as Américas
SRC	Sistemas de Referência de Coordenadas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator
USGS	United States Geological Survey
PEAD	Polímero de Alta Densidade
TIF	Tagged Image Fil
Q	Vazão máxima
\emptyset	Coeficiente de retardo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS.....	20
3.2 DRENAGEM	21
3.3 BUEIROS	22
3.4 TIPOS DE CORPO DE BUEIROS PRA DRENAGEM DE ESTRADAS	23
3.4.1 Tubos de concreto	23
3.4.2 Galeria celulares de concreto	27
3.4.3 Tubo PEAD	29
3.4.4 Tubos de chapas metálicas	31
3.5 BACIA HIDROGRÁFICA	33
3.5.1 Sub Bacia	35
3.5.2 Micro bacia	35
4. METODOLOGIA	37
4.1 LOCAL DE ESTUDO	37
4.2 GEOPROCESSAMENTO PARA DELIMITAÇÃO DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO E CURSO DO TALVEGUE UTILIZANDO SIG.....	41
4.2.1 Coleta de dados	41
4.2.2 Geoprocessamento utilizando o SIG Qgis	43
4.3 CALCULO DA ESTIMATIVA DE VAZÃO	47
4.3.1 Método Racional	47
4.3.1.1 Coeficiente de correção	49
4.3.1.2 Tempo de concentração (Tc)	49
4.3.1.3 Intensidade pluviométrica	50
4.3.1.4 Tempo de Retorno	52
4.3.1.5 Coeficiente de escoamento superficial	53
4.1 DIMENSIONAMENTO DO BUEIRO.....	54
4.2 COMPARATIVO ENTRE MATERIAIS	55
5. RESULTADOS	56
5.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO E CURSO DO TALVEGUE UTILIZANDO SIG	56
5.1 ESTIMATIVA DE VAZÃO DE PROJETO	58
5.1.1 Tempo de concentração (Tc)	58

5.1.2	Intensidade Pluviométrica.....	59
5.1.3	Coeficiente de correção.....	59
5.1.4	Coeficiente de escoamento superficial ou runoff	59
5.1.5	Vazão de projeto.....	59
5.2	DIMENSIONAMENTO DO BUEIRO.....	60
5.2.1	Bueiro de concreto.....	60
5.2.2	Bueiro PEAD	61
5.2.3	Bueiro Metálico	62
5.3	COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	63
6.	CONCLUSÃO.....	66
	REFERENCIAS.....	67

INTRODUÇÃO

O município de Ariquemes, localizado no Estado de Rondônia, conta com uma área territorial 4.426.571 km² (IBGE, 2021), uma densidade demográfica de 20,41 hab/km² (IBGE, 2010), em que a maior parte da população reside no perímetro urbano, e conseqüentemente há uma maior parcela de investimento público no que se refere a obras de infraestrutura nesta região. Sub entende-se que no tocante a malha rodoviária do município, em que a maior parcela das estradas não pavimentadas, ou seja, aquelas nas quais se tem a ausência de qualquer tipo de pavimento asfáltico ou outra forma de pavimento (OLIVEIRA,2005), se localizam na zona rural, que segundo RODRIGUES (2015) o seu emprego se dá devido ao baixo custo de construção.

As estradas não pavimentadas têm grande importância socio econômicas para o município, servindo de vias para transporte da produção agropecuária e acesso da população do campo a serviços básicos assim garantindo uma melhor qualidade de vida a esta população, de acordo com GÓNGORA (2011). Sendo uma de seus desafios as inúmeras transposições de talvegues em seus trajetos, em grande parte são feitas por pontes em madeira, que em muitos casos se encontram danificadas oferecendo risco por quem ali trafega. Tomando como uma possível solução a substituição das mesmas por obras de drenagem, na qual se implanta bueiros.

Obras de drenagem têm por finalidade diminuir os riscos de transbordo de bacia de acumulo tanto em áreas urbanas, quanto em rodovias e estradas, através de elementos como bueiros também conhecido como obras de artes corrente, que são construídos para conduzir a água do talvegue sob o corpo da estrada.

A escolha do local de aplicação do estudo considera uma estrada não pavimentada na zona rural de Ariquemes, em que apresente uma ponte em madeira que num futuro próximo possa oferecer riscos ou impossibilitar a trafegabilidade da via. Servido como uma base para se aplicar em outros locais com mesma problemática.

Para realização deste tipo de obra é necessário um estudo na qual será dimensionado o bueiro. Para elaboração deste tipo de estudo é necessário conhecer os dados topográficos da região onde se busca fazer a intervenção estes podem ser obtidos e processados com auxílio de um Sistema de Informações Geográfica (SIG).

Através destes dados é possível a delimitação da bacia de contribuição bem como suas características, a qual será responsável pelo volume d'água que passará pelo bueiro caso ocorra a precipitação calculada em projeto. Outro fator indispensável para o estudo hidrológico é a escolha do método para cálculo de vazão de projeto, pois existem diversas metodologias de cálculos na literatura corrente, segundo o DNIT (2005) é preferível a adoção de métodos contidos em manuais e publicações oficiais, como por exemplo a Publicação IPR- 715 do próprio órgão, haja vista que no ano de 2022 ainda não se tem um Norma Brasileira (NBR) pra dimensionamento de vazão de projeto para bueiros.

Sendo o Método Racional largamente difundido e utilizado não somente no Brasil como em outros países, devido a sua facilidade de aplicação, somado ao fato que o mesmo oferece resultados satisfatório de vazão para pequenas bacias hidrográficas, de acordo com DNIT (2005). Com os valores obtidos de vazão possibilita o dimensionamento do bueiro que será responsável por conduzir o volume d'água da montante para a jusante do talvegue, em relação ao corpo da estrada. A vazão de bueiros em concreto ou metálicos tem relação as suas dimensões pode ser encontra em tabelas no Manual de Drenagem de Rodovias, publicação IPR- 724 de 2006 do DNIT, Já para bueiro de Polímero de Alta Densidade (PEAD) os próprios fabricantes disponibilizam as tabelas com estes valores.

Com base nas dimensões obtidas do bueiro, aplicando diferentes materiais, é possível uma análise de custo, com base em tabelas de referências de preços, em um primeiro momento é levando em consideração somente o custo de aquisição e implantação do dispositivo, ao qual descarta custo como transporte, mobilização de maquinário e pessoal, além da movimentação de terra.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar e determinar os parâmetros de dimensionamento de um sistema de drenagem em estradas não pavimentadas na zona rural.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a microbacia hidrográfica.
- Delimitar a microbacia através de um SIG.
- Determinar os parâmetros hidráulicos de bueiros de concreto, metálico e PEAD.
- Elaborar comparativo de viabilidade econômica entre materiais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

O Brasil tem território amplo de dimensões continental, de acordo com o IBGE em 2021, o território brasileiro é composto 8.519.245,538 Km² de área, sendo dividido em 26 e o Distrito Federal, estes sendo subdivido em 5.568 municípios. Logo para a maior parte interligação entre estes municípios é feita por estradas, muitas dela sem pavimentação.

Estradas corresponde a uma faixa de terreno preparada para utilização de pessoas, animais ou veículos, para facilitar o deslocamento de um local a outro, afirma GRIEBELER (2002). Segundo levantamento da CNT (2021) no ano de 2019 o Brasil contava com uma malha rodoviária composta por 1.720.700,00 km de extensão, deste total apenas 213.452,00 km é pavimentada correspondente a 12,4%, outros 9,1 % são planejadas aproximadamente 157.700,00 km. Logo os outros 78,5% que remete a 1.349.338,00 km não é constituída por nenhum tipo de pavimento além dos primários, denominadas estas como estradas não pavimentadas.

Estradas não pavimentadas, segundo GRIEBELER (2002), também podem ser nomeadas como estradas vicinais, linhas vicinais, estradas de terras. Para OLIVEIRA (2005), estradas não pavimentadas tem como características principal a ausência de pavimentação asfáltica e/ou outro tipo de pavimento, constituídas em sua superfície somente por revestimentos primários como cascalho, areia, pedra ou outro tipo de material, em alguns casos apenas pela conformação do solo devido a trânsito pelo local.

As boas condições de trafegabilidade das estradas não pavimentadas, além de ser indispensável para economia, por servir de rotas primárias para o escoamento da produção agropecuária, esta tem grande impacto no aspecto social da população rural, possibilitando o acesso a serviços básicos como saúde educação, lazer afirma GRIEBELER (2002).

Existem alguns fatores que prejudicam as boas condições destas vias, principalmente em períodos chuvosos, sendo o acumulo de água no corpo da estrada devido às chuvas intensas, transbordos de cursos d'água como de igarapés. Em

muitos locais utiliza-se de pontes em madeira, ou até mesmo em há locais com utilização de troncos de arvores ocas, que funcionam como conduto para a transposição da água sob a via, logo como estas são medidas as quais muitos dos casos são provisórias e com o passar do tempo sofrem desgaste natural, assim acabam por gerar transtornos para trafego do local.

Para contornar esses problemas, utiliza-se de pontes de concreto e/ou aço, que oferecem uma vida útil maior, porém em muitos casos se tornam inviável a sua implantação devido ao seu elevado custo, assim é necessário a utilização de outras soluções, como por exemplos bueiros, sendo constituídos por diferentes materiais como concreto, concreto armado, aço, PEAD.

3.2 DRENAGEM

Drenagem ou drenagem pluvial é descrita como um conjunto de componentes que tem por objetivo minimizar ou anular riscos de enchentes, alagamentos e transbordo de bacias de acumulo e rios, em rodovias, estradas e áreas urbanas, de acordo com TUCCI et. al. (2007). A Drenagem pluvial pode ser dividida em duas categorias, a micro drenagem e a macrodrenagem, ambas com suas características e relevância para um sistema eficiente de drenagem.

Andrade e Abreu (2017) descreve que a micro drenagem é o sistema de condutos destinados a receber e conduzir a água das chuvas, recebidas de lotes, ruas, edificações, entre outros, já a macrodrenagem remete a rede de drenagem natural, constituída por córregos e rios. É importante ressaltar que em muitos casos quando a citada se encontra em perímetro urbano, onde podem ocorrer o assoreamento desta devido a remoção da vegetação em seu entorno, logo para tentar corrigir e minimizar tal problema, se executa intervenções transformando-as em canais em concreto.

O sistema de drenagem é composto por vários equipamentos com funções específica, sendo eles os condutores superficiais, que tem como função encaminhar a água até os elementos receptores, tais condutores são sarjetas, valetas além da própria via e terreno. Já os elementos de captação, tais com descida d'água, boca de

lobo, estes recebem essa água e as transfere imediatamente, elementos de condução subterrânea ou ar livre como os canais, canalizações as galerias e bueiros estes por sua vez destinam todo esse volume d'água para os córregos e rios.

Em uma aplicação para estradas e rodovias, drenagem tem por finalidade eliminar a água que atingirá o corpo estradal, onde irá captar e conduzir há locais em que não afeta a segurança e estabilidade da via. Os talwegues são obstáculos a serem vencidos pela rodovia, a qual atende a essa função obras como bueiros sob aterros, pontes ou pontilhões aos quais transponham esse obstáculo possibilitando a travessia das águas oriundas das bacias de acúmulos sob a estrada sem que comprometa sua estrutura, conforme (DNIT, 2006). Se analisará os bueiros como solução para drenagem de estradas.

3.3 BUEIROS

Para Baptista e Lara (2002) bueiros são estruturas, construídos nos pontos mais baixos dos vales e que tem a função da transpasse das águas dos talwegues abaixo das obras de terraplenagem, também são conhecidas como obras de arte corrente.

Bueiros são constituídos basicamente de duas partes, sendo elas o corpo e as bocas responsável pela admissão respectivamente a montante e na jusante lançamento d'água. Podendo funcionar basicamente de três formas, como canal em condições de escoamento livre, como orifício em que tem se carga hidráulica a montante e como conduto forçado em que as duas extremidades estão submergidas, afirma (Baptista e Lara ,2002).

Segundo o DNIT (2006), os bueiros podem ser classificados em quatro classes:

Quanto à forma, tubulares quando a seção for circular designados pela sigla "T" em notação de projeto, celulares "C" com seção quadrada ou retangular, especial de seção elíptica ou ovoide. Já os metálicos corrugados é possível ter uma ampla gama de forma, como circulares, lenticular, elíptica, arcos semicirculares e raios variáveis (DNIT, 2006).

Quanto ao número de linhas, sendo simples quando se tem uma única linha de tubo em notação de projeto é designado pela sigla “S”, duplos “D” e triplos “T” quando se tem respectivamente duas e três linhas de tubos. Não é recomendado a utilização de mais de três linhas de tubos pois estas acabam por gerar uma faixa muito grande de alagamento de acordo DNIT (2006), ressalta também que para o dimensionamento hidráulico de bueiros de múltiplas linhas, considera-se uma redução na sua capacidade de vazão de 5% para cada linha, ou seja, uma obra em que se tenha três linhas de bueiro a capacidade de escoamento de cada linha será igual a 90%.

Quanto ao material, na construção de bueiros podem se empregados diversos materiais entre os mais usuais concretos simples e armados designado pela sigla “C”, chapas metálicas corrugada “M”, aos quais serão discorridos mais adiante.

Quanto a esconsidade, sendo definida como o ângulo formado entre o eixo longitudinal do bueiro e a perpendicular do eixo longitudinal da via. Podem ser divididos em normais quando se tem um eixo com ângulo igual a 0°, e esconso quando o mesmo for diferente de 0°.

Para fins de projeto é usual o emprego da notação simples dessas classificações, em que se inicia a notação pela descrição B referindo-se a bueiro, e posteriormente número de linhas, a sua forma, tipo de material sucedidos das suas dimensões representados pelas notações anteriormente dispostas, por exemplo; BTTC Ø 1,5, bueiro triplo tubular de concreto com diâmetro de 1,5 metros

3.4 TIPOS DE CORPO DE BUEIROS PRA DRENAGEM DE ESTRADAS

3.4.1 Tubos de concreto

Os tubos utilizados em obras de drenagem podem ser classificados em três categorias sendo elas os tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis. Sendo que os tubos de concreto se enquadram na categoria de rígidos, que segundo CHAMA NETO (2003) são aqueles a qual suportam uma deformação de até 0,1% no diâmetro, na qual não ocasionam fissuras que possam prejudicar sua funcionalidade, quando

submetido a esforços de compressão diametral, sendo esta deformação medida no sentido da aplicação da carga.

Os tubos de concreto têm uma empregabilidade em obras de drenagem comum devido à sua boa resistência, e ao seu custo, sendo muito utilizado em obras de micro drenagem e até mesmo em macrodrenagem. Os tubos de concreto podem ser fabricados em diferentes diâmetros, tendo uma variação de Ø 200 mm a Ø 2000mm. Sendo estes divididos em tubos de concreto simples ou armado.

Os tubos de concreto simples, tem em sua constituição somente o concreto que nada mais é que o material resultante da mistura de aglomerante, agregado miúdo e graúdo, água e possível aditivos, obtendo assim um material resistente a compressão após sua cura. Segundo a ABNT NBR 8890 (2020) comercialmente se encontra tubos 200mm a 600mm do tipo ponta e bolça, e 500mm e 600mm com encaixe macho fêmea, onde se tem comprimentos mínimos para cada diâmetro. Ambos os modelos tem sua classificação de resistência descrita em PS1 e PS2, sendo a segunda com uma maior capacidade de resistências a esforços de compressão diametral conforme a tabela A.4 – *Compressão diametral de tubos simples* da ABNT NBR 8890 (2020), Figura 1.

Figura 1- Compressão diametral de tubos de concreto simples

Tabela A.4 – Compressão diametral de tubos simples			
DN	Água pluvial		Esgoto sanitário
	Força mínima de ruptura kN/m		Força mínima de ruptura kN/m
Classe	PS1	PS2	ES
200	16	24	36
300	16	24	36
400 ^a	16	24	36
500	20	30	45
600 ^b	24	36	54
Força diametral de ruptura kN/m			
Qd	40	60	90
^a Para tubos simples com diâmetro igual ou menor que 400 mm, a força mínima de ruptura é a correspondente a este valor. ^b Tubos com diâmetro nominal acima de 600 mm devem ser armados, reforçados com fibras de aço ou armados com reforço secundário de fibras de aço.			

Fonte: NBR 8890 (2020).

Os tubos de concreto armado, onde se tem a junção do concreto com uma malha de aço. De acordo com a ABNT NBR 8890 (2020) tubo de concreto com diâmetros maiores que \varnothing 600 mm devem ter em sua construção algum tipo de reforço estrutural podendo ser eles em barras, telas, fibras de aço, ou a combinação entre eles. Conforme a esta norma, os tubos com reforço estrutural apresentam duas classificações quanto a sua fabricação: sendo a primeiro tubo armação com barras, telas de aço soldadas ou fibra de aço; e a segunda tubo armado com barras ou telas de aço soldadas e com reforço secundário de fibra de aço.

Sua classificação quanto a resistência é PA1, PA2, PA3 e PA4, sendo a resistência a compressão diametral em KN/m, a norma ressalta que para locais onde se necessite resistência maiores de PA4 é recomendado a utilização de galerias celulares de concreto com seções retangulares. A resistência de cada classe e diâmetro de tubo de concreto é dada conforme a *tabela A.5 – Compressão diametral de tubos de concreto armado, reforçado com fibra ou armados com reforço secundário de fibras* da ABNT NBR 8890 (2020), Figura 2 e Figura 3.

Figura 2- Esforço diametral de tubos de concreto armado ou reforçado

Tabela A.5 – Compressão diametral de tubos de concreto armado, reforçados com fibras ou armados com reforço secundário de fibras (continua)

DN	Água pluvial								Esgoto sanitário					
	Força mínima isenta de fissura				Força mínima de ruptura ^b				Força mínima isenta de fissura			Força mínima de ruptura ^b		
	kN/m				kN/m				kN/m			kN/m		
Classe ^a	PA1	PA2	PA3	PA4	PA1	PA2	PA3	PA4	EA2	EA3	EA4	EA2	EA3	EA4
300	12	18	27	36	18	27	41	54	18	27	36	27	41	54
400	16	24	36	48	24	36	54	72	24	36	48	36	54	72
500	20	30	45	60	30	45	68	90	30	45	60	45	68	90
600	24	36	54	72	36	54	81	108	36	54	72	54	81	108
700	28	42	63	84	42	63	95	126	42	63	84	63	95	126
800	32	48	72	96	48	72	108	144	48	72	96	72	108	144
900	36	54	81	108	54	81	122	162	54	81	108	81	122	162
1 000 ^c	40	60	90	120	60	90	135	180	60	90	120	90	135	180
1 100	44	66	99	132	66	99	149	198	66	99	132	99	149	198
1 200	48	72	108	144	72	108	162	216	72	108	144	108	162	216

Fonte: NBR 8890 (2020).

Figura 3- Esforço diametral de tubos de concreto armado ou reforçado (conclusão)

Tabela A.5 (conclusão)														
DN	Água pluvial								Esgoto sanitário					
	Força mínima isenta de fissura				Força mínima de ruptura ^b				Força mínima isenta de fissura			Força mínima de ruptura ^b		
	kN/m				kN/m				kN/m			kN/m		
Classe ^a	PA1	PA2	PA3	PA4	PA1	PA2	PA3	PA4	EA2	EA3	EA4	EA2	EA3	EA4
1 500	60	90	135	180	90	135	203	270	90	135	180	135	203	270
1 750	70	105	158	210	105	158	237	315	105	158	210	158	237	315
2 000	80	120	180	240	120	180	270	360	120	180	240	180	270	360
Força diametral isenta de fissura/ruptura														
kN/m														
Qd	40	60	90	120	60	90	135	180	60	90	120	90	135	180
^a Para classes superiores a PA4 e EA4 devem ser utilizadas galerias celulares de seção retangular de acordo com a ABNT NBR 15396. ^b Para tubos armados, reforçados com fibra e armados com reforço secundário de fibras, a força de ruptura mínima deve corresponder a 1,5 da força mínima isenta de fissura. ^c Tubos reforçados exclusivamente com fibras de aço podem ser fabricados com diâmetro nominal até 1 000 mm. Os tubos com diâmetro nominal maior que 1 000 mm devem ser armados ou armados com reforço secundário em fibras de aço. Força diametral isenta de fissura ou ruptura é a relação entre a força isenta de fissura ou ruptura e o diâmetro nominal do tubo.														

Fonte: NBR 8890 (2020).

Os tipos de encaixe entre tubos de concreto são ponta bolça e macho fêmea, Figura 4, sendo que para os diâmetros comerciais de 300mm a 2000mm encaixe ponta bolsa e tubos com encaixe macho fêmea com diâmetro nominal a partir de 500mm, conforme NBR 8890 (2020).

Figura 4- Tubos de concreto



a) Ponta bolça



b) Macho fêmea

Fonte: Construsino (2017).

Sedo muito usual em obras de drenagem a preferência de utilização do encaixe ponta bolça, em que se tem uma maior resistência na união das peças devido a maior espessura do encaixa, que é selado normalmente com argamassa confeccionada com cimento e agregado, aumentando a estanqueidade do tubo. Os tubos com encaixe ponta bolça devem atender as dimensões estabelecidas na *tabela A.1 da ABNT NBR 8890 (2020)*, conforme Figura 5.

Figura 5- Dimensões dos tubos pra água pluvial com encaixe ponta e bolsa

Tabela A.1 – Dimensões dos tubos para água pluvial com encaixe ponta e bolsa									
Dimensões em milímetros									
Diâmetro nominal	Comprimento útil mínimo do tubo	Comprimento mínimo da bolsa	Folga máxima do encaixe	Espessura mínima de parede					
				D					
DN	L	B	C ^a	PS1	PS2	PA1	PA2	PA3	PA4
200	1 000	50	30	30	30	–	–	–	–
300	1 000	60	30	30	30	45	45	45	45
400	1 000	65	30	40	40	45	45	45	45
500	1 000	70	40	50	50	50	50	50	60
600	1 000	75	40	55	55	60	60	60	70
700	1 000	80	40	–	–	66	66	75	80
800	1 000	80	40	–	–	72	72	80	95
900	1 000	80	40	–	–	75	75	90	100
1 000	1 000	80	40	–	–	80	80	100	115
1 100	1 000	80	50	–	–	90	90	112	125
1 200	1 000	90	50	–	–	96	96	125	140
1 300	1 000	90	50	–	–	105	105	130	155
1 500	1 000	90	60	–	–	120	120	155	160
1 750	1 000	100	60	–	–	140	140	165	175
2 000	1 000	100	60	–	–	160	160	170	180

^a C é a diferença entre o diâmetro interno mínimo da bolsa e o diâmetro externo da ponta do tubo.

NOTA O atendimento às dimensões estabelecidas nesta Tabela não elimina a necessidade de verificação dos requisitos de resistência à compressão diametral e os demais requisitos estabelecidos nesta Norma.

Fonte: NBR 8890 (2020).

3.4.2 Galeria celulares de concreto

Aduelas ou galerias celulares de concreto armado, com seção retangular fechadas ou abertas, Figura 6, são dispositivos do tipo corpo em obras de drenagem, que se encaixam como condutos rígidos conforme ABNT NBR 15396 (2018), essa norma recomenda que na produção destes elementos se utilize concreto que tenha resistência característica a compressão mínima C25, ou seja, f_{ck} igual ou superior a 25 Mpa.

Figura 6- Galeria de concreto pré-moldada



Fonte: ABTC (2022).

As galerias celulares podem ser pré-moldadas ou moldadas no local, sendo que suas dimensões base e altura tem variações de 0,50 m em 0,50 m, de acordo com a tabela 1 da ABNT NBR 15396 (2018), Figura 7. Segundo esta norma estas dimensões podem ser modificadas, desde que obedeça aos requisitos estabelecidos na mesma, afim de manter a resistência e durabilidade, também recomenda que a espessura mínima das paredes seja de 15 centímetros e que o cobrimento da armadura seja de 30 mm respeitando a classe de agressividade do ambiente conforme ABNT NBR 6118 (2014). De acordo com a ABNT NBR 15396 (2018) estabelece o comprimento útil mínimo é de 1,00 m quando pré-moldadas, estes se utilizam de sistema de encaixe tipo macho fêmea.

Figura 7- Dimensões das aduelas

Tabela 1 – Dimensões das aduelas

Largura (l)	Altura (a)	Largura (l)	Altura (a)
1,00	1,00	–	–
1,50	1,00	1,00	1,50
2,00	1,00	1,00	2,00
2,50	1,00	1,00	2,50
3,00	1,00	1,00	3,00
3,50	1,00	1,00	3,50
4,00	1,00	1,00	4,00
1,50	1,50	–	–
2,00	1,50	1,50	2,00
2,50	1,50	1,50	2,50
3,00	1,50	1,50	3,00
3,50	1,50	1,50	3,50
4,00	1,50	1,50	4,00
2,00	2,00	–	–
2,50	2,00	2,00	2,50
3,00	2,00	2,00	3,00
3,50	2,00	2,00	3,50
4,00	2,00	2,00	4,00
2,50	2,50	–	–
3,00	2,50	2,50	3,00
3,50	2,50	2,50	3,50
4,00	2,50	2,50	4,00
3,00	3,00	–	–
3,50	3,00	3,00	3,50
4,00	3,00	3,00	4,00
3,50	3,50	–	–
4,00	3,50	3,50	4,00
4,00	4,00	–	–

NOTA Caso haja necessidade, as dimensões estabelecidas nesta Tabela podem ser modificadas mediante acordo entre comprador e fabricante, respeitando-se os demais requisitos desta Norma.

Fonte: NBR 15396 (2018).

3.4.3 Tubo PEAD

O tubo de polietileno de alta densidade ou PEAD, segundo a Tigre-ADS (2017) é um material da alta tecnologia sendo constituído por polímeros, que são materiais com cadeias moleculares bem organizadas, o que proporcionam características especiais. Este tipo de tubo se enquadra na categoria de tubo flexível dividido a sua resistência a deformação diametral que podem chegar até 3 %.

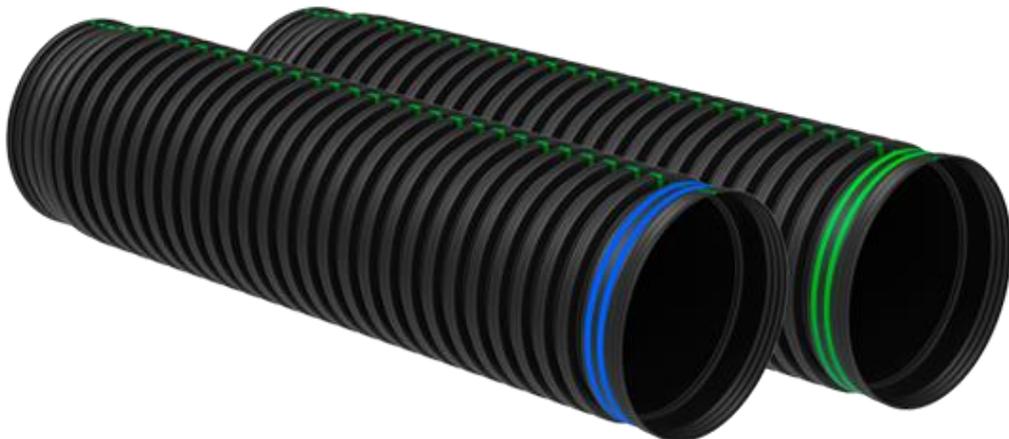
O PEAD é um material constituído por átomos de carbono e hidrogênio, que se juntam para formar uma cadeia de polímeros de baixo grau de ramificações da macromolécula, o que permite um maior grau de cristalinidade e, conseqüentemente,

maior densidade, rigidez, resistência mecânica, térmica e química (ARMICO STANCO, 2013).

De acordo com a Tigre-ADS (2017), os tubos PEAD tem durabilidade média 75 anos, além de serem resistentes a corrosão e algumas reações químicas. O tubo PEAD tem uma alta eficiência hidráulica e possuem sistemas de encaixes que garante a estanqueidade da tubulação, são mais leves que a tubulações convencionais assim facilitando o manuseio.

Tem uma grande resistência, e sua parede externa e corrugada, conforme pode ser identificado na Figura 8, o que aumentando ainda mais sua resistência o que possibilita grandes volumes de aterro sobre o mesmo, segundo a Tigre- ADS (2017) graças a essa característica podem ser utilizados em rodovias com alto fluxo de veículos, trafego pesados como caminhões e até mesmo em ferrovias, mantendo a integridade das peças.

Figura 8- Tubo PEAD



Fonte: Tigre- ADS (2017).

Os diâmetros comerciais de tubo PEAD para drenagem comercializados pela Tigre- ADS podem ser identificados na Figura 9, retirada do catálogo de tubulações da Tigre- ADS do ano de 2017.

Figura 9- Tabela diâmetro comercial tubos para drenagem

Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro Interno (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Rigidez Nominal mínima* (ISO 9969)
100	103	121	SN8
150	152	177	SN8
200	203	240	SN8
250	254	304	SN8
300	303	359	SN4
375	375	448	SN4
400	408	460	SN4
450	451	545	SN4
500	508	577	SN4
600	603	717	SN4
750	772	901	SN4
800	809	919	SN4
900	908	1054	SN4
1050	1063	1216	SN4
1200	1218	1374	SN4
1500	1521	1699	SN2

Fonte: Tigre- ADS (2017).

Segundo a Tigre- ADS (2017) devidos a suas diversas características como facilidade de instalação diminuindo o tempo de execução de uma obra, leveza, alta resistência mecânica e contra agentes degradantes entre outras, há uma tendência acelerada na aplicação dos tubos PEAD, tanto entre engenheiros em seus projetos quanto entre construtoras em suas obras.

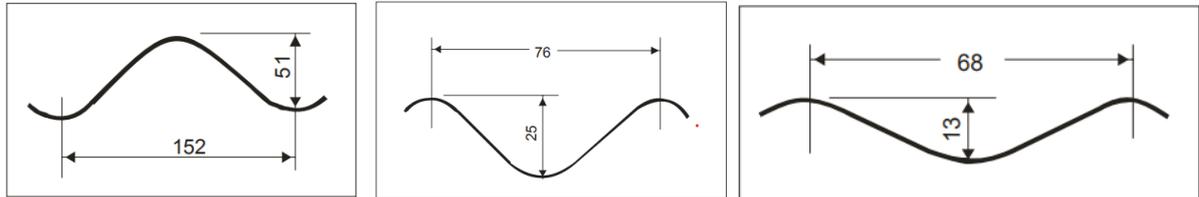
3.4.4 Tubos de chapas metálicas

Bueiros metálicos são compostos por chapas de aço onduladas, assim com sua montagem se tem um bueiro metálico corrugado, Figura 11, segundo o DNIT (2006) a união entre as chapas deve ser feita por cintas ou parafuso, acrescenta que a fabricação destas chapas deve atender os requisitos das normas da AASHTO e ASTM.

A corrugação das chapas tem relação direta com a resistência estrutural da peça, existindo no mercado diferentes configurações, claramente com resistências e aplicações diferentes, além de parâmetros hidráulicos diferenciados em mesma

dimensão com corrugação diferentes. O manual do DNIT (2006) apresenta três configurações de chapas corrugadas, conforme Figura 10.

Figura 10- Chapas Corrugadas contidas na IPR-714



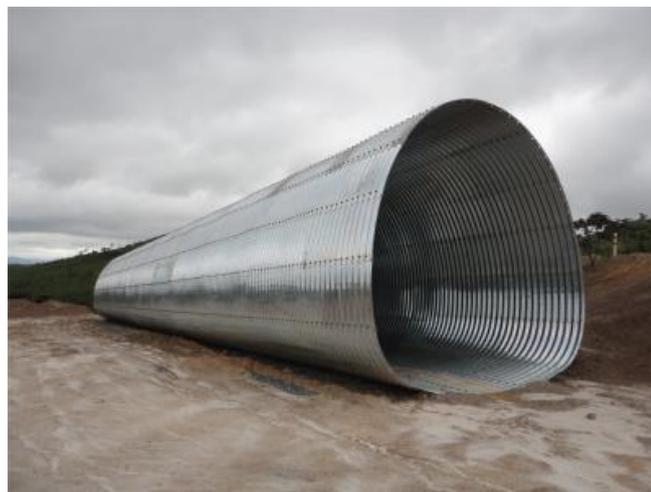
a) *Corrugação 152 x 51 mm* b) *Corrugação 76 x 25 mm* c) *Corrugação 68 x 13 mm*

Fonte: DNIT (2006).

Essas chapas tem revestimento galvanizado pelo processo de imersão a quente, ou revestimento epóxi ambas com a finalidade proteção da chapa contra agentes degradantes como a corrosão, de acordo com (ARMICO STANCO, 2013).

Os bueiros corrugados metálicos, apresentam formatos como circulares, ovoides, estes últimos não apresentam formatos 100 % circulares, de acordo com o DNIT (2006) os mais comuns os elípticos, semicirculares, lenticulares. A escolha do seu formato depende de fatores correlacionados com as características do terreno e vazão que deverá ser atendida pelo mesmo, bem como a altura do aterro.

Figura 11- Tubo de chapa metálica corrugada



Fonte: Armico Stanco (2017).

Este tipo de bueiros é muito usual na aplicação do método não destrutivo no qual não ocorre interrupção de tráfego de veículos na via, segundo Pavani (2018) o modelo mais empregado no Brasil é o Túnel Linear, por ser versátil e eficiente, tendo em vista que a sua execução com as chapas de aço corrugadas facilita a montagem, além de utilização de escavação manual, diminuindo a dificuldade de execução e o custo operacional.

3.5 BACIA HIDROGRÁFICA

De acordo com Gomes, Bianchi e Oliveira (2021), muitas são as definições dadas com o decorrer do tempo para bacia hidrográfica, havendo algumas variações entre diferentes autores. Estes atrelados às abordagens e aos contextos de pesquisa, tais como hidrológica, geomorfológica, gestão e planejamento espacial.

Para Barrella (2001) uma bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, sendo os talvegues os pontos mais baixos e os divisores de água são os pontos mais altos responsável pela delimitação dos seu contorno. Segundo o autor as águas das chuvas que escoam pela superfície para as partes mais baixa formam os riachos e rios, e podem infiltrar no solo e formam e abastecem o lençol freático e nascentes. Em condições normais as cabeceiras dos rios são formadas por riachos que nascem nas serras e montanhas, ao decorrer do seu percurso, juntam-se a outros riachos, aumentando seu volume e formando rios, e estes juntam-se a outros rios formando grande rios que desaguam no mar.

Seguindo esta mesma linha de pensamento Coelho Neto (2009) descreve que bacia de drenagem sendo uma área da superfície terrestre responsável por drenar água, sedimentos para uma saída comum, em determinado ponto específico do canal.

Para Chorley (1962 apud Gomes, Bianchi e Oliveira, 2021) refere-se a bacia hidrográfica como sistema de captação de água, no qual é composto por pontos mais elevados os divisores de água, sendo o início de vários cursos d'água que convergem para um ponto comum os grandes rios. Desta forma, é um sistema aberto, pois seus elementos estão interligados por meio de vários processos de interação (água, morfogênese, gênese do solo, entre outros) que se baseiam na entrada no sistema e

seus subsistemas e na saída acionada por sua matéria e energia. O que remete ao conceito parecido com o de Barrella, podendo ser melhor compreendida na Figura 12.

Figura 12- Representação de uma bacia hidrográfica e uma sub-bacia



Fonte: Freitas (2015).

A partir destes conceitos apresentados anteriormente, adota-se que uma bacia hidrografia é uma parcela de uma determinada região terrestre responsável por escoar e drenar a águas proveniente das precipitações, formada por vários elementos que a caracterizam e a delimitam, sendo eles os divisores topográficos ou divisores de águas os pontos mais elevados, no qual surgem nascentes dos riachos que confluem para um rio principal, o exultório. Logo é possível entender que há uma hierarquização dentro deste conceito, para se formar uma bacia depende de outras bacias menores descritas como sub bacia, o mesmo se aplica para a formação destas, ao qual vários autores se referem como microbacia hidrográfica.

Ressaltando que a hierarquia em escoamento e drenagem da água originaria da precipitação, formam uma micro bacia e esta forma uma sub bacia, a qual se destinam a uma bacia de um rio principal, estes encontram com outro formando um rio de segunda ordem e assim sucessivamente, até que o resultado desta junção de corpos d'água desemboca no mar, completando um ciclo da água.

3.5.1 Sub Bacia

O termo sub bacia no que tange a suas definições é menos esclarecedor quanto que bacia, para Gomes, Bianchi e Oliveira (2021), sub-bacia hidrográfica é outro termo para bacia hidrográfica, que se destina a denotar a hierarquia de seu sistema de drenagem de acordo com sua complexidade, número de áreas de drenagem, sequência fluvial e relação direta com o rio principal da rede hidrológica. E que em seu sentido morfológico, consiste no prefixo sub justaposto ao substantivo bacia, modificado pelo adjetivo hidrográfico, sendo que o primeiro designa algo que é hierarquicamente inferior ou menor, enquanto o segundo designa um sistema espacial multidimensional cuja dimensão hidro geomorfológicas costuma ser seu atributo mais proeminente. Logo entende-se que sub bacia nada mais é do que uma bacia hidrográfica menos complexa e afluente de outra grande rede de drenagem.

Considerando aspectos qualitativos e quantitativos, de acordo com Teodoro et al. (2017) sub bacia por sua vez são áreas de drenagem tributárias do curso principal d'água. Para Faustine (1996, apud Teodoro,2007) as sub-bacias são descritas com bacias com áreas maiores que 100 Km² e menores que 700 Km². Outra quantificação encontrada na literatura é a de Vélez, Núñez e Trujano (2003), na qual entende que uma sub bacia tem tamanhos entre 5.000 ha a 50.000 ha (50 Km² a 500 Km²).

Fica evidenciado que não há consenso entre dimensões de uma sub bacia entre diferentes autores, no entanto com uma análise sobre o presente tema em sua forma global será caracterizado como uma sub bacia a área responsável pela drenagem e escoamento tributaria a um rio principal que forma a bacia, e que tenha áreas maiores que 50 km² e menores 500 km².

3.5.2 Micro bacia

As micro bacias tem as mesmas características das sub bacias, porem com uma área de influência de menor escala, sendo referido pelo termo micro. Para Vélez, Núñez e Trujano (2003), esta tem uma área que varia 3.000 ha a 5.000 ha (30 Km² a

50 Km², também alega que em casos onde as condições topográficas permitem estas áreas podem ser menores.

Para Lima (2008) micro bacia é uma área muito pequena com elevada sensibilidade a precipitações de alta intensidade somados diferentes usos de solos não são suprimidos pelas características da rede de drenagem. Acrescenta que a área de uma micro bacias hidrográficas pode variar de menos de 1 ha a 40 ha (10 km² a 40 km²).

Logo o mesmo que ocorre com as sub bacias, as micro bacias não se tem um consenso entre autores quanto tamanho da sua área de influência definido. E, portanto, neste estudo será adotado que a sua área de influência poderá variar de menos de 1 km² a 50 km², determinada diretamente pelas condições topográficas do terreno.

4. METODOLOGIA

4.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no município de Ariquemes, estado de Rondônia, onde foi identificada uma localidade ao qual seria possível aplicar as etapas do processo de dimensionamento de uma obra de drenagem, em que certamente beneficiaria os moradores daquela região, seja por melhorar as condições de trafegabilidade e segurança de tal local e até mesmo diminuído o trajeto da zona rural até as rodovias de acesso a zona urbana.

A identificação do local foi realizada com o auxílio de software de mapeamento por satélite Google Earth Pro, no qual é possível obter várias funcionalidades como imagens de satélite, nome das vias, distancia, áreas através de polígonos, coordenadas e altitude de pontos, entre outras. Logo com análise dessas informações o local de estudo foi definido, sendo localizado na Linha C-70, no trecho entre a BR-364 e a RO 140, KM 10,90 sentido Oeste a Leste, de acordo com a Figura 13.

Figura 13- Localização do objeto de estudo



Fonte: Autor (2022).

Logo após a identificação do local de interesse, foi realizada uma visita in loco, para verificar as reais condições de aplicabilidade do estudo, além do levantamento de algumas dimensões, e caracterização do trecho.

A via é uma estrada não pavimentada, na qual se tem apenas com camada de revestimento primário, cascalho, nota-se que a via apresenta boas condições pois fica evidenciado que ressentimento foi realizado serviço de conformação da estrada, conforme é o observado na Figura 14.

Figura 14- Estrada sentido RO 140



Fonte: Autor (2022).

O talvegue, é um pequeno igarapé que de acordo com o mapa municipal elaborado pelo do IBGE (2021) é identificado como Igarapé São José, sendo um dos formadores do Rio Madalena que conseguinte se encontra com o Rio Branco, e posteriormente com Rio Jamari. A visita no local, foi realizado no início do mês de maio, época em que se inicia o período de estiagem na região, portanto seu nível estava em condições normais, conforme é identificado nas Figura 15 e Figura 16.

O transpasse sobre o talvegue, é uma ponte de madeira com comprimento de 10,60 metros e largura 4,30 metros, sendo que o vão de um cabeceira a outro é de 9,50 aproximadamente. A estrutura da ponte é constituída por dois troncos de arvores em formato circular estas atuam como vigas de sustentação da ponte, considerando o eixo a eixo tem se uma medida aproximada de 1,80 metros.

Figura 15- Montante da ponte de madeira



Fonte: Autor (2022).

Figura 16- Jusante da ponte de madeira



Fonte: Autor (2022).

Sobre os troncos circulares se tem tábuas ou pranchas de madeira no sentido transversal da ponte, e sobre as anteriores são fixadas três pranchas de cada lado no sentido longitudinal, logo estes elementos atendem a função de tabuleiro. Nas cabeceiras também é aplicado um tipo de estrutura de contenção e sustentação que serve de fundação para ponte na qual são utilizados troncos de arvores circulares como é possível identificar nas Figura 17 e Figura 18.

Figura 17- Estrutura da ponte sentido BR 364 lado da jusante



Fonte: Autor (2022).

Figura 18-Estrutura da ponte sentido RO 140 lado da jusante



Fonte: Autor (2022).

Complementando que nesta ponte só é possível efetuar o transpasse de um veículo por vez devido sua largura ser reduzida, além do fato que nesta ponte não existe nenhum tipo de contenção lateral, ou seja, não possui guarda corpo, o que acaba por se tornam um grande risco pra quem por ali trafega, principalmente no período noturno.

4.2 GEOPROCESSAMENTO PARA DELIMITAÇÃO DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO E CURSO DO TALVEGUE UTILIZANDO SIG

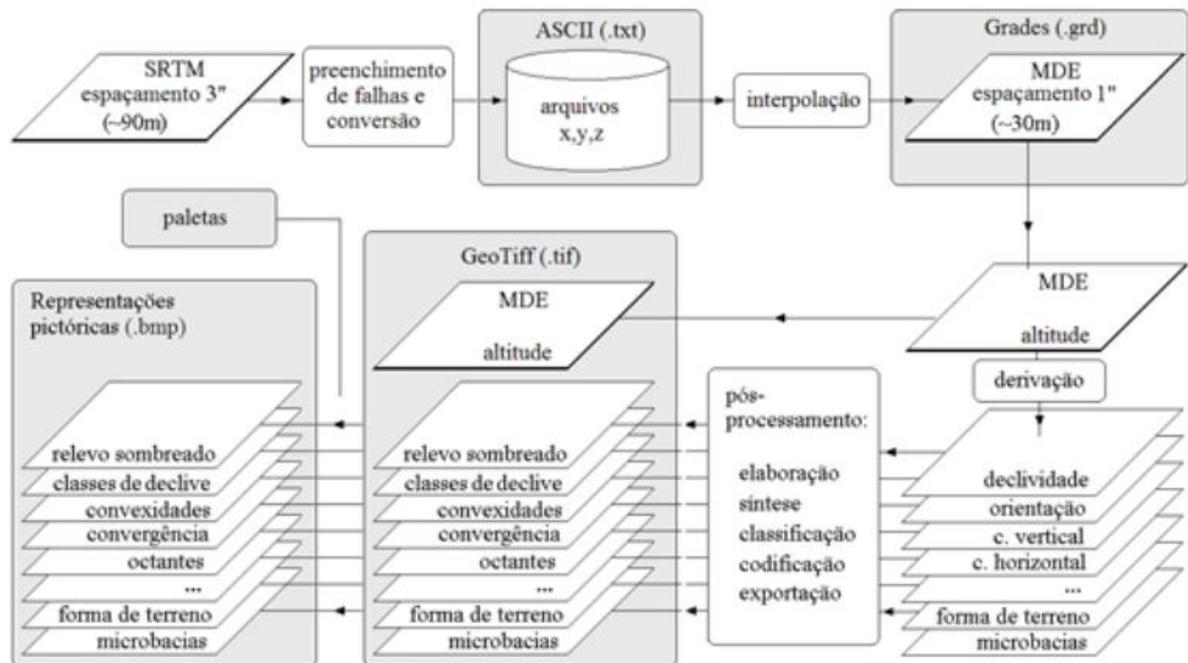
Para Zaidan (2007) o geoprocessamento é descrito como um grupo de técnicas e métodos tanto teóricos quanto computacionais que associam coleta, admissão, armazenagem, tratamento e processamento de dados, com o objetivo de gerar novos dados georreferenciados, ou seja, com uma atribuição de localização no globo terrestre, por meio de coordenadas. O Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) adotado para tal atividade do estudo, será o Universal Transversa de Mercator (UTM), que está dentro do sistema Geodésico de Referência conhecido como Sistema de Referência Geodésico para as Américas (SIRGAS).

4.2.1 Coleta de dados

Os dados utilizados para o geoprocessamento foram obtidos no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ao qual é portador de uma página denominada TOPODATA. Todos os dados foram obtidos por SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) que corresponde a Missão Topográfica de Radar Embarcado, sendo uma missão que teve a finalidade de obter o modelo digital do terreno da Terra através de imagens de alta resolução, de acordo com (INPE, 2022).

Os modelos topográficos e derivações que são encontrados no site do INPE foram elaborados a partir de dados disponibilizados pela USGS (United States Geological Survey), seguindo etapas de processamento de dados, conforme a Figura 19. Segundo o INPE (2022), estes dados apresentam resultados diferentes em relação aos originais disponibilizados pela USGS, devido a metodologia de processamento adota. Conforme verificou Marques et al (2011) em seu estudo no tocante aos resultados obtidos para redes de drenagem comparando o Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizados pelo INPE e pela USGS, apresentam diferenças expressivas, cabendo ao usuário a verificação dos resultados através de fontes de dados complementares como cartas topográfica ou foteointerpretação, também acrescente que o modelo oriundo do INPE apresentou resultados mais aprimorados.

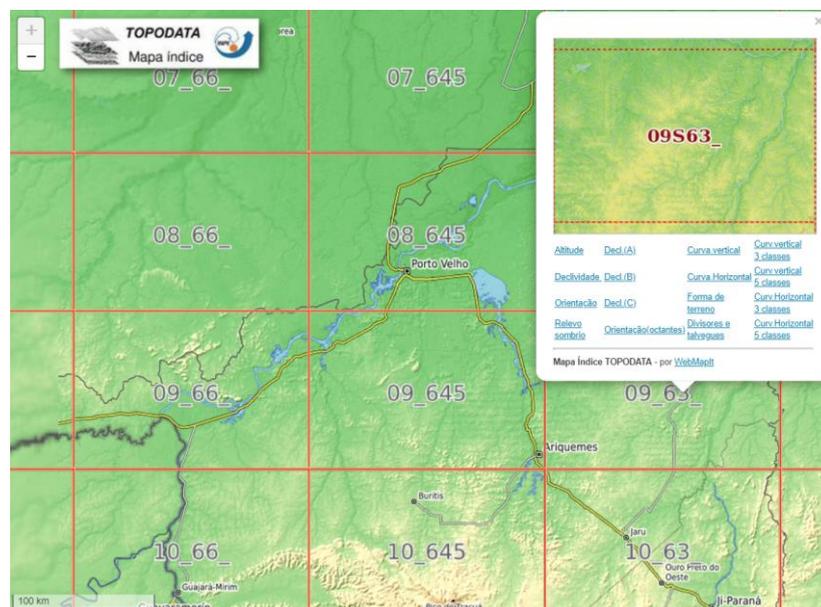
Figura 19- Etapas de processamento dos dados SRTM: preenchimento de falhas, refinamento, derivação e pós-processamento



Fonte: INPE (2022).

Na página TOPODATA na aba Mapa Índice (Webmapit), os dados estão estruturados em quadrículas articuladas em escala de 1:250.000, logo identificado que a quadrícula da área do objeto de estudo é a 09S63_ corresponde a região nordeste do município de Ariquemes, Figura 20.

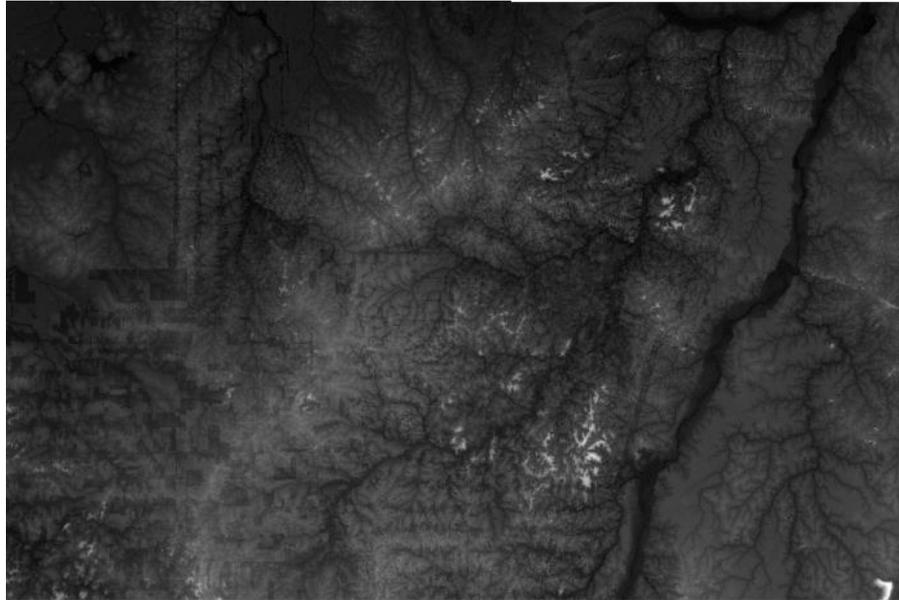
Figura 20- Dados da quadrícula 09S63_



Fonte: INPE (2022).

Através desta base é possível fazer o download dos dados de altitudes, correspondente (MDE), contido em uma imagem Raster no formato Tagged Image File (TIF), Figura 21.

Figura 21- MDE quadricula 09S63_



Fonte: Adaptado do INPE (2022).

Para a qualificação e quantificação necessárias para o estudo, logo para processamento de dados faz se necessário a utilização de um software de geoprocessamento, no caso será o Qgis, que é denominado em sua página na Internet como um Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e aberto.

4.2.2 Geoprocessamento utilizando o SIG Qgis

De forma geral os dados no software Qgis são divididos em dois tipos Raster e Vetor, os Raster são camadas dotadas de numerosos dados e informações mais comumente no formado de imagem Geo TIF, já os vetores são camadas com um único tipo de dado por exemplos uma área, em extensão no formato shapefiles (SHP).

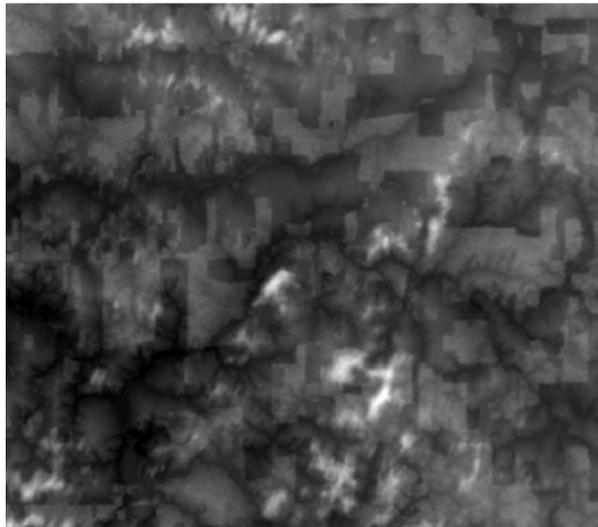
A principal finalidade da utilização do geoprocessamento neste estudo é obter a informação da área da bacia de interesse e curso do talvegue de forma rápida e

eficiente, além da topografia do local, para tal são necessárias algumas etapas de processamento no software, conforme descrita adiante:

1º Etapa- Inserção da imagem Raster: a mesma é inserida como uma camada Raster, logo para se ter dados compatibilizados, faz se necessário a definir o tipo de projeção das coordenadas, a qual terá como SRC de destino o EPSG:31980 – SIRGAS 2000 / UTM zone 20s, que é os dados de coordenadas da região de estudo.

2º Etapa- Preenchimento das falhas na camada Raster, que ocorrem devido a falhas no levantamento do sensoriamento remoto, este processo filtra e gera uma nova camada sem as falha e/ou depressão através de um algoritmo, conforme Figura 22.

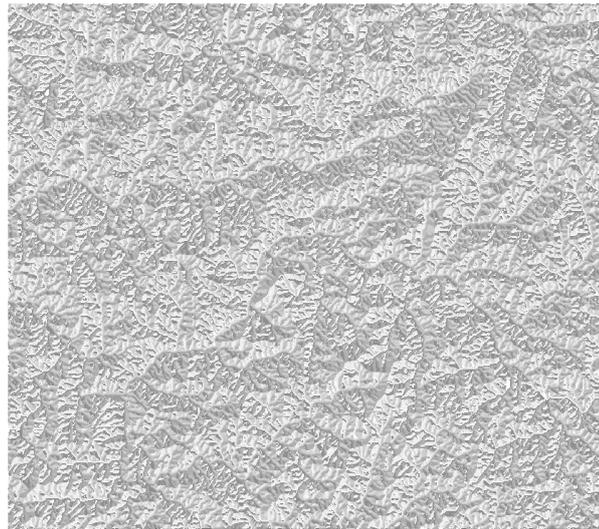
Figura 22- MDE Raster recortado para área de interesse com preenchido



Fonte: Autor (2022).

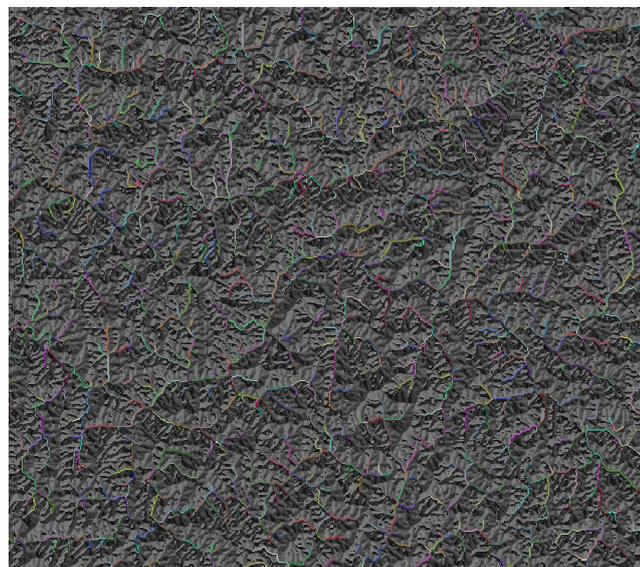
3º Etapa- Análise das bacias hidrográficas: na qual através da ferramenta GLASS de processamento da imagem Raster do Qgis, é possível obter informações, como as direções dos possíveis canais de drenagem, bem como os segmentos do fluxo dos mesmos, cada etapa de processamento gera uma nova camada Raster dotada de informação, que é utilizada pra determinada finalidade neste processo, estas camadas podem ser identificadas na Figura 23 e Figura 24.

Figura 23- Raster de direção de drenagem



Fonte: Autor (2022).

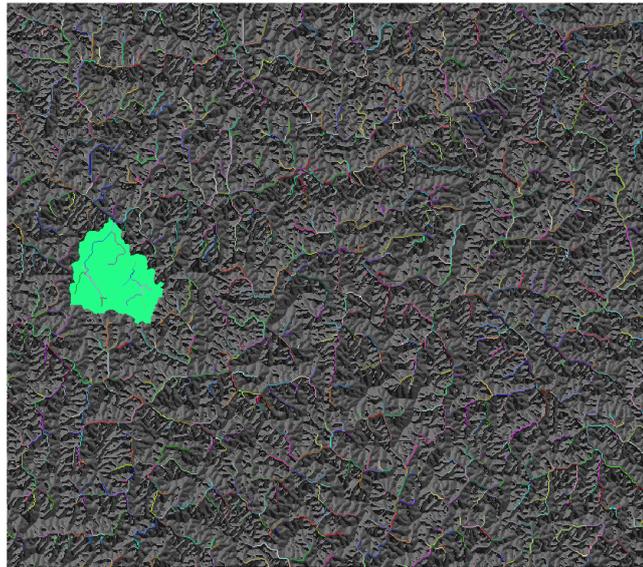
Figura 24- Raster do fluxo de drenagem sobrepondo a direção de drenagem



Fonte: Autor (2022).

4° Etapa- Geração da bacia hidrográfica de interesse: o Qgis através da ferramenta GLASS que tem uma função geração automática da bacia de escolha do usuário, através de uma camada base Raster, na qual é indicado o ponto do exultório na camada de segmento de fluxo, o ponto de exultório será localização onde se deseja executar a intervenção do estudo, resultando na delimitação da bacia de acordo com a Figura 25.

Figura 25- Raster da bacia de estudo



Fonte: Autor (2022).

5° Etapa- Criação de curvas de níveis: Através da camada Raster reprojetaada será extraído as curvas de níveis adotado cotas de 5 metros. As quais irão auxiliar na verificação se a bacia foi gerada corretamente, como resultado se tem a Figura 26.

Figura 26- Curvas de níveis de 5 metros



Fonte: Autor (2022).

6° Etapa: Transformação dos dados Raster da bacia em dados vetoriais: para se efetuar possíveis ajustes finos na qualidade das representações finais do estudo, além dos cálculos da área da bacia e extensão do talvegue principal.

4.3 CALCULO DA ESTIMATIVA DE VAZÃO

O cálculo de estimativa de vazão foi realizado utilizando os parâmetros e recomendações do Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem, publicação IPR -715 do DNIT, do ano de 2005.

O Método Racional, sendo o mais conhecido e aplicado em estudos de vazão, se caracteriza na sua aplicação em bacia com área que podem chegar até 10 Km² segundo recomendações do manual do DNIT (2005), porém com a análise de artigos diferentes autores que aplicaram este método, entende-se este será aplicado somente se a área da bacia for menor que 1 Km².

O Método Racional Modificado, que consiste nos mesmos parâmetros do método anterior, porém este aplica um coeficiente de retardo, a qual o torna propício para utilização no cálculo de estimativa de vazão para bacia que tenham área de 1 Km² a 10 Km².

4.3.1 Método Racional

O Método Racional consiste no cálculo de vazão máxima de projeto, em que relaciona a mesma com a área da bacia e a intensidade da chuva. Assume-se que toda a precipitação da área da bacia é constante e distribuí de forma igual sobre a mesma. Desta forma adotando que toda a sua área colabora na geração do deflúvio, admite-se que a duração da precipitação tende a ser maior ou equivalente ao seu tempo de concentração, sendo que a intensidade da chuva é inversamente proporcional a sua duração, logo a vazão máxima é resultado de uma precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia, de acordo com (DNIT, 2005).

Adota-se para o cálculo de estimativa de vazão pelo Método Racional a seguinte equação:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Onde:

Q = vazão máxima, em m³/s;

C= coeficiente de escoamento superficial ou *runoff*, adimensional;

i= intensidade pluviométrica, em mm/h;

A= área da bacia hidrográfica, em km².

Devido o Método Racional considerar que em toda a área da bacia ocorre a mesma intensidade de precipitação, tende a superestimar os valores da vazão, portanto para bacias médias e com área superior a 1 km² e inferior a 10 km², podem ser introduzidos coeficiente que de correção, conforme DNIT (2005). Assim considera-se que este seria o Método Racional Modificado de acordo com Schlickmann (2020), aplica-se o coeficiente de retardo, pois o escoamento superficial tende a sofrer atraso em relação ao início da precipitação.

O Método Racional Modificação é expresso pela seguinte equação;

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} \phi$$

Onde:

Q = vazão máxima, em m³/s;

C= coeficiente de escoamento superficial ou *runoff*, adimensional;

i= intensidade pluviométrica, em mm/h;

A= área da bacia hidrográfica, em km²;

ϕ = coeficiente de correção.

4.3.1.1 Coeficiente de correção

Na literatura corrente é encontrado, varia formula para aplicar o coeficiente de correção, ficando a critério do calculista a escolha de qual a mais viável para a situação de estudo. Portanto adotando o coeficiente de retardo do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER, 1975), que fornece duas equações para o cálculo do coeficiente de retardo;

$$\phi = \frac{1}{\sqrt[n]{100 \cdot A}}$$

Onde:

ϕ = coeficiente de correção;

A = área da bacia hidrográfica, em km²;

n = 4, para pequenas declividades, inferiores a 1 %;

n = 5, para médias declividades, entre 0,5 e 1 %;

n = 6, para fortes declividades, superiores a 1 %;

$$\phi = \frac{1}{\sqrt[n]{10 \cdot L}}$$

Onde:

L = comprimento da bacia, em km;

n = 3,5, para declividades fortes;

ϕ = coeficiente de correção.

4.3.1.2 Tempo de concentração (Tc)

Se entendo por tempo de concentração (Tc), como a duração do percurso do deflúvio que ocorre desde o ponto mais longínquo da bacia que escoa no talvegue principal até atingir a seção da bacia em que se deseja obter a vazão. Portanto sendo o momento em que toda a precipitação que caiu em qualquer ponto da área bacia

atingirá o ponto de análise, de acordo com (DNIT,2005). De acordo com ARAÚJO, et al (2011), o T_c é o tempo em que escoamento superficial em que toda área da bacia contribui para um determinado ponto de controle, sendo influenciados por alguns fatores como o formato da bacia, a declividade do talvegue principal, a declividade média da bacia, além de sua sinuosidade.

O tempo de concentração, será calculado através da fórmula de Kirpich Modificada, representada pela seguinte equação:

$$T_c = 1,42 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

T_c = tempo de concentração, em horas;

L = comprimento do talvegue, em km;

H = desnível máximo, em metros.

Acrescentando, que segundo o DNIT (2005) tal formula fornece valores médios de velocidade que variam de 4 km/h a 4,8 km/h para bacia pequenas e maiores respectivamente, estando próximo dos valores resultados de outras formulas de cálculo de T_c , sendo indicada para bacia com uma faixa ampla de área.

4.3.1.3 Intensidade pluviométrica

De acordo com Tucci (2001), a intensidade consiste na precipitação por unidade de tempo, expressa em mm/h, sendo que esta apresentara variações temporal, logo se adota intervalos de tempo predefinido, em uma análise hidrológica. Assim analisando a frequência que ocorre a intensidade, sendo uma análise da curva de Intensidade, duração e frequências.

A intensidade pluviométrica pode ser calculada para bacia pela seguinte equação;

$$i = \left(\frac{p}{T_c} \right)$$

Onde:

i = intensidade, mm/h;

T_c = tempo de concentração, em horas;

p = precipitação.

Para se determinar a intensidade pluviométrica, deve se ter conhecimento das curvas IDF (Intensidade – Duração – Frequência), da região do estudo, através dela será possível obter a médias da precipitação para determinados períodos de retornos e tempo de concentração. As Curvas IDF adotadas serão do Atlas Pluviométrico do Brasil, município de Porto Velho, estação de Jaci Paraná, devido ao fato de ser uma publicação de âmbito nacional e oriundas de uma instituição renomada.

Conforme o DNIT (2005) recomenda que seja adotado, dados de curvas IDF de estações pluviométricas, mais próximas da região onde se deseja realizar a intervenção e que sejam de domínio público. E em casos onde há uma grande distância entre a local de estudo e a área de influência das medições, caso se disponha de dados pluviométricos de uma estação de medição próxima, de pelo menos de 10 a 15 anos de medições, pode se fazer uma análise estatística para determinar curvas IDF do local, o próprio Manual de Estudos Hidrológicos faz ponderações quanto as etapas de cálculo desta.

A estação de Jaci-Paraná fica localizada nas coordenadas 09°15'25" S e 64°23'42"W a aproximadamente 76 km da sede do município de Porto Velho, e foram utilizados registros contínuos entre setembro de 2002 e fevereiro 2012 quando esta foi desativada, o código da estação 00964005 de acordo com CPRM (2016).

A seguir serão apresentados os dados intensidade de chuvas Tabela 1 e altura de chuva

Tabela 2, ambas tabelas retiradas da publicação Atlas Pluviométrico do Brasil, elaborada pela Companhia de Pesquisas de recurso Minerais- CPRM no ano de 2016. Segundo a CPRM (2016), estas curvas ou equações IDF são válidas para tempo de retorno de no máximo 30 anos e tempo de concentração ou duração que variam de 5 minutos a 4 horas.

Tabela 1- Intensidade da chuva em mm/h

Duração da chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)						
	2	5	10	15	20	25	30
5 Minutos	150,6	175,3	196,7	210,3	220,6	228,9	236,00
10 Minutos	125,5	146,1	163,8	175,2	183,8	190,7	196,6
15 Minutos	108,5	126,3	141,7	151,6	159,0	165,0	170,0
20 Minutos	96,2	112,0	125,6	134,3	140,9	146,3	150,7
30 Minutos	79,3	92,3	103,6	110,8	116,2	120,6	124,3
45 Minutos	63,8	74,3	83,4	89,2	93,5	97,0	100,0
60 Minutos	54,1	62,9	70,6	75,6	79,2	82,2	84,7
120 Minutos	35,1	40,9	45,1	49,1	51,5	53,4	55,1
180 Minutos	26,9	31,3	35,2	37,6	39,4	40,9	42,2
240 Minutos	22,2	25,8	29,0	31,0	32,5	33,7	34,8

Fonte: adaptado de CPRM ,2015.

Tabela 2- Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)						
	2	5	10	15	20	25	30
5 Minutos	12,6	14,6	16,4	17,5	18,4	19,1	19,7
10 Minutos	20,9	24,3	27,3	29,2	30,6	31,8	32,8
15 Minutos	27,1	31,6	35,4	37,9	39,7	41,2	42,5
20 Minutos	32,1	37,3	41,9	44,8	47,0	48,7	50,2
30 Minutos	39,7	46,2	51,8	55,4	58,1	60,3	62,1
45 Minutos	47,9	55,7	62,5	66,9	70,1	72,8	75,0
60 Minutos	54,1	62,9	70,6	75,6	79,2	82,2	84,7
120 Minutos	70,3	81,8	91,8	98,2	103,0	106,8	110,1
180 Minutos	80,8	94,0	105,5	112,5	118,3	122,8	126,5
240 Minutos	88,7	103,3	115,9	123,9	130,0	134,9	139,00

Fonte: adaptado de CPRM ,2015.

4.3.1.4 Tempo de Retorno

O tempo de retorno ou recorrência TR, é a probabilidade da ocorrência de um evento extremo em certo período de tempo mensurado em anos, para obras de drenagem refere-se a vazão de projeto, sendo um parâmetro norteador de cálculo da estrutura, em que a mesma devesse resistir sem que ocorra nenhum sinistro.

De acordo com o DNIT (2005), é usual utilizar para tempo de retorno para obras de bueiros 10 a 20 anos, já para pontes que são obras mais complexas, nível de importância maior e de um custo mais elevado de 50 a 100 anos.

4.3.1.5 Coeficiente de escoamento superficial

Coeficiente de Runoff ou de escoamento superficial é definido com base na relação entre o volume total da precipitação e o volume total do escoamento superficial na área da bacia. Em que o escoamento superficial é obtido pela análise do volume de água que ocorre em uma bacia devido a precipitação, considerando que apenas uma parcela deste infiltra no solo, e o restante será transportado para o talvegue, sendo então definido pelo coeficiente de escoamento superficial.

Segundo Vieira (2016), o coeficiente de escoamento superficial depende de fatores distintos, como tipo de solo e sua umidade antecedente, intensidade da precipitação, uso e ocupação da bacia entre outros fatores. Se as características da bacia forem muito variadas, com diferente coeficiente de escoamento superficial para área de contribuição, o valor do coeficiente pode ser definido pela média ponderada, em que:

$$C = \left(\frac{(A_1 \cdot c_1) + (A_2 \cdot c_2) \dots}{A_T} \right)$$

Onde:

A_1 = Area de influência coeficiente escoamento superficial 1;

A_2 = Area de influência coeficiente escoamento superficial 2;

A_T = Area total de contribuição;

c_1 = coeficiente de escoamento superficial 1;

c_2 = coeficiente de escoamento superficial 2.

Para o coeficiente de escoamento superficial para áreas rurais será adota a Tabela 3.

Tabela 3- Coeficiente de escoamento superficial ou Ronoff

COEFICIENTE DE RUNOFF	
Utilização da terra	Coeficiente
Material rochoso ou geralmente não poroso, com reduzida ou nenhuma vegetação e altas declividades.	0,80 a 0,90
Material rochoso ou geralmente não poroso, com reduzida ou nenhuma vegetação com relevo ondulado e com declividade moderada.	0,60 a 0,80
Material rochoso ou geralmente não poroso, com reduzida ou nenhuma vegetação em baixas declividades.	0,50 a 0,70
Áreas de declividades moderadas, grandes porções de gramados, flores silvestres ou bosques, sobre um manto fino de material poroso.	0,40 a 0,65
Matas e florestas de árvores decíduas em terreno de declividades variadas.	0,35 a 0,60
Florestas e matas com árvores de folhagem permanente em terreno de declividades variadas.	0,25 a 0,50
Plantações de árvores frutíferas em áreas abertas cultivadas ou livres de qualquer planta a não ser gramas.	0,15 a 0,40
Terrenos cultivados com plantações de cereais ou legumes, fora de zonas baixas e várzeas	0,15 a 0,40
Terrenos cultivados com plantações de cereais ou legumes, localizados em zonas baixas e várzeas	0,10 a 0,30

Fonte: adaptado de VILLELA E MATTOS (1975).

4.1 DIMENSIONAMENTO DO BUEIRO

De acordo com Baptista e Lara (2002), sempre se busca as dimensões mais econômicas e que atenda a vazão de projeto, com o dimensionamento de bueiros, em caso de obras novas o dimensionamento será feito considerando que o bueiro não terá carga hidráulica a montante, ou seja, funcionará como um canal, admitindo -se em alguns casos específico, uma pequena carga que não ultrapasse 20% das dimensões verticais do mesmo.

Portanto com obtenção da vazão de projeto, para os bueiros de cada material, utiliza-se das tabelas disponibilizadas pelo DNIT (2006), no Manual de Drenagem de Rodovias, na qual é possível saber para cada dimensão comercial, as vazões atendidas pelas mesmas, facilitando o dimensionamento do bueiro. Já para bueiros com tubos PEAD utiliza-se os próprios manuais dos fabricantes.

Ressaltando que o manual do DNIT considera a vazão crítica, ou seja, regime de escoamento crítico no qual ocorrerá o mínimo de energia de um líquido que nada mais é do que sendo a energia total por unidade de peso em relação ao fundo do canal (DNIT, 2006). De acordo com Baptista e Lara (2002) para bueiros circulares no regime crítico são dimensionados por expressões nas quais se considera este trabalhando com folga de 20%, ou seja, considera que a lâmina d'água é de 80 % de altura do diâmetro.

O mesmo ocorre com os bueiros celulares de seções retangulares, funcionando com uma lâmina d'água de 80% da sua altura de acordo Baptista e Lara (2002), causando uma ilusão quando se compara as vazões críticas entre bueiros circulares e tubulares, pois aparentemente apresentam vazões próximas, porém bueiros celulares podem apresentar uma capacidade de vazão mais elevadas devido à seção ser retangular, e a relação largura e altura apresentar maior área que as seções circulares.

4.2 COMPARATIVO ENTRE MATERIAIS

O comparativo entre matérias dos dispositivos de drenagem, faz análise de viabilidade da implantação dos bueiros de concreto, chapa metálica e PEAD. Onde se aplica uma verificação para aqueles que atendem a capacidade de vazão de vazão de projeto.

Também se analisa o custo do material, através da elaborando de uma planilha orçamentaria, que se baseia na composição de custo da implantação da obra, tendo como referência tabela de valores do Sistema de Custos Referencias de Obras (SICRO) do estado de Rondônia, desconsiderando os benefícios e despesas indiretas (BDI), pois os valores aumentariam proporcionalmente ao valor base.

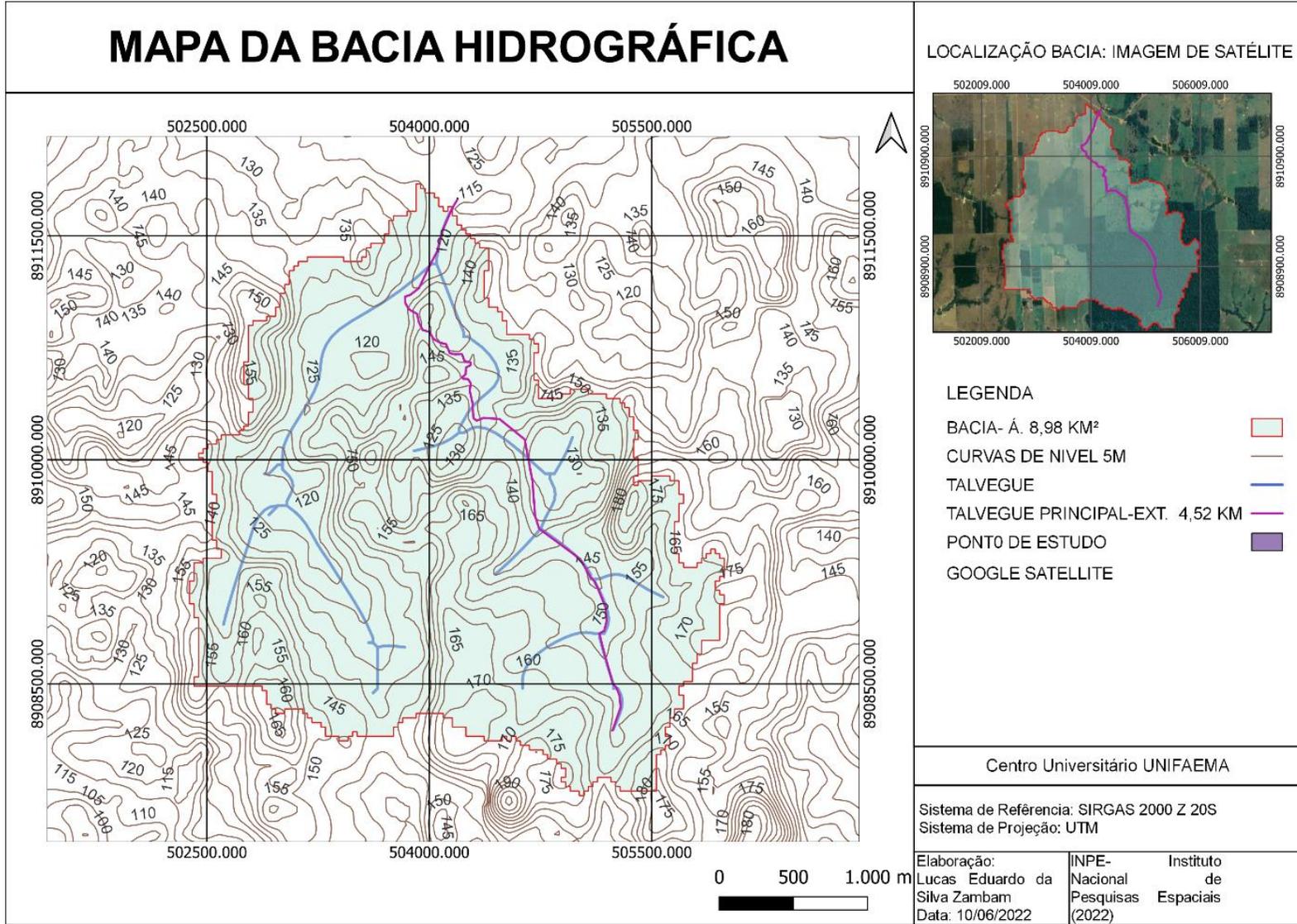
5. RESULTADOS

5.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO E CURSO DO TALVEGUE UTILIZANDO SIG

Com o auxílio da ferramenta GLASS do Qgis foi delimitada a área da bacia, bem como os seus cursos d'água, além das curvas de níveis do terreno, como é possível verificar no mapa abaixo, Figura 27. A área foi calculada em quilômetros quadrado através do próprio Software, sendo que o valor obtido foi de 8,98 km². Também é possível observar que a delimitação da área pela ferramenta do software, é precisa pois com auxílio das curvas de níveis, tem que os divisores topográficos, ou seja, os limites da bacia ficam centralizados entre curvas de níveis. Seguindo a metodologia usual de delimitação em que é feita de forma manual com auxílio de cartas topográficas.

Apesar dos vários processos realizados com auxílio do Qgis para qualificar e otimizar os dados do MDE, incluído a execução processo de preenchimento do mesmo, com intuito de corrigir possível erros de levantamento, foi observado que através de fotointerpretação de imagens de satélite que o curso do talvegue principal apresenta algumas irregularidades em seu curso com relação ao obtido com auxílio do Qgis. E, portanto, foi adotado o curso obtido através de fotointerpretação, traçado com auxílio de uma linha. Assim se obteve uma extensão do talvegue principal de 4,52 km, conforme demonstrado Figura 2.

Figura 27 - Mapa da Bacia Hidrográfica com talvegue principal



Fonte: Autor (2022)

5.1 ESTIMATIVA DE VAZÃO DE PROJETO

5.1.1 Tempo de concentração (Tc)

Adotando a fórmula de Kirpich Modificada, obteve-se um Tc calculado de 1,98 horas, adotou-se Tc equivalente a 2 horas para a microbacia de estudo.

Em que desnível H equivale a 39 metros, dado através da subtração da cota a montante, o ponto mais longínquo do talvegue, correspondente a cota 155 m em relação ao nível do Mar e a cota a jusante, exultório da bacia o ponto de estudo, correspondente 116 metros. Estes valores foram obtidos através da inserção das curvas de nível de 1 metro conforme a Figura 28.

Figura 28- Curvas de nível de 1 metro



Fonte: Autor (2022).

O comprimento do talvegue principal L é dado no mapa da bacia hidrográfica Figura 27 e corresponde a 4,52 Km de extensão.

5.1.2 Intensidade Pluviométrica

Adotando um TR de 20 anos, e o Tc calculado de 2 horas correspondente a 120 minutos, através da Tabela 1, obtendo que intensidade da precipitação i corresponde a 51,5 mm/h.

5.1.3 Coeficiente de correção

Adotando o coeficiente de retardo, em que n é igual a 5 para declividades médias maiores que 0,5% e menores 1,0 %, e a área da bacia obtida no mapa da bacia hidrográfica Figura 27 corresponde a 8,98 km². Logo o coeficiente de retardo calculado corresponde a 0,257.

5.1.4 Coeficiente de escoamento superficial ou runoff

Através da Tabela 3 adotou-se como tipo de uso de solo, áreas de declividades moderadas, grandes porções de gramados, flores silvestres ou bosques, sobre um manto fino de material poroso, em que o coeficiente varia de 0,40 a 0,65.

Com auxílio da técnica de foteinterpretação das imagens de satélite, constatou-se que mais da metade da área da bacia o uso do solo é de agropecuária portanto com pastagem, sendo restante com cobertura mata nativa e, que aumenta a capacidade de infiltração portanto, adotou-se C igual a 0,50.

5.1.5 Vazão de projeto

A vazão de projeto calculada da microbacia de estudo para o TR de 20 anos e um Tc equivalente a 2 horas corresponde a 16,49 m³/s.

5.2 DIMENSIONAMENTO DO BUEIRO

Com base no valor de vazão obtido para a bacia de contribuição e com o valor de vazão de bueiros de cada tipo de material sendo o concreto, aço e PEAD. Os valores adotados para tais vazões serão o do manual do DNIT (2006) bueiros de concreto e metálicos, já para bueiros de tubo PEAD adotou-se a tabela disponibilizada pelo próprio fabricante. Além de que não será adotado bueiro tubular de concreto pois de acordo a vazão crítica dos mesmos não atende a vazão de projeto, conforme Figura 29.

Figura 29- Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros tubulares de concreto trabalhando como canal

TIPO	DIÂMETRO (m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²)	VAZÃO CRÍTICA (m ³ /s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSTC	0,60	0,22	0,43	1,98	0,88
BSTC	0,80	0,39	0,88	2,29	0,80
BSTC	1,00	0,60	1,53	2,56	0,74
BSTC	1,20	0,87	2,42	2,80	0,70
BSTC	1,50	1,35	4,22	3,14	0,65
BDTC	1,00	1,20	3,07	2,56	0,74
BDTC	1,20	1,73	4,84	2,80	0,70
BDTC	1,50	2,71	8,45	3,14	0,65
BTTC	1,00	1,81	4,60	2,56	0,74
BTTC	1,20	2,60	7,26	2,80	0,70
BTTC	1,50	4,06	12,67	3,14	0,65

Fonte: DNIT (2006).

5.2.1 Bueiro de concreto

Para atender a vazão de 16,49 m³/s o bueiro trabalhando como canal, será possível adotar dois tipos de composição de bueiros celulares com vazões superiores a vazão de projeto sendo eles: BSCC 2,50 metros de base por 2,50 metros de altura, BDCC 2,00 metros de base por 2,00 metros de altura, conforme a Figura 30.

Figura 30- Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros celulares de concreto trabalhando como canal

TIPO	BASE X ALTURA (mxm)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²)	VAZÃO CRÍTICA (m ³ /s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSCC	1,0 x 1,0	0,67	1,71	2,56	0,78
BSCC	1,5 x 1,5	1,50	4,70	3,14	0,68
BSCC	2,0 x 1,5	2,00	6,26	3,14	0,56
BSCC	2,0 x 2,0	2,67	9,64	3,62	0,62
BSCC	2,0 x 2,5	3,33	13,48	4,05	0,69
BSCC	2,0 x 3,0	4,00	17,72	4,43	0,76
BSCC	2,5 x 2,5	4,17	16,85	4,05	0,58
BSCC	3,0 x 1,5	3,00	9,40	3,14	0,44
BSCC	3,0 x 2,0	4,00	14,47	3,62	0,47
BSCC	3,0 x 2,5	5,00	20,22	4,05	0,51
BSCC	3,0 x 3,0	6,00	26,58	4,43	0,54
BDCC	2,0 x 1,5	4,00	12,53	3,14	0,56
BDCC	2,0 x 2,0	5,33	19,29	3,62	0,62
BDCC	2,0 x 2,5	6,67	26,96	4,05	0,69
BDCC	2,0 x 3,0	8,00	35,44	4,43	0,76
BDCC	2,5 x 2,5	8,33	33,70	4,05	0,58
BDCC	3,0 x 1,5	6,00	17,79	3,14	0,44
BDCC	3,0 x 2,0	8,00	28,93	3,62	0,47
BDCC	3,0 x 2,5	10,00	40,44	4,05	0,51
BDCC	3,0 x 3,0	12,00	53,16	4,43	0,54
BTCC	2,0 x 2,0	8,00	28,93	3,62	0,62
BTCC	2,0 x 2,5	10,00	40,44	4,05	0,69
BTCC	2,5 x 2,5	12,50	50,55	4,05	0,58
BTCC	3,0 x 2,0	12,00	43,40	3,63	0,47
BTCC	3,0 x 2,5	15,00	60,66	4,05	0,51
BTCC	3,0 x 3,0	18,00	79,73	4,43	0,54

Fonte: DNIT (2006).

5.2.2 Bueiro PEAD

Para bueiro com tubo PEAD, adota-se a configuração com três linhas de bueiro de Ø 1,5 metros, onde cada linha atende uma vazão de 8,166 m³/s, ou seja, atendera com folga a vazão de 16,49 m³/s, porem deve se aplicar a correção destes valores para 90 % dessa capacidade, por se utilizar 3 linha de bueiros, o que acaba por resultar 22,04 m³/s, e uma inclinação de 1 %, conforme a Figura 31. De acordo com a TIGRE-ADS (2017), deve se adotar para valores de velocidade de projeto que fiquem inferiores a 7 m/s.

Figura 31 - Tabela de vazão do catálogo de tubulações corrugadas de PEAD

DN/DI (mm)	Declividade	Altura da lâmina d'água (y/DI)	n	Q (m³/s)	V (m/s)
1500	0,3%	80%	0,010	4,472	2,950
1500	0,5%	80%	0,010	5,774	3,810
1500	1,0%	80%	0,010	8,166	5,390
1500	2,0%	80%	0,010	11,548	7,620
1500	3,0%	80%	0,010	14,143	9,330

Fonte: Tigre - ADS (2017).

5.2.3 Bueiro Metálico

Para bueiro metálico, que atende a vazão de projeto optou-se por duas configurações, sendo: BSTM CORRUGADO 152 mm Ø 2,65 metros conforme Figura 32, BDTM CORRUGADO 152 mm Ø 2,15 metros conforme a Figura 33.

Figura 32- Vazão, velocidade e declividade crítica para bueiros simples circular metálicos corrugados trabalhando como canal

TIPO	BASE X DIÂMETRO (mxm)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m²)	VAZÃO CRÍTICA (m³/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSTM CORRUGAÇÃO 152 x 51mm	1,50	1,35	4,22	3,14	1,65
	1,80	1,95	6,66	3,43	1,55
	1,90	2,17	7,63	3,53	1,53
	2,15	2,78	10,39	3,75	1,46
	2,30	3,18	12,30	3,88	1,43
	2,65	4,23	17,52	4,17	1,37
	2,75	4,55	19,23	4,25	1,35
	3,05	5,60	24,91	4,47	1,30
	3,20	6,16	28,08	4,58	1,28
	3,40	6,96	32,68	4,72	1,26
	3,65	8,02	39,02	4,89	1,23
	3,75	8,46	41,75	4,96	1,22
	3,80	8,69	43,15	4,99	1,21
	4,10	10,12	52,18	5,18	1,18
	4,20	10,62	55,42	5,25	1,17
	4,30	11,13	58,78	5,31	1,16
	4,60	12,73	69,57	5,49	1,14
	4,80	13,86	77,38	5,61	1,12
	4,95	14,75	83,57	5,70	1,11
	5,00	15,04	85,70	5,72	1,11
5,35	17,22	101,49	5,92	1,08	
5,50	18,20	108,75	6,00	1,07	
5,70	19,55	118,91	6,11	1,06	
5,85	20,59	126,89	6,19	1,05	
5,95	21,30	132,38	6,24	1,04	
6,10	22,39	140,89	6,32	1,03	
6,40	24,65	158,85	6,48	1,02	
6,50	25,43	165,13	6,53	1,01	
6,85	28,24	188,26	6,70	1,00	
6,95	29,07	195,21	6,75	0,99	
7,25	31,63	216,96	6,89	0,98	
7,30	32,07	220,72	6,92	0,97	
7,45	33,40	232,24	6,99	0,97	
7,60	34,76	244,10	7,06	0,96	
7,80	36,61	260,48	7,15	0,95	

Fonte: DNIT (2006).

Figura 33- Vazão, velocidade e declividade crítica para bueiros duplos circular metálicos corrugados trabalhando como canal

TIPO	BASE X DIÂMETRO (m x m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²)	VAZAO CRÍTICA (m ³ /s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BDTM CORRUGAÇÃO 152 x 51mm	1,50	2,71	8,45	3,14	1,65
	1,80	3,90	13,33	3,43	1,55
	1,90	4,34	15,26	3,53	1,53
	2,15	5,56	20,78	3,75	1,46
	2,30	6,37	24,60	3,88	1,43
	2,65	8,45	35,05	4,17	1,37
	2,75	9,10	38,45	4,25	1,35
	3,05	11,20	49,81	4,47	1,30
	3,20	12,32	56,16	4,58	1,28
	3,40	13,91	65,35	4,72	1,26
	3,65	16,05	78,04	4,89	1,23
	3,75	16,93	83,49	4,96	1,22
	3,80	17,38	86,30	4,99	1,21
	4,10	20,23	104,36	5,18	1,18
	4,20	21,23	110,84	5,25	1,17
	4,30	22,25	117,56	5,31	1,16
	4,60	25,47	139,14	5,49	1,14
	4,80	27,73	154,77	5,61	1,12
	4,95	29,49	167,14	5,70	1,11
	5,00	30,09	171,39	5,72	1,11
	5,35	34,45	202,98	5,92	1,08
	5,50	36,41	217,51	6,00	1,07
	5,70	39,10	237,83	6,11	1,06
	5,85	41,19	253,78	6,19	1,05
	5,95	42,61	264,77	6,24	1,04
	6,10	44,78	281,77	6,32	1,03
	6,40	49,30	317,70	6,48	1,02
	6,50	50,85	330,26	6,53	1,01
	6,85	56,47	376,53	6,70	1,00
	6,95	58,13	390,42	6,75	0,99
7,25	63,26	433,93	6,89	0,98	
7,30	64,14	441,45	6,92	0,97	
7,45	66,80	464,48	6,99	0,97	
7,60	69,52	488,21	7,06	0,96	
7,80	73,32	520,97	7,15	0,95	

Fonte: DNIT (2006).

5.3 COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

O comparativo de custo dos dispositivos de drenagem que atendem a vazão de projeto, utiliza a base de preço a tabela SICRO do estado de Rondônia valores de referência do mês abril de 2022, para os bueiros celulares de concretos, tubulares metálicos e PEAD e suas bocas. As composições de custo compreendem a aquisição e instalação, envolvendo tanto os materiais necessário para implantação como a mão de obra para executar os serviços.

O comparativo custo envolve o corpo do bueiro considerando seu comprimento de 12 metros e suas bocas, conforme Figura 34, não se analisou a movimentação de terra, demolições e remoções, serviços topográficos, mobilização de cantineiro de obras, administração e controle entre outros diversos serviços, necessários para execução deste tipo de obra, além de desconsiderar o BDI.

Salientando que para bueiros de chapas metálicas, a SICRO não possui composições de custos, para elementos dimensionados para este estudo, sendo

necessário a celebração desta, contudo não é o intuito deste estudo se aprofundar neste quesito, portanto se adotou para efeito comparativo as bocas de bueiros celulares de concretos com dimensões aproximadas, tendo em vista a importância deste elemento afim de evitar a erosão do corpo da estrada.

Figura 34 - Planilha orçamentária comparativa

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA									
DESCRIÇÃO: COMPARATIVO ENTRE BUEIRO DE CONCRETO, BUEIRO METÁLICO E BUEIRO COM TUBO PEAD								BASE: SICRO ABRIL DE 2022	
ITEM	CÓDIGO	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UND.	QUANT.	NÃO DESONERADO		DESONERADO	
						CUSTOS UNITÁRIOS	TOTAL	CUSTOS UNITÁRIOS	TOTAL
1.0	BUEIRO DE CONCRETO								
1.1	BUEIRO SIMPLES CELULAR EM CONCRETO								
1.1.1	6817857	SICRO3	CORPO DE BSCC - SEÇÃO FECHADA DE 2,5 X 2,5 M - PRÉ-MOLDADO - ALTURA DO ATERRO DE 0,25 A 1,00 M - AREIA E BRITA COMERCIAIS	M	12,00	R\$ 4.100,69	R\$ 49.208,28	R\$ 4.042,17	R\$ 48.506,04
1.1.2	705241	SICRO3	BOCA DE BSCC 2,50 X 2,50 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS	UND	2,00	R\$ 26.553,12	R\$ 53.106,24	R\$ 25.855,24	R\$ 51.710,48
			TOTAL				R\$ 102.314,52		R\$ 100.216,52
1.2	BUEIRO DUPLO CELULAR EM CONCRETO								
1.2.1	705273	SICRO3	CORPO DE BDCC 2,00 X 2,00 M - MOLDADO NO LOCAL - ALTURA DO ATERRO 1,00 A 2,50 M - AREIA E BRITA COMERCIAIS	M	12,00	R\$ 5.495,72	R\$ 65.948,64	R\$ 5.356,28	R\$ 64.275,36
1.2.2	705322	SICRO3	BOCA DE BDCC 2,00 X 2,00 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS	UND	2,00	R\$ 22.882,56	R\$ 45.765,12	R\$ 22.282,22	R\$ 44.564,44
			TOTAL				R\$ 111.713,76		R\$ 108.839,80
2.0	BUEIRO METÁLICO								
2.1	BUEIRO SIMPLES TUBULAR METÁLICO								
2.1.1	605679	SICRO3	BUEIRO METÁLICO COM CHAPAS MÚLTIPLAS MP 152 GALVANIZADAS - D = 2,65 M - BRITA COMERCIAL	M	12,00	R\$ 12.626,75	R\$ 151.521,00	R\$ 12.606,76	R\$ 151.281,12
2.1.2	705241	SICRO3	BOCA DE BSCC 2,50 X 2,50 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS	UND	2,00	R\$ 26.553,12	R\$ 53.106,24	R\$ 25.855,24	R\$ 51.710,48
			TOTAL				R\$ 204.627,24		R\$ 202.991,60
2.2	BUEIRO DUPLO TUBULAR METÁLICO								
2.3.1	605677	SICRO3	BUEIRO METÁLICO COM CHAPAS MÚLTIPLAS MP 152 GALVANIZADAS - D = 2,15 M - BRITA COMERCIAL	M	24,00	R\$ 10.192,70	R\$ 244.624,80	R\$ 10.178,19	R\$ 244.276,56
2.3.1	705322	SICRO3	BOCA DE BDCC 2,00 X 2,00 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS	UND	2,00	R\$ 22.882,56	R\$ 45.765,12	R\$ 22.282,22	R\$ 44.564,44
			TOTAL				R\$ 290.389,92		R\$ 288.841,00
3.0	BUEIRO PEAD								
	BUEIRO TRIPLO DE TUBO PEAD								
3.1	2003993	SICRO3	TUBO PEAD PARA DRENAGEM - D = 1.500 MM - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	36,00	R\$ 2.167,29	R\$ 78.022,44	R\$ 2.166,73	R\$ 78.002,28
3.1	804357	SICRO3	BOCA DE BTTC D = 1,50 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS - ALAS RETAS	UND	2,00	R\$ 6.334,02	R\$ 12.668,04	R\$ 6.186,63	R\$ 12.373,26
			TOTAL				R\$ 90.690,48		R\$ 90.375,54

Fonte: Autor (2022)

Com a análise comparativa verificou-se através da planilha orçamentaria que considerando somente o corpo do bueiro, o BSCC 2,50 m x 2,50 m, se mostrou mais econômico. Porém quando se considera a bocas ele tem seu custo elevado, tornado o bueiro PEAD considerando 3 linhas mais econômico, de acordo com a planilha comparativa Figura 34. Também é importante frisar que os tudo PEAD pode ocorrer grande variação de custos de acordo com a sua oferta no mercado, que podem ser relacionados diretamente com a disponibilidade e custo da matéria primas utilizados

na sua fabricas, o que ocorrem um uma escala bem inferior com os matérias fabricados com concreto.

A escolha entres estes dois pode ser considerado fatores como a disponibilidades destes elementos na região, além de outros custos como o transporte, ficando a critério do responsável técnico a escolha do mais viável entre ambos.

6. CONCLUSÃO

Ao decorrer do processo de elaboração da metodologia de estudo, foi identificado a existência vários métodos para se chegar ao resultado cálculo de estimativa de vazão, portanto é possível ocorrer diferenças dos valores finais a depender da metodologia adotada pelo calculista, influenciando diretamente na escolha dos dispositivos de drenagem e nas suas dimensões. Cabendo ao calculista a expertise de analisar se os valores obtidos correspondem com a realidade do local de estudo.

Além de que o valores obtidos no cálculo de vazão da bacia de contribuição para o local de estudo e posteriormente a comparação de custo entre os dispositivos de drenagem, possibilitando a escolha tanto do BSCC 2,5 x 2,5 metros quanto a do tubo PEAD com 3 linhas de bueiro, por atender a vazão é ter custo menores em comparação com os bueiros de chapa metálica. Quando se compara somente o corpo do BSCC com o BSTM, tem que este último apresenta um custo aproximadamente 200 % mais elevado que o primeiro tornando inviável a sua aplicação no quesito financeiro. Porém outros fatores podem influenciar na escolha do dispositivo de drenagem sendo um dos mais importante envolve o tempo de execução, disponibilidade do material na região e logística.

A utilização de dados SRTM somado ao SIG facilitaram a determinação das características topográfica bem como na delimitação da área da micro bacia hidrográfica, além do curso do talvegue e sua ramificação, informações necessárias para aplicação do Método Racional. De acordo Marques et al (2011) os MDE gerados a partir de SRTM tem grande relevância pra se determinar redes de drenagem porém não dispensam o uso de dados complementares e conhecimento dos locais de estudo para validar tais dados

É importante ressaltar que não somente todo o estudo hidrológico para caracterizar a bacias, o dimensionamento do bueiro, bem como a comparação entre os matérias para verificação de qual o mais viável a ser implantado, ser bem feito como também é necessário ter uma boa execução do projeto sendo ponto fundamental para resolução deste problema de trafegabilidade gerado por pontes danificadas nas estradas não pavimentadas.

REFERENCIAS

ANDRADE, Leila de; ABREU, Tatiane Aparecida de. **Análise comparativa entre tubos de concreto e tubos PEAD para drenagem pluvial**. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.

ARAÚJO, B. A. M. et al. **Análise do tempo de concentração em função das características fisiográficas em bacias urbanas**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 1-18, 2011.

ARMICO STANCO. **MP 100**, 2013. Disponível em:
https://www.armcostaco.com.br/armco/upload/download/folder_MP100_novaID.pdf.
Acesso em: 20 nov. 2021.

ARMICO STANCO. **Weholite® tubos PEAD**, 2013. Disponível em:
https://www.armcostaco.com.br/armco/upload/download/folder_Weholite_PEAD_novaID2_rev05jun.pdf. Acesso em: 20 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Tubo de Concreto de Seção Circular para Águas Pluviais e Esgotos Sanitários – Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15396**: Aduelas (galerias celulares) de concreto armado pré-moldadas - Requisitos e métodos de ensaios. 2018.

ABTC, Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto. **Catálogo de produtos**: Aplicação dos tubos e aduelas de concreto, 2022. Disponível em:
https://www.abtc.com.br/_files/ugd/dd288f_1d7a51fea28a431fbc67f08f82de8fae.pdf.
Acesso em: 16 nov. 2022.

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

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M.; TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, p. 177-241, 2007.

BRASIL. Departamento Nacional De Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de estudos e pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2005. 133p (IPR. Publ.,724).

BRASIL. Departamento Nacional De Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de estudos e pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2005. 133p. (IPR. Publ., 715).

CHAMA NETO, P. J., RELVAS, F. J., **Avaliação Comparativa de Desempenho entre Tubos Rígidos e Flexíveis para Utilização em Obras de Drenagem de Águas Pluviais**, Boletim Técnico ABTC / ABCP, São Paulo, 2003. 34p.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **ANUÁRIO CNT DO TRANSPORTE - Estatísticas consolidadas**, 2020.

CPRM, Companhia de Pesquisas de Recurso Minerais. **Atlas Pluviométrico do Brasil**; Equações Intensidade-Duração-Frequência. Município: Porto Velho. Estação Pluviográfica: Jaci Paraná, Códigos 00964005. Porto Alegre, CPRM, 2016.

CONSTRUSINOS. **Tubos de concreto e calhas**, 2017. Disponível em: <https://construsinos.com.br/tubos-de-concreto-e-calhas/>. Acesso em: 16 nov. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM - DNER. **Vazão de Dimensionamento de Bueiros**, IPR 478, DNER, 1975.

FREITAS, LE de et al. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. Rio de Janeiro: Editora Nova Tríade do Brasil Ltda, 2015.

GOMES, Raul Carneiro; BIANCHI, Christina; DE OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal. **Análise da multidimensionalidade dos conceitos de bacia hidrográfica**. GEOgraphia, v. 23, n. 51, 2021.

GÓNGORA, Ivonne Alejandra Gutiérrez. **Utilização de geossintéticos como reforço de estradas não pavimentadas: influência do tipo de reforço e do material de aterro**. 2011.

GRIEBELER, N. P. **Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas.** Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. 2002. 134p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas Territoriais**, edição 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 18 set. 2021

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ariquemes- RO, Mapa municipal**, edição 2021. Disponível em: https://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_municipais/colecao_de_mapas_municipais/2020/RO/ariquemes/1100023_MM.pdf. Acesso em: 05 jun. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidade e Estados, Ariquemes**, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/ariquemes.html>. Acesso em: 20 out. 2022.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA**, Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php> . Acesso em: 19 jun. 2022.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA**, Mapa de índice. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/> . Acesso em: 19 jun. 2022.

MARQUES, Helder Gustavo et al. **Comparação entre os modelos de elevação SRTM, TOPODATA e ASTER na delimitação automática de rede de drenagem e limite de bacia hidrográfica.** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brasil, v. 30, p. 1271-1278, 2011.

PAVANI, Thales Borges. **Utilização de método não destrutivo do tipo Tunnel Liner para drenagem urbana em vias de tráfego de veículos:** estudo de caso da av. Doutor Mario Cláuper Urbinati sob o Córrego Mandacaru. 2018.

RODRIGUES, Natacha Carolina Matias. **Reforço de estradas não pavimentadas.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

SCHLICKMANN, Ronei de Lima. **Avaliação de métodos de estimativa de vazão máxima para dimensionamento de bueiros**. 2020.

TIGRE-ADS. **Catálogo de Tubulações Corrugadas: Soluções em Tubulações Corrugadas de PEAD**. Disponível em: <https://www.tigre-ads.com/nova-nomenclatura-arquivos-tecnicos-2021/catalogo-geral-linha-de-produtos-tigre-ads.pdf>. Acesso em: 19 nov. de 2021.

TUCCI, Carlos E.M. Hidrologia: ciência e aplicação.; 2. reimpr. **Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH**, 2004.

VIEIRA, Larissa. **Aplicação de modelos hidrológicos com SIG em obras civis lineares**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VILLELA, S.M; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 245p., 1975.

ZAIDAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento conceitos e definições**. Revista de Geografia-PPGEO-UFJF, v. 7, n. 2, 2017.

RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Lucas Eduardo da Silva Zambam

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 28.11.2022

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **0,61%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 

Suspeitas confirmadas: **0,61%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 

Texto analisado: **91,43%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.8.5
segunda-feira, 28 de novembro de 2022 21:03

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **LUCAS EDUARDO DA SILVA ZAMBAM**, n. de matrícula **35471**, do curso de Engenharia Civil, foi aprovado na verificação de plágio, com percentagem conferida em 0,61%. Devendo o aluno fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Central Júlio Bordignon
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA