

ESTUDO HIDROLÓGICO

MUNICÍPIO: CHAPADA DOS GUIMARÃES – MT

TRECHO: ESTRADA VICINAL CÓRREGO SERRA BARONESA

LOCAL / DATA: CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT / JUNHO DE 2026

1. INTRODUÇÃO

Os Estudos hidrológico tem-se como principal objetivo:

- Fornecer características morfométricas, climatológicas e pluviométricas, dando subsídios e critérios para a determinação de vazão a fim de dimensionamento hidráulico da obra de arte.

O presente estudo apresenta os parâmetros técnicos para caracterização morfológica das bacias hidrográficas, através do MDT – Modelo Digital de Terreno, dando condições técnicas para o dimensionamento das OAE - Obras de Artes Especiais, seguindo as recomendações técnicas dos cadernos de orientações e instruções de serviços abaixo.

- Caderno de Orientações Técnicas do Programa de Pontes – Mais MT, 2021;
- Publicação IPR – 715 – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem;
- IS – 203: Estudo Hidrológico;
- Publicação IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias;
- IS – 239: Estudos Hidrológicos para Projetos Executivos de Engenharia para Construção de Rodovias Vicinais;
- Publicação IPR-726 Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços.

2. LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Os Exutórios em estudo situam-se em Estrada Vicinal, denominada Serra Baronesa, no município de Chapada dos Guimarães – MT, conforme apresenta a “**Tabela 1**” e “**Figura 1**” abaixo.

Localização dos Pontos de Exutórios em Estudo e Dimensionamento

ITEM	IDENTIFICAÇÃO DA OBRA	OBRA DIMENSIONADA	COORDENADAS UTM		ZONA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			LESTE	NORTE		LATITUDE	LONGITUDE
01	Obra 01°	BSTC ø 1,00	679.621,55	8.316480,16	21 L	-15° 13' 17,60"	-55° 19' 39,68"
02	Obra 02	BSTC ø 1,00	679.639,99	8.316378,37	21 L	-15° 13' 20,91"	-55° 19' 39,03"
03	Obra 03	BSTC ø 1,00	679.582,37	8.315829,77	21 L	-15° 13' 38,77"	-55° 19' 40,82"
04	Obra 04	BSTC ø 1,00	679.494,92	8.315715,95	21 L	-15° 13' 42,50"	-55° 19' 43,72"
05	Obra 05	BSTC ø 1,00	678.822,40	8.315248,75	21 L	-15° 13' 57,86"	-55° 20' 06,14"
06	Obra 06	BDTC ø 1,00	678.767,42	8.315168,98	21 L	-15° 14' 00,47"	-55° 20' 07,96"
07	Obra 07	BDTC ø 1,00	678.693,95	8.314842,23	21 L	-15° 14' 11,12"	-55° 20' 10,34"
08	Obra 08	BDTC ø 1,00	678.757,47	8.314632,30	21 L	-15° 14' 17,93"	-55° 20' 08,16"
09	Obra 09	BDTC ø 1,00	678.584,40	8.314230,25	21 L	-15° 14' 31,06"	-55° 20' 13,85"
10	Obra 10	BTTC ø 1,00	679.088,67	8.313996,75	21 L	-15° 14' 38,53"	-55° 19' 56,90"
11	Obra 11	BDTC ø 1,00	679.130,37	8.313951,55	21 L	-15° 14' 39,99"	-55° 19' 55,49"
12	Obra 12	BSTC ø 1,00	679.128,37	8.313860,78	21 L	-15° 14' 42,94"	-55° 19' 55,53"
13	Obra 13	BSTC ø 1,00	679.641,70	8.313304,20	21 L	-15° 15' 00,92"	-55° 19' 38,19"

14	Obra 14	BSTC ø 1,00	679.834,19	8.312699,27	21 L	-15° 15' 20,56"	-55° 19' 31,58"
----	---------	-------------	------------	-------------	------	-----------------	-----------------

Tabela 1 – Localização dos pontos de exutórios.
Fonte: Coleta de Campo

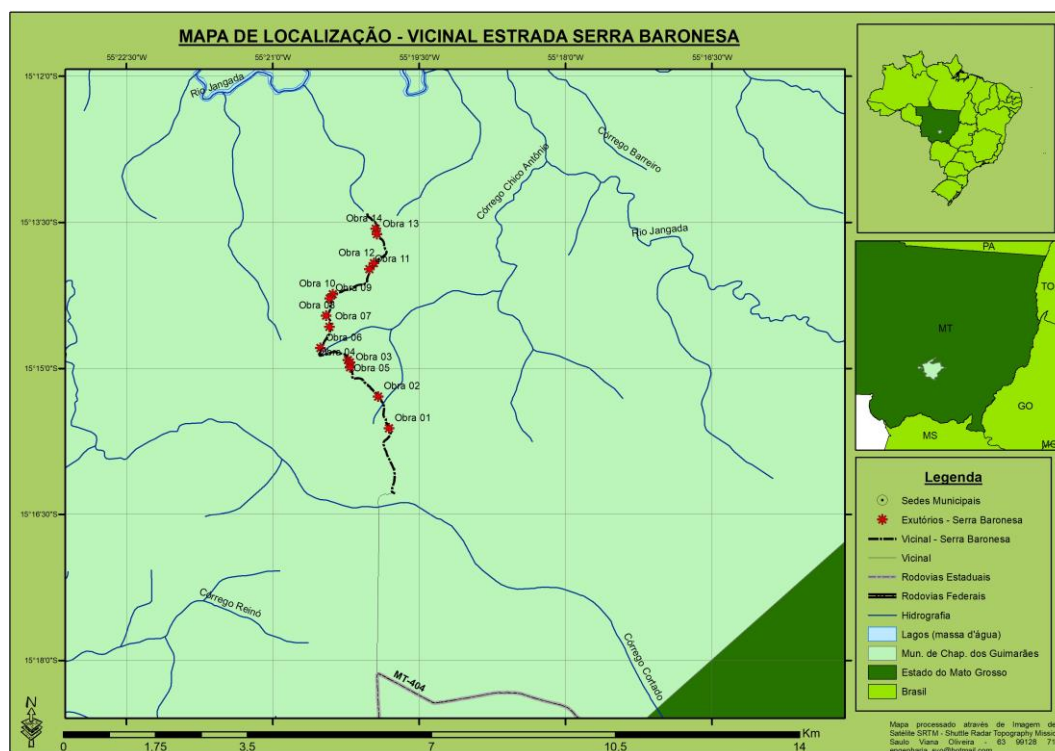


Figura 1 – Mapa de Localização
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.5

3. DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados para a realização do estudo hidrológico estão abaixo relacionados:

- Locação do ponto de captação (exutório) com GPS;
- Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);
- Processamento de Dados no ArcGis;
- Dados pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL/Agência Nacional de Águas – ANA, Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT, com dados pluviométricos tratados de 30 anos;
- Classificação Climática de Wladimir Köppen”, publicação do DNER;
- Normas climatológicas – série 1961/1990 – INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
- Cartas topográficas fornecidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro e publicada na escala 1:100.000;

4. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA, PLUVIOMÉTRICA E GEOMORFOLÓGICA

4.1. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização do clima da região situada próxima ao segmento rodoviário de interesse, foi utilizada a metodologia adotada por Wladimir Köppen, que leva em consideração a quantidade de precipitações, a temperatura média e a umidade relativa.

Deve-se ressaltar que essa metodologia de classificação, assim como as outras desenvolvidas com a mesma finalidade, diferencia apenas megazonas climáticas, não apresentando suficiente eficiência para variações locais;

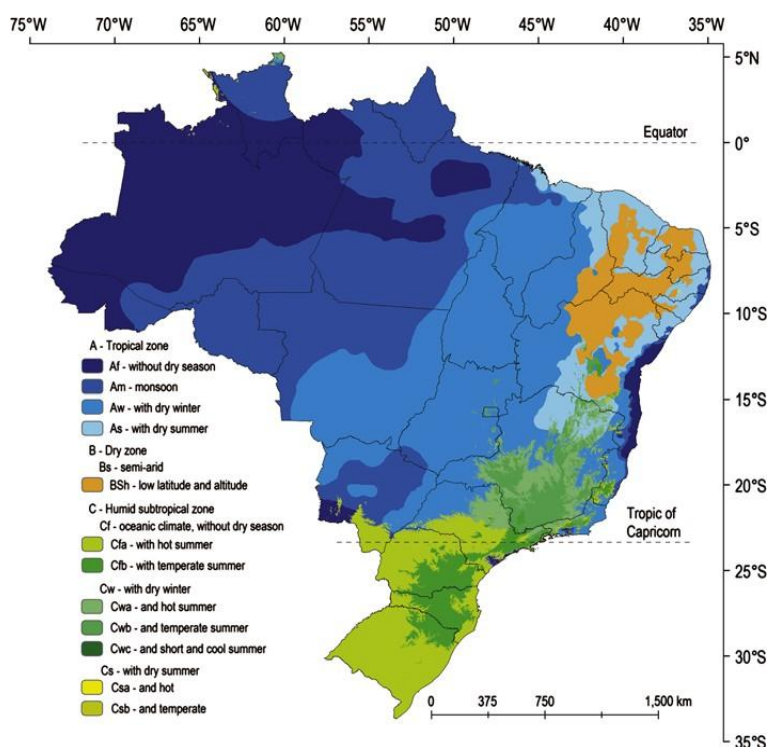


FIGURA 2: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O BRASIL, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KO'PPEN (1936)

Segundo Classificação de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta dois tipos climáticos: Am (clima tropical úmido ou sub-úmido) localizado no Norte e Aw (clima tropical, com inverno seco), localizado na região centro-oeste do Brasil conforme apresenta o mapa abaixo.

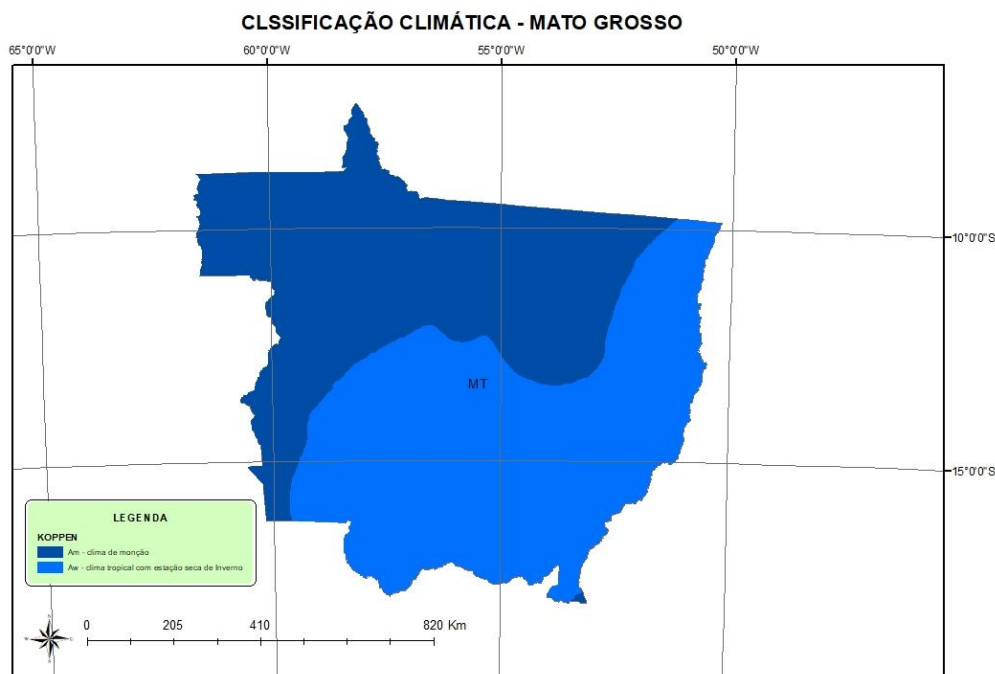


FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KÖPPEN (1936)

Conforme essa classificação de Köppen, resumida na figura acima, o clima da área de interesse pode ser classificado como do tipo Aw. Trata-se de um clima Tropical de Savana. É um clima quente semi-úmido com 4 a 5 meses seco. Sendo que a temperatura média anual oscila entre 25,8°C. As temperaturas mínimas variam entre 21,4°C, e as temperaturas máximas variam de 32,8°C. A altura total de precipitação média dos meses mais secos não ultrapassa 12,3mm (jul.) e a precipitação total média anual é de 1207,3 mm, sendo os meses de maior pluviosidade os de outubro a março e os de menor pluviosidade de abril a setembro com média anual de 122 dias de chuva.

4.2. CLASSIFICAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Segundo a CPTEC/INPE, o Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas.

A seguir apresentamos os mapas de classificação pluviométrica segundo a ANA – Agência Nacional das Águas.

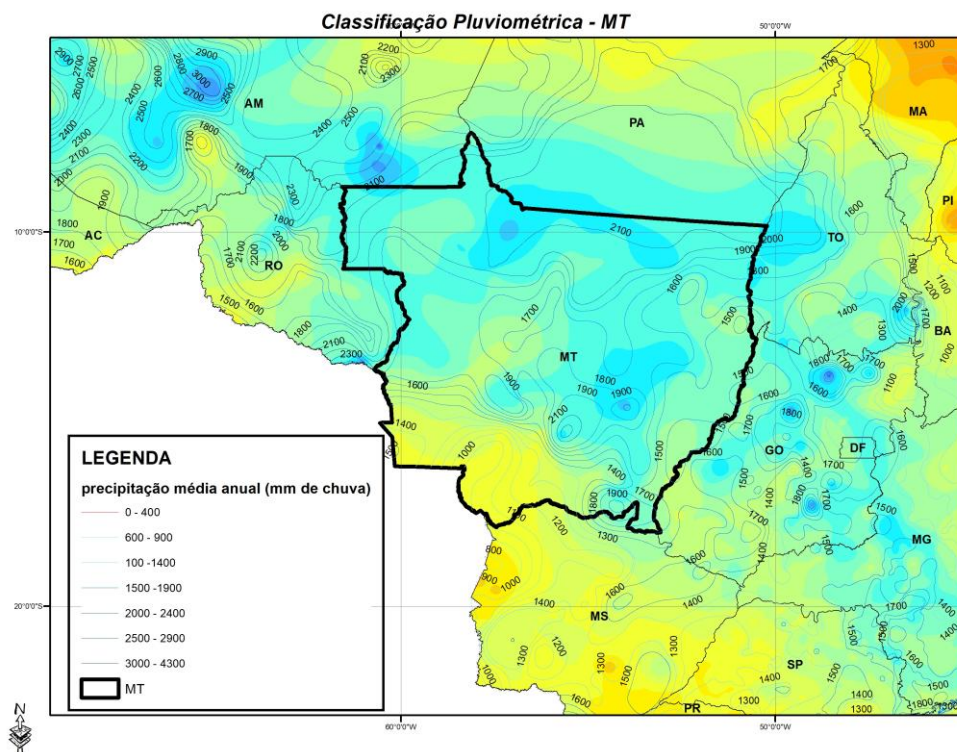


Figura 4 – Classificação Pluviométrica do Estado do Mato Grosso
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas

Para o estudo das precipitações pluviométricas, utilizamos os dados da Estação Meteorológica mais representativa nas proximidades do curso de drenagem em estudo, sendo que os dados foram coletados junto a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) / ANA (Agência Nacional de Águas); e o posto de coleta é:

➤ **Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT;**

Os registros dos Dados Pluviométricos com Nível de Consistência igual a 1 segundo a operadora são de 30 anos de observações, entre o período de 1983 a 2025.

Apresentamos a seguir os valores das precipitações, Histograma e demais informações importantes, elaborados com os dados obtidos desta Estação Meteorológica.

Caracterização da Estação

TIPO	CÓDIGO	BACIA / SUB BACIA	NOME	COORDENADAS		RESPONSÁVEL	OPERADORA	MUNICÍPIO	UF
				LAT	LONG				
Pluv	1555008	1 – Rio Paraná / Rios Paraguai e São Lourenço	FAZENDA ESTIVA PR3	15° 14' 00"	55° 44' 22"	ANA – Agência Nacional das Águas	SGB – CPRM – Serviço Geológico do Brasil	Chapada dos Guimarães	MT

Tabela 2 – Caracterização da Estação
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMA DIÁRIA MENSAL

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3													
Código: 1555008													
Município: Chapada Dos Guimarães - MT													
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas													
Latitude: 15°14'00" S													
Longitude: 55°44'22" O													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1982										13,4	47,0	50,3	
1983	60,0	41,0	73,0	33,0	59,0	0,0	0,6	0,0	22,0	35,0	73,0	52,0	73,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	38,4	29,0	44,6	45,0	45,0
1985	50,0	49,0	79,2	58,8	21,4	2,8	12,4	0,0	16,0	62,0	26,4	52,0	79,2
1986	70,0	75,0	29,4	14,0	42,0	27,6	0,0	14,0	34,4	39,8	70,0	32,0	75,0
1987	32,8	44,0	54,0	72,2	9,0	19,6	0,0	0,0	16,0	52,0	44,6	90,4	90,4
1988	21,8	114,0	33,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	37,4	30,0	70,0	114,0
1989	65,4	40,0	50,0	58,4	58,6	1,0	9,4	38,0	22,8	44,0	57,4	71,8	71,8
1990	53,6	50,0	60,2	60,2	42,6	9,0	28,0	53,6	76,0	75,0	60,4	65,0	76,0
1991						4,0	0,0	0,0	71,0	65,0	50,0	80,0	
1992	75,0	47,8	25,0	38,0	6,6	0,0	0,0	6,0	62,0	50,0	75,0	43,4	75,0
1993	71,0	92,0	30,0	44,0	23,4	19,6	0,0	7,2	23,6	34,0	35,0	36,0	92,0
1994	55,0					23,3	17,6	0,2	48,0	30,0	60,0	55,0	
1995	56,0	70,0	38,0	40,0	84,0	16,0	0,0	8,0	26,0	28,0	88,9	81,3	88,9
1996	83,6	37,3	39,4	32,9	46,7	12,1	0,0	16,2	13,0	33,9	56,2	28,1	83,6
1997	63,1	68,4	38,8	23,1	40,5	18,1	0,0	0,0	58,5	22,0	45,2	92,7	92,7
1998	38,9	32,9	21,0	58,1	17,2	0,0	0,0	18,7	48,4				
1999	29,1	53,5	93,6	42,8	10,1	43,0	0,0	0,0	15,4	18,1	19,1	34,0	93,6
2000	57,2	48,7	93,5	37,4	3,2	0,0	7,6	43,6	22,1	45,8	59,9	22,9	93,5
2001	61,1	27,0	71,7	81,8	64,8	0,0	1,6	0,2	51,2	65,1	27,5	85,1	85,1
2002	54,9	99,5	57,6	37,1	39,8	0,0	1,7	24,5	20,7	33,9	41,4	33,0	99,5
2003	95,6	42,5	30,0	22,2	6,0	0,0	0,0	1,5	26,4	20,9	46,2	36,6	95,6
2004	43,5	30,5	59,1	77,8	33,2	0,0	44,4	0,0	22,2	38,3	130,4	71,3	130,4
2005	97,7	28,7	46,2	26,0	17,5	12,9	0,0	0,2	20,0	49,5	72,7	81,2	97,7
2006	29,7	52,1	41,8	33,5	62,2	0,0	22,3	0,9	36,7				
2007												56,3	
2008	40,0	18,4	54,7	61,8	4,0	0,0	0,0	0,0	10,0	39,0	51,2	90,0	90,0
2009	33,3	39,0	30,0	38,7	37,5	20,0	1,3	39,4	11,1	36,9	34,1	40,7	40,7
2010	40,7	51,0	33,4	24,2	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	54,3	40,7	54,3
2011	51,0	88,7	32,1	28,5	0,0	1,2	0,0	0,0	29,2	36,0	29,7	31,1	88,7
2012	64,2	69,1	37,8	38,3	33,6	26,1	0,0	0,0	17,8	20,1	28,3	46,5	69,1
2013	49,7	48,0	46,6	10,7	17,7	23,5		0,5	5,0	37,9	56,0	70,3	
2014	36,6	90,2	44,6	24,5	23,2	9,7	26,6	0,0	12,3	72,0	65,2	112,9	112,9
2015	20,3	59,7	52,1	55,1	15,8	6,5	8,8	0,0	3,8	54,5	31,3	24,5	59,7
2016	124,6	33,6	43,1	15,0	7,5		0,0	25,5	25,2	49,1	147,5	48,7	
2017	24,1	62,3	49,6	17,3	72,1	0,0	0,0	20,1	6,3	19,5	47,4	82,4	82,4
2018	78,4	51,7	60,1	21,5	17,5	0,0	0,0	12,5	30,1	35,0	105,0	65,0	105,0
2019	62,7	63,5	61,4	34,5	10,2	0,0	0,0	5,5	8,2	67,4	51,4	26,2	67,4
2020	27,9	114,3	36,4	8,1	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	75,5	18,3		
2021				26,0	1,0	0,0	0,0	0,0	19,2	40,0	36,5	27,5	
2022	35,0	30,0	20,2	18,2	0,0	8,0	0,0	13,3	28,0	48,0		43,0	
2023	107,0	70,0		100,0	83,0	0,0	0,0	0,5	100,0			30,0	
2024	47,0	101,0	22,5	2,0									
2025						0,0	0,0						

FIGURA 5: MÁXIMAS DIÁRIAS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

TOTAIS MENSAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3												
Código: 1555008			Município: Chapada Dos Guimarães - MT						Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas									Longitude: 55°44'22" O			
Ano	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais
1982									16,0	130,2	115,5	
1983	193,6	215,2	217,4	77,4	0,0	0,6	0,0	36,0	118,6	387,4	336,4	1.669,6
1984	100,6	234,0	241,2	45,8		0,0	74,4	60,2	167,0	103,6	195,6	
1985	261,8	239,8	260,2	37,0	2,8	12,4	0,0	39,6	216,4	120,8	142,2	1.532,2
1986	286,2	232,6	148,4	72,4	27,6	0,0	33,0	55,8	159,0	244,6	244,4	1.533,8
1987	229,4	138,6	262,4	20,4	19,6	0,0	0,0	29,4	117,0	236,6	316,2	1.546,4
1988	159,0	365,2	145,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	116,0	112,6	237,6	1.271,9
1989	400,0	186,8	325,4	58,6	1,0	9,4	81,0	54,6	90,2	148,0	263,2	1.959,8
1990	294,8	216,4	240,2	55,6	9,0	28,0	54,2	213,4	149,6	113,5	270,2	1.768,1
1991					4,0	0,0	0,0	95,0	218,0	199,0	321,8	
1992	330,2	280,0	98,4	6,6	0,0	0,0	11,2	255,0	234,0	240,6	135,6	1.701,6
1993	293,2	302,4	141,6	36,8	35,0	0,0	8,6	38,0	101,6	203,8	370,6	1.620,6
1994	239,0				42,9	18,6	0,2	66,6	143,0	171,6	407,0	
1995	300,0	407,6	152,0	142,0	20,0	0,0	8,0	34,2	84,4	245,1	317,7	1.832,6
1996	247,8	210,5	210,5	92,8	15,2	0,0	18,2	28,0	113,9	220,0	120,9	1.384,1
1997	349,9	157,9	187,6	47,6	35,6	0,0	0,0	79,7	56,9	115,6	286,1	1.371,8
1998	173,1	132,5	66,3	17,2	0,0	0,0	18,7	86,4				
1999	170,1	219,8	347,1	10,1	43,0	0,0	0,0	35,4	91,3	100,4	137,2	1.289,8
2000	204,2	307,4	389,6	3,2	0,0	7,6	72,4	75,9	153,3	216,7	127,4	1.679,0
2001	166,7	128,7	309,2	87,5	0,0	1,6	0,2	105,6	150,7	165,6	381,5	1.665,6
2002	259,1	408,6	144,7	69,5	0,0	1,7	24,5	24,7	101,1	195,6	139,2	1.417,1
2003	498,3	299,8	172,6	8,0	0,0	0,0	1,5	80,4	77,5	158,1	168,6	1.532,7
2004	363,0	180,7	98,5	33,2	0,0	53,1	0,0	26,5	136,0	217,2	262,9	1.513,4
2005	370,4	92,0	162,3	19,9	12,9	0,0	0,2	54,1	100,7	257,1	358,2	1.480,7
2006	155,3	297,9	310,5	62,2	0,0	34,5	0,9	111,9				
2007											179,4	
2008	237,5	142,8	255,8	12,8	0,0	0,0	0,0	11,2	85,2	186,3	220,9	1.405,4
2009	79,6	205,4	117,1	39,5	30,0	1,3	68,6	11,2	85,5	132,0	230,1	1.154,1
2010	420,6	198,8	180,7	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	83,8	276,4	133,0	1.352,7
2011	234,9	323,6	217,2	0,0	1,2	0,0	0,0	33,2	146,1	53,9	92,3	1.193,8
2012	348,3	253,9	105,9	108,4	42,3	0,0	0,0	17,8	63,6	159,7	122,8	1.285,5
2013	297,1	348,3	300,3	35,6	47,2		0,5	8,2	123,2	139,6	382,0	
2014	176,2	528,4	303,8	90,2	10,5	56,1	0,0	35,4	286,0	403,6	398,5	2.411,8
2015	77,9	254,0	189,1	38,1	13,8	8,8	0,0	6,3	102,2	150,0	69,7	1.100,6
2016	615,9	100,9	167,5	7,6		0,0	78,3	25,2	243,6	321,2	208,2	
2017	186,0	275,0	206,8	103,5	0,0	0,0	23,4	8,3	83,0	251,7	257,6	1.439,9
2018	207,1	208,3	140,6	17,5	0,0	0,0	12,5	107,9	103,6	349,7	230,6	1.469,3
2019	168,6	201,4	187,9	17,3	0,0	0,0	6,9	12,3	142,4	128,8	133,2	1.123,2
2020	117,3	482,7	112,7	61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	43,3		
2021				1,0	0,0	0,0	0,0	28,2	154,5	177,0	135,7	
2022	103,5	131,1	156,6	0,0	8,0	0,0	25,6	36,5	148,0		239,3	
2023	295,7	296,0		112,0	0,0	0,0	0,5	103,2		67,8	165,6	
2024	276,3	245,9	22,5									
2025					0,0	0,0						

FIGURA 6: TOTAIS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

HISTOGRAMA

Histograma:

Tipo	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mín.	77,9	92,0	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	43,3	69,7	0,0
Média	253,5	248,7	197,2	44,0	10,8	5,8	15,6	53,6	129,2	188,0	227,0	1.456,9
Máx.	615,9	528,4	389,6	142,0	47,2	56,1	81,0	255,0	286,0	403,6	407,0	2.411,8

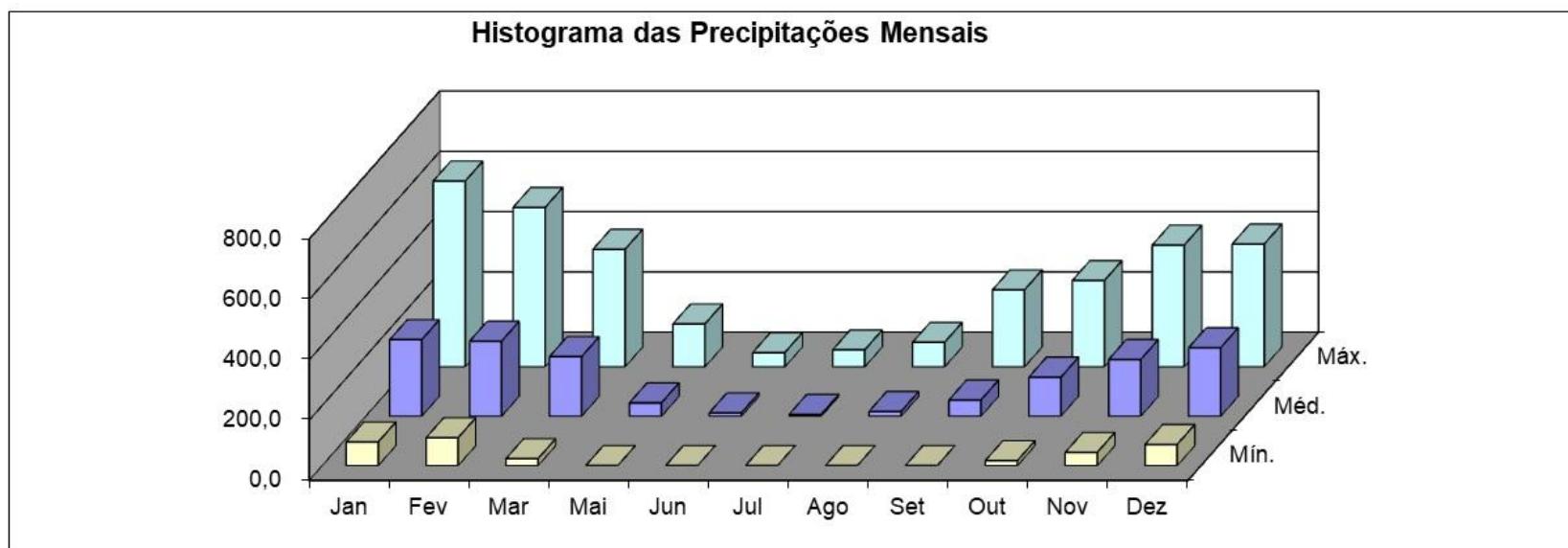


FIGURA 7: HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3							
Código: 1555008				Município: Chapada Dos Guimarães - MT			
Intervalo: 30 Anos				Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas				Longitude: 55°44'22" O			
Máximas Diárias		Método Estatístico (Distribuição de Gumbel)					
Ano	P (mm)	N	P	P-Pmed	(P-Pmed)²	F %	TR
1983	73,0	1	130,4	46,33	2.146,16	3,2	31,00
1984	45,0	2	114,0	29,93	895,61	6,5	15,50
1985	79,2	3	112,9	28,83	830,98	9,7	10,33
1986	75,0	4	105,0	20,93	437,93	12,9	7,75
1987	90,4	5	99,5	15,43	237,98	16,1	6,20
1988	114,0	6	97,7	13,63	185,69	19,4	5,17
1989	71,8	7	95,6	11,53	132,86	22,6	4,43
1990	76,0	8	93,6	9,53	90,76	25,8	3,88
1992	75,0	9	93,5	9,43	88,86	29,0	3,44
1993	92,0	10	92,7	8,63	74,42	32,3	3,10
1995	88,9	11	92,0	7,93	62,83	35,5	2,82
1996	83,6	12	90,4	6,33	40,03	38,7	2,58
1997	92,7	13	90,0	5,93	35,13	41,9	2,38
1999	93,6	14	88,9	4,83	23,30	45,2	2,21
2000	93,5	15	88,7	4,63	21,41	48,4	2,07
2001	85,1	16	85,1	1,03	1,05	51,6	1,94
2002	99,5	17	83,6	-0,47	0,22	54,8	1,82
2003	95,6	18	82,4	-1,67	2,80	58,1	1,72
2004	130,4	19	79,2	-4,87	23,75	61,3	1,63
2005	97,7	20	76,0	-8,07	65,18	64,5	1,55
2008	90,0	21	75,0	-9,07	82,33	67,7	1,48
2009	40,7	22	75,0	-9,07	82,33	71,0	1,41
2010	54,3	23	73,0	-11,07	122,62	74,2	1,35
2011	88,7	24	71,8	-12,27	150,63	77,4	1,29
2012	69,1	25	69,1	-14,97	224,20	80,6	1,24
2014	112,9	26	67,4	-16,67	278,00	83,9	1,19
2015	59,7	27	59,7	-24,37	594,06	87,1	1,15
2017	82,4	28	54,3	-29,77	886,45	90,3	1,11
2018	105,0	29	45,0	-39,07	1.526,73	93,5	1,07
2019	67,4	30	40,7	-43,37	1.881,25	96,8	1,03
Soma (Σ):		2.522,2		Soma (Σ):		11.225,52	
Pmed:		84,07		σ:		19,67 mm	

FIGURA 8: MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

4.3. CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, geomorfologia é conjunto de mapas, arquivos vetoriais e documentos que retratam e classificam o relevo brasileiro. São identificadas feições de relevo tais como planícies, depressões, chapadas e serras, assim como sua origem e evolução.

Segundo o Geoportal.Seplan.MT, o estudo geomorfológico compreende um esforço no sentido de entender as combinações e interferências que o relevo mantém com os demais componentes da natureza e da sociedade, com relevante interesse à proposição do zoneamento, contribuindo na elaboração das diretrizes para um desenvolvimento sustentado.

A seguir apresentamos os mapas de classificação Geomorfológica, segundo o GeoPortal da Secretaria de Planejamento do Mato Grosso

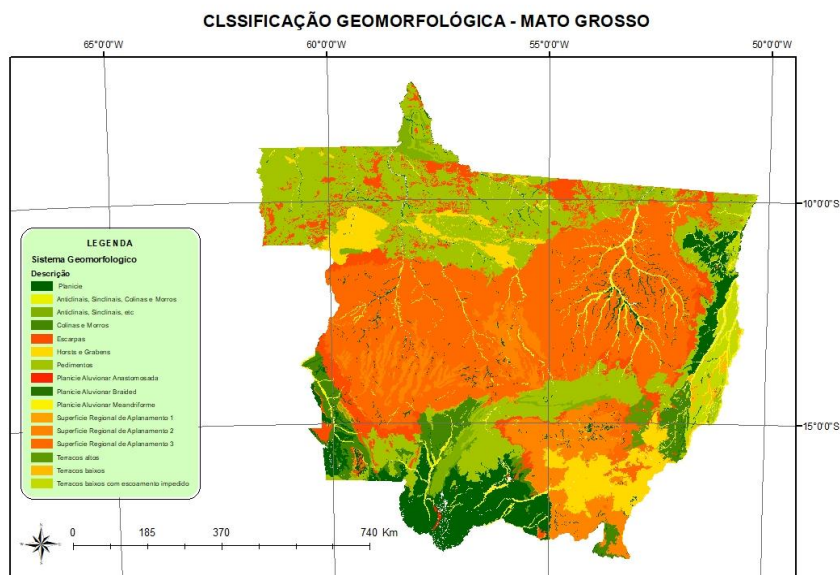


FIGURA 9: CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

4.4. CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

O relevo do Estado do Mato Grosso repousa sobre a porção do escudo brasileiro denominada de Maciço Central, Maciço do Brasil Central ou, ainda, Maciço Mato-Grossense. Este representa um vasto conjunto de áreas de escudo exposto, exibindo complexas estruturas geológicas, sobre as quais vieram a se depositar sedimentos. O Maciço Mato-Grossense apresenta-se soerguido para o Sul, onde apresenta suas maiores altitudes: 800-1200 metros, na Serra Azul e 500-800 metros, na Chapada dos Guimarães, fazendo limites, ao Norte com a Bacia Amazônica, a Leste com a Bacia do São Francisco, a

Oeste com a borda oriental andina e ao Sul-Sudeste, com a Bacia de sedimentação do Paraná (Anderson, 2004, p. 87).

4.5. CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

A região de estudo está situada no estado do Mato Grosso o qual tem como presença de vegetação o cerrado que uma riquíssima com uma biodiversidade gigante, o Cerrado é o principal bioma do Centro-Oeste brasileiro. Já foi retratado nos livros de Guimarães Rosa e outros poetas e é considerada a Savana brasileira. Em Mato Grosso, o cerrado cobre 38,29% de todo o território. Localizado principalmente nas depressões de Alto Paraguai - Guaporé, o sul e o sudeste do planalto dos Parecis e ao sul do paralelo 13°, até os limites de Mato Grosso do Sul. Conforme o mapa apresentado abaixo, toda a área da Bacia de Contribuição para a obra em estudo está localizada na região de Savana (Cerrado).

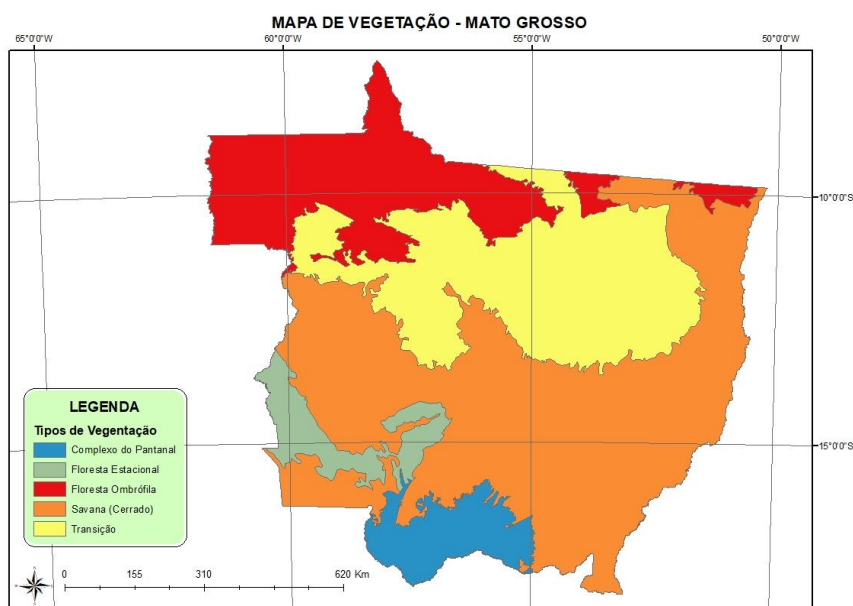


FIGURA 10: VEGETAÇÃO PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

5. METODOLOGIA UTILIZAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE PRECIPITAÇÃO, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, baseado nas teorias dos extremos de amostras

ocasionais, Gumbel demonstro que, se o número de vazões máximas anuais tende para infinito, a probabilidade “P” de uma dada descarga ser superada por um certo valor da variável aleatória é dada pela equação seguinte, para um número infinito de elementos:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Onde:

P = probabilidade de não ocorrerem descargas maiores;

e = base dos logaritmos neperianos;

y = variável reduzida. Para TR = 25 anos, y = 3,1985. Para TR = 12,5 Y = 2,4843

Com os dados coletados de chuva diária, elaborou-se o presente estudo, visando à determinação das alturas para diferentes períodos de recorrência e diferentes durações.

A metodologia empregada foi o método de “Probabilidade Extremos de Gumbel”. Para este estudo escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano durante todo o período, para o posto. Para tempos de duração menores que um dia, foram feitas correções pelo Método das Isozonas.

A seguir apresentamos os cálculos que fornecem as relações entre as precipitações máximas, períodos de retorno e as probabilidades de ocorrência, para o posto estudado.

Descrição dos índices usados nos cálculos, para análise pluviométrica:

P	Valor máximo de precipitação diária, no período de 1 ano;
Pmed	Precipitação média;
M	Números de anos observados;
F	Frequência de vazões de enchentes observadas;
Tr	Tempo de recorrência;
n	Número de ordem variável de 1 a “m”;
f	Desvio padrão;
K	Coeficiente que depende do número de amostras tomadas e do Período de recorrência. Valor tabelado por WEISE e REIDE;

Pr Fórmula devida a Ven te Chow, onde Pr é a precipitação para um certo período de recorrência.

$$Pr = Pm + (\square \times K)$$

desta análise, podemos calcular o valor da precipitação média e do desvio padrão:

$$Pmed = \frac{\sum Pi}{n} \quad e \quad \sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum (Pi - Pmed)^2}{n - 1} \right)}$$

$$Pmed = 83,18mm$$

$$\sigma = 22,06mm$$

Onde:

- Pi – Valor da precipitação máxima diária para cada ano da série histórica;
- n – número de anos de observação da série histórica.

Os valores até aqui calculados da precipitação média ($Pmed$) e do desvio padrão (δ) são para um período de recorrência de 26 anos, que é o intervalo da série histórica. Torna-se necessário, porém, para o cálculo das vazões de projeto, que se obtenha as precipitações máximas para tempos de recorrência padronizados que serão aplicadas a diferentes tipos de bacias, conforme anteriormente exposto.

Estes valores foram obtidos através do critério de Ven. T. Chow, explicitado pela seguinte equação:

$$Pmáx = Pmed + \sigma \times K$$

Onde:

- $Pmáx$ – Precipitação máxima de um dia, em mm;
- $Pmed$ – Precipitação média, em mm;
- δ – desvio padrão, em mm;
- K – Fator de frequência.

Os valores do fator de frequência (K), tabelados por Weise e Reid, são apresentados na Tabela das próximas páginas e servem para ajustar o tempo de retorno da série histórica para os tempos de retorno padronizados, a serem utilizados no cálculo da vazão de projeto.

Desta forma, procedeu-se o cálculo das precipitações máximas diárias para o tempo de recorrência de **5, 10, 15, 25, 50, 100 anos**. Estes valores (chuvas de 1 dia) foram convertidos em chuvas de 24 horas de duração multiplicando-se pelo coeficiente 1,10 que é a relação 24h/1dia.

Para tempos de duração menores que 24 hs foram feitas correlações através do método das isozonas desenvolvido pelo **Engº. Jayme T. Taborga**, em seu livro “Práticas Hidrológicas”. Este método propõe que para certas regiões, denominadas “Isozonas”, as precipitações seriam distribuídas de maneira igual, tornando possível a transformação das chuvas de 24 horas para 1 hora e de 24 horas para 6 minutos.

CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DE 24, 1 E 0,1 HORAS

TR	Fat. Freq. K	$P_{máx}$ ($P_{med} + \sigma K$)	Isozona (F)		Precipitações Máximas		
			f_{1h} % 1h	$f_{0,1h}$ % 6 min	P_{24h} ($1,1 \cdot P_{máx}$)	P_{1h} ($P_{24h} \cdot f_{1h}$)	$P_{0,1h}$ ($P_{24h} \cdot f_{0,1h}$)
5	0,828	177,27	46,00	13,90	195,00	89,70	27,11
10	1,478	231,44	45,50	13,90	254,58	115,83	35,39
15	1,842	261,77	45,30	13,90	287,94	130,44	40,02
25	2,303	300,18	44,90	13,90	330,20	148,26	45,90
50	2,913	351,01	44,50	13,90	386,11	171,82	53,67
100	3,519	401,50	44,10	12,40	441,65	194,77	54,77

Figura 11 – Cálculo das precipitações máximas do posto pluviométrico de Fazenda Seco
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas.

6. MÉTODO DAS ISOZONAS

A necessidade de conhecimento das alturas de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas, e a baixa densidade de postos pluviográficos que possam proporcionar estes dados, obrigam a extrapolação destes postos distantes até o local de projeto. O método utilizado para esta extrapolação é o das Isozonas. Esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de concentração necessários inferiores a 24 horas.

O trabalho do Eng^o Torrico partiu da observação que para determinadas áreas geográficas, ao se desenhar em um papel de probabilidade as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, e prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto. Esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe de alturas de precipitação.

A estas áreas homólogas, o autor denominou de Isozonas e elaborou um mapa, relacionando as alturas de precipitações máximas com duração de 1 a 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 10.000 anos e com duração de 6 minutos e 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 100 anos.

Descrição da metodologia adotada:

- A partir do estudo estatístico, citado anteriormente, calculou-se para o posto em estudo, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto.
- Converteu-se esta chuva de um dia, em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta, pelo coeficiente 1,10, que é a relação 24 horas/1 dia.
- Determinou-se no Mapa de Isozonas, a Isozona correspondente a região do projeto.
- Em nosso estudo a Isozona utilizada foi a **Isozona “F”**, com coeficientes de índices altos.
- Após ter-se determinado a Isozona, fixam-se para a mesma as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.
- Após a determinação das alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, marcou-se estes valores no papel de probabilidade de Hershfield e Wilson, e ligando-se os pontos marcados, obtiveram-se as alturas de precipitação para qualquer duração entre 6 minutos e 24 horas.

ISOZONAS

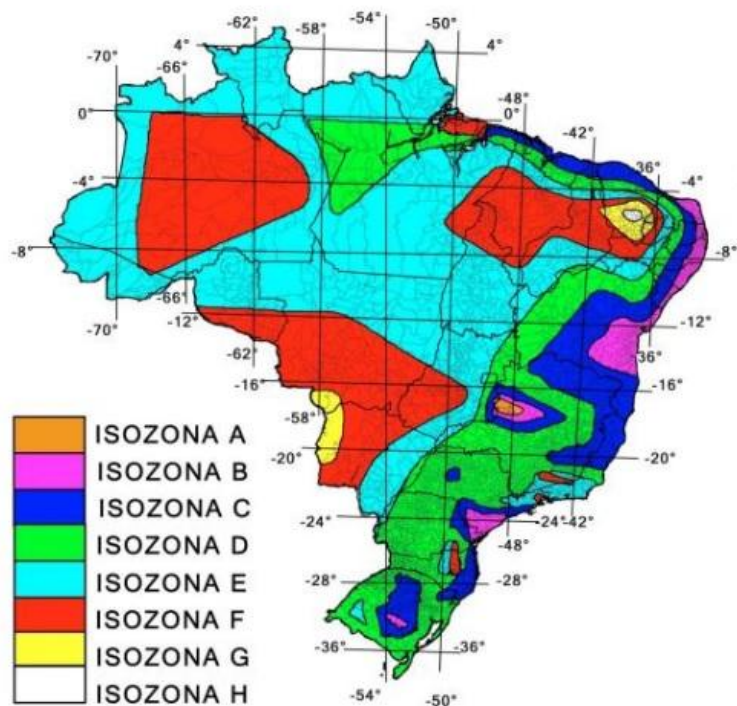


Figura 12 – Mapa de Isozonas
Fonte: adaptado de TORRICO (1974)

Relação:		1h/24h										6min/24h	
Tr		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 ~ 50	100
ISOZONAS	A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
	B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
	C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
	D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
	E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
	F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
	G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
	H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,6	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 13 – Relação entre precipitações 24h e as de 1h e mim
Fonte: TORRICO (1974)

- Tempo de Recorrência (Tr)

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, a escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão de projeto desta obra, depende da sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui a necessidade eventual da sua reconstrução. Deve ser considerado ainda que, quando maior o tempo de recorrência, mais volumoso será o caudal e, conseqüentemente, mais onerosa a reconstrução, ou reparação.

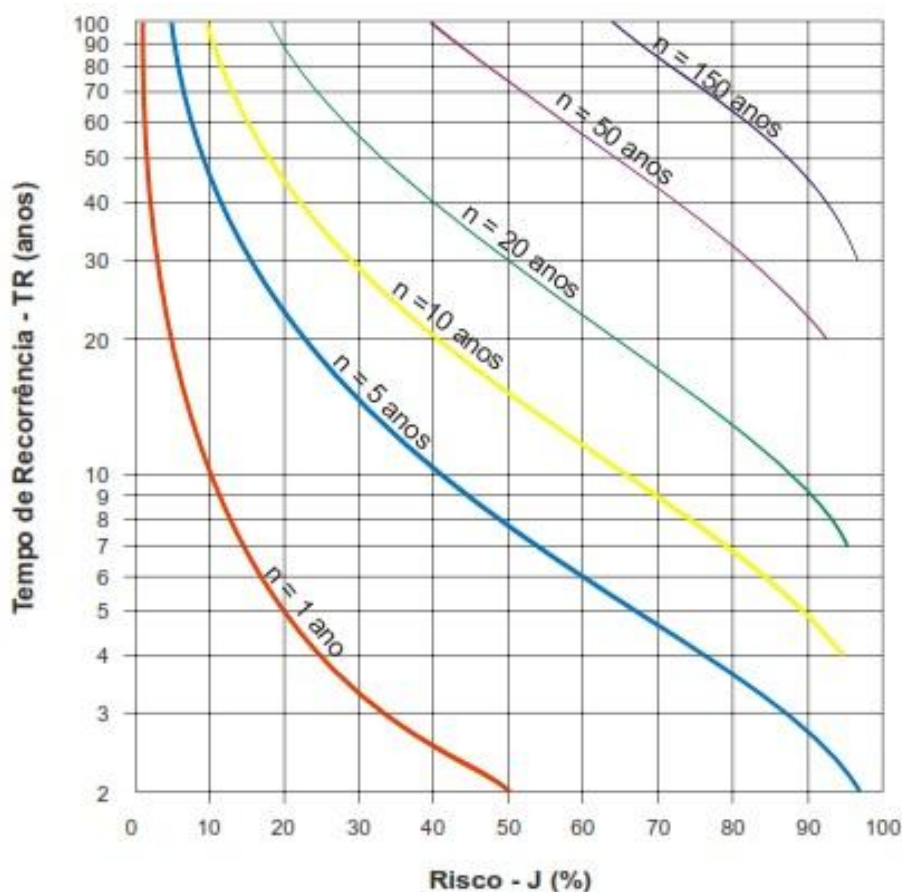


Figura 14 – Relação entre probabilidade de risco, tempo de recorrência e vida útil
Fonte: Publicação IPR-715 – Manual de Hidrologia Básica de Estruturas de Drenagem

Para escolha do tempo de recorrência para os projetos dos dispositivos de drenagem, foram adotadas as recomendações da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, onde apresenta as seguintes recomendações abaixo:

A escolha dos tempos de recorrência será determinada através de fator técnico-econômico e deverá constar basicamente de;

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da rodovia;
- Estimativa de custos de restauração, na hipótese de destruição;
- Estimativa de outros prejuízos resultantes de ocorrência de descargas maiores que as de projeto;
- Comparativos de custo entre a obra para diferentes tempos de recorrência;
- Risco para as vidas humanas face a acidentes provocados pela destruição da obra;

- Tempo de Concentração

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga.

É definido como sendo o tempo necessário para que a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros.

Foram adotados dos parâmetros conforme recomendação da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, mencionados abaixo:

- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Área da bacia;
- Recobrimento vegetal;

➤ Uso da terra

➤ Outros;

Segundo estudos, as características que influem principalmente no tempo de concentração são as três citadas acima.

Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

onde:

T_c = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km;

H = desnível do talvegue em m.

➤ O cálculo dos outros parâmetros, ou seja, área da bacia drenada, comprimento do talvegue principal e desnível entre o ponto mais alto nas cabeceiras dos mananciais e a seção de drenagem foram determinadas com suficiente precisão por meio de Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);

7. CÁLCULOS DE VAZÕES AFLUENTES

Segundo “*PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, os Estudos Hidrológicos visam primordialmente o dimensionamento dos dispositivos capazes de conduzir satisfatoriamente as vazões afluentes, os métodos usuais empregados buscam a quantificação das descargas através de procedimentos matemáticos.

Segundo a “*IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, no cálculo das vazões das bacias de contribuições, para escolha do melhor método a ser adotado podemos seguir as seguintes limitações:

➤ Bacias com áreas até 4,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Afluentes o

Método Racional;

- Bacias com áreas de 4,0 km² até 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões o Método Racional Corrigido por coeficiente de retardamento;
- Bacias com áreas superiores as 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT);

7.1. MÉTODO DE CÁLCULO

7.1.1 – MÉTODO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

Para as bacias de porte significativo, com áreas de drenagem superior a 10 km², empregou-se o Método do Hidrógrafo Triangular Sintético.

Esse método se baseia na teoria do hidrograma unitário, desenvolvida pioneiramente em 1932 por Le Roy R. Sherman (*Streamflow from rainfall by Unit-Hydrograph Method, Engineering News-Record, vol. 108, pp. 501-505, january-June, 1932*). Trata-se de uma técnica conveniente e amplamente aceita para determinação das vazões de projeto de obras de porte significativo.

O hidrograma unitário permite o cálculo da vazão para qualquer chuva, após estabelecido o hidrograma para a área de estudos. Esse hidrograma é estabelecido para uma precipitação unitária (lâmina d'água inicialmente de 1 polegada ou 1cm sobre uma área usualmente de 1 acre). O método é então a ligação entre a precipitação e vazão, e pode ser traduzido no seguinte sistema:

Precipitação efetiva x hidrograma unitário= vazão.

O processo do hidrógrafo triangular sintético utilizado pelo *Soil Conservation Service* e explicitado por Ven Te Chow, tem a seguinte expressão básica:

$$Q = \frac{0,208A \times P_E}{t_p},$$

onde:

Q = vazão, em m^3/s ;

A = área da bacia, em km^2 ;

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

t_p = tempo de ponta, em horas.

O excesso de chuva foi obtido conforme recomendado pelo *U.S Soil Conservation Service*, através da seguinte relação:

$$P_E = \frac{(P - 5,08S)^2}{P + 20,32S}$$

sendo:

$$S = \frac{1000}{NC} - 10$$

onde:

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

P = precipitação, em mm;

N_C = número da curva de *run-off*, representativa do complexo hidrológico solo-vegetação.

O tempo de ponta é obtido a partir do tempo de concentração através da seguinte fórmula:

$$tp = 0,6 tc + \sqrt{tc}$$

Os tempos de concentração foram calculados pela fórmula de Kirpich, conforme mencionado na alínea a anterior.

Fixação do Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo-Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

Coeficiente de runoff

OROGRAFIA			PLANA		ONDULADA		MONTANHOSA	
CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE			C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos	Muito Permeáveis	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
Estéreis	Permeáveis	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
e Áreas	Semi Permeáveis	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
Urbanizadas	Pouco Permeáveis	D	0,60-0,80	70	0,60-0,90	75	0,60-1,00	80
Cerrados,	Muito Permeáveis	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
Pastagens	Permeáveis	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
e Matas	Semi Permeáveis	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
Ralas	Pouco Permeáveis	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
	Muito Permeáveis	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
Culturas e	Permeáveis	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
Pastagens	Semi Permeáveis	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
Terraceadas	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
	Muito Permeáveis	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
Culturas	Permeáveis	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
Terraceadas	Semi Permeáveis	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70

Tabela 3 – Coeficiente de runoff
Fonte: ASCE/WEF, citado em Chow ,1962

sendo:

- A = “Loess” em camadas espessas;
- B = “Loess” em camadas rasas e areias;
- C = Solos Siltosos e Argilosos;
- D = Solos com argilas expansivas e pavimentos.

8. METODOLOGIA DE PROJETO E REFERENCIAL TEÓRICO

8.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA BACIA

Segundo Tonello (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem.

Características morfométricas de bacias hidrográficas.

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total
	Perímetro total
	Coefficiente de compactidade (Kc)
	Fator de forma (F)
	Índice de circularidade (IC)
Características do relevo	Padrão de drenagem
	Orientação
	Declividade mínima
	Declividade média
	Declividade máxima
	Altitude mínima
	Altitude média
	Altitude máxima
Características da rede de drenagem	Declividade média do curso d'água principal
	Comprimento do curso d'água principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Densidade de drenagem (Dd)
	Ordem dos cursos d'água

Figura 15 – Características morfométricas de bacias hidrográficas
Fonte: Tonello (2005)

8.2. MODELO DIGITAL DE TERRENO

Segundo a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, através de técnicas digitais de estereoscópica cônica ou cilíndrica, graças à precisão geométrica das imagens e de seu posicionamento no solo (geodésico), o relevo é restituído através de um modelo Digital de Terreno, passível de visualização em três dimensões. A partir do Modelo Digital de Terreno é possível a restituição das curvas de nível, a delimitação de bacias hidrográficas, a cartografia de rede de drenagem, o mapeamento da declividade e da exposição de uma determinada área.

Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).

DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Acurácia Horizontal	* 20 metros
Acurácia Vertical	* 4 metros
Amostragem Horizontal	
Disponível	** 3" x 3" lat/log (90 x 90 m)
Não Disponibilizada	*** 1" x 1" lat/log (30 x 30 m)
Amostragem vertical	1 metro
Projeção cartográfica	Coordenadas geográficas (latitude / longitude)
Sistema de referência	WGS-84
Formato dos dados	16 bits

* Acurácia para 66% dos dados (para o restante dos dados a acurácia de 10 – 16 metros)

** Aproximadamente 90 metros para latitudes médias e próximas do Equador.

*** Aproximadamente 30 metro para latitudes médias e próximas do Equador.

Tabela 4 – Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).
Fonte: Embrapa Relevos

A confiabilidade dos dados do programa SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparados ao modelo digital de elevação gerado a partir da carta da topográfica do Serviço Geográfico do Exército (DSG) (SANTOS et al., 2006)

8.3. TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Geoprocessamento é a técnica que permite o processamento de diferentes informações de caráter geográfico com uso do solo, vegetação, malha viária, expansão urbana, dados censitários, entre outras, de forma igualmente georreferenciada. As informações geográficas podem ser entendidas como planos de Informação e podem ser cruzadas entre si possibilitando a obtenção de outros produtos cartográficos originados de dois ou mais Planos de informação diferentes. As informações são trabalhadas num espaço tridimensional X, Y e Z, sendo X e Y sua posição geográfica no globo terrestre e Z um atributo dessa informação. (LAHM 2000). O objetivo principal do Geoprocessamento é fornece ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas através do uso do Geoprocessamento tornem disponíveis para as análises ambientais, procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente.

8.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO PARA BTC – BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO

Segundo a *“PUBLICAÇÃO IPR-724 – MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS”* DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, o cálculo da seção transversal ou seção de vazão do bueiro vai depender de dois elementos básicos: a descarga da bacia a ser drenada e a declividade adotada.

A descarga é definida pelos estudos hidrológicos e a declividade, de escolha do projetista, deverá atender a esta descarga com a obra operando em condições de segurança.

Para os procedimentos temos as seguintes equações:

$$Q_c = A_c \sqrt{g \times h_c}$$

Onde:

Q_c = a vazão crítica em m³/s;

A_c = área molhada que atenderá à vazão crítica em m²;

g = é a aceleração da gravidade ($\approx 9,81$ m/s²);

h_c = área molhada do fluxo;

A área crítica de escoamento é definida pela seguinte equação:

$$A_c = \frac{\Phi_c - \text{sen}\Phi_c}{8} \times D^2$$

Onde:

Φ_c = é um ângulo interno em função da área molhada em radianos;

D = é o diâmetro nominal da tubulação em m.

Ângulo $\emptyset$

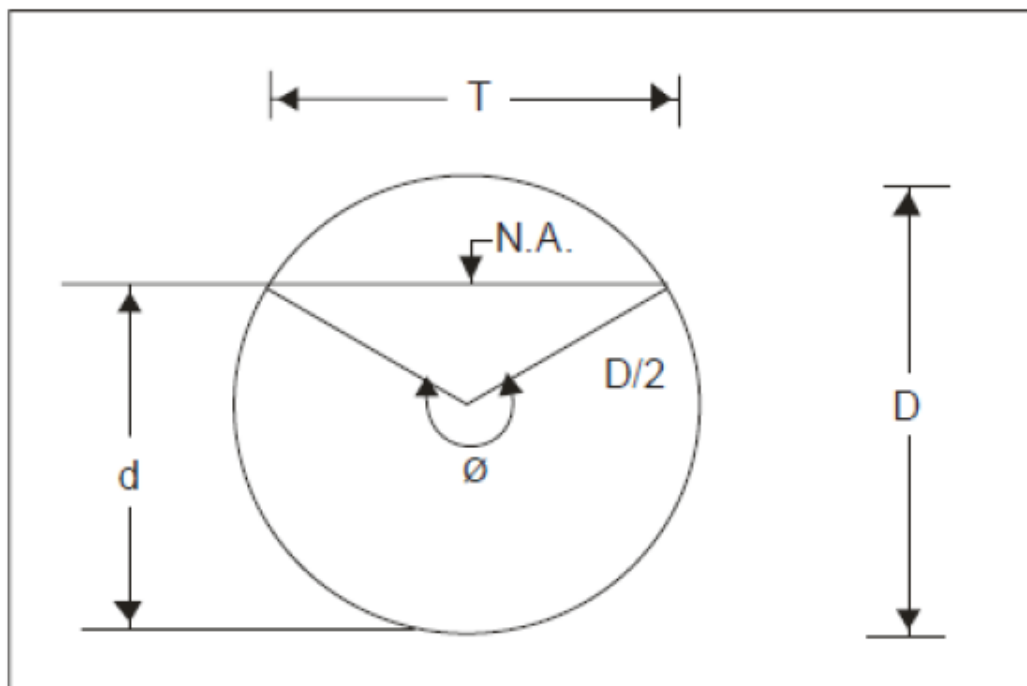


Figura 16 – Dimensionamento hidráulico
Fonte: DNIT (2006)

“d” representa a profundidade de escoamento da água, em metros e geralmente para fins de dimensionamento de bueiros utiliza-se o valor de 80% de D;

$$d = 0,8 \times D$$

O ângulo Φ é assim calculado:

$$\cos \frac{\emptyset}{2} = 1 - \frac{2d}{D}$$

O Manual de Drenagem (DNIT, 2006) recomenda ainda que a declividade de instalação do bueiro (gradiente hidráulico) seja dimensionada de acordo com a equação de Chezy:

$$I = \frac{V^2 \times n^2}{R^{4/3}}$$

Sendo:

I = a declividade em %;

V = a velocidade de escoamento da água em m/s;

n = coeficiente de rugosidade do material do bueiro;

R = raio hidráulico em função do perímetro e da área molhada em m;

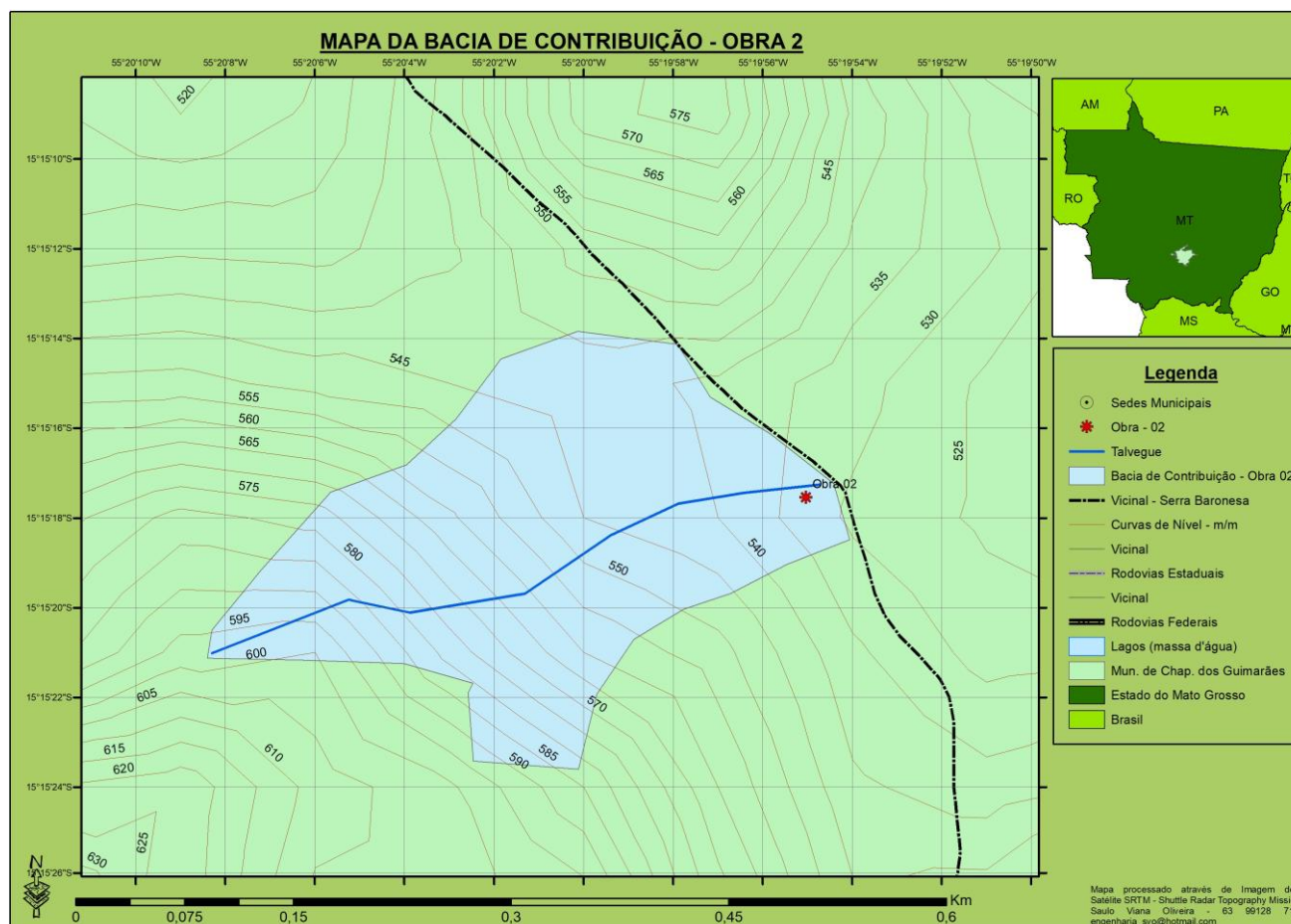


Figura 18 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

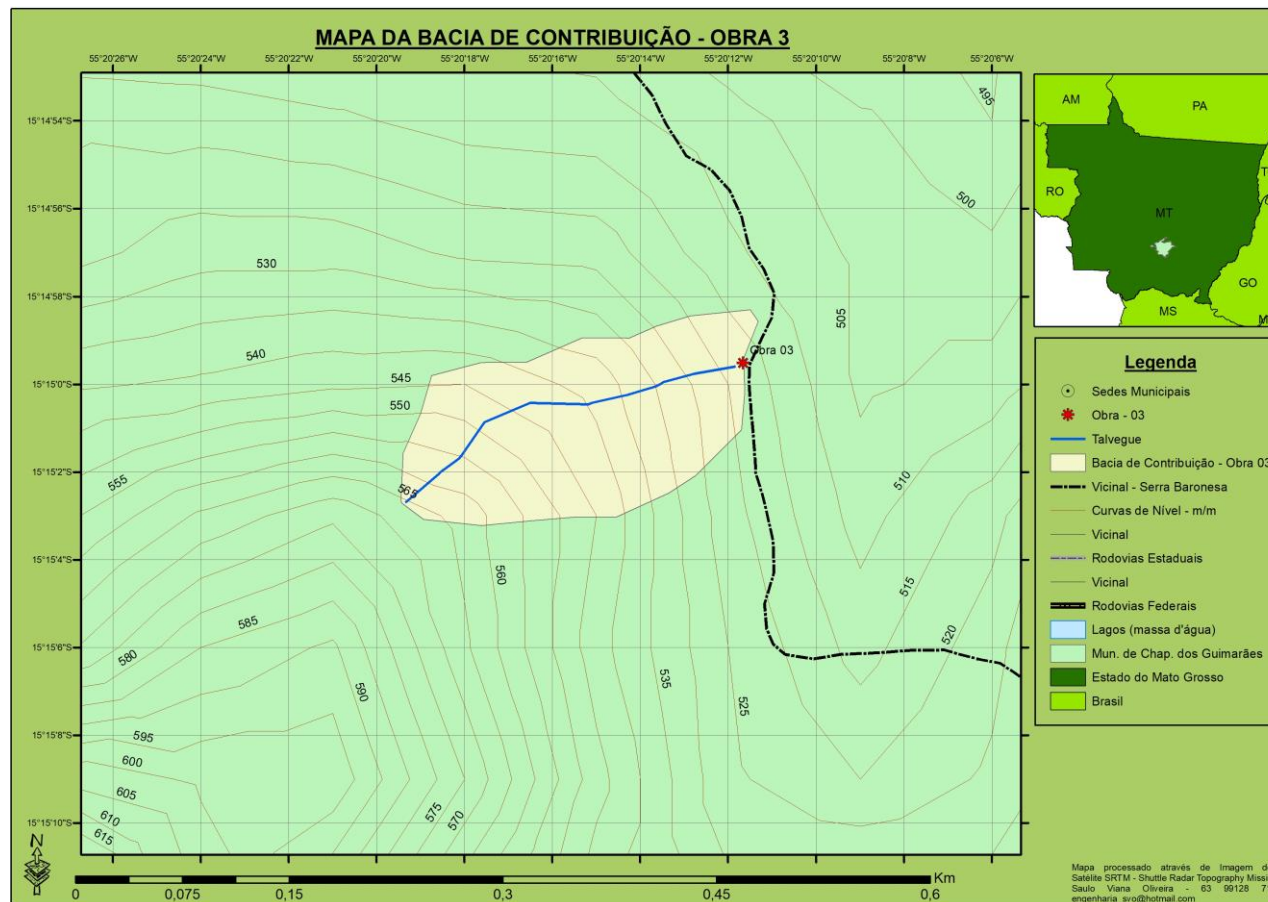


Figura 19 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

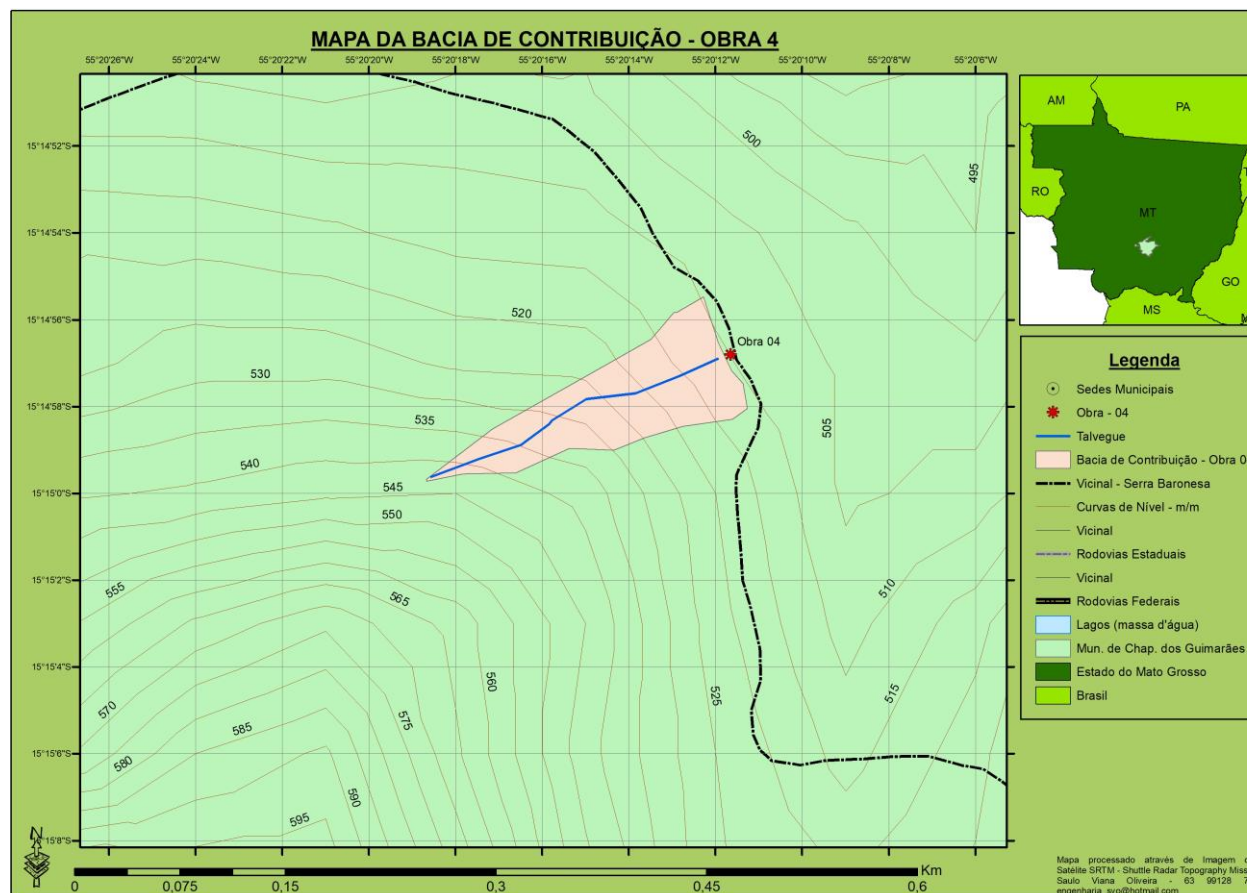


Figura 20 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

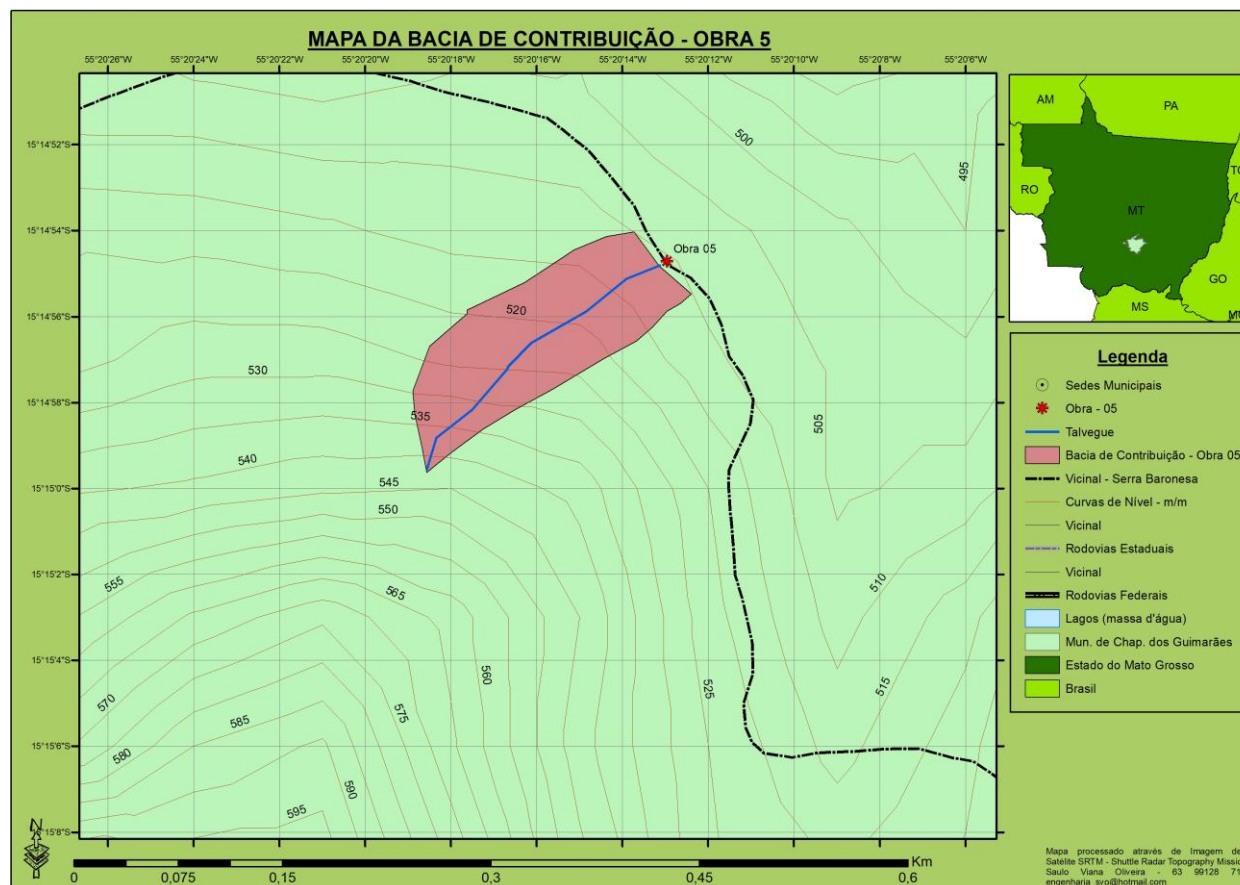


Figura 21 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

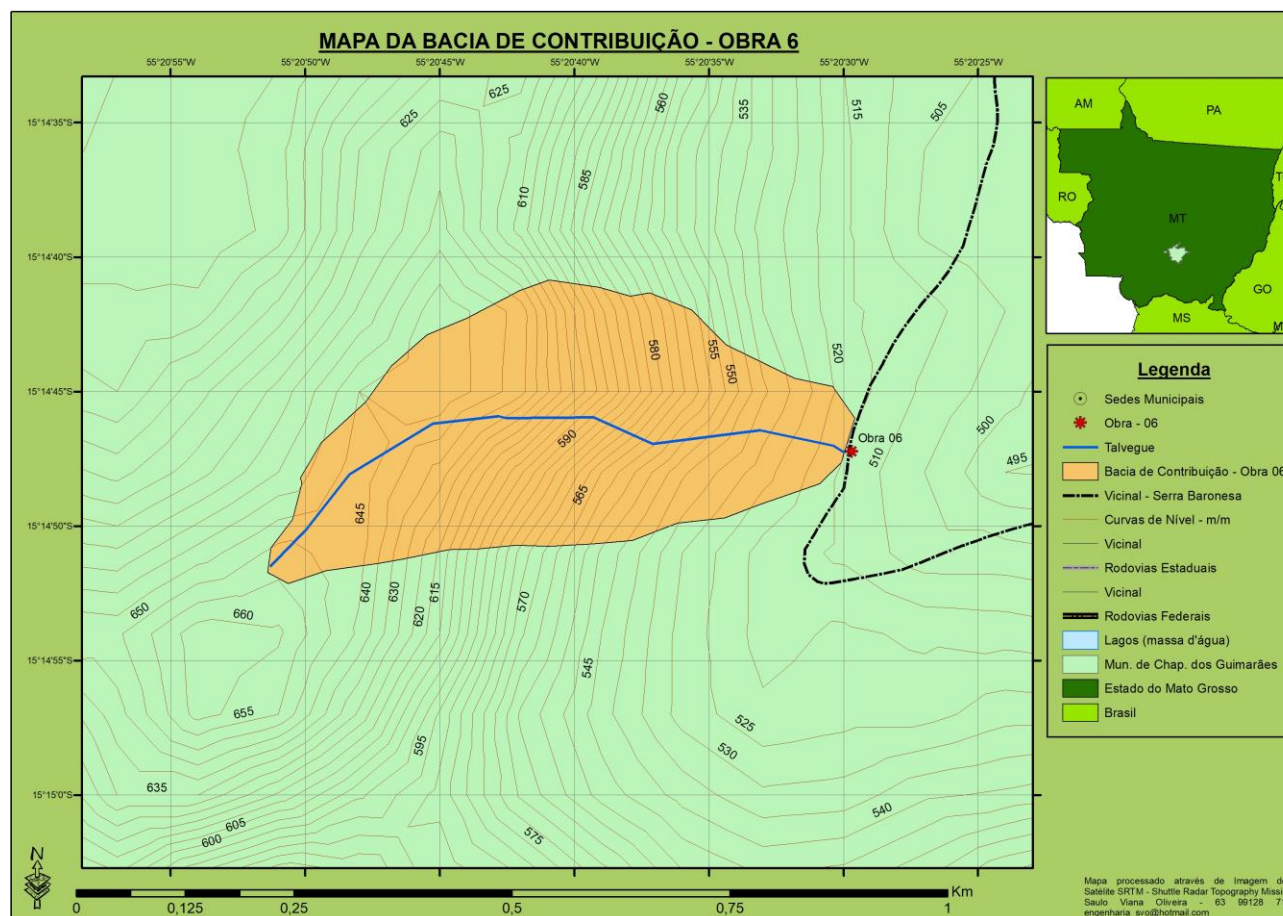


Figura 22 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

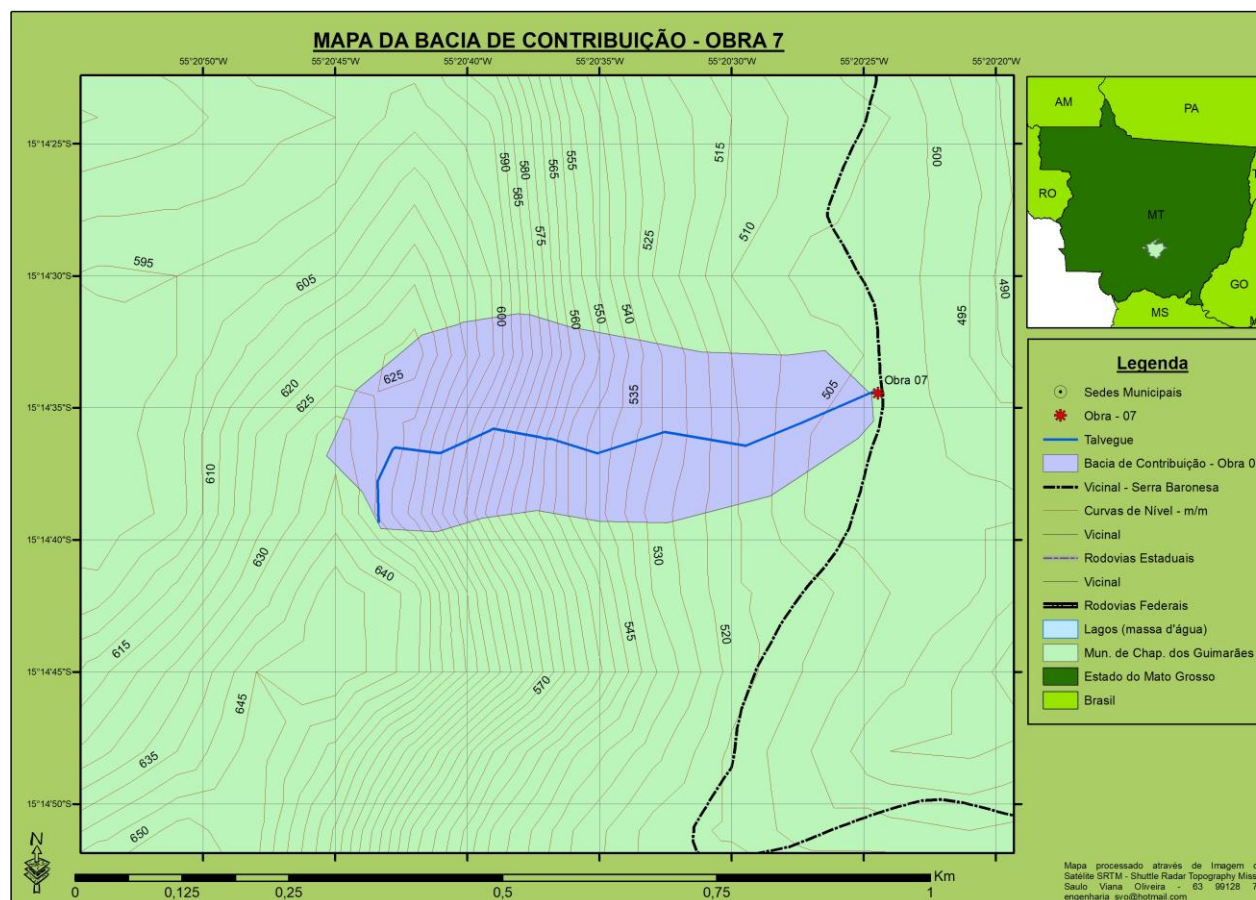


Figura 23 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

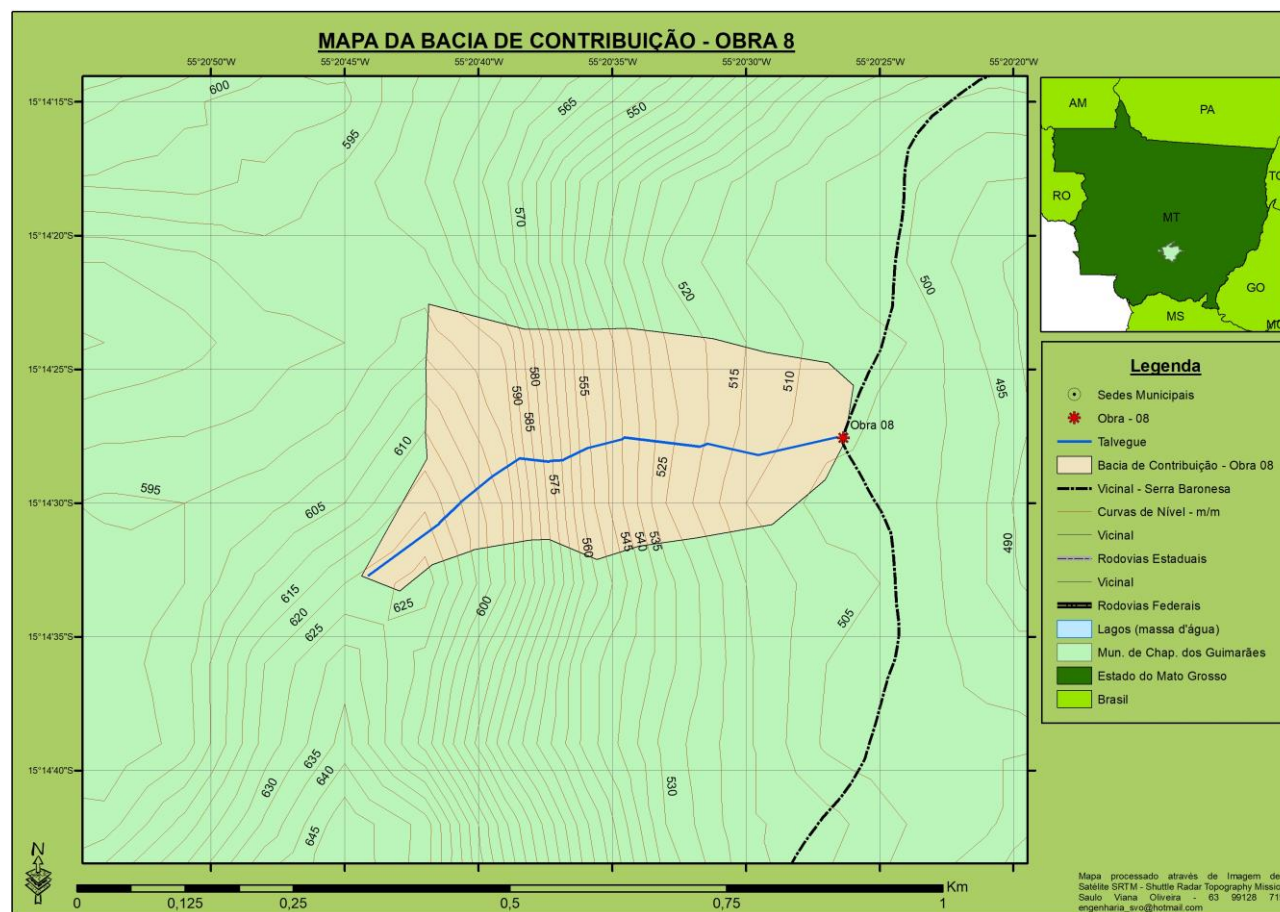


Figura 24 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

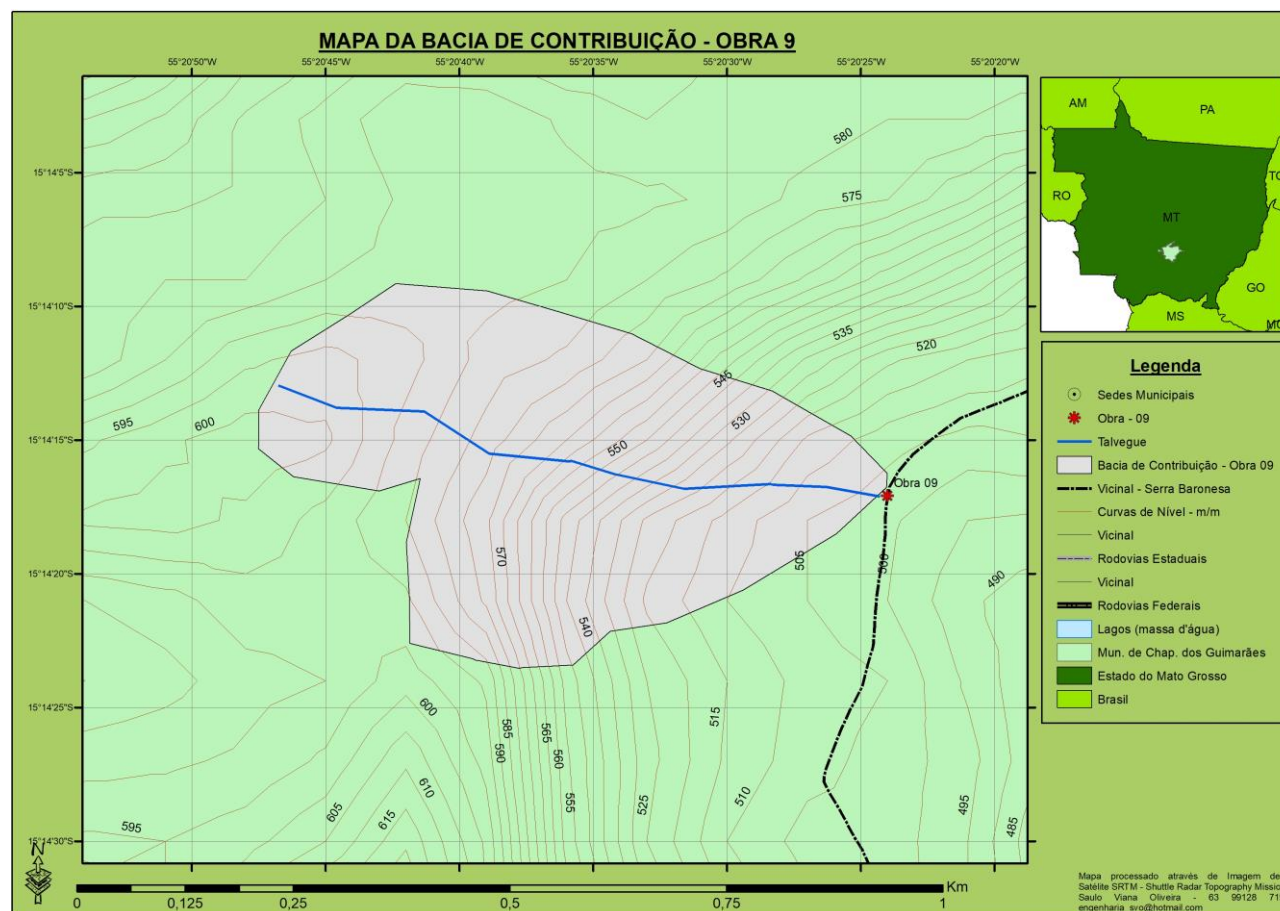


Figura 25 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

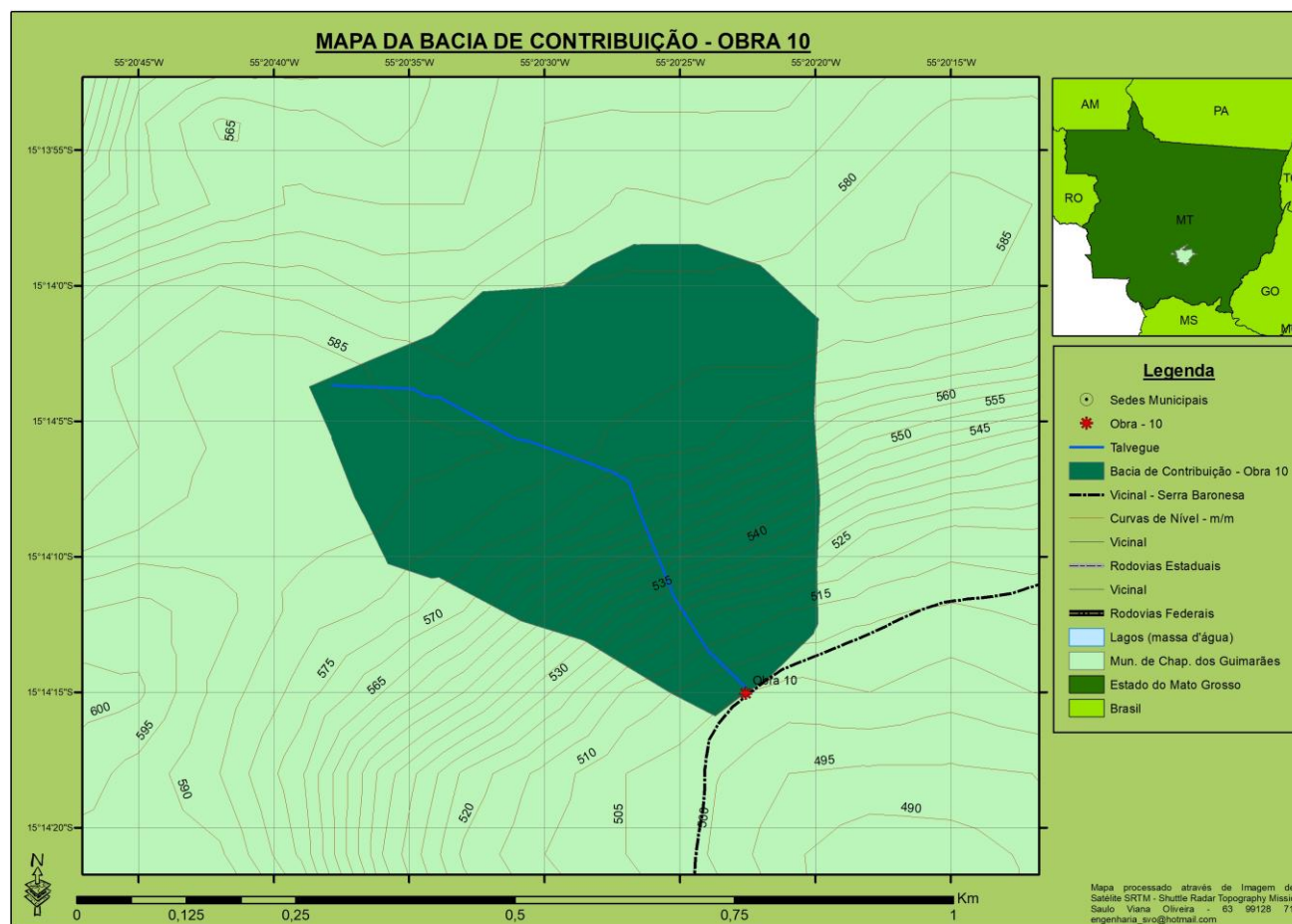


Figura 26 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGIS 9.3

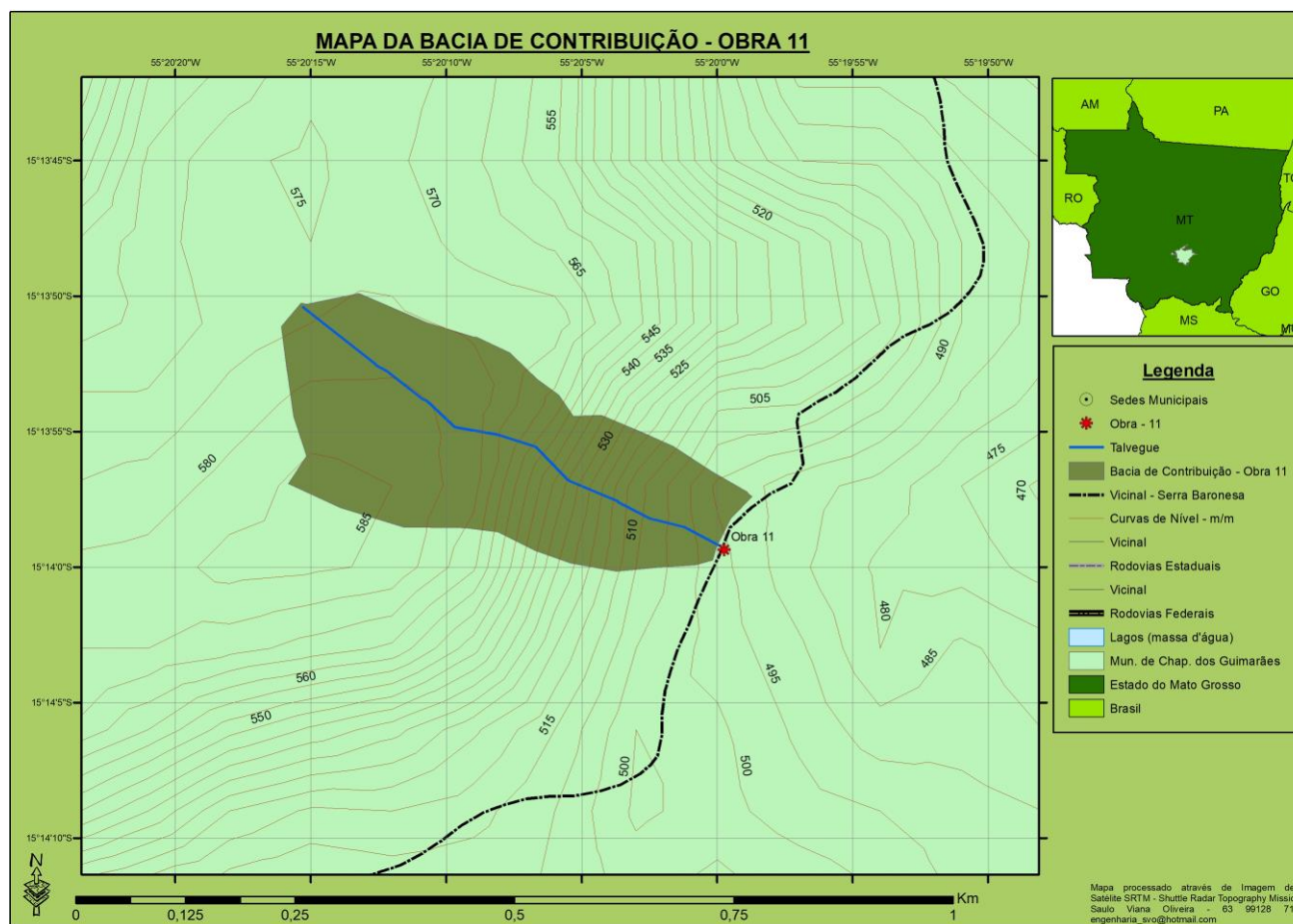


Figura 27 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGIS 9.3

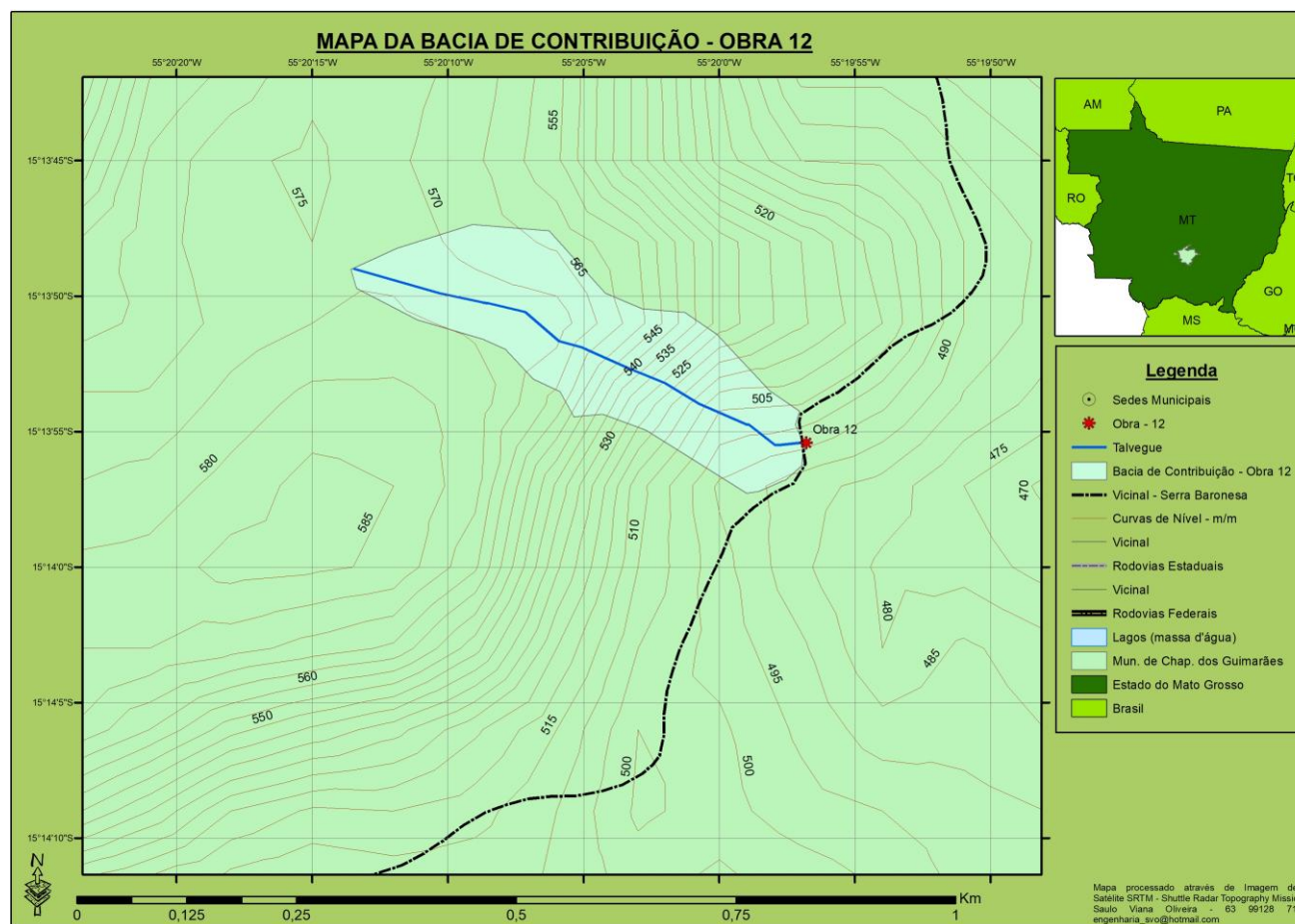


Figura 28 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGIS 9.3

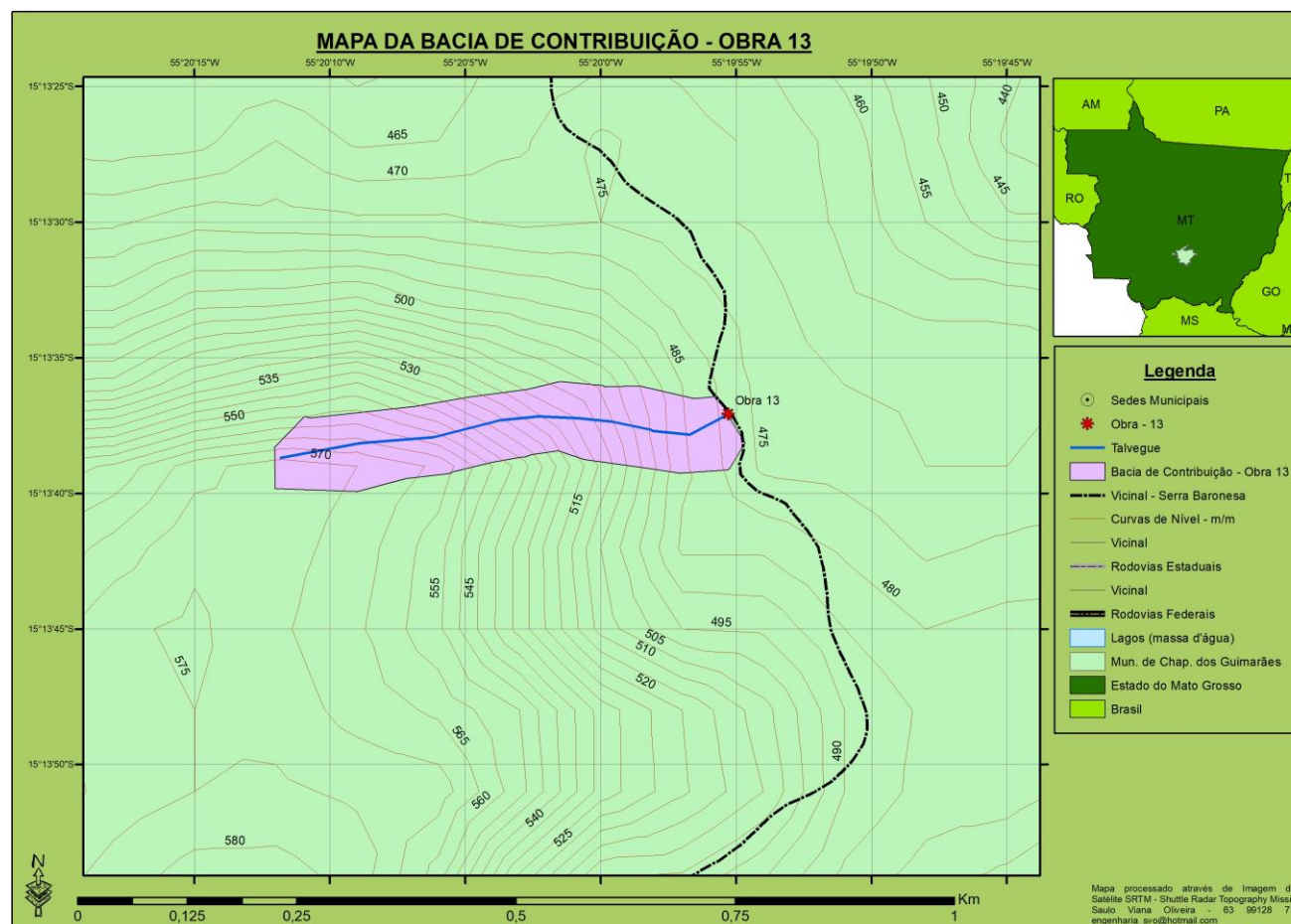


Figura 29 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

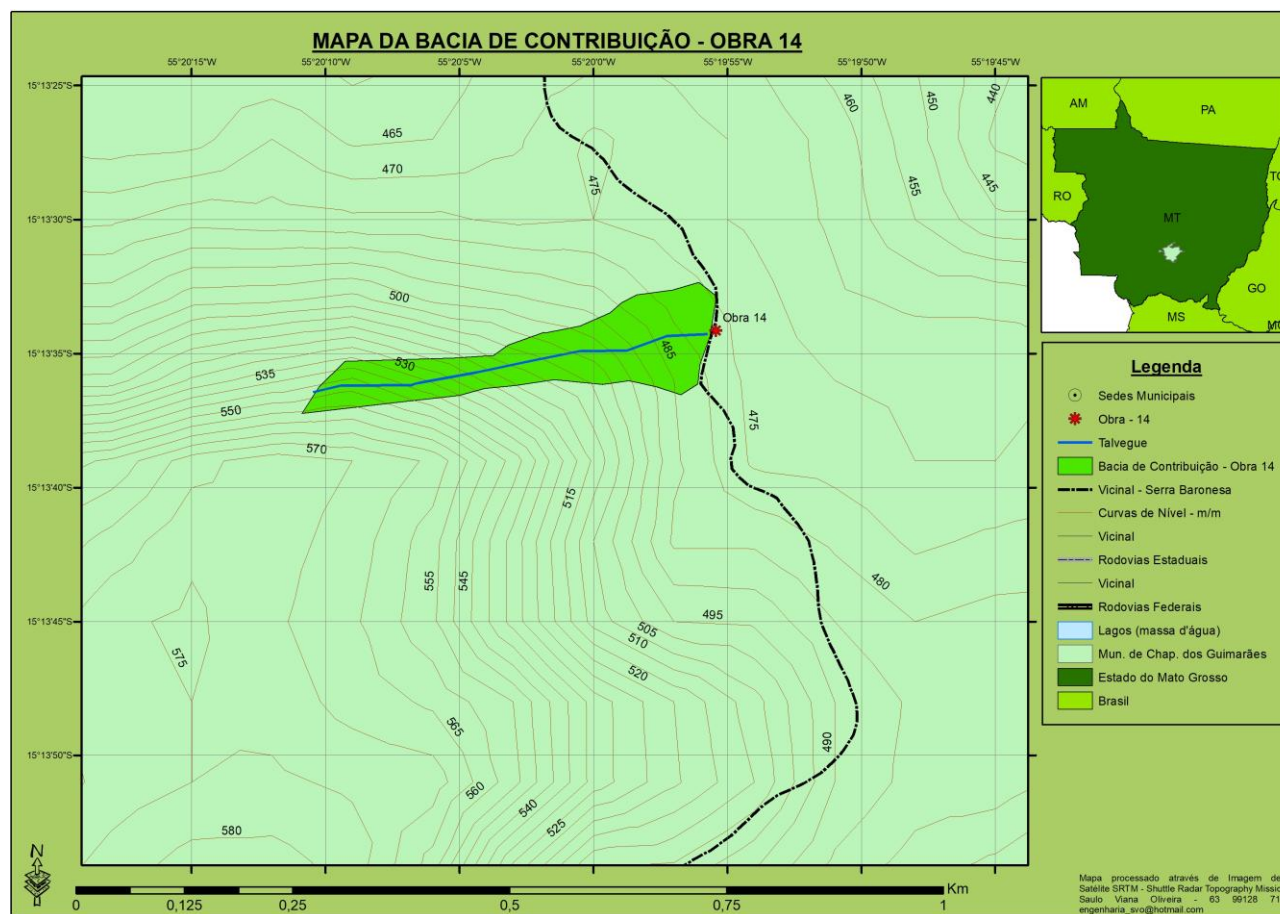


Figura 30 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

10.RESULTADOS E DIMENSIONAMENTO – MRC – MÉTODO RACIONAL CORRIGIDO

Cálculo pelo Método Racional Corrigido

Ordem	Trecho	Localização		Caracterização Morfológica da Bacia Hidrográfica								Cálculo da Vazão de Projeto pelo Método Racional Corrigido				Caracterização da Obra Dimensionada									
		Identificação	Curso d'Água	Cota Fundo	A (Km²)	L (Km)	Cota Topo	ΔH (m)	Sm (%)	S (%)	C	TR	Tc (hs)	P (mm)	I (mm/h)	Qp (m³/s)	Qtd. ou "P" para Ponte	Largura, Diâmetro ou Comprim. (m)	Declividade (%)	Coef. de Rugosidade p	Raio Hidráulico Rh	Velocidade (m/s)	Qr (m³/s)	Vel.	Obra Dimensionada
1	Estrada Vicinal Serra Baronesa	Obra 01	Fluxo Intermitente	597,000	0,01472	0,193	617	20	10,36	10,36	0,6	15	0,04	19	423,75	1,04	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC Ø1,00
2		Obra 02	Fluxo Intermitente	538,000	0,06523	0,434	617	79	18,20	18,20	0,6	15	0,07	19	282,04	3,07	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC Ø1,00
3		Obra 03	Fluxo Intermitente	521,000	0,02567	0,256	577	56	21,88	21,88	0,6	15	0,04	19	454,53	1,95	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC Ø1,00
4		Obra 04	Fluxo Intermitente	518,000	0,01054	0,219	562	44	20,09	20,09	0,6	15	0,04	19	496,07	0,87	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC Ø1,00
5		Obra 05	Fluxo Intermitente	519,000	0,01472	0,226	562	43	19,03	19,03	0,6	15	0,04	19	474,15	1,16	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC Ø1,00
6		Obra 06	Fluxo Intermitente	514,000	0,13783	0,716	660	146	20,39	20,39	0,6	15	0,09	19	200,39	4,61	2,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	7,20	Ok!	BDTC Ø1,00
7		Obra 07	Fluxo Intermitente	503,000	0,11273	0,662	641	138	20,85	20,85	0,6	15	0,09	19	214,68	4,04	2,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	7,20	Ok!	BDTC Ø1,00
8		Obra 08	Fluxo Intermitente	505,000	0,11355	0,583	629	124	21,27	21,27	0,6	15	0,08	19	238,59	4,52	2,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	7,20	Ok!	BDTC Ø1,00
9		Obra 09	Fluxo Intermitente	501,000	0,18902	0,697	601	100	14,35	14,35	0,6	15	0,11	20	188,09	5,93	2,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	7,20	Ok!	BDTC Ø1,00
10		Obra 10	Fluxo Intermitente	499,000	0,20536	0,624	588	89	14,26	14,26	0,6	15	0,10	19	194,14	6,65	3,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	10,80	Ok!	BTTC Ø1,00
11		Obra 11	Fluxo Intermitente	498,000	0,09335	0,547	581	83	15,17	15,17	0,6	15	0,09	19	220,04	3,43	2,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	7,20	Ok!	BDTC Ø1,00
12		Obra 12	Fluxo Intermitente	487,000	0,06269	0,541	579	92	17,01	17,01	0,6	15	0,08	19	231,87	2,42	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC Ø1,00
13		Obra 13	Fluxo Intermitente	482,000	0,04167	0,507	572	90	17,75	17,75	0,6	15	0,08	19	247,82	1,72	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC Ø1,00
14		Obra 14	Fluxo Intermitente	481,000	0,02848	0,448	567	86	19,20	19,20	0,6	15	0,07	19	280,92	1,33	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC Ø1,00

Figura 31 – Quadro de Resultados e Dimensionamento de Obra

RAUL BARROS RIBEIRO
Eng. Civil - Crea 1216969736

RAUL BARROS RIBEIRO:03217364198
Assinado de forma digital por RAUL BARROS RIBEIRO:03217364198
Dados: 2026.01.14 08:24:14 -04'00'

ESTUDO HIDROLÓGICO

MUNICÍPIO: CHAPADA DOS GUIMARÃES – MT

TRECHO: ESTRADA VICINAL PEDRA PRETA (TRECHO 2)

LOCAL / DATA: CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT / JUNHO DE 2026

1. INTRODUÇÃO

Os Estudos hidrológico tem-se como principal objetivo:

- Fornecer características morfométricas, climatológicas e pluviométricas, dando subsídios e critérios para a determinação de vazão a fim de dimensionamento hidráulico da obra de arte.

O presente estudo apresenta os parâmetros técnicos para caracterização morfológica das bacias hidrográficas, através do MDT – Modelo Digital de Terreno, dando condições técnicas para o dimensionamento das OAE - Obras de Artes Especiais, seguindo as recomendações técnicas dos cadernos de orientações e instruções de serviços abaixo.

- Caderno de Orientações Técnicas do Programa de Pontes – Mais MT, 2021;
- Publicação IPR – 715 – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem;
- IS – 203: Estudo Hidrológico;
- Publicação IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias;
- IS – 239: Estudos Hidrológicos para Projetos Executivos de Engenharia para Construção de Rodovias Vicinais;
- Publicação IPR-726 Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços.

2. LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Os Exutórios em estudo situam-se em Estrada Vicinal, denominada Pedra Preta (trecho 2), no município de Chapada dos Guimarães – MT, conforme apresenta a **“Tabela 1”** e **“Figura 1”** abaixo.

Localização dos Pontos de Exutórios em Estudo e Dimensionamento

ITEM	IDENTIFICAÇÃO DA OBRA	OBRA DIMENSIONADA	COORDENADAS UTM		ZONA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			LESTE	NORTE		LATITUDE	LONGITUDE
01	Obra 01	BSTC ø 0,80 Greide	647.856,49	8.33.1194,61	21 L	-15° 05' 26,04"	-55° 37' 27,19"
02	Obra 02	BSTC ø 0,80 Greide	647.973,51	8.331.380,07	21 L	-15° 05' 19,98"	-55° 37' 23,31"

Tabela 1 – Localização dos pontos de exutórios.
Fonte: Coleta de Campo



Figura 1 – Mapa de Localização
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.5

3. DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados para a realização do estudo hidrológico estão abaixo relacionados:

- Localização do ponto de captação (exutório) com GPS;
- Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);
- Processamento de Dados no ArcGis;
- Dados pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL/Agência Nacional de Águas – ANA, Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT, com dados pluviométricos tratados de 30 anos;
- Classificação Climática de Wladimir Köppen”, publicação do DNER;
- Normas climatológicas – série 1961/1990 – INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
- Cartas topográficas fornecidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro e publicada na escala 1:100.000;

4. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA, PLUVIOMÉTRICA E GEOMORFOLÓGICA

4.1. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização do clima da região situada próxima ao segmento rodoviário de interesse, foi utilizada a metodologia adotada por Wladimir Köppen, que leva em consideração a quantidade de precipitações, a temperatura média e a umidade relativa.

Deve-se ressaltar que essa metodologia de classificação, assim como as outras desenvolvidas com a mesma finalidade, diferencia apenas megazonas climáticas, não apresentando suficiente eficiência para variações locais;

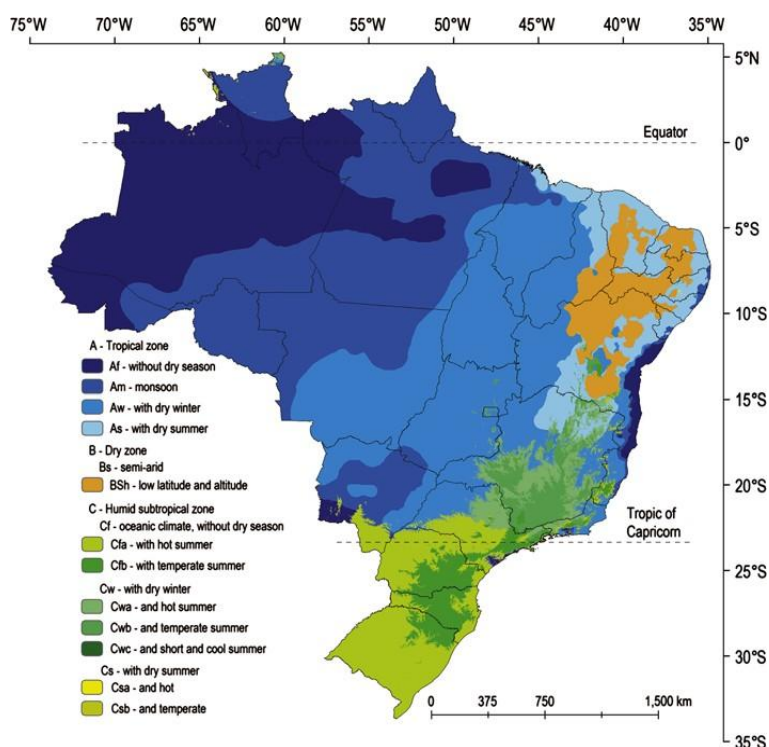


FIGURA 2: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O BRASIL, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KO'PPEN (1936)

Segundo Classificação de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta dois tipos climáticos: Am (clima tropical úmido ou sub-úmido) localizado no Norte e Aw (clima tropical, com inverno seco), localizado na região centro-oeste do Brasil conforme apresenta o mapa abaixo.

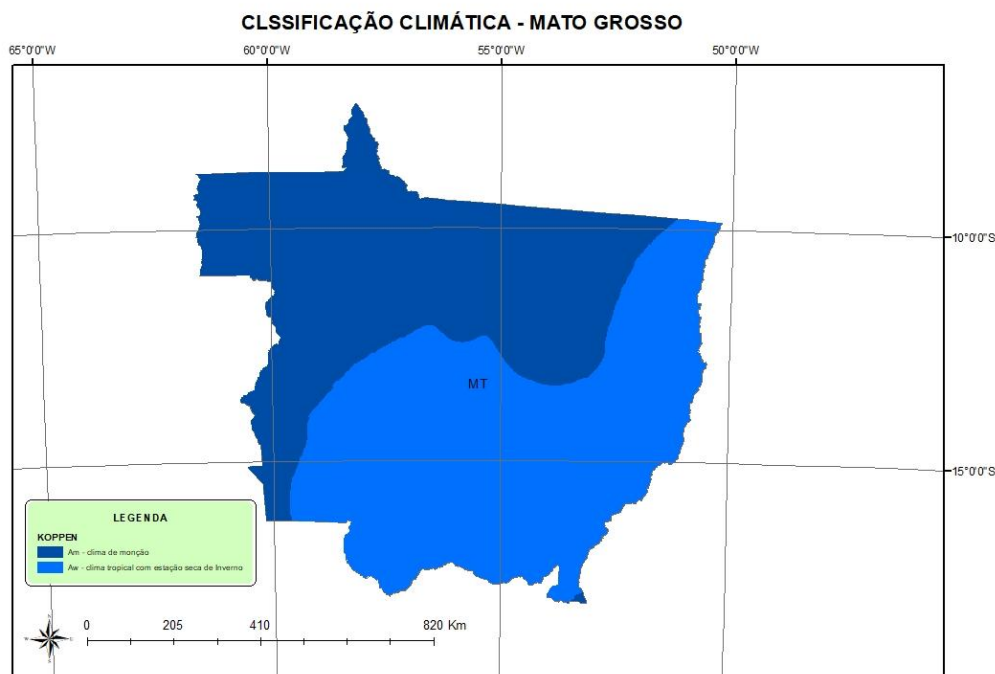


FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KÖPPEN (1936)

Conforme essa classificação de Köppen, resumida na figura acima, o clima da área de interesse pode ser classificado como do tipo Aw. Trata-se de um clima Tropical de Savana. É um clima quente semi-úmido com 4 a 5 meses seco. Sendo que a temperatura média anual oscila entre 25,8°C. As temperaturas mínimas variam entre 21,4°C, e as temperaturas máximas variam de 32,8°C. A altura total de precipitação média dos meses mais secos não ultrapassa 12,3mm (jul.) e a precipitação total média anual é de 1207,3 mm, sendo os meses de maior pluviosidade os de outubro a março e os de menor pluviosidade de abril a setembro com média anual de 122 dias de chuva.

4.2. CLASSIFICAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Segundo a CPTEC/INPE, o Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas.

A seguir apresentamos os mapas de classificação pluviométrica segundo a ANA – Agência Nacional das Águas.

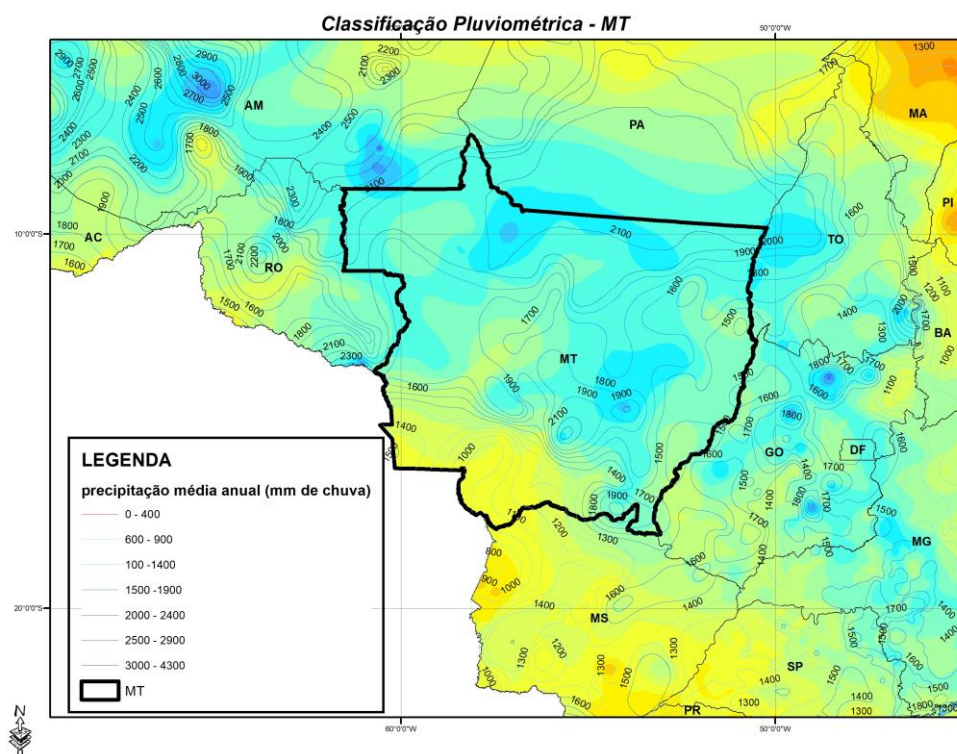


Figura 4 – Classificação Pluviométrica do Estado do Mato Grosso
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas

Para o estudo das precipitações pluviométricas, utilizamos os dados da Estação Meteorológica mais representativa nas proximidades do curso de drenagem em estudo, sendo que os dados foram coletados junto a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) / ANA (Agência Nacional de Águas); e o posto de coleta é:

➤ **Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT;**

Os registros dos Dados Pluviométricos com Nível de Consistência igual a 1 segundo a operadora são de 30 anos de observações, entre o período de 1983 a 2025.

Apresentamos a seguir os valores das precipitações, Histograma e demais informações importantes, elaborados com os dados obtidos desta Estação Meteorológica.

Caracterização da Estação

TIPO	CÓDIGO	BACIA / SUB BACIA	NOME	COORDENADAS		RESPONSÁVEL	OPERADORA	MUNICÍPIO	UF
				LAT	LONG				
Pluv	1555008	1 – Rio Paraná / Rios Paraguai e São Lourenço	FAZENDA ESTIVA PR3	15° 14' 00"	55° 44' 22"	ANA – Agência Nacional das Águas	SGB – CPRM – Serviço Geológico do Brasil	Chapada dos Guimarães	MT

Tabela 2 – Caracterização da Estação
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMA DIÁRIA MENSAL

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3													
Código: 1555008													
Município: Chapada Dos Guimarães - MT													
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas													
Latitude: 15°14'00" S													
Longitude: 55°44'22" O													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1982										13,4	47,0	50,3	
1983	60,0	41,0	73,0	33,0	59,0	0,0	0,6	0,0	22,0	35,0	73,0	52,0	73,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	38,4	29,0	44,6	45,0	45,0
1985	50,0	49,0	79,2	58,8	21,4	2,8	12,4	0,0	16,0	62,0	26,4	52,0	79,2
1986	70,0	75,0	29,4	14,0	42,0	27,6	0,0	14,0	34,4	39,8	70,0	32,0	75,0
1987	32,8	44,0	54,0	72,2	9,0	19,6	0,0	0,0	16,0	52,0	44,6	90,4	90,4
1988	21,8	114,0	33,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	37,4	30,0	70,0	114,0
1989	65,4	40,0	50,0	58,4	58,6	1,0	9,4	38,0	22,8	44,0	57,4	71,8	71,8
1990	53,6	50,0	60,2	60,2	42,6	9,0	28,0	53,6	76,0	75,0	60,4	65,0	76,0
1991						4,0	0,0	0,0	71,0	65,0	50,0	80,0	
1992	75,0	47,8	25,0	38,0	6,6	0,0	0,0	6,0	62,0	50,0	75,0	43,4	75,0
1993	71,0	92,0	30,0	44,0	23,4	19,6	0,0	7,2	23,6	34,0	35,0	36,0	92,0
1994	55,0					23,3	17,6	0,2	48,0	30,0	60,0	55,0	
1995	56,0	70,0	38,0	40,0	84,0	16,0	0,0	8,0	26,0	28,0	88,9	81,3	88,9
1996	83,6	37,3	39,4	32,9	46,7	12,1	0,0	16,2	13,0	33,9	56,2	28,1	83,6
1997	63,1	68,4	38,8	23,1	40,5	18,1	0,0	0,0	58,5	22,0	45,2	92,7	92,7
1998	38,9	32,9	21,0	58,1	17,2	0,0	0,0	18,7	48,4				
1999	29,1	53,5	93,6	42,8	10,1	43,0	0,0	0,0	15,4	18,1	19,1	34,0	93,6
2000	57,2	48,7	93,5	37,4	3,2	0,0	7,6	43,6	22,1	45,8	59,9	22,9	93,5
2001	61,1	27,0	71,7	81,8	64,8	0,0	1,6	0,2	51,2	65,1	27,5	85,1	85,1
2002	54,9	99,5	57,6	37,1	39,8	0,0	1,7	24,5	20,7	33,9	41,4	33,0	99,5
2003	95,6	42,5	30,0	22,2	6,0	0,0	0,0	1,5	26,4	20,9	46,2	36,6	95,6
2004	43,5	30,5	59,1	77,8	33,2	0,0	44,4	0,0	22,2	38,3	130,4	71,3	130,4
2005	97,7	28,7	46,2	26,0	17,5	12,9	0,0	0,2	20,0	49,5	72,7	81,2	97,7
2006	29,7	52,1	41,8	33,5	62,2	0,0	22,3	0,9	36,7				
2007												56,3	
2008	40,0	18,4	54,7	61,8	4,0	0,0	0,0	0,0	10,0	39,0	51,2	90,0	90,0
2009	33,3	39,0	30,0	38,7	37,5	20,0	1,3	39,4	11,1	36,9	34,1	40,7	40,7
2010	40,7	51,0	33,4	24,2	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	54,3	40,7	54,3
2011	51,0	88,7	32,1	28,5	0,0	1,2	0,0	0,0	29,2	36,0	29,7	31,1	88,7
2012	64,2	69,1	37,8	38,3	33,6	26,1	0,0	0,0	17,8	20,1	28,3	46,5	69,1
2013	49,7	48,0	46,6	10,7	17,7	23,5		0,5	5,0	37,9	56,0	70,3	
2014	36,6	90,2	44,6	24,5	23,2	9,7	26,6	0,0	12,3	72,0	65,2	112,9	112,9
2015	20,3	59,7	52,1	55,1	15,8	6,5	8,8	0,0	3,8	54,5	31,3	24,5	59,7
2016	124,6	33,6	43,1	15,0	7,5		0,0	25,5	25,2	49,1	147,5	48,7	
2017	24,1	62,3	49,6	17,3	72,1	0,0	0,0	20,1	6,3	19,5	47,4	82,4	82,4
2018	78,4	51,7	60,1	21,5	17,5	0,0	0,0	12,5	30,1	35,0	105,0	65,0	105,0
2019	62,7	63,5	61,4	34,5	10,2	0,0	0,0	5,5	8,2	67,4	51,4	26,2	67,4
2020	27,9	114,3	36,4	8,1	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	75,5	18,3		
2021				26,0	1,0	0,0	0,0	0,0	19,2	40,0	36,5	27,5	
2022	35,0	30,0	20,2	18,2	0,0	8,0	0,0	13,3	28,0	48,0		43,0	
2023	107,0	70,0		100,0	83,0	0,0	0,0	0,5	100,0			30,0	
2024	47,0	101,0	22,5	2,0									
2025						0,0	0,0						

FIGURA 5: MÁXIMAS DIÁRIAS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

TOTAIS MENSAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3												
Código: 1555008			Município: Chapada Dos Guimarães - MT						Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas									Longitude: 55°44'22" O			
Ano	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais
1982									16,0	130,2	115,5	
1983	193,6	215,2	217,4	77,4	0,0	0,6	0,0	36,0	118,6	387,4	336,4	1.669,6
1984	100,6	234,0	241,2	45,8		0,0	74,4	60,2	167,0	103,6	195,6	
1985	261,8	239,8	260,2	37,0	2,8	12,4	0,0	39,6	216,4	120,8	142,2	1.532,2
1986	286,2	232,6	148,4	72,4	27,6	0,0	33,0	55,8	159,0	244,6	244,4	1.533,8
1987	229,4	138,6	262,4	20,4	19,6	0,0	0,0	29,4	117,0	236,6	316,2	1.546,4
1988	159,0	365,2	145,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	116,0	112,6	237,6	1.271,9
1989	400,0	186,8	325,4	58,6	1,0	9,4	81,0	54,6	90,2	148,0	263,2	1.959,8
1990	294,8	216,4	240,2	55,6	9,0	28,0	54,2	213,4	149,6	113,5	270,2	1.768,1
1991					4,0	0,0	0,0	95,0	218,0	199,0	321,8	
1992	330,2	280,0	98,4	6,6	0,0	0,0	11,2	255,0	234,0	240,6	135,6	1.701,6
1993	293,2	302,4	141,6	36,8	35,0	0,0	8,6	38,0	101,6	203,8	370,6	1.620,6
1994	239,0				42,9	18,6	0,2	66,6	143,0	171,6	407,0	
1995	300,0	407,6	152,0	142,0	20,0	0,0	8,0	34,2	84,4	245,1	317,7	1.832,6
1996	247,8	210,5	210,5	92,8	15,2	0,0	18,2	28,0	113,9	220,0	120,9	1.384,1
1997	349,9	157,9	187,6	47,6	35,6	0,0	0,0	79,7	56,9	115,6	286,1	1.371,8
1998	173,1	132,5	66,3	17,2	0,0	0,0	18,7	86,4				
1999	170,1	219,8	347,1	10,1	43,0	0,0	0,0	35,4	91,3	100,4	137,2	1.289,8
2000	204,2	307,4	389,6	3,2	0,0	7,6	72,4	75,9	153,3	216,7	127,4	1.679,0
2001	166,7	128,7	309,2	87,5	0,0	1,6	0,2	105,6	150,7	165,6	381,5	1.665,6
2002	259,1	408,6	144,7	69,5	0,0	1,7	24,5	24,7	101,1	195,6	139,2	1.417,1
2003	498,3	299,8	172,6	8,0	0,0	0,0	1,5	80,4	77,5	158,1	168,6	1.532,7
2004	363,0	180,7	98,5	33,2	0,0	53,1	0,0	26,5	136,0	217,2	262,9	1.513,4
2005	370,4	92,0	162,3	19,9	12,9	0,0	0,2	54,1	100,7	257,1	358,2	1.480,7
2006	155,3	297,9	310,5	62,2	0,0	34,5	0,9	111,9				
2007											179,4	
2008	237,5	142,8	255,8	12,8	0,0	0,0	0,0	11,2	85,2	186,3	220,9	1.405,4
2009	79,6	205,4	117,1	39,5	30,0	1,3	68,6	11,2	85,5	132,0	230,1	1.154,1
2010	420,6	198,8	180,7	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	83,8	276,4	133,0	1.352,7
2011	234,9	323,6	217,2	0,0	1,2	0,0	0,0	33,2	146,1	53,9	92,3	1.193,8
2012	348,3	253,9	105,9	108,4	42,3	0,0	0,0	17,8	63,6	159,7	122,8	1.285,5
2013	297,1	348,3	300,3	35,6	47,2		0,5	8,2	123,2	139,6	382,0	
2014	176,2	528,4	303,8	90,2	10,5	56,1	0,0	35,4	286,0	403,6	398,5	2.411,8
2015	77,9	254,0	189,1	38,1	13,8	8,8	0,0	6,3	102,2	150,0	69,7	1.100,6
2016	615,9	100,9	167,5	7,6		0,0	78,3	25,2	243,6	321,2	208,2	
2017	186,0	275,0	206,8	103,5	0,0	0,0	23,4	8,3	83,0	251,7	257,6	1.439,9
2018	207,1	208,3	140,6	17,5	0,0	0,0	12,5	107,9	103,6	349,7	230,6	1.469,3
2019	168,6	201,4	187,9	17,3	0,0	0,0	6,9	12,3	142,4	128,8	133,2	1.123,2
2020	117,3	482,7	112,7	61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	43,3		
2021				1,0	0,0	0,0	0,0	28,2	154,5	177,0	135,7	
2022	103,5	131,1	156,6	0,0	8,0	0,0	25,6	36,5	148,0		239,3	
2023	295,7	296,0		112,0	0,0	0,0	0,5	103,2		67,8	165,6	
2024	276,3	245,9	22,5									
2025					0,0	0,0						

FIGURA 6: TOTAIS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

HISTOGRAMA

Histograma:

Tipo	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mín.	77,9	92,0	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	43,3	69,7	0,0
Média	253,5	248,7	197,2	44,0	10,8	5,8	15,6	53,6	129,2	188,0	227,0	1.456,9
Máx.	615,9	528,4	389,6	142,0	47,2	56,1	81,0	255,0	286,0	403,6	407,0	2.411,8

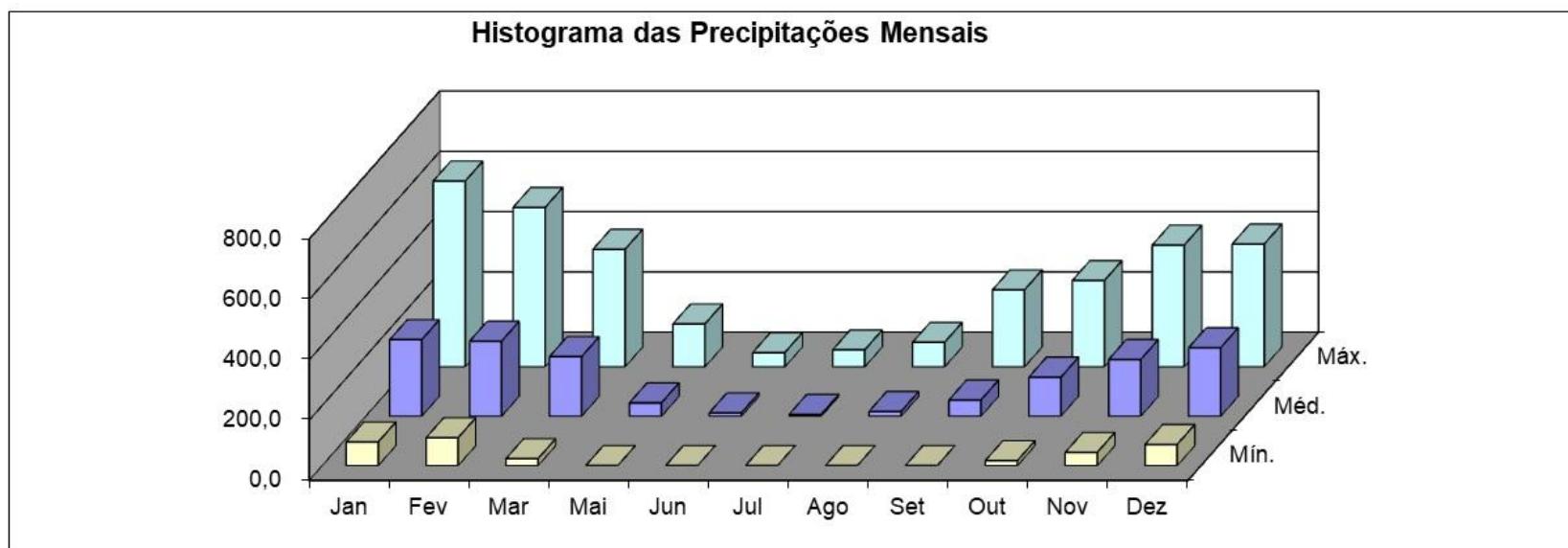


FIGURA 7: HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3							
Código: 1555008				Município: Chapada Dos Guimarães - MT			
Intervalo: 30 Anos				Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas				Longitude: 55°44'22" O			
Máximas Diárias		Método Estatístico (Distribuição de Gumbel)					
Ano	P (mm)	N	P	P-Pmed	(P-Pmed)²	F %	TR
1983	73,0	1	130,4	46,33	2.146,16	3,2	31,00
1984	45,0	2	114,0	29,93	895,61	6,5	15,50
1985	79,2	3	112,9	28,83	830,98	9,7	10,33
1986	75,0	4	105,0	20,93	437,93	12,9	7,75
1987	90,4	5	99,5	15,43	237,98	16,1	6,20
1988	114,0	6	97,7	13,63	185,69	19,4	5,17
1989	71,8	7	95,6	11,53	132,86	22,6	4,43
1990	76,0	8	93,6	9,53	90,76	25,8	3,88
1992	75,0	9	93,5	9,43	88,86	29,0	3,44
1993	92,0	10	92,7	8,63	74,42	32,3	3,10
1995	88,9	11	92,0	7,93	62,83	35,5	2,82
1996	83,6	12	90,4	6,33	40,03	38,7	2,58
1997	92,7	13	90,0	5,93	35,13	41,9	2,38
1999	93,6	14	88,9	4,83	23,30	45,2	2,21
2000	93,5	15	88,7	4,63	21,41	48,4	2,07
2001	85,1	16	85,1	1,03	1,05	51,6	1,94
2002	99,5	17	83,6	-0,47	0,22	54,8	1,82
2003	95,6	18	82,4	-1,67	2,80	58,1	1,72
2004	130,4	19	79,2	-4,87	23,75	61,3	1,63
2005	97,7	20	76,0	-8,07	65,18	64,5	1,55
2008	90,0	21	75,0	-9,07	82,33	67,7	1,48
2009	40,7	22	75,0	-9,07	82,33	71,0	1,41
2010	54,3	23	73,0	-11,07	122,62	74,2	1,35
2011	88,7	24	71,8	-12,27	150,63	77,4	1,29
2012	69,1	25	69,1	-14,97	224,20	80,6	1,24
2014	112,9	26	67,4	-16,67	278,00	83,9	1,19
2015	59,7	27	59,7	-24,37	594,06	87,1	1,15
2017	82,4	28	54,3	-29,77	886,45	90,3	1,11
2018	105,0	29	45,0	-39,07	1.526,73	93,5	1,07
2019	67,4	30	40,7	-43,37	1.881,25	96,8	1,03
Soma (Σ):		2.522,2		Soma (Σ):		11.225,52	
Pmed:		84,07		σ:		19,67 mm	

FIGURA 8: MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

4.3. CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, geomorfologia é conjunto de mapas, arquivos vetoriais e documentos que retratam e classificam o relevo brasileiro. São identificadas feições de relevo tais como planícies, depressões, chapadas e serras, assim como sua origem e evolução.

Segundo o Geoportal.Seplan.MT, o estudo geomorfológico compreende um esforço no sentido de entender as combinações e interferências que o relevo mantém com os demais componentes da natureza e da sociedade, com relevante interesse à proposição do zoneamento, contribuindo na elaboração das diretrizes para um desenvolvimento sustentado.

A seguir apresentamos os mapas de classificação Geomorfológica, segundo o GeoPortal da Secretaria de Planejamento do Mato Grosso

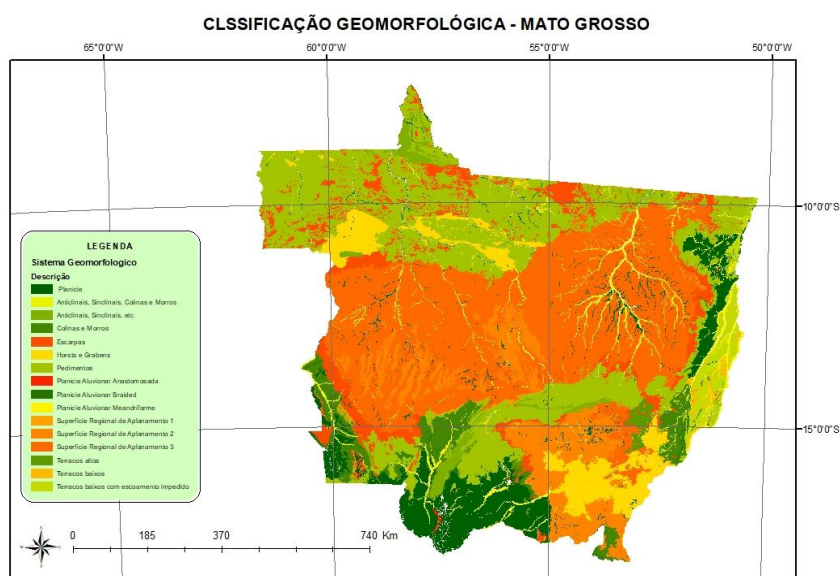


FIGURA 9: CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

4.4. CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

O relevo do Estado do Mato Grosso repousa sobre a porção do escudo brasileiro denominada de Maciço Central, Maciço do Brasil Central ou, ainda, Maciço Mato-Grossense. Este representa um vasto conjunto de áreas de escudo exposto, exibindo complexas estruturas geológicas, sobre as quais vieram a se depositar sedimentos. O Maciço Mato-Grossense apresenta-se soerguido para o Sul, onde apresenta suas maiores altitudes: 800-1200 metros, na Serra Azul e 500-800 metros, na Chapada dos Guimarães, fazendo limites, ao Norte com a Bacia Amazônica, a Leste com a Bacia do São Francisco, a

Oeste com a borda oriental andina e ao Sul-Sudeste, com a Bacia de sedimentação do Paraná (Anderson, 2004, p. 87).

4.5. CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

A região de estudo está situada no estado do Mato Grosso o qual tem como presença de vegetação o cerrado que uma riquíssima com uma biodiversidade gigante, o Cerrado é o principal bioma do Centro-Oeste brasileiro. Já foi retratado nos livros de Guimarães Rosa e outros poetas e é considerada a Savana brasileira. Em Mato Grosso, o cerrado cobre 38,29% de todo o território. Localizado principalmente nas depressões de Alto Paraguai - Guaporé, o sul e o sudeste do planalto dos Parecis e ao sul do paralelo 13º, até os limites de Mato Grosso do Sul. Conforme o mapa apresentado abaixo, toda a área da Bacia de Contribuição para a obra em estudo está localizada na região de Savana (Cerrado).

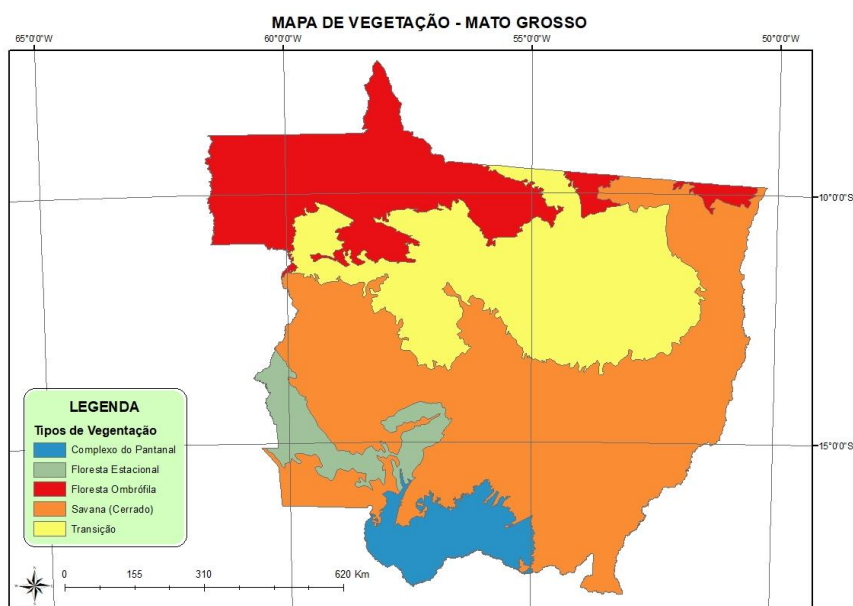


FIGURA 10: VEGETAÇÃO PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

5. METODOLOGIA UTILIZAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE PRECIPITAÇÃO, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, baseado nas teorias dos extremos de amostras

ocasionais, Gumbel demonstro que, se o número de vazões máximas anuais tende para infinito, a probabilidade “P” de uma dada descarga ser superada por um certo valor da variável aleatória é dada pela equação seguinte, para um número infinito de elementos:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Onde:

P = probabilidade de não ocorrerem descargas maiores;

e = base dos logaritmos neperianos;

y = variável reduzida. Para TR = 25 anos, y = 3,1985. Para TR = 12,5 Y = 2,4843

Com os dados coletados de chuva diária, elaborou-se o presente estudo, visando à determinação das alturas para diferentes períodos de recorrência e diferentes durações.

A metodologia empregada foi o método de “Probabilidade Extremos de Gumbel”. Para este estudo escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano durante todo o período, para o posto. Para tempos de duração menores que um dia, foram feitas correções pelo Método das Isozonas.

A seguir apresentamos os cálculos que fornecem as relações entre as precipitações máximas, períodos de retorno e as probabilidades de ocorrência, para o posto estudado.

Descrição dos índices usados nos cálculos, para análise pluviométrica:

P	Valor máximo de precipitação diária, no período de 1 ano;
Pmed	Precipitação média;
M	Números de anos observados;
F	Frequência de vazões de enchentes observadas;
Tr	Tempo de recorrência;
n	Número de ordem variável de 1 a “m”;
í	Desvio padrão;
K	Coeficiente que depende do número de amostras tomadas e do Período de recorrência. Valor tabelado por WEISE e REIDE;

Pr Fórmula devida a Ven te Chow, onde Pr é a precipitação para um certo período de recorrência.

$$Pr = Pm + (\square \times K)$$

desta análise, podemos calcular o valor da precipitação média e do desvio padrão:

$$Pmed = \frac{\sum Pi}{n} \quad e \quad \sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum (Pi - Pmed)^2}{n - 1} \right)}$$

$$Pmed = 83,18mm$$

$$\sigma = 22,06mm$$

Onde:

- Pi – Valor da precipitação máxima diária para cada ano da série histórica;
- n – número de anos de observação da série histórica.

Os valores até aqui calculados da precipitação média ($Pmed$) e do desvio padrão (δ) são para um período de recorrência de 26 anos, que é o intervalo da série histórica. Torna-se necessário, porém, para o cálculo das vazões de projeto, que se obtenha as precipitações máximas para tempos de recorrência padronizados que serão aplicadas a diferentes tipos de bacias, conforme anteriormente exposto.

Estes valores foram obtidos através do critério de Ven. T. Chow, explicitado pela seguinte equação:

$$Pmáx = Pmed + \sigma \times K$$

Onde:

- $Pmáx$ – Precipitação máxima de um dia, em mm;
- $Pmed$ – Precipitação média, em mm;
- δ – desvio padrão, em mm;
- K – Fator de frequência.

Os valores do fator de frequência (K), tabelados por Weise e Reid, são apresentados na Tabela das próximas páginas e servem para ajustar o tempo de retorno da série histórica para os tempos de retorno padronizados, a serem utilizados no cálculo da vazão de projeto.

Desta forma, procedeu-se o cálculo das precipitações máximas diárias para o tempo de recorrência de **5, 10, 15, 25, 50, 100 anos**. Estes valores (chuvas de 1 dia) foram convertidos em chuvas de 24 horas de duração multiplicando-se pelo coeficiente 1,10 que é a relação 24h/1dia.

Para tempos de duração menores que 24 hs foram feitas correlações através do método das isozonas desenvolvido pelo **Engº. Jayme T. Taborga**, em seu livro “Práticas Hidrológicas”. Este método propõe que para certas regiões, denominadas “Isozonas”, as precipitações seriam distribuídas de maneira igual, tornando possível a transformação das chuvas de 24 horas para 1 hora e de 24 horas para 6 minutos.

CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DE 24, 1 E 0,1 HORAS

TR	Fat. Freq. K	$P_{máx}$ ($P_{med} + \sigma K$)	Isozona (F)		Precipitações Máximas		
			f_{1h} % 1h	$f_{0,1h}$ % 6 min	P_{24h} ($1,1 * P_{máx}$)	P_{1h} ($P_{24h} * f_{1h}$)	$P_{0,1h}$ ($P_{24h} * f_{0,1h}$)
5	0,828	177,27	46,00	13,90	195,00	89,70	27,11
10	1,478	231,44	45,50	13,90	254,58	115,83	35,39
15	1,842	261,77	45,30	13,90	287,94	130,44	40,02
25	2,303	300,18	44,90	13,90	330,20	148,26	45,90
50	2,913	351,01	44,50	13,90	386,11	171,82	53,67
100	3,519	401,50	44,10	12,40	441,65	194,77	54,77

Figura 11 – Cálculo das precipitações máximas do posto pluviométrico de Fazenda Seco
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas.

6. MÉTODO DAS ISOZONAS

A necessidade de conhecimento das alturas de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas, e a baixa densidade de postos pluviográficos que possam proporcionar estes dados, obrigam a extrapolação destes postos distantes até o local de projeto. O método utilizado para esta extrapolação é o das Isozonas. Esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de concentração necessários inferiores a 24 horas.

O trabalho do Eng^o Torrico partiu da observação que para determinadas áreas geográficas, ao se desenhar em um papel de probabilidade as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, e prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto. Esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe de alturas de precipitação.

A estas áreas homólogas, o autor denominou de Isozonas e elaborou um mapa, relacionando as alturas de precipitações máximas com duração de 1 a 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 10.000 anos e com duração de 6 minutos e 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 100 anos.

Descrição da metodologia adotada:

- A partir do estudo estatístico, citado anteriormente, calculou-se para o posto em estudo, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto.
- Converteu-se esta chuva de um dia, em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta, pelo coeficiente 1,10, que é a relação 24 horas/1 dia.
- Determinou-se no Mapa de Isozonas, a Isozona correspondente a região do projeto.
- Em nosso estudo a Isozona utilizada foi a **Isozona “F”**, com coeficientes de índices altos.
- Após ter-se determinado a Isozona, fixam-se para a mesma as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.
- Após a determinação das alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, marcou-se estes valores no papel de probabilidade de Hershfield e Wilson, e ligando-se os pontos marcados, obtiveram-se as alturas de precipitação para qualquer duração entre 6 minutos e 24 horas.

ISOZONAS

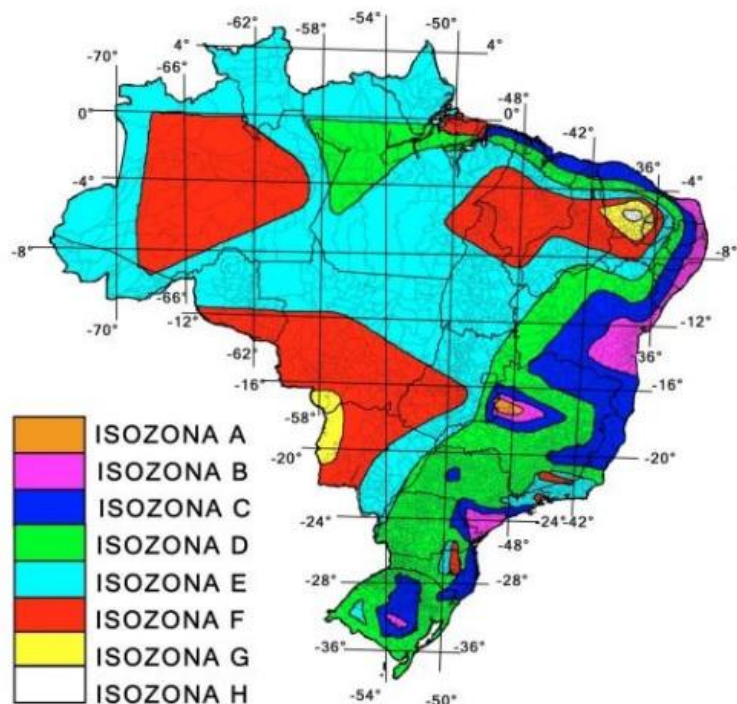


Figura 12 – Mapa de Isozonas
Fonte: adaptado de TORRICO (1974)

Relação:		1h/24h										6min/24h	
Tr		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 ~ 50	100
ISOZONAS	A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
	B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
	C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
	D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
	E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
	F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
	G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
	H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,6	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 13 – Relação entre precipitações 24h e as de 1h e mim
Fonte: TORRICO (1974)

- Tempo de Recorrência (Tr)

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, a escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão de projeto desta obra, depende da sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui a necessidade eventual da sua reconstrução. Deve ser considerado ainda que, quando maior o tempo de recorrência, mais volumoso será o caudal e, conseqüentemente, mais onerosa a reconstrução, ou reparação.

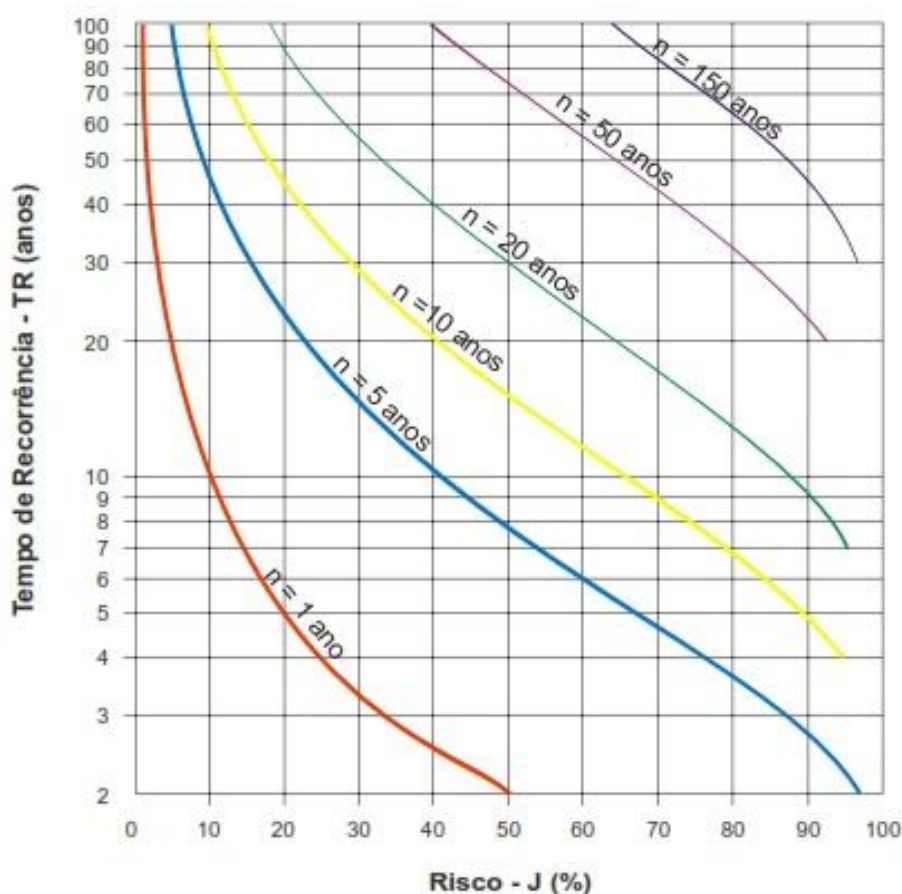


Figura 14 – Relação entre probabilidade de risco, tempo de recorrência e vida útil
Fonte: Publicação IPR-715 – Manual de Hidrologia Básica de Estruturas de Drenagem

Para escolha do tempo de recorrência para os projetos dos dispositivos de drenagem, foram adotadas as recomendações da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, onde apresenta as seguintes recomendações abaixo:

A escolha dos tempos de recorrência será determinada através de fator técnico-econômico e deverá constar basicamente de;

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da rodovia;
- Estimativa de custos de restauração, na hipótese de destruição;
- Estimativa de outros prejuízos resultantes de ocorrência de descargas maiores que as de projeto;
- Comparativos de custo entre a obra para diferentes tempos de recorrência;
- Risco para as vidas humana face a acidentes provocados pela destruição da obra;

- Tempo de Concentração

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga.

É definido como sendo o tempo necessário para que a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros.

Foram adotados dos parâmetros conforme recomendação da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, mencionados abaixo:

- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Área da bacia;
- Recobrimento vegetal;

➤ Uso da terra

➤ Outros;

Segundo estudos, as características que influem principalmente no tempo de concentração são as três citadas acima.

Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

onde:

T_c = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km;

H = desnível do talvegue em m.

➤ O cálculo dos outros parâmetros, ou seja, área da bacia drenada, comprimento do talvegue principal e desnível entre o ponto mais alto nas cabeceiras dos mananciais e a seção de drenagem foram determinadas com suficiente precisão por meio de Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);

7. CÁLCULOS DE VAZÕES AFLUENTES

Segundo “*PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, os Estudos Hidrológicos visam primordialmente o dimensionamento dos dispositivos capazes de conduzir satisfatoriamente as vazões afluentes, os métodos usuais empregados buscam a quantificação das descargas através de procedimentos matemáticos.

Segundo a “*IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, no cálculo das vazões das bacias de contribuições, para escolha do melhor método a ser adotado podemos seguir as seguintes limitações:

➤ Bacias com áreas até 4,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Afluentes o

Método Racional;

- Bacias com áreas de 4,0 km² até 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões o Método Racional Corrigido por coeficiente de retardamento;
- Bacias com áreas superiores as 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT);

7.1. MÉTODO DE CÁLCULO

7.1.1 – MÉTODO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

Para as bacias de porte significativo, com áreas de drenagem superior a 10 km², empregou-se o Método do Hidrógrafo Triangular Sintético.

Esse método se baseia na teoria do hidrograma unitário, desenvolvida pioneiramente em 1932 por Le Roy R. Sherman (*Streamflow from rainfall by Unit-Hydrograph Method, Engineering News-Record, vol. 108, pp. 501-505, january-June, 1932*). Trata-se de uma técnica conveniente e amplamente aceita para determinação das vazões de projeto de obras de porte significativo.

O hidrograma unitário permite o cálculo da vazão para qualquer chuva, após estabelecido o hidrograma para a área de estudos. Esse hidrograma é estabelecido para uma precipitação unitária (lâmina d'água inicialmente de 1 polegada ou 1cm sobre uma área usualmente de 1 acre). O método é então a ligação entre a precipitação e vazão, e pode ser traduzido no seguinte sistema:

Precipitação efetiva x hidrograma unitário= vazão.

O processo do hidrógrafo triangular sintético utilizado pelo *Soil Conservation Service* e explicitado por Ven Te Chow, tem a seguinte expressão básica:

$$Q = \frac{0,208A \times P_E}{t_p},$$

onde:

Q = vazão, em m^3/s ;

A = área da bacia, em km^2 ;

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

t_p = tempo de ponta, em horas.

O excesso de chuva foi obtido conforme recomendado pelo *U.S Soil Conservation Service*, através da seguinte relação:

$$P_E = \frac{(P - 5,08S)^2}{P + 20,32S}$$

sendo:

$$S = \frac{1000}{NC} - 10$$

onde:

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

P = precipitação, em mm;

N_C = número da curva de *run-off*, representativa do complexo hidrológico solo-vegetação.

O tempo de ponta é obtido a partir do tempo de concentração através da seguinte fórmula:

$$tp = 0,6 tc + \sqrt{tc}$$

Os tempos de concentração foram calculados pela fórmula de Kirpich, conforme mencionado na alínea a anterior.

Fixação do Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo-Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

Coeficiente de runoff

OROGRAFIA			PLANA		ONDULADA		MONTANHOSA	
CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE			C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos	Muito Permeáveis	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
Estéreis	Permeáveis	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
e Áreas	Semi Permeáveis	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
Urbanizadas	Pouco Permeáveis	D	0,60-0,80	70	0,60-0,90	75	0,60-1,00	80
Cerrados,	Muito Permeáveis	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
Pastagens	Permeáveis	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
e Matas	Semi Permeáveis	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
Ralas	Pouco Permeáveis	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
	Muito Permeáveis	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
Culturas e	Permeáveis	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
Pastagens	Semi Permeáveis	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
Terraceadas	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
	Muito Permeáveis	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
Culturas	Permeáveis	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
Terraceadas	Semi Permeáveis	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70

Tabela 3 – Coeficiente de runoff
Fonte: ASCE/WEF, citado em Chow ,1962

sendo:

- A = “Loess” em camadas espessas;
- B = “Loess” em camadas rasas e areias;
- C = Solos Siltosos e Argilosos;
- D = Solos com argilas expansivas e pavimentos.

8. METODOLOGIA DE PROJETO E REFERENCIAL TEÓRICO

8.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA BACIA

Segundo Tonello (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem.

Características morfométricas de bacias hidrográficas.

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total
	Perímetro total
	Coefficiente de compactidade (Kc)
	Fator de forma (F)
	Índice de circularidade (IC)
Características do relevo	Padrão de drenagem
	Orientação
	Declividade mínima
	Declividade média
	Declividade máxima
	Altitude mínima
	Altitude média
	Altitude máxima
Características da rede de drenagem	Declividade média do curso d'água principal
	Comprimento do curso d'água principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Densidade de drenagem (Dd)
	Ordem dos cursos d'água

Figura 15 – Características morfométricas de bacias hidrográficas
Fonte: Tonello (2005)

8.2. MODELO DIGITAL DE TERRENO

Segundo a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, através de técnicas digitais de estereoscópica cônica ou cilíndrica, graças à precisão geométrica das imagens e de seu posicionamento no solo (geodésico), o relevo é restituído através de um modelo Digital de Terreno, passível de visualização em três dimensões. A partir do Modelo Digital de Terreno é possível a restituição das curvas de nível, a delimitação de bacias hidrográficas, a cartografia de rede de drenagem, o mapeamento da declividade e da exposição de uma determinada área.

Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).

DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Acurácia Horizontal	* 20 metros
Acurácia Vertical	* 4 metros
Amostragem Horizontal	
Disponível	** 3" x 3" lat/log (90 x 90 m)
Não Disponibilizada	*** 1" x 1" lat/log (30 x 30 m)
Amostragem vertical	1 metro
Projeção cartográfica	Coordenadas geográficas (latitude / longitude)
Sistema de referência	WGS-84
Formato dos dados	16 bits

* Acurácia para 66% dos dados (para o restante dos dados a acurácia de 10 – 16 metros)

** Aproximadamente 90 metros para latitudes médias e próximas do Equador.

*** Aproximadamente 30 metro para latitudes médias e próximas do Equador.

Tabela 4 – Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).
Fonte: Embrapa Relevos

A confiabilidade dos dados do programa SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparados ao modelo digital de elevação gerado a partir da carta da topográfica do Serviço Geográfico do Exército (DSG) (SANTOS et al., 2006)

8.3. TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Geoprocessamento é a técnica que permite o processamento de diferentes informações de caráter geográfico com uso do solo, vegetação, malha viária, expansão urbana, dados censitários, entre outras, de forma igualmente georreferenciada. As informações geográficas podem ser entendidas como planos de Informação e podem ser cruzadas entre si possibilitando a obtenção de outros produtos cartográficos originados de dois ou mais Planos de informação diferentes. As informações são trabalhadas num espaço tridimensional X, Y e Z, sendo X e Y sua posição geográfica no globo terrestre e Z um atributo dessa informação. (LAHM 2000). O objetivo principal do Geoprocessamento é fornece ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas através do uso do Geoprocessamento tornem disponíveis para as análises ambientais, procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente.

8.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO PARA BTC – BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO

Segundo a *“PUBLICAÇÃO IPR-724 – MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS”* DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, o cálculo da seção transversal ou seção de vazão do bueiro vai depender de dois elementos básicos: a descarga da bacia a ser drenada e a declividade adotada.

A descarga é definida pelos estudos hidrológicos e a declividade, de escolha do projetista, deverá atender a esta descarga com a obra operando em condições de segurança.

Para os procedimentos temos as seguintes equações:

$$Q_c = A_c \sqrt{g \times h_c}$$

Onde:

Q_c = a vazão crítica em m³/s;

A_c = área molhada que atenderá à vazão crítica em m²;

g = é a aceleração da gravidade ($\approx 9,81$ m/s²);

h_c = área molhada do fluxo;

A área crítica de escoamento é definida pela seguinte equação:

$$A_c = \frac{\Phi_c - \text{sen}\Phi_c}{8} \times D^2$$

Onde:

Φ_c = é um ângulo interno em função da área molhada em radianos;

D = é o diâmetro nominal da tubulação em m.

Ângulo Ø

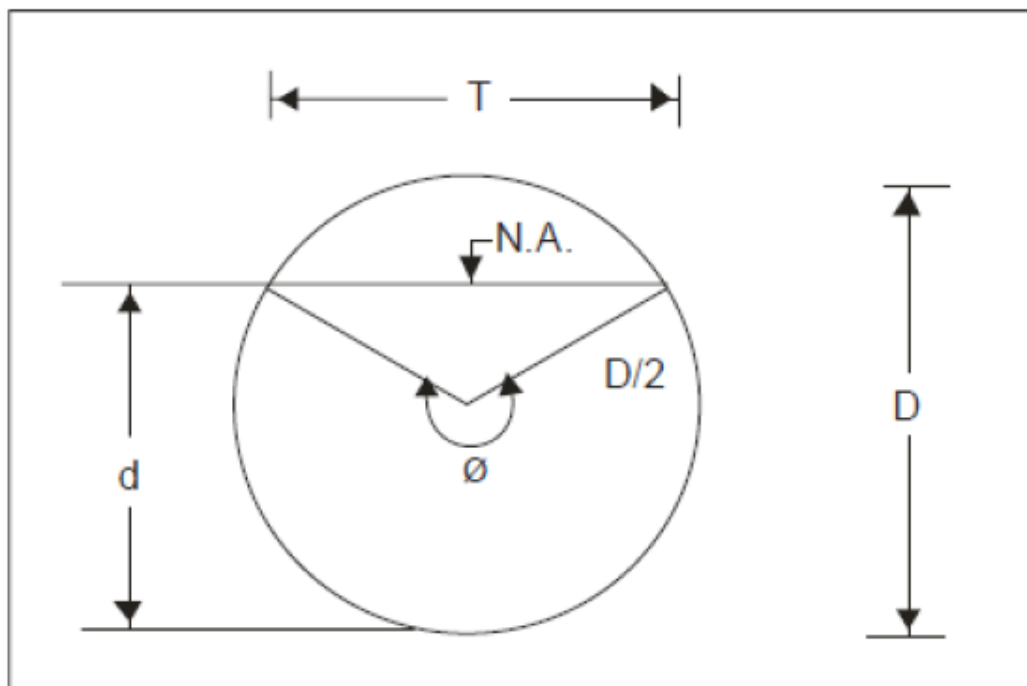


Figura 16 – Dimensionamento hidráulico
Fonte: DNIT (2006)

“d” representa a profundidade de escoamento da água, em metros e geralmente para fins de dimensionamento de bueiros utiliza-se o valor de 80% de D;

$$d = 0,8 \times D$$

O ângulo Φ é assim calculado:

$$\cos \frac{\Phi}{2} = 1 - \frac{2d}{D}$$

O Manual de Drenagem (DNIT, 2006) recomenda ainda que a declividade de instalação do bueiro (gradiente hidráulico) seja dimensionada de acordo com a equação de Chezy:

$$I = \frac{V^2 \times n^2}{R^{4/3}}$$

Sendo:

I = a declividade em %;

V = a velocidade de escoamento da água em m/s;

n = coeficiente de rugosidade do material do bueiro;

R = raio hidráulico em função do perímetro e da área molhada em m;

9. APRESENTAÇÃO DOS MAPAS DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO DO EXUTÓRIO EM ESTUDO

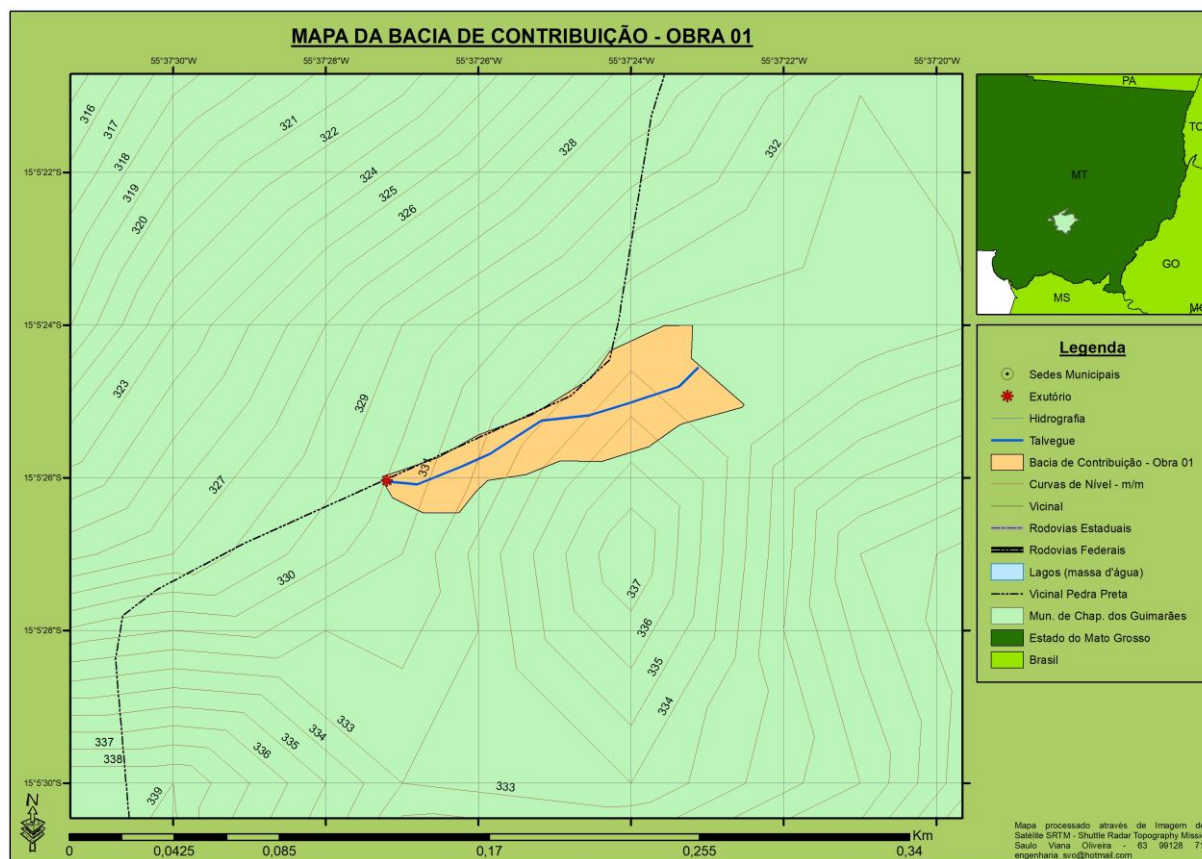


Figura 17 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

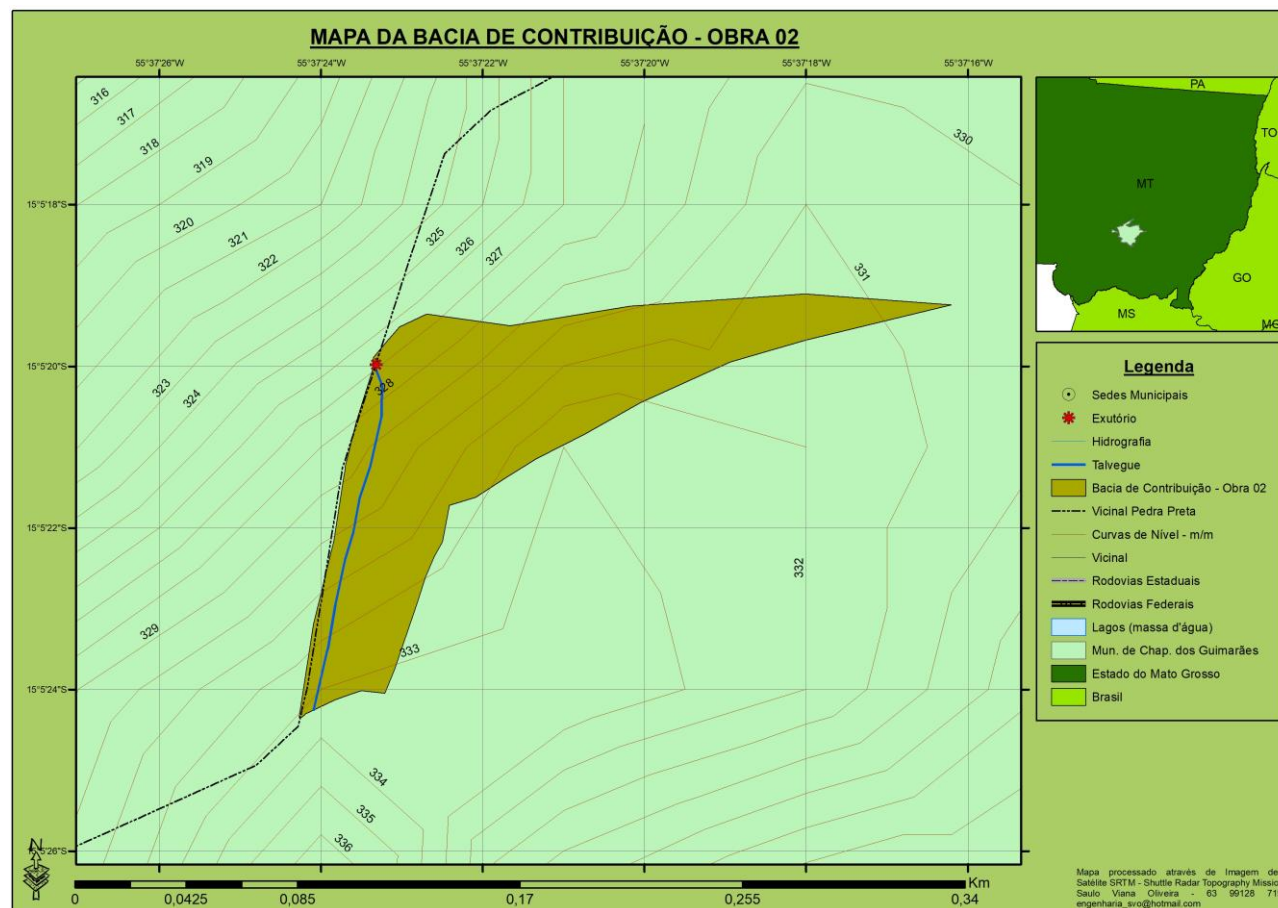


Figura 18 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

10.RESULTADOS E DIMENSIONAMENTO – MRC – MÉTODO RACIONAL CORRIGIDO

Cálculo pelo Método Racional Corrigido

Ordem	Trecho	Localização		Caracterização Morfológica da Bacia Hidrográfica									Cálculo da Vazão de Projeto pelo Método Racional Corrigido				Caracterização da Obra Dimensionada									
		Identificação	Curso d'Água	Cota Fundo	A (Km ²)	L (Km)	Cota Topo	ΔH (m)	Sm (%)	S (%)	C	TR	Tc (hs)	P (mm)	I (mm/h)	Qp (m ³ /s)	Qtd. ou "P" para Ponte	Largura, Diâmetro ou Comprim. (m)	Declividade (%)	Coef. de Rugosidade p	Raio Hidráulico Rh	Velocidade (m/s)	Qr (m ³ /s)	Vel.	Obra Dimensionada	
1	Estrada Vicinal Pedra Preta	Obra 01	Fluxo Intermitente	334,000	0,00375	0,133	335	1	0,75	0,75	0,4	15	0,09	19	205,58	0,09	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
2		Obra 02	Fluxo Intermitente	332,000	0,01078	0,134	335	3	2,24	2,24	0,4	15	0,06	19	311,11	0,37	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80

Figura 19 – Quadro de Resultados e Dimensionamento de Obra

RAUL BARROS RIBEIRO

Eng. Civil - Crea 1216969736

RAUL BARROS RIBEIRO:03217364198
Assinado de forma digital por RAUL BARROS RIBEIRO:03217364198
Dados: 2026.01.14 08:24:14 -04'00'

ESTUDO HIDROLÓGICO

MUNICÍPIO: CHAPADA DOS GUIMARÃES – MT

TRECHO: ESTRADA VICINAL RIO ACORÁ

LOCAL / DATA: CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT / JUNHO DE 2026

1. INTRODUÇÃO

Os Estudos hidrológico tem-se como principal objetivo:

- Fornecer características morfométricas, climatológicas e pluviométricas, dando subsídios e critérios para a determinação de vazão a fim de dimensionamento hidráulico da obra de arte.

O presente estudo apresenta os parâmetros técnicos para caracterização morfológica das bacias hidrográficas, através do MDT – Modelo Digital de Terreno, dando condições técnicas para o dimensionamento das OAE - Obras de Artes Especiais, seguindo as recomendações técnicas dos cadernos de orientações e instruções de serviços abaixo.

- Caderno de Orientações Técnicas do Programa de Pontes – Mais MT, 2021;
- Publicação IPR – 715 – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem;
- IS – 203: Estudo Hidrológico;
- Publicação IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias;
- IS – 239: Estudos Hidrológicos para Projetos Executivos de Engenharia para Construção de Rodovias Vicinais;
- Publicação IPR-726 Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços.

2. LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Os Exutórios em estudo situam-se em Estrada Vicinal, denominada Rio Acorá, no município de Chapada dos Guimarães – MT, conforme apresenta a **“Tabela 1”** e **“Figura 1”** abaixo.

Localização dos Pontos de Exutórios em Estudo e Dimensionamento

ITEM	IDENTIFICAÇÃO DA OBRA	OBRA DIMENSIONADA	COORDENADAS UTM		ZONA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			LESTE	NORTE		LATITUDE	LONGITUDE
01	Obra 01	BSTC ø 0,80 greide	644,530,59	8.320.398,44	21 L	- 15°15'53,49"	- 55°39'50,78"
02	Obra 02	BDTC ø 1,20	645,269,51	8.319.922,46	21 L	- 15°16'41,95"	- 55°40'0,01"
03	Obra 03	BSTC ø 1,20	645,486,28	8.319,914,21	21 L	- 15°17'8,29"	- 55°39'38,30"

Tabela 1 – Localização dos pontos de exutórios.

Fonte: Coleta de Campo



Figura 1 – Mapa de Localização
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.5

3. DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados para a realização do estudo hidrológico estão abaixo relacionados:

- Locação do ponto de captação (exutório) com GPS;
- Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);
- Processamento de Dados no ArcGis;
- Dados pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL/Agência Nacional de Águas – ANA, Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT, com dados pluviométricos tratados de 30 anos;
- Classificação Climática de Wladimir Köppen”, publicação do DNER;
- Normas climatológicas – série 1961/1990 – INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
- Cartas topográficas fornecidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro e publicada na escala 1:100.000;

4. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA, PLUVIOMÉTRICA E GEOMORFOLÓGICA

4.1. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização do clima da região situada próxima ao segmento rodoviário de interesse, foi utilizada a metodologia adotada por Wladimir Köppen, que leva em consideração a quantidade de precipitações, a temperatura média e a umidade relativa.

Deve-se ressaltar que essa metodologia de classificação, assim como as outras desenvolvidas com a mesma finalidade, diferencia apenas megazonas climáticas, não apresentando suficiente eficiência para variações locais;

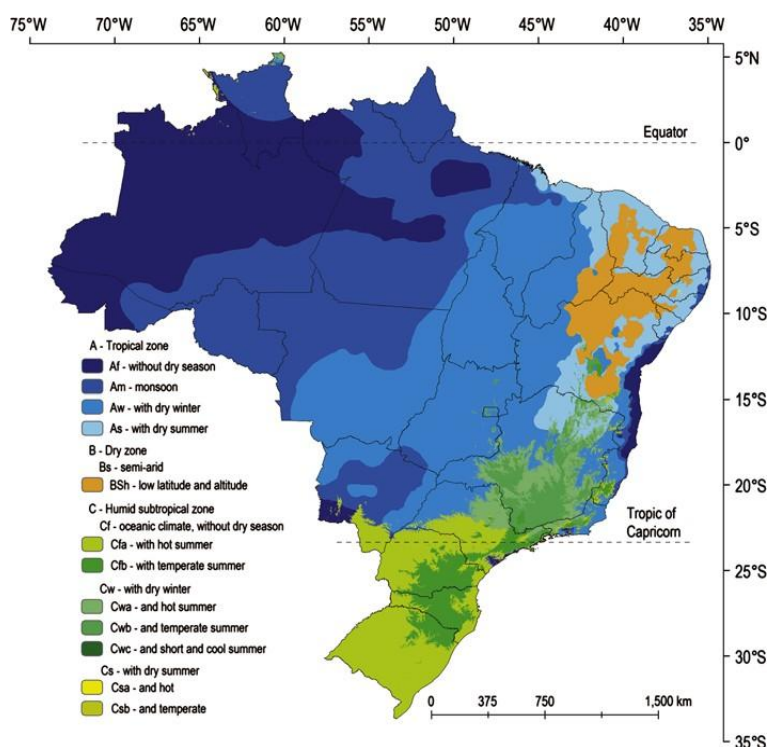


FIGURA 2: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O BRASIL, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KO'PPEN (1936)

Segundo Classificação de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta dois tipos climáticos: Am (clima tropical úmido ou sub-úmido) localizado no Norte e Aw (clima tropical, com inverno seco), localizado na região centro-oeste do Brasil conforme apresenta o mapa abaixo.

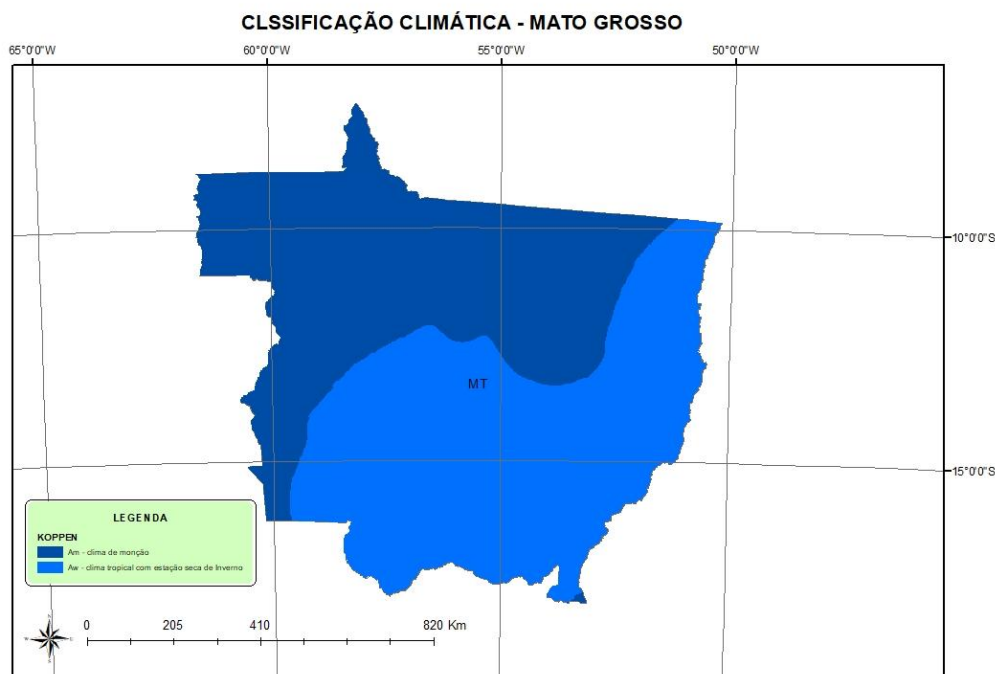


FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KÖPPEN (1936)

Conforme essa classificação de Köppen, resumida na figura acima, o clima da área de interesse pode ser classificado como do tipo Aw. Trata-se de um clima Tropical de Savana. É um clima quente semi-úmido com 4 a 5 meses seco. Sendo que a temperatura média anual oscila entre 25,8°C. As temperaturas mínimas variam entre 21,4°C, e as temperaturas máximas variam de 32,8°C. A altura total de precipitação média dos meses mais secos não ultrapassa 12,3mm (jul.) e a precipitação total média anual é de 1207,3 mm, sendo os meses de maior pluviosidade os de outubro a março e os de menor pluviosidade de abril a setembro com média anual de 122 dias de chuva.

4.2. CLASSIFICAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Segundo a CPTEC/INPE, o Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas.

A seguir apresentamos os mapas de classificação pluviométrica segundo a ANA – Agência Nacional das Águas.

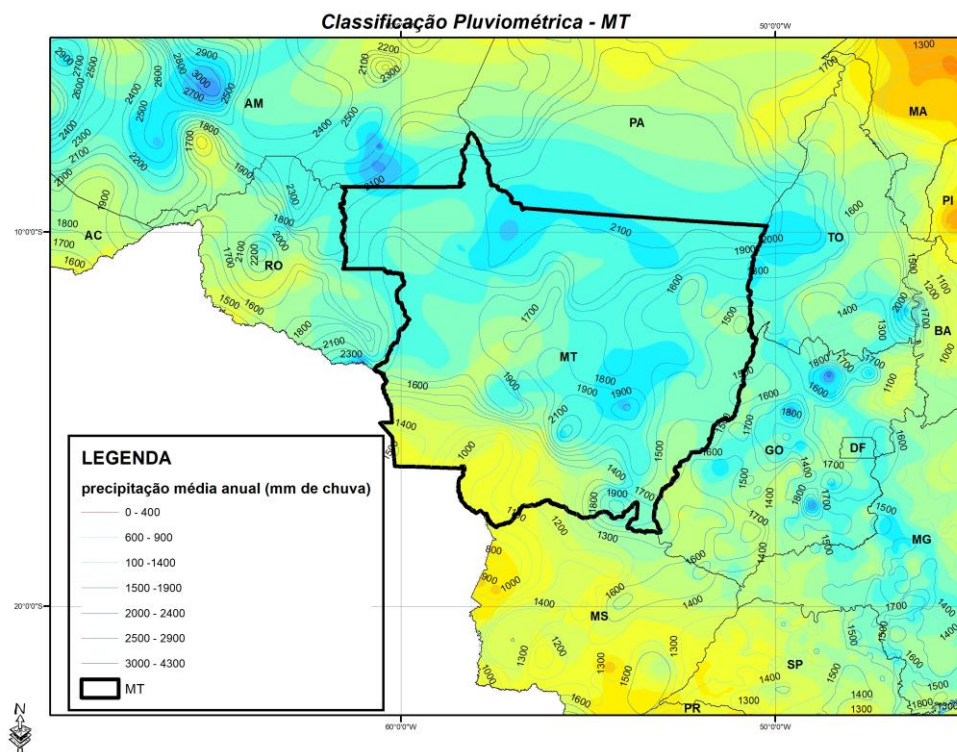


Figura 4 – Classificação Pluviométrica do Estado do Mato Grosso
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas

Para o estudo das precipitações pluviométricas, utilizamos os dados da Estação Meteorológica mais representativa nas proximidades do curso de drenagem em estudo, sendo que os dados foram coletados junto a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) / ANA (Agência Nacional de Águas); e o posto de coleta é:

➤ **Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT;**

Os registros dos Dados Pluviométricos com Nível de Consistência igual a 1 segundo a operadora são de 30 anos de observações, entre o período de 1983 a 2025.

Apresentamos a seguir os valores das precipitações, Histograma e demais informações importantes, elaborados com os dados obtidos desta Estação Meteorológica.

Caracterização da Estação

TIPO	CÓDIGO	BACIA / SUB BACIA	NOME	COORDENADAS		RESPONSÁVEL	OPERADORA	MUNICÍPIO	UF
				LAT	LONG				
Pluv	1555008	1 – Rio Paraná / Rios Paraguai e São Lourenço	FAZENDA ESTIVA PR3	15° 14' 00"	55° 44' 22"	ANA – Agência Nacional das Águas	SGB – CPRM – Serviço Geológico do Brasil	Chapada dos Guimarães	MT

Tabela 2 – Caracterização da Estação
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMA DIÁRIA MENSAL

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3													
Código: 1555008													
Município: Chapada Dos Guimarães - MT													
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas													
Latitude: 15°14'00" S													
Longitude: 55°44'22" O													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1982										13,4	47,0	50,3	
1983	60,0	41,0	73,0	33,0	59,0	0,0	0,6	0,0	22,0	35,0	73,0	52,0	73,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	38,4	29,0	44,6	45,0	45,0
1985	50,0	49,0	79,2	58,8	21,4	2,8	12,4	0,0	16,0	62,0	26,4	52,0	79,2
1986	70,0	75,0	29,4	14,0	42,0	27,6	0,0	14,0	34,4	39,8	70,0	32,0	75,0
1987	32,8	44,0	54,0	72,2	9,0	19,6	0,0	0,0	16,0	52,0	44,6	90,4	90,4
1988	21,8	114,0	33,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	37,4	30,0	70,0	114,0
1989	65,4	40,0	50,0	58,4	58,6	1,0	9,4	38,0	22,8	44,0	57,4	71,8	71,8
1990	53,6	50,0	60,2	60,2	42,6	9,0	28,0	53,6	76,0	75,0	60,4	65,0	76,0
1991						4,0	0,0	0,0	71,0	65,0	50,0	80,0	
1992	75,0	47,8	25,0	38,0	6,6	0,0	0,0	6,0	62,0	50,0	75,0	43,4	75,0
1993	71,0	92,0	30,0	44,0	23,4	19,6	0,0	7,2	23,6	34,0	35,0	36,0	92,0
1994	55,0					23,3	17,6	0,2	48,0	30,0	60,0	55,0	
1995	56,0	70,0	38,0	40,0	84,0	16,0	0,0	8,0	26,0	28,0	88,9	81,3	88,9
1996	83,6	37,3	39,4	32,9	46,7	12,1	0,0	16,2	13,0	33,9	56,2	28,1	83,6
1997	63,1	68,4	38,8	23,1	40,5	18,1	0,0	0,0	58,5	22,0	45,2	92,7	92,7
1998	38,9	32,9	21,0	58,1	17,2	0,0	0,0	18,7	48,4				
1999	29,1	53,5	93,6	42,8	10,1	43,0	0,0	0,0	15,4	18,1	19,1	34,0	93,6
2000	57,2	48,7	93,5	37,4	3,2	0,0	7,6	43,6	22,1	45,8	59,9	22,9	93,5
2001	61,1	27,0	71,7	81,8	64,8	0,0	1,6	0,2	51,2	65,1	27,5	85,1	85,1
2002	54,9	99,5	57,6	37,1	39,8	0,0	1,7	24,5	20,7	33,9	41,4	33,0	99,5
2003	95,6	42,5	30,0	22,2	6,0	0,0	0,0	1,5	26,4	20,9	46,2	36,6	95,6
2004	43,5	30,5	59,1	77,8	33,2	0,0	44,4	0,0	22,2	38,3	130,4	71,3	130,4
2005	97,7	28,7	46,2	26,0	17,5	12,9	0,0	0,2	20,0	49,5	72,7	81,2	97,7
2006	29,7	52,1	41,8	33,5	62,2	0,0	22,3	0,9	36,7				
2007												56,3	
2008	40,0	18,4	54,7	61,8	4,0	0,0	0,0	0,0	10,0	39,0	51,2	90,0	90,0
2009	33,3	39,0	30,0	38,7	37,5	20,0	1,3	39,4	11,1	36,9	34,1	40,7	40,7
2010	40,7	51,0	33,4	24,2	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	54,3	40,7	54,3
2011	51,0	88,7	32,1	28,5	0,0	1,2	0,0	0,0	29,2	36,0	29,7	31,1	88,7
2012	64,2	69,1	37,8	38,3	33,6	26,1	0,0	0,0	17,8	20,1	28,3	46,5	69,1
2013	49,7	48,0	46,6	10,7	17,7	23,5		0,5	5,0	37,9	56,0	70,3	
2014	36,6	90,2	44,6	24,5	23,2	9,7	26,6	0,0	12,3	72,0	65,2	112,9	112,9
2015	20,3	59,7	52,1	55,1	15,8	6,5	8,8	0,0	3,8	54,5	31,3	24,5	59,7
2016	124,6	33,6	43,1	15,0	7,5		0,0	25,5	25,2	49,1	147,5	48,7	
2017	24,1	62,3	49,6	17,3	72,1	0,0	0,0	20,1	6,3	19,5	47,4	82,4	82,4
2018	78,4	51,7	60,1	21,5	17,5	0,0	0,0	12,5	30,1	35,0	105,0	65,0	105,0
2019	62,7	63,5	61,4	34,5	10,2	0,0	0,0	5,5	8,2	67,4	51,4	26,2	67,4
2020	27,9	114,3	36,4	8,1	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	75,5	18,3		
2021				26,0	1,0	0,0	0,0	0,0	19,2	40,0	36,5	27,5	
2022	35,0	30,0	20,2	18,2	0,0	8,0	0,0	13,3	28,0	48,0		43,0	
2023	107,0	70,0		100,0	83,0	0,0	0,0	0,5	100,0			30,0	
2024	47,0	101,0	22,5	2,0									
2025						0,0	0,0						

FIGURA 5: MÁXIMAS DIÁRIAS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

TOTAIS MENSAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3												
Código: 1555008			Município: Chapada Dos Guimarães - MT						Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas									Longitude: 55°44'22" O			
Ano	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais
1982									16,0	130,2	115,5	
1983	193,6	215,2	217,4	77,4	0,0	0,6	0,0	36,0	118,6	387,4	336,4	1.669,6
1984	100,6	234,0	241,2	45,8		0,0	74,4	60,2	167,0	103,6	195,6	
1985	261,8	239,8	260,2	37,0	2,8	12,4	0,0	39,6	216,4	120,8	142,2	1.532,2
1986	286,2	232,6	148,4	72,4	27,6	0,0	33,0	55,8	159,0	244,6	244,4	1.533,8
1987	229,4	138,6	262,4	20,4	19,6	0,0	0,0	29,4	117,0	236,6	316,2	1.546,4
1988	159,0	365,2	145,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	116,0	112,6	237,6	1.271,9
1989	400,0	186,8	325,4	58,6	1,0	9,4	81,0	54,6	90,2	148,0	263,2	1.959,8
1990	294,8	216,4	240,2	55,6	9,0	28,0	54,2	213,4	149,6	113,5	270,2	1.768,1
1991					4,0	0,0	0,0	95,0	218,0	199,0	321,8	
1992	330,2	280,0	98,4	6,6	0,0	0,0	11,2	255,0	234,0	240,6	135,6	1.701,6
1993	293,2	302,4	141,6	36,8	35,0	0,0	8,6	38,0	101,6	203,8	370,6	1.620,6
1994	239,0				42,9	18,6	0,2	66,6	143,0	171,6	407,0	
1995	300,0	407,6	152,0	142,0	20,0	0,0	8,0	34,2	84,4	245,1	317,7	1.832,6
1996	247,8	210,5	210,5	92,8	15,2	0,0	18,2	28,0	113,9	220,0	120,9	1.384,1
1997	349,9	157,9	187,6	47,6	35,6	0,0	0,0	79,7	56,9	115,6	286,1	1.371,8
1998	173,1	132,5	66,3	17,2	0,0	0,0	18,7	86,4				
1999	170,1	219,8	347,1	10,1	43,0	0,0	0,0	35,4	91,3	100,4	137,2	1.289,8
2000	204,2	307,4	389,6	3,2	0,0	7,6	72,4	75,9	153,3	216,7	127,4	1.679,0
2001	166,7	128,7	309,2	87,5	0,0	1,6	0,2	105,6	150,7	165,6	381,5	1.665,6
2002	259,1	408,6	144,7	69,5	0,0	1,7	24,5	24,7	101,1	195,6	139,2	1.417,1
2003	498,3	299,8	172,6	8,0	0,0	0,0	1,5	80,4	77,5	158,1	168,6	1.532,7
2004	363,0	180,7	98,5	33,2	0,0	53,1	0,0	26,5	136,0	217,2	262,9	1.513,4
2005	370,4	92,0	162,3	19,9	12,9	0,0	0,2	54,1	100,7	257,1	358,2	1.480,7
2006	155,3	297,9	310,5	62,2	0,0	34,5	0,9	111,9				
2007											179,4	
2008	237,5	142,8	255,8	12,8	0,0	0,0	0,0	11,2	85,2	186,3	220,9	1.405,4
2009	79,6	205,4	117,1	39,5	30,0	1,3	68,6	11,2	85,5	132,0	230,1	1.154,1
2010	420,6	198,8	180,7	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	83,8	276,4	133,0	1.352,7
2011	234,9	323,6	217,2	0,0	1,2	0,0	0,0	33,2	146,1	53,9	92,3	1.193,8
2012	348,3	253,9	105,9	108,4	42,3	0,0	0,0	17,8	63,6	159,7	122,8	1.285,5
2013	297,1	348,3	300,3	35,6	47,2		0,5	8,2	123,2	139,6	382,0	
2014	176,2	528,4	303,8	90,2	10,5	56,1	0,0	35,4	286,0	403,6	398,5	2.411,8
2015	77,9	254,0	189,1	38,1	13,8	8,8	0,0	6,3	102,2	150,0	69,7	1.100,6
2016	615,9	100,9	167,5	7,6		0,0	78,3	25,2	243,6	321,2	208,2	
2017	186,0	275,0	206,8	103,5	0,0	0,0	23,4	8,3	83,0	251,7	257,6	1.439,9
2018	207,1	208,3	140,6	17,5	0,0	0,0	12,5	107,9	103,6	349,7	230,6	1.469,3
2019	168,6	201,4	187,9	17,3	0,0	0,0	6,9	12,3	142,4	128,8	133,2	1.123,2
2020	117,3	482,7	112,7	61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	43,3		
2021				1,0	0,0	0,0	0,0	28,2	154,5	177,0	135,7	
2022	103,5	131,1	156,6	0,0	8,0	0,0	25,6	36,5	148,0		239,3	
2023	295,7	296,0		112,0	0,0	0,0	0,5	103,2		67,8	165,6	
2024	276,3	245,9	22,5									
2025					0,0	0,0						

FIGURA 6: TOTAIS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

HISTOGRAMA

Histograma:

Tipo	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mín.	77,9	92,0	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	43,3	69,7	0,0
Média	253,5	248,7	197,2	44,0	10,8	5,8	15,6	53,6	129,2	188,0	227,0	1.456,9
Máx.	615,9	528,4	389,6	142,0	47,2	56,1	81,0	255,0	286,0	403,6	407,0	2.411,8

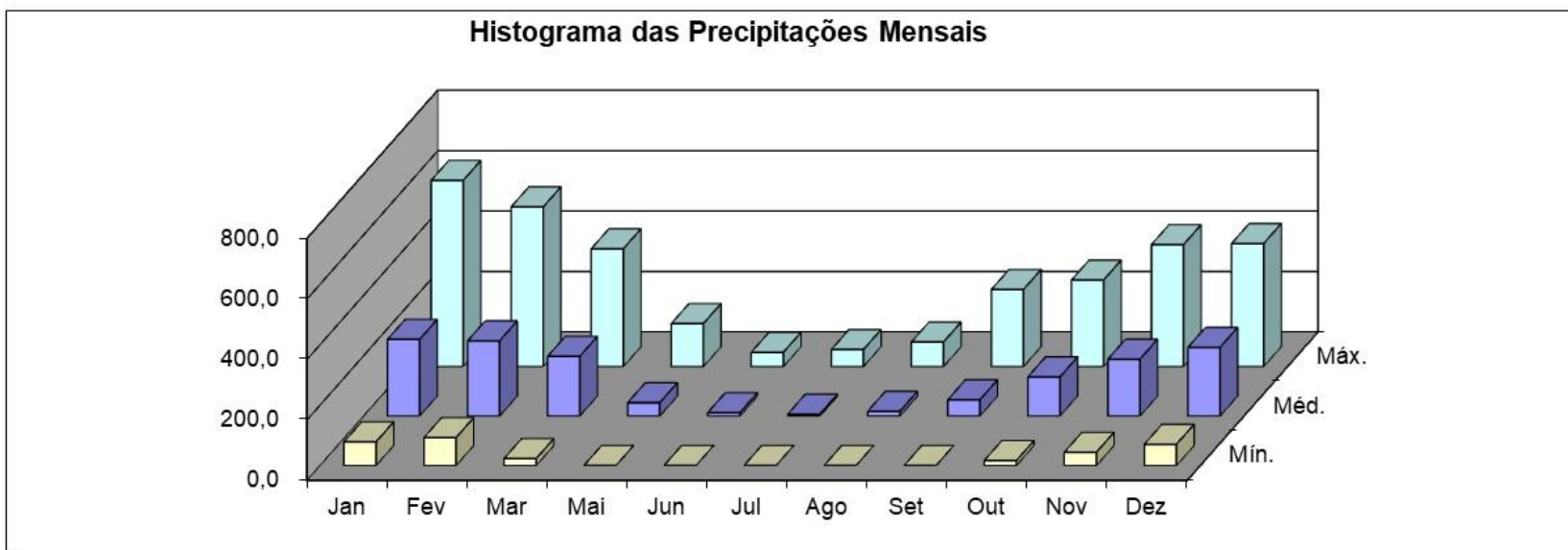


FIGURA 7: HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3							
Código: 1555008				Município: Chapada Dos Guimarães - MT			
Intervalo: 30 Anos				Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas				Longitude: 55°44'22" O			
Máximas Diárias		Método Estatístico (Distribuição de Gumbel)					
Ano	P (mm)	N	P	P-Pmed	(P-Pmed)²	F %	TR
1983	73,0	1	130,4	46,33	2.146,16	3,2	31,00
1984	45,0	2	114,0	29,93	895,61	6,5	15,50
1985	79,2	3	112,9	28,83	830,98	9,7	10,33
1986	75,0	4	105,0	20,93	437,93	12,9	7,75
1987	90,4	5	99,5	15,43	237,98	16,1	6,20
1988	114,0	6	97,7	13,63	185,69	19,4	5,17
1989	71,8	7	95,6	11,53	132,86	22,6	4,43
1990	76,0	8	93,6	9,53	90,76	25,8	3,88
1992	75,0	9	93,5	9,43	88,86	29,0	3,44
1993	92,0	10	92,7	8,63	74,42	32,3	3,10
1995	88,9	11	92,0	7,93	62,83	35,5	2,82
1996	83,6	12	90,4	6,33	40,03	38,7	2,58
1997	92,7	13	90,0	5,93	35,13	41,9	2,38
1999	93,6	14	88,9	4,83	23,30	45,2	2,21
2000	93,5	15	88,7	4,63	21,41	48,4	2,07
2001	85,1	16	85,1	1,03	1,05	51,6	1,94
2002	99,5	17	83,6	-0,47	0,22	54,8	1,82
2003	95,6	18	82,4	-1,67	2,80	58,1	1,72
2004	130,4	19	79,2	-4,87	23,75	61,3	1,63
2005	97,7	20	76,0	-8,07	65,18	64,5	1,55
2008	90,0	21	75,0	-9,07	82,33	67,7	1,48
2009	40,7	22	75,0	-9,07	82,33	71,0	1,41
2010	54,3	23	73,0	-11,07	122,62	74,2	1,35
2011	88,7	24	71,8	-12,27	150,63	77,4	1,29
2012	69,1	25	69,1	-14,97	224,20	80,6	1,24
2014	112,9	26	67,4	-16,67	278,00	83,9	1,19
2015	59,7	27	59,7	-24,37	594,06	87,1	1,15
2017	82,4	28	54,3	-29,77	886,45	90,3	1,11
2018	105,0	29	45,0	-39,07	1.526,73	93,5	1,07
2019	67,4	30	40,7	-43,37	1.881,25	96,8	1,03
Soma (Σ):		2.522,2		Soma (Σ):		11.225,52	
Pmed:		84,07		σ:		19,67 mm	

FIGURA 8: MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

4.3. CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, geomorfologia é conjunto de mapas, arquivos vetoriais e documentos que retratam e classificam o relevo brasileiro. São identificadas feições de relevo tais como planícies, depressões, chapadas e serras, assim como sua origem e evolução.

Segundo o Geoportal.Seplan.MT, o estudo geomorfológico compreende um esforço no sentido de entender as combinações e interferências que o relevo mantém com os demais componentes da natureza e da sociedade, com relevante interesse à proposição do zoneamento, contribuindo na elaboração das diretrizes para um desenvolvimento sustentado.

A seguir apresentamos os mapas de classificação Geomorfológica, segundo o GeoPortal da Secretaria de Planejamento do Mato Grosso

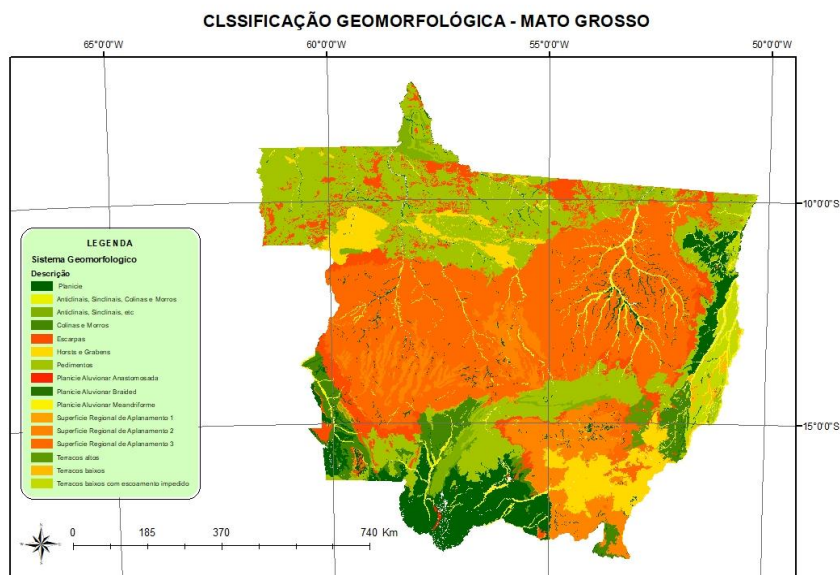


FIGURA 9: CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

4.4. CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

O relevo do Estado do Mato Grosso repousa sobre a porção do escudo brasileiro denominada de Maciço Central, Maciço do Brasil Central ou, ainda, Maciço Mato-Grossense. Este representa um vasto conjunto de áreas de escudo exposto, exibindo complexas estruturas geológicas, sobre as quais vieram a se depositar sedimentos. O Maciço Mato-Grossense apresenta-se soerguido para o Sul, onde apresenta suas maiores altitudes: 800-1200 metros, na Serra Azul e 500-800 metros, na Chapada dos Guimarães, fazendo limites, ao Norte com a Bacia Amazônica, a Leste com a Bacia do São Francisco, a

Oeste com a borda oriental andina e ao Sul-Sudeste, com a Bacia de sedimentação do Paraná (Anderson, 2004, p. 87).

4.5. CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

A região de estudo está situada no estado do Mato Grosso o qual tem como presença de vegetação o cerrado que uma riquíssima com uma biodiversidade gigante, o Cerrado é o principal bioma do Centro-Oeste brasileiro. Já foi retratado nos livros de Guimarães Rosa e outros poetas e é considerada a Savana brasileira. Em Mato Grosso, o cerrado cobre 38,29% de todo o território. Localizado principalmente nas depressões de Alto Paraguai - Guaporé, o sul e o sudeste do planalto dos Parecis e ao sul do paralelo 13º, até os limites de Mato Grosso do Sul. Conforme o mapa apresentado abaixo, toda a área da Bacia de Contribuição para a obra em estudo está localizada na região de Savana (Cerrado).

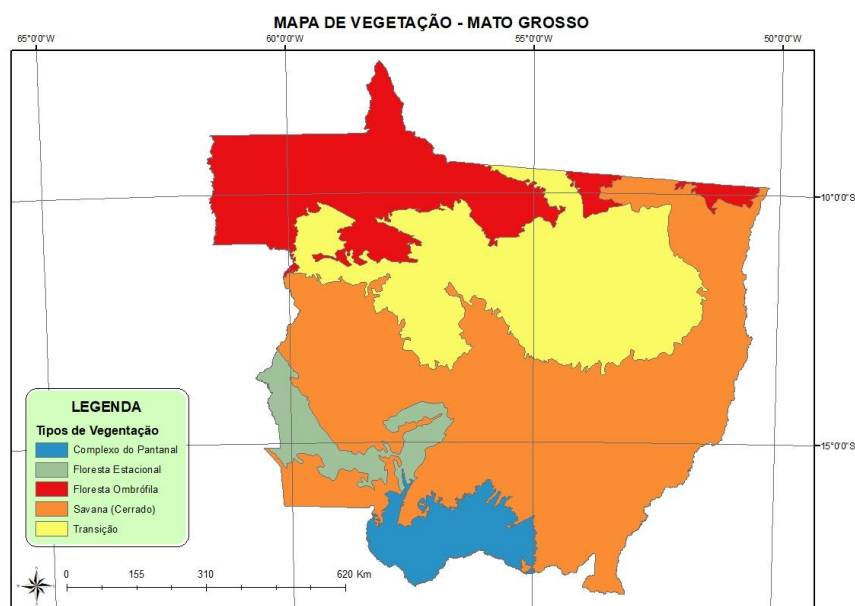


FIGURA 10: VEGETAÇÃO PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

5. METODOLOGIA UTILIZAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE PRECIPITAÇÃO, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, baseado nas teorias dos extremos de amostras

ocasionais, Gumbel demostro que, se o número de vazões máximas anuas tende para infinito, a probabilidade “P” de uma dada descarga ser superada por um certo valor da variável aleatória é dada pela equação seguinte, para um número infinito de elementos:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Onde:

P = probabilidade de não ocorrerem descargas maiores;

e = base dos logaritmos neperianos;

y = variável reduzida. Para TR = 25 anos, y = 3,1985. Para TR = 12,5 Y = 2,4843

Com os dados coletados de chuva diária, elaborou-se o presente estudo, visando à determinação das alturas para diferentes períodos de recorrência e diferentes durações.

A metodologia empregada foi o método de “Probabilidade Extremos de Gumbel”. Para este estudo escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano durante todo o período, para o posto. Para tempos de duração menores que um dia, foram feitas correções pelo Método das Isozonas.

A seguir apresentamos os cálculos que fornecem as relações entre as precipitações máximas, períodos de retorno e as probabilidades de ocorrência, para o posto estudado.

Descrição dos índices usados nos cálculos, para análise pluviométrica:

P	Valor máximo de precipitação diária, no período de 1 ano;
Pmed	Precipitação média;
M	Números de anos observados;
F	Frequência de vazões de enchentes observadas;
Tr	Tempo de recorrência;
n	Número de ordem variável de 1 a “m”;
í	Desvio padrão;
K	Coeficiente que depende do número de amostras tomadas e do Período de recorrência. Valor tabelado por WEISE e REIDE;

Pr Fórmula devida a Ven te Chow, onde Pr é a precipitação para um certo período de recorrência.

$$Pr = Pm + (\square \times K)$$

desta análise, podemos calcular o valor da precipitação média e do desvio padrão:

$$Pmed = \frac{\sum Pi}{n} \quad e \quad \sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum (Pi - Pmed)^2}{n - 1} \right)}$$

$$Pmed = 83,18mm$$

$$\sigma = 22,06mm$$

Onde:

- Pi – Valor da precipitação máxima diária para cada ano da série histórica;
- n – número de anos de observação da série histórica.

Os valores até aqui calculados da precipitação média ($Pmed$) e do desvio padrão (δ) são para um período de recorrência de 26 anos, que é o intervalo da série histórica. Torna-se necessário, porém, para o cálculo das vazões de projeto, que se obtenha as precipitações máximas para tempos de recorrência padronizados que serão aplicadas a diferentes tipos de bacias, conforme anteriormente exposto.

Estes valores foram obtidos através do critério de Ven. T. Chow, explicitado pela seguinte equação:

$$Pmáx = Pmed + \sigma \times K$$

Onde:

- $Pmáx$ – Precipitação máxima de um dia, em mm;
- $Pmed$ – Precipitação média, em mm;
- δ – desvio padrão, em mm;
- K – Fator de frequência.

Os valores do fator de frequência (K), tabelados por Weise e Reid, são apresentados na Tabela das próximas páginas e servem para ajustar o tempo de retorno da série histórica para os tempos de retorno padronizados, a serem utilizados no cálculo da vazão de projeto.

Desta forma, procedeu-se o cálculo das precipitações máximas diárias para o tempo de recorrência de **5, 10, 15, 25, 50, 100 anos**. Estes valores (chuvas de 1 dia) foram convertidos em chuvas de 24 horas de duração multiplicando-se pelo coeficiente 1,10 que é a relação 24h/1dia.

Para tempos de duração menores que 24 hs foram feitas correlações através do método das isozonas desenvolvido pelo **Engº. Jayme T. Taborga**, em seu livro “Práticas Hidrológicas”. Este método propõe que para certas regiões, denominadas “Isozonas”, as precipitações seriam distribuídas de maneira igual, tornando possível a transformação das chuvas de 24 horas para 1 hora e de 24 horas para 6 minutos.

CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DE 24, 1 E 0,1 HORAS

TR	Fat. Freq. K	$P_{máx}$ ($P_{med} + \sigma K$)	Isozona (F)		Precipitações Máximas		
			f_{1h} % 1h	$f_{0,1h}$ % 6 min	P_{24h} ($1,1 \cdot P_{máx}$)	P_{1h} ($P_{24h} \cdot f_{1h}$)	$P_{0,1h}$ ($P_{24h} \cdot f_{0,1h}$)
5	0,828	177,27	46,00	13,90	195,00	89,70	27,11
10	1,478	231,44	45,50	13,90	254,58	115,83	35,39
15	1,842	261,77	45,30	13,90	287,94	130,44	40,02
25	2,303	300,18	44,90	13,90	330,20	148,26	45,90
50	2,913	351,01	44,50	13,90	386,11	171,82	53,67
100	3,519	401,50	44,10	12,40	441,65	194,77	54,77

Figura 11 – Cálculo das precipitações máximas do posto pluviométrico de Fazenda Seco
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas.

6. MÉTODO DAS ISOZONAS

A necessidade de conhecimento das alturas de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas, e a baixa densidade de postos pluviográficos que possam proporcionar estes dados, obrigam a extrapolação destes postos distantes até o local de projeto. O método utilizado para esta extrapolação é o das Isozonas. Esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de concentração necessários inferiores a 24 horas.

O trabalho do Engº Torrico partiu da observação que para determinadas áreas geográficas, ao se desenhar em um papel de probabilidade as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, e prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto. Esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe de alturas de precipitação.

A estas áreas homólogas, o autor denominou de Isozonas e elaborou um mapa, relacionando as alturas de precipitações máximas com duração de 1 a 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 10.000 anos e com duração de 6 minutos e 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 100 anos.

Descrição da metodologia adotada:

- A partir do estudo estatístico, citado anteriormente, calculou-se para o posto em estudo, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto.
- Converteu-se esta chuva de um dia, em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta, pelo coeficiente 1,10, que é a relação 24 horas/1 dia.
- Determinou-se no Mapa de Isozonas, a Isozona correspondente a região do projeto.
- Em nosso estudo a Isozona utilizada foi a **Isozona “F”**, com coeficientes de índices altos.
- Após ter-se determinado a Isozona, fixam-se para a mesma as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.
- Após a determinação das alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, marcou-se estes valores no papel de probabilidade de Hershfield e Wilson, e ligando-se os pontos marcados, obtiveram-se as alturas de precipitação para qualquer duração entre 6 minutos e 24 horas.

ISOZONAS

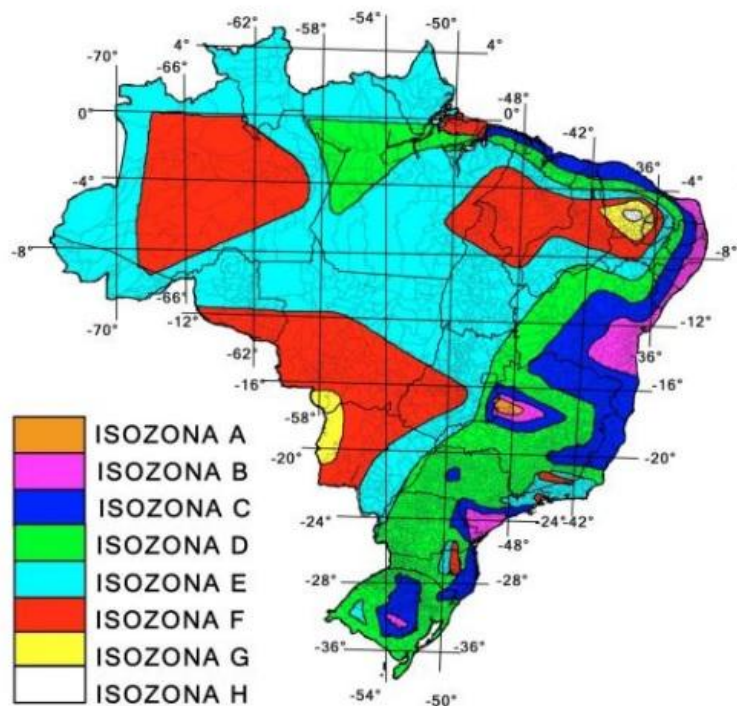


Figura 12 – Mapa de Isozonas
Fonte: adaptado de TORRICO (1974)

Relação:		1h/24h										6min/24h	
Tr		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 ~ 50	100
ISOZONAS	A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
	B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
	C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
	D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
	E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
	F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
	G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
	H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,6	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 13 – Relação entre precipitações 24h e as de 1h e mim
Fonte: TORRICO (1974)

- Tempo de Recorrência (Tr)

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, a escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão de projeto desta obra, depende da sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui a necessidade eventual da sua reconstrução. Deve ser considerado ainda que, quando maior o tempo de recorrência, mais volumoso será o caudal e, conseqüentemente, mais onerosa a reconstrução, ou reparação.

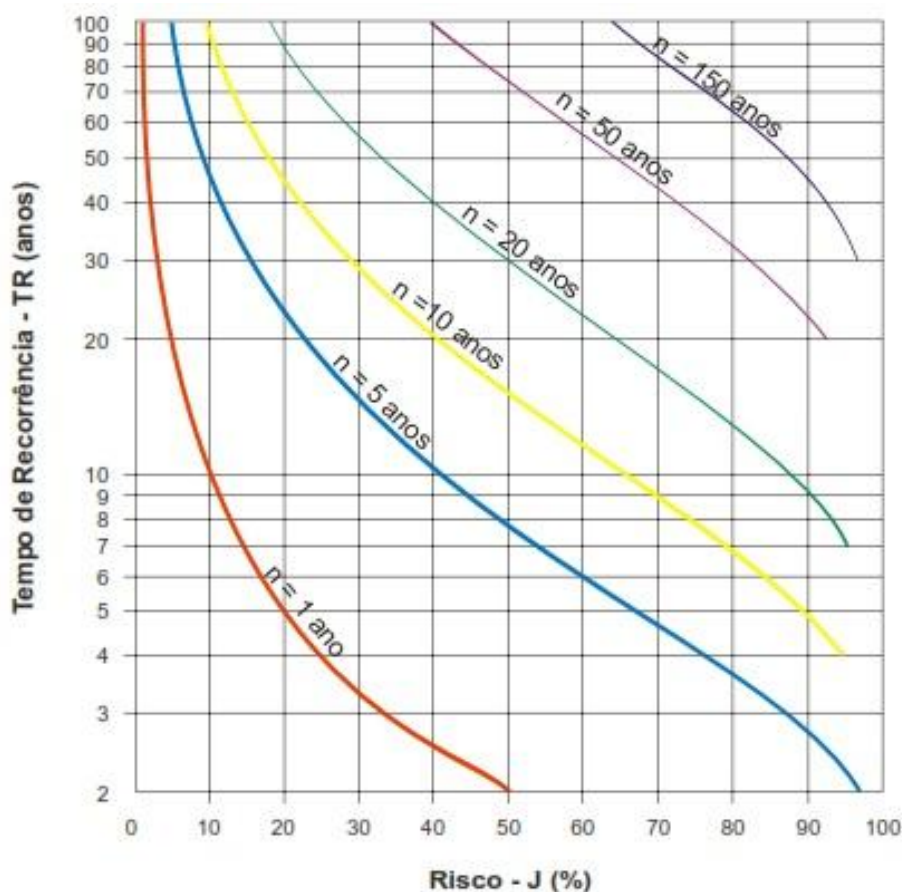


Figura 14 – Relação entre probabilidade de risco, tempo de recorrência e vida útil
Fonte: Publicação IPR-715 – Manual de Hidrologia Básica de Estruturas de Drenagem

Para escolha do tempo de recorrência para os projetos dos dispositivos de drenagem, foram adotadas as recomendações da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, onde apresenta as seguintes recomendações abaixo:

A escolha dos tempos de recorrência será determinada através de fator técnico-econômico e deverá constar basicamente de;

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da rodovia;
- Estimativa de custos de restauração, na hipótese de destruição;
- Estimativa de outros prejuízos resultantes de ocorrência de descargas maiores que as de projeto;
- Comparativos de custo entre a obra para diferentes tempos de recorrência;
- Risco para as vidas humana face a acidentes provocados pela destruição da obra;

- Tempo de Concentração

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga.

É definido como sendo o tempo necessário para que a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros.

Foram adotados dos parâmetros conforme recomendação da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, mencionados abaixo:

- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Área da bacia;
- Recobrimento vegetal;

➤ Uso da terra

➤ Outros;

Segundo estudos, as características que influem principalmente no tempo de concentração são as três citadas acima.

Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

onde:

T_c = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km;

H = desnível do talvegue em m.

➤ O cálculo dos outros parâmetros, ou seja, área da bacia drenada, comprimento do talvegue principal e desnível entre o ponto mais alto nas cabeceiras dos mananciais e a seção de drenagem foram determinadas com suficiente precisão por meio de Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);

7. CÁLCULOS DE VAZÕES AFLUENTES

Segundo “*PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, os Estudos Hidrológicos visam primordialmente o dimensionamento dos dispositivos capazes de conduzir satisfatoriamente as vazões afluentes, os métodos usuais empregados buscam a quantificação das descargas através de procedimentos matemáticos.

Segundo a “*IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, no cálculo das vazões das bacias de contribuições, para escolha do melhor método a ser adotado podemos seguir as seguintes limitações:

➤ Bacias com áreas até 4,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Afluentes o

Método Racional;

- Bacias com áreas de 4,0 km² até 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões o Método Racional Corrigido por coeficiente de retardamento;
- Bacias com áreas superiores as 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT);

7.1. MÉTODO DE CÁLCULO

7.1.1 – MÉTODO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

Para as bacias de porte significativo, com áreas de drenagem superior a 10 km², empregou-se o Método do Hidrógrafo Triangular Sintético.

Esse método se baseia na teoria do hidrograma unitário, desenvolvida pioneiramente em 1932 por Le Roy R. Sherman (*Streamflow from rainfall by Unit-Hydrograph Method, Engineering News-Record, vol. 108, pp. 501-505, january-June, 1932*). Trata-se de uma técnica conveniente e amplamente aceita para determinação das vazões de projeto de obras de porte significativo.

O hidrograma unitário permite o cálculo da vazão para qualquer chuva, após estabelecido o hidrograma para a área de estudos. Esse hidrograma é estabelecido para uma precipitação unitária (lâmina d'água inicialmente de 1 polegada ou 1cm sobre uma área usualmente de 1 acre). O método é então a ligação entre a precipitação e vazão, e pode ser traduzido no seguinte sistema:

Precipitação efetiva x hidrograma unitário= vazão.

O processo do hidrógrafo triangular sintético utilizado pelo *Soil Conservation Service* e explicitado por Ven Te Chow, tem a seguinte expressão básica:

$$Q = \frac{0,208A \times P_E}{t_p},$$

onde:

Q = vazão, em m^3/s ;

A = área da bacia, em km^2 ;

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

t_p = tempo de ponta, em horas.

O excesso de chuva foi obtido conforme recomendado pelo *U.S Soil Conservation Service*, através da seguinte relação:

$$P_E = \frac{(P - 5,08S)^2}{P + 20,32S}$$

sendo:

$$S = \frac{1000}{NC} - 10$$

onde:

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

P = precipitação, em mm;

N_C = número da curva de *run-off*, representativa do complexo hidrológico solo-vegetação.

O tempo de ponta é obtido a partir do tempo de concentração através da seguinte fórmula:

$$tp = 0,6 tc + \sqrt{tc}$$

Os tempos de concentração foram calculados pela fórmula de Kirpich, conforme mencionado na alínea a anterior.

Fixação do Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo-Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

Coeficiente de runoff

OROGRAFIA			PLANA		ONDULADA		MONTANHOSA	
CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE			C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos	Muito Permeáveis	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
Estéreis	Permeáveis	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
e Áreas	Semi Permeáveis	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
Urbanizadas	Pouco Permeáveis	D	0,60-0,80	70	0,60-0,90	75	0,60-1,00	80
Cerrados,	Muito Permeáveis	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
Pastagens	Permeáveis	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
e Matas	Semi Permeáveis	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
Ralas	Pouco Permeáveis	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
	Muito Permeáveis	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
Culturas e	Permeáveis	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
Pastagens	Semi Permeáveis	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
Terraceadas	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
	Muito Permeáveis	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
Culturas	Permeáveis	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
Terraceadas	Semi Permeáveis	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70

Tabela 3 – Coeficiente de runoff
Fonte: ASCE/WEF, citado em Chow ,1962

sendo:

- A = “Loess” em camadas espessas;
- B = “Loess” em camadas rasas e areias;
- C = Solos Siltosos e Argilosos;
- D = Solos com argilas expansivas e pavimentos.

8. METODOLOGIA DE PROJETO E REFERENCIAL TEÓRICO

8.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA BACIA

Segundo Tonello (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem.

Características morfométricas de bacias hidrográficas.

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total
	Perímetro total
	Coefficiente de compactidade (Kc)
	Fator de forma (F)
	Índice de circularidade (IC)
Características do relevo	Padrão de drenagem
	Orientação
	Declividade mínima
	Declividade média
	Declividade máxima
	Altitude mínima
	Altitude média
	Altitude máxima
Características da rede de drenagem	Declividade média do curso d'água principal
	Comprimento do curso d'água principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Densidade de drenagem (Dd)
	Ordem dos cursos d'água

Figura 15 – Características morfométricas de bacias hidrográficas
Fonte: Tonello (2005)

8.2. MODELO DIGITAL DE TERRENO

Segundo a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, através de técnicas digitais de estereoscópica cônica ou cilíndrica, graças à precisão geométrica das imagens e de seu posicionamento no solo (geodésico), o relevo é restituído através de um modelo Digital de Terreno, passível de visualização em três dimensões. A partir do Modelo Digital de Terreno é possível a restituição das curvas de nível, a delimitação de bacias hidrográficas, a cartografia de rede de drenagem, o mapeamento da declividade e da exposição de uma determinada área.

Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).

DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Acurácia Horizontal	* 20 metros
Acurácia Vertical	* 4 metros
Amostragem Horizontal	
Disponível	** 3" x 3" lat/log (90 x 90 m)
Não Disponibilizada	*** 1" x 1" lat/log (30 x 30 m)
Amostragem vertical	1 metro
Projeção cartográfica	Coordenadas geográficas (latitude / longitude)
Sistema de referência	WGS-84
Formato dos dados	16 bits

* Acurácia para 66% dos dados (para o restante dos dados a acurácia de 10 – 16 metros)

** Aproximadamente 90 metros para latitudes médias e próximas do Equador.

*** Aproximadamente 30 metro para latitudes médias e próximas do Equador.

Tabela 4 – Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).
Fonte: Embrapa Relevos

A confiabilidade dos dados do programa SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparados ao modelo digital de elevação gerado a partir da carta da topográfica do Serviço Geográfico do Exército (DSG) (SANTOS et al., 2006)

8.3. TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Geoprocessamento é a técnica que permite o processamento de diferentes informações de caráter geográfico com uso do solo, vegetação, malha viária, expansão urbana, dados censitários, entre outras, de forma igualmente georreferenciada. As informações geográficas podem ser entendidas como planos de Informação e podem ser cruzadas entre si possibilitando a obtenção de outros produtos cartográficos originados de dois ou mais Planos de informação diferentes. As informações são trabalhadas num espaço tridimensional X, Y e Z, sendo X e Y sua posição geográfica no globo terrestre e Z um atributo dessa informação. (LAHM 2000). O objetivo principal do Geoprocessamento é fornece ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas através do uso do Geoprocessamento tornem disponíveis para as análises ambientais, procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente.

8.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO PARA BTC – BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO

Segundo a *“PUBLICAÇÃO IPR-724 – MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS”* DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, o cálculo da seção transversal ou seção de vazão do bueiro vai depender de dois elementos básicos: a descarga da bacia a ser drenada e a declividade adotada.

A descarga é definida pelos estudos hidrológicos e a declividade, de escolha do projetista, deverá atender a esta descarga com a obra operando em condições de segurança.

Para os procedimentos temos as seguintes equações:

$$Q_c = A_c \sqrt{g \times h_c}$$

Onde:

Q_c = a vazão crítica em m³/s;

A_c = área molhada que atenderá à vazão crítica em m²;

g = é a aceleração da gravidade ($\approx 9,81$ m/s²);

h_c = área molhada do fluxo;

A área crítica de escoamento é definida pela seguinte equação:

$$A_c = \frac{\Phi_c - \text{sen}\Phi_c}{8} \times D^2$$

Onde:

Φ_c = é um ângulo interno em função da área molhada em radianos;

D = é o diâmetro nominal da tubulação em m.

Ângulo $\emptyset$

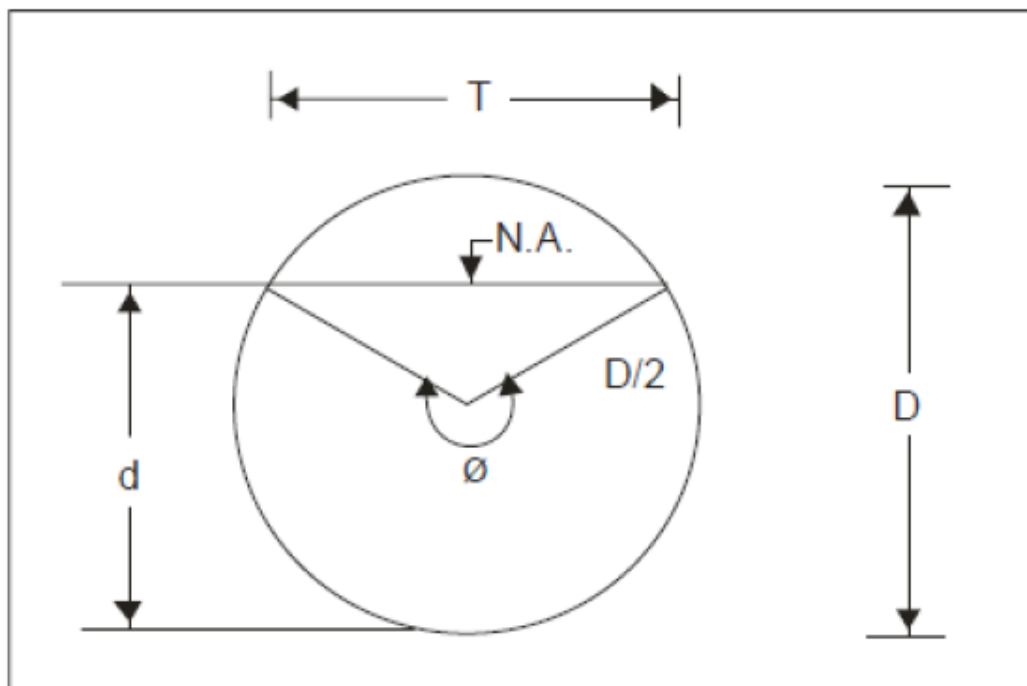


Figura 16 – Dimensionamento hidráulico
Fonte: DNIT (2006)

“d” representa a profundidade de escoamento da água, em metros e geralmente para fins de dimensionamento de bueiros utiliza-se o valor de 80% de D;

$$d = 0,8 \times D$$

O ângulo Φ é assim calculado:

$$\cos \frac{\emptyset}{2} = 1 - \frac{2d}{D}$$

O Manual de Drenagem (DNIT, 2006) recomenda ainda que a declividade de instalação do bueiro (gradiente hidráulico) seja dimensionada de acordo com a equação de Chezy:

$$I = \frac{V^2 \times n^2}{R^{4/3}}$$

Sendo:

I = a declividade em %;

V = a velocidade de escoamento da água em m/s;

n = coeficiente de rugosidade do material do bueiro;

R = raio hidráulico em função do perímetro e da área molhada em m;

9. APRESENTAÇÃO DOS MAPAS DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO DO EXUTÓRIO EM ESTUDO

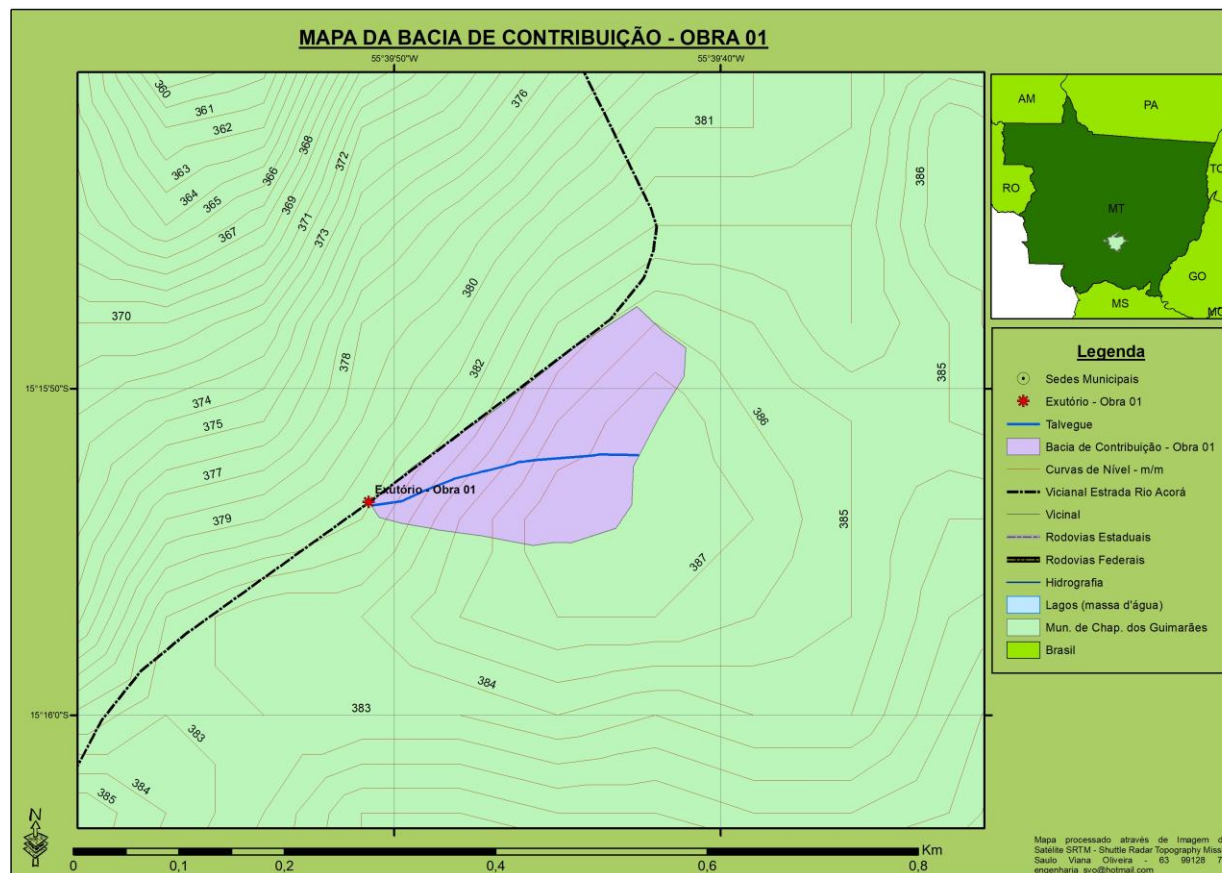


Figura 17 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

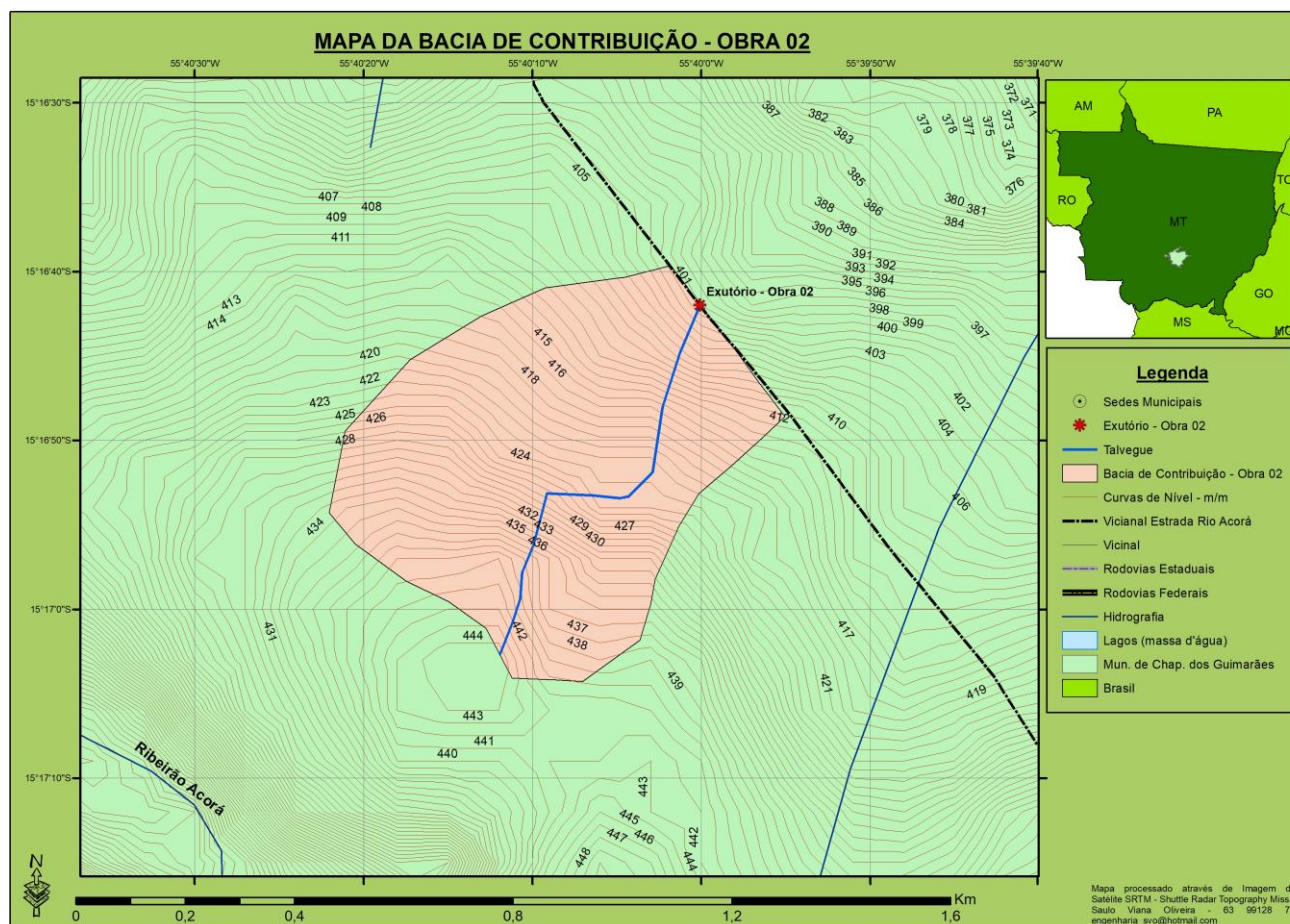


Figura 18 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGIS 9.3

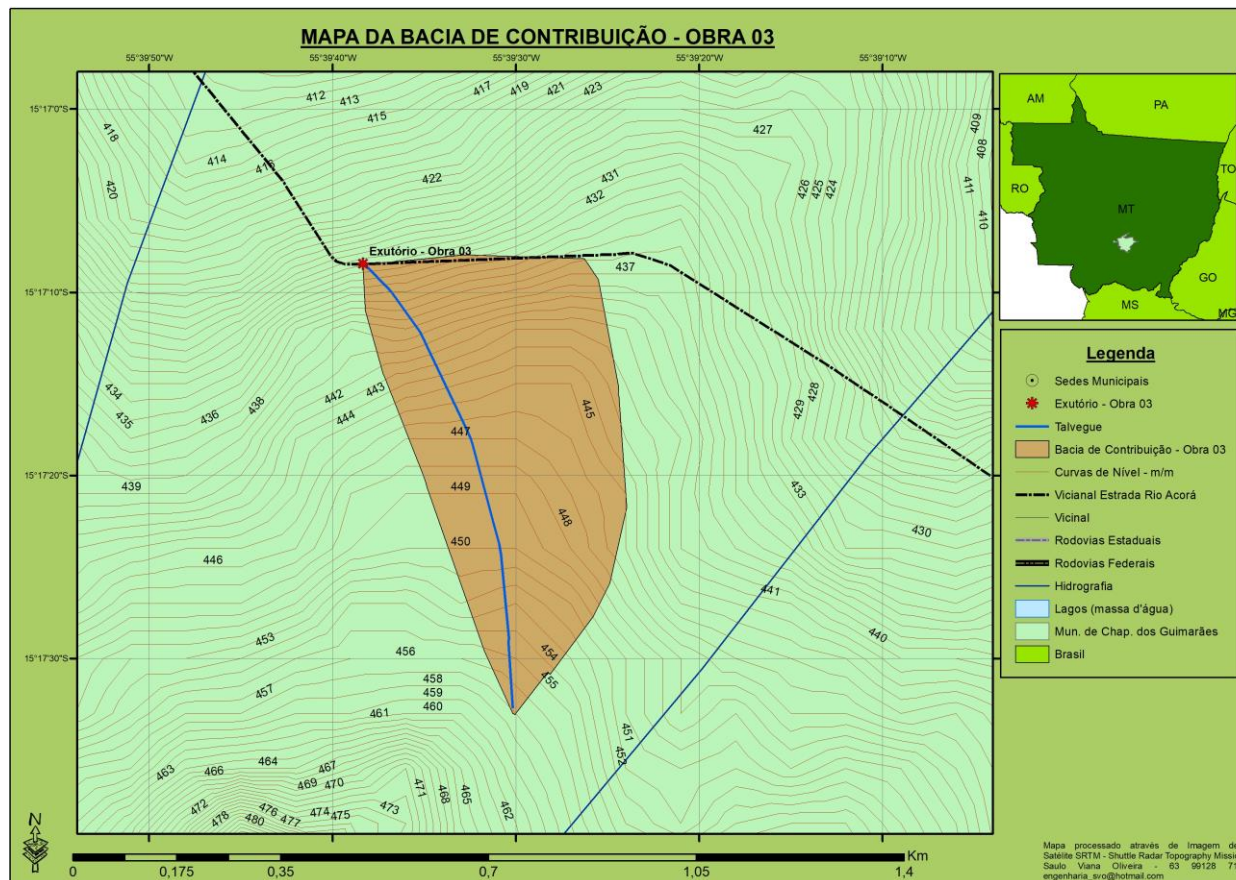


Figura 19 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGIS 9.3

10.RESULTADOS E DIMENSIONAMENTO – MRC – MÉTODO RACIONAL CORRIGIDO

Cálculo pelo Método Racional Corrigido

Ordem	Trecho	Localização		Caracterização Morfológica da Bacia Hidrográfica									Cálculo da Vazão de Projeto pelo Método Racional Corrigido				Caracterização da Obra Dimensionada									
		Identificação	Curso d'Água	Cota Fundo	A (Km²)	L (Km)	Cota Topo	ΔH (m)	Sm (%)	S (%)	C	TR	Tc (hs)	P (mm)	I (mm/h)	Qp (m³/s)	Qtd. ou "P" para Ponte	Largura, Diâmetro ou Comprim. (m)	Declividade (%)	Coef. de Rugosidade p	Raio Hidráulico Rh	Velocidade (m/s)	Qr (m³/s)	Vel.	Obra Dimensionada	
1	Estrada Vicinal Rio Acorá	Obra 01	Fluxo Intermitente	384,000	0,03385	0,250	388	4	1,60	1,60	0,4	15	0,11	20	178,02	0,67	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
2		Obra 02	Fluxo Intermitente	407,000	0,37000	0,830	443	36	4,34	4,34	0,4	15	0,19	29	150,42	6,19	2,00	1,20	3,00	0,02	0,30	5,17	11,70	Ok!	BDTC	Ø1,20
3		Obra 03	Fluxo Intermitente	439,000	0,22000	0,800	460	21	2,63	2,63	0,4	15	0,23	32	140,74	3,44	1,00	1,20	3,00	0,02	0,30	5,17	5,85	Ok!	BSTC	Ø1,20

Figura 19 – Quadro de Resultados e Dimensionamento de Obra

RAUL BARROS RIBEIRO
Eng. Civil - Crea 1216969736

RAUL BARROS RIBEIRO:03217364198
Assinado de forma digital por RAUL BARROS RIBEIRO:03217364198
Dados: 2026.01.14 08:24:14 -04'00'

ESTUDO HIDROLÓGICO

MUNICÍPIO: CHAPADA DOS GUIMARÃES – MT

TRECHO: ESTRADA VICINAL DITO

LOCAL / DATA: CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT / JUNHO DE 2026

1. INTRODUÇÃO

Os Estudos hidrológico tem-se como principal objetivo:

- Fornecer características morfométricas, climatológicas e pluviométricas, dando subsídios e critérios para a determinação de vazão a fim de dimensionamento hidráulico da obra de arte.

O presente estudo apresenta os parâmetros técnicos para caracterização morfológica das bacias hidrográficas, através do MDT – Modelo Digital de Terreno, dando condições técnicas para o dimensionamento das OAE - Obras de Artes Especiais, seguindo as recomendações técnicas dos cadernos de orientações e instruções de serviços abaixo.

- Caderno de Orientações Técnicas do Programa de Pontes – Mais MT, 2021;
- Publicação IPR – 715 – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem;
- IS – 203: Estudo Hidrológico;
- Publicação IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias;
- IS – 239: Estudos Hidrológicos para Projetos Executivos de Engenharia para Construção de Rodovias Vicinais;
- Publicação IPR-726 Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços.

2. LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Os Exutórios em estudo situam-se em Estrada Vicinal, denominada Dito, no município de Chapada dos Guimarães – MT, conforme apresenta a “**Tabela 1**” e “**Figura 1**” abaixo.

Localização dos Pontos de Exutórios em Estudo e Dimensionamento

ITEM	IDENTIFICAÇÃO DA OBRA	OBRA DIMENSIONADA	COORDENADAS UTM		ZONA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			LESTE	NORTE		LATITUDE	LONGITUDE
01	Obra 01	BSTC ø 1,20	677.585,98	8.324.705,82	21 L	- 15° 8'50,50"	- 55°20'49,97"
02	Obra 02	BDTC ø 1,50	676.727,00	8.325.100,00	21 L	- 15° 8'37,88"	- 55°21'18,84"
03	Obra 03	BSTC ø 1,00	675.216,30	8.328.076,65	21 L	- 15° 7'1,40"	- 55°22'10,18"
04	Obra 04	BSTC ø 0,80 greide	674.356,99	8.328.616,07	21 L	- 15° 6'44,06"	- 55°22'39,09"

Tabela 1 – Localização dos pontos de exutórios.
Fonte: Coleta de Campo

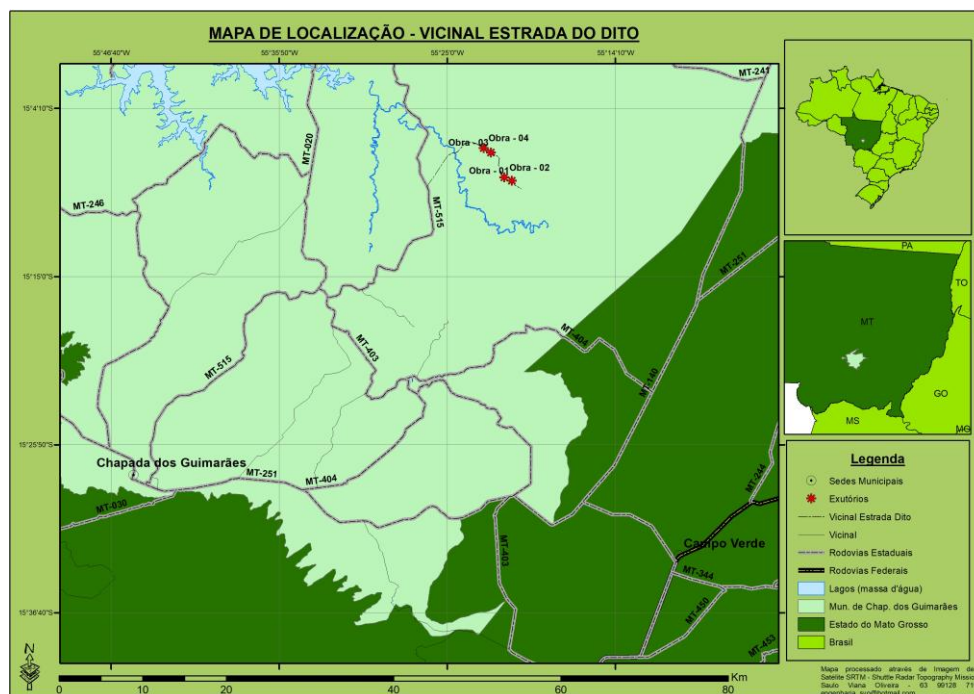


Figura 1 – Mapa de Localização
Fonte:— Imagens SRTM processada no ArcGis 9.5

3. DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados para a realização do estudo hidrológico estão abaixo relacionados:

- Localização do ponto de captação (exutório) com GPS;
- Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);
- Processamento de Dados no ArcGis;
- Dados pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL/Agência Nacional de Águas – ANA, Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT, com dados pluviométricos tratados de 30 anos;
- Classificação Climática de Wladimir Köppen”, publicação do DNER;
- Normas climatológicas – série 1961/1990 – INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
- Cartas topográficas fornecidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro e publicada na escala 1:100.000;

4. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA, PLUVIOMÉTRICA E GEOMORFOLÓGICA

4.1. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização do clima da região situada próxima ao segmento rodoviário de interesse, foi utilizada a metodologia adotada por Wladimir Köppen, que leva em consideração a quantidade de precipitações, a temperatura média e a umidade relativa.

Deve-se ressaltar que essa metodologia de classificação, assim como as outras desenvolvidas com a mesma finalidade, diferencia apenas megazonas climáticas, não apresentando suficiente eficiência para variações locais;

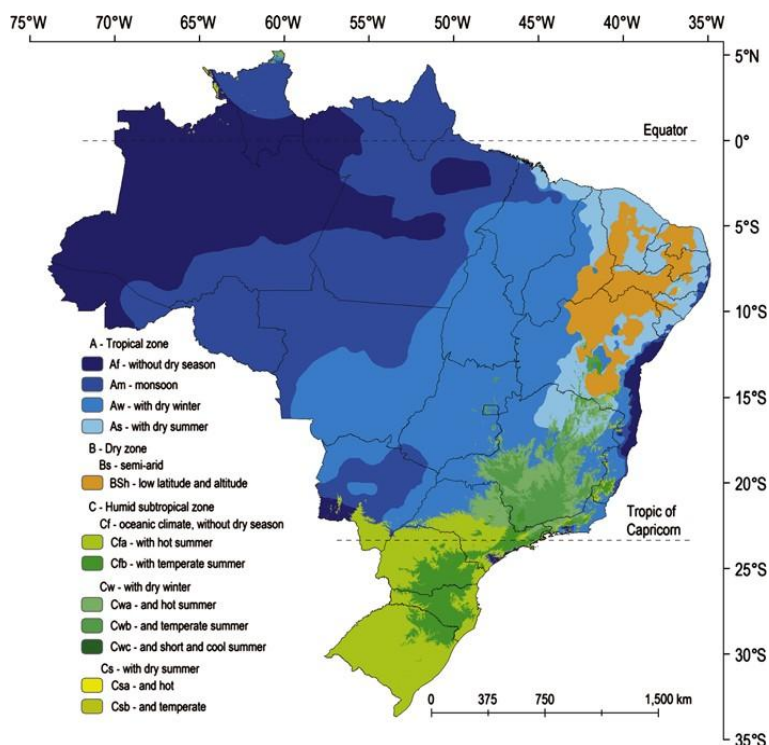


FIGURA 2: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O BRASIL, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KO'PPEN (1936)

Segundo Classificação de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta dois tipos climáticos: Am (clima tropical úmido ou sub-úmido) localizado no Norte e Aw (clima tropical, com inverno seco), localizado na região centro-oeste do Brasil conforme apresenta o mapa abaixo.

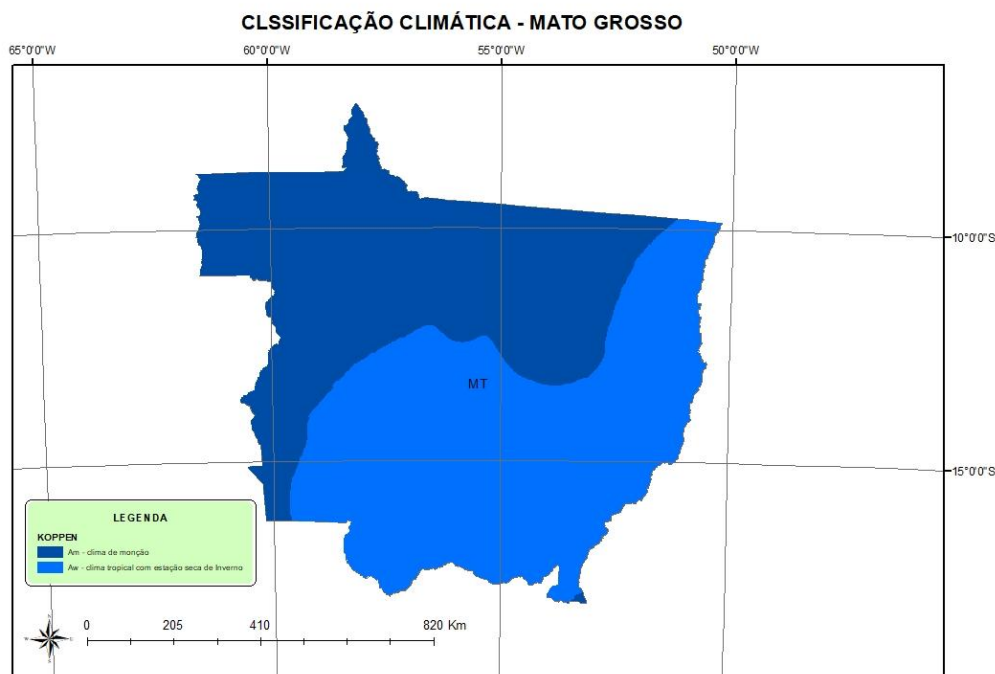


FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KÖPPEN (1936)

Conforme essa classificação de Köppen, resumida na figura acima, o clima da área de interesse pode ser classificado como do tipo Aw. Trata-se de um clima Tropical de Savana. É um clima quente semi-úmido com 4 a 5 meses seco. Sendo que a temperatura média anual oscila entre 25,8°C. As temperaturas mínimas variam entre 21,4°C, e as temperaturas máximas variam de 32,8°C. A altura total de precipitação média dos meses mais secos não ultrapassa 12,3mm (jul.) e a precipitação total média anual é de 1207,3 mm, sendo os meses de maior pluviosidade os de outubro a março e os de menor pluviosidade de abril a setembro com média anual de 122 dias de chuva.

4.2. CLASSIFICAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Segundo a CPTEC/INPE, o Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas.

A seguir apresentamos os mapas de classificação pluviométrica segundo a ANA – Agência Nacional das Águas.

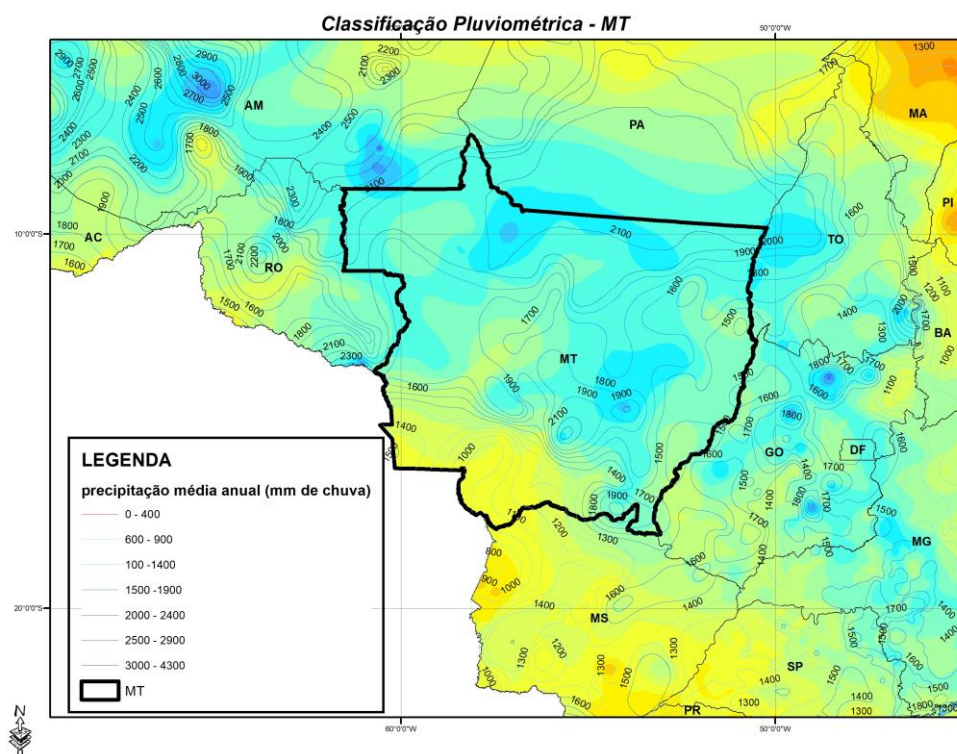


Figura 4 – Classificação Pluviométrica do Estado do Mato Grosso
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas

Para o estudo das precipitações pluviométricas, utilizamos os dados da Estação Meteorológica mais representativa nas proximidades do curso de drenagem em estudo, sendo que os dados foram coletados junto a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) / ANA (Agência Nacional de Águas); e o posto de coleta é:

➤ **Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT;**

Os registros dos Dados Pluviométricos com Nível de Consistência igual a 1 segundo a operadora são de 30 anos de observações, entre o período de 1983 a 2025.

Apresentamos a seguir os valores das precipitações, Histograma e demais informações importantes, elaborados com os dados obtidos desta Estação Meteorológica.

Caracterização da Estação

TIPO	CÓDIGO	BACIA / SUB BACIA	NOME	COORDENADAS		RESPONSÁVEL	OPERADORA	MUNICÍPIO	UF
				LAT	LONG				
Pluv	1555008	1 – Rio Paraná / Rios Paraguai e São Lourenço	FAZENDA ESTIVA PR3	15° 14' 00"	55° 44' 22"	ANA – Agência Nacional das Águas	SGB – CPRM – Serviço Geológico do Brasil	Chapada dos Guimarães	MT

Tabela 2 – Caracterização da Estação
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMA DIÁRIA MENSAL

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3													
Código: 1555008													
Município: Chapada Dos Guimarães - MT										Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas										Longitude: 55°44'22" O			
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1982										13,4	47,0	50,3	
1983	60,0	41,0	73,0	33,0	59,0	0,0	0,6	0,0	22,0	35,0	73,0	52,0	73,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	38,4	29,0	44,6	45,0	45,0
1985	50,0	49,0	79,2	58,8	21,4	2,8	12,4	0,0	16,0	62,0	26,4	52,0	79,2
1986	70,0	75,0	29,4	14,0	42,0	27,6	0,0	14,0	34,4	39,8	70,0	32,0	75,0
1987	32,8	44,0	54,0	72,2	9,0	19,6	0,0	0,0	16,0	52,0	44,6	90,4	90,4
1988	21,8	114,0	33,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	37,4	30,0	70,0	114,0
1989	65,4	40,0	50,0	58,4	58,6	1,0	9,4	38,0	22,8	44,0	57,4	71,8	71,8
1990	53,6	50,0	60,2	60,2	42,6	9,0	28,0	53,6	76,0	75,0	60,4	65,0	76,0
1991						4,0	0,0	0,0	71,0	65,0	50,0	80,0	
1992	75,0	47,8	25,0	38,0	6,6	0,0	0,0	6,0	62,0	50,0	75,0	43,4	75,0
1993	71,0	92,0	30,0	44,0	23,4	19,6	0,0	7,2	23,6	34,0	35,0	36,0	92,0
1994	55,0					23,3	17,6	0,2	48,0	30,0	60,0	55,0	
1995	56,0	70,0	38,0	40,0	84,0	16,0	0,0	8,0	26,0	28,0	88,9	81,3	88,9
1996	83,6	37,3	39,4	32,9	46,7	12,1	0,0	16,2	13,0	33,9	56,2	28,1	83,6
1997	63,1	68,4	38,8	23,1	40,5	18,1	0,0	0,0	58,5	22,0	45,2	92,7	92,7
1998	38,9	32,9	21,0	58,1	17,2	0,0	0,0	18,7	48,4				
1999	29,1	53,5	93,6	42,8	10,1	43,0	0,0	0,0	15,4	18,1	19,1	34,0	93,6
2000	57,2	48,7	93,5	37,4	3,2	0,0	7,6	43,6	22,1	45,8	59,9	22,9	93,5
2001	61,1	27,0	71,7	81,8	64,8	0,0	1,6	0,2	51,2	65,1	27,5	85,1	85,1
2002	54,9	99,5	57,6	37,1	39,8	0,0	1,7	24,5	20,7	33,9	41,4	33,0	99,5
2003	95,6	42,5	30,0	22,2	6,0	0,0	0,0	1,5	26,4	20,9	46,2	36,6	95,6
2004	43,5	30,5	59,1	77,8	33,2	0,0	44,4	0,0	22,2	38,3	130,4	71,3	130,4
2005	97,7	28,7	46,2	26,0	17,5	12,9	0,0	0,2	20,0	49,5	72,7	81,2	97,7
2006	29,7	52,1	41,8	33,5	62,2	0,0	22,3	0,9	36,7				
2007												56,3	
2008	40,0	18,4	54,7	61,8	4,0	0,0	0,0	0,0	10,0	39,0	51,2	90,0	90,0
2009	33,3	39,0	30,0	38,7	37,5	20,0	1,3	39,4	11,1	36,9	34,1	40,7	40,7
2010	40,7	51,0	33,4	24,2	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	54,3	40,7	54,3
2011	51,0	88,7	32,1	28,5	0,0	1,2	0,0	0,0	29,2	36,0	29,7	31,1	88,7
2012	64,2	69,1	37,8	38,3	33,6	26,1	0,0	0,0	17,8	20,1	28,3	46,5	69,1
2013	49,7	48,0	46,6	10,7	17,7	23,5		0,5	5,0	37,9	56,0	70,3	
2014	36,6	90,2	44,6	24,5	23,2	9,7	26,6	0,0	12,3	72,0	65,2	112,9	112,9
2015	20,3	59,7	52,1	55,1	15,8	6,5	8,8	0,0	3,8	54,5	31,3	24,5	59,7
2016	124,6	33,6	43,1	15,0	7,5		0,0	25,5	25,2	49,1	147,5	48,7	
2017	24,1	62,3	49,6	17,3	72,1	0,0	0,0	20,1	6,3	19,5	47,4	82,4	82,4
2018	78,4	51,7	60,1	21,5	17,5	0,0	0,0	12,5	30,1	35,0	105,0	65,0	105,0
2019	62,7	63,5	61,4	34,5	10,2	0,0	0,0	5,5	8,2	67,4	51,4	26,2	67,4
2020	27,9	114,3	36,4	8,1	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	75,5	18,3		
2021				26,0	1,0	0,0	0,0	0,0	19,2	40,0	36,5	27,5	
2022	35,0	30,0	20,2	18,2	0,0	8,0	0,0	13,3	28,0	48,0		43,0	
2023	107,0	70,0		100,0	83,0	0,0	0,0	0,5	100,0			30,0	
2024	47,0	101,0	22,5	2,0									
2025						0,0	0,0						

FIGURA 5: MÁXIMAS DIÁRIAS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

TOTAIS MENSAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3												
Código: 1555008			Município: Chapada Dos Guimarães - MT						Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas									Longitude: 55°44'22" O			
Ano	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais
1982									16,0	130,2	115,5	
1983	193,6	215,2	217,4	77,4	0,0	0,6	0,0	36,0	118,6	387,4	336,4	1.669,6
1984	100,6	234,0	241,2	45,8		0,0	74,4	60,2	167,0	103,6	195,6	
1985	261,8	239,8	260,2	37,0	2,8	12,4	0,0	39,6	216,4	120,8	142,2	1.532,2
1986	286,2	232,6	148,4	72,4	27,6	0,0	33,0	55,8	159,0	244,6	244,4	1.533,8
1987	229,4	138,6	262,4	20,4	19,6	0,0	0,0	29,4	117,0	236,6	316,2	1.546,4
1988	159,0	365,2	145,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	116,0	112,6	237,6	1.271,9
1989	400,0	186,8	325,4	58,6	1,0	9,4	81,0	54,6	90,2	148,0	263,2	1.959,8
1990	294,8	216,4	240,2	55,6	9,0	28,0	54,2	213,4	149,6	113,5	270,2	1.768,1
1991					4,0	0,0	0,0	95,0	218,0	199,0	321,8	
1992	330,2	280,0	98,4	6,6	0,0	0,0	11,2	255,0	234,0	240,6	135,6	1.701,6
1993	293,2	302,4	141,6	36,8	35,0	0,0	8,6	38,0	101,6	203,8	370,6	1.620,6
1994	239,0				42,9	18,6	0,2	66,6	143,0	171,6	407,0	
1995	300,0	407,6	152,0	142,0	20,0	0,0	8,0	34,2	84,4	245,1	317,7	1.832,6
1996	247,8	210,5	210,5	92,8	15,2	0,0	18,2	28,0	113,9	220,0	120,9	1.384,1
1997	349,9	157,9	187,6	47,6	35,6	0,0	0,0	79,7	56,9	115,6	286,1	1.371,8
1998	173,1	132,5	66,3	17,2	0,0	0,0	18,7	86,4				
1999	170,1	219,8	347,1	10,1	43,0	0,0	0,0	35,4	91,3	100,4	137,2	1.289,8
2000	204,2	307,4	389,6	3,2	0,0	7,6	72,4	75,9	153,3	216,7	127,4	1.679,0
2001	166,7	128,7	309,2	87,5	0,0	1,6	0,2	105,6	150,7	165,6	381,5	1.665,6
2002	259,1	408,6	144,7	69,5	0,0	1,7	24,5	24,7	101,1	195,6	139,2	1.417,1
2003	498,3	299,8	172,6	8,0	0,0	0,0	1,5	80,4	77,5	158,1	168,6	1.532,7
2004	363,0	180,7	98,5	33,2	0,0	53,1	0,0	26,5	136,0	217,2	262,9	1.513,4
2005	370,4	92,0	162,3	19,9	12,9	0,0	0,2	54,1	100,7	257,1	358,2	1.480,7
2006	155,3	297,9	310,5	62,2	0,0	34,5	0,9	111,9				
2007											179,4	
2008	237,5	142,8	255,8	12,8	0,0	0,0	0,0	11,2	85,2	186,3	220,9	1.405,4
2009	79,6	205,4	117,1	39,5	30,0	1,3	68,6	11,2	85,5	132,0	230,1	1.154,1
2010	420,6	198,8	180,7	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	83,8	276,4	133,0	1.352,7
2011	234,9	323,6	217,2	0,0	1,2	0,0	0,0	33,2	146,1	53,9	92,3	1.193,8
2012	348,3	253,9	105,9	108,4	42,3	0,0	0,0	17,8	63,6	159,7	122,8	1.285,5
2013	297,1	348,3	300,3	35,6	47,2		0,5	8,2	123,2	139,6	382,0	
2014	176,2	528,4	303,8	90,2	10,5	56,1	0,0	35,4	286,0	403,6	398,5	2.411,8
2015	77,9	254,0	189,1	38,1	13,8	8,8	0,0	6,3	102,2	150,0	69,7	1.100,6
2016	615,9	100,9	167,5	7,6		0,0	78,3	25,2	243,6	321,2	208,2	
2017	186,0	275,0	206,8	103,5	0,0	0,0	23,4	8,3	83,0	251,7	257,6	1.439,9
2018	207,1	208,3	140,6	17,5	0,0	0,0	12,5	107,9	103,6	349,7	230,6	1.469,3
2019	168,6	201,4	187,9	17,3	0,0	0,0	6,9	12,3	142,4	128,8	133,2	1.123,2
2020	117,3	482,7	112,7	61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	43,3		
2021				1,0	0,0	0,0	0,0	28,2	154,5	177,0	135,7	
2022	103,5	131,1	156,6	0,0	8,0	0,0	25,6	36,5	148,0		239,3	
2023	295,7	296,0		112,0	0,0	0,0	0,5	103,2		67,8	165,6	
2024	276,3	245,9	22,5									
2025					0,0	0,0						

FIGURA 6: TOTAIS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

HISTOGRAMA

Histograma:

Tipo	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mín.	77,9	92,0	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	43,3	69,7	0,0
Média	253,5	248,7	197,2	44,0	10,8	5,8	15,6	53,6	129,2	188,0	227,0	1.456,9
Máx.	615,9	528,4	389,6	142,0	47,2	56,1	81,0	255,0	286,0	403,6	407,0	2.411,8

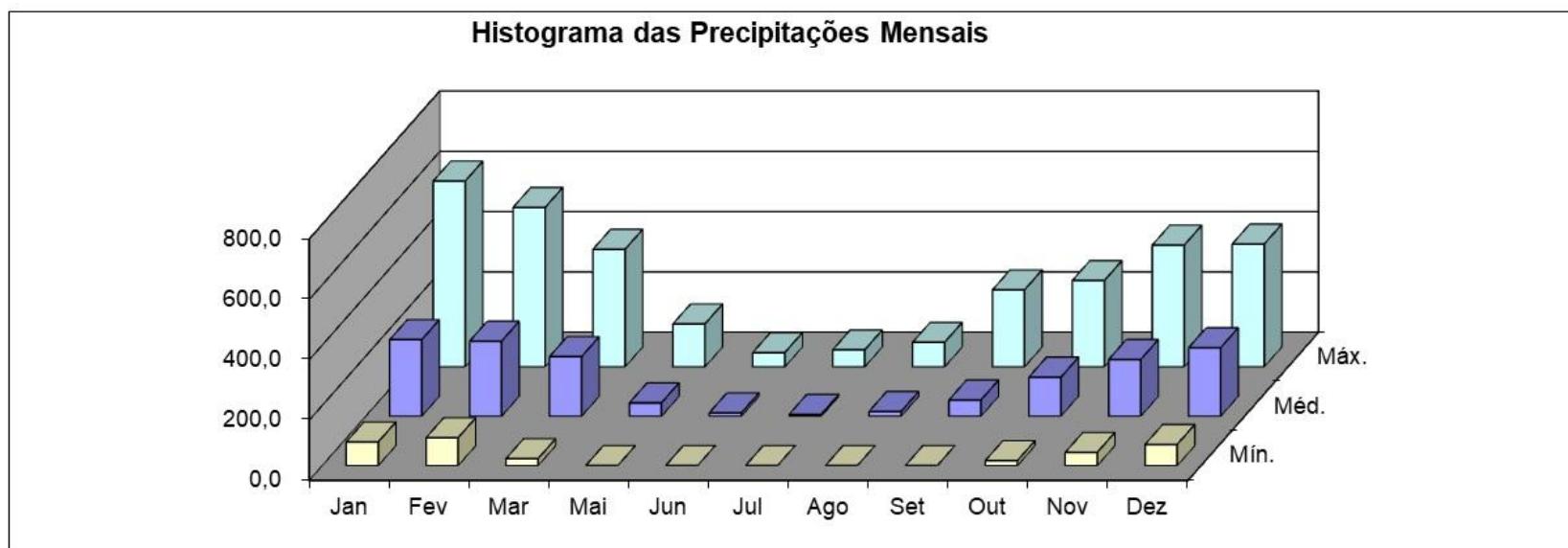


FIGURA 7: HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3							
Código: 1555008				Município: Chapada Dos Guimarães - MT			
Intervalo: 30 Anos				Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas				Longitude: 55°44'22" O			
Máximas Diárias		Método Estatístico (Distribuição de Gumbel)					
Ano	P (mm)	N	P	P-Pmed	(P-Pmed)²	F %	TR
1983	73,0	1	130,4	46,33	2.146,16	3,2	31,00
1984	45,0	2	114,0	29,93	895,61	6,5	15,50
1985	79,2	3	112,9	28,83	830,98	9,7	10,33
1986	75,0	4	105,0	20,93	437,93	12,9	7,75
1987	90,4	5	99,5	15,43	237,98	16,1	6,20
1988	114,0	6	97,7	13,63	185,69	19,4	5,17
1989	71,8	7	95,6	11,53	132,86	22,6	4,43
1990	76,0	8	93,6	9,53	90,76	25,8	3,88
1992	75,0	9	93,5	9,43	88,86	29,0	3,44
1993	92,0	10	92,7	8,63	74,42	32,3	3,10
1995	88,9	11	92,0	7,93	62,83	35,5	2,82
1996	83,6	12	90,4	6,33	40,03	38,7	2,58
1997	92,7	13	90,0	5,93	35,13	41,9	2,38
1999	93,6	14	88,9	4,83	23,30	45,2	2,21
2000	93,5	15	88,7	4,63	21,41	48,4	2,07
2001	85,1	16	85,1	1,03	1,05	51,6	1,94
2002	99,5	17	83,6	-0,47	0,22	54,8	1,82
2003	95,6	18	82,4	-1,67	2,80	58,1	1,72
2004	130,4	19	79,2	-4,87	23,75	61,3	1,63
2005	97,7	20	76,0	-8,07	65,18	64,5	1,55
2008	90,0	21	75,0	-9,07	82,33	67,7	1,48
2009	40,7	22	75,0	-9,07	82,33	71,0	1,41
2010	54,3	23	73,0	-11,07	122,62	74,2	1,35
2011	88,7	24	71,8	-12,27	150,63	77,4	1,29
2012	69,1	25	69,1	-14,97	224,20	80,6	1,24
2014	112,9	26	67,4	-16,67	278,00	83,9	1,19
2015	59,7	27	59,7	-24,37	594,06	87,1	1,15
2017	82,4	28	54,3	-29,77	886,45	90,3	1,11
2018	105,0	29	45,0	-39,07	1.526,73	93,5	1,07
2019	67,4	30	40,7	-43,37	1.881,25	96,8	1,03
Soma (Σ):		2.522,2		Soma (Σ):		11.225,52	
Pmed:		84,07		σ:		19,67 mm	

FIGURA 8: MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

4.3. CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, geomorfologia é conjunto de mapas, arquivos vetoriais e documentos que retratam e classificam o relevo brasileiro. São identificadas feições de relevo tais como planícies, depressões, chapadas e serras, assim como sua origem e evolução.

Segundo o Geoportal.Seplan.MT, o estudo geomorfológico compreende um esforço no sentido de entender as combinações e interferências que o relevo mantém com os demais componentes da natureza e da sociedade, com relevante interesse à proposição do zoneamento, contribuindo na elaboração das diretrizes para um desenvolvimento sustentado.

A seguir apresentamos os mapas de classificação Geomorfológica, segundo o GeoPortal da Secretaria de Planejamento do Mato Grosso

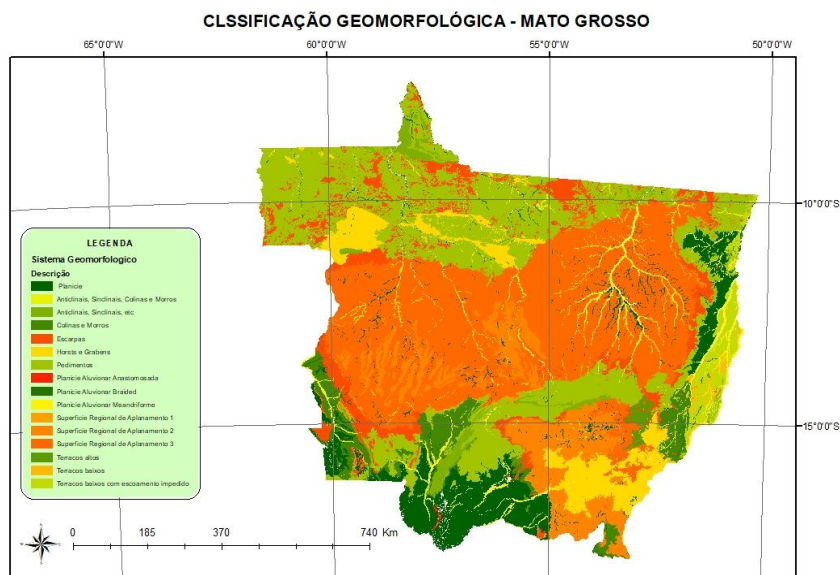


FIGURA 9: CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

4.4. CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

O relevo do Estado do Mato Grosso repousa sobre a porção do escudo brasileiro denominada de Maciço Central, Maciço do Brasil Central ou, ainda, Maciço Mato-Grossense. Este representa um vasto conjunto de áreas de escudo exposto, exibindo complexas estruturas geológicas, sobre as quais vieram a se depositar sedimentos. O Maciço Mato-Grossense apresenta-se soerguido para o Sul, onde apresenta suas maiores altitudes: 800-1200 metros, na Serra Azul e 500-800 metros, na Chapada dos Guimarães, fazendo limites, ao Norte com a Bacia Amazônica, a Leste com a Bacia do São Francisco, a

Oeste com a borda oriental andina e ao Sul-Sudeste, com a Bacia de sedimentação do Paraná (Anderson, 2004, p. 87).

4.5. CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

A região de estudo está situada no estado do Mato Grosso o qual tem como presença de vegetação o cerrado que uma riquíssima com uma biodiversidade gigante, o Cerrado é o principal bioma do Centro-Oeste brasileiro. Já foi retratado nos livros de Guimarães Rosa e outros poetas e é considerada a Savana brasileira. Em Mato Grosso, o cerrado cobre 38,29% de todo o território. Localizado principalmente nas depressões de Alto Paraguai - Guaporé, o sul e o sudeste do planalto dos Parecis e ao sul do paralelo 13º, até os limites de Mato Grosso do Sul. Conforme o mapa apresentado abaixo, toda a área da Bacia de Contribuição para a obra em estudo está localizada na região de Savana (Cerrado).

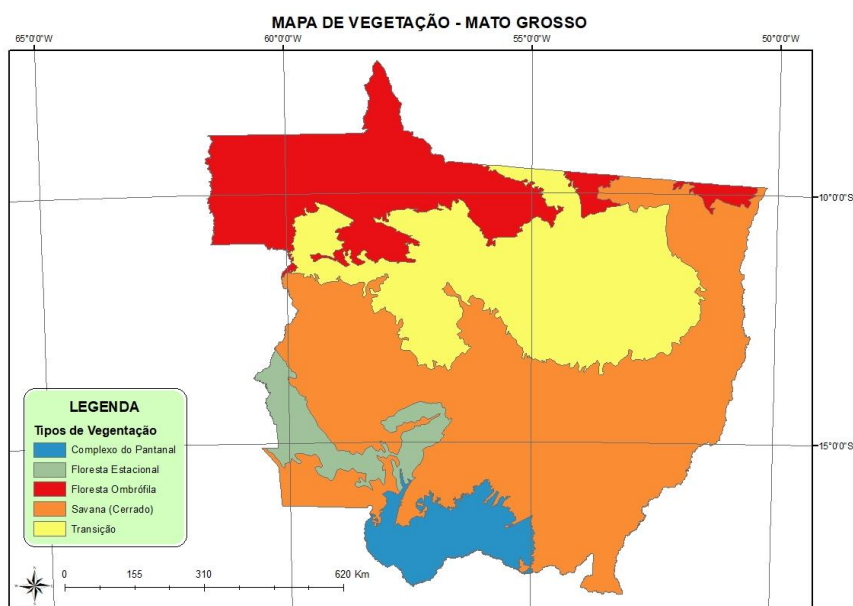


FIGURA 10: VEGETAÇÃO PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

5. METODOLOGIA UTILIZAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE PRECIPITAÇÃO, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, baseado nas teorias dos extremos de amostras

ocasionais, Gumbel demonstro que, se o número de vazões máximas anuais tende para infinito, a probabilidade “P” de uma dada descarga ser superada por um certo valor da variável aleatória é dada pela equação seguinte, para um número infinito de elementos:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Onde:

P = probabilidade de não ocorrerem descargas maiores;

e = base dos logaritmos neperianos;

y = variável reduzida. Para TR = 25 anos, y = 3,1985. Para TR = 12,5 Y = 2,4843

Com os dados coletados de chuva diária, elaborou-se o presente estudo, visando à determinação das alturas para diferentes períodos de recorrência e diferentes durações.

A metodologia empregada foi o método de “Probabilidade Extremos de Gumbel”. Para este estudo escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano durante todo o período, para o posto. Para tempos de duração menores que um dia, foram feitas correções pelo Método das Isozonas.

A seguir apresentamos os cálculos que fornecem as relações entre as precipitações máximas, períodos de retorno e as probabilidades de ocorrência, para o posto estudado.

Descrição dos índices usados nos cálculos, para análise pluviométrica:

P	Valor máximo de precipitação diária, no período de 1 ano;
Pmed	Precipitação média;
M	Números de anos observados;
F	Frequência de vazões de enchentes observadas;
Tr	Tempo de recorrência;
n	Número de ordem variável de 1 a “m”;
f	Desvio padrão;
K	Coeficiente que depende do número de amostras tomadas e do Período de recorrência. Valor tabelado por WEISE e REIDE;

Pr Fórmula devida a Ven te Chow, onde Pr é a precipitação para um certo período de recorrência.

$$Pr = Pm + (\square \times K)$$

desta análise, podemos calcular o valor da precipitação média e do desvio padrão:

$$Pmed = \frac{\sum Pi}{n} \quad e \quad \sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum (Pi - Pmed)^2}{n - 1} \right)}$$

$$Pmed = 83,18mm$$

$$\sigma = 22,06mm$$

Onde:

- Pi – Valor da precipitação máxima diária para cada ano da série histórica;
- n – número de anos de observação da série histórica.

Os valores até aqui calculados da precipitação média ($Pmed$) e do desvio padrão (δ) são para um período de recorrência de 26 anos, que é o intervalo da série histórica. Torna-se necessário, porém, para o cálculo das vazões de projeto, que se obtenha as precipitações máximas para tempos de recorrência padronizados que serão aplicadas a diferentes tipos de bacias, conforme anteriormente exposto.

Estes valores foram obtidos através do critério de Ven. T. Chow, explicitado pela seguinte equação:

$$Pmáx = Pmed + \sigma \times K$$

Onde:

- $Pmáx$ – Precipitação máxima de um dia, em mm;
- $Pmed$ – Precipitação média, em mm;
- δ – desvio padrão, em mm;
- K – Fator de frequência.

Os valores do fator de frequência (K), tabelados por Weise e Reid, são apresentados na Tabela das próximas páginas e servem para ajustar o tempo de retorno da série histórica para os tempos de retorno padronizados, a serem utilizados no cálculo da vazão de projeto.

Desta forma, procedeu-se o cálculo das precipitações máximas diárias para o tempo de recorrência de **5, 10, 15, 25, 50, 100 anos**. Estes valores (chuvas de 1 dia) foram convertidos em chuvas de 24 horas de duração multiplicando-se pelo coeficiente 1,10 que é a relação 24h/1dia.

Para tempos de duração menores que 24 hs foram feitas correlações através do método das isozonas desenvolvido pelo **Engº. Jayme T. Taborga**, em seu livro “Práticas Hidrológicas”. Este método propõe que para certas regiões, denominadas “Isozonas”, as precipitações seriam distribuídas de maneira igual, tornando possível a transformação das chuvas de 24 horas para 1 hora e de 24 horas para 6 minutos.

CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DE 24, 1 E 0,1 HORAS

TR	Fat. Freq. K	$P_{máx}$ ($P_{med} + \sigma K$)	Isozona (F)		Precipitações Máximas		
			f_{1h} % 1h	$f_{0,1h}$ % 6 min	P_{24h} ($1,1 \cdot P_{máx}$)	P_{1h} ($P_{24h} \cdot f_{1h}$)	$P_{0,1h}$ ($P_{24h} \cdot f_{0,1h}$)
5	0,828	177,27	46,00	13,90	195,00	89,70	27,11
10	1,478	231,44	45,50	13,90	254,58	115,83	35,39
15	1,842	261,77	45,30	13,90	287,94	130,44	40,02
25	2,303	300,18	44,90	13,90	330,20	148,26	45,90
50	2,913	351,01	44,50	13,90	386,11	171,82	53,67
100	3,519	401,50	44,10	12,40	441,65	194,77	54,77

Figura 11 – Cálculo das precipitações máximas do posto pluviométrico de Fazenda Seco
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas.

6. MÉTODO DAS ISOZONAS

A necessidade de conhecimento das alturas de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas, e a baixa densidade de postos pluviográficos que possam proporcionar estes dados, obrigam a extrapolação destes postos distantes até o local de projeto. O método utilizado para esta extrapolação é o das Isozonas. Esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de concentração necessários inferiores a 24 horas.

O trabalho do Engº Torrico partiu da observação que para determinadas áreas geográficas, ao se desenhar em um papel de probabilidade as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, e prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto. Esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe de alturas de precipitação.

A estas áreas homólogas, o autor denominou de Isozonas e elaborou um mapa, relacionando as alturas de precipitações máximas com duração de 1 a 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 10.000 anos e com duração de 6 minutos e 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 100 anos.

Descrição da metodologia adotada:

- A partir do estudo estatístico, citado anteriormente, calculou-se para o posto em estudo, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto.
- Converteu-se esta chuva de um dia, em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta, pelo coeficiente 1,10, que é a relação 24 horas/1 dia.
- Determinou-se no Mapa de Isozonas, a Isozona correspondente a região do projeto.
- Em nosso estudo a Isozona utilizada foi a **Isozona “F”**, com coeficientes de índices altos.
- Após ter-se determinado a Isozona, fixam-se para a mesma as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.
- Após a determinação das alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, marcou-se estes valores no papel de probabilidade de Hershfield e Wilson, e ligando-se os pontos marcados, obtiveram-se as alturas de precipitação para qualquer duração entre 6 minutos e 24 horas.

ISOZONAS

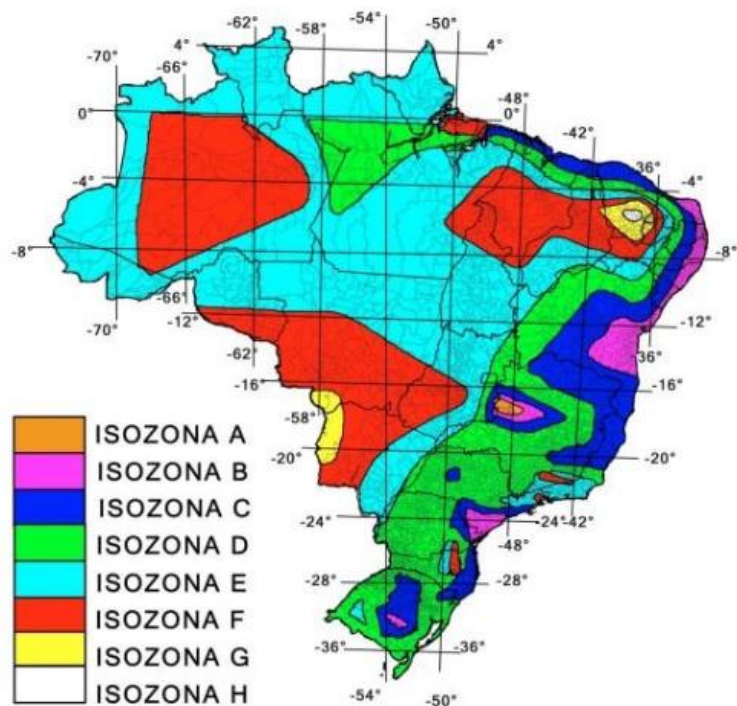


Figura 12 – Mapa de Isozonas
Fonte: adaptado de TORRICO (1974)

Relação:		1h/24h										6min/24h	
Tr		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 ~ 50	100
ISOZONAS	A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
	B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
	C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
	D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
	E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
	F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
	G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
	H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,6	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 13 – Relação entre precipitações 24h e as de 1h e mim
Fonte: TORRICO (1974)

- Tempo de Recorrência (Tr)

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, a escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão de projeto desta obra, depende da sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui a necessidade eventual da sua reconstrução. Deve ser considerado ainda que, quando maior o tempo de recorrência, mais volumoso será o caudal e, conseqüentemente, mais onerosa a reconstrução, ou reparação.

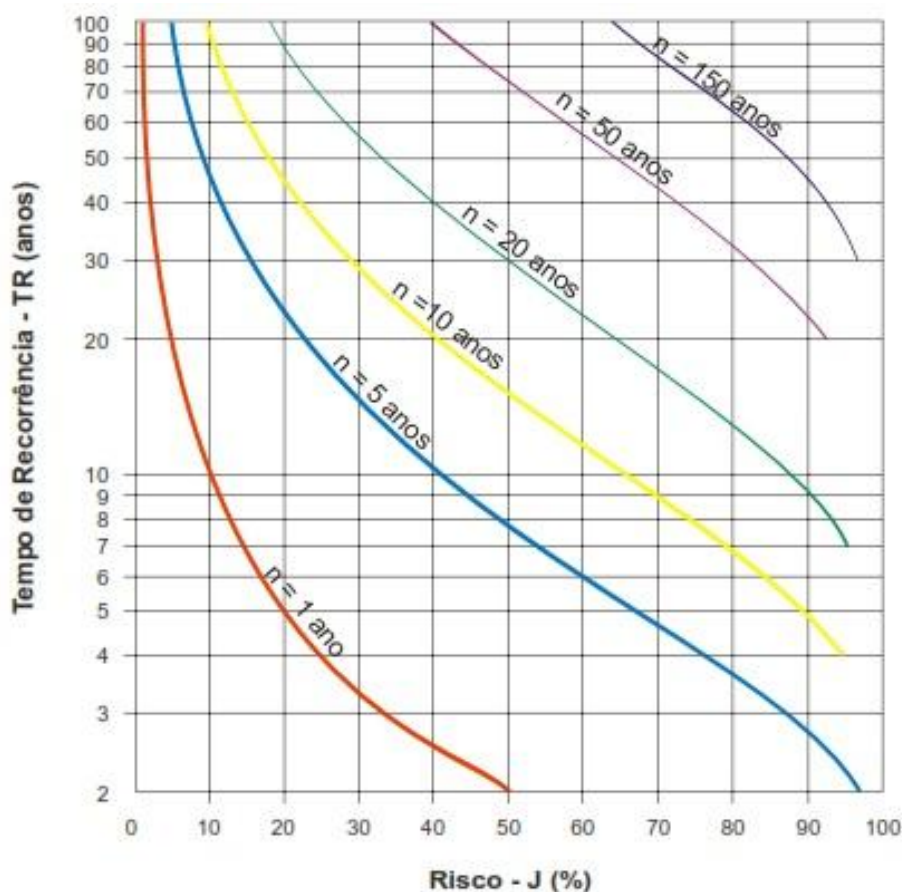


Figura 14 – Relação entre probabilidade de risco, tempo de recorrência e vida útil
Fonte: Publicação IPR-715 – Manual de Hidrologia Básica de Estruturas de Drenagem

Para escolha do tempo de recorrência para os projetos dos dispositivos de drenagem, foram adotadas as recomendações da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, onde apresenta as seguintes recomendações abaixo:

A escolha dos tempos de recorrência será determinada através de fator técnico-econômico e deverá constar basicamente de;

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da rodovia;
- Estimativa de custos de restauração, na hipótese de destruição;
- Estimativa de outros prejuízos resultantes de ocorrência de descargas maiores que as de projeto;
- Comparativos de custo entre a obra para diferentes tempos de recorrência;
- Risco para as vidas humana face a acidentes provocados pela destruição da obra;

- Tempo de Concentração

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga.

É definido como sendo o tempo necessário para que a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros.

Foram adotados dos parâmetros conforme recomendação da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, mencionados abaixo:

- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Área da bacia;
- Recobrimento vegetal;

➤ Uso da terra

➤ Outros;

Segundo estudos, as características que influem principalmente no tempo de concentração são as três citadas acima.

Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

onde:

T_c = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km;

H = desnível do talvegue em m.

➤ O cálculo dos outros parâmetros, ou seja, área da bacia drenada, comprimento do talvegue principal e desnível entre o ponto mais alto nas cabeceiras dos mananciais e a seção de drenagem foram determinadas com suficiente precisão por meio de Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);

7. CÁLCULOS DE VAZÕES AFLUENTES

Segundo “*PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, os Estudos Hidrológicos visam primordialmente o dimensionamento dos dispositivos capazes de conduzir satisfatoriamente as vazões afluentes, os métodos usuais empregados buscam a quantificação das descargas através de procedimentos matemáticos.

Segundo a “*IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, no cálculo das vazões das bacias de contribuições, para escolha do melhor método a ser adotado podemos seguir as seguintes limitações:

➤ Bacias com áreas até 4,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Afluentes o

Método Racional;

- Bacias com áreas de 4,0 km² até 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões o Método Racional Corrigido por coeficiente de retardamento;
- Bacias com áreas superiores as 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT);

7.1. MÉTODO DE CÁLCULO

7.1.1 – MÉTODO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

Para as bacias de porte significativo, com áreas de drenagem superior a 10 km², empregou-se o Método do Hidrógrafo Triangular Sintético.

Esse método se baseia na teoria do hidrograma unitário, desenvolvida pioneiramente em 1932 por Le Roy R. Sherman (*Streamflow from rainfall by Unit-Hydrograph Method, Engineering News-Record, vol. 108, pp. 501-505, january-June, 1932*). Trata-se de uma técnica conveniente e amplamente aceita para determinação das vazões de projeto de obras de porte significativo.

O hidrograma unitário permite o cálculo da vazão para qualquer chuva, após estabelecido o hidrograma para a área de estudos. Esse hidrograma é estabelecido para uma precipitação unitária (lâmina d'água inicialmente de 1 polegada ou 1cm sobre uma área usualmente de 1 acre). O método é então a ligação entre a precipitação e vazão, e pode ser traduzido no seguinte sistema:

Precipitação efetiva x hidrograma unitário= vazão.

O processo do hidrógrafo triangular sintético utilizado pelo *Soil Conservation Service* e explicitado por Ven Te Chow, tem a seguinte expressão básica:

$$Q = \frac{0,208A \times P_E}{t_p},$$

onde:

Q = vazão, em m^3/s ;

A = área da bacia, em km^2 ;

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

t_p = tempo de ponta, em horas.

O excesso de chuva foi obtido conforme recomendado pelo *U.S Soil Conservation Service*, através da seguinte relação:

$$P_E = \frac{(P - 5,08S)^2}{P + 20,32S}$$

sendo:

$$S = \frac{1000}{NC} - 10$$

onde:

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

P = precipitação, em mm;

N_C = número da curva de *run-off*, representativa do complexo hidrológico solo-vegetação.

O tempo de ponta é obtido a partir do tempo de concentração através da seguinte fórmula:

$$tp = 0,6 tc + \sqrt{tc}$$

Os tempos de concentração foram calculados pela fórmula de Kirpich, conforme mencionado na alínea a anterior.

Fixação do Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo-Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

Coeficiente de runoff

OROGRAFIA			PLANA		ONDULADA		MONTANHOSA	
CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE			C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos	Muito Permeáveis	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
Estéreis	Permeáveis	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
e Áreas	Semi Permeáveis	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
Urbanizadas	Pouco Permeáveis	D	0,60-0,80	70	0,60-0,90	75	0,60-1,00	80
Cerrados,	Muito Permeáveis	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
Pastagens	Permeáveis	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
e Matas	Semi Permeáveis	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
Ralas	Pouco Permeáveis	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
	Muito Permeáveis	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
Culturas e	Permeáveis	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
Pastagens	Semi Permeáveis	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
Terraceadas	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
	Muito Permeáveis	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
Culturas	Permeáveis	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
Terraceadas	Semi Permeáveis	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70

Tabela 3 – Coeficiente de runoff
Fonte: ASCE/WEF, citado em Chow ,1962

sendo:

- A = “Loess” em camadas espessas;
- B = “Loess” em camadas rasas e areias;
- C = Solos Siltosos e Argilosos;
- D = Solos com argilas expansivas e pavimentos.

8. METODOLOGIA DE PROJETO E REFERENCIAL TEÓRICO

8.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA BACIA

Segundo Tonello (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem.

Características morfométricas de bacias hidrográficas.

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total
	Perímetro total
	Coefficiente de compactidade (Kc)
	Fator de forma (F)
	Índice de circularidade (IC)
Características do relevo	Padrão de drenagem
	Orientação
	Declividade mínima
	Declividade média
	Declividade máxima
	Altitude mínima
	Altitude média
Características da rede de drenagem	Altitude máxima
	Declividade média do curso d'água principal
	Comprimento do curso d'água principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Densidade de drenagem (Dd)
	Ordem dos cursos d'água

Figura 15 – Características morfométricas de bacias hidrográficas
Fonte: Tonello (2005)

8.2. MODELO DIGITAL DE TERRENO

Segundo a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, através de técnicas digitais de estereoscópica cônica ou cilíndrica, graças à precisão geométrica das imagens e de seu posicionamento no solo (geodésico), o relevo é restituído através de um modelo Digital de Terreno, passível de visualização em três dimensões. A partir do Modelo Digital de Terreno é possível a restituição das curvas de nível, a delimitação de bacias hidrográficas, a cartografia de rede de drenagem, o mapeamento da declividade e da exposição de uma determinada área.

Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).

DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Acurácia Horizontal	* 20 metros
Acurácia Vertical	* 4 metros
Amostragem Horizontal	
Disponível	** 3" x 3" lat/log (90 x 90 m)
Não Disponibilizada	*** 1" x 1" lat/log (30 x 30 m)
Amostragem vertical	1 metro
Projeção cartográfica	Coordenadas geográficas (latitude / longitude)
Sistema de referência	WGS-84
Formato dos dados	16 bits

* Acurácia para 66% dos dados (para o restante dos dados a acurácia de 10 – 16 metros)

** Aproximadamente 90 metros para latitudes médias e próximas do Equador.

*** Aproximadamente 30 metro para latitudes médias e próximas do Equador.

Tabela 4 – Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).
Fonte: Embrapa Relevos

A confiabilidade dos dados do programa SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparados ao modelo digital de elevação gerado a partir da carta da topográfica do Serviço Geográfico do Exército (DSG) (SANTOS et al., 2006)

8.3. TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Geoprocessamento é a técnica que permite o processamento de diferentes informações de caráter geográfico com uso do solo, vegetação, malha viária, expansão urbana, dados censitários, entre outras, de forma igualmente georreferenciada. As informações geográficas podem ser entendidas como planos de Informação e podem ser cruzadas entre si possibilitando a obtenção de outros produtos cartográficos originados de dois ou mais Planos de informação diferentes. As informações são trabalhadas num espaço tridimensional X, Y e Z, sendo X e Y sua posição geográfica no globo terrestre e Z um atributo dessa informação. (LAHM 2000). O objetivo principal do Geoprocessamento é fornece ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas através do uso do Geoprocessamento tornem disponíveis para as análises ambientais, procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente.

8.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO PARA BTC – BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO

Segundo a *“PUBLICAÇÃO IPR-724 – MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS”* DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, o cálculo da seção transversal ou seção de vazão do bueiro vai depender de dois elementos básicos: a descarga da bacia a ser drenada e a declividade adotada.

A descarga é definida pelos estudos hidrológicos e a declividade, de escolha do projetista, deverá atender a esta descarga com a obra operando em condições de segurança.

Para os procedimentos temos as seguintes equações:

$$Q_c = A_c \sqrt{g \times h_c}$$

Onde:

Q_c = a vazão crítica em m³/s;

A_c = área molhada que atenderá à vazão crítica em m²;

g = é a aceleração da gravidade ($\approx 9,81$ m/s²);

h_c = área molhada do fluxo;

A área crítica de escoamento é definida pela seguinte equação:

$$A_c = \frac{\Phi_c - \text{sen}\Phi_c}{8} \times D^2$$

Onde:

Φ_c = é um ângulo interno em função da área molhada em radianos;

D = é o diâmetro nominal da tubulação em m.

Ângulo $\emptyset$

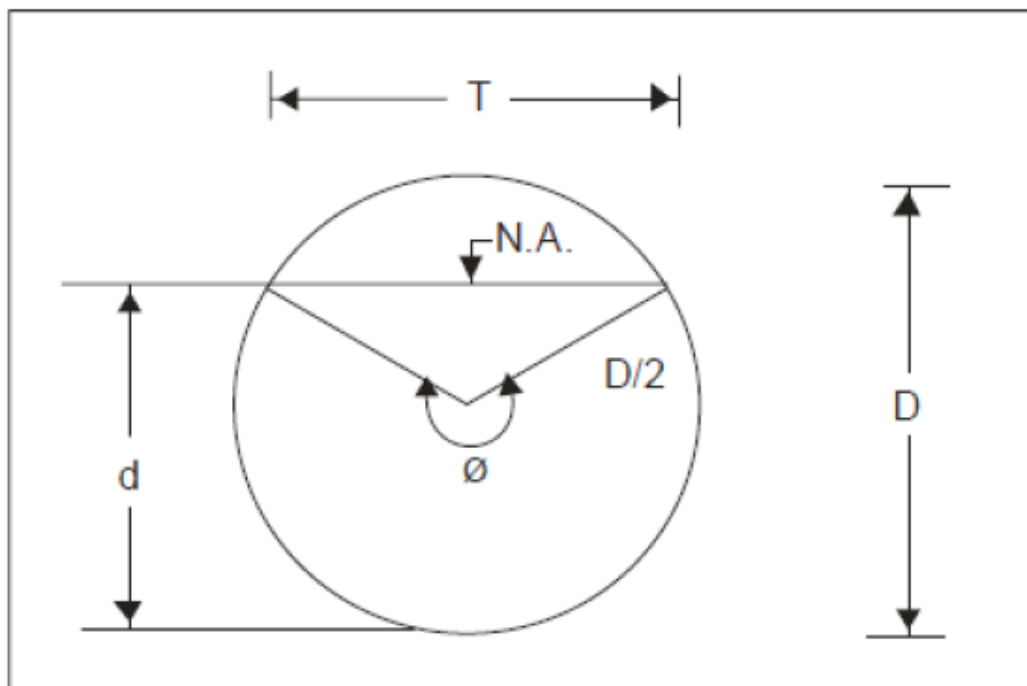


Figura 16 – Dimensionamento hidráulico
Fonte: DNIT (2006)

“d” representa a profundidade de escoamento da água, em metros e geralmente para fins de dimensionamento de bueiros utiliza-se o valor de 80% de D;

$$d = 0,8 \times D$$

O ângulo Φ é assim calculado:

$$\cos \frac{\emptyset}{2} = 1 - \frac{2d}{D}$$

O Manual de Drenagem (DNIT, 2006) recomenda ainda que a declividade de instalação do bueiro (gradiente hidráulico) seja dimensionada de acordo com a equação de Chezy:

$$I = \frac{V^2 \times n^2}{R^{4/3}}$$

Sendo:

I = a declividade em %;

V = a velocidade de escoamento da água em m/s;

n = coeficiente de rugosidade do material do bueiro;

R = raio hidráulico em função do perímetro e da área molhada em m;

9. APRESENTAÇÃO DOS MAPAS DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO DO EXUTÓRIO EM ESTUDO

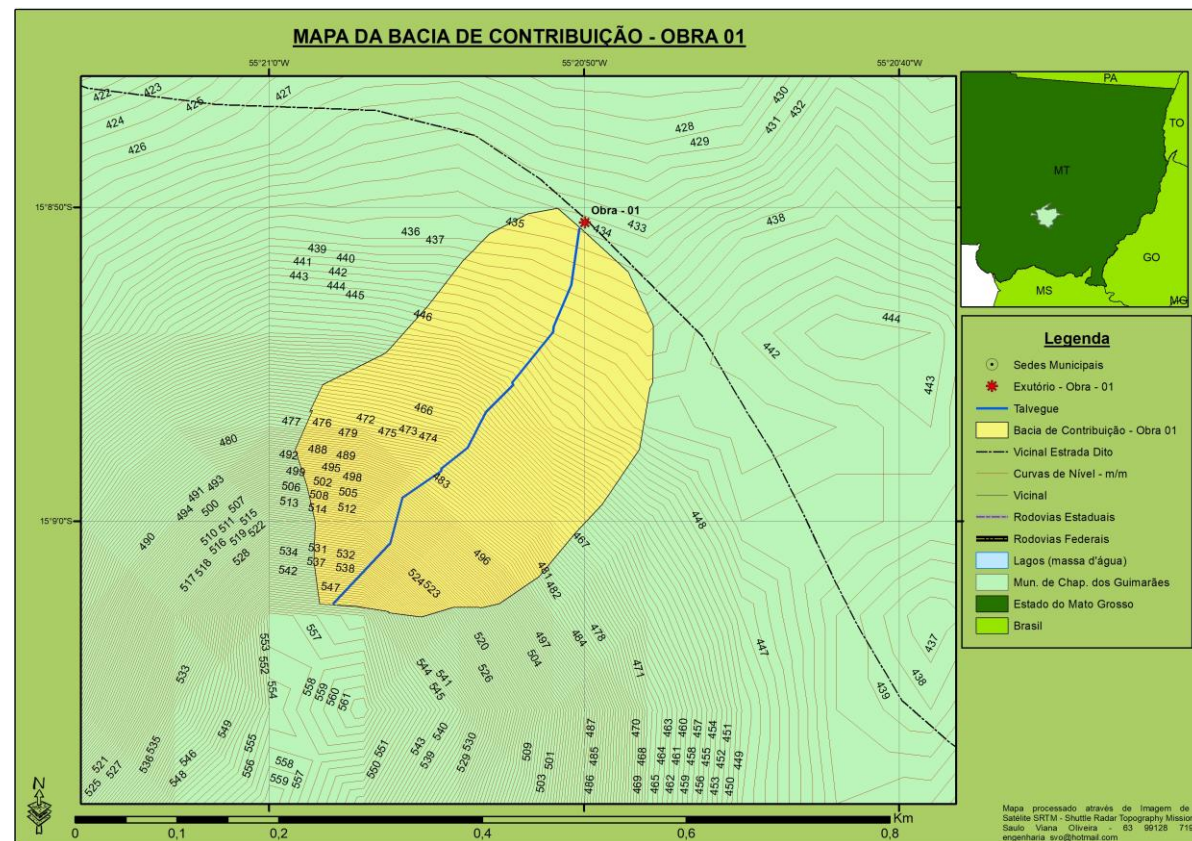


Figura 17 – Bacia da Contribuição
Fonte:– Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

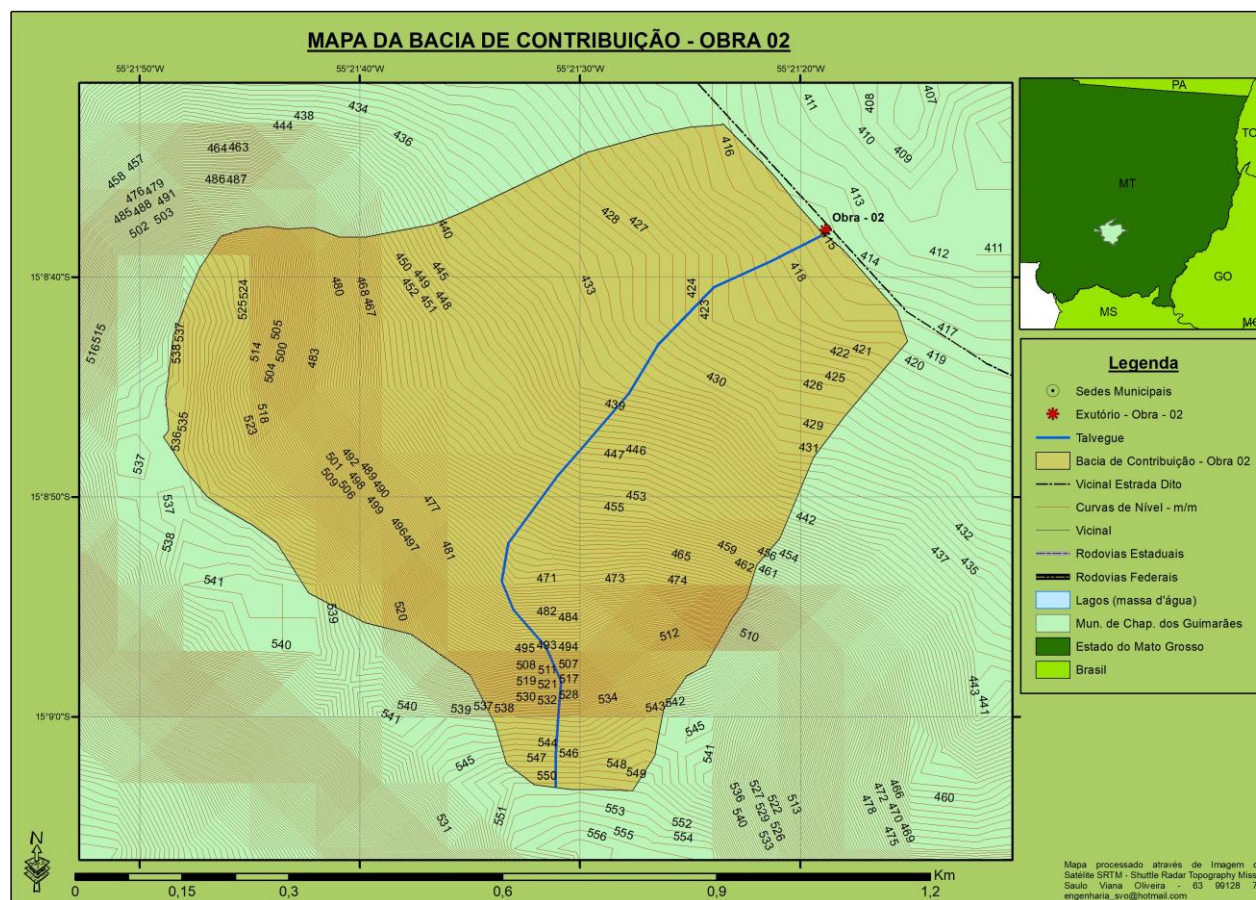


Figura 18 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGIS 9.3

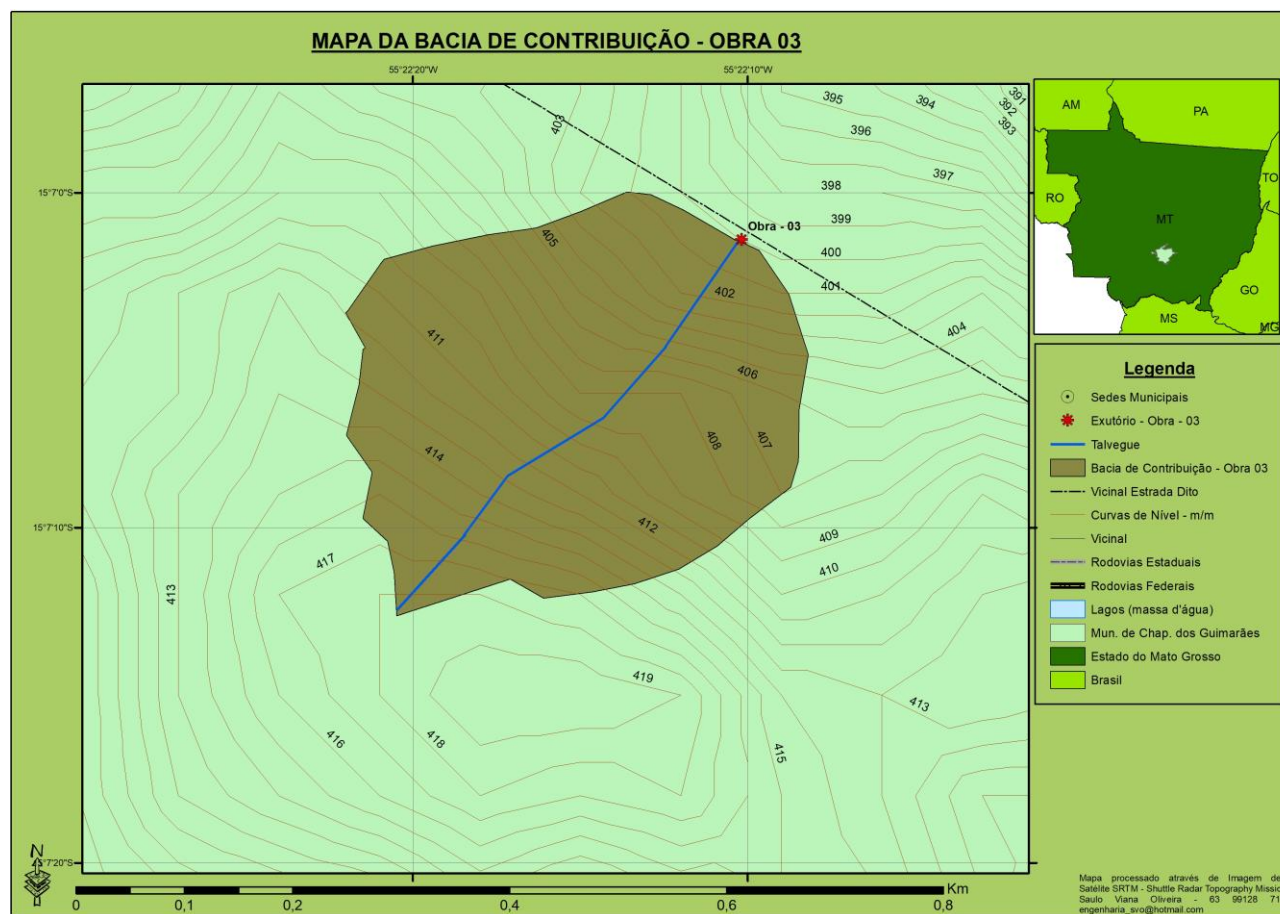


Figura 19 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

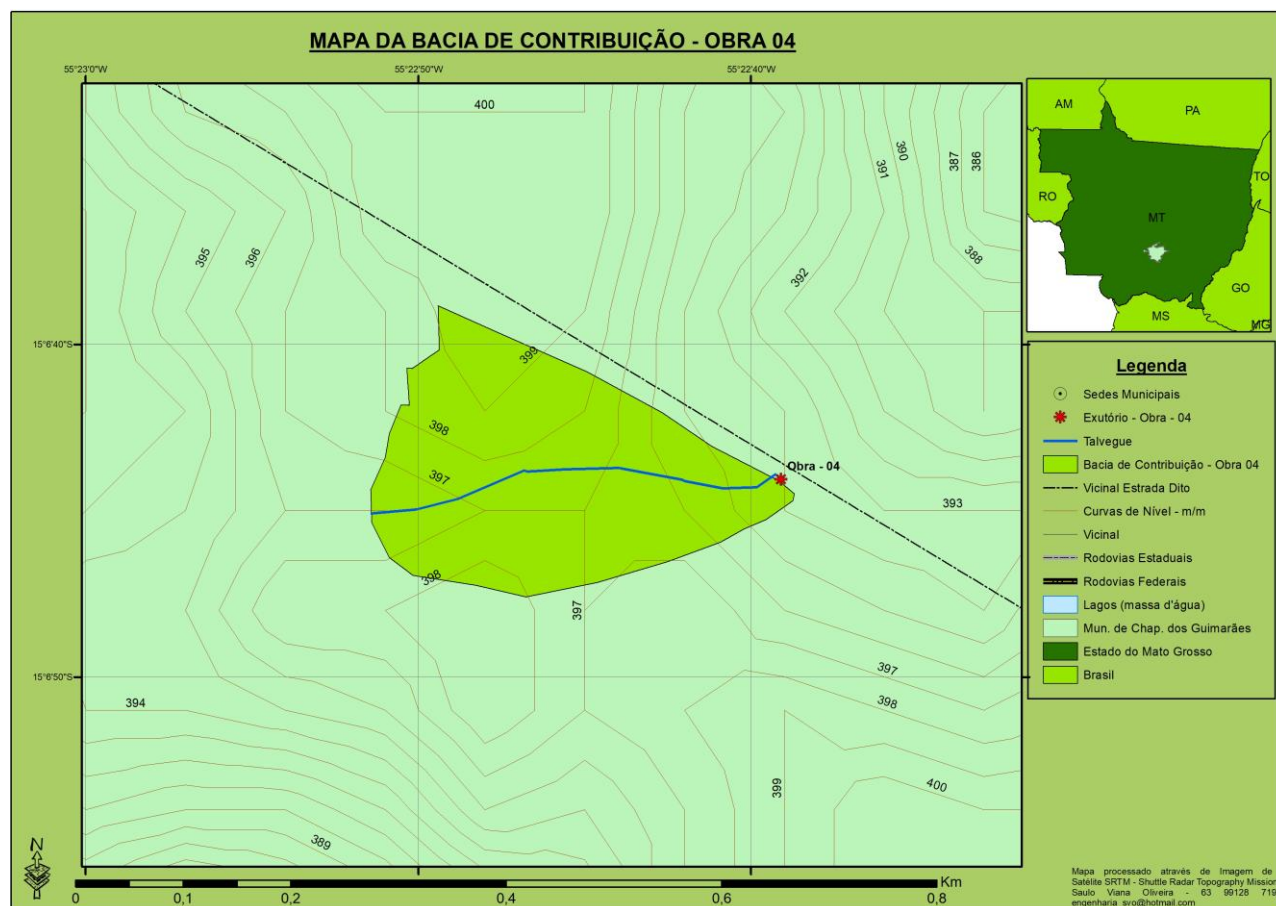


Figura 20 – Bacia da Contribuição
Fonte: Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

10.RESULTADOS E DIMENSIONAMENTO – MRC – MÉTODO RACIONAL CORRIGIDO

Cálculo pelo Método Racional Corrigido

Ordem	Trecho	Localização		Caracterização Morfológica da Bacia Hidrográfica									Cálculo da Vazão de Projeto pelo Método Racional Corrigido				Caracterização da Obra Dimensionada									
		Identificação	Curso d'Água	Cota Fundo	A (Km²)	L (Km)	Cota Topo	ΔH (m)	Sm (%)	S (%)	C	TR	Tc (hs)	P (mm)	I (mm/h)	Qp (m³/s)	Qtd. ou "P" para Ponte	Largura, Diâmetro ou Comprim. (m)	Declividade (%)	Coef. de Rugosidade p	Raio Hidráulico Rh	Velocidade (m/s)	Qr (m³/s)	Vel.	Obra Dimensionada	
1	Estrada Vicinal Dito	Obra 01	Fluxo Intermitente	441,000	0,10000	0,450	559	118	26,22	26,22	0,4	15	0,06	19	315,68	3,51	1,00	1,20	3,00	0,02	0,30	5,17	5,85	Ok!	BSTC	Ø1,20
2		Obra 02	Fluxo Intermitente	417,000	0,56600	0,983	556	139	14,14	14,14	0,4	15	0,14	23	165,07	10,39	2,00	1,50	3,00	0,02	0,38	6,00	21,22	Ok!	BDTC	Ø1,50
3		Obra 03	Fluxo Intermitente	404,000	0,12100	0,465	419	15	3,23	3,23	0,4	15	0,14	23	166,30	2,24	1,00	1,00	3,00	0,02	0,25	4,58	3,60	Ok!	BSTC	Ø1,00
4		Obra 04	Fluxo Intermitente	396,000	0,06029	0,381	398	2	0,52	0,52	0,4	15	0,24	33	138,27	0,93	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80

Figura 21 – Quadro de Resultados e Dimensionamento de Obra

RAUL BARROS RIBEIRO

Eng. Civil - Crea 1216969736

RAUL BARROS
RIBEIRO:03217364198
7364198

Assinado de forma
digital por RAUL
BARROS
RIBEIRO:03217364198
Dados: 2025.01.14
08:24:14 -04'00'

ESTUDO HIDROLÓGICO

MUNICÍPIO: CHAPADA DOS GUIMARÃES – MT

TRECHO: ESTRADA VICINAL CÓRREGO DO CAMPO

LOCAL / DATA: CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT / JUNHO DE 2026

1. INTRODUÇÃO

Os Estudos hidrológico tem-se como principal objetivo:

- Fornecer características morfométricas, climatológicas e pluviométricas, dando subsídios e critérios para a determinação de vazão a fim de dimensionamento hidráulico da obra de arte.

O presente estudo apresenta os parâmetros técnicos para caracterização morfológica das bacias hidrográficas, através do MDT – Modelo Digital de Terreno, dando condições técnicas para o dimensionamento das OAE - Obras de Artes Especiais, seguindo as recomendações técnicas dos cadernos de orientações e instruções de serviços abaixo.

- Caderno de Orientações Técnicas do Programa de Pontes – Mais MT, 2021;
- Publicação IPR – 715 – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem;
- IS – 203: Estudo Hidrológico;
- Publicação IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias;
- IS – 239: Estudos Hidrológicos para Projetos Executivos de Engenharia para Construção de Rodovias Vicinais;
- Publicação IPR-726 Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços.

2. LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Os Exutórios em estudo situam-se em Estrada Vicinal, denominada Córrego do Campo, no município de Chapada dos Guimarães – MT, conforme apresenta a “**Tabela 1**” e “**Figura 1**” abaixo.

Localização dos Pontos de Exutórios em Estudo e Dimensionamento

ITEM	IDENTIFICAÇÃO DA OBRA	OBRA DIMENSIONADA	COORDENADAS UTM		ZONA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			LESTE	NORTE		LATITUDE	LONGITUDE
01	Obra 01	BSTC ø 0,80 greide	618.927,71	8.346.465,71	21 L	-14° 57' 14,39"	-55° 53' 38,64"
02	Obra 02	BSTC ø 0,80 greide	616.287,42	8.345.199,13	21 L	-14° 57' 56,03"	-55° 55' 06,81"
03	Obra 03	BSTC ø 0,80 greide	615.991,02	8.345.025,77	21 L	-14° 58' 01,72"	-55° 55' 16,71"
04	Obra 04	BSTC ø 0,80 greide	615.900,64	8.344.952,49	21 L	-14° 58' 04,12"	-55° 55' 19,72"
05	Obra 05	BSTC ø 0,80 greide	615.387,12	8.344.938,01	21 L	-14° 58' 04,67"	-55° 55' 36,91"
06	Obra 06	BSTC ø 0,80 greide	615.212,45	8.344.695,12	21 L	-14° 58' 12,60"	-55° 55' 42,72"
07	Obra 07	BSTC ø 0,80 greide	614.675,14	8.344.658,71	21 L	-14° 58' 13,87"	-55° 56' 00,70"
08	Obra 08	BSTC ø 0,80 greide	614.204,58	8.344.692,70	21 L	-14° 58' 12,84"	-55° 56' 16,45"
09	Obra 09	BSTC ø 0,80 greide	614.096,25	8.344.685,63	21 L	-14° 58' 13,09"	-55° 56' 20,08"
10	Obra 10	BSTC ø 0,80 greide	611.891,91	8.345.428,70	21 L	-14° 57' 49,25"	-55° 57' 33,99"
11	Obra 11	BSTC ø 0,80 greide	611.842,19	8.346.119,86	21 L	-14° 57' 26,76"	-55° 57' 35,76"
12	Obra 12	BSTC ø 0,80 greide	610.812,87	8.348.737,91	21 L	-14° 56' 01,72"	-55° 58' 10,62"

Tabela 1 – Localização dos pontos de exutórios.
Fonte: Coleta de Campo



Figura 1 – Mapa de Localização
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.5

3. DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados para a realização do estudo hidrológico estão abaixo relacionados:

- Locação do ponto de captação (exutório) com GPS;
- Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);
- Processamento de Dados no ArcGis;
- Dados pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL/Agência Nacional de Águas – ANA, Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT, com dados pluviométricos tratados de 30 anos;
- Classificação Climática de Wladimir Köppen”, publicação do DNER;
- Normas climatológicas – série 1961/1990 – INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
- Cartas topográficas fornecidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro e publicada na escala 1:100.000;

4. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA, PLUVIOMÉTRICA E GEOMORFOLÓGICA

4.1. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização do clima da região situada próxima ao segmento rodoviário de interesse, foi utilizada a metodologia adotada por Wladimir Köppen, que leva em consideração a quantidade de precipitações, a temperatura média e a umidade relativa.

Deve-se ressaltar que essa metodologia de classificação, assim como as outras desenvolvidas com a mesma finalidade, diferencia apenas megazonas climáticas, não apresentando suficiente eficiência para variações locais;

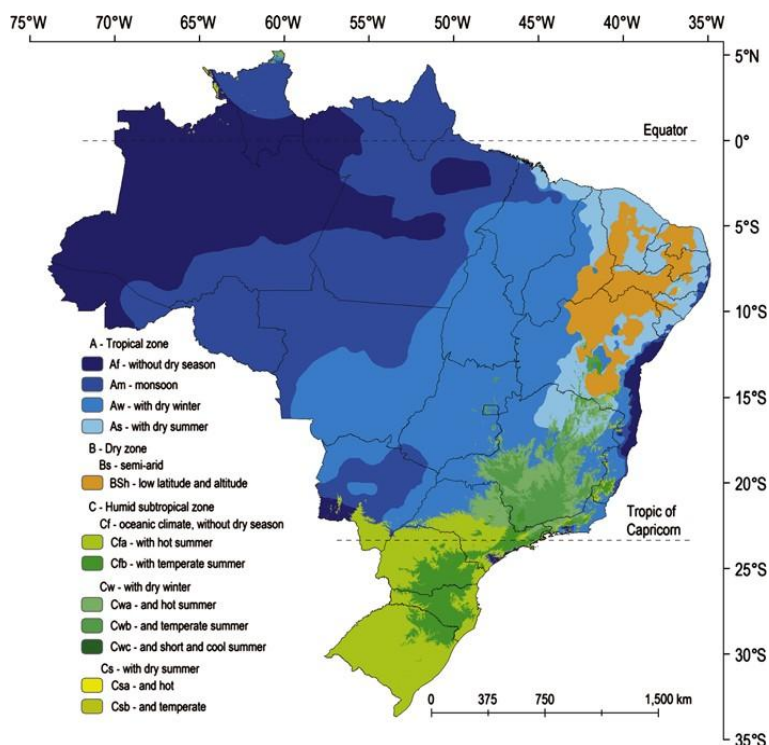


FIGURA 2: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O BRASIL, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KO'PPEN (1936)

Segundo Classificação de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta dois tipos climáticos: Am (clima tropical úmido ou sub-úmido) localizado no Norte e Aw (clima tropical, com inverno seco), localizado na região centro-oeste do Brasil conforme apresenta o mapa abaixo.

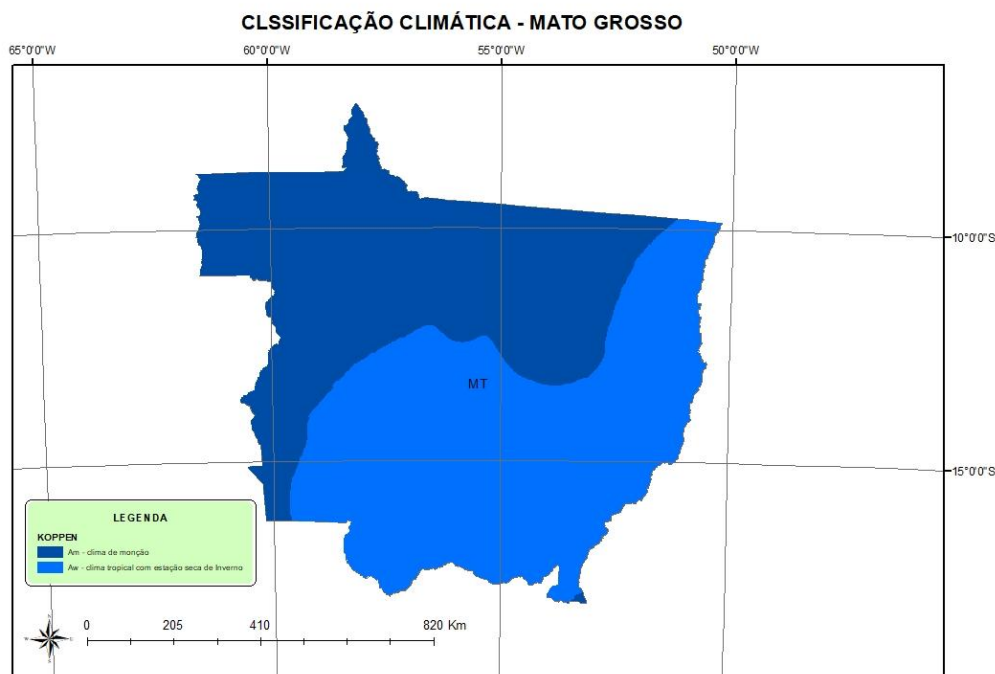


FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KÖPPEN (1936)

Conforme essa classificação de Köppen, resumida na figura acima, o clima da área de interesse pode ser classificado como do tipo Aw. Trata-se de um clima Tropical de Savana. É um clima quente semi-úmido com 4 a 5 meses seco. Sendo que a temperatura média anual oscila entre 25,8°C. As temperaturas mínimas variam entre 21,4°C, e as temperaturas máximas variam de 32,8°C. A altura total de precipitação média dos meses mais secos não ultrapassa 12,3mm (jul.) e a precipitação total média anual é de 1207,3 mm, sendo os meses de maior pluviosidade os de outubro a março e os de menor pluviosidade de abril a setembro com média anual de 122 dias de chuva.

4.2. CLASSIFICAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Segundo a CPTEC/INPE, o Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas.

A seguir apresentamos os mapas de classificação pluviométrica segundo a ANA – Agência Nacional das Águas.

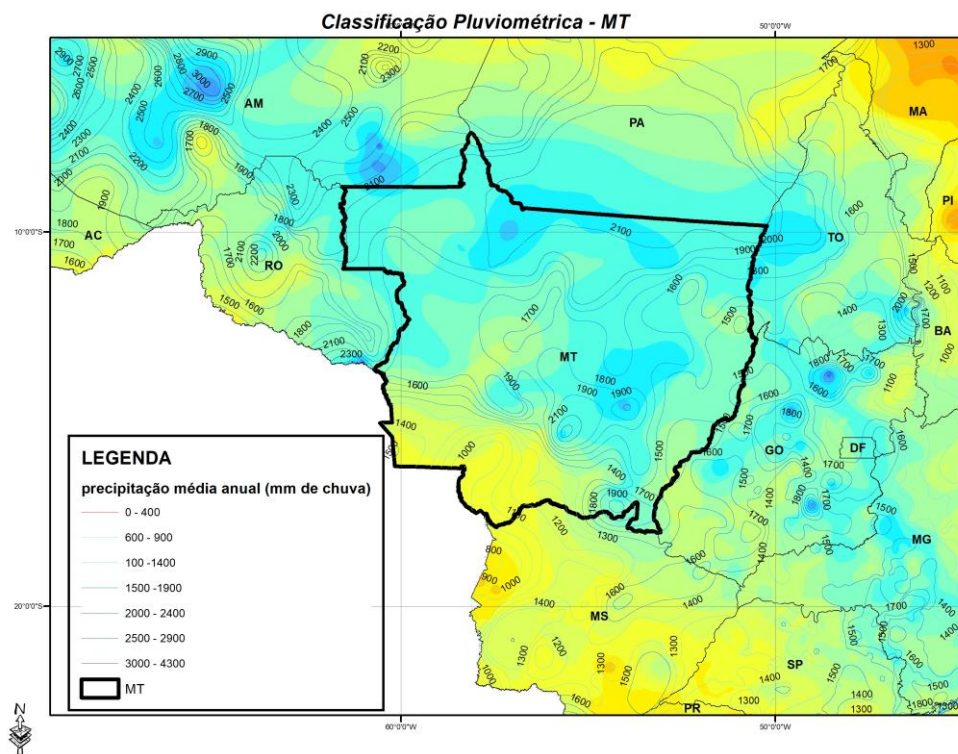


Figura 4 – Classificação Pluviométrica do Estado do Mato Grosso
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas

Para o estudo das precipitações pluviométricas, utilizamos os dados da Estação Meteorológica mais representativa nas proximidades do curso de drenagem em estudo, sendo que os dados foram coletados junto a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) / ANA (Agência Nacional de Águas); e o posto de coleta é:

➤ **Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT;**

Os registros dos Dados Pluviométricos com Nível de Consistência igual a 1 segundo a operadora são de 30 anos de observações, entre o período de 1983 a 2025.

Apresentamos a seguir os valores das precipitações, Histograma e demais informações importantes, elaborados com os dados obtidos desta Estação Meteorológica.

Caracterização da Estação

TIPO	CÓDIGO	BACIA / SUB BACIA	NOME	COORDENADAS		RESPONSÁVEL	OPERADORA	MUNICÍPIO	UF
				LAT	LONG				
Pluv	1555008	1 – Rio Paraná / Rios Paraguai e São Lourenço	FAZENDA ESTIVA PR3	15° 14' 00"	55° 44' 22"	ANA – Agência Nacional das Águas	SGB – CPRM – Serviço Geológico do Brasil	Chapada dos Guimarães	MT

Tabela 2 – Caracterização da Estação
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMA DIÁRIA MENSAL

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3													
Código: 1555008													
Município: Chapada Dos Guimarães - MT													
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas													
Latitude: 15°14'00" S													
Longitude: 55°44'22" O													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1982										13,4	47,0	50,3	
1983	60,0	41,0	73,0	33,0	59,0	0,0	0,6	0,0	22,0	35,0	73,0	52,0	73,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	38,4	29,0	44,6	45,0	45,0
1985	50,0	49,0	79,2	58,8	21,4	2,8	12,4	0,0	16,0	62,0	26,4	52,0	79,2
1986	70,0	75,0	29,4	14,0	42,0	27,6	0,0	14,0	34,4	39,8	70,0	32,0	75,0
1987	32,8	44,0	54,0	72,2	9,0	19,6	0,0	0,0	16,0	52,0	44,6	90,4	90,4
1988	21,8	114,0	33,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	37,4	30,0	70,0	114,0
1989	65,4	40,0	50,0	58,4	58,6	1,0	9,4	38,0	22,8	44,0	57,4	71,8	71,8
1990	53,6	50,0	60,2	60,2	42,6	9,0	28,0	53,6	76,0	75,0	60,4	65,0	76,0
1991						4,0	0,0	0,0	71,0	65,0	50,0	80,0	
1992	75,0	47,8	25,0	38,0	6,6	0,0	0,0	6,0	62,0	50,0	75,0	43,4	75,0
1993	71,0	92,0	30,0	44,0	23,4	19,6	0,0	7,2	23,6	34,0	35,0	36,0	92,0
1994	55,0					23,3	17,6	0,2	48,0	30,0	60,0	55,0	
1995	56,0	70,0	38,0	40,0	84,0	16,0	0,0	8,0	26,0	28,0	88,9	81,3	88,9
1996	83,6	37,3	39,4	32,9	46,7	12,1	0,0	16,2	13,0	33,9	56,2	28,1	83,6
1997	63,1	68,4	38,8	23,1	40,5	18,1	0,0	0,0	58,5	22,0	45,2	92,7	92,7
1998	38,9	32,9	21,0	58,1	17,2	0,0	0,0	18,7	48,4				
1999	29,1	53,5	93,6	42,8	10,1	43,0	0,0	0,0	15,4	18,1	19,1	34,0	93,6
2000	57,2	48,7	93,5	37,4	3,2	0,0	7,6	43,6	22,1	45,8	59,9	22,9	93,5
2001	61,1	27,0	71,7	81,8	64,8	0,0	1,6	0,2	51,2	65,1	27,5	85,1	85,1
2002	54,9	99,5	57,6	37,1	39,8	0,0	1,7	24,5	20,7	33,9	41,4	33,0	99,5
2003	95,6	42,5	30,0	22,2	6,0	0,0	0,0	1,5	26,4	20,9	46,2	36,6	95,6
2004	43,5	30,5	59,1	77,8	33,2	0,0	44,4	0,0	22,2	38,3	130,4	71,3	130,4
2005	97,7	28,7	46,2	26,0	17,5	12,9	0,0	0,2	20,0	49,5	72,7	81,2	97,7
2006	29,7	52,1	41,8	33,5	62,2	0,0	22,3	0,9	36,7				
2007												56,3	
2008	40,0	18,4	54,7	61,8	4,0	0,0	0,0	0,0	10,0	39,0	51,2	90,0	90,0
2009	33,3	39,0	30,0	38,7	37,5	20,0	1,3	39,4	11,1	36,9	34,1	40,7	40,7
2010	40,7	51,0	33,4	24,2	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	54,3	40,7	54,3
2011	51,0	88,7	32,1	28,5	0,0	1,2	0,0	0,0	29,2	36,0	29,7	31,1	88,7
2012	64,2	69,1	37,8	38,3	33,6	26,1	0,0	0,0	17,8	20,1	28,3	46,5	69,1
2013	49,7	48,0	46,6	10,7	17,7	23,5		0,5	5,0	37,9	56,0	70,3	
2014	36,6	90,2	44,6	24,5	23,2	9,7	26,6	0,0	12,3	72,0	65,2	112,9	112,9
2015	20,3	59,7	52,1	55,1	15,8	6,5	8,8	0,0	3,8	54,5	31,3	24,5	59,7
2016	124,6	33,6	43,1	15,0	7,5		0,0	25,5	25,2	49,1	147,5	48,7	
2017	24,1	62,3	49,6	17,3	72,1	0,0	0,0	20,1	6,3	19,5	47,4	82,4	82,4
2018	78,4	51,7	60,1	21,5	17,5	0,0	0,0	12,5	30,1	35,0	105,0	65,0	105,0
2019	62,7	63,5	61,4	34,5	10,2	0,0	0,0	5,5	8,2	67,4	51,4	26,2	67,4
2020	27,9	114,3	36,4	8,1	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	75,5	18,3		
2021				26,0	1,0	0,0	0,0	0,0	19,2	40,0	36,5	27,5	
2022	35,0	30,0	20,2	18,2	0,0	8,0	0,0	13,3	28,0	48,0		43,0	
2023	107,0	70,0		100,0	83,0	0,0	0,0	0,5	100,0			30,0	
2024	47,0	101,0	22,5	2,0									
2025						0,0	0,0						

FIGURA 5: MÁXIMAS DIÁRIAS MENSAS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

TOTAIS MENSAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3												
Código: 1555008			Município: Chapada Dos Guimarães - MT						Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas									Longitude: 55°44'22" O			
Ano	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais
1982									16,0	130,2	115,5	
1983	193,6	215,2	217,4	77,4	0,0	0,6	0,0	36,0	118,6	387,4	336,4	1.669,6
1984	100,6	234,0	241,2	45,8		0,0	74,4	60,2	167,0	103,6	195,6	
1985	261,8	239,8	260,2	37,0	2,8	12,4	0,0	39,6	216,4	120,8	142,2	1.532,2
1986	286,2	232,6	148,4	72,4	27,6	0,0	33,0	55,8	159,0	244,6	244,4	1.533,8
1987	229,4	138,6	262,4	20,4	19,6	0,0	0,0	29,4	117,0	236,6	316,2	1.546,4
1988	159,0	365,2	145,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	116,0	112,6	237,6	1.271,9
1989	400,0	186,8	325,4	58,6	1,0	9,4	81,0	54,6	90,2	148,0	263,2	1.959,8
1990	294,8	216,4	240,2	55,6	9,0	28,0	54,2	213,4	149,6	113,5	270,2	1.768,1
1991					4,0	0,0	0,0	95,0	218,0	199,0	321,8	
1992	330,2	280,0	98,4	6,6	0,0	0,0	11,2	255,0	234,0	240,6	135,6	1.701,6
1993	293,2	302,4	141,6	36,8	35,0	0,0	8,6	38,0	101,6	203,8	370,6	1.620,6
1994	239,0				42,9	18,6	0,2	66,6	143,0	171,6	407,0	
1995	300,0	407,6	152,0	142,0	20,0	0,0	8,0	34,2	84,4	245,1	317,7	1.832,6
1996	247,8	210,5	210,5	92,8	15,2	0,0	18,2	28,0	113,9	220,0	120,9	1.384,1
1997	349,9	157,9	187,6	47,6	35,6	0,0	0,0	79,7	56,9	115,6	286,1	1.371,8
1998	173,1	132,5	66,3	17,2	0,0	0,0	18,7	86,4				
1999	170,1	219,8	347,1	10,1	43,0	0,0	0,0	35,4	91,3	100,4	137,2	1.289,8
2000	204,2	307,4	389,6	3,2	0,0	7,6	72,4	75,9	153,3	216,7	127,4	1.679,0
2001	166,7	128,7	309,2	87,5	0,0	1,6	0,2	105,6	150,7	165,6	381,5	1.665,6
2002	259,1	408,6	144,7	69,5	0,0	1,7	24,5	24,7	101,1	195,6	139,2	1.417,1
2003	498,3	299,8	172,6	8,0	0,0	0,0	1,5	80,4	77,5	158,1	168,6	1.532,7
2004	363,0	180,7	98,5	33,2	0,0	53,1	0,0	26,5	136,0	217,2	262,9	1.513,4
2005	370,4	92,0	162,3	19,9	12,9	0,0	0,2	54,1	100,7	257,1	358,2	1.480,7
2006	155,3	297,9	310,5	62,2	0,0	34,5	0,9	111,9				
2007											179,4	
2008	237,5	142,8	255,8	12,8	0,0	0,0	0,0	11,2	85,2	186,3	220,9	1.405,4
2009	79,6	205,4	117,1	39,5	30,0	1,3	68,6	11,2	85,5	132,0	230,1	1.154,1
2010	420,6	198,8	180,7	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	83,8	276,4	133,0	1.352,7
2011	234,9	323,6	217,2	0,0	1,2	0,0	0,0	33,2	146,1	53,9	92,3	1.193,8
2012	348,3	253,9	105,9	108,4	42,3	0,0	0,0	17,8	63,6	159,7	122,8	1.285,5
2013	297,1	348,3	300,3	35,6	47,2		0,5	8,2	123,2	139,6	382,0	
2014	176,2	528,4	303,8	90,2	10,5	56,1	0,0	35,4	286,0	403,6	398,5	2.411,8
2015	77,9	254,0	189,1	38,1	13,8	8,8	0,0	6,3	102,2	150,0	69,7	1.100,6
2016	615,9	100,9	167,5	7,6		0,0	78,3	25,2	243,6	321,2	208,2	
2017	186,0	275,0	206,8	103,5	0,0	0,0	23,4	8,3	83,0	251,7	257,6	1.439,9
2018	207,1	208,3	140,6	17,5	0,0	0,0	12,5	107,9	103,6	349,7	230,6	1.469,3
2019	168,6	201,4	187,9	17,3	0,0	0,0	6,9	12,3	142,4	128,8	133,2	1.123,2
2020	117,3	482,7	112,7	61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	43,3		
2021				1,0	0,0	0,0	0,0	28,2	154,5	177,0	135,7	
2022	103,5	131,1	156,6	0,0	8,0	0,0	25,6	36,5	148,0		239,3	
2023	295,7	296,0		112,0	0,0	0,0	0,5	103,2		67,8	165,6	
2024	276,3	245,9	22,5									
2025					0,0	0,0						

FIGURA 6: TOTAIS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

HISTOGRAMA

Histograma:

Tipo	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mín.	77,9	92,0	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	43,3	69,7	0,0
Média	253,5	248,7	197,2	44,0	10,8	5,8	15,6	53,6	129,2	188,0	227,0	1.456,9
Máx.	615,9	528,4	389,6	142,0	47,2	56,1	81,0	255,0	286,0	403,6	407,0	2.411,8

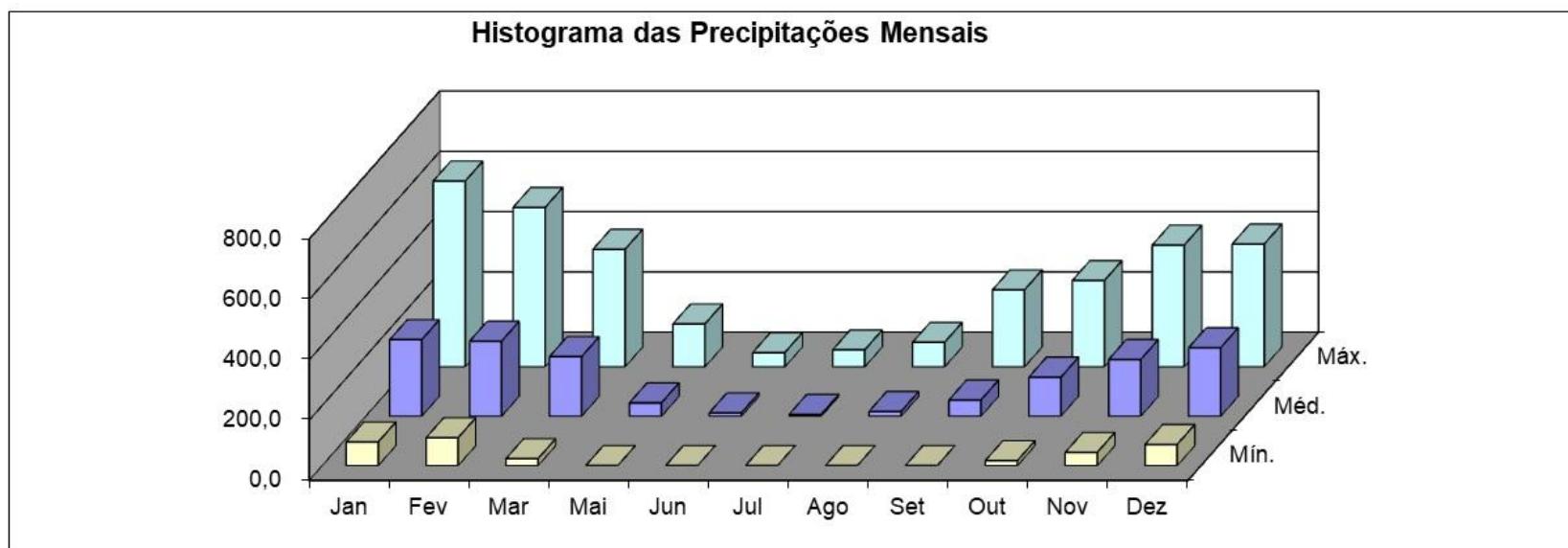


FIGURA 7: HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3							
Código: 1555008				Município: Chapada Dos Guimarães - MT			
Intervalo: 30 Anos				Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas				Longitude: 55°44'22" O			
Máximas Diárias		Método Estatístico (Distribuição de Gumbel)					
Ano	P (mm)	N	P	P-Pmed	(P-Pmed)²	F %	TR
1983	73,0	1	130,4	46,33	2.146,16	3,2	31,00
1984	45,0	2	114,0	29,93	895,61	6,5	15,50
1985	79,2	3	112,9	28,83	830,98	9,7	10,33
1986	75,0	4	105,0	20,93	437,93	12,9	7,75
1987	90,4	5	99,5	15,43	237,98	16,1	6,20
1988	114,0	6	97,7	13,63	185,69	19,4	5,17
1989	71,8	7	95,6	11,53	132,86	22,6	4,43
1990	76,0	8	93,6	9,53	90,76	25,8	3,88
1992	75,0	9	93,5	9,43	88,86	29,0	3,44
1993	92,0	10	92,7	8,63	74,42	32,3	3,10
1995	88,9	11	92,0	7,93	62,83	35,5	2,82
1996	83,6	12	90,4	6,33	40,03	38,7	2,58
1997	92,7	13	90,0	5,93	35,13	41,9	2,38
1999	93,6	14	88,9	4,83	23,30	45,2	2,21
2000	93,5	15	88,7	4,63	21,41	48,4	2,07
2001	85,1	16	85,1	1,03	1,05	51,6	1,94
2002	99,5	17	83,6	-0,47	0,22	54,8	1,82
2003	95,6	18	82,4	-1,67	2,80	58,1	1,72
2004	130,4	19	79,2	-4,87	23,75	61,3	1,63
2005	97,7	20	76,0	-8,07	65,18	64,5	1,55
2008	90,0	21	75,0	-9,07	82,33	67,7	1,48
2009	40,7	22	75,0	-9,07	82,33	71,0	1,41
2010	54,3	23	73,0	-11,07	122,62	74,2	1,35
2011	88,7	24	71,8	-12,27	150,63	77,4	1,29
2012	69,1	25	69,1	-14,97	224,20	80,6	1,24
2014	112,9	26	67,4	-16,67	278,00	83,9	1,19
2015	59,7	27	59,7	-24,37	594,06	87,1	1,15
2017	82,4	28	54,3	-29,77	886,45	90,3	1,11
2018	105,0	29	45,0	-39,07	1.526,73	93,5	1,07
2019	67,4	30	40,7	-43,37	1.881,25	96,8	1,03
Soma (Σ):		2.522,2		Soma (Σ):		11.225,52	
Pmed:		84,07		σ:		19,67 mm	

FIGURA 8: MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

4.3. CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, geomorfologia é conjunto de mapas, arquivos vetoriais e documentos que retratam e classificam o relevo brasileiro. São identificadas feições de relevo tais como planícies, depressões, chapadas e serras, assim como sua origem e evolução.

Segundo o Geoportal.Seplan.MT, o estudo geomorfológico compreende um esforço no sentido de entender as combinações e interferências que o relevo mantém com os demais componentes da natureza e da sociedade, com relevante interesse à proposição do zoneamento, contribuindo na elaboração das diretrizes para um desenvolvimento sustentado.

A seguir apresentamos os mapas de classificação Geomorfológica, segundo o GeoPortal da Secretaria de Planejamento do Mato Grosso

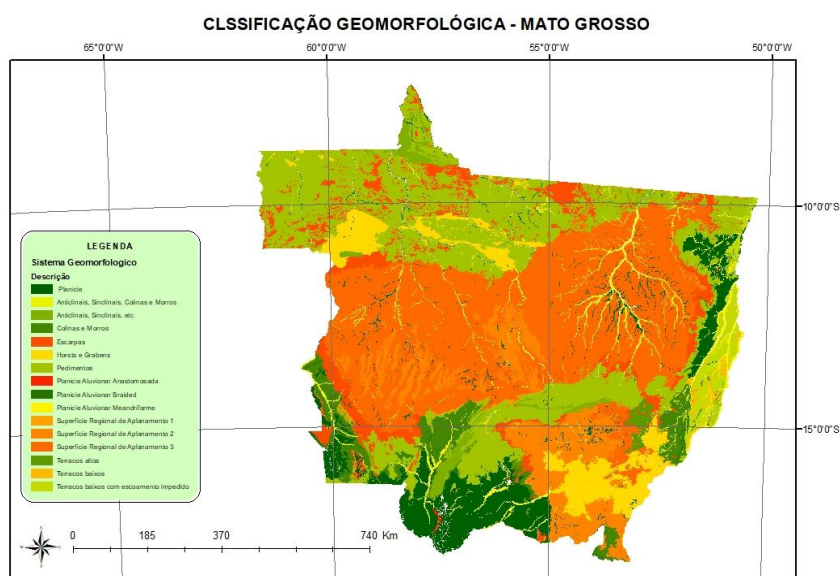


FIGURA 9: CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

4.4. CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

O relevo do Estado do Mato Grosso repousa sobre a porção do escudo brasileiro denominada de Maciço Central, Maciço do Brasil Central ou, ainda, Maciço Mato-Grossense. Este representa um vasto conjunto de áreas de escudo exposto, exibindo complexas estruturas geológicas, sobre as quais vieram a se depositar sedimentos. O Maciço Mato-Grossense apresenta-se soerguido para o Sul, onde apresenta suas maiores altitudes: 800-1200 metros, na Serra Azul e 500-800 metros, na Chapada dos Guimarães, fazendo limites, ao Norte com a Bacia Amazônica, a Leste com a Bacia do São Francisco, a

Oeste com a borda oriental andina e ao Sul-Sudeste, com a Bacia de sedimentação do Paraná (Anderson, 2004, p. 87).

4.5. CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

A região de estudo está situada no estado do Mato Grosso o qual tem como presença de vegetação o cerrado que uma riquíssima com uma biodiversidade gigante, o Cerrado é o principal bioma do Centro-Oeste brasileiro. Já foi retratado nos livros de Guimarães Rosa e outros poetas e é considerada a Savana brasileira. Em Mato Grosso, o cerrado cobre 38,29% de todo o território. Localizado principalmente nas depressões de Alto Paraguai - Guaporé, o sul e o sudeste do planalto dos Parecis e ao sul do paralelo 13º, até os limites de Mato Grosso do Sul. Conforme o mapa apresentado abaixo, toda a área da Bacia de Contribuição para a obra em estudo está localizada na região de Savana (Cerrado).

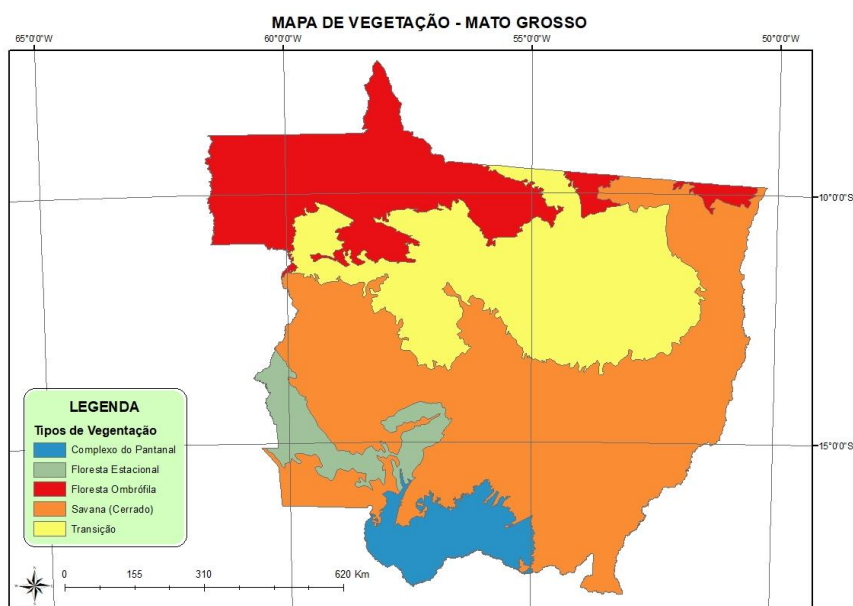


FIGURA 10: VEGETAÇÃO PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

5. METODOLOGIA UTILIZAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE PRECIPITAÇÃO, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, baseado nas teorias dos extremos de amostras

ocasionais, Gumbel demonstro que, se o número de vazões máximas anuais tende para infinito, a probabilidade “P” de uma dada descarga ser superada por um certo valor da variável aleatória é dada pela equação seguinte, para um número infinito de elementos:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Onde:

P = probabilidade de não ocorrerem descargas maiores;

e = base dos logaritmos neperianos;

y = variável reduzida. Para TR = 25 anos, y = 3,1985. Para TR = 12,5 Y = 2,4843

Com os dados coletados de chuva diária, elaborou-se o presente estudo, visando à determinação das alturas para diferentes períodos de recorrência e diferentes durações.

A metodologia empregada foi o método de “Probabilidade Extremos de Gumbel”. Para este estudo escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano durante todo o período, para o posto. Para tempos de duração menores que um dia, foram feitas correções pelo Método das Isozonas.

A seguir apresentamos os cálculos que fornecem as relações entre as precipitações máximas, períodos de retorno e as probabilidades de ocorrência, para o posto estudado.

Descrição dos índices usados nos cálculos, para análise pluviométrica:

P	Valor máximo de precipitação diária, no período de 1 ano;
Pmed	Precipitação média;
M	Números de anos observados;
F	Frequência de vazões de enchentes observadas;
Tr	Tempo de recorrência;
n	Número de ordem variável de 1 a “m”;
f	Desvio padrão;
K	Coeficiente que depende do número de amostras tomadas e do Período de recorrência. Valor tabelado por WEISE e REIDE;

Pr Fórmula devida a Ven te Chow, onde Pr é a precipitação para um certo período de recorrência.

$$Pr = Pm + (\square \times K)$$

desta análise, podemos calcular o valor da precipitação média e do desvio padrão:

$$Pmed = \frac{\sum Pi}{n} \quad e \quad \sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum (Pi - Pmed)^2}{n - 1} \right)}$$

$$Pmed = 83,18mm$$

$$\sigma = 22,06mm$$

Onde:

- Pi – Valor da precipitação máxima diária para cada ano da série histórica;
- n – número de anos de observação da série histórica.

Os valores até aqui calculados da precipitação média ($Pmed$) e do desvio padrão (δ) são para um período de recorrência de 26 anos, que é o intervalo da série histórica. Torna-se necessário, porém, para o cálculo das vazões de projeto, que se obtenha as precipitações máximas para tempos de recorrência padronizados que serão aplicadas a diferentes tipos de bacias, conforme anteriormente exposto.

Estes valores foram obtidos através do critério de Ven. T. Chow, explicitado pela seguinte equação:

$$Pmáx = Pmed + \sigma \times K$$

Onde:

- $Pmáx$ – Precipitação máxima de um dia, em mm;
- $Pmed$ – Precipitação média, em mm;
- δ – desvio padrão, em mm;
- K – fator de frequência.

Os valores do fator de frequência (K), tabelados por Weise e Reid, são apresentados na Tabela das próximas páginas e servem para ajustar o tempo de retorno da série histórica para os tempos de retorno padronizados, a serem utilizados no cálculo da vazão de projeto.

Desta forma, procedeu-se o cálculo das precipitações máximas diárias para o tempo de recorrência de **5, 10, 15, 25, 50, 100 anos**. Estes valores (chuvas de 1 dia) foram convertidos em chuvas de 24 horas de duração multiplicando-se pelo coeficiente 1,10 que é a relação 24h/1dia.

Para tempos de duração menores que 24 hs foram feitas correlações através do método das isozonas desenvolvido pelo **Engº. Jayme T. Taborga**, em seu livro “Práticas Hidrológicas”. Este método propõe que para certas regiões, denominadas “Isozonas”, as precipitações seriam distribuídas de maneira igual, tornando possível a transformação das chuvas de 24 horas para 1 hora e de 24 horas para 6 minutos.

CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DE 24, 1 E 0,1 HORAS

TR	Fat. Freq. K	$P_{máx}$ ($P_{med} + \sigma K$)	Isozona (F)		Precipitações Máximas		
			f_{1h} % 1h	$f_{0,1h}$ % 6 min	P_{24h} ($1,1 \cdot P_{máx}$)	P_{1h} ($P_{24h} \cdot f_{1h}$)	$P_{0,1h}$ ($P_{24h} \cdot f_{0,1h}$)
5	0,828	177,27	46,00	13,90	195,00	89,70	27,11
10	1,478	231,44	45,50	13,90	254,58	115,83	35,39
15	1,842	261,77	45,30	13,90	287,94	130,44	40,02
25	2,303	300,18	44,90	13,90	330,20	148,26	45,90
50	2,913	351,01	44,50	13,90	386,11	171,82	53,67
100	3,519	401,50	44,10	12,40	441,65	194,77	54,77

Figura 11 – Cálculo das precipitações máximas do posto pluviométrico de Fazenda Seco
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas.

6. MÉTODO DAS ISOZONAS

A necessidade de conhecimento das alturas de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas, e a baixa densidade de postos pluviográficos que possam proporcionar estes dados, obrigam a extrapolação destes postos distantes até o local de projeto. O método utilizado para esta extrapolação é o das Isozonas. Esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de concentração necessários inferiores a 24 horas.

O trabalho do Engº Torrico partiu da observação que para determinadas áreas geográficas, ao se desenhar em um papel de probabilidade as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, e prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto. Esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe de alturas de precipitação.

A estas áreas homólogas, o autor denominou de Isozonas e elaborou um mapa, relacionando as alturas de precipitações máximas com duração de 1 a 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 10.000 anos e com duração de 6 minutos e 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 100 anos.

Descrição da metodologia adotada:

- A partir do estudo estatístico, citado anteriormente, calculou-se para o posto em estudo, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto.
- Converteu-se esta chuva de um dia, em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta, pelo coeficiente 1,10 , que é a relação 24 horas/1 dia.
- Determinou-se no Mapa de Isozonas, a Isozona correspondente a região do projeto.
- Em nosso estudo a Isozona utilizada foi a **Isozona “F”**, com coeficientes de índices altos.
- Após ter-se determinado a Isozona, fixam-se para a mesma as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.
- Após a determinação das alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, marcou-se estes valores no papel de probabilidade de Hershfield e Wilson, e ligando-se os pontos marcados, obtiveram-se as alturas de precipitação para qualquer duração entre 6 minutos e 24 horas.

ISOZONAS

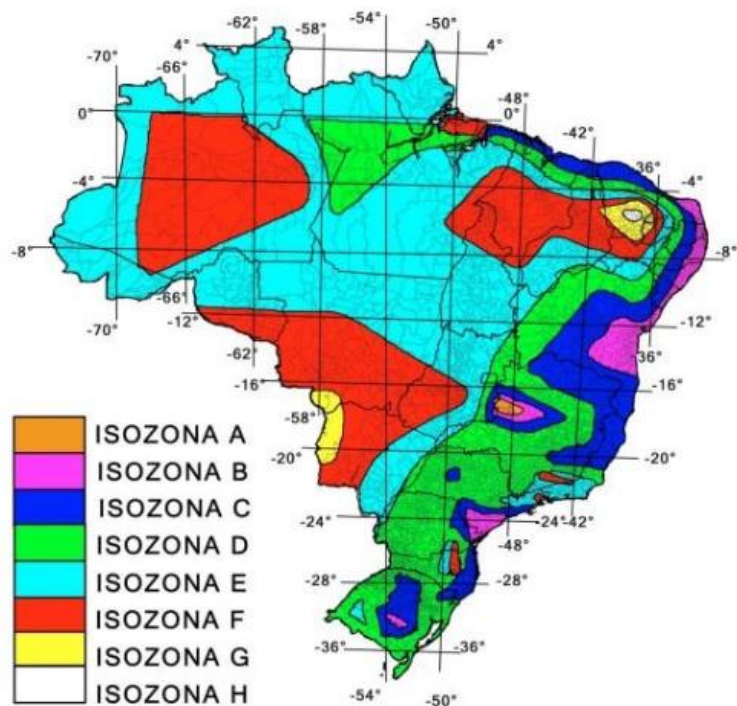


Figura 12 – Mapa de Isozonas
Fonte: adaptado de TORRICO (1974)

Relação:		1h/24h										6min/24h	
Tr		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 ~ 50	100
ISOZONAS	A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
	B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
	C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
	D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
	E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
	F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
	G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
	H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,6	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 13 – Relação entre precipitações 24h e as de 1h e mim
Fonte: TORRICO (1974)

- Tempo de Recorrência (Tr)

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, a escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão de projeto desta obra, depende da sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui a necessidade eventual da sua reconstrução. Deve ser considerado ainda que, quando maior o tempo de recorrência, mais volumoso será o caudal e, conseqüentemente, mais onerosa a reconstrução, ou reparação.

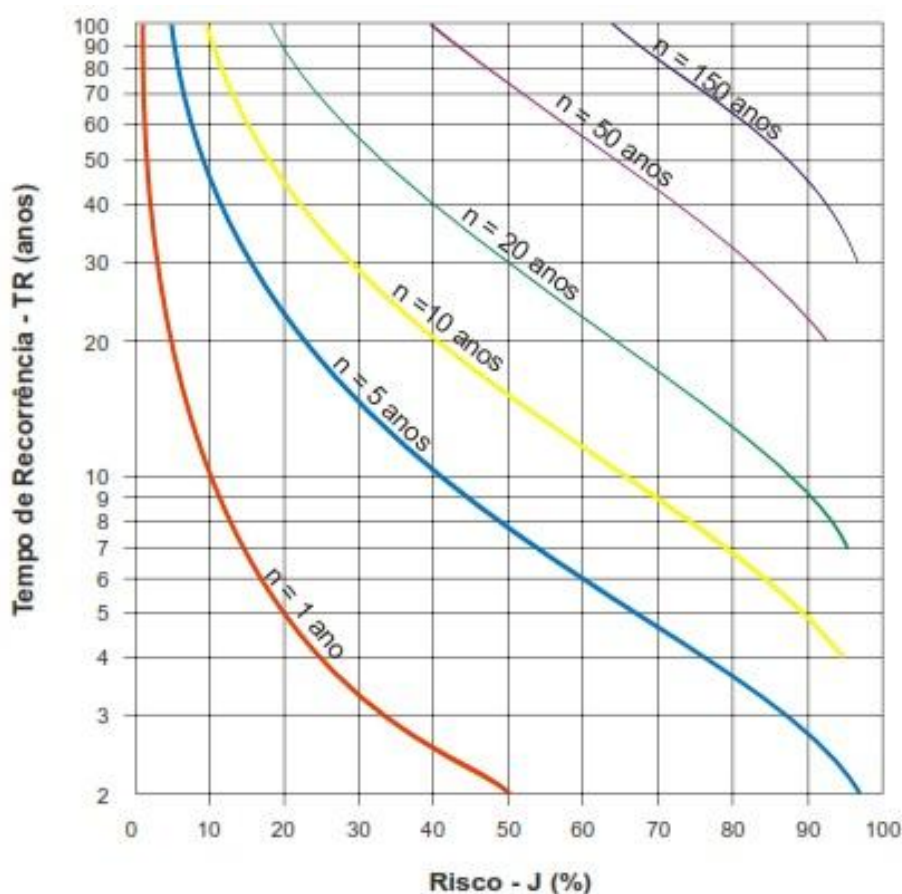


Figura 14 – Relação entre probabilidade de risco, tempo de recorrência e vida útil
Fonte: Publicação IPR-715 – Manual de Hidrologia Básica de Estruturas de Drenagem

Para escolha do tempo de recorrência para os projetos dos dispositivos de drenagem, foram adotadas as recomendações da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, onde apresenta as seguintes recomendações abaixo:

A escolha dos tempos de recorrência será determinada através de fator técnico-econômico e deverá constar basicamente de;

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da rodovia;
- Estimativa de custos de restauração, na hipótese de destruição;
- Estimativa de outros prejuízos resultantes de ocorrência de descargas maiores que as de projeto;
- Comparativos de custo entre a obra para diferentes tempos de recorrência;
- Risco para as vidas humana face a acidentes provocados pela destruição da obra;

- Tempo de Concentração

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga.

É definido como sendo o tempo necessário para que a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros.

Foram adotados dos parâmetros conforme recomendação da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, mencionados abaixo:

- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Área da bacia;
- Recobrimento vegetal;

➤ Uso da terra

➤ Outros;

Segundo estudos, as características que influem principalmente no tempo de concentração são as três citadas acima.

Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

onde:

T_c = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km;

H = desnível do talvegue em m.

➤ O cálculo dos outros parâmetros, ou seja, área da bacia drenada, comprimento do talvegue principal e desnível entre o ponto mais alto nas cabeceiras dos mananciais e a seção de drenagem foram determinadas com suficiente precisão por meio de Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);

7. CÁLCULOS DE VAZÕES AFLUENTES

Segundo “*PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, os Estudos Hidrológicos visam primordialmente o dimensionamento dos dispositivos capazes de conduzir satisfatoriamente as vazões afluentes, os métodos usuais empregados buscam a quantificação das descargas através de procedimentos matemáticos.

Segundo a “*IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, no cálculo das vazões das bacias de contribuições, para escolha do melhor método a ser adotado podemos seguir as seguintes limitações:

➤ Bacias com áreas até 4,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Afluentes o

Método Racional;

- Bacias com áreas de 4,0 km² até 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões o Método Racional Corrigido por coeficiente de retardamento;
- Bacias com áreas superiores as 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT);

7.1. MÉTODO DE CÁLCULO

7.1.1 – MÉTODO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

Para as bacias de porte significativo, com áreas de drenagem superior a 10 km², empregou-se o Método do Hidrógrafo Triangular Sintético.

Esse método se baseia na teoria do hidrograma unitário, desenvolvida pioneiramente em 1932 por Le Roy R. Sherman (*Streamflow from rainfall by Unit-Hydrograph Method, Engineering News-Record, vol. 108, pp. 501-505, january-June, 1932*). Trata-se de uma técnica conveniente e amplamente aceita para determinação das vazões de projeto de obras de porte significativo.

O hidrograma unitário permite o cálculo da vazão para qualquer chuva, após estabelecido o hidrograma para a área de estudos. Esse hidrograma é estabelecido para uma precipitação unitária (lâmina d'água inicialmente de 1 polegada ou 1cm sobre uma área usualmente de 1 acre). O método é então a ligação entre a precipitação e vazão, e pode ser traduzido no seguinte sistema:

Precipitação efetiva x hidrograma unitário= vazão.

O processo do hidrógrafo triangular sintético utilizado pelo *Soil Conservation Service* e explicitado por Ven Te Chow, tem a seguinte expressão básica:

$$Q = \frac{0,208A \times P_E}{t_p},$$

onde:

Q = vazão, em m^3/s ;

A = área da bacia, em km^2 ;

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

t_p = tempo de ponta, em horas.

O excesso de chuva foi obtido conforme recomendado pelo *U.S Soil Conservation Service*, através da seguinte relação:

$$P_E = \frac{(P - 5,08S)^2}{P + 20,32S}$$

sendo:

$$S = \frac{1000}{NC} - 10$$

onde:

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

P = precipitação, em mm;

N_C = número da curva de *run-off*, representativa do complexo hidrológico solo-vegetação.

O tempo de ponta é obtido a partir do tempo de concentração através da seguinte fórmula:

$$tp = 0,6 tc + \sqrt{tc}$$

Os tempos de concentração foram calculados pela fórmula de Kirpich, conforme mencionado na alínea a anterior.

Fixação do Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo-Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

Coeficiente de runoff

OROGRAFIA			PLANA		ONDULADA		MONTANHOSA	
CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE			C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos	Muito Permeáveis	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
Estéreis	Permeáveis	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
e Áreas	Semi Permeáveis	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
Urbanizadas	Pouco Permeáveis	D	0,60-0,80	70	0,60-0,90	75	0,60-1,00	80
Cerrados,	Muito Permeáveis	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
Pastagens	Permeáveis	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
e Matas	Semi Permeáveis	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
Ralas	Pouco Permeáveis	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
	Muito Permeáveis	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
Culturas e	Permeáveis	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
Pastagens	Semi Permeáveis	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
Terraceadas	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
	Muito Permeáveis	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
Culturas	Permeáveis	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
Terraceadas	Semi Permeáveis	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70

Tabela 3 – Coeficiente de runoff
Fonte: ASCE/WEF, citado em Chow ,1962

sendo:

- A = “Loess” em camadas espessas;
- B = “Loess” em camadas rasas e areias;
- C = Solos Siltosos e Argilosos;
- D = Solos com argilas expansivas e pavimentos.

8. METODOLOGIA DE PROJETO E REFERENCIAL TEÓRICO

8.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA BACIA

Segundo Tonello (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem.

Características morfométricas de bacias hidrográficas.

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total
	Perímetro total
	Coefficiente de compactidade (Kc)
	Fator de forma (F)
	Índice de circularidade (IC)
Características do relevo	Padrão de drenagem
	Orientação
	Declividade mínima
	Declividade média
	Declividade máxima
	Altitude mínima
	Altitude média
	Altitude máxima
Características da rede de drenagem	Declividade média do curso d'água principal
	Comprimento do curso d'água principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Densidade de drenagem (Dd)
	Ordem dos cursos d'água

Figura 15 – Características morfométricas de bacias hidrográficas
Fonte: Tonello (2005)

8.2. MODELO DIGITAL DE TERRENO

Segundo a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, através de técnicas digitais de estereoscópica cônica ou cilíndrica, graças à precisão geométrica das imagens e de seu posicionamento no solo (geodésico), o relevo é restituído através de um modelo Digital de Terreno, passível de visualização em três dimensões. A partir do Modelo Digital de Terreno é possível a restituição das curvas de nível, a delimitação de bacias hidrográficas, a cartografia de rede de drenagem, o mapeamento da declividade e da exposição de uma determinada área.

Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).

DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Acurácia Horizontal	* 20 metros
Acurácia Vertical	* 4 metros
Amostragem Horizontal	
Disponível	** 3" x 3" lat/log (90 x 90 m)
Não Disponibilizada	*** 1" x 1" lat/log (30 x 30 m)
Amostragem vertical	1 metro
Projeção cartográfica	Coordenadas geográficas (latitude / longitude)
Sistema de referência	WGS-84
Formato dos dados	16 bits

* Acurácia para 66% dos dados (para o restante dos dados a acurácia de 10 – 16 metros)

** Aproximadamente 90 metros para latitudes médias e próximas do Equador.

*** Aproximadamente 30 metro para latitudes médias e próximas do Equador.

Tabela 4 – Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).
Fonte: Embrapa Relevos

A confiabilidade dos dados do programa SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparados ao modelo digital de elevação gerado a partir da carta da topográfica do Serviço Geográfico do Exército (DSG) (SANTOS et al., 2006)

8.3. TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Geoprocessamento é a técnica que permite o processamento de diferentes informações de caráter geográfico com uso do solo, vegetação, malha viária, expansão urbana, dados censitários, entre outras, de forma igualmente georreferenciada. As informações geográficas podem ser entendidas como planos de Informação e podem ser cruzadas entre si possibilitando a obtenção de outros produtos cartográficos originados de dois ou mais Planos de informação diferentes. As informações são trabalhadas num espaço tridimensional X, Y e Z, sendo X e Y sua posição geográfica no globo terrestre e Z um atributo dessa informação. (LAHM 2000). O objetivo principal do Geoprocessamento é fornece ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas através do uso do Geoprocessamento tornem disponíveis para as análises ambientais, procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente.

8.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO PARA BTC – BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO

Segundo a *“PUBLICAÇÃO IPR-724 – MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS”* DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, o cálculo da seção transversal ou seção de vazão do bueiro vai depender de dois elementos básicos: a descarga da bacia a ser drenada e a declividade adotada.

A descarga é definida pelos estudos hidrológicos e a declividade, de escolha do projetista, deverá atender a esta descarga com a obra operando em condições de segurança.

Para os procedimentos temos as seguintes equações:

$$Q_c = A_c \sqrt{g \times h_c}$$

Onde:

Q_c = a vazão crítica em m³/s;

A_c = área molhada que atenderá à vazão crítica em m²;

g = é a aceleração da gravidade ($\approx 9,81$ m/s²);

h_c = área molhada do fluxo;

A área crítica de escoamento é definida pela seguinte equação:

$$A_c = \frac{\Phi_c - \text{sen}\Phi_c}{8} \times D^2$$

Onde:

Φ_c = é um ângulo interno em função da área molhada em radianos;

D = é o diâmetro nominal da tubulação em m.

Ângulo $\emptyset$

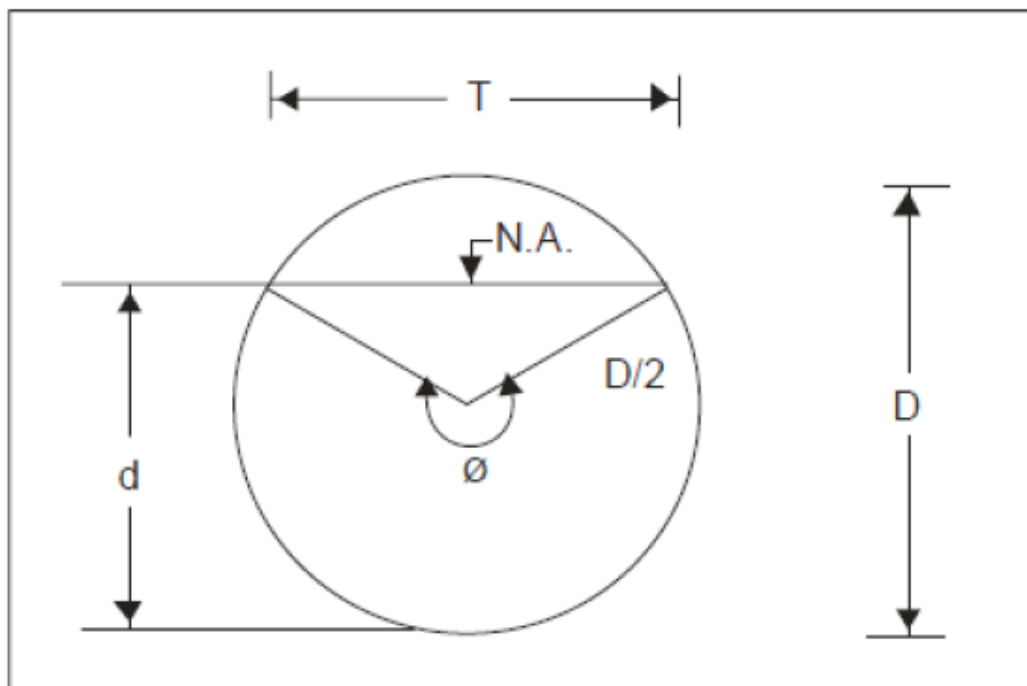


Figura 16 – Dimensionamento hidráulico
Fonte: DNIT (2006)

“d” representa a profundidade de escoamento da água, em metros e geralmente para fins de dimensionamento de bueiros utiliza-se o valor de 80% de D;

$$d = 0,8 \times D$$

O ângulo Φ é assim calculado:

$$\cos \frac{\emptyset}{2} = 1 - \frac{2d}{D}$$

O Manual de Drenagem (DNIT, 2006) recomenda ainda que a declividade de instalação do bueiro (gradiente hidráulico) seja dimensionada de acordo com a equação de Chezy:

$$I = \frac{V^2 \times n^2}{R^{4/3}}$$

Sendo:

I = a declividade em %;

V = a velocidade de escoamento da água em m/s;

n = coeficiente de rugosidade do material do bueiro;

R = raio hidráulico em função do perímetro e da área molhada em m;

9. APRESENTAÇÃO DOS MAPAS DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO DO EXUTÓRIO EM ESTUDO

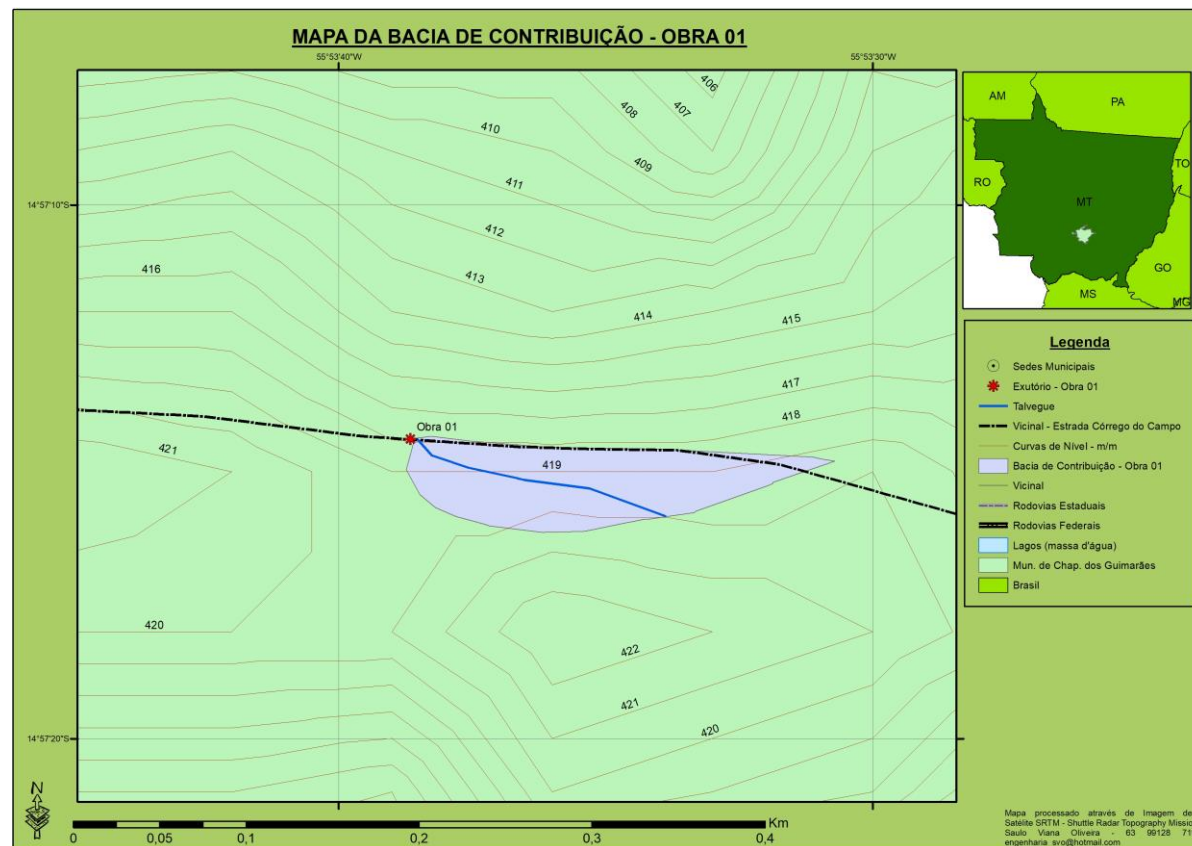


Figura 17 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

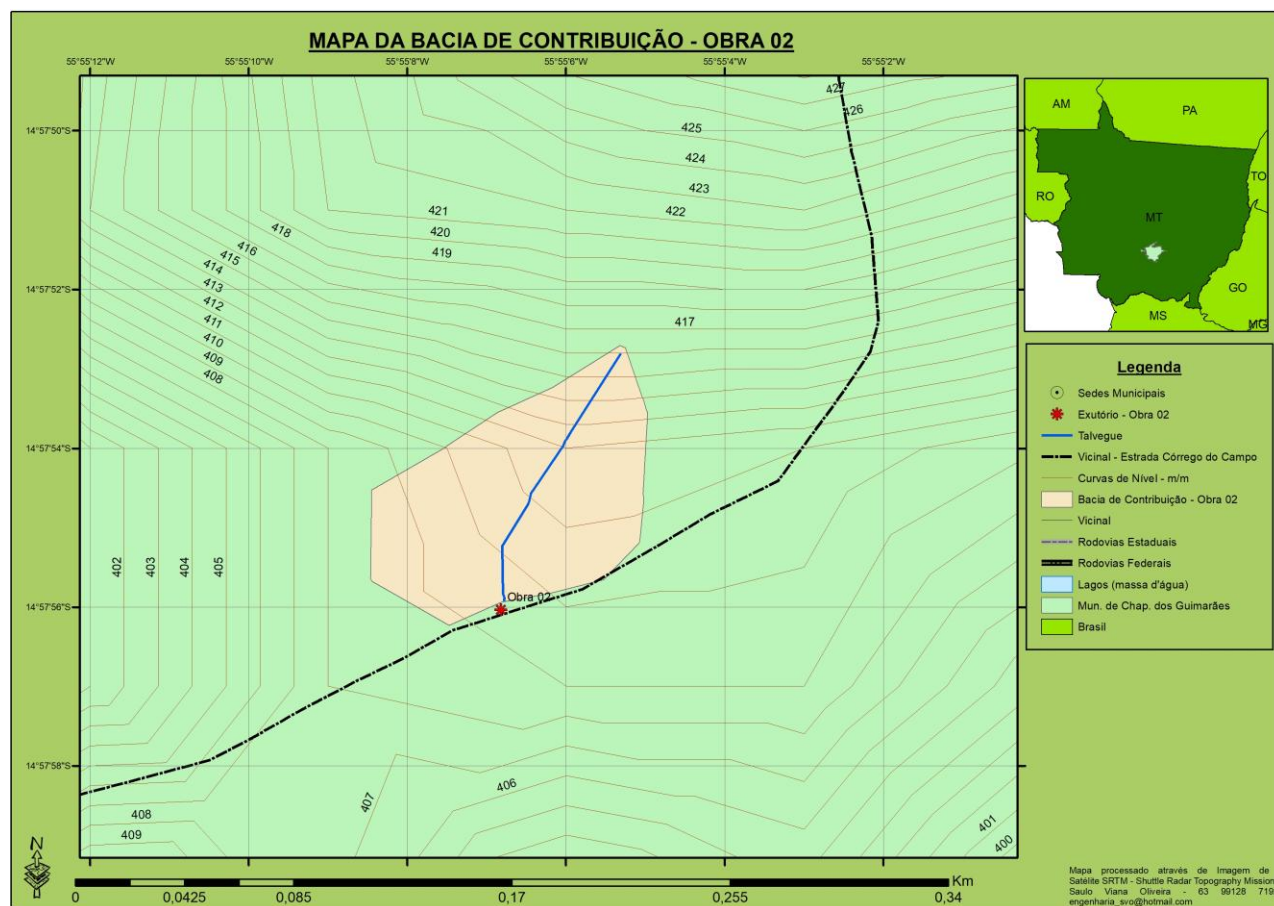


Figura 18 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

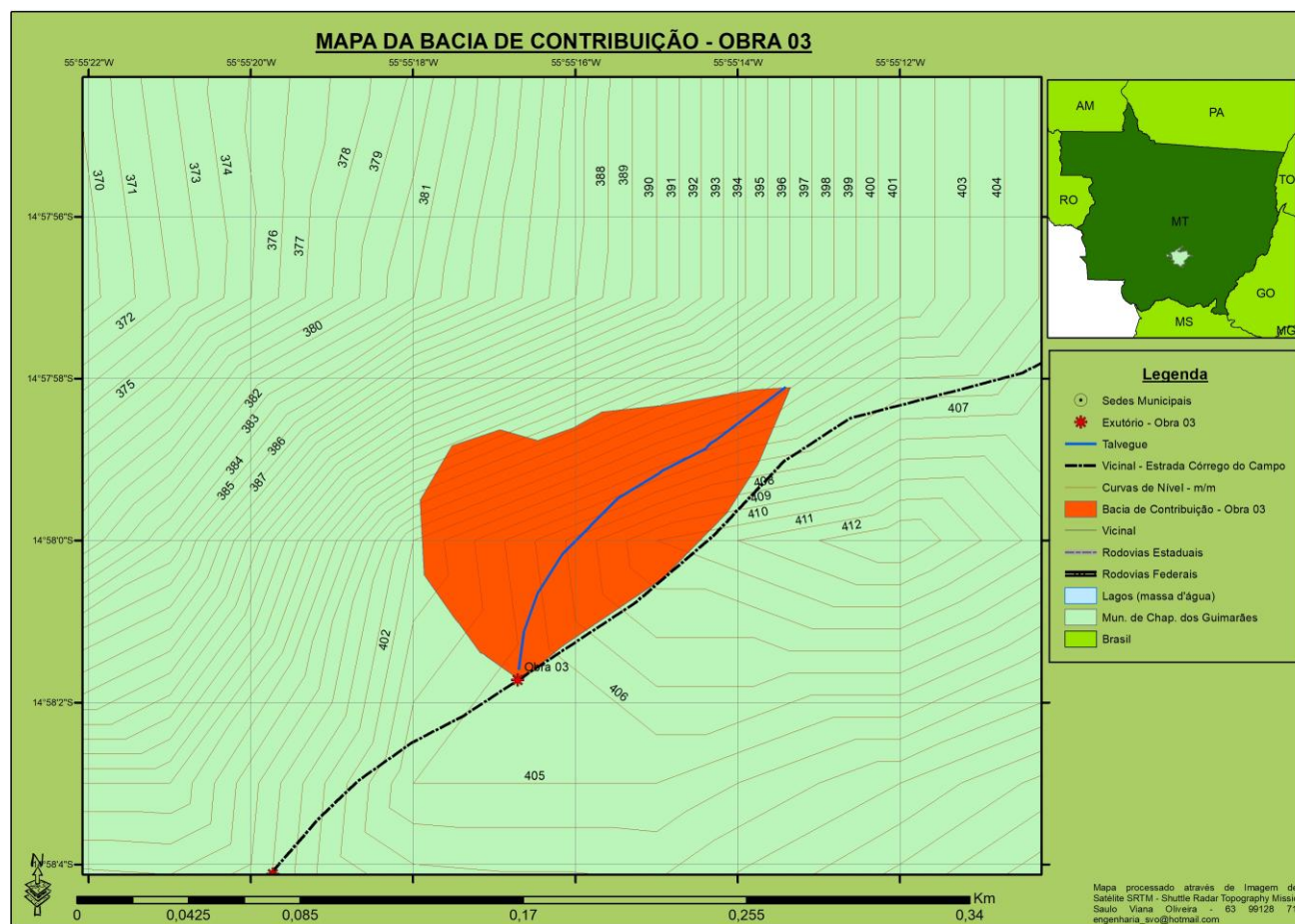


Figura 19 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

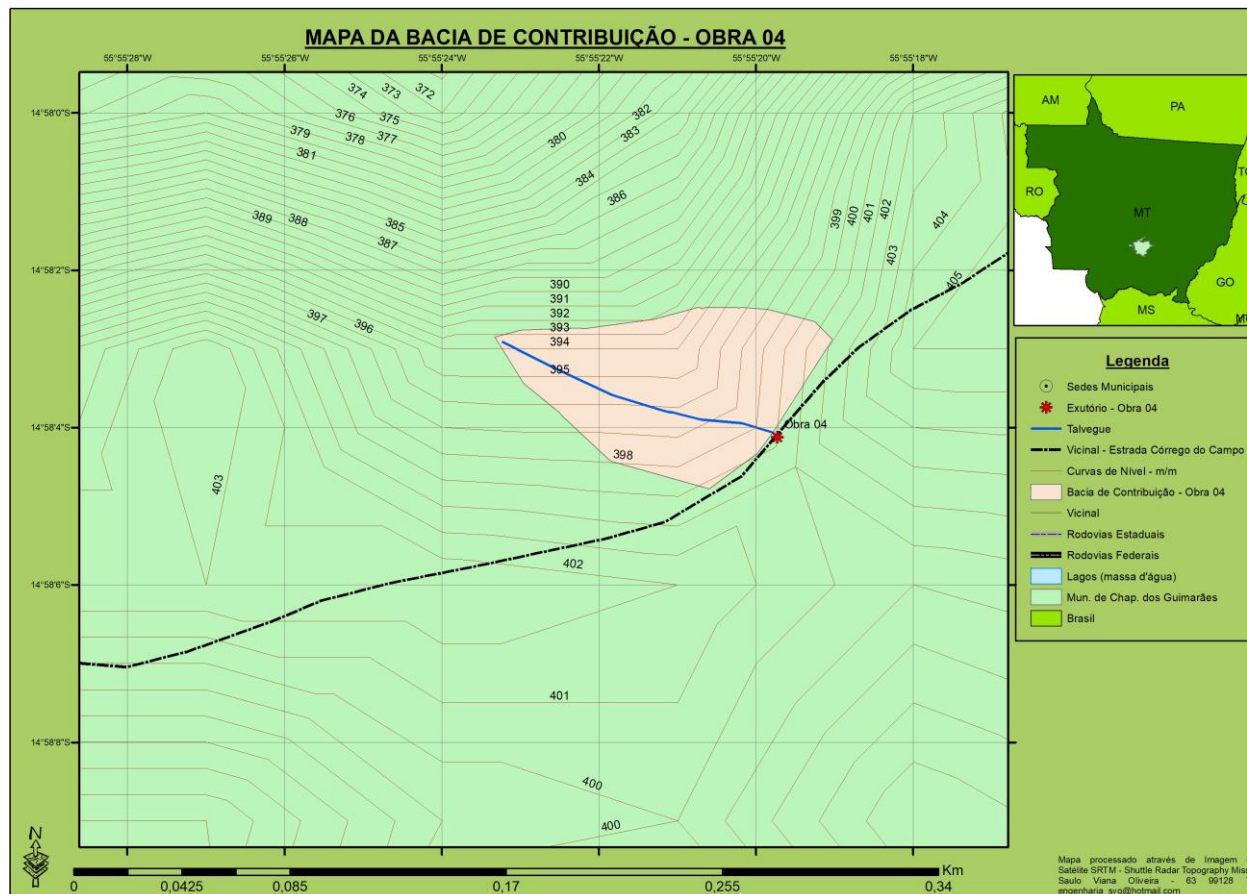


Figura 20 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

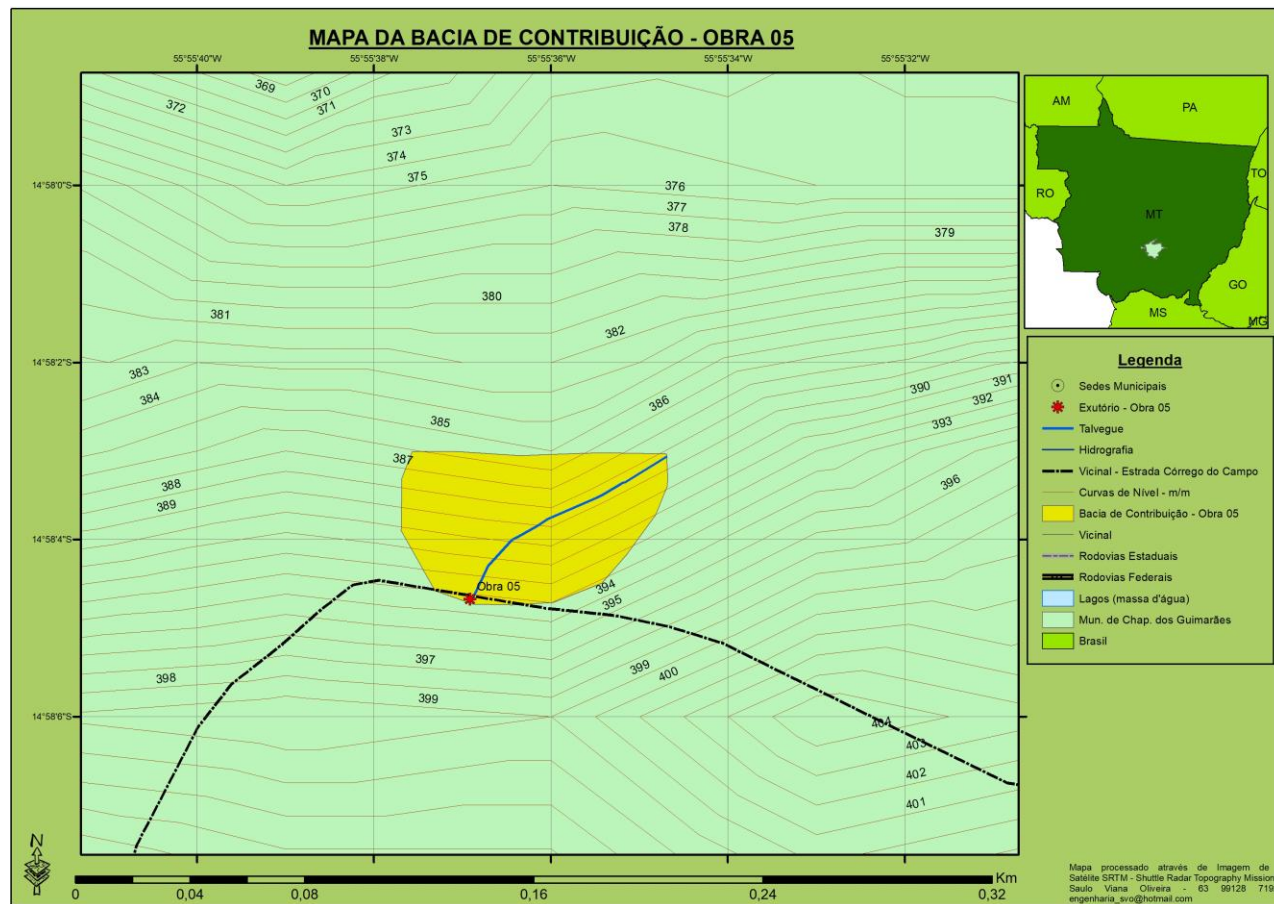


Figura 21 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

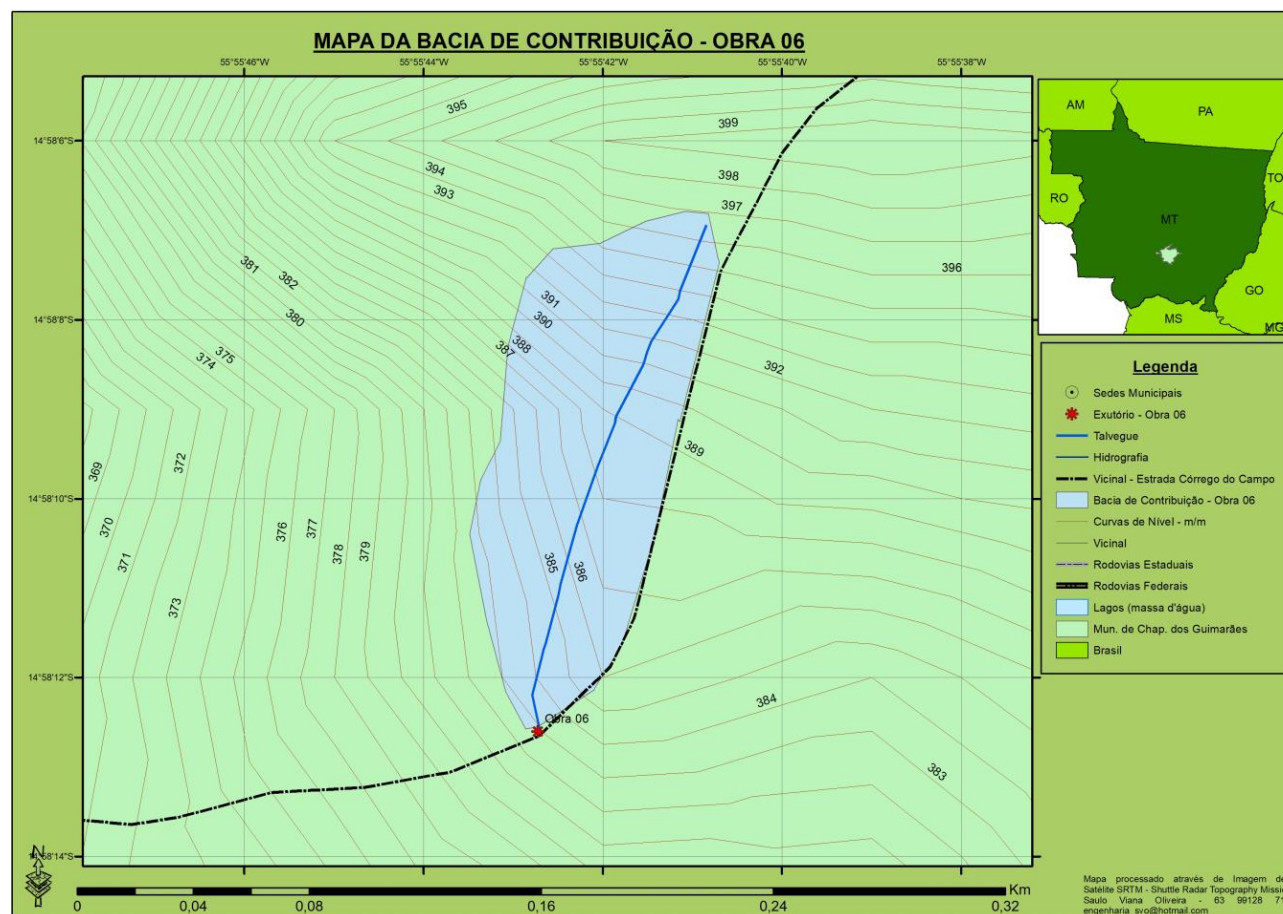


Figura 22 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

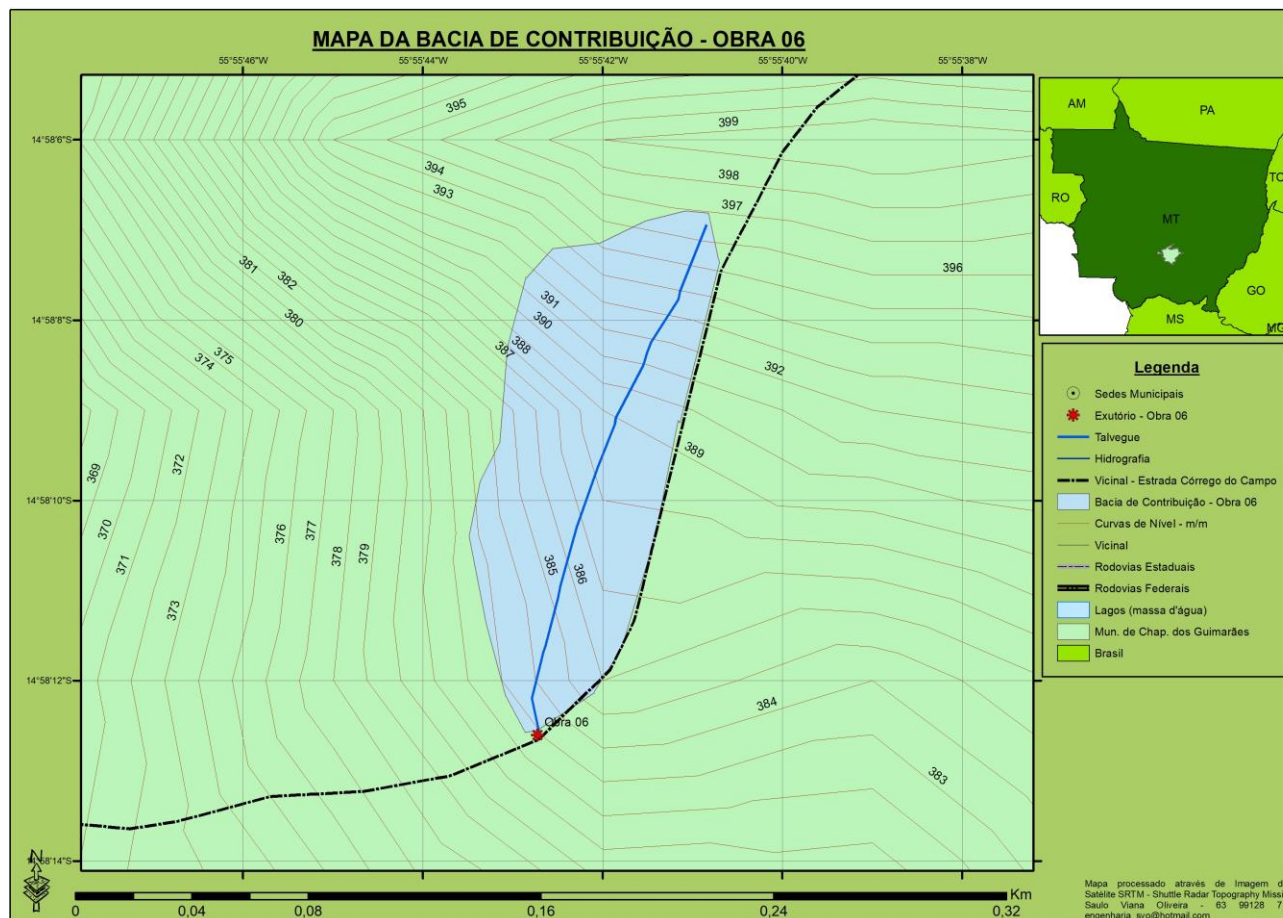


Figura 23 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

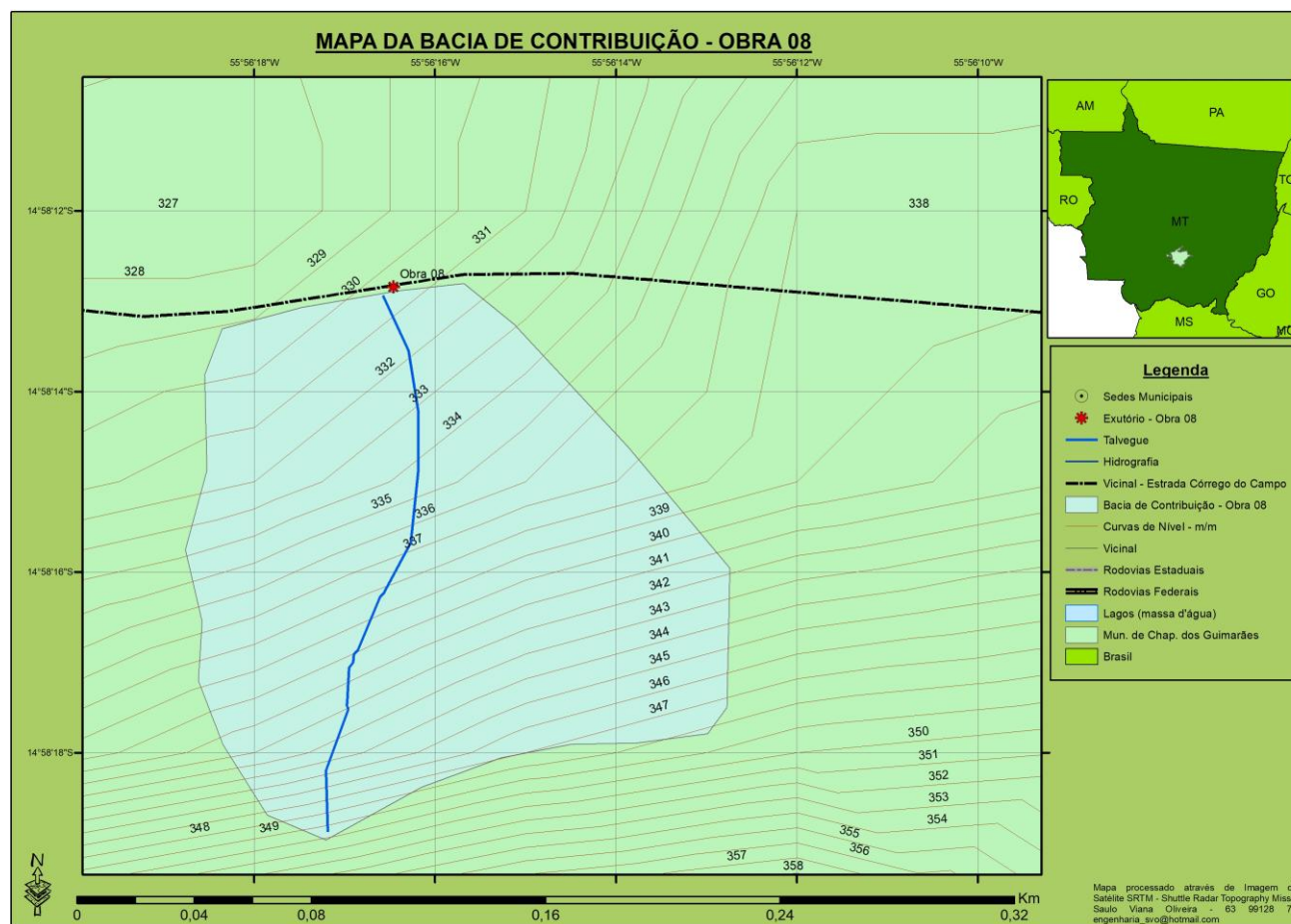


Figura 24 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

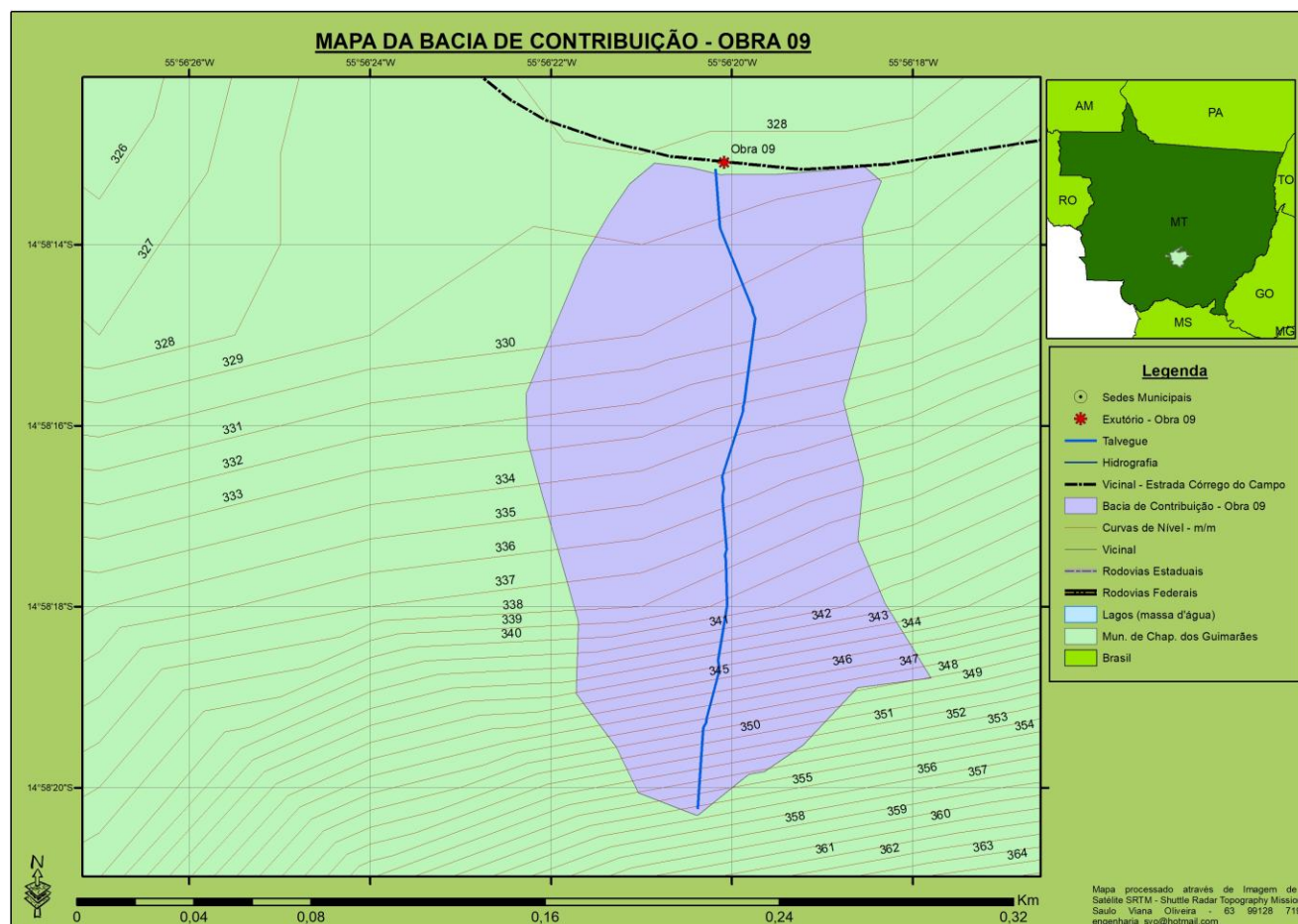


Figura 25 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

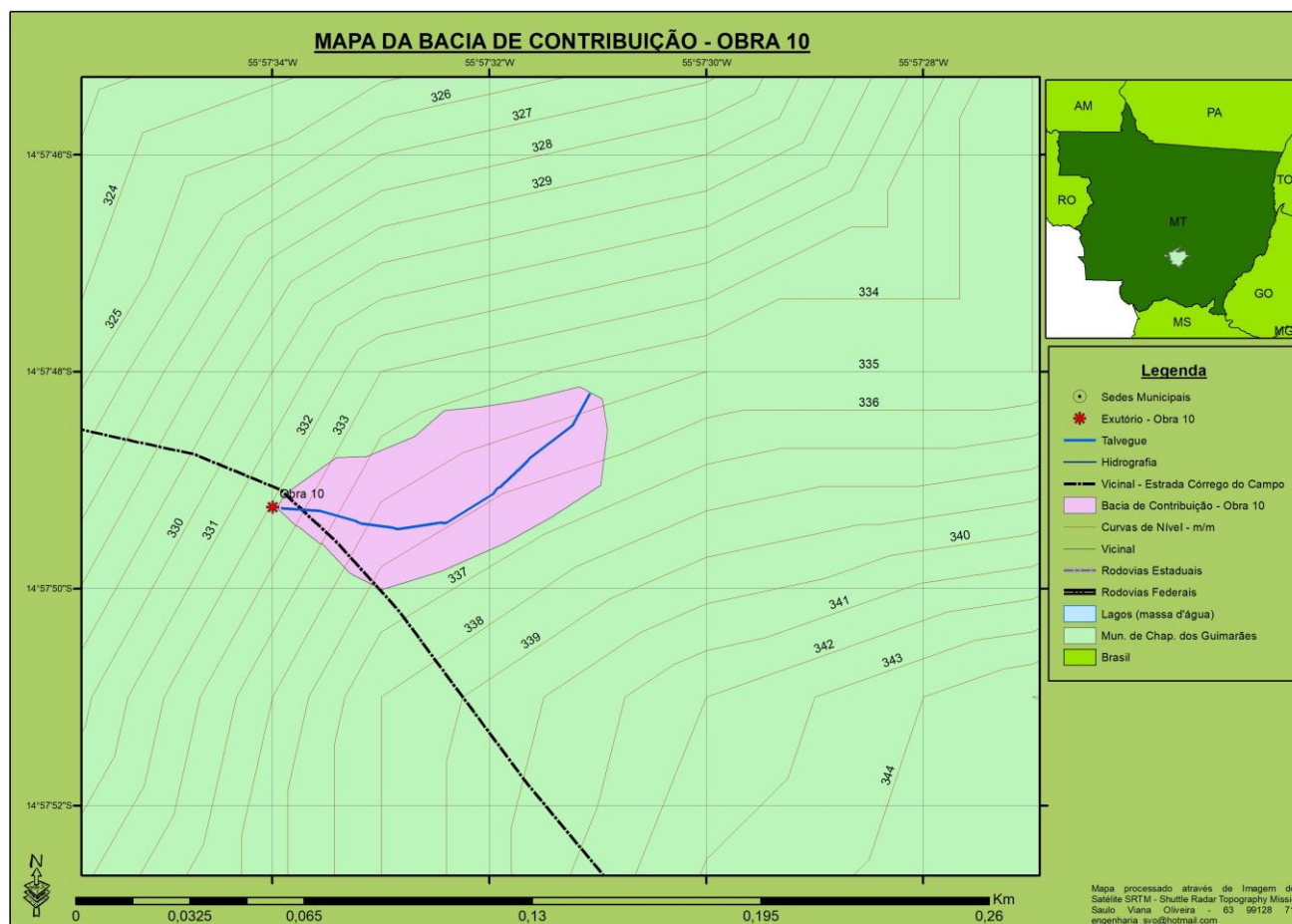


Figura 26 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

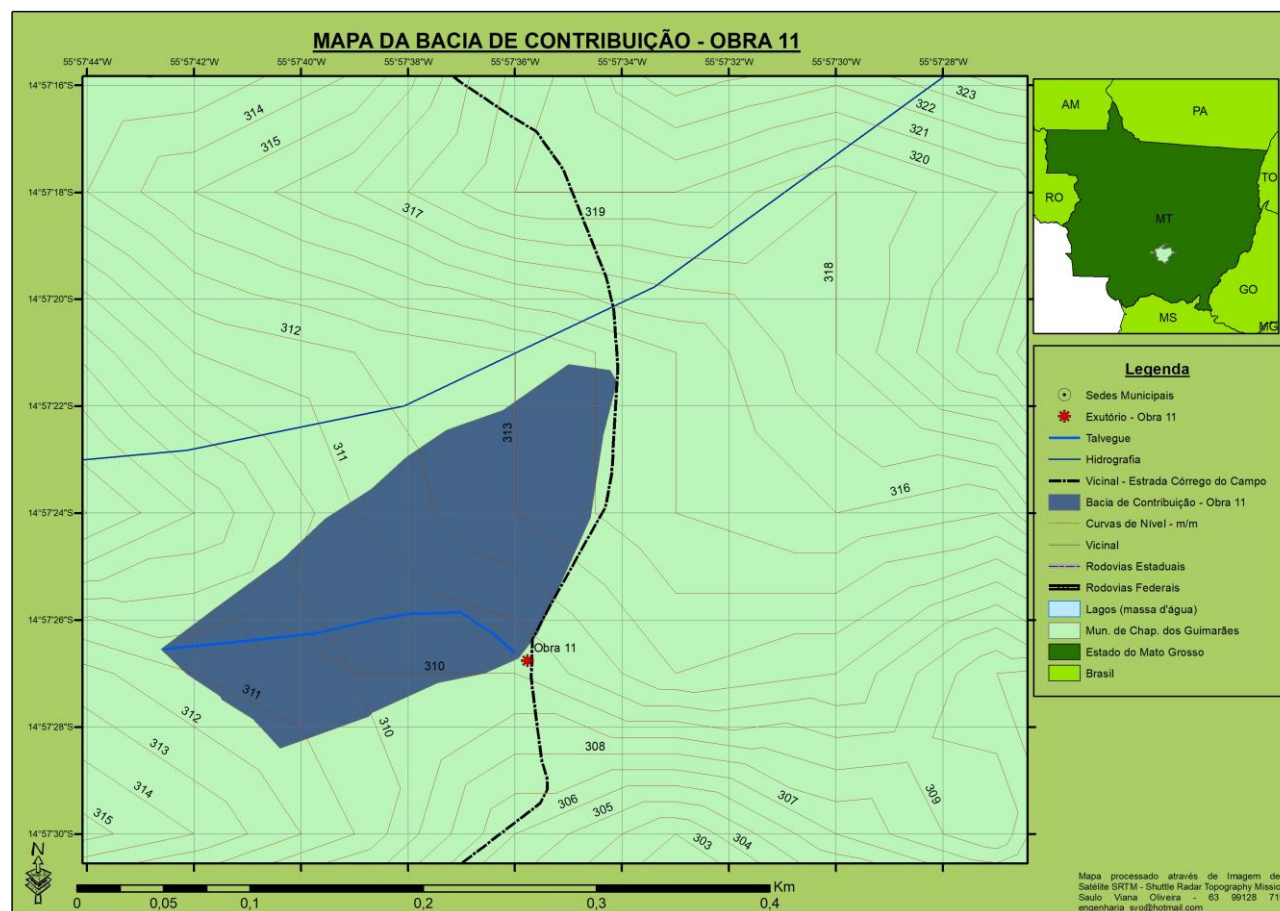


Figura 27 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

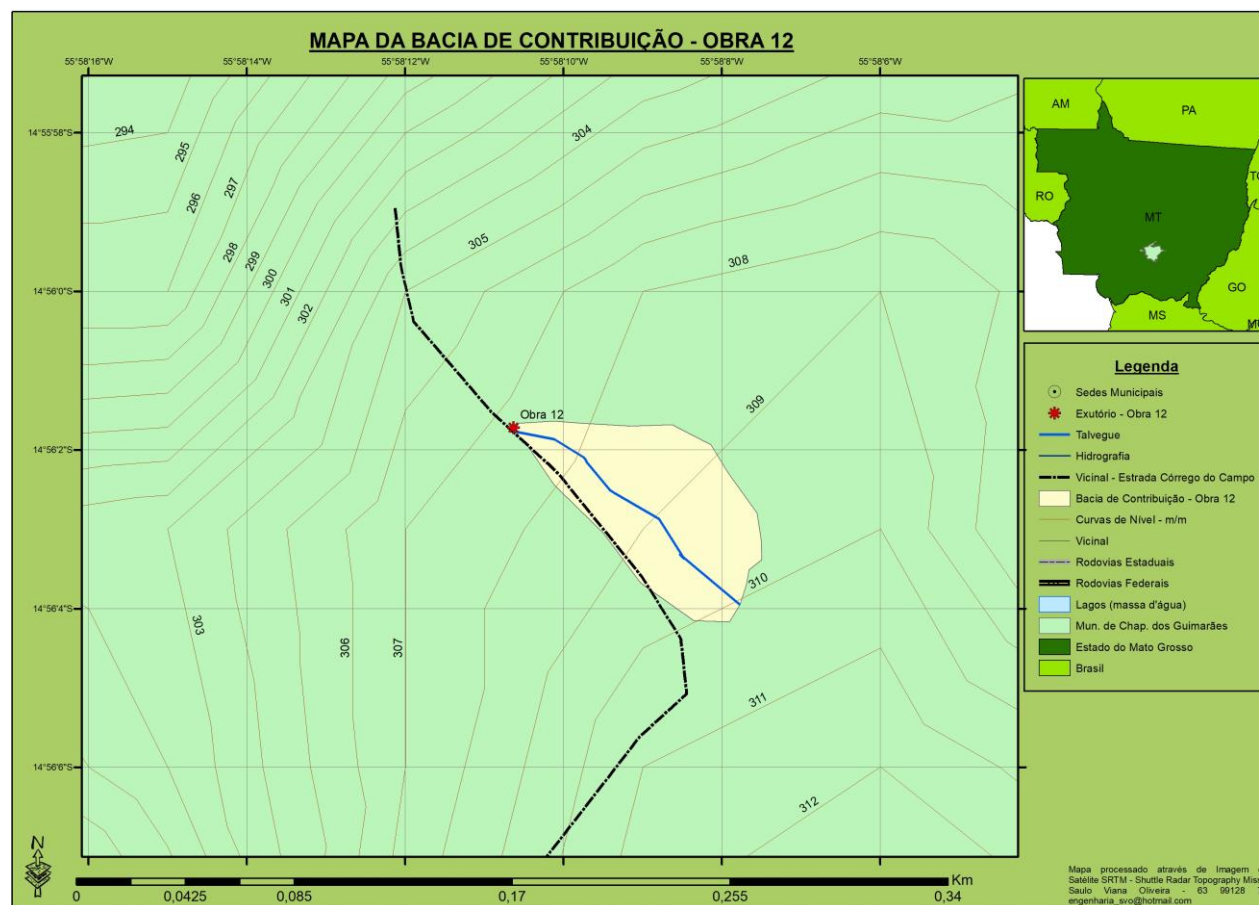


Figura 28 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

10.RESULTADOS E DIMENSIONAMENTO – MRC – MÉTODO RACIONAL CORRIGIDO

Cálculo pelo Método Racional Corrigido

Ordem	Trecho	Localização		Caracterização Morfológica da Bacia Hidrográfica									Cálculo da Vazão de Projeto pelo Método Racional Corrigido				Caracterização da Obra Dimensionada									
		Identificação	Curso d'Água	Cota Fundo	A (Km²)	L (Km)	Cota Topo	ΔH (m)	Sm (%)	S (%)	C	TR	Tc (hs)	P (mm)	I (mm/h)	Qp (m³/s)	Qtd. ou "P" para Ponte	Largura, Diâmetro ou Comprim. (m)	Declividade (%)	Coef. de Rugosidade p	Raio Hidráulico Rh	Velocidade (m/s)	Qr (m³/s)	Vel.	Obra Dimensionada	
1	Estrada Vicinal Córrego do Campo	Obra 01	Fluxo Intermitente	420,000	0,00841	0,150	422	2	1,33	1,33	0,4	15	0,08	19	233,64	0,22	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
2		Obra 02	Fluxo Intermitente	405,000	0,00724	0,110	412	7	6,36	6,36	0,4	15	0,04	19	541,48	0,44	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
3		Obra 03	Fluxo Intermitente	401,000	0,00863	0,149	411	10	6,71	6,71	0,4	15	0,04	19	437,52	0,42	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
4		Obra 04	Fluxo Intermitente	400,000	0,00571	0,110	405	5	4,55	4,55	0,4	15	0,04	19	475,69	0,30	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
5		Obra 05	Fluxo Intermitente	396,000	0,00395	0,100	404	8	8,00	8,00	0,4	15	0,03	19	636,38	0,28	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
6		Obra 06	Fluxo Intermitente	337,000	0,00919	0,180	392	55	30,56	30,56	0,4	15	0,03	19	678,00	0,69	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
7		Obra 07	Fluxo Intermitente	356,000	0,00755	0,160	363	7	4,38	4,38	0,4	15	0,05	19	351,26	0,29	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
8		Obra 08	Fluxo Intermitente	337,000	0,02444	0,190	365	28	14,74	14,74	0,4	15	0,04	19	491,16	1,33	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
9		Obra 09	Fluxo Intermitente	334,000	0,02018	0,220	377	43	19,55	19,55	0,4	15	0,04	19	489,12	1,10	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
10		Obra 10	Fluxo Intermitente	336,000	0,00303	0,100	346	10	10,00	10,00	0,4	15	0,03	19	693,47	0,23	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
11		Obra 11	Fluxo Intermitente	307,000	0,03032	0,210	314	7	3,33	3,33	0,4	15	0,07	19	256,58	0,87	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80
12		Obra 12	Fluxo Intermitente	308,000	0,00442	0,120	312	4	3,33	3,33	0,4	15	0,05	19	394,79	0,19	1,00	0,80	3,00	0,02	0,20	3,95	1,98	Ok!	BSTC	Ø0,80

Figura 29 – Quadro de Resultados e Dimensionamento de Obra

RAUL BARROS RIBEIRO

Eng. Civil - Crea 1216969736

RAUL BARROS
RIBEIRO:0321
7364198

Assinado de forma
digital por RAUL
BARROS
RIBEIRO:03217364198
Data: 2026.01.14
08:24:14 -04'00'

ESTUDO HIDROLÓGICO

MUNICÍPIO: CHAPADA DOS GUIMARÃES – MT

TRECHO: ESTRADA VICINAL BIQUINHA

LOCAL / DATA: CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT / JUNHO DE 2026

1. INTRODUÇÃO

Os Estudos hidrológico tem-se como principal objetivo:

- Fornecer características morfométricas, climatológicas e pluviométricas, dando subsídios e critérios para a determinação de vazão a fim de dimensionamento hidráulico da obra de arte.

O presente estudo apresenta os parâmetros técnicos para caracterização morfológica das bacias hidrográficas, através do MDT – Modelo Digital de Terreno, dando condições técnicas para o dimensionamento das OAE - Obras de Artes Especiais, seguindo as recomendações técnicas dos cadernos de orientações e instruções de serviços abaixo.

- Caderno de Orientações Técnicas do Programa de Pontes – Mais MT, 2021;
- Publicação IPR – 715 – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem;
- IS – 203: Estudo Hidrológico;
- Publicação IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias;
- IS – 239: Estudos Hidrológicos para Projetos Executivos de Engenharia para Construção de Rodovias Vicinais;
- Publicação IPR-726 Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços.

2. LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Os Exutórios em estudo situam-se em Estrada Vicinal, denominada Biquinha, no município de Chapada dos Guimarães – MT, conforme apresenta a **“Tabela 1”** e **“Figura 1”** abaixo.

Localização dos Pontos de Exutórios em Estudo e Dimensionamento

ITEM	IDENTIFICAÇÃO DA OBRA	OBRA DIMENSIONADA	COORDENADAS UTM		ZONA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			LESTE	NORTE		LATITUDE	LONGITUDE
01	Obra 01	BDTC ø 1,50	644,530,59	8.320.398,44	21 L	-15°11'18,01"	-55°39'16,36"
02	Obra 02	BDTC ø 1,50	645,269,51	8.319.922,46	21 L	-15°11'33,35"	-55°38'51,51"
03	Obra 03	BDTC ø 1,50	645,486,28	8.319,914,21	21 L	-15°11'33,57"	-55°38'44,24"

Tabela 1 – Localização dos pontos de exutórios.

Fonte: Coleta de Campo



Figura 1 – Mapa de Localização
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.5

3. DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados para a realização do estudo hidrológico estão abaixo relacionados:

- Locação do ponto de captação (exutório) com GPS;
- Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);
- Processamento de Dados no ArcGis;
- Dados pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL/Agência Nacional de Águas – ANA, Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT, com dados pluviométricos tratados de 30 anos;
- Classificação Climática de Wladimir Köppen”, publicação do DNER;
- Normas climatológicas – série 1961/1990 – INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;

- Cartas topográficas fornecidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro e publicada na escala 1:100.000;

4. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA, PLUVIOMÉTRICA E GEOMORFOLÓGICA

4.1. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização do clima da região situada próxima ao segmento rodoviário de interesse, foi utilizada a metodologia adotada por Wladimir Köppen, que leva em consideração a quantidade de precipitações, a temperatura média e a umidade relativa.

Deve-se ressaltar que essa metodologia de classificação, assim como as outras desenvolvidas com a mesma finalidade, diferencia apenas megazonas climáticas, não apresentando suficiente eficiência para variações locais;

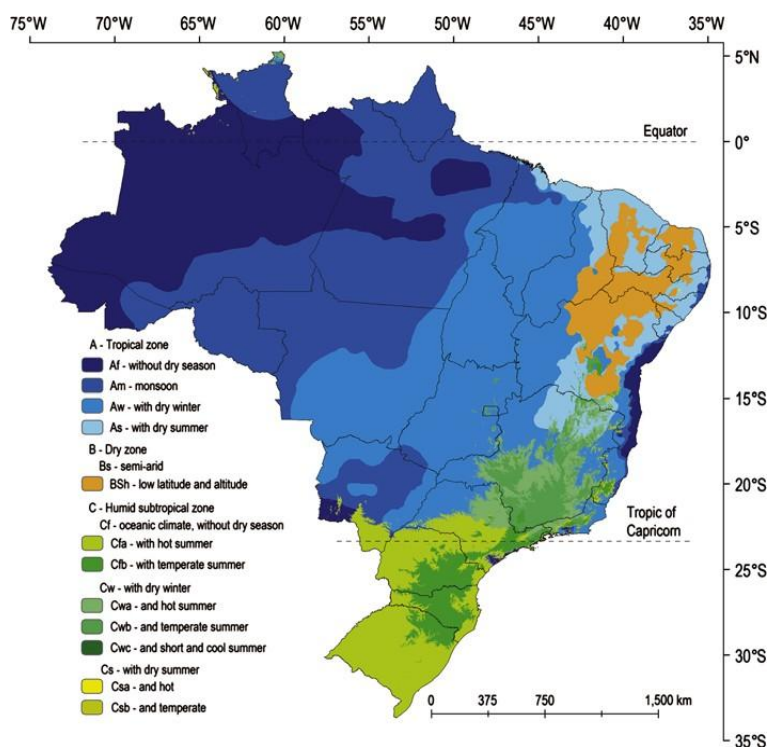


FIGURA 2: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O BRASIL, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KO'PPEN (1936)

Segundo Classificação de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta dois tipos climáticos: Am (clima tropical úmido ou sub-úmido) localizado no Norte e Aw (clima tropical, com inverno seco), localizado na região centro-oeste do Brasil conforme apresenta o mapa abaixo.

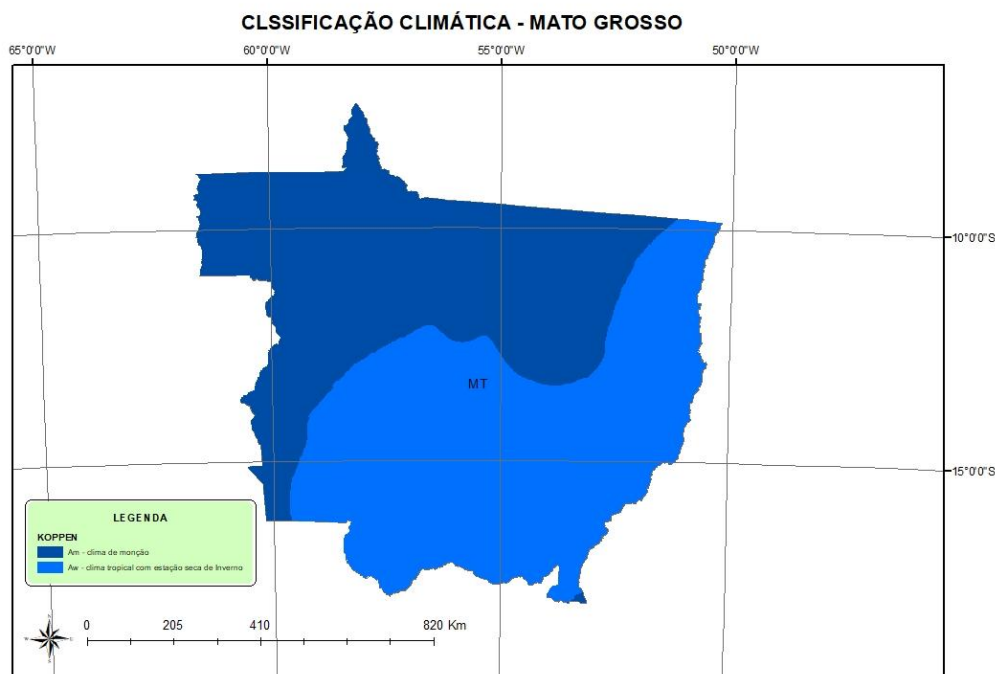


FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO OS CRITÉRIOS KÖPPEN (1936)

Conforme essa classificação de Köppen, resumida na figura acima, o clima da área de interesse pode ser classificado como do tipo Aw. Trata-se de um clima Tropical de Savana. É um clima quente semi-úmido com 4 a 5 meses seco. Sendo que a temperatura média anual oscila entre 25,8°C. As temperaturas mínimas variam entre 21,4°C, e as temperaturas máximas variam de 32,8°C. A altura total de precipitação média dos meses mais secos não ultrapassa 12,3mm (jul.) e a precipitação total média anual é de 1207,3 mm, sendo os meses de maior pluviosidade os de outubro a março e os de menor pluviosidade de abril a setembro com média anual de 122 dias de chuva.

4.2. CLASSIFICAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Segundo a CPTEC/INPE, o Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas.

A seguir apresentamos os mapas de classificação pluviométrica segundo a ANA – Agência Nacional das Águas.

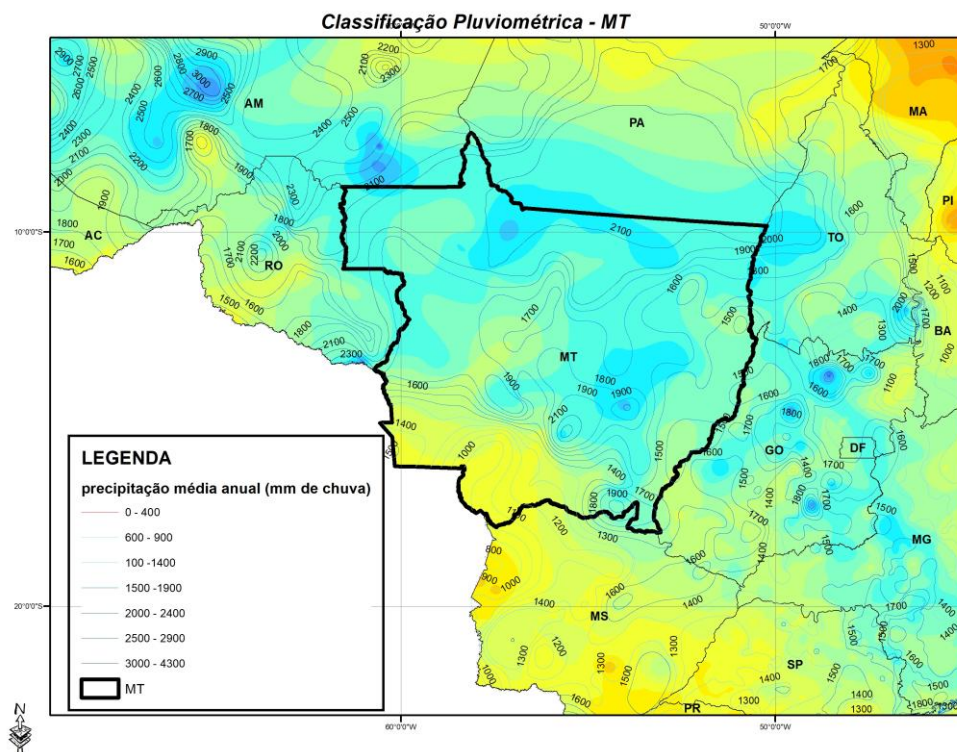


Figura 4 – Classificação Pluviométrica do Estado do Mato Grosso
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas

Para o estudo das precipitações pluviométricas, utilizamos os dados da Estação Meteorológica mais representativa nas proximidades do curso de drenagem em estudo, sendo que os dados foram coletados junto a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) / ANA (Agência Nacional de Águas); e o posto de coleta é:

➤ **Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3 no município de CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT;**

Os registros dos Dados Pluviométricos com Nível de Consistência igual a 1 segundo a operadora são de 30 anos de observações, entre o período de 1983 a 2025.

Apresentamos a seguir os valores das precipitações, Histograma e demais informações importantes, elaborados com os dados obtidos desta Estação Meteorológica.

Caracterização da Estação

TIPO	CÓDIGO	BACIA / SUB BACIA	NOME	COORDENADAS		RESPONSÁVEL	OPERADORA	MUNICÍPIO	UF
				LAT	LONG				
Pluv	1555008	1 – Rio Paraná / Rios Paraguai e São Lourenço	FAZENDA ESTIVA PR3	15° 14' 00"	55° 44' 22"	ANA – Agência Nacional das Águas	SGB – CPRM – Serviço Geológico do Brasil	Chapada dos Guimarães	MT

Tabela 2 – Caracterização da Estação
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMA DIÁRIA MENSAL

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3													
Código: 1555008													
Município: Chapada Dos Guimarães - MT													
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas													
Latitude: 15°14'00" S													
Longitude: 55°44'22" O													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1982										13,4	47,0	50,3	
1983	60,0	41,0	73,0	33,0	59,0	0,0	0,6	0,0	22,0	35,0	73,0	52,0	73,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	38,4	29,0	44,6	45,0	45,0
1985	50,0	49,0	79,2	58,8	21,4	2,8	12,4	0,0	16,0	62,0	26,4	52,0	79,2
1986	70,0	75,0	29,4	14,0	42,0	27,6	0,0	14,0	34,4	39,8	70,0	32,0	75,0
1987	32,8	44,0	54,0	72,2	9,0	19,6	0,0	0,0	16,0	52,0	44,6	90,4	90,4
1988	21,8	114,0	33,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	37,4	30,0	70,0	114,0
1989	65,4	40,0	50,0	58,4	58,6	1,0	9,4	38,0	22,8	44,0	57,4	71,8	71,8
1990	53,6	50,0	60,2	60,2	42,6	9,0	28,0	53,6	76,0	75,0	60,4	65,0	76,0
1991						4,0	0,0	0,0	71,0	65,0	50,0	80,0	
1992	75,0	47,8	25,0	38,0	6,6	0,0	0,0	6,0	62,0	50,0	75,0	43,4	75,0
1993	71,0	92,0	30,0	44,0	23,4	19,6	0,0	7,2	23,6	34,0	35,0	36,0	92,0
1994	55,0					23,3	17,6	0,2	48,0	30,0	60,0	55,0	
1995	56,0	70,0	38,0	40,0	84,0	16,0	0,0	8,0	26,0	28,0	88,9	81,3	88,9
1996	83,6	37,3	39,4	32,9	46,7	12,1	0,0	16,2	13,0	33,9	56,2	28,1	83,6
1997	63,1	68,4	38,8	23,1	40,5	18,1	0,0	0,0	58,5	22,0	45,2	92,7	92,7
1998	38,9	32,9	21,0	58,1	17,2	0,0	0,0	18,7	48,4				
1999	29,1	53,5	93,6	42,8	10,1	43,0	0,0	0,0	15,4	18,1	19,1	34,0	93,6
2000	57,2	48,7	93,5	37,4	3,2	0,0	7,6	43,6	22,1	45,8	59,9	22,9	93,5
2001	61,1	27,0	71,7	81,8	64,8	0,0	1,6	0,2	51,2	65,1	27,5	85,1	85,1
2002	54,9	99,5	57,6	37,1	39,8	0,0	1,7	24,5	20,7	33,9	41,4	33,0	99,5
2003	95,6	42,5	30,0	22,2	6,0	0,0	0,0	1,5	26,4	20,9	46,2	36,6	95,6
2004	43,5	30,5	59,1	77,8	33,2	0,0	44,4	0,0	22,2	38,3	130,4	71,3	130,4
2005	97,7	28,7	46,2	26,0	17,5	12,9	0,0	0,2	20,0	49,5	72,7	81,2	97,7
2006	29,7	52,1	41,8	33,5	62,2	0,0	22,3	0,9	36,7				
2007												56,3	
2008	40,0	18,4	54,7	61,8	4,0	0,0	0,0	0,0	10,0	39,0	51,2	90,0	90,0
2009	33,3	39,0	30,0	38,7	37,5	20,0	1,3	39,4	11,1	36,9	34,1	40,7	40,7
2010	40,7	51,0	33,4	24,2	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	54,3	40,7	54,3
2011	51,0	88,7	32,1	28,5	0,0	1,2	0,0	0,0	29,2	36,0	29,7	31,1	88,7
2012	64,2	69,1	37,8	38,3	33,6	26,1	0,0	0,0	17,8	20,1	28,3	46,5	69,1
2013	49,7	48,0	46,6	10,7	17,7	23,5		0,5	5,0	37,9	56,0	70,3	
2014	36,6	90,2	44,6	24,5	23,2	9,7	26,6	0,0	12,3	72,0	65,2	112,9	112,9
2015	20,3	59,7	52,1	55,1	15,8	6,5	8,8	0,0	3,8	54,5	31,3	24,5	59,7
2016	124,6	33,6	43,1	15,0	7,5		0,0	25,5	25,2	49,1	147,5	48,7	
2017	24,1	62,3	49,6	17,3	72,1	0,0	0,0	20,1	6,3	19,5	47,4	82,4	82,4
2018	78,4	51,7	60,1	21,5	17,5	0,0	0,0	12,5	30,1	35,0	105,0	65,0	105,0
2019	62,7	63,5	61,4	34,5	10,2	0,0	0,0	5,5	8,2	67,4	51,4	26,2	67,4
2020	27,9	114,3	36,4	8,1	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	75,5	18,3		
2021				26,0	1,0	0,0	0,0	0,0	19,2	40,0	36,5	27,5	
2022	35,0	30,0	20,2	18,2	0,0	8,0	0,0	13,3	28,0	48,0		43,0	
2023	107,0	70,0		100,0	83,0	0,0	0,0	0,5	100,0			30,0	
2024	47,0	101,0	22,5	2,0									
2025						0,0	0,0						

FIGURA 5: MÁXIMAS DIÁRIAS MENSAS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

TOTAIS MENSAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3												
Código: 1555008			Município: Chapada Dos Guimarães - MT						Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas									Longitude: 55°44'22" O			
Ano	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais
1982									16,0	130,2	115,5	
1983	193,6	215,2	217,4	77,4	0,0	0,6	0,0	36,0	118,6	387,4	336,4	1.669,6
1984	100,6	234,0	241,2	45,8		0,0	74,4	60,2	167,0	103,6	195,6	
1985	261,8	239,8	260,2	37,0	2,8	12,4	0,0	39,6	216,4	120,8	142,2	1.532,2
1986	286,2	232,6	148,4	72,4	27,6	0,0	33,0	55,8	159,0	244,6	244,4	1.533,8
1987	229,4	138,6	262,4	20,4	19,6	0,0	0,0	29,4	117,0	236,6	316,2	1.546,4
1988	159,0	365,2	145,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	116,0	112,6	237,6	1.271,9
1989	400,0	186,8	325,4	58,6	1,0	9,4	81,0	54,6	90,2	148,0	263,2	1.959,8
1990	294,8	216,4	240,2	55,6	9,0	28,0	54,2	213,4	149,6	113,5	270,2	1.768,1
1991					4,0	0,0	0,0	95,0	218,0	199,0	321,8	
1992	330,2	280,0	98,4	6,6	0,0	0,0	11,2	255,0	234,0	240,6	135,6	1.701,6
1993	293,2	302,4	141,6	36,8	35,0	0,0	8,6	38,0	101,6	203,8	370,6	1.620,6
1994	239,0				42,9	18,6	0,2	66,6	143,0	171,6	407,0	
1995	300,0	407,6	152,0	142,0	20,0	0,0	8,0	34,2	84,4	245,1	317,7	1.832,6
1996	247,8	210,5	210,5	92,8	15,2	0,0	18,2	28,0	113,9	220,0	120,9	1.384,1
1997	349,9	157,9	187,6	47,6	35,6	0,0	0,0	79,7	56,9	115,6	286,1	1.371,8
1998	173,1	132,5	66,3	17,2	0,0	0,0	18,7	86,4				
1999	170,1	219,8	347,1	10,1	43,0	0,0	0,0	35,4	91,3	100,4	137,2	1.289,8
2000	204,2	307,4	389,6	3,2	0,0	7,6	72,4	75,9	153,3	216,7	127,4	1.679,0
2001	166,7	128,7	309,2	87,5	0,0	1,6	0,2	105,6	150,7	165,6	381,5	1.665,6
2002	259,1	408,6	144,7	69,5	0,0	1,7	24,5	24,7	101,1	195,6	139,2	1.417,1
2003	498,3	299,8	172,6	8,0	0,0	0,0	1,5	80,4	77,5	158,1	168,6	1.532,7
2004	363,0	180,7	98,5	33,2	0,0	53,1	0,0	26,5	136,0	217,2	262,9	1.513,4
2005	370,4	92,0	162,3	19,9	12,9	0,0	0,2	54,1	100,7	257,1	358,2	1.480,7
2006	155,3	297,9	310,5	62,2	0,0	34,5	0,9	111,9				
2007											179,4	
2008	237,5	142,8	255,8	12,8	0,0	0,0	0,0	11,2	85,2	186,3	220,9	1.405,4
2009	79,6	205,4	117,1	39,5	30,0	1,3	68,6	11,2	85,5	132,0	230,1	1.154,1
2010	420,6	198,8	180,7	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	83,8	276,4	133,0	1.352,7
2011	234,9	323,6	217,2	0,0	1,2	0,0	0,0	33,2	146,1	53,9	92,3	1.193,8
2012	348,3	253,9	105,9	108,4	42,3	0,0	0,0	17,8	63,6	159,7	122,8	1.285,5
2013	297,1	348,3	300,3	35,6	47,2		0,5	8,2	123,2	139,6	382,0	
2014	176,2	528,4	303,8	90,2	10,5	56,1	0,0	35,4	286,0	403,6	398,5	2.411,8
2015	77,9	254,0	189,1	38,1	13,8	8,8	0,0	6,3	102,2	150,0	69,7	1.100,6
2016	615,9	100,9	167,5	7,6		0,0	78,3	25,2	243,6	321,2	208,2	
2017	186,0	275,0	206,8	103,5	0,0	0,0	23,4	8,3	83,0	251,7	257,6	1.439,9
2018	207,1	208,3	140,6	17,5	0,0	0,0	12,5	107,9	103,6	349,7	230,6	1.469,3
2019	168,6	201,4	187,9	17,3	0,0	0,0	6,9	12,3	142,4	128,8	133,2	1.123,2
2020	117,3	482,7	112,7	61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	43,3		
2021				1,0	0,0	0,0	0,0	28,2	154,5	177,0	135,7	
2022	103,5	131,1	156,6	0,0	8,0	0,0	25,6	36,5	148,0		239,3	
2023	295,7	296,0		112,0	0,0	0,0	0,5	103,2		67,8	165,6	
2024	276,3	245,9	22,5									
2025					0,0	0,0						

FIGURA 6: TOTAIS MENSAIS

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

*os quadros onde estão em branco foram coletados dados, porém não foram tratados por este motivo não foram utilizados nos cálculos

HISTOGRAMA

Histograma:

Tipo	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mín.	77,9	92,0	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	43,3	69,7	0,0
Média	253,5	248,7	197,2	44,0	10,8	5,8	15,6	53,6	129,2	188,0	227,0	1.456,9
Máx.	615,9	528,4	389,6	142,0	47,2	56,1	81,0	255,0	286,0	403,6	407,0	2.411,8

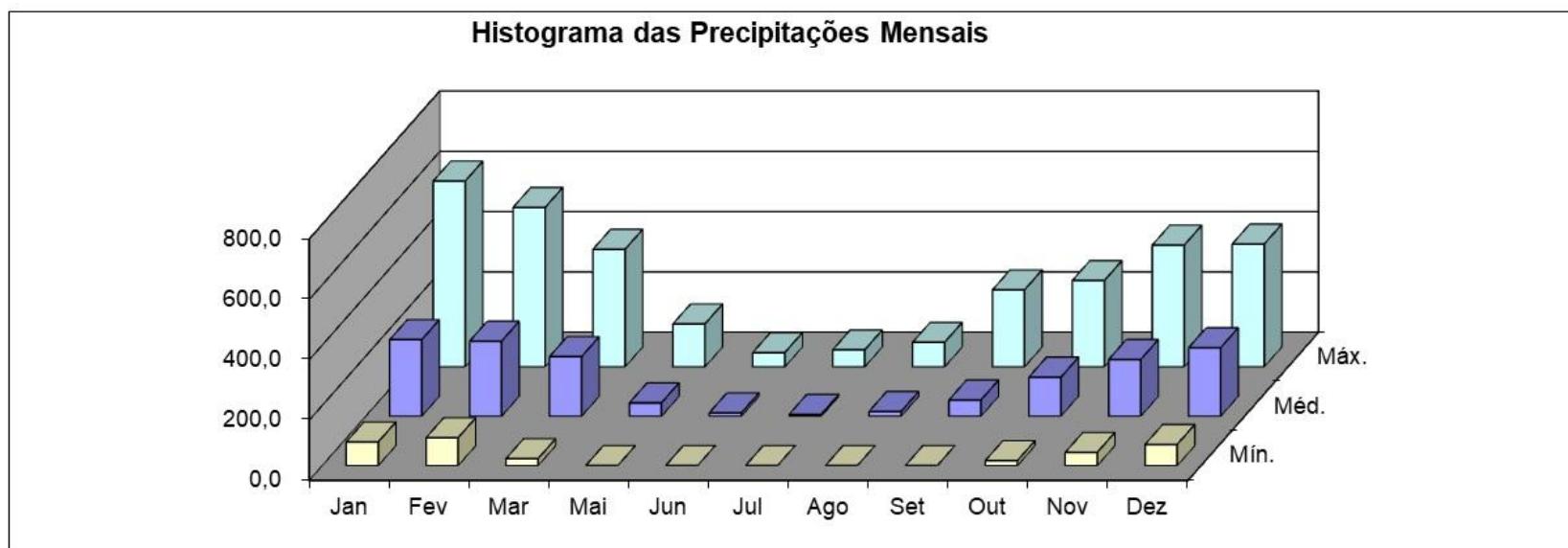


FIGURA 7: HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS

Posto Pluviométrico de FAZENDA ESTIVA PR3							
Código: 1555008				Município: Chapada Dos Guimarães - MT			
Intervalo: 30 Anos				Latitude: 15°14'00" S			
Orgão: ANA - Agência Nacional das Águas				Longitude: 55°44'22" O			
Máximas Diárias		Método Estatístico (Distribuição de Gumbel)					
Ano	P (mm)	N	P	P-Pmed	(P-Pmed)²	F %	TR
1983	73,0	1	130,4	46,33	2.146,16	3,2	31,00
1984	45,0	2	114,0	29,93	895,61	6,5	15,50
1985	79,2	3	112,9	28,83	830,98	9,7	10,33
1986	75,0	4	105,0	20,93	437,93	12,9	7,75
1987	90,4	5	99,5	15,43	237,98	16,1	6,20
1988	114,0	6	97,7	13,63	185,69	19,4	5,17
1989	71,8	7	95,6	11,53	132,86	22,6	4,43
1990	76,0	8	93,6	9,53	90,76	25,8	3,88
1992	75,0	9	93,5	9,43	88,86	29,0	3,44
1993	92,0	10	92,7	8,63	74,42	32,3	3,10
1995	88,9	11	92,0	7,93	62,83	35,5	2,82
1996	83,6	12	90,4	6,33	40,03	38,7	2,58
1997	92,7	13	90,0	5,93	35,13	41,9	2,38
1999	93,6	14	88,9	4,83	23,30	45,2	2,21
2000	93,5	15	88,7	4,63	21,41	48,4	2,07
2001	85,1	16	85,1	1,03	1,05	51,6	1,94
2002	99,5	17	83,6	-0,47	0,22	54,8	1,82
2003	95,6	18	82,4	-1,67	2,80	58,1	1,72
2004	130,4	19	79,2	-4,87	23,75	61,3	1,63
2005	97,7	20	76,0	-8,07	65,18	64,5	1,55
2008	90,0	21	75,0	-9,07	82,33	67,7	1,48
2009	40,7	22	75,0	-9,07	82,33	71,0	1,41
2010	54,3	23	73,0	-11,07	122,62	74,2	1,35
2011	88,7	24	71,8	-12,27	150,63	77,4	1,29
2012	69,1	25	69,1	-14,97	224,20	80,6	1,24
2014	112,9	26	67,4	-16,67	278,00	83,9	1,19
2015	59,7	27	59,7	-24,37	594,06	87,1	1,15
2017	82,4	28	54,3	-29,77	886,45	90,3	1,11
2018	105,0	29	45,0	-39,07	1.526,73	93,5	1,07
2019	67,4	30	40,7	-43,37	1.881,25	96,8	1,03
Soma (Σ):		2.522,2		Soma (Σ):		11.225,52	
Pmed:		84,07		σ:		19,67 mm	

FIGURA 8: MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS
Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

4.3. CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, geomorfologia é conjunto de mapas, arquivos vetoriais e documentos que retratam e classificam o relevo brasileiro. São identificadas feições de relevo tais como planícies, depressões, chapadas e serras, assim como sua origem e evolução.

Segundo o Geoportal.Seplan.MT, o estudo geomorfológico compreende um esforço no sentido de entender as combinações e interferências que o relevo mantém com os demais componentes da natureza e da sociedade, com relevante interesse à proposição do zoneamento, contribuindo na elaboração das diretrizes para um desenvolvimento sustentado.

A seguir apresentamos os mapas de classificação Geomorfológica, segundo o GeoPortal da Secretaria de Planejamento do Mato Grosso

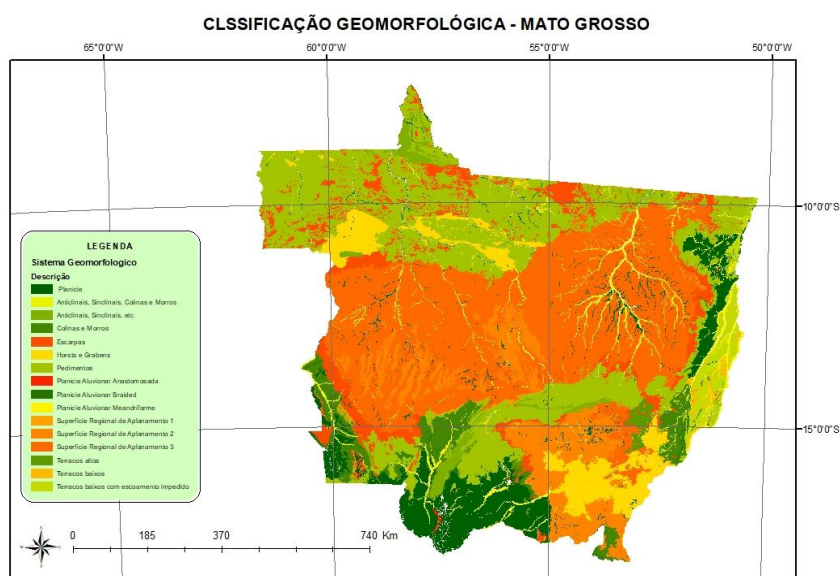


FIGURA 9: CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

4.4. CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

O relevo do Estado do Mato Grosso repousa sobre a porção do escudo brasileiro denominada de Maciço Central, Maciço do Brasil Central ou, ainda, Maciço Mato-Grossense. Este representa um vasto conjunto de áreas de escudo exposto, exibindo complexas estruturas geológicas, sobre as quais vieram a se depositar sedimentos. O Maciço Mato-Grossense apresenta-se soerguido para o Sul, onde apresenta suas maiores altitudes: 800-1200 metros, na Serra Azul e 500-800 metros, na Chapada dos Guimarães, fazendo limites, ao Norte com a Bacia Amazônica, a Leste com a Bacia do São Francisco, a

Oeste com a borda oriental andina e ao Sul-Sudeste, com a Bacia de sedimentação do Paraná (Anderson, 2004, p. 87).

4.5. CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

A região de estudo está situada no estado do Mato Grosso o qual tem como presença de vegetação o cerrado que uma riquíssima com uma biodiversidade gigante, o Cerrado é o principal bioma do Centro-Oeste brasileiro. Já foi retratado nos livros de Guimarães Rosa e outros poetas e é considerada a Savana brasileira. Em Mato Grosso, o cerrado cobre 38,29% de todo o território. Localizado principalmente nas depressões de Alto Paraguai - Guaporé, o sul e o sudeste do planalto dos Parecis e ao sul do paralelo 13º, até os limites de Mato Grosso do Sul. Conforme o mapa apresentado abaixo, toda a área da Bacia de Contribuição para a obra em estudo está localizada na região de Savana (Cerrado).

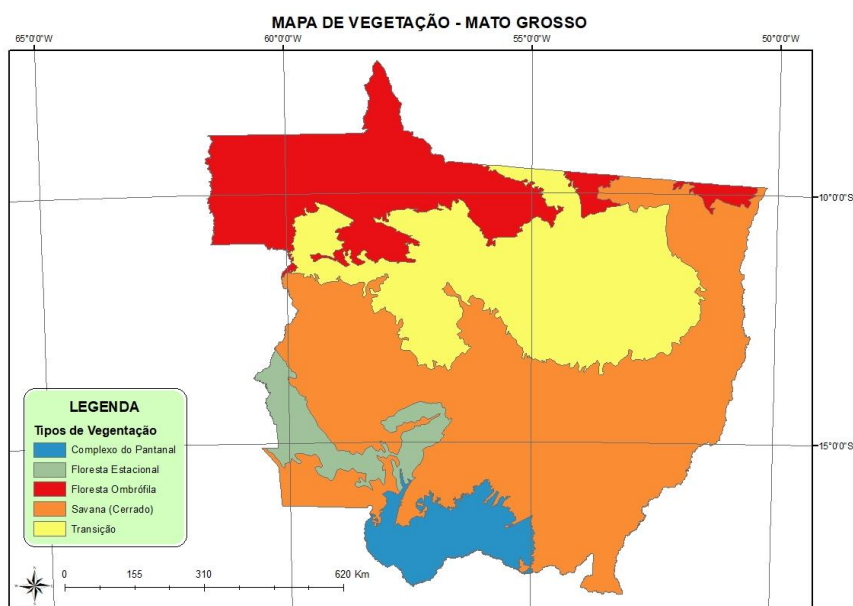


FIGURA 10: VEGETAÇÃO PARA O ESTADO DO MATO GROSSO, SEGUNDO geoportal.seplan.mt.gov

5. METODOLOGIA UTILIZAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE PRECIPITAÇÃO, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, baseado nas teorias dos extremos de amostras

ocasionais, Gumbel demonstro que, se o número de vazões máximas anuais tende para infinito, a probabilidade “P” de uma dada descarga ser superada por um certo valor da variável aleatória é dada pela equação seguinte, para um número infinito de elementos:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Onde:

P = probabilidade de não ocorrerem descargas maiores;

e = base dos logaritmos neperianos;

y = variável reduzida. Para TR = 25 anos, y = 3,1985. Para TR = 12,5 Y = 2,4843

Com os dados coletados de chuva diária, elaborou-se o presente estudo, visando à determinação das alturas para diferentes períodos de recorrência e diferentes durações.

A metodologia empregada foi o método de “Probabilidade Extremos de Gumbel”. Para este estudo escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano durante todo o período, para o posto. Para tempos de duração menores que um dia, foram feitas correções pelo Método das Isozonas.

A seguir apresentamos os cálculos que fornecem as relações entre as precipitações máximas, períodos de retorno e as probabilidades de ocorrência, para o posto estudado.

Descrição dos índices usados nos cálculos, para análise pluviométrica:

P	Valor máximo de precipitação diária, no período de 1 ano;
Pmed	Precipitação média;
M	Números de anos observados;
F	Frequência de vazões de enchentes observadas;
Tr	Tempo de recorrência;
n	Número de ordem variável de 1 a “m”;
í	Desvio padrão;
K	Coeficiente que depende do número de amostras tomadas e do Período de recorrência. Valor tabelado por WEISE e REIDE;

Pr Fórmula devida a Ven te Chow, onde Pr é a precipitação para um certo período de recorrência.

$$Pr = Pm + (\square \times K)$$

desta análise, podemos calcular o valor da precipitação média e do desvio padrão:

$$Pmed = \frac{\sum Pi}{n} \quad e \quad \sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum (Pi - Pmed)^2}{n - 1} \right)}$$

$$Pmed = 83,18mm$$

$$\sigma = 22,06mm$$

Onde:

- Pi – Valor da precipitação máxima diária para cada ano da série histórica;
- n – número de anos de observação da série histórica.

Os valores até aqui calculados da precipitação média ($Pmed$) e do desvio padrão (δ) são para um período de recorrência de 26 anos, que é o intervalo da série histórica. Torna-se necessário, porém, para o cálculo das vazões de projeto, que se obtenha as precipitações máximas para tempos de recorrência padronizados que serão aplicadas a diferentes tipos de bacias, conforme anteriormente exposto.

Estes valores foram obtidos através do critério de Ven. T. Chow, explicitado pela seguinte equação:

$$Pmáx = Pmed + \sigma \times K$$

Onde:

- $Pmáx$ – Precipitação máxima de um dia, em mm;
- $Pmed$ – Precipitação média, em mm;
- δ – desvio padrão, em mm;
- K – Fator de frequência.

Os valores do fator de frequência (K), tabelados por Weise e Reid, são apresentados na Tabela das próximas páginas e servem para ajustar o tempo de retorno da série histórica para os tempos de retorno padronizados, a serem utilizados no cálculo da vazão de projeto.

Desta forma, procedeu-se o cálculo das precipitações máximas diárias para o tempo de recorrência de **5, 10, 15, 25, 50, 100 anos**. Estes valores (chuvas de 1 dia) foram convertidos em chuvas de 24 horas de duração multiplicando-se pelo coeficiente 1,10 que é a relação 24h/1dia.

Para tempos de duração menores que 24 hs foram feitas correlações através do método das isozonas desenvolvido pelo **Engº. Jayme T. Taborga**, em seu livro “Práticas Hidrológicas”. Este método propõe que para certas regiões, denominadas “Isozonas”, as precipitações seriam distribuídas de maneira igual, tornando possível a transformação das chuvas de 24 horas para 1 hora e de 24 horas para 6 minutos.

CÁLCULO DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DE 24, 1 E 0,1 HORAS

TR	Fat. Freq. K	$P_{máx}$ ($P_{med} + \sigma K$)	Isozona (F)		Precipitações Máximas		
			f_{1h} % 1h	$f_{0,1h}$ % 6 min	P_{24h} ($1,1 \cdot P_{máx}$)	P_{1h} ($P_{24h} \cdot f_{1h}$)	$P_{0,1h}$ ($P_{24h} \cdot f_{0,1h}$)
5	0,828	177,27	46,00	13,90	195,00	89,70	27,11
10	1,478	231,44	45,50	13,90	254,58	115,83	35,39
15	1,842	261,77	45,30	13,90	287,94	130,44	40,02
25	2,303	300,18	44,90	13,90	330,20	148,26	45,90
50	2,913	351,01	44,50	13,90	386,11	171,82	53,67
100	3,519	401,50	44,10	12,40	441,65	194,77	54,77

Figura 11 – Cálculo das precipitações máximas do posto pluviométrico de Fazenda Seco
Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas.

6. MÉTODO DAS ISOZONAS

A necessidade de conhecimento das alturas de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas, e a baixa densidade de postos pluviográficos que possam proporcionar estes dados, obrigam a extrapolação destes postos distantes até o local de projeto. O método utilizado para esta extrapolação é o das Isozonas. Esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de concentração necessários inferiores a 24 horas.

O trabalho do Eng^o Torrico partiu da observação que para determinadas áreas geográficas, ao se desenhar em um papel de probabilidade as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, e prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto. Esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe de alturas de precipitação.

A estas áreas homólogas, o autor denominou de Isozonas e elaborou um mapa, relacionando as alturas de precipitações máximas com duração de 1 a 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 10.000 anos e com duração de 6 minutos e 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 100 anos.

Descrição da metodologia adotada:

- A partir do estudo estatístico, citado anteriormente, calculou-se para o posto em estudo, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto.
- Converteu-se esta chuva de um dia, em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta, pelo coeficiente 1,10 , que é a relação 24 horas/1 dia.
- Determinou-se no Mapa de Isozonas, a Isozona correspondente a região do projeto.
- Em nosso estudo a Isozona utilizada foi a **Isozona “F”**, com coeficientes de índices altos.
- Após ter-se determinado a Isozona, fixam-se para a mesma as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.
- Após a determinação das alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, marcou-se estes valores no papel de probabilidade de Hershfield e Wilson, e ligando-se os pontos marcados, obtiveram-se as alturas de precipitação para qualquer duração entre 6 minutos e 24 horas.

ISOZONAS

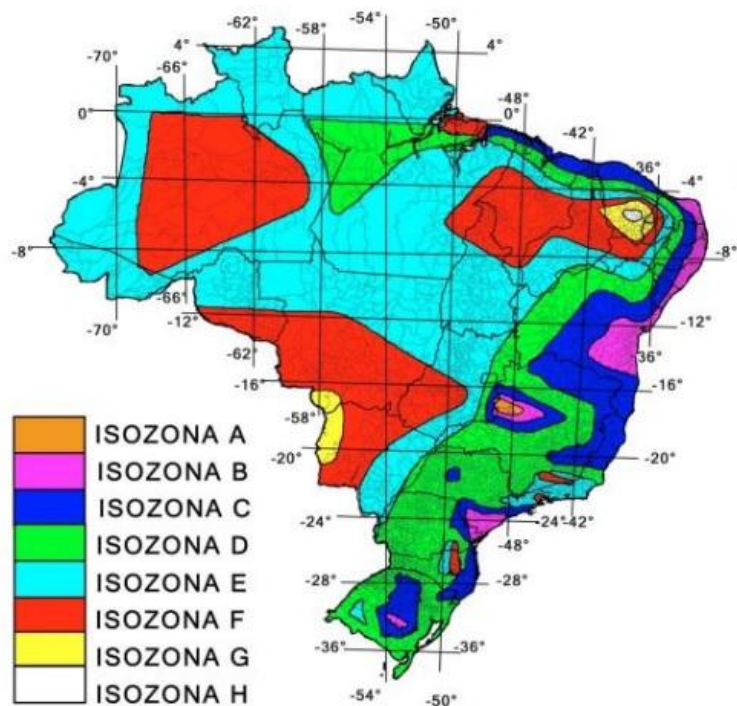


Figura 12 – Mapa de Isozonas
Fonte: adaptado de TORRICO (1974)

Relação:		1h/24h										6min/24h	
Tr		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 ~ 50	100
ISOZONAS	A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
	B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
	C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
	D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
	E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
	F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
	G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
	H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,6	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 13 – Relação entre precipitações 24h e as de 1h e mim
Fonte: TORRICO (1974)

- Tempo de Recorrência (Tr)

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, a escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão de projeto desta obra, depende da sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui a necessidade eventual da sua reconstrução. Deve ser considerado ainda que, quando maior o tempo de recorrência, mais volumoso será o caudal e, conseqüentemente, mais onerosa a reconstrução, ou reparação.

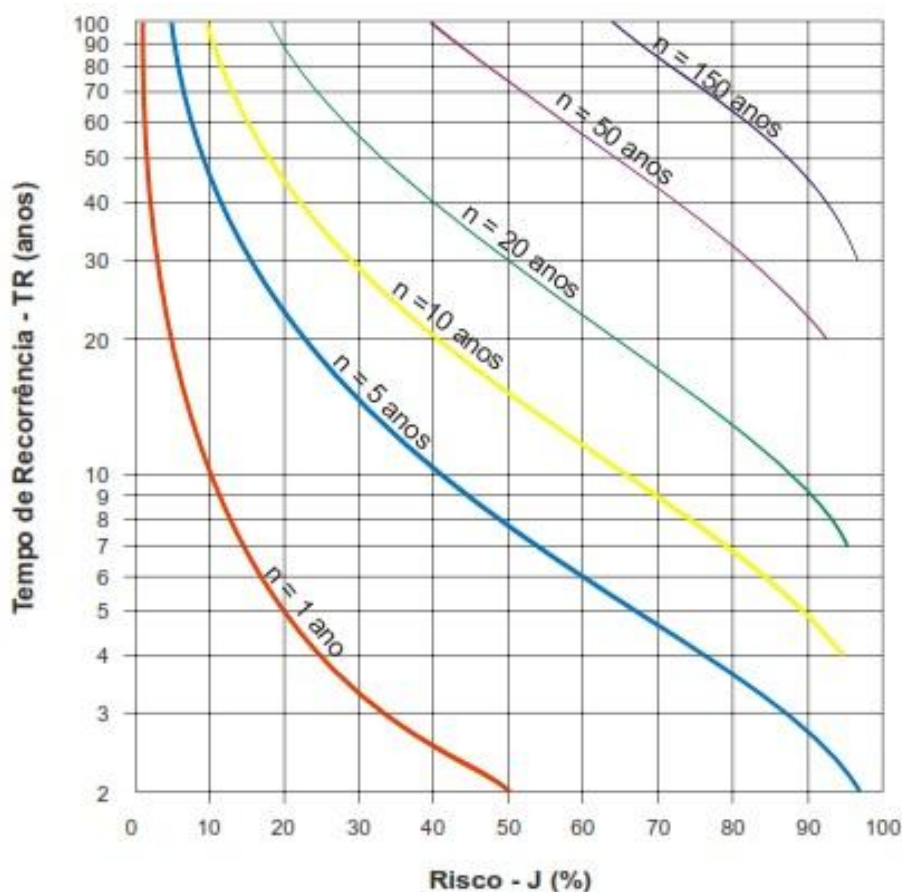


Figura 14 – Relação entre probabilidade de risco, tempo de recorrência e vida útil
Fonte: Publicação IPR-715 – Manual de Hidrologia Básica de Estruturas de Drenagem

Para escolha do tempo de recorrência para os projetos dos dispositivos de drenagem, foram adotadas as recomendações da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, onde apresenta as seguintes recomendações abaixo:

A escolha dos tempos de recorrência será determinada através de fator técnico-econômico e deverá constar basicamente de;

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da rodovia;
- Estimativa de custos de restauração, na hipótese de destruição;
- Estimativa de outros prejuízos resultantes de ocorrência de descargas maiores que as de projeto;
- Comparativos de custo entre a obra para diferentes tempos de recorrência;
- Risco para as vidas humana face a acidentes provocados pela destruição da obra;

- Tempo de Concentração

Segundo “PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga.

É definido como sendo o tempo necessário para que a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros.

Foram adotados dos parâmetros conforme recomendação da “IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, mencionados abaixo:

- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Área da bacia;
- Recobrimento vegetal;

➤ Uso da terra

➤ Outros;

Segundo estudos, as características que influem principalmente no tempo de concentração são as três citadas acima.

Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

onde:

T_c = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km;

H = desnível do talvegue em m.

➤ O cálculo dos outros parâmetros, ou seja, área da bacia drenada, comprimento do talvegue principal e desnível entre o ponto mais alto nas cabeceiras dos mananciais e a seção de drenagem foram determinadas com suficiente precisão por meio de Imagem de Satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);

7. CÁLCULOS DE VAZÕES AFLUENTES

Segundo “*PUBLICAÇÃO IPR-715 – MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, os Estudos Hidrológicos visam primordialmente o dimensionamento dos dispositivos capazes de conduzir satisfatoriamente as vazões afluentes, os métodos usuais empregados buscam a quantificação das descargas através de procedimentos matemáticos.

Segundo a “*IS-203 – INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, no cálculo das vazões das bacias de contribuições, para escolha do melhor método a ser adotado podemos seguir as seguintes limitações:

➤ Bacias com áreas até 4,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Afluentes o

Método Racional;

- Bacias com áreas de 4,0 km² até 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões o Método Racional Corrigido por coeficiente de retardamento;
- Bacias com áreas superiores as 10,0 km², foi adotado para cálculo de Vazões Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT);

7.1. MÉTODO DE CÁLCULO

7.1.1 – MÉTODO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

Para as bacias de porte significativo, com áreas de drenagem superior a 10 km², empregou-se o Método do Hidrógrafo Triangular Sintético.

Esse método se baseia na teoria do hidrograma unitário, desenvolvida pioneiramente em 1932 por Le Roy R. Sherman (*Streamflow from rainfall by Unit-Hydrograph Method, Engineering News-Record, vol. 108, pp. 501-505, january-June, 1932*). Trata-se de uma técnica conveniente e amplamente aceita para determinação das vazões de projeto de obras de porte significativo.

O hidrograma unitário permite o cálculo da vazão para qualquer chuva, após estabelecido o hidrograma para a área de estudos. Esse hidrograma é estabelecido para uma precipitação unitária (lâmina d'água inicialmente de 1 polegada ou 1cm sobre uma área usualmente de 1 acre). O método é então a ligação entre a precipitação e vazão, e pode ser traduzido no seguinte sistema:

Precipitação efetiva x hidrograma unitário= vazão.

O processo do hidrógrafo triangular sintético utilizado pelo *Soil Conservation Service* e explicitado por Ven Te Chow, tem a seguinte expressão básica:

$$Q = \frac{0,208A \times P_E}{t_p}$$

onde:

Q = vazão, em m^3/s ;

A = área da bacia, em km^2 ;

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

t_p = tempo de ponta, em horas.

O excesso de chuva foi obtido conforme recomendado pelo *U.S Soil Conservation Service*, através da seguinte relação:

$$P_E = \frac{(P - 5,08S)^2}{P + 20,32S}$$

sendo:

$$S = \frac{1000}{NC} - 10$$

onde:

P_E = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada, em mm;

P = precipitação, em mm;

N_C = número da curva de *run-off*, representativa do complexo hidrológico solo-vegetação.

O tempo de ponta é obtido a partir do tempo de concentração através da seguinte fórmula:

$$tp = 0,6 tc + \sqrt{tc}$$

Os tempos de concentração foram calculados pela fórmula de Kirpich, conforme mencionado na alínea a anterior.

Fixação do Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo-Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

Coeficiente de runoff

OROGRAFIA			PLANA		ONDULADA		MONTANHOSA	
CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE			C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos	Muito Permeáveis	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
Estéreis	Permeáveis	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
e Áreas	Semi Permeáveis	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
Urbanizadas	Pouco Permeáveis	D	0,60-0,80	70	0,60-0,90	75	0,60-1,00	80
Cerrados,	Muito Permeáveis	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
Pastagens	Permeáveis	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
e Matas	Semi Permeáveis	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
Ralas	Pouco Permeáveis	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
	Muito Permeáveis	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
Culturas e	Permeáveis	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
Pastagens	Semi Permeáveis	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
Terraceadas	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
	Muito Permeáveis	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
Culturas	Permeáveis	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
Terraceadas	Semi Permeáveis	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70

Tabela 3 – Coeficiente de runoff
Fonte: ASCE/WEF, citado em Chow ,1962

sendo:

- A = “Loess” em camadas espessas;
- B = “Loess” em camadas rasas e areias;
- C = Solos Siltosos e Argilosos;
- D = Solos com argilas expansivas e pavimentos.

8. METODOLOGIA DE PROJETO E REFERENCIAL TEÓRICO

8.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA BACIA

Segundo Tonello (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem.

Características morfométricas de bacias hidrográficas.

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total
	Perímetro total
	Coefficiente de compactidade (Kc)
	Fator de forma (F)
	Índice de circularidade (IC)
Características do relevo	Padrão de drenagem
	Orientação
	Declividade mínima
	Declividade média
	Declividade máxima
	Altitude mínima
	Altitude média
	Altitude máxima
Características da rede de drenagem	Declividade média do curso d'água principal
	Comprimento do curso d'água principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Densidade de drenagem (Dd)
	Ordem dos cursos d'água

Figura 15 – Características morfométricas de bacias hidrográficas
Fonte: Tonello (2005)

8.2. MODELO DIGITAL DE TERRENO

Segundo a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, através de técnicas digitais de estereoscópica cônica ou cilíndrica, graças à precisão geométrica das imagens e de seu posicionamento no solo (geodésico), o relevo é restituído através de um modelo Digital de Terreno, passível de visualização em três dimensões. A partir do Modelo Digital de Terreno é possível a restituição das curvas de nível, a delimitação de bacias hidrográficas, a cartografia de rede de drenagem, o mapeamento da declividade e da exposição de uma determinada área.

Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).

DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Acurácia Horizontal	* 20 metros
Acurácia Vertical	* 4 metros
Amostragem Horizontal	
Disponível	** 3" x 3" lat/log (90 x 90 m)
Não Disponibilizada	*** 1" x 1" lat/log (30 x 30 m)
Amostragem vertical	1 metro
Projeção cartográfica	Coordenadas geográficas (latitude / longitude)
Sistema de referência	WGS-84
Formato dos dados	16 bits

* Acurácia para 66% dos dados (para o restante dos dados a acurácia de 10 – 16 metros)

** Aproximadamente 90 metros para latitudes médias e próximas do Equador.

*** Aproximadamente 30 metro para latitudes médias e próximas do Equador.

Tabela 4 – Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).
Fonte: Embrapa Relevos

A confiabilidade dos dados do programa SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparados ao modelo digital de elevação gerado a partir da carta da topográfica do Serviço Geográfico do Exército (DSG) (SANTOS et al., 2006)

8.3. TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Geoprocessamento é a técnica que permite o processamento de diferentes informações de caráter geográfico com uso do solo, vegetação, malha viária, expansão urbana, dados censitários, entre outras, de forma igualmente georreferenciada. As informações geográficas podem ser entendidas como planos de Informação e podem ser cruzadas entre si possibilitando a obtenção de outros produtos cartográficos originados de dois ou mais Planos de informação diferentes. As informações são trabalhadas num espaço tridimensional X, Y e Z, sendo X e Y sua posição geográfica no globo terrestre e Z um atributo dessa informação. (LAHM 2000). O objetivo principal do Geoprocessamento é fornece ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas através do uso do Geoprocessamento tornem disponíveis para as análises ambientais, procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente.

8.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO PARA BTC – BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO

Segundo a “*PUBLICAÇÃO IPR-724 – MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS*” DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, o cálculo da seção transversal ou seção de vazão do bueiro vai depender de dois elementos básicos: a descarga da bacia a ser drenada e a declividade adotada.

A descarga é definida pelos estudos hidrológicos e a declividade, de escolha do projetista, deverá atender a esta descarga com a obra operando em condições de segurança.

Para os procedimentos temos as seguintes equações:

$$Q_c = A_c \sqrt{g \times h_c}$$

Onde:

Q_c = a vazão crítica em m³/s;

A_c = área molhada que atenderá à vazão crítica em m²;

g = é a aceleração da gravidade ($\approx 9,81$ m/s²);

h_c = área molhada do fluxo;

A área crítica de escoamento é definida pela seguinte equação:

$$A_c = \frac{\Phi_c - \text{sen}\Phi_c}{8} \times D^2$$

Onde:

Φ_c = é um ângulo interno em função da área molhada em radianos;

D = é o diâmetro nominal da tubulação em m.

Ângulo Ø

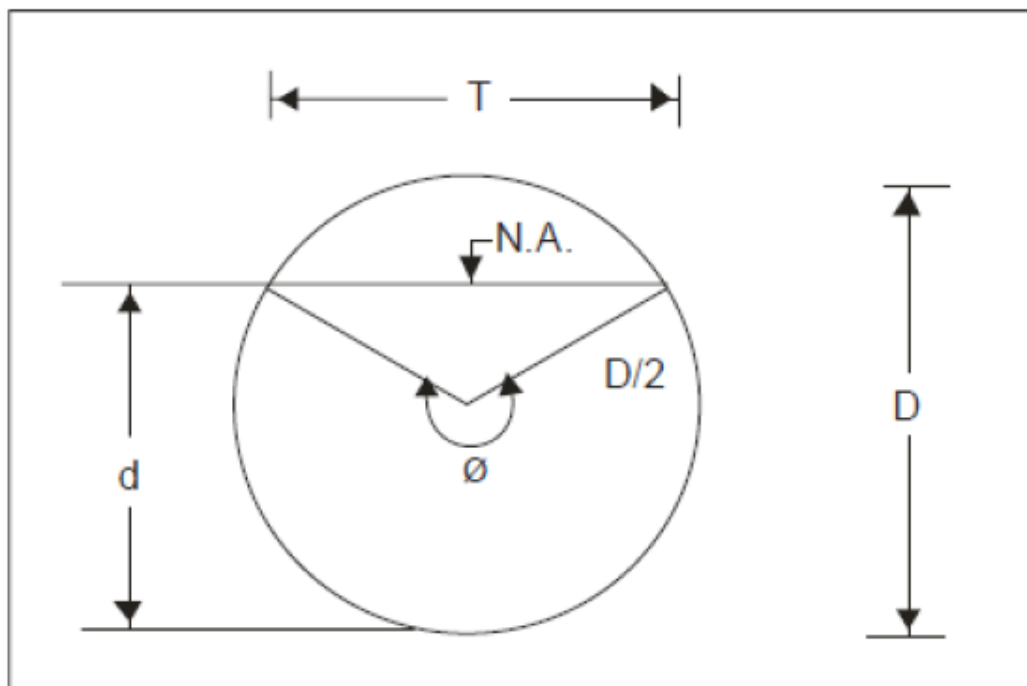


Figura 16 – Dimensionamento hidráulico
Fonte: DNIT (2006)

“d” representa a profundidade de escoamento da água, em metros e geralmente para fins de dimensionamento de bueiros utiliza-se o valor de 80% de D;

$$d = 0,8 \times D$$

O ângulo Φ é assim calculado:

$$\cos \frac{\Phi}{2} = 1 - \frac{2d}{D}$$

O Manual de Drenagem (DNIT, 2006) recomenda ainda que a declividade de instalação do bueiro (gradiente hidráulico) seja dimensionada de acordo com a equação de Chezy:

$$I = \frac{V^2 \times n^2}{R^{4/3}}$$

Sendo:

I = a declividade em %;

V = a velocidade de escoamento da água em m/s;

n = coeficiente de rugosidade do material do bueiro;

R = raio hidráulico em função do perímetro e da área molhada em m;

9. APRESENTAÇÃO DOS MAPAS DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO DO EXUTÓRIO EM ESTUDO

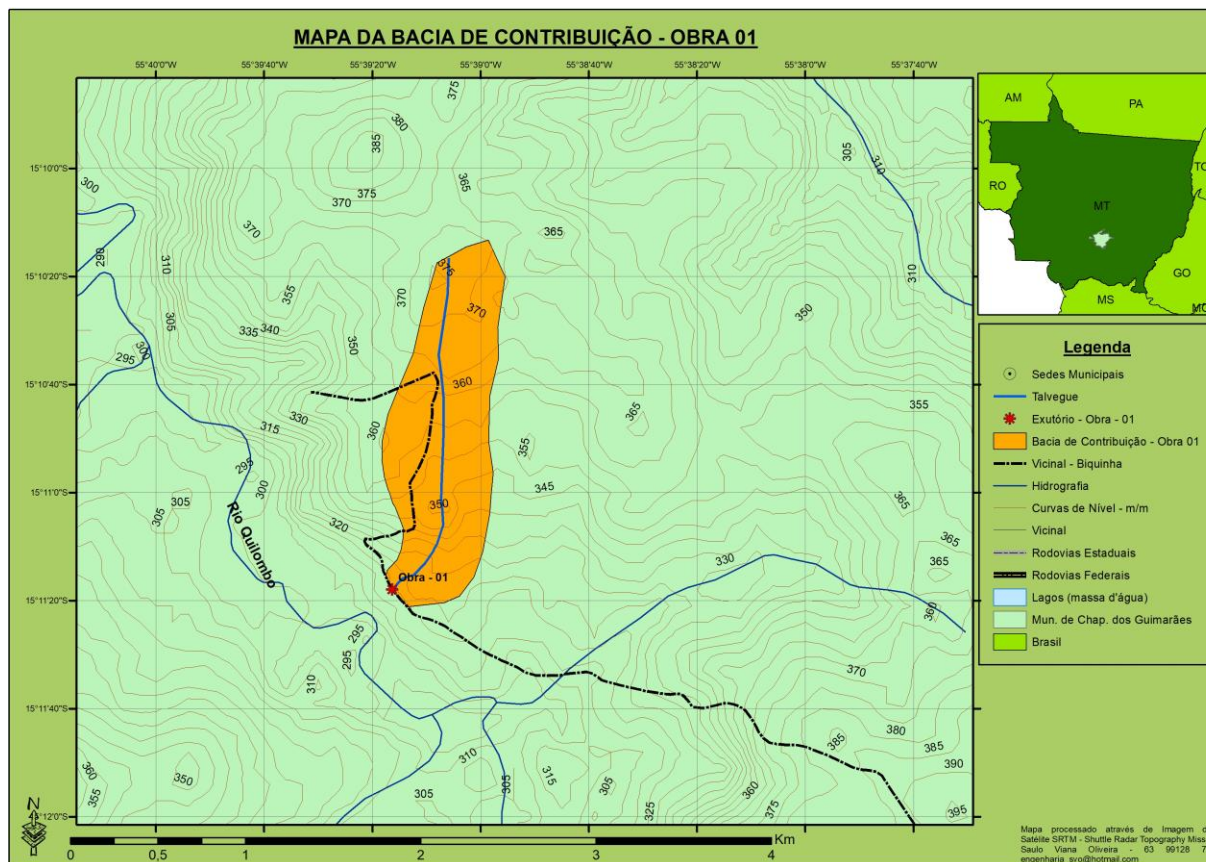


Figura 17 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

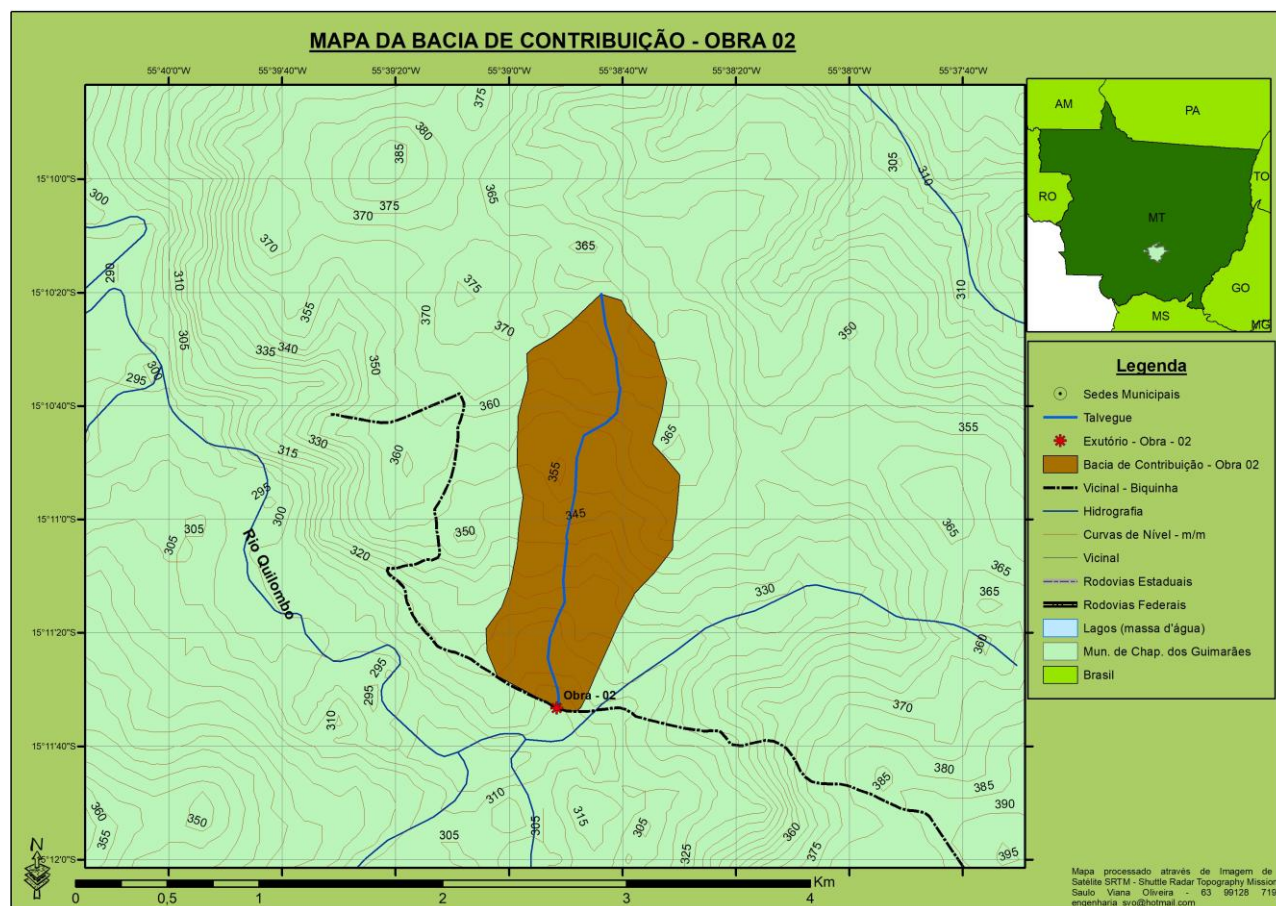


Figura 18 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

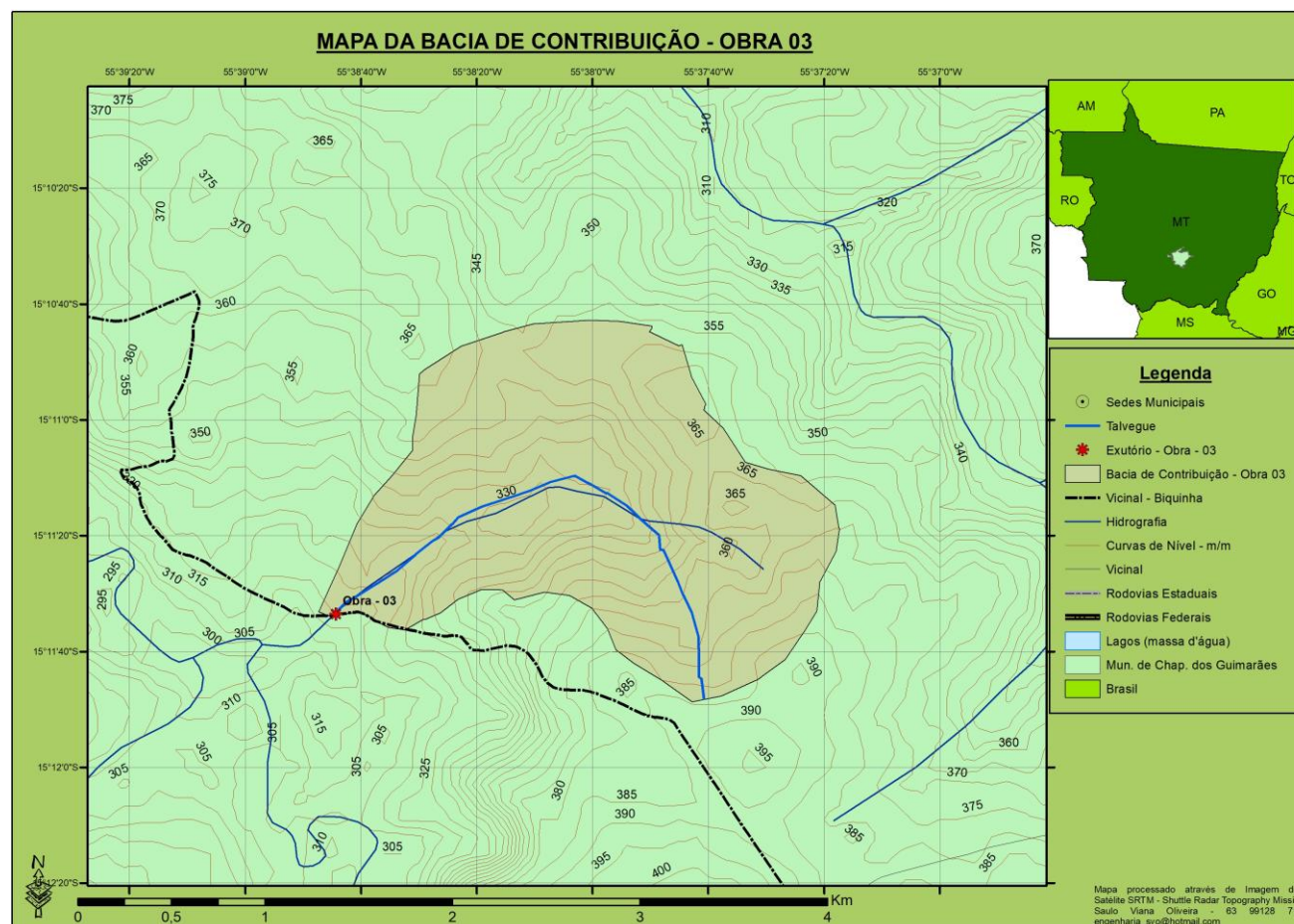


Figura 19 – Bacia da Contribuição
Imagens SRTM processada no ArcGis 9.3

10.RESULTADOS E DIMENSIONAMENTO – MRC – MÉTODO RACIONAL CORRIGIDO

Cálculo pelo Método Racional Corrigido

Ordem	Trecho	Localização		Caracterização Morfológica da Bacia Hidrográfica									Cálculo da Vazão de Projeto pelo Método Racional Corrigido				Caracterização da Obra Dimensionada								
		Identificação	Curso d'Água	Cota Fundo	A (Km²)	L (Km)	Cota Topo	ΔH (m)	Sm (%)	S (%)	C	TR	Tc (hs)	P (mm)	I (mm/h)	Qp (m³/s)	Qtd. ou "P" para Ponte	Largura, Diâmetro ou Comprim. (m)	Declividade (%)	Coef. de Rugosidade p	Raio Hidráulico Rh	Velocidade (m/s)	Qr (m³/s)	Vel.	Obra Dimensionada
1	Estrada Vicinal Biquinha	Obra 01	Fluxo Intermitente	314,000	0,97100	2,000	375	61	3,05	3,05	0,4	15	0,43	45	103,55	11,18	2,00	1,50	3,00	0,02	0,38	6,00	21,22	Ok!	BDTC Ø1,50
2		Obra 02	Fluxo Intermitente	303,000	1,47000	2,390	364	61	2,55	2,55	0,4	15	0,53	48	89,91	14,70	2,00	1,50	3,00	0,02	0,38	6,00	21,22	Ok!	BDTC Ø1,50
3		Obra 03	Fluxo Intermitente	310,000	3,26000	2,930	388	78	2,66	2,66	0,4	15	0,61	51	83,00	26,33	3,00	1,50	3,00	0,02	0,38	6,00	31,83	Ok!	BTTC Ø1,50

Figura 19 – Quadro de Resultados e Dimensionamento de Obra

RAUL BARROS RIBEIRO

Eng. Civil - Crea 1216969736

RAUL BARROS
RIBEIRO:0321
7364198

Assinado de forma
digital por RAUL
BARROS
RIBEIRO:03217364198
Dados: 2026.01.14
08:24:14 -04'00'