ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
1	Responsáveis Técnicos: Álan Sezara de Souza - Engenheiro Agrimensor – CREA/SC 133.984-3 Tiago Rosso Urbano - Engenheiro Civil - CREA/SC 126.160-6 Jóri Ramos Pereira - Engenheiro Agrimensor - CREA/SC 122.398-3
2	Equipe Técnica: Kaluá Bonassa Rodrigues – Engenheira Civil – Analista Ana Carolina Rocha de Zorzi - Engenheira Civil – Analista Fabiano Cardoso de Souza - Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo Vitor Nazário Martins – Acad. Engenharia de Agrimensura Alisson Araújo Pereira – Acad. Engenharia Civil

gov.br Documento assinado digitalmente
TIAGO ROSSO URBANO
Data: 01/08/2025 10:36:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	VER. D	REV. E	REV. N	REV. O
DATA	11/10/23							
PROJETO	ALAN/TIAG							
EXECUÇÃO	CEGEO							
APROVAÇÃO	PMC							

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO DE PROPRIEDADE DA PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA (PMC), SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE

Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Drª. Luciane Bisognin Ceretta

Reitora da UNESC

Parque Científico e Tecnológico - Iparque

Renato Gaidzinski Bastos

Diretor do Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE

Parque Científico e Tecnológico - Iparque

Prof. Me. Fernando Marco Bertan

Gerente do Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE

Centro de Engenharia e Geoprocessamento - CEGEO

Prof. Dr. Eng.° Jóri Ramos Pereira

Coordenador do CEGEO - Centro de Engenharia e Geoprocessamento

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 7
2 ESTUDOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS 9
2.1. PERÍODO DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES 10
3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL....10
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 10
3.2 EVENTOS DE ENCHENTES E INUNDAÇÃO....12
3.3 DADOS METEOROLÓGICOS....13
3.4 TEMPERATURA....17
3.5 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO....18
3.6 GEOLOGIA....20
3.7 GEMORFOLOGIA 22
3.8 PEDOLOGIA....24
4 ESTUDO HIDROLÓGICO 25
4.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS PORCOS....25
4.2 MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA DETENÇÃO....26
4.2.1 Período de Retorno 28
4.2.2 Chuvas intensas (IDF) 30
4.2.3 Tempo de Concentração 31
4.2.4 Vazão de Projeto 31
4.2.5 Número da Curva 32
4.2.6 Memória de Cálculo....33
4.2.6.1 Tempo de Concentração 33
4.2.6.2 Tempo de Pico 33
4.2.6.3 Tempo de Pico 34
4.2.6.4 Tempo de Projeto....34
4.2.6.5 Hidrograma Unitário. 34
4.2.6.6 Vazão de Projeto. 35
4.3 DIMENSIONAMENTO E DISTRIBUIÇÃO HIDROLÓGICA. 36
4.4 DIMENSIONAMENTO DA BARRAGEM DE DETENÇÃO. 38
5 PROJETO DE TERRAPLENAGEM DA BACIA DE DETENÇÃO....45
5.1 CICLO DE TERRAPLENAGEM....46
5.2 DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTE....46
5.3 DESTINAÇÃO PARA BOTA-FORA....47
6 PROJETO DE BARRAMENTO E VERTEDOR....47
6.1 CONCEPÇÃO E CARACTERÍSTICAS....47
6.1.1 Gabião Caixa. 48

6.1.1.1 Recobrimento do Gabião Caixa.....48
6.1.2 Gabião Colchão.....48
6.1.3 Manta Geotêxtil.....49
6.1.4 Geomembrana.....49
6.1.5 Enrocamento.....49
6.1.6 Tubulação.....49
6.2 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....50
6.2.1 Planejamento de Obra.....50
6.2.2 Critérios para Execução da Estrutura.....50
6.3 MÉTODO EXECUTIVO.....51
6.3.1 Mobilização.....51
6.3.2 Locação da Obra.....51
6.3.3 Escavação Carga e Transporte.....51
6.3.4 Bota-fora.....52

ANEXOS

Anexo 1 – Desenho Cartográfico da Bacia Hidrográfica.

Anexo 2 – Resumo Orçamentário, Planilha orçamentária, Cronograma físico-financeiro, Composições de Custos, Memorial de Cálculo de Quantitativos de Serviços. Anotação de Responsabilidade Técnica – ART.

Anexo 3 – Projeto Geométrico Executivo.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Bacia de Detenção.....8
Figura 2 – Levantamentos de campo **a)** aerolevantamento, **b)** topografia e **c)** seções batimétricas.....9
Figura 3 – Localização das Microbacias em estudo no município de Criciúma, com destaque para a microbacia Rio dos Porcos.....11
Figura 4 – Bairro 4ª Linha, 2010.....12
Figura 5 – Bairro 4ª Linha, 2014.....13
Figura 6 – Variação da precipitação média mensal, das estações de Urussanga (Série 1924-2009), Forquilhinha (Série 1946-2012), Criciúma (Série 2009-2012) e Içara (Série 1977-2010).....15
Figura 7 – Valores de precipitação mensal com diferentes níveis de probabilidade para a estação de Urussanga (Série 1924-2009).....16

Figura 8 – Variação anual da temperatura média das máximas, médias e mínimas, da Estação Meteorológica de Urussanga, SC (Temperatura máxima e mínima - Série 1924-2005 / Temperatura média - Série 1924-2009).....17
Figura 9 – Precipitação e Evapotranspiração Potencial estimada para Urussanga (Série 1924-2009). 20
Figura 10 – Mapa das Feições Geomorfológicas da Microbacia do Rios dos Porcos. 23
Figura 11 – Tipos pedológicos encontrados na Bacia do Rio dos Porcos. a) Cambissolo Háplico; b) Argissolo; c) Nitossolo; d) Gleissolo. 25
Figura 12 – Representação de Hidrograma Unitário. 27
Figura 13 – Representação Duração-Frequência de chuva. 30
Figura 14 – Hidrograma Unitário (HU).....35
Figura 15 – Vazão de Projeto (Qp).....35
Figura 16 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 5 anos. 42
Figura 17 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 10 anos. 43
Figura 18 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 25 anos. 43
Figura 19 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 50 anos. 44
Figura 20 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 100 anos. 44
Figura 21 – Distância Média de Transporte. 47
Figura 22 – Estrutura de barramento e vertimento. 47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição projeto executivo. 7
Tabela 2 - Estações pluviométricas utilizadas no estudo. 14
Tabela 3 - Valores de precipitação mensal e anual com diferentes níveis de probabilidade para a estação de Urussanga (Série 1924-2009). 16
Tabela 4 - Valores de precipitação mensal e anual com diferentes níveis de probabilidade para a estação de Urussanga (Série 1924-2009). 19
Tabela 5 - Dados gerais da Microbacia hidrográfica Rio dos Porcos, em Criciúma (SC). 25
Tabela 6 - Características Morfométricas da microbacia hidrográfica Rio dos Porcos. 26
Tabela 7 – Tempo de recorrência. 28
Tabela 8 – Risco de falha (Adaptado de Back, 2002). 29
Tabela 9 – Descrição dos tipos de solo para uso no método da curva número. 32
Tabela 10 – Tempo de Concentração. 33
Tabela 11 – Tempo de Pico. 33
Tabela 12 – Tempo de Base. 34
Tabela 13 – Vazão de Projeto. 34
Tabela 14 – Distribuição da chuva efetiva. 36
Tabela 15 – Tabela de Vazão de Projeto pelo método dos blocos alternados. 37

Tabela 16 – Valores da chuva de projeto. 38
Tabela 17 – Valores da chuva de projeto. 38
Tabela 18 – Vazões defluentes no barramento. 41
Tabela 19 – Relação cota volume no reservatório. 41
Tabela 20 – Resumo das simulações. 42
Tabela 21 – Opções de equipamentos de terraplenagem. 46

1 APRESENTAÇÃO

O município de Criciúma está localizado no estado de Santa Catarina e segundo dados de estatísticas do IBGE de 2022, conta com 214.493 habitantes, com uma densidade demográfica de 913,26 habitantes por quilômetro quadrado. O município é um polo industrial e vem se desenvolvendo a cada ano. Sabe-se ainda, que a colonização da cidade de Criciúma se estabeleceu sobre as margens dos Rios e córregos existentes, como por exemplo, a bacia alvo de estudo, a bacia do Rio dos Porcos. Desta forma, os conflitos sociais e ambientais decorrentes dos anos de aglomerações do centro e periferias da cidade de Criciúma, e consequentemente dos rios, trouxeram além dos danos à saúde da população, riscos. Riscos esses, que são trabalhados de forma estruturada neste projeto.

Neste sentido, o presente Projeto de Engenharia denominado **PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE ENGENHARIA DA BARRAGEM DE MACRODRENAGEM DA BACIA DO RIO DOS PORCOS,** foi elaborado em acordo com as especificações das normas técnicas vigentes, tendo como objetivo a melhoria do escoamento da hidrografia existente, propondo como técnica de engenharia, o barramento controlado para detenção da vazão de pico em diferentes situações de período de retorno encontrados. O projeto executivo é apresentado nos volumes discriminados na Tabela 1 e possuem a seguinte constituição:

Tabela 1 – Descrição projeto executivo.

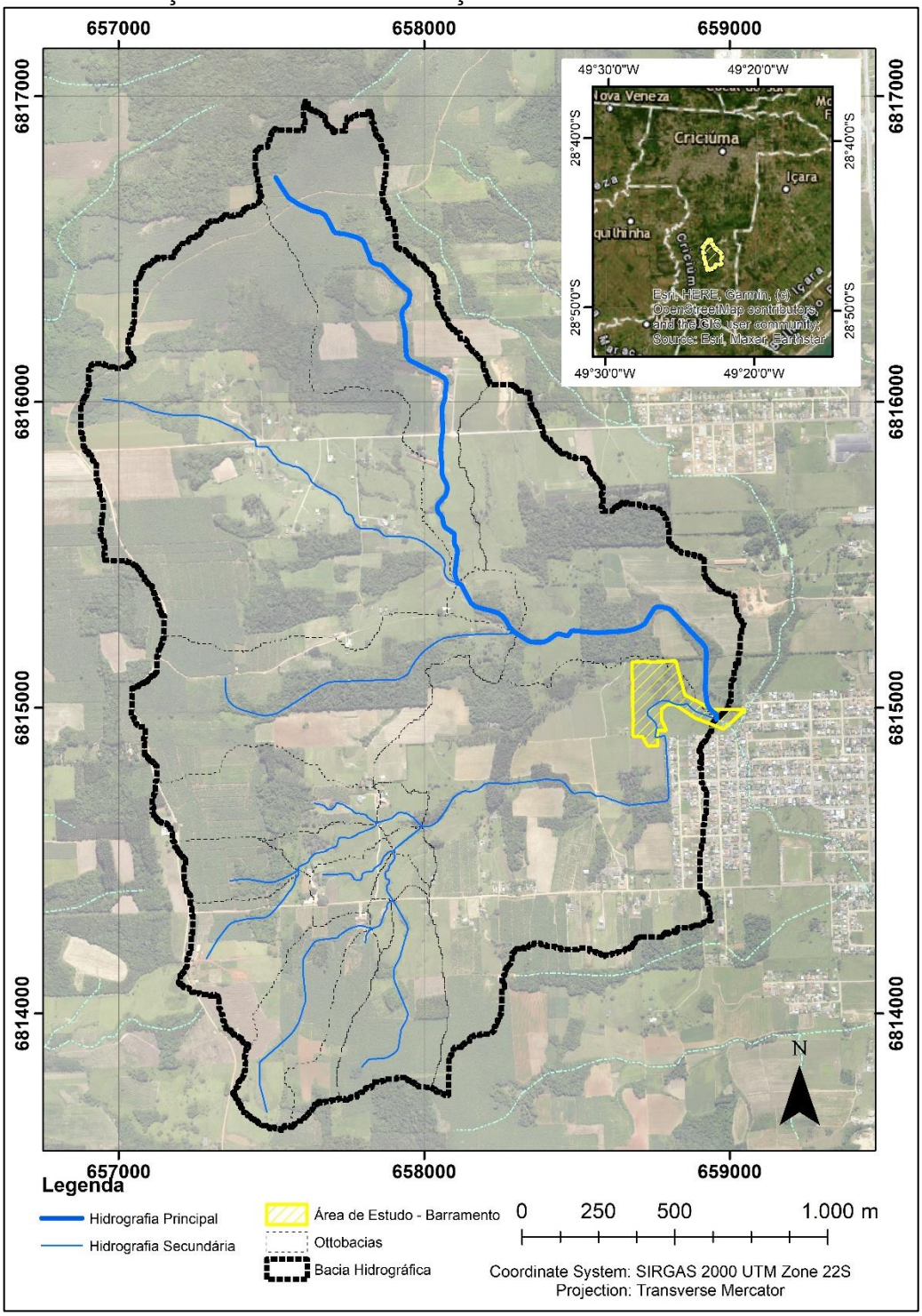
Volume 1	Desenho Cartográfico da Bacia Hidrográfica	
Volume 2	*Anexo 1*	Resumo Orçamentário, Planilha Orçamentária, Cronograma físico-financeiro, Composições de Custos e Memorial de cálculo de quantitativos de serviços, em formato A4;
	Anexo 2	Anotação de Responsabilidade Técnica, em formato A4;
Volume 3	Projeto Geométrico Executivo;	

Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2022.

O local escolhido para a implantação da Bacia de Detenção, conforme apresentado no Estudo de Concepção, compreende as Áreas Verdes e de Utilidade Pública do Loteamento Veneto, localizado no Bairro Quarta Linha, compreendido

entre a Rua Pedro Guizzo Possamai e a Rua Constantino Zanette. A Figura 1 apresenta a localização da bacia de detenção.

Figura 1 – Localização da Bacia de Detenção.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2023.

2 ESTUDOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

Para o melhor entendimento da morfologia da região estudada, foi realizado um amplo estudo cartográfico, utilizando como base de informações contidas no SIGSC (https://sigsc.sc.gov.br/) como pode ser visualizado no **Volume 1** - Desenho Cartográfico da Bacia Hidrográfica.

Ainda como forma de melhorar o entendimento do entorno da bacia de detenção um aerolevantamento fotogramétrico com auxílio da tecnologia RPA. Para realizar o levantamento aerofotogramétrico foi aplicada a metodologia proposta por Da Silva et al., (2016) que utiliza a tecnologia RPA, neste caso o Drone *Phanton IV Advanced* da DJI, que por meio da execução de voos faz o reconhecimento topográfico. A Figura 2 ilustra os procedimentos de coleta de informações de campo.

Figura 2 – Levantamentos de campo **a)** aerolevantamento, **b)** topografia e **c)** seções batimétricas.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2023.

Para o desenvolvimento do levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral, utilizou-se as seguintes normas técnicas:

- NBR 13.133, 1994. Execução de levantamento topográfico;
- NBR 14.166, 1998. Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento;
- Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro, 2017- IBGE;

- Manual Técnico de Posicionamento – Georreferenciamento de Imóveis Rurais, 2013 – INCRA.

2.1. PERÍODO DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

A execução do levantamento topográfico e geodésico, foi realizada em outubro de 2022 e maio de 2023, a etapa de processamento dos dados levantados e adequação para etapas posteriores se desenvolveram durante o mês de novembro de 2022.

3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

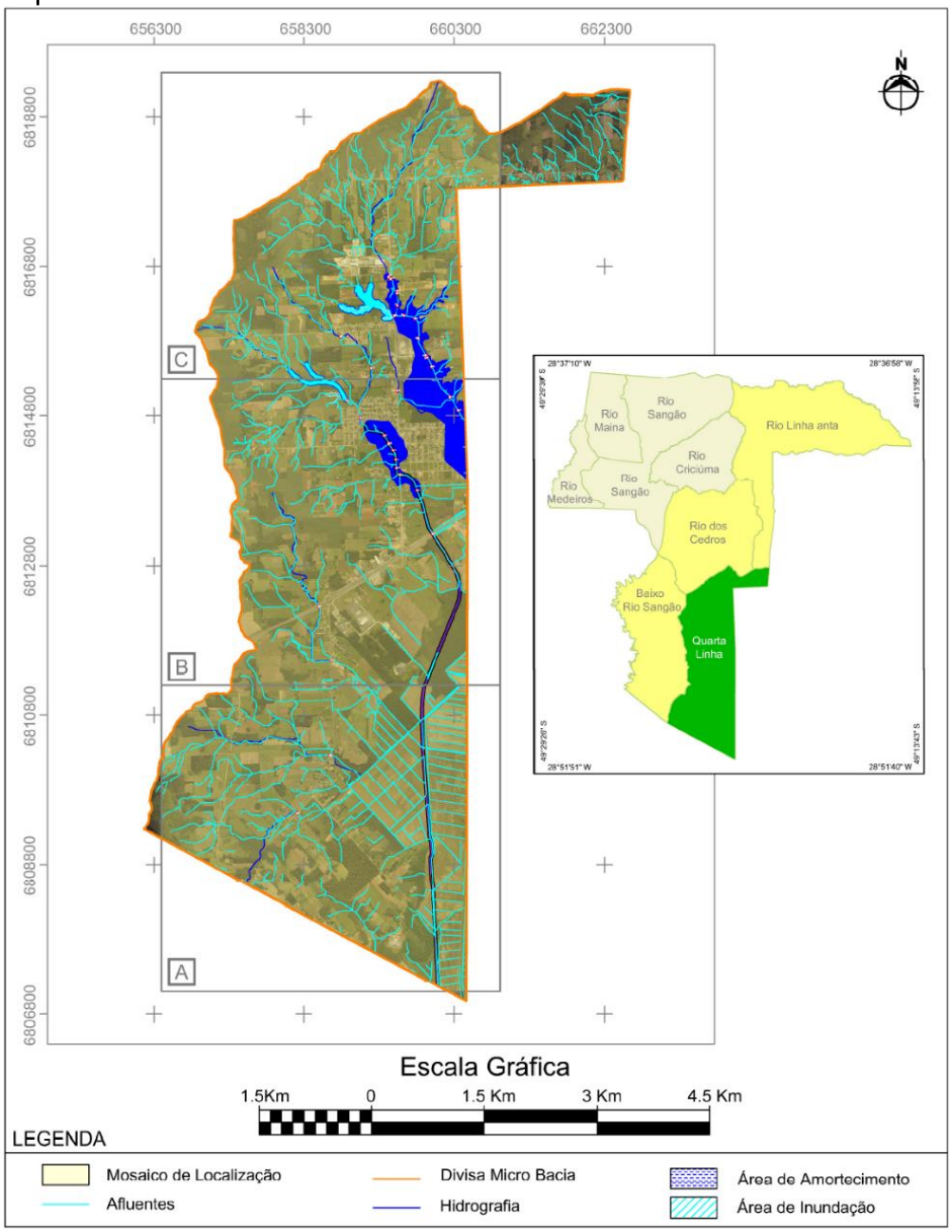
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O município de Criciúma integra as bacias hidrográficas do Araranguá e Urussanga, ambas pertencentes a 10ª região hidrográfica do estado de Santa Catarina (Santa Catarina, 1996). Neste contexto, as águas superficiais do município de Criciúma drenam para quatro microbacias, sendo estas: Rio Sangão, Rio dos Porcos e Rio Mãe Luzia pertencentes à Bacia Hidrográfica do Araranguá; e a microbacia do Rio Linha Anta que pertence à Bacia do Rio Urussanga.

Na porção sudeste do território de Criciúma a microbacia do Rio Quarta Linha tem como principal afluente o Rio Eldorado e contribui para o Rio dos Porcos. A confluência do Rio Quarta Linha com o Rio dos Porcos ocorre fora do município, sendo que este último não drena o território criciumense.

A Figura 3 ilustra as microbacias Rio do Cedro, Baixo Sangão, Rio Linha Anta e Quarta Linha, com destaque da microbacia Rio dos Porcos, foco deste documento, onde foram propostas alternativas de concepção para manejo das águas pluviais.

Figura 3 – Localização das Microbacias em estudo no município de Criciúma, com destaque para a microbacia Rio dos Porcos.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2023.

Nas incursões a campo, na AID do Rio dos Porcos, foram diagnosticadas 4 tipologias pedológicas, que são Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Nitossolos Vemelhos e Gleissolos Háplicos. Os Nitossolos ocorrem próximo ao Morro da Bananeira, os Gleissososos no Bairro São Domingos, em

específico nas áreas mais baixas, e os Argissolos e Cambissolos ocorrem no Bairro Quarta Linha.

3.2 EVENTOS DE ENCHENTES E INUNDAÇÃO

Os problemas de enchentes, inundações e alagamentos são decorrentes de fenômenos naturais de caráter hidrológico (SANTOS, 2010). Segundo Barros (2005), a enchente ocorre na bacia hidrográfica quando há precipitação e um aumento do nível d'água, sem a ocorrência de transbordamento. Desta maneira, a vazão dos rios aumenta significativamente devido ao escoamento superficial. Se este aumento provocar extravasamento, ocorre a inundação, ou seja, o rio sai de seu leito (calha) menor e passa a ocupar o seu leito maior. Santos (2010) define alagamento como os processos decorrentes ou não dos problemas de natureza fluvial, causando o acúmulo momentâneo de água em um determinado local por problemas de deficiência no sistema de drenagem devido a seu baixo coeficiente de escoamento superficial.

Deste modo este capítulo tem como objetivo apresentar as imagens registradas durante as ocorrências de enchentes e inundações nos bairros pertencentes a área de estudo e seus arredores. A Microbacia Quarta Linha é composta pelos bairros Vila Maria, Verdinho (parte), Vila São Domingos, Quarta Linha, Morro Albino (parte), Dagostim, Morro Estevão (parte). As imagens são oriundas dos registros da Defesa Civil do município de Criciúma e fontes de veiculação de notícias. A Figura 4 ilustra alagamentos em 2010 e a Figura 5 em 2014.

Figura 4 – Bairro 4ª Linha, 2010.



Fonte: Defesa Civil.

Figura 5 – Bairro 4ª Linha, 2014.



Fonte: Engeplus, 2014.

3.3 DADOS METEOROLÓGICOS

A caracterização do clima regional foi realizada a partir dos dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes da estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada na Estação Meteorológica de Urussanga (Código 02849011), Sul de Santa Catarina. A estação meteorológica localiza-se na latitude 28°31'00'' S e longitude 49°19'00'' W, com altitude de 48,17 m.

A série de dados da Estação Meteorológica de Urussanga refere-se ao período de 1924 a 2009. Foram utilizados os parâmetros relacionados à temperatura, precipitação, ventos, umidade do ar, evaporação, evapotranspiração, nebulosidade, insolação, radiação solar, pressão atmosférica e dias de frio. A informação disponível relativa aos dados de longo período da estação de Urussanga já se encontra processada em termos de procedimentos estatísticos (extremos e valores médios), ou seja, os dados brutos não se encontram disponíveis.

Também foram utilizados neste estudo os dados de precipitação das estações pluviométricas pertencentes à rede hidrológica da ANA - Agência Nacional de Águas (Tabela 2).

Tabela 2 - Estações pluviométricas utilizadas no estudo.

Estação	Código	Latitude	Longitude	Ano Inicial	Ano final
Urussanga	02849011	28°31’00' S	49º19’00'' W	1949	2009
Forquilhinha	02849006	28°45’02' S	49º28’23'' W	1946	2012
Criciúma	1043	28°43'96'' S	49°24'50'' W	2009	2012
Içara	02849022	28°43’18' S	49°18’12'' W	1977	2010

A análise dos dados meteorológicos considerou a descrição estatística dos extremos e valores médios de cada parâmetro, além dos valores esperados de cada variável associada a níveis de probabilidade.

O regime pluviométrico em Santa Catarina caracteriza-se por ser distribuído ao longo do ano, devido às características do relevo e à atuação da Massa de Ar Polar Atlântica e da Massa Tropical Atlântica, que por sua constância fazem com que não ocorra uma estação seca (SANTA CATARINA, 1986).

A precipitação total anual no estado de Santa Catarina varia de 1.220 a 2.200 mm, sendo os valores mais altos observados no litoral norte do Estado e no extremo oeste. A região do litoral sul do estado é caracterizada pelos menores valores de precipitação total anual, variando de 1.220 a 1.660 mm, com o total anual de dias de chuva entre 98 e 150 dias (EPAGRI, 1999).

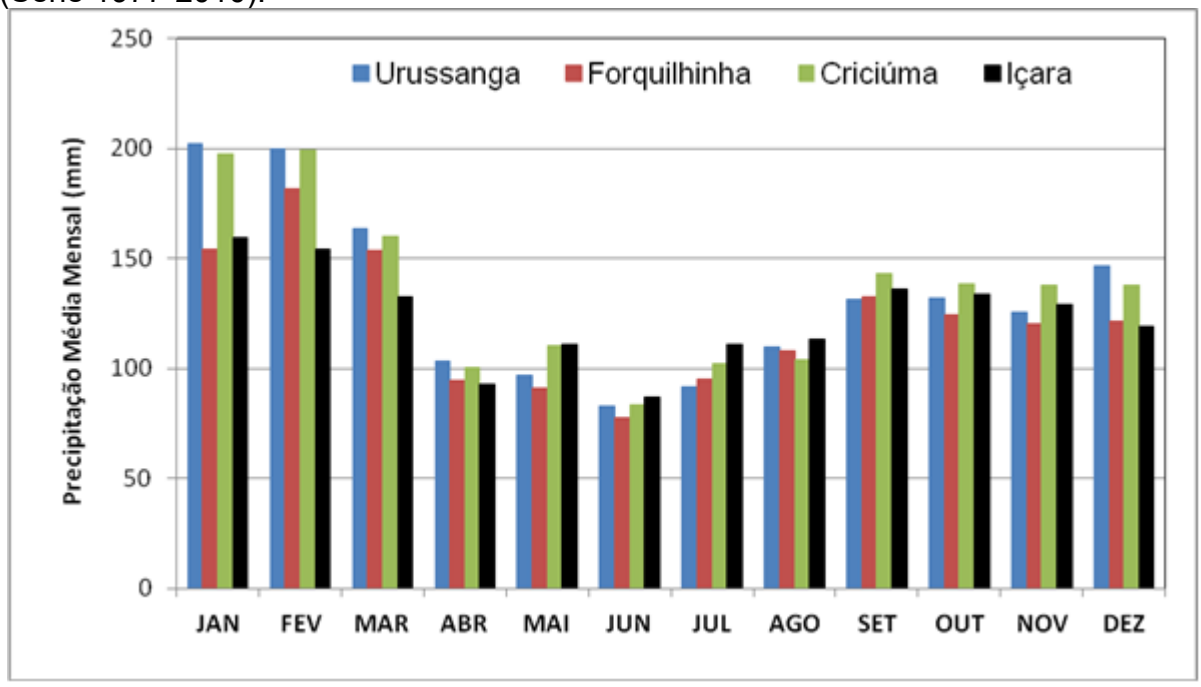
Segundo Nimer (1989), na estreita área do litoral catarinense, o máximo pluviométrico ocorre no verão (Janeiro, Fevereiro e Março), enquanto o índice mínimo, na maioria das vezes, é registrado no inverno e secundariamente, no Outono. Observa-se uma acentuada variação na precipitação pluviométrica dentro da região sul catarinense, em geral a pluviosidade é menor na planície litorânea e os maiores valores de pluviosidade são observados próximos à encosta.

Na análise pluviométrica foram utilizados os dados da Estação Meteorológica de Urussanga e das Estações Pluviométricas localizadas nos municípios de Forquilhinha, Içara e Criciúma. A Estação Meteorológica de Urussanga, por ter uma

longa série de dados meteorológicos sem falhas nas observações, tem servido como referência para os estudos ambientais da região sul do Estado.

Na Figura 6 encontram-se representados os valores de precipitação média mensal das estações estudadas. Pode-se observar alguma diferença sazonal quanto às características das precipitações. Os meses de Dezembro a Setembro são caracterizados por chuvas mais frequentes e de maior intensidade, enquanto que os meses de Abril a Agosto pela menor intensidade e menor frequência das chuvas. Pode-se observar que na estação de Urussanga existe maior intensidade e frequência pluviométrica (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), em função de localizar-se nas proximidades das encostas da Serra Geral, o que favorece ocorrência de chuvas orográficas e convectivas (verão).

Figura 6 – Variação da precipitação média mensal, das estações de Urussanga (Série 1924-2009), Forquilhinha (Série 1946-2012), Criciúma (Série 2009-2012) e Içara (Série 1977-2010).



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2023.

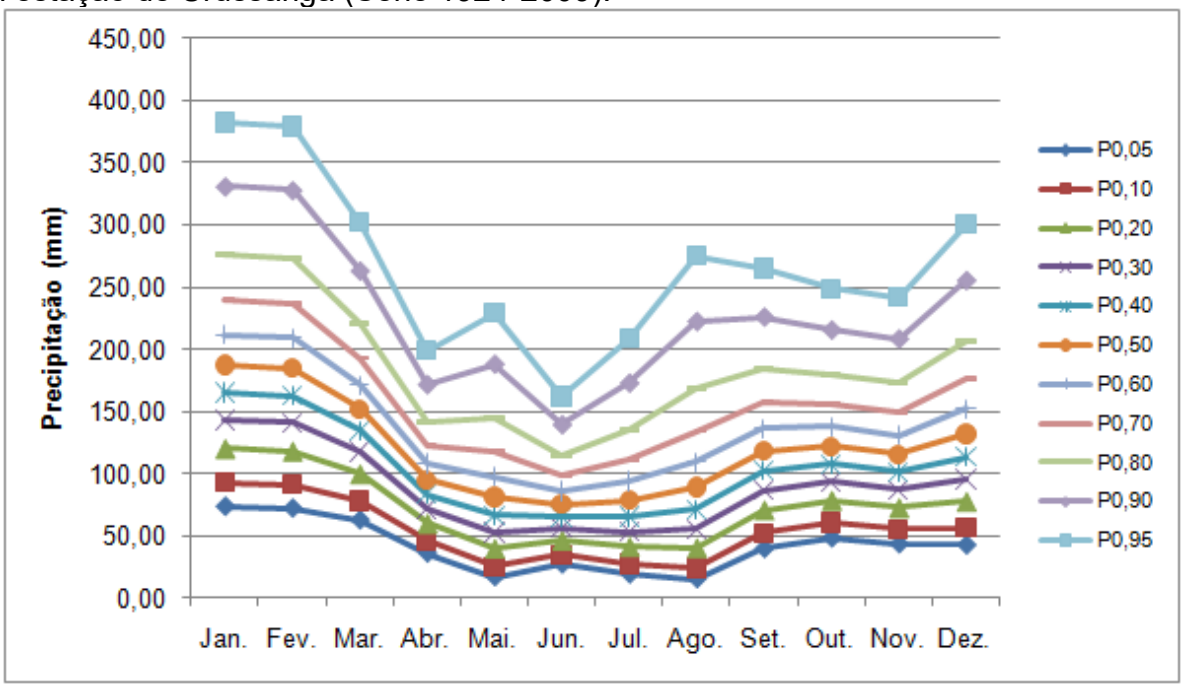
Na Tabela 3 encontram-se as estatísticas descritivas das precipitações mensais e anuais das estações meteorológicas (Urussanga - Série 1924-2009; Içara - Série 1977-2010). A precipitação média anual de Urussanga é de 1.586,1 mm, com

mínimo de 958,2 mm e máximo de 2.611,8 mm. Em Içara, a precipitação média anual é de 1477,97 mm, com mínimo de 816,50 mm e máximo de 2117,20 mm.

Tabela 3 - Valores de precipitação mensal e anual com diferentes níveis de probabilidade para a estação de Urussanga (Série 1924-2009).

Estatísticas Obsevadas (mm)										
Estação	**Uruss.**	**Içа.**	**Uruss.**	**Içа.**	**Uruss.**	**Içа.**	**Uruss.**	**Içа.**	**Uruss.**	**Içа.**
Mês	**Média**		**Desvio Padrão**		**Assimetria**		**Maior**		**Menor**	
Jan.	202,39	159,30	96,14	96,78	0,57	0,43	447,80	388,00	38,90	7,00
Fev.	199,95	154,32	95,67	71,54	0,76	0,61	502,70	305,10	49,60	39,20
Mar.	163,51	132,66	74,52	58,07	1,31	0,06	502,70	241,20	35,50	18,60
Abr.	103,56	92,88	50,87	54,15	0,51	0,88	270,50	230,90	14,30	11,20
Mai.	96,83	110,65	68,36	111,37	2,07	2,06	411,60	445,20	13,20	12,20
Jun.	82,69	86,82	42,24	50,81	0,49	0,61	199,00	192,60	12,50	9,20
Jul.	91,92	110,75	60,51	74,17	2,75	2,52	451,10	426,20	14,50	6,30
Ago.	110,00	113,28	84,55	87,80	1,91	1,09	458,30	364,20	0,00	12,40
Set.	131,15	135,95	70,85	85,88	0,92	0,99	379,10	361,40	17,10	26,70
Out.	132,00	133,68	62,51	64,28	0,97	0,55	316,70	257,90	28,10	31,20
Nov.	125,61	128,84	61,94	65,04	0,65	0,24	325,60	240,50	17,60	15,00
Dez.	146,59	118,84	81,26	68,28	1,04	1,44	457,00	344,40	7,60	24,00
Anual	**1586,1**	**1428,6**	**276,42**	**390,43**	**0,47**	**-0,18**	**2611,8**	**2117,2**	**958,20**	**816,50**

Figura 7 – Valores de precipitação mensal com diferentes níveis de probabilidade para a estação de Urussanga (Série 1924-2009).



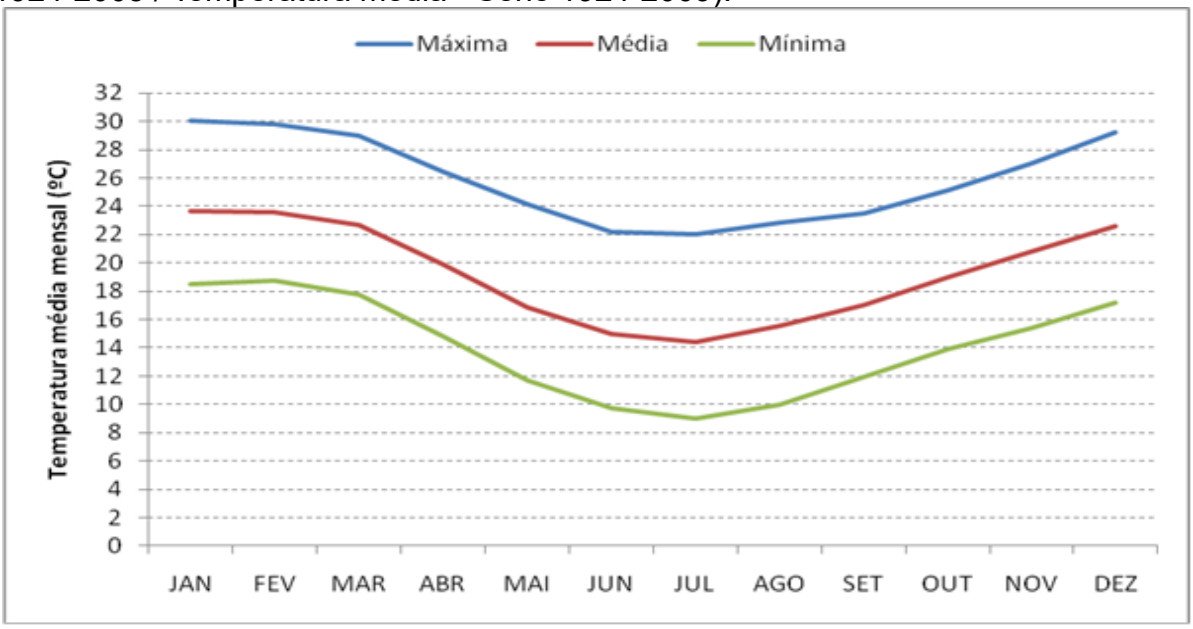
Com base nos valores observados na estação meteorológica de Urussanga foram estimados os valores de precipitação mensal e anual associadas a diferentes níveis de probabilidade. Os valores de precipitação mensal foram estimados por meio da distribuição Gama com parâmetros estimados pelo método dos momentos. Os valores da precipitação anual foram estimados por meio da distribuição normal.

3.4 TEMPERATURA

A temperatura do ar é um parâmetro importante uma vez que ela indica o nível de equilíbrio da atmosfera no que tange a estabilidade da mesma e capacidade de dispersão. Desempenha um papel muito importante dentre os fatores que condicionam o ambiente propício aos animais, às plantas e ao próprio homem (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Os dados utilizados neste estudo representam séries de mais de 30 anos. A Figura 8 apresenta a distribuição mensal da temperatura média e média das máximas e das mínimas. Observa-se que a temperatura média anual é 19,26°C, a média das máximas anual é de 25,95°C e a média das mínimas anual é de 14,05°C.

Figura 8 – Variação anual da temperatura média das máximas, médias e mínimas, da Estação Meteorológica de Urussanga, SC (Temperatura máxima e mínima - Série 1924-2005 / Temperatura média - Série 1924-2009).



Em função da característica subtropical da região onde está localizada a região de estudo, a amplitude térmica registrada pode ser considerada média durante o ano, com temperatura média mensal variando entre 14,4°C (Julho) e 23,7°C (Janeiro). A temperatura média anual é de 19,3ºC. Os meses mais frios são Junho, Julho e Agosto e os mais quentes são Dezembro, Janeiro e Fevereiro. A temperatura média das máximas mensais varia de 22,0ºC no mês de Julho a 30,1°C em Janeiro, e as temperaturas médias das mínimas variam de 9,0°C em Julho a 18,5°C em Janeiro.

3.5 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

O balanço hídrico climatológico contabiliza a precipitação perante Evapotranspiração Potencial (ETP), considerando um valor determinado de capacidade de armazenamento de água no solo, ou seja, a máxima quantidade de água, utilizável pelas plantas, que pode ser armazenada na sua zona radicular (VAREJÃO-SILVA, 2001). É considerado também como um instrumento agrometeorológico útil e prático para caracterizar o fator umidade do clima, sendo sua utilização indispensável na caracterização climática.

Para estimativa da Evapotranspiração Potencial (ETP) foi utilizado o Método de Combinado de Penman. Analisando as médias de precipitação e evapotranspiração (Tabela 4), verifica-se que há excesso hídrico em todos os meses do ano. Nos meses do inverno, embora a precipitação seja menor, observam-se também baixos valores de evapotranspiração, acarretando maiores excessos hídricos.

Para caracterização climática e comparação do clima na região de estudo Funil realizou-se o balanço hídrico climático proposto por Thornthwaite e Mather (1955), descrito por Varejão-Silva (2001). Este balanço hídrico foi realizado com as normais climáticas fornecidas pela Estação de Urussanga para um solo com capacidade de armazenamento (CAD) de 100 mm (Tabela 4).

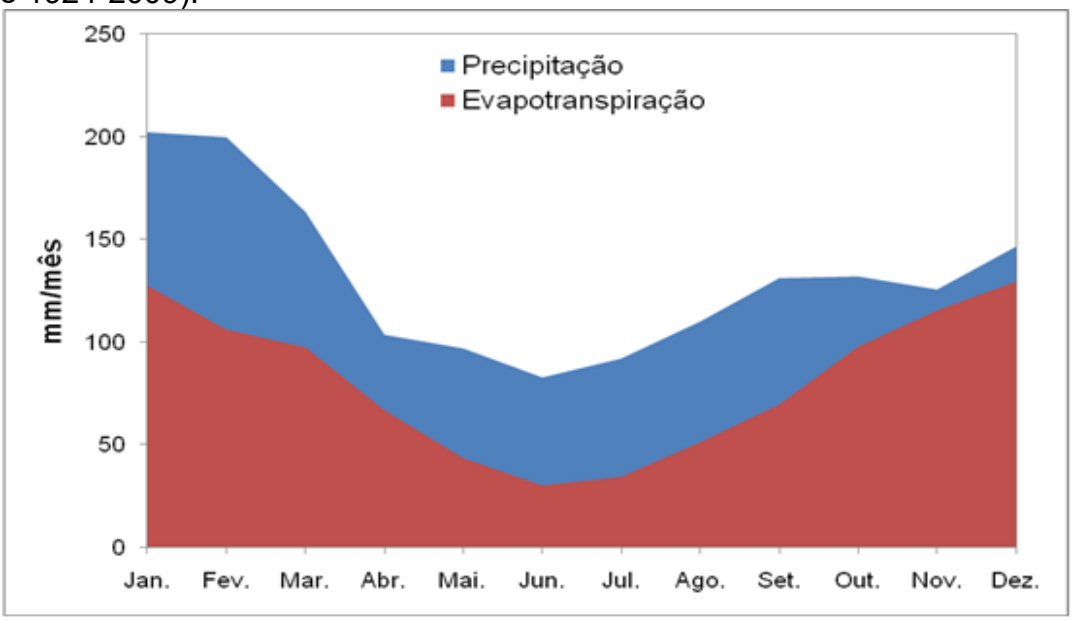
Tabela 4 - Valores de precipitação mensal e anual com diferentes níveis de probabilidade para a estação de Urussanga (Série 1924-2009).

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG. AC. (mm)	ARM		ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	ESC (mm)
						VAL (mm)	ALT (mm)				
Jan.	23,65	202,39	127,54	74,85	0	100	0	127,54	0	74,85	48,79
Fev.	23,55	199,95	106,08	93,87	0	100	0	106,08	0	93,87	71,33
Mar.	22,66	163,51	97,52	65,99	0	100	0	97,52	0	65,99	68,66
Abr.	19,91	103,56	66,74	36,82	0	100	0	66,74	0	36,82	52,74
Mai.	16,90	96,83	43,26	53,57	0	100	0	43,26	0	53,57	53,15
Jun.	15,02	82,69	29,94	52,75	0	100	0	29,94	0	52,75	52,95
Jul.	14,39	91,92	34,24	57,68	0	100	0	34,24	0	57,68	55,32
Ago.	15,56	110,00	51,10	58,90	0	100	0	51,10	0	58,90	57,11
Set.	17,02	131,15	69,56	61,59	0	100	0	69,56	0	61,59	59,35
Out.	19,01	132,00	97,83	34,17	0	100	0	97,83	0	34,17	46,76
Nov.	20,82	125,61	115,52	10,09	0	100	0	115,52	0	10,09	28,42
Dez.	22,61	146,59	129,56	17,03	0	100	0	129,56	0	17,03	22,73
Ano		**1586,17**	**968,89**				**0**	**968,89**	**0**	**617,3**	**617,3**

Onde: T = Temperatura média mensal; P = Precipitação média mensal; ETP = Evapotranspiração potencial média mensal; P-ETP = Saldos negativos ou positivos entre precipitação e evapotranspiração potencial; NEG.AC = Negativo acumulado; ARM = Armazenamento; ALT = Valor de alteração do armazenamento; ETR = Evapotranspiração real mensal; DEF = Deficiência de água; EXC = Excesso de água; ESC = Escoamento.

Como a precipitação pluviométrica é uma variável meteorológica com representativa variação, o balanço hídrico baseado nas médias mensais pode tornar mais evidente os déficits e excessos hídricos. A Figura 9 representa o balanço hídrico climático estimado para Urussanga, onde observa-se que em termos médios ocorre excesso hídrico durante todos os meses, totalizando 617,3 mm de excesso hídrico no ano. É possível observar que em alguns meses do outono e toda a estação de inverno (Maio a Agosto) ocorrem baixos valores de evapotranspiração, acarretando maiores excessos hídricos, ao contrário da primavera e verão (Setembro a Abril) onde ocorrem maiores valores de precipitação e evapotranspiração, ocasionando menores excessos hídricos.

Figura 9 – Precipitação e Evapotranspiração Potencial estimada para Urussanga (Série 1924-2009).



3.6 GEOLOGIA

A finalidade principal deste estudo é fornecer informações sobre as características geológicas na Área de Influência Direta (AID) da microbacia hidrográfica do Rio dos Porcos. Por meio de levantamento de dados secundários (a citar Krebs, 2004; Nosse, 2005; PROGESC, 1995; IPAT, 2007) e quando necessário, vistorias de campo.

A Formação Rio Bonito e a Formação Palermo são as unidades litoestratigráficas de maior expressão existentes na área do município de Criciúma. Estas formações encerram cerca de 2/3 do conjunto dos estratos sedimentares, sendo o restante (1/3) representado pelas litologias das formações Irati, Estrada Nova, Rio do Rasto, Serra Geral (soleira) e planícies aluvionar e costeira. Subordinadamente, ocorre afloramentos dispersos do embasamento cristalino representado por granitoides.

Na área correspondente ao município de Criciúma, afloram rochas sedimentares e vulcânicas que constituem a sequência da borda leste da Bacia do Paraná e sedimentos inconsolidados que constituem a Planície Costeira ou formam depósitos aluviais atuais. O embasamento cristalino regional é composto de rochas

granitoides tardi a pós-tectônicas. A sequência Gonduânica é formada pelas formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada Nova, Rio do Rastro, Serra Geral, Depósitos Cenozóicos e Sistema de Leques Aluviais.

Já a região sul do município de Criciúma, onde se localiza a área de estudo, existem porções cuja geometria evidencia que no passado constituíam parte de uma grande laguna que cobria parte do litoral sul catarinense, citada por vários autores, tal como foi amplamente comentado na descrição dos Depósitos Cenozóicos.

A porção superficial deste pacote está relacionada à sedimentação aluvial dos rios, proveniente das terras altas, que em seus baixos cursos meandram ao drenar a planície costeira. Associados a esta sedimentação aluvial ocorrem depósitos de transbordamento, diques marginais (leve) e rompimento de diques marginais (*crevasse splay*). Do ponto de vista litofaciológico, ocorrem camadas com espessura de alguns metros, essencialmente argilosas, de cor cinza-escura ou com cores variegadas, em tons amarelo-avermelhado. Geralmente apresentam plasticidade média a alta. Intercalam-se camadas areno-argilosas ou arenosas de cores mais claras. A estrutura sedimentar mais frequente é a laminação plano-paralela, evidenciada pela alternância de tonalidades. São considerados como de origem fluvial.

No Município de Criciúma, onde os vales são mais abertos e afloram rochas pelíticas nas encostas dos morros, os depósitos aluviais resultantes são mais expressivos e predominantemente argilosos ou areno-síltico-argilosos. O material geralmente apresenta plasticidade média e cores variadas, principalmente em tons cinza-amarelado.

Genericamente, as aluviões continentais, quanto mais à montante, mais refletem a composição (areia, silte, argila) das unidades litoestratigráficas circunjacentes. Na medida em que as calhas se desenvolvem em direção à jusante, passam a receber contribuições de áreas diversas, resultando em depósitos que podem ter apreciáveis variações laterais e verticais na composição. Cabe salientar, que devido à deposição de rejeitos do beneficiamento junto às calhas de drenagem, muitos depósitos aluviais são constituídos principalmente por estes rejeitos.

No domínio da planície costeira, região sul do município, há o desenvolvimento de uma gama variada de subambientes e depósitos associados (leques aluviais, terraço lagunar, barreiras marinhas, campos de dunas, turfeiras, restingas, etc.), com relações laterais complexas, cuja origem envolve um processo de recuo marinho e consequente crescimento da linha da costa.

3.7 GEMORFOLOGIA

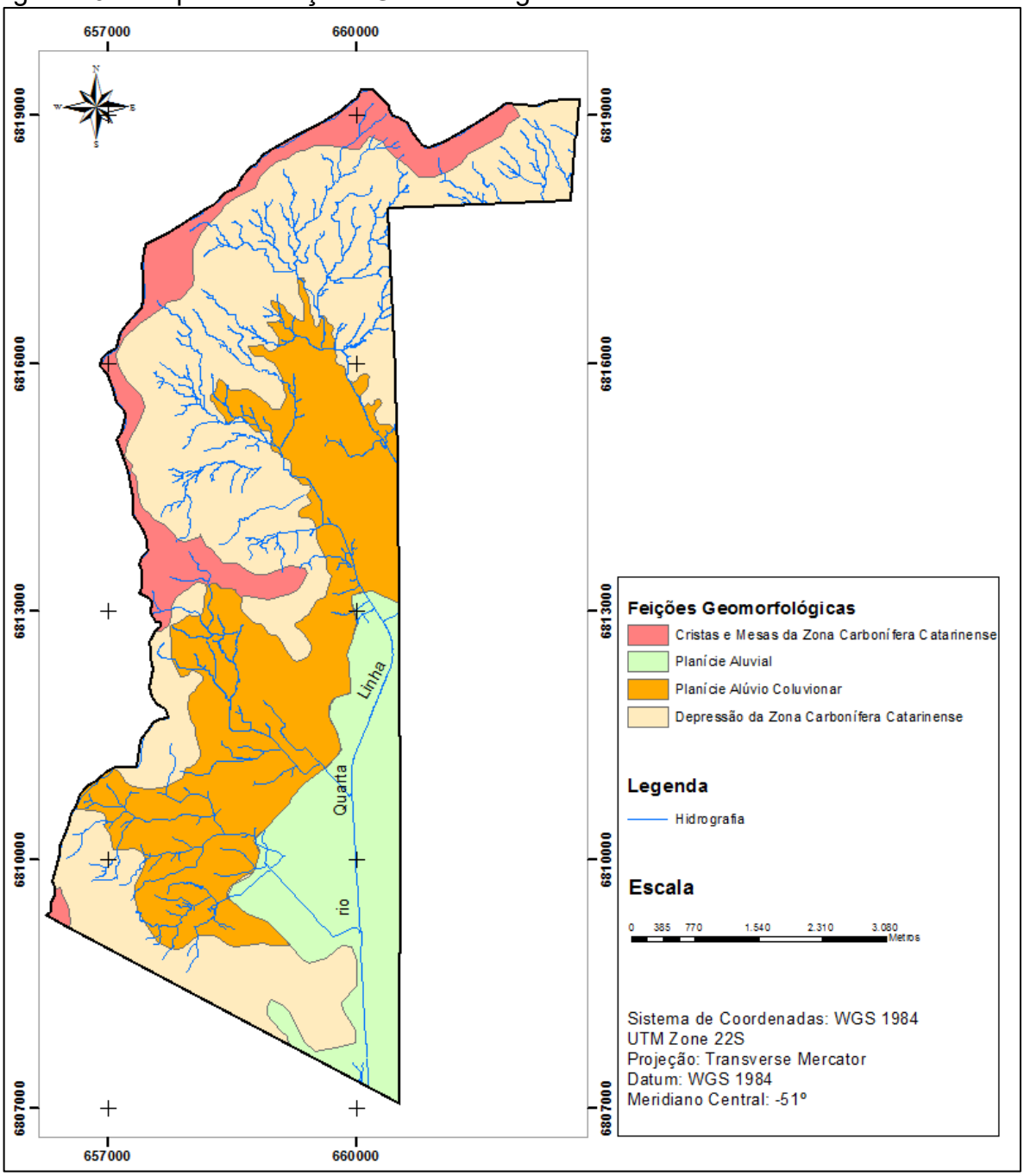
A caracterização geomorfológica da microbacia do Rio dos Porcos, baseou-se na Folha SH-22-X-B-IV da Carta Geomorfológica do Projeto Mar Catarinense (1989), relatório “insumos para revisão do plano diretor de Criciúma”, e interpretação de imagens aéreas e conferências em campo. A partir da análise e compilação dos dados procurou-se integrar os diversos aspectos geomorfológicos da região ao diagnóstico do meio físico, com vistas a subsidiar a elaboração do plano de manejo das microbacias estudadas.

A microbacia de estudo, inserida na bacia hidrográfica do rio Araranguá, apresenta como rio principal, a saber: Rio dos Porcos. O relevo terrestre ao ser estudado é dividido hierarquicamente de acordo com sua ordem de grandeza. Dessa forma, a área estudada encontra-se inserida no domínio morfoestrutural da bacia Sedimentar do Paraná, na unidade Depressão da Zona Carbonífera Catarinense e Cristas e mesas da Depressão da Zona Carbonífera Catarinense.

Os modelados geomorfológicos, taxonomias menores em relação aos domínios, regiões e unidades, encontram-se submetidos aos processos de dissecação e acumulação de sedimentos e/ou bloco de rochas, isto, pois, os agentes exógenos através do intemperismo e erosão originam o carreamento de materiais para as áreas mais baixas, originando novas formas de relevo.

Com base no mapeamento das unidades geomorfológicas do município de Criciúma do Programa de Fortalecimento da Gestão Municipal Urbana (IPAT/UNESC, 2007), foi gerado o mapa das unidades geomorfológicas da microbacia de estudo, apresentado aqui na Figura 10.

Figura 10 – Mapa das Feições Geomorfológicas da Microbacia do Rios dos Porcos.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2023.

As cristas e mesas apresentadas no mapeamento são representadas pelo relevo de platôs com baixa densidade de drenagens, ou elevações isoladas de rochas básicas mantidas por erosão diferencial. A planície Alúvio-Coluvionar apresenta relevo plano a ondulado, caracterizadas por leques aluviais, com material mais grosseiro na sua porção proximal junto ao sopé das escarpas e tendem a diminuir a granulometria

nas porções distais dos leques. A planície aluvial apresenta relevo plano a levemente ondulado, influenciada pelos cursos de água, representado na área pelo rio Quarta Linha. A Depressão da Zona Carbonífera Catarinense apresenta na área de estudo por um relevo de colinas e morros, com alta a média densidade de drenagem.

Na microbacia de estudo encontra como modelados a Dissecação em Morrarias, Dissecação em Colinas, Acumulação Torrencial e Acumulação de Planície Lacustre. As formas encontradas resumem-se a côncavo-convexas com vales abertos entre colinas, morrotes e morros.

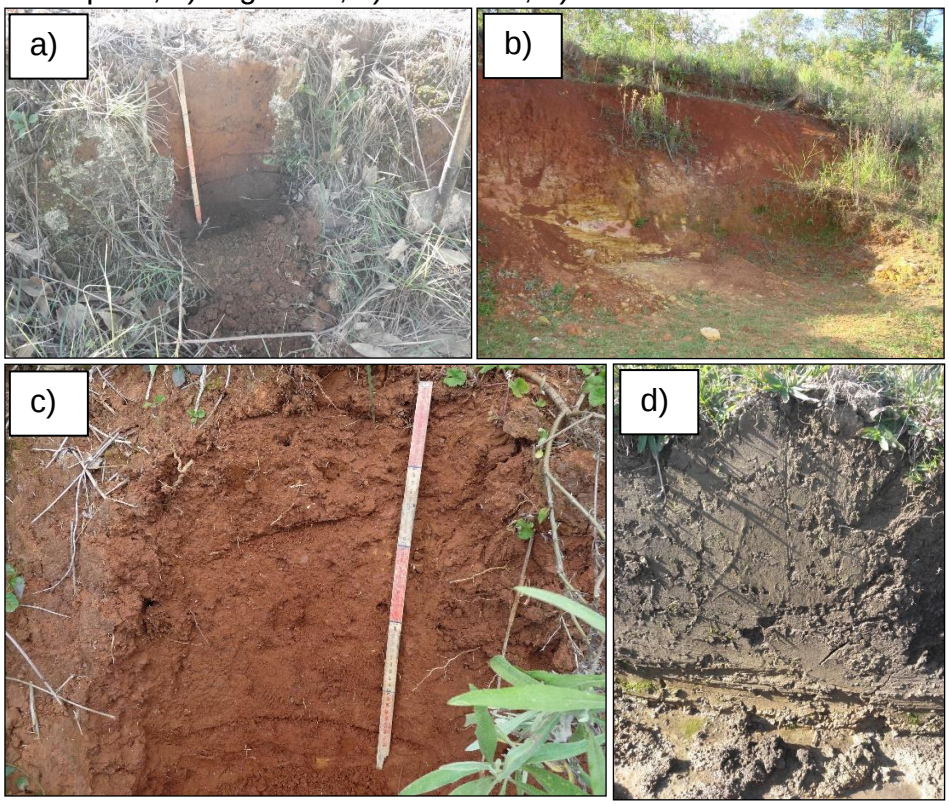
3.8 PEDOLOGIA

A caracterização dos solos da região de estudo foi retirada do trabalho de Plano de manejo elaborado pelo IPAT em 2015. Na época das incursões a campo, na AID – Área de Influência Direta do Rio dos Porcos, foram diagnosticadas 4 tipologias pedológicas, que são Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Nitossolos Vemelhos e Gleissolos Háplicos. Os Nitossolos ocorrem próximo ao Morro da Bananeira, os Gleissososs no Bairro São Domingos, em especifico nas áreas mais baixas, e os Argissolos e Cambissolos ocorrem no Bairro Quarta Linha.

Locais onde o solo foi alterado por ações antrópicas, como terraplenagem e deposição de materiais, mapearam-se estes locais como Áreas Urbanas (quando da existência de equipamentos urbanos) e Bota Foras + Áreas de Empréstimo (quando há deposição ou extração de materiais). Estes locais foram mapeados com base em reconhecimento de imagens aéreas e conferência dos limites em campo. Para o mapeamento dos solos, tomou-se o cuidado de descrever os perfis em locais em que as características naturais do solo da região fossem reconhecidas.

A união de todas as informações obtidas proporcionou o agrupamento de classe de solo característico da área em estudo. Foram registradas ocorrências de quatro tipologias pedológicas nas áreas levantadas: ARGISSOLO VERMELHO; CAMBISSOLO HÁPLICO; GLEISSOLO HÁPLICO; NITOSSOLO VERMELHO. Ainda foram classificadas duas outras classes: Áreas Urbanas e Áreas de Bota Fora + Áreas de Empréstimo (Figura 11).

Figura 11 – Tipos pedológicos encontrados na Bacia do Rio dos Porcos. a) Cambissolo Háplico; b) Argissolo; c) Nitossolo; d) Gleissolo.



Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2023.

4 ESTUDO HIDROLÓGICO

4.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS PORCOS

Inicialmente são apresentados dados de caracterização da bacia hidrográfica do Rio dos Porcos, onde está inserido a microbacia de estudo para a bacia de detenção. A bacia hidrográfica Rio dos Porcos tem características morfométricas, conforme Tabela 5 e

Tabela 6.

Tabela 5 - Dados gerais da Microbacia hidrográfica Rio dos Porcos, em Criciúma (SC).

Área da bacia (km²)	37,43 km²
Perímetro da bacia (km)	35,32 km
Cumprimento do rio (km)	11,45 km
Comprimento axial (km)	11,98 km
Altitude de montante	107,00
Altitude de jusante	2,00
Número de rios	184

		Σ Rios (km)				
		CV				0,135

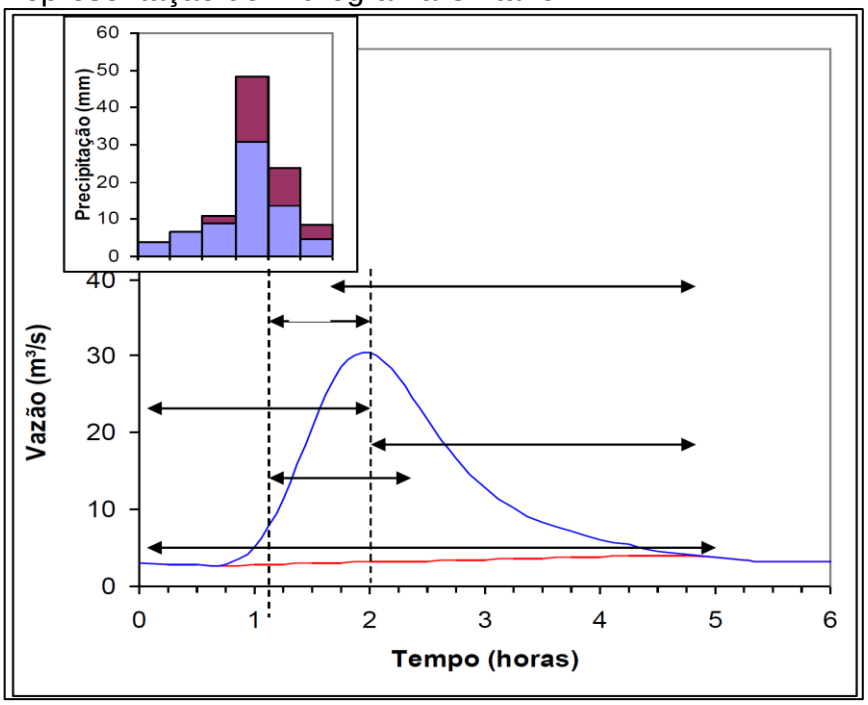
Tabela 6 - Características Morfométricas da microbacia hidrográfica Rio dos Porcos.

Características Morfométricas	Símbolo	Unidade	Valor	Kirpich (CCP)	Vem Te Chow	Dooge
Coeficiente de compacidade	Kc	km	1,62			
Fator de forma	Kf	Admens.	0,26			
Densidade Hidrográfica	Dh	Rios/km²	4,92			
Densidade de drenagem	Dd	Km/km²	-			
Amplitude altimétrica	Aa	Admens.	105,00			
Relação de relevo	Rr	m/km	8,76			
Índice de rugosidade	Ir	Admens.	0			
Índice de circularidade	Ic	Admens.	0,38			
Tempo de concentração	tc	min.		158,72	145,95	214,53

4.2 MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA DETENÇÃO

Para criar um projeto capaz de mitigar os processos de excesso hídrico da microbacia hidrográfica, inserida na bacia do Rio dos Porcos, foram utilizadas técnicas de engenharia de medida estrutural (TUCCI,2006). A vazão de projeto foi calculada tendo como base o hidrograma unitário (HU), que segundo (Back, 2018) é um gráfico que relaciona a vazão no tempo, ou seja, a distribuição da vazão no tempo é resultante da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a ocorrência da precipitação e a vazão da bacia.

Figura 12 – Representação de Hidrograma Unitário.



Onde:

Tempo de pico (tp): Definido como o intervalo de tempo entre o centro de massa da precipitação e o tempo de pico

Tempo de retardo (tL): é o intervalo de tempo entre o centro da massa da precipitação e o centro de gravidade do hidrograma;

Tempo de concentração (tc): é o tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da bacia, deslocar-se até a seção principal. É o tempo definido entre o fim da precipitação e o ponto de inflexão do hidrograma.

Tempo de ascensão(tm): é o tempo entre o início da chuva e o pico do hidrograma;

tempo de recessão(tr): é o tempo entre o pico do hidrograma e o término do escoamento superficial.

Tempo de base (tb): é o tempo entre o início da precipitação e aquele em que a precipitação ocorrida já escoou através da seção principal, ou que o rio as condições anteriores da precipitação.

4.2.1 Período de Retorno

O período de recorrência do estudo foi de 50 anos levando em conta a bibliografia que sugere (Tabela 7) e o risco assumido na Tabela 8. Após os cálculos de vazão de pico, foram simuladas a detenção do sistema de barramento para o período de retorno de 5, 20, 25, 50 e 100 anos.

Tabela 7 – Tempo de recorrência.

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da Área	T- Período de Retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2 a 5
	Áreas comerciais e artéria de tráfego	5 a 10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 a 100
	Área de importância específica	500
Pequenos canais sem endicamento	Rural	5
	Urbano	10
Grandes canais sem endicamento	Rural	10
	Urbano	25
Pequenos canais com endicamento	Rural	10
	Urbano	50
Grandes canais com endicamento	Rural	50
	Urbano	100
Pequenos canais para drenagem urbana		5 a 10
Pontes em rodovias importantes		50 a 100
Pontes em rodovias comuns		25
Bueiros em rodovias importantes		25
Bueiros em rodovias comuns		5 a 10
Bocas de lobo		1 a 2
Vertedor de barragens importantes		10.000

A definição do período de retorno presume que se assume um risco de ocorrer, em um ano qualquer, um fenômeno maior que a chuva de projeto adotada. Esse risco pode ser calculado pela Equação 1

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{N} \qquad \text{Eq. 1}$$

Onde:

J = índice de risco, variando entre 0 e 1 (0 e 100 %);

T = período de retorno (anos);

N = número de anos considerado.

Com essa equação pode-se estabelecer o risco assumido para projetos com período de retorno T durante diferentes períodos (Tabela 8).

Tabela 8 – Risco de falha (Adaptado de Back, 2002).

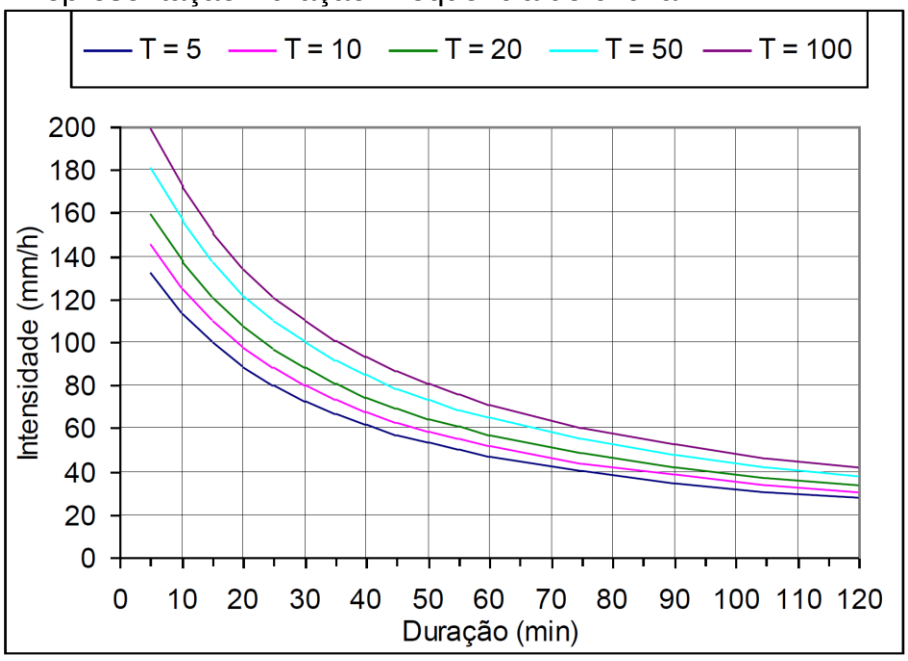
T (Anos)	Número de Anos (N)							
	2	**5**	**10**	**20**	**25**	**50**	**100**	**200**
2	0,7500	0,9688	0,9990	*	*	*	*	*
5	0,3600	0,6723	0,8926	0,9885	0,9962	*	*	*
10	0,1900	0,4095	0,6513	0,8784	0,9282	**0,9948**	*	*
15	0,1289	0,2918	0,4984	0,7484	0,8218	**0,9682**	0,9990	*
20	0,0975	0,2262	0,4013	0,6415	0,7226	**0,9231**	0,9941	*
25	0,0784	0,1846	0,3352	0,5580	0,6396	**0,8701**	0,9831	0,9997
50	0,0396	0,0961	0,1829	0,3324	0,3965	**0,6358**	0,8674	0,9824
100	0,0199	0,0490	0,0956	0,1821	0,2222	**0,3950**	0,6340	0,8660

* Valores muito próximos a 1,0.

4.2.2 Chuvas intensas (IDF)

Para o Cálculo da intensidade de chuvas, foram utilizados a equação da intensidade –Duração-Frequência (IDF), onde observa-se que quanto maior os valores de duração, menor é a sua intensidade.

Figura 13 – Representação Duração-Frequência de chuva.



Fonte: Apostila de Hidrologia (BACK, 2018)

Essas relações podem ser expressas por equações genéricas que relacionam os três aspectos da chuva, Intensidade-Duração-Frequência, do tipo (Equação 2):

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n}$$ Eq. 2

Onde:

i = intensidade média máxima da chuva, em mm/h;

T = Período de retorno, em anos;

t = duração da chuva, em minutos;

K, m, b, n parâmetros da equação determinados para cada local.

Alguns exemplos de equações de chuvas intensas para diferentes cidades brasileiras. Para este projeto de macrodrenagem para bacia de detenção, foram utilizados os dados de Urussanga, por possuir dados pluviométricos com maior tempo para região.

4.2.3 Tempo de Concentração

Para o cálculo do Tempo de concentração, a metodologia foi a de Kirpich (1940). Esta equação se ajusta para pequenas bacias hidrográficas (Equação 3).

$$tc = 57\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Eq. 3

Onde:

tc = tempo de concentração em minutos;

L = comprimento da bacia (km);

H = desnível topográfico da bacia (m).

S = declividade, m/m.

4.2.4 Vazão de Projeto

Para estimar o volume de escoamento superficial após o cálculo da precipitação utilizou-se as relações hidrológicas (método do Número da Curva), que foi desenvolvido pelo *SOIL CONSERVATION SERVICE* (1972).

Na fase inicial da precipitação toda a água da chuva é interceptada pela vegetação e se infiltra no solo, não ocorrendo escoamento superficial (Ia). Após a superação do tempo de (Ia) começa o escoamento efetivo da bacia. Para isto, supondo que o valor de (S) é constante durante a chuva e que a absorção inicial é de 20% da capacidade máxima de armazenamento, temos o escoamento superficial estimado pela Equação 4:

$$Q = \frac{(P - 0{,}2S)^2}{P + 0{,}8S} \qquad \text{Eq.4}$$

onde:

Q = escoamento superficial (mm)

P = Precipitação acumulada (mm)

S = Capacidade máxima de armazenamento (mm)

A equação acima só é válida se P > 0,2 S. Quando P < 0,2S o escoamento superficial é nulo.

4.2.5 Número da Curva

Para determinar a capacidade máxima de armazenamento da camada superior do solo (S), os autores relacionaram esse parâmetro com um fator CN pela seguinte expressão pela Equação 5.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad \text{Eq. 5}$$

Em que CN é o número da curva, cujo valor pode variar entre 1 e 100, e dependendo do uso e manejo da terra, grupo de solo, condição hidrológica e umidade antecedente do solo. Neste projeto o CN utilizado para o Grupo C (Tabela 9) o autor chegou em um valor de (CN=75,11).

Tabela 9 – Descrição dos tipos de solo para uso no método da curva número.

Tipo de Solo	Descrição do Grupo	Infiltração final
A	Baixo Potencial de escoamento - Inclui solos arenosos profundos com muito pouco silte e argila	8 - 12

B	Moderadamente baixo potencial de escoamento - Solos arenosos e francos, menos profundos que solos do tipo A	4 – 8
C	Moderadamente alto potencial de escoamento superficial - Solos rasos e solos com apreciável teor de argila	1 – 4
D	Alto potencial de escoamento - Solos com alto teor de argilas expansivas 2:1 e solos com subsolo impermeável, solos rasos	0 - 1

Fonte: Apostila de Hidrologia (BACK, 2018).

4.2.6 Memória de Cálculo

O cálculo hidrológico aponta para uma bacia com vazão de pico de 58,92 m³/s, onde são apresentados os dados conforme abaixo.

4.2.6.1 Tempo de Concentração

Tabela 10 – Tempo de Concentração.

tc (h)	0,6	Tempo de Concentração
tc (min)	35,8	Tempo de Concentração
L (km)	2,94	Comprimento da Bacia (km)
H (m)	85,2	Desnível Topográfico da Bacia (m)

4.2.6.2 Tempo de Pico

Tabela 11 – Tempo de Pico.

tp	0,4	Tempo de Pico	23,84min
tr (h)	0,08	Duração da precipitação em horas	4,76 min
tc (h)	0,6	Tempo de concentração em horas	

4.2.6.3 Tempo de Pico

Tabela 12 – Tempo de Base.

tb	1,1	Tempo de base
tm = tp	0,4	Duração da precipitação em horas

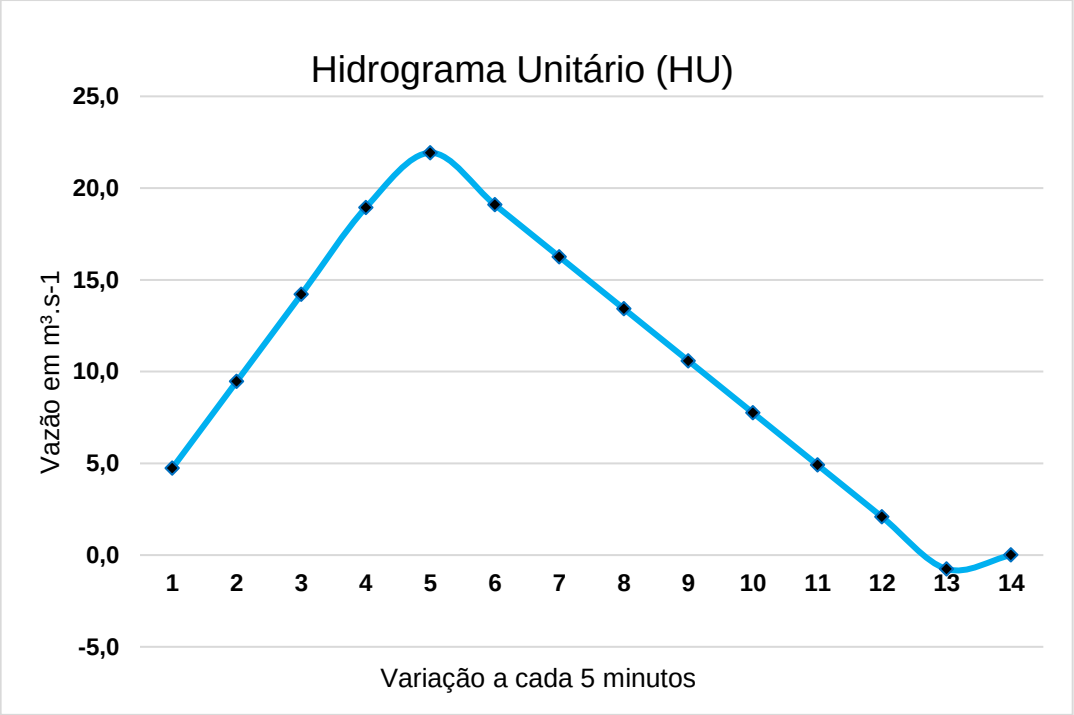
4.2.6.4 Tempo de Projeto

Tabela 13 – Vazão de Projeto.

Qp	22,6	Vazão de Pico
A	4,31	Área da Bacia
tp	0,4	Tempo de Pico

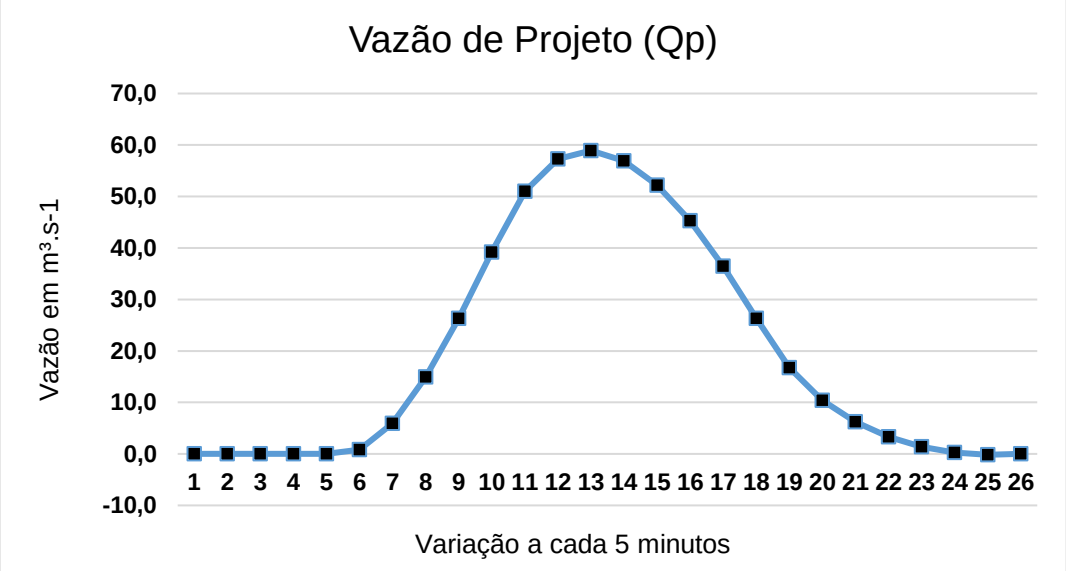
4.2.6.5 Hidrograma Unitário.

Figura 14 – Hidrograma Unitário (HU).



4.2.6.6 Vazão de Projeto.

Figura 15 – Vazão de Projeto (Qp).



4.3 DIMENSIONAMENTO E DISTRIBUIÇÃO HIDROLÓGICA.

Tabela 14 – Distribuição da chuva efetiva.

intervalo		intens	h	bloco	B. Altenado		R	Rint (mm)	R (cm)	min	%	%	mm	
1	5	282,54	23,55	23,55	3,36	3,36	0,00	0,00	0,00	5	8,33	9	8,32	8,32
2	10	228,07	38,01	14,47	3,99	7,35	0,00	0,00	0,00	10	16,67	25	23,10	14,78
3	15	193,62	48,41	10,39	4,97	12,32	0,00	0,00	0,00	15	25,00	45	41,58	18,48
4	20	169,57	56,52	8,12	6,68	19,00	0,05	0,05	0,01	20	33,33	63	58,21	16,63
5	25	151,69	63,20	6,68	10,39	29,39	1,63	1,58	0,16	25	41,67	78	72,07	13,86
6	30	137,79	68,89	5,69	23,55	52,94	10,84	9,21	0,92	30	50,00	89	82,24	10,16
7	35	126,62	73,86	4,97	14,47	67,40	18,98	8,14	0,81	35	58,33	91	84,08	1,85
8	40	117,43	78,29	4,42	8,12	75,52	24,11	5,13	0,51	40	66,67	93	85,93	1,85
9	45	109,70	82,28	3,99	5,69	81,21	27,90	3,79	0,38	45	75,00	95	87,78	1,85
10	50	103,11	85,92	3,64	4,42	85,64	30,94	3,04	0,30	50	83,33	97	89,63	1,85
11	55	97,40	89,28	3,36	3,64	89,28	33,51	2,57	0,26	55	91,67	99	91,48	1,85
12	60	92,40	92,40	3,12	3,12	92,40	35,75	2,24	0,22	60	100,00	100	92,40	0,92

Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2022.

Tabela 15 – Tabela de Vazão de Projeto pelo método dos blocos alternados.

t (min)	t (h)	t/tp	q (m³/s)	0	0	0	0,01	0,16	0,92	0,81	0,51	0,38	0,30	0,26	0,22	Q (m³/s)
0	0	0														0,00
5	0,08	0,21	4,7	-												0,00
10	0,17	0,42	9,5	-	-											0,00
15	0,25	0,63	14,2	-	-	-										0,00
20	0,33	0,84	18,9	-	-	-	0,03									0,03
25	0,42	1,05	21,9	-	-	-	0,05	0,75								0,80
30	0,50	1,26	19,1	-	-	-	0,08	1,49	4,36							5,93
35	0,58	1,47	16,3	-	-	-	0,10	2,24	8,72	3,86						14,92
40	0,67	1,68	13,4	-	-	-	0,12	2,98	13,08	7,71	2,43					26,32
45	0,75	1,89	10,6	-	-	-	0,10	3,46	17,44	11,57	4,86	1,79				39,22
50	0,83	2,10	7,7	-	-	-	0,09	3,01	20,19	15,42	7,29	3,59	1,44			51,02
55	0,92	2,31	4,9	-	-	-	0,07	2,56	17,58	17,85	9,72	5,38	2,88	1,22		57,26
60	1,00	2,52	2,1	-	-	-	0,06	2,11	14,97	15,54	11,25	7,18	4,32	2,43	1,06	58,92
65	1,08	2,73	-0,8	-	-	-	0,04	1,67	12,36	13,24	9,79	8,31	5,76	3,65	2,12	56,93
			0,00	-	-	-	0,03	1,22	9,74	10,93	8,34	7,24	6,67	4,86	3,17	52,20
					-	-	0,01	0,77	7,13	8,62	6,89	6,16	5,81	5,63	4,23	45,26
						-	- 0,00	0,33	4,52	6,31	5,43	5,09	4,95	4,90	4,90	36,42
							-	- 0,12	1,91	4,00	3,98	4,01	4,08	4,17	4,27	26,31
								-	-0,70	1,69	2,52	2,94	3,22	3,44	3,63	16,75
									0	-0,62	1,07	1,86	2,36	2,72	3,00	10,39
										0	-0,39	0,79	1,50	1,99	2,37	6,25
											0	-0,29	0,63	1,26	1,73	3,34
												0	-0,23	0,53	1,10	1,40
													0	-0,19	0,46	0,27
														0	-0,17	-0,17
															0	0,00

Fonte: Centro de Engenharia e Geoprocessamento, CEGEO/IPAT/UNESC, 2022.

4.4 DIMENSIONAMENTO DA BARRAGEM DE DETENÇÃO.

Para o dimensionamento da estrutura de detenção de excessos hídricos foram estudadas diferentes vazões em diferentes períodos de retorno. O cálculo das vazões de saída foi baseado no Método de Pulz, o qual, de acordo com Tucci (2009), é um dos mais conhecidos para simulação de propagação em reservatórios, consistindo em uma expressão discretizada da equação de continuidade e na relação entre armazenamento e vazão do reservatório.

Com os dados acima descritos no capítulo anterior foram considerados os para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 e na Tabela 16 constam os valores de chuva total com duração de 1 h e a chuva e efetiva. Na Tabela 17 constam os hidrogramas estimados par os vários períodos de retorno.

Tabela 16 – Valores da chuva de projeto.

Período de retorno (anos)	Chuva máxima em 1 h (mm)	Chuva efetiva (mm)
5	57,1	13,0
10	66,0	18,1
25	79,9	27,0
50	92,4	35,8
100	106,8	46,5

Tabela 17 – Valores da chuva de projeto.

Duração	T -Período de retorno (Anos)				
(min)	100	50	25	10	5
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	0,139	0,026	0,000	0,000	0,000
25	1,512	0,798	0,377	0,093	0,010
30	8,760	5,929	3,888	2,075	1,203
35	20,920	14,915	10,371	6,096	3,880

Duração	T -Período de retorno (Anos)				
(min)	100	50	25	10	5
40	36,071	26,321	18,767	11,474	7,578
45	52,824	39,215	28,450	17,845	12,057
50	67,671	51,022	37,664	24,242	16,732
55	74,977	57,261	42,902	28,278	19,958
60	76,419	58,921	44,632	29,934	21,471
65	73,298	56,932	43,483	29,541	21,439
70	66,779	52,204	40,156	27,575	20,203
75	57,518	45,255	35,052	24,316	17,970
80	45,960	36,426	28,435	19,946	14,876
85	33,062	26,426	20,829	14,820	11,183
90	21,644	17,450	13,890	10,037	7,684
95	13,591	11,004	8,801	6,409	4,941
100	8,180	6,638	5,324	3,892	3,012
105	4,461	3,626	2,913	2,136	1,657
110	2,006	1,632	1,313	0,965	0,750
115	0,571	0,465	0,374	0,275	0,214
120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Para a vazão de saída foram consideradas as condições do projeto com a instalação de **4 tubos com diâmetro 0,8 m** e o vertedor com soleira **com largura de 20 m**. A vazão nos tubos foi calculada com a fórmula de Manning para as condições não afogadas e com a equação geral de escoamento em orifícios para a condição afogada. Assim para a profundidade inferior a 80 cm a vazão foi determinada ela Equação 6.

$$Q = \frac{A}{n} Rh^{2/3} \sqrt{I} \qquad \text{Eq. 6}$$

Onde:

Q = vazão (m³/s);

A = área da seção molhada (m²)

N = fator de rugosidade (considerado 0,015 para tubos de concreto)

Rh = raio hidráulico (m)

I = declividade (considerada =0,005 m/m).

Para profundidades superiores a 0,8 m foi considerada a equação de escoamento em orifícios dada pela Equação 7.

$$Q = C\ A\sqrt{2g\ H} \qquad \text{Eq. 7}$$

Onde:

Q =vazão (m^3/s)

C= coeficiente de descarga (considerado C =0,70)

A = área da seção do tubo (m^2)

G = aceleração da gravidade (g =9,8 m/s^2)

H = carga hidráulica no centro da seção (m).

Para a vazão no vertedor foi considerada a equação para vertedor de parede espessa calculada por meio da Equação 8.

$$Q = Cd\ 1{,}704\ bH^{1{,}5} \qquad \text{Eq. 8}$$

Onde:

Q =vazão (m^3/s)

Cd = coeficiente de contração (considerado C =0,858);

b = largura da soleira (b = 20m)

g = aceleração da gravidade (g =9,8 m/s^2);

H = carga hidráulica (m)

Para o vertedor **com a soleira instalada na cota 8,0 m** tem-se as seguintes vazões na Tabela 18

Tabela 18 – Vazões defluentes no barramento.

Cota (m)	Vazão (m³/s)
6,80	0,000
7,00	0,440
7,25	1,968
7,50	3,404
7,75	4,621
8,00	5,573
8,25	10,040
8,50	17,443
8,75	26,750
9,02	38,528
9,34	54,472
9,50	63,168
9,82	81,881
10,00	93,131

Para a simulação foi considerado o Método de Pulz em que a o volume armazenado varia com a cota de acordo com a relação cota volume da Tabela 19.

Tabela 19 – Relação cota volume no reservatório.

Cota (m)	Volume (m³)
6,80	0,0
7,00	20,0
7,25	50,0
7,50	228,4
7,75	443,7
8,00	**749,2**
8,25	2.628,1
8,50	11.572,2
8,75	21.605,5
9,00	31.763,6
9,25	42.099,8

Cota (m)	Volume (m³)
9,50	52.410,5
9,75	63.408,5
10,00	74.322,6

Tabela 20 – Resumo das simulações.

T (anos)	Q entrada (m³/s)	Q saída (m³/s)	Redução (%)	Cota máxima (m)
100	76,419	62,193	18,61579	9,62
50	58,921	49,64	15,75160	9,25
25	44,632	36,254	18,77129	8,98
10	29,934	23,893	20,18107	8,67
5	21,471	17,358	19,15607	8,75

As Figura 16Figura 17Figura 18Figura 19 Figura 20 apresentam a distribuição da vazão por período de retorno.

Figura 16 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 5 anos.

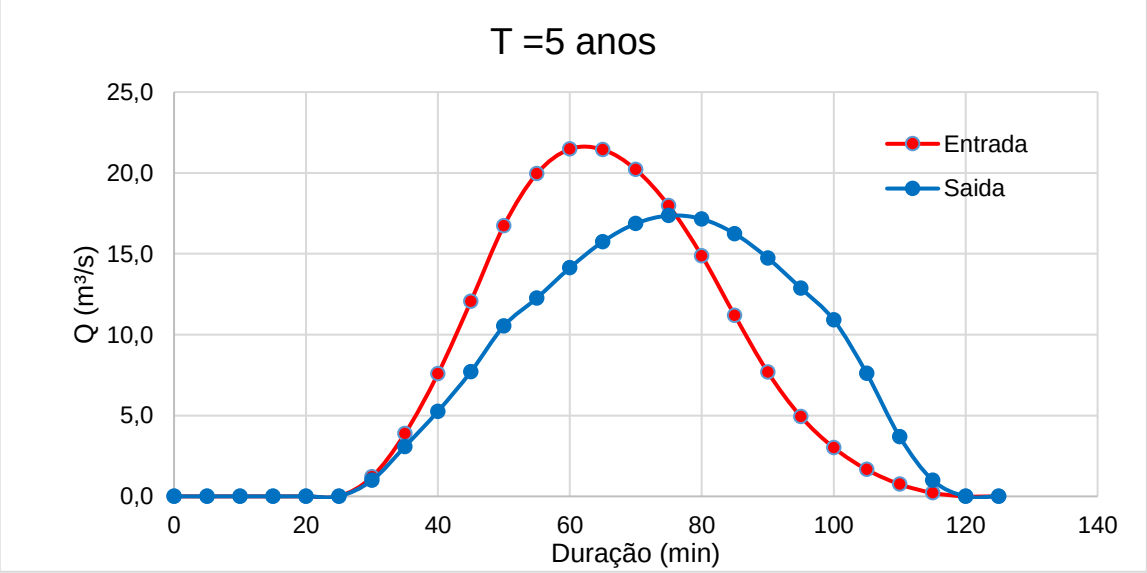


Figura 17 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 10 anos.

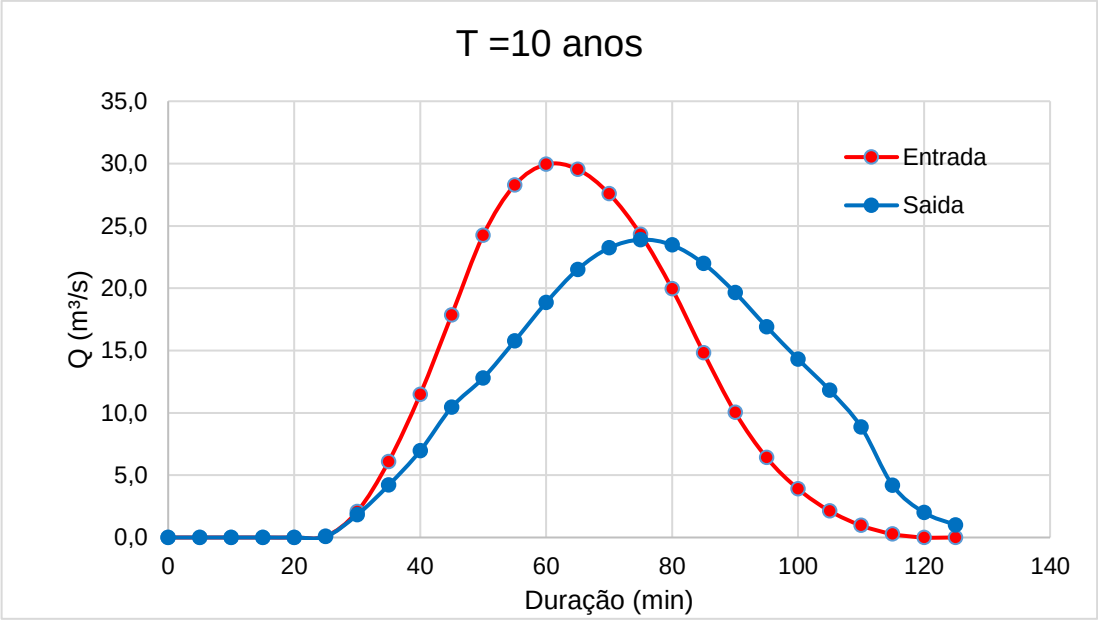


Figura 18 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 25 anos.

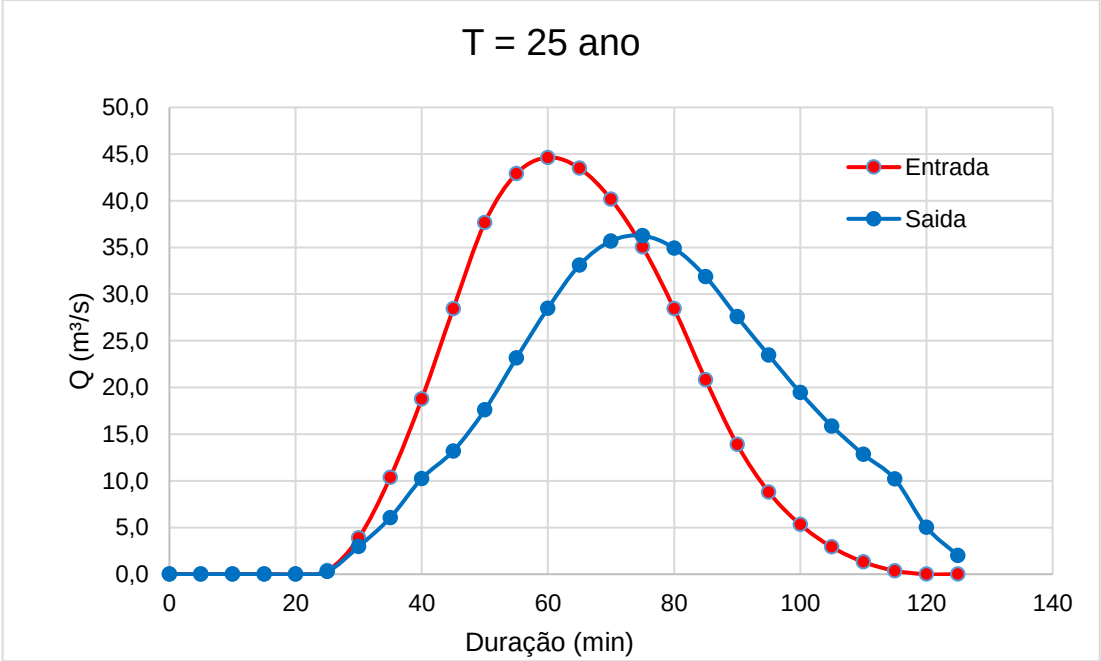


Figura 19 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 50 anos.

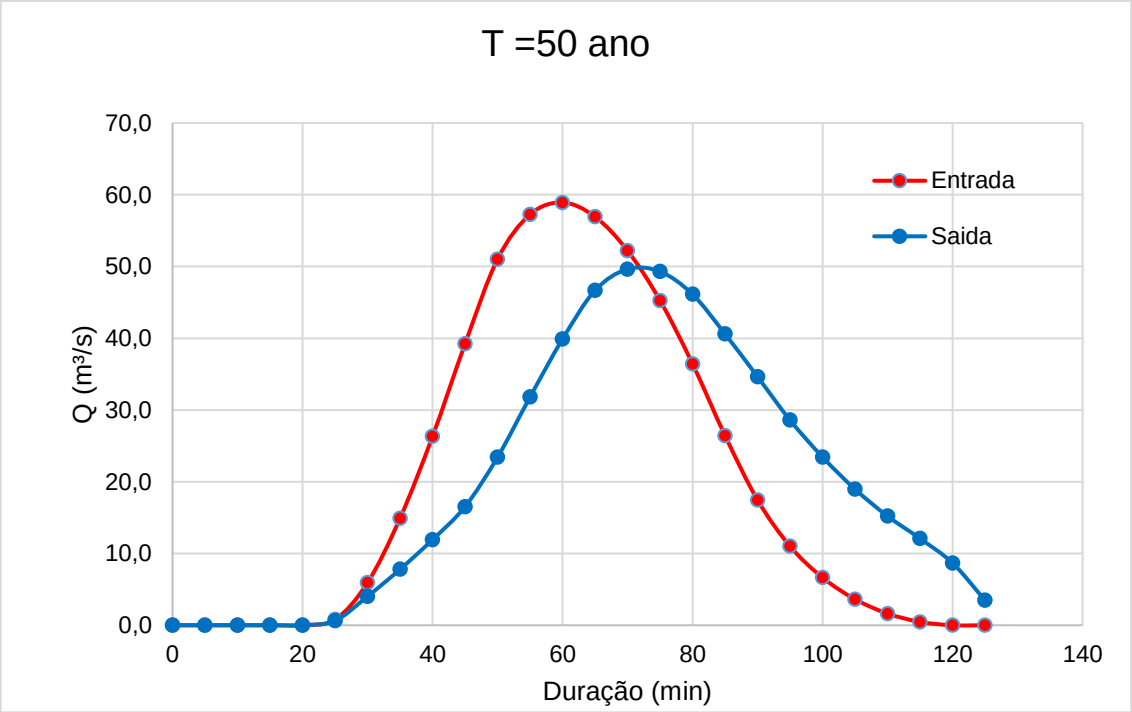
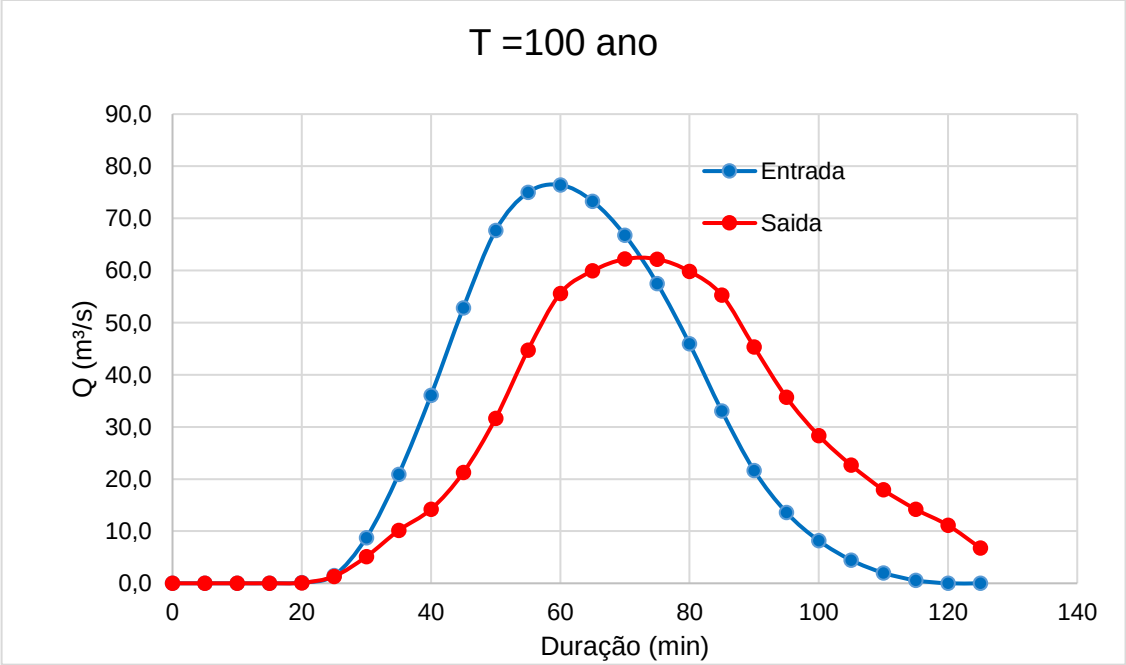


Figura 20 – Relação de vazão de entrada e de saída do reservatório para o período de retorno de (T) 100 anos.



5 PROJETO DE TERRAPLENAGEM DA BACIA DE DETENÇÃO

A criação da bacia de detenção é parte importante na elaboração de um projeto executivo com a finalidade de controle para barramento de águas provenientes de intensas chuvas. Para efeito de modelar o terreno natural para que este possa acomodar temporariamente recursos hídricos provenientes de forte chuvas, foi proposto um projeto de terraplenagem, que na sua concepção tradicional, significa planificar o terreno, porém, além disso, a terraplenagem tem a função de disciplinar o solo, e consequentemente a água que corre sobre ele. A movimentação de massas teve a função de conduzir às águas pluviais de forma que as inclinações/rampas não possibilitem erosão, tampouco, acúmulos de águas na área.

Neste projeto foram movimentados como terraplenagem 57.533,36 m³ de Corte de material de 1ª Categoria dispostos em uma área de 43.151,42 m². O volume cortado no processo de terraplenagem deve ser levado para um bota-fora devidamente licenciado.

A concepção de terraplenagem foi baseada na movimentação do material de forma que o relevo fosse disposto em rampas suaves com inclinação de 0,5% no sentido longitudinal e com taludes com inclinação de 50% que deverão receber cobertura com grama em leiva.

Importante destacar que a empresa deverá executar a operação destinada ao movimento de terra necessário à adaptação do terreno às cotas, níveis e demais condições impostas pelo projeto executivo, bem como em eventuais recomendações da fiscalização, compreendendo cortes ou aterros. Ainda, não deverá ser permitida a execução dos serviços de terraplenagem em dias de chuva.

É responsabilidade da executante, durante a obra, a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los, sendo de sua responsabilidade também, a mobilização e desmobilização dos equipamentos necessários para o processo executivo, bem como, manter de forma constante, equipe de topografia para garantia da manutenção das cotas de projeto.

5.1 CICLO DE TERRAPLENAGEM

Nas áreas de intervenção com terraplenagem, corte e aterro, os principais equipamentos utilizados para os serviços executivos são o trator de esteiras com lâmina, escavadeira hidráulica, caminhão basculante, rolo compactador e outros similares capazes de realizar o mesmo tipo de serviço.

De forma geral, a metodologia de movimentação do material da bacia de detenção será de logística cíclica, ou seja, equipamentos cuja a produção se baseia na repetição periódica de ciclos de trabalho, exemplo: caminhão – é carregado pela escavadeira, viaja até o local de aterro, manobra, bascula o material, retorna ao local de origem e manobra de novo. Comumente, as máquinas de terraplenagem executam as seguintes operações: 1) Escavação (corte); 2) Carga do equipamento de transporte; 3) Transporte; e 4) Descarga e espalhamento (Tabela 21).

Tabela 21 – Opções de equipamentos de terraplenagem.

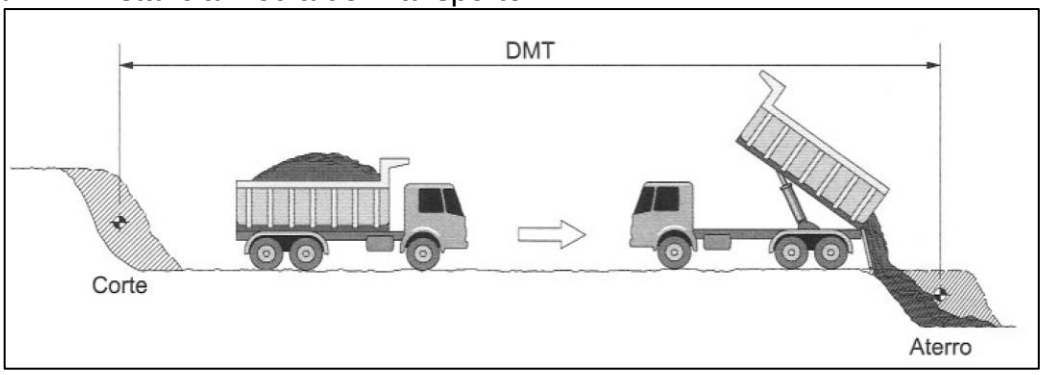
Trator de esteiras	Carregadeira	Escavadeira	Caminhão
Escavação e Carga (simultâneas)	Escavação	Escavação	Carga
Transporte (empurramento)	Deslocamento até o caminhão (carregada)	Giro carregada	Transporte (carregado)
Descarga	Manobra	Descarga	Manobra para descarga
Espalhamento	Descarga	Giro vazia	Descarga
Retorno (vazio)	Retorno (vazia) Manobra		Volta (Vazio) Posicionamento para carga

Fonte: Adaptado de (Mattos,2006).

5.2 DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTE

Para estabelecer a Distância Média de Transporte – DMT (Figura 21) se fez uma avaliação da distribuição entre os volumes movimentados. Após o estudo, se estabeleceu o raio de 50 a 200 metros de distância como DMT.

Figura 21 – Distância Média de Transporte.



Fonte: Adaptado de (Mattos,2006).

5.3 DESTINAÇÃO PARA BOTA-FORA

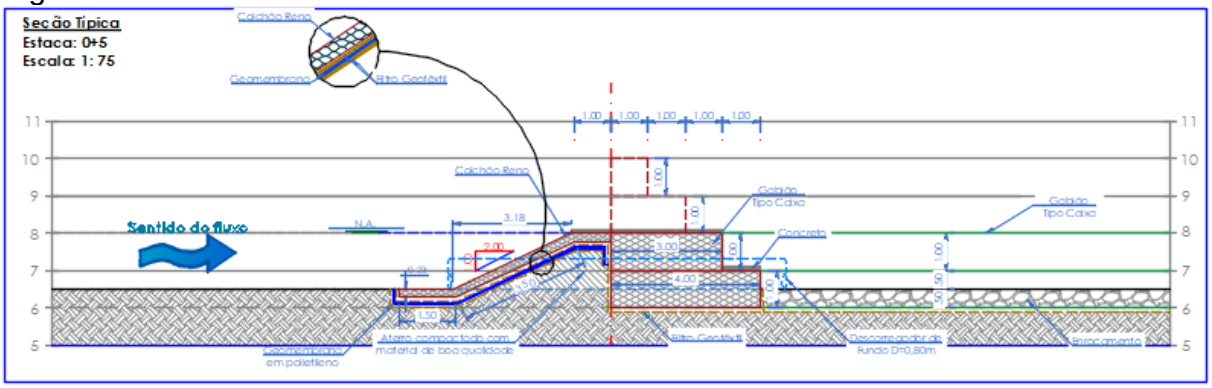
Todo o material excedente da escavação deve ser carregado, transportado e descarregado ao Bota-Fora de propriedade da Prefeitura Municipal de Criciúma, localizado na Rodovia Jorge Lacerda, bairro Sangão, no município de Criciúma/SC.

6 PROJETO DE BARRAMENTO E VERTEDOR

6.1 CONCEPÇÃO E CARACTERÍSTICAS

Para contenção estrutural de barramento foi considerado um barramento em gabião composto por um vertedor, argila compactada (proveniente da escavação), concreto e demais dispositivos para impermeabilização, condução e dissipação de energia, conforme apresentado na Figura 22 e Anexo 05.

Figura 22 – Estrutura de barramento e vertimento.



6.1.1 Gabião Caixa.

Os gabiões caixa são elementos de malha metálica de dupla torção formando hexagonais e produzida com arames revestidos a quente com uma liga de zinco-alumínio e uma camada de material plástico extrudido cuja função é evitar a corrosão do arame causada pela agressividade da água.

Durante o enchimento dos gabiões deverão ser vinculados às paredes frontais tirantes horizontais a cada terço da altura. A função dos tirantes é enrijecer as paredes externas e evitar deformações, permitindo um acabamento melhor. Em virtude de o gabião ser preenchido com pedras cuja granulometria é muito maior do que a do terreno, deve-se evitar o vazamento das partículas finas do solo causado pelo fluxo das águas subterrâneas ou subsuperficiais atrás dos gabiões.

Neste contexto, será utilizado um filtro atrás do muro, manta geotêxtil, para interceptar as partículas transportadas pela água que percola para o leito.

Para a execução deste projeto, está prevista a utilização de gabiões caixa, com amarração em arame revestido em PVC, malha 6 x 8 cm e diâmetro igual a 3,4 mm, revestido em PVC. As pedras de preenchimento devem apresentar granulometria homogênea, com diâmetro médio de 0,150 m.

6.1.1.1 Recobrimento do Gabião Caixa.

Na parte superior do gabião colchão do vertedor, será aplicado concreto estrutural liso com fck 25 MPa em uma camada de até 5 cm para atingir o coeficiente simulado.

6.1.2 Gabião Colchão.

Os colchões são estruturas retangulares caracterizadas por sua grande área e pequena espessura, produzidos em malha hexagonal de dupla torção com fios de aço revestidos com as mais tecnológicas ligas de proteção contra corrosão e protegidos, adicionalmente, por uma camada continua de material polimérico.

Os colchões são subdivididos em células por diafragmas de parede dupla, espaçados em intervalos regulares. Sua base, paredes laterais e de fechamento (extremidades) são formadas a partir de um único pano contínuo de malha, obtendo-se um recipiente multicelular aberto.

Para fortalecer a estrutura, todas as extremidades dos panos de malha são reforçadas com arame de maior diâmetro que o utilizado para a fabricação da malha.

Para a execução deste projeto, está prevista a utilização de colchão, com espessura de 23 cm, com amarração em arame revestido em PVC, malha 6 x 8 cm e diâmetro igual a 3,0 mm. As pedras de preenchimento devem apresentar granulometria homogênea, com diâmetro médio de 0,125 m.

6.1.3 Manta Geotêxtil

A manta Geotêxtil será aplicada na fase/solo e na face inferior do colchão, entre as duas camadas deverá conter uma geomembrana em polietileno, na face lateral entre aterro e gabião será aplicada a manta geotêxtil, se estende até o final do enrocamento entre o solo e a estrutura. Na parte de contato com a água não será aplicado o geotêxtil. Conforme projeto executivo.

6.1.4 Geomembrana

Um revestimento de manta lisa e texturizada de polietileno, deverá ser colocada entre as camadas do filtro geotêxtil como indicada no projeto, com a necessidade de proteger e proteger a barragem. Buscando a impermeabilização dessa área de modo garantir a segurança da estrutura e o percurso da água.

6.1.5 Enrocamento

De modo para reduzir a subpressão hidráulica, o enrocamento terá início na base do barramento e será concluído no limite de repique das enchentes visando proteger o barramento das ações das ondas do nível da água. A espessura do enrocamento será de 0,50 m de pedra jogada

6.1.6 Tubulação

Deverá ser utilizado 4 tubos de 0,80m de diâmetros instalado um ou lado do outro, centralizado no vertedouro para descarregamento de fundo da barragem, conforme apresentado os cálculos neste mesmo e detalhes no projeto.

6.2 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Este capítulo se refere as Especificações Técnicas compreendidas no projeto, do qual consta o memorial descritivo dos procedimentos a serem adotados para a execução da Bacia de Detenção. O método construtivo é considerado destrutivo, pois o mesmo implica na execução de escavações e aterros, caminhos e acessos, a limpeza de terreno, assim como a construção de estruturas de barramento e vertimento, dissipação e contenção.

6.2.1 Planejamento de Obra.

Sugere-se que inicialmente seja executado de jusante para montante do projeto, seguindo as premissas encontradas nas normas de segurança e normas da ABNT, bem como de questões técnicas e lógicas relacionadas à construção de canais e obras de drenagem.

6.2.2 Critérios para Execução da Estrutura.

A execução da estrutura da Bacia de Detenção deve atender aos requisitos presentes nas Normas brasileiras vigentes, em especial:

• NBR 5.738 - Moldagem e cura de corpo de concreto, cilíndricos ou prismáticos;

• NBR 5.739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto;

• NBR 6.118 - Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado;

• NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações;

• NBR 6501 - Rochas e Solos;

• NBR 7.212 - Execução de concreto dosado em central;

• NBR 7.223 - Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de

cone;

• NBR 7.480 - Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para Concreto Armado;

• NBR 7.481 - Telas de Aço Soldadas para Armadura de Concreto;

• NBR 8.681 - Ações e Segurança nas Estruturas;

• NBR 9061- Segurança de Escavações a Céu Aberto;

• NBR 9.062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;

• NBR 9.814 - Execução de rede coletora de esgoto sanitário.

• NBR 11682 - Estabilidade de Encostas;

• NBR 12589 - Proteção de Taludes;

• NBR 12.654 - Controle tecnológico de materiais componentes do concreto;

• NR 18 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção;

• NBR NM33/98 - Amostragem de concreto fresco

Nos casos de inexistência de normas brasileiras ou quando estas forem omissas, será permitida a utilização de normas estrangeiras, mediante autorização por escrito da Fiscalização.

6.3 MÉTODO EXECUTIVO

6.3.1 Mobilização.

A empreiteira deverá tomar todas as providências relativas à mobilização de pessoal e equipamentos de construção imediatamente após a assinatura do contrato, de forma a permitir início efetivo às obras e possibilitar o cumprimento do cronograma de execução.

6.3.2 Locação da Obra.

Efetuada a mobilização do canteiro de obras, será executada a locação da obra de acordo com as cotas e coordenadas fornecidas pela fiscalização e de acordo com as informações apresentadas no projeto.

6.3.3 Escavação Carga e Transporte

Cortes são segmentos da região de implantação da obra, correspondente à escavação do terreno natural, ao longo da área do reservatório de acordo com o projeto.

As operações de corte compreendem:

- Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a cota indicada no projeto;
- Carga e transporte dos materiais para aterros ou bota-foras;

Estes materiais deverão ser transportados para locais previamente indicados pela fiscalização, de forma a não causar transtornos, provisórios ou definitivos, às obras.

6.3.4 Bota-fora

Todo o material excedente da escavação deve ser carregado, transportado e descarregado ao Bota-Fora de propriedade da Prefeitura Municipal de Criciúma, localizado na Rodovia Jorge Lacerda, bairro Sangão, no município de Criciúma/SC.

TIAGO ROSSO URBANO:05250908942
Assinado de forma digital por TIAGO ROSSO URBANO:05250908942
Dados: 2023.10.19 16:05:33 -03'00'

ANEXO 1

Desenho Cartográfico da Bacia Hidrográfica.

ANEXO 2

Resumo Orçamentário, Planilha orçamentária, Cronograma físico-financeiro, Composições de Custos, Cálculo do BDI. Anotação de Responsabilidade Técnica.

ANEXO 3

Projeto Geométrico Executivo