
CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS DE CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS TÉCNICOS, RELATÓRIOS, MODELAGENS E PROJETOS NECESSÁRIOS A IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, GERENCIAMENTO E ASSESSORAMENTO TÉCNICO AOS PROGRAMAS E PROJETOS DA COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE MARICÁ S.A – CODEMAR

Contrato nº 20/2022

NSACOD-PE-RL-HIL-0001

ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Abril/2023

Rev. 0

**ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS
EXECUTIVOS DE 04 (QUATRO) HANGARES,
TAXIWAYS, PÁTIOS DE AERONAVES E
RECUPERAÇÃO DA PISTA DE POUSO E
DECOLAGEM - PPD**

Contrato nº 20/2022

ORDEM DE SERVIÇO - 003

NSACOD-PE-RL-HIL-0001	SV	RPC	TCAF	ABR/23	00
<i>Número do Doc.</i>	<i>Elaboração</i>	<i>Verificação</i>	<i>Aprovação</i>	<i>Data</i>	<i>Revisão</i>

SUMÁRIO

1. OBJETIVO.....	4
2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO	4
3. SISTEMA LAGUNAS MARICÁ-GUARAPINA	4
4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	6
4.1. Coleta de Dados.....	6
4.2. Dados Hidrometereológicos	6
4.3. Caracterização Física.....	10
4.4. Caracterização Climática.....	12
4.5. Hidrografia.....	14
4.6. Equação de Chuva	15
5. Metodologia.....	18
5.1. Metodologia de Cálculo	18
5.2. Método Racional	18
5.2. Método do Hidrograma Unitário (Soil Conservation Service)	20
5.3. Tempo de Recorrência	25
5.4. Tempo de Concentração	25
6. RESULTADOS OBTIDOS NOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS	26
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. OBJETIVO

O presente documento tem por objetivo apresentar os estudos hidrológicos da área de influência de projeto de ampliação do pátio de aeronaves para Aeródromo de Maricá, no município de Maricá, Rio de Janeiro, caracterizando o regime pluviométrico, definir vazões de contribuição a fim de subsidiar os dimensionamentos hidráulicos necessários.

2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO

O Aeródromo de Maricá dista, aproximadamente, um quilômetro do centro do município de Maricá, e cerca de 40 quilômetros da cidade do Rio de Janeiro, capital do Estado do Rio de Janeiro.

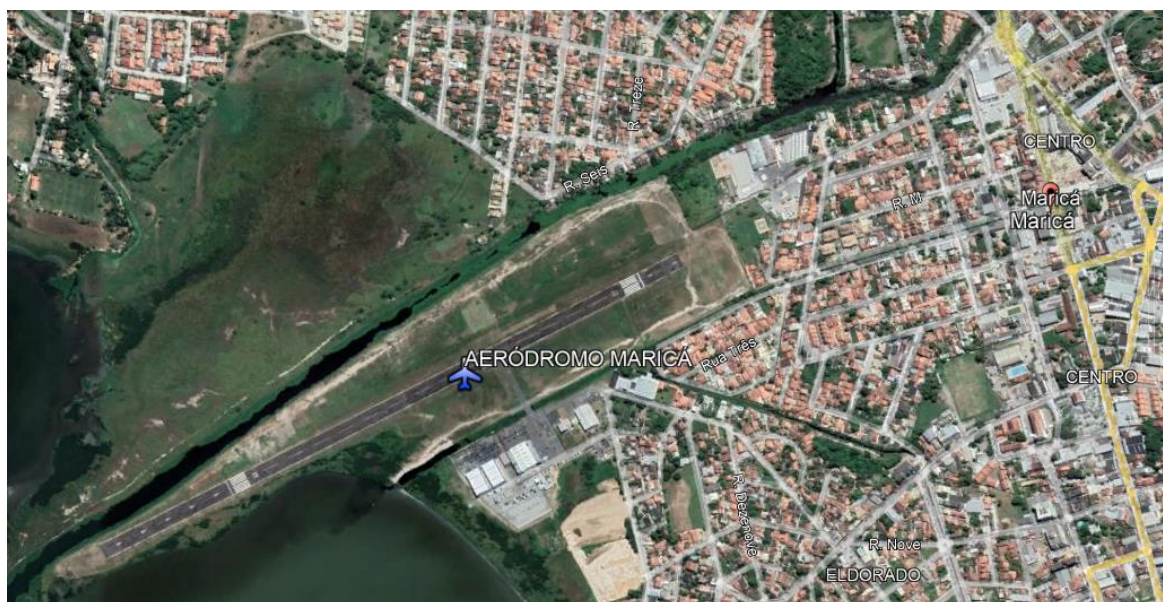


Figura 1 – Localização do Aeródromo de Maricá

Fonte: Google Earth

3. SISTEMA LAGUNAS MARICÁ-GUARAPINA

O Aeródromo de Maricá está situado próximo à Lagoa de Maricá, que compõe o Sistema Lagunas Maricá-Guarapina (SLMG), complexo composto por quatro lagunas (Lagoa de Maricá, Lagoa da Barra, Lagoa do Padre e Lagoa de Guarapina) interligadas por canais, e possui uma única ligação com o mar através do Canal de Ponta Negra. O sistema possui área total de 34 km², sendo que a Lagoa de Maricá possui 18 km², com profundidade média de 1 m.

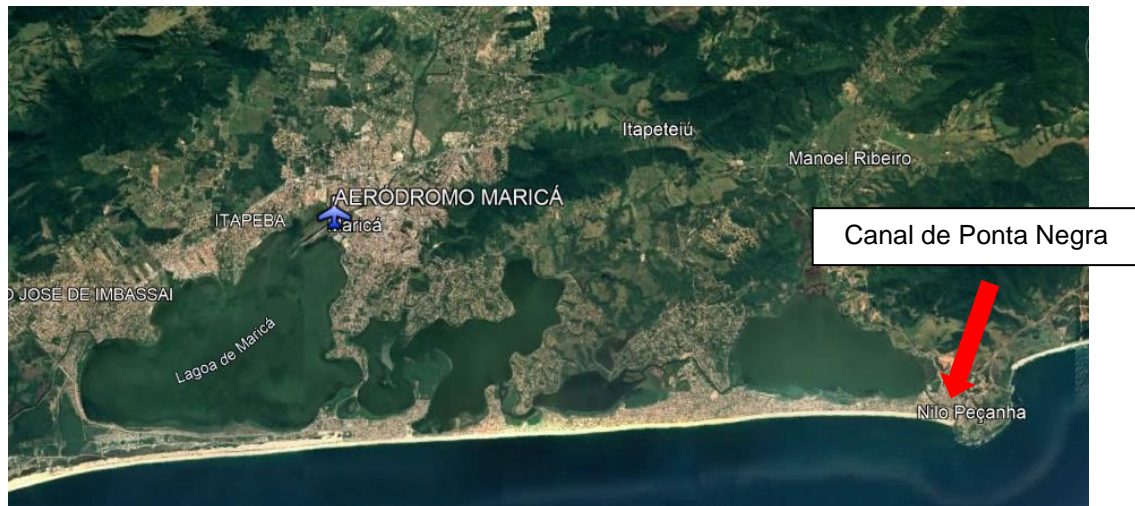


Figura 2 – Imagem aérea do Sistema de Lagunas Maricá-Guarapina

Fonte: Google Earth

De acordo com especialistas, alterações no uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica e o crescimento urbano no entorno das lagoas nas últimas décadas, proporcionou o assoreamento e eutrofização dos corpos d'água, devido ao aumento do aporte de sedimentos e nutrientes do sistema.

O Sistema Lagunas Maricá-Guarapina não apresenta influência significativa das marés meteorológicas, apresentando 94% de amplitude de maré amortizada e filtrada ao longo do Canal de Ponta Negra, resultando em amplitudes menores que 0,03 m no complexo. Além disso, o sistema apresenta precipitação e evaporação médias de 1,3 m/m²/ano e vazão total afluyente por volta de 2 m³/s.

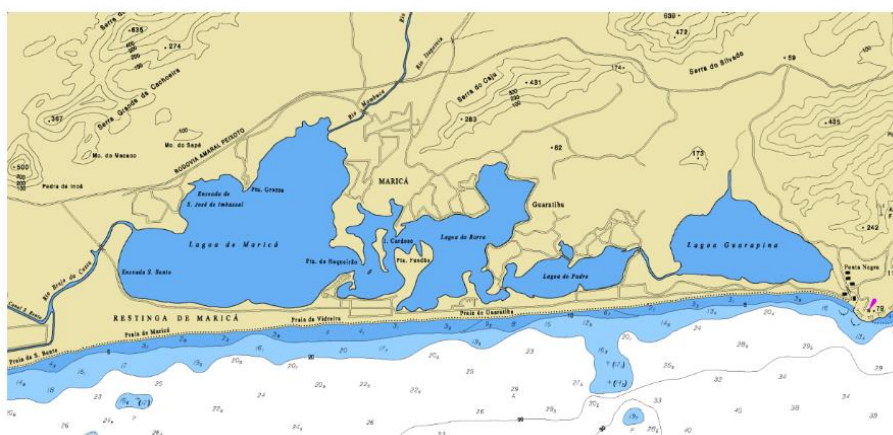


Figura 3 - Recorte da Carta Náutica do Sistema Lagunar de Maricá

Fonte: Marinha do Brasil

4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

4.1. Coleta de Dados

A seguir, estão apresentados os dados necessários para a execução dos estudos hidrológicos e caracterização geomorfológica da região de projeto, de forma a subsidiar o mesmo.

- Dados pluviométricos e fluviométrico: Estações da Agência Nacional de Águas – ANA;
- Imagens de satélite: Google Earth;
- Curvas de nível: SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);
- Cartas topográficas;
- Classificação Climática, de Köppen;
- Mapa de Solos do Brasil: Emprapa;

4.2. Dados Hidrometeorológicos

Os dados hidrometeorológicos de interesse foram obtidos através do banco de dados de séries históricas “Hidroweb”, da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Com os dados de valores mensais de precipitação das séries históricas coletadas, foram calculadas as médias mensais considerando os valores consistidos e brutos do banco de dados.

Dentre os vários postos pluviométricos existentes na região em estudo, foi selecionado o que apresentava um maior histórico de registros de chuvas por município e maior proximidade do trecho. A Figura 4 apresenta a localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo da comparação entre os pluviogramas médios mensais da cidade de Maricá.

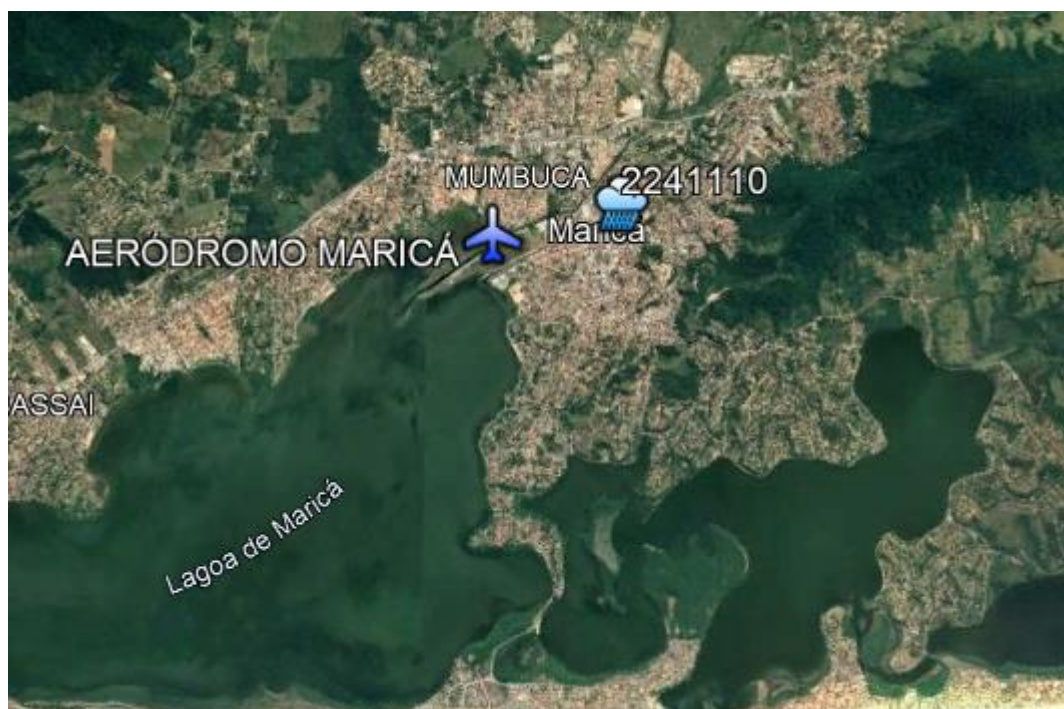


Figura 4 – Postos Pluviométricos

Fonte: Google Earth

Convém lembrar, ainda, que os meses de novembro a março apresentam os maiores valores médios de precipitação enquanto os meses de abril a outubro têm os menores índices de pluviosidade. Logo se conclui que no período úmido, onde os índices pluviométricos são altos, não é recomendável a realização de serviços de campo, pois as médias mensais podem atingir até 78 mm.

Posto Maricá**Tabela 1 – Dados Pluviométricos – Maricá**

Dados Pluviométricos	
Prefixo:	2241110
Nome do Posto:	Maricá
Município:	Maricá
Bacia:	Atlântico, Trecho Leste
Altitude (m):	4
Latitude:	-22.9167
Longitude:	-42.8167

A seguir é apresentado o histograma representativo das médias mensais de precipitação das séries históricas obtidas.

DADOS PLUVIOMÉTRICO - MARICÁ

Código: 2241110

Nome: Maricá

Município: Maricá

Bacia: 5 - Atlântico, Trecho Leste

SubBacia: 59 - Rios Macaé, São João e Outros

Responsável: INMET

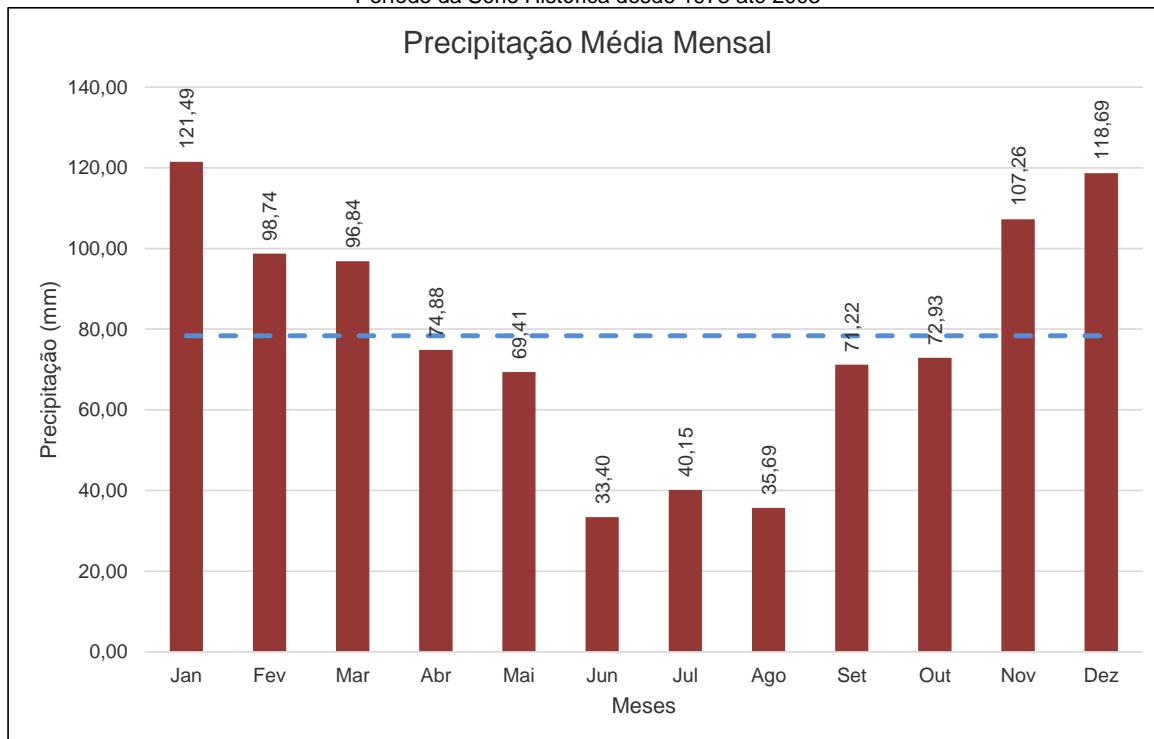
Operador: INMET

Latitude: -22.9167

Longitude: -42.8167

Altitude: 4

Período da Série Histórica desde 1973 até 2003



Precipitação Média Mensal = 78 mm
Precipitação Média Anual = 941 mm

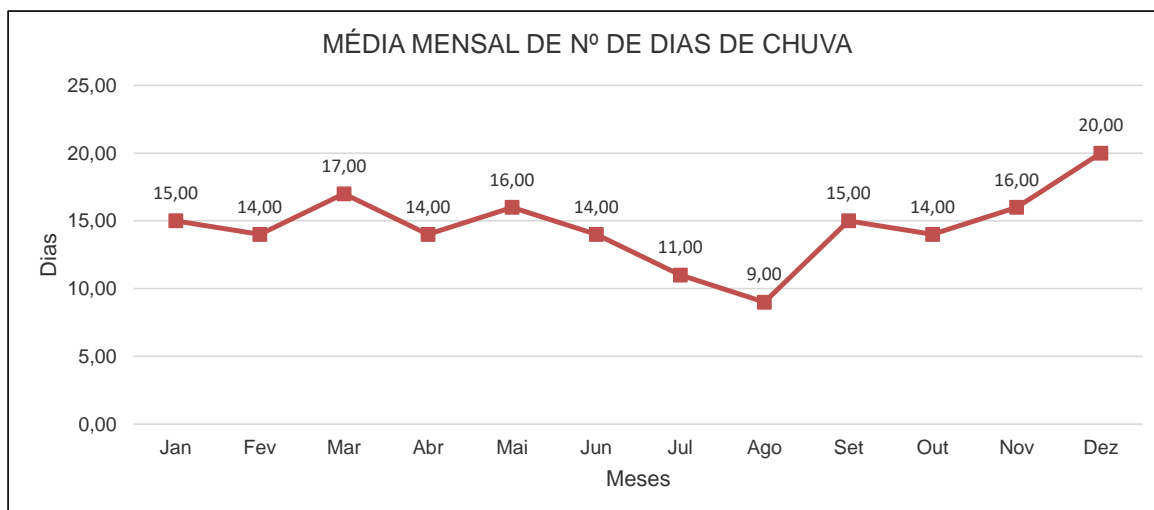


Figura 5 – Precipitação Média Mensal de 1973 a 2003 – Maricá

Fonte: o autor.

4.3. Caracterização Física

Os tipos de solos do Brasil estão apresentados na Figura 6 e o solo da região de Maricá, bem como a região de projeto, apresenta tipo de solo PVAd14, constituídos por materiais Argilosos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Amarelos Distróficos e Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos.

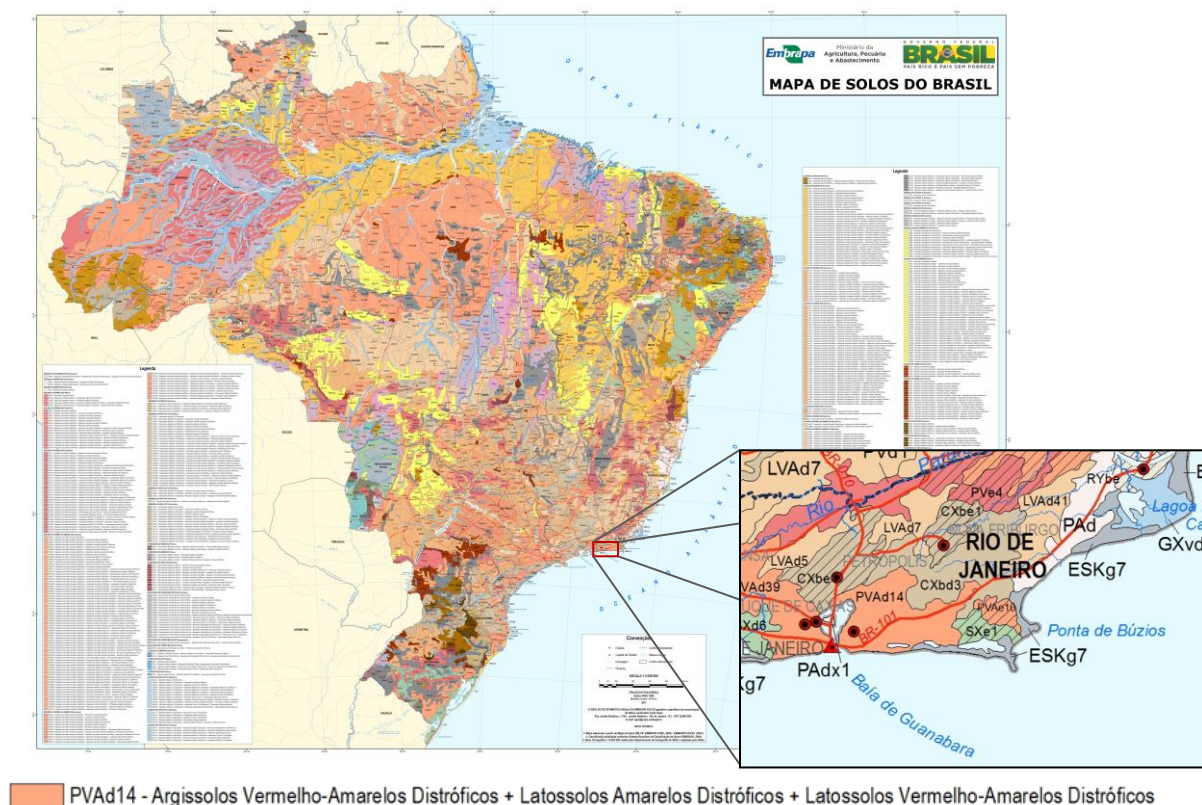


Figura 6 – Mapa de Solos do Brasil.

Fonte: Embrapa.

A Tabela 02 apresenta uma proposta para enquadramento das classes gerais de solos registradas no Mapa de Solos do Brasil em relação ao número de curva (CN), apresentado na Tabela 03.

Tabela 2 – Enquadramento das Classes Gerais de Solo nos Grupos Hidrológicos de Solo

Grupo Hidrológico do Solo	Classes gerais de solo
A	<ul style="list-style-type: none"> ✓ LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; ✓ LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso;
B	<ul style="list-style-type: none"> ✓ LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; ✓ LATOSSOLO BRUNO; ✓ NITOSSOLO VERMELHO; ✓ NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ✓ ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
C	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ARGISSOLOS pouco profundos, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; ✓ CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICHO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ✓ ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; ✓ NEOSSOLO FLÚVICO.
D	<ul style="list-style-type: none"> ✓ NEOSSOLO LITÓLICO; ✓ ORGANOSSOLO; ✓ GLEISSOLO; ✓ CHERNOSSOLO; ✓ PLANOSSOLO; ✓ VERTISSOLO; ✓ ALISSOLO; ✓ LUVISSOLO; ✓ PLINTOSSOLO; ✓ SOLOS DE MANGUE; ✓ AFLORAMENTOS DE ROCHA; ✓ Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ✓ ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

4.4. Caracterização Climática

Pela classificação internacional de Köppen, 1918, a classificação do local de projeto é do tipo Aw, de clima tropical quente, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C.

A Figura 8, apresenta a classificação de Köppen para o estado do Rio de Janeiro e para a região de interesse.


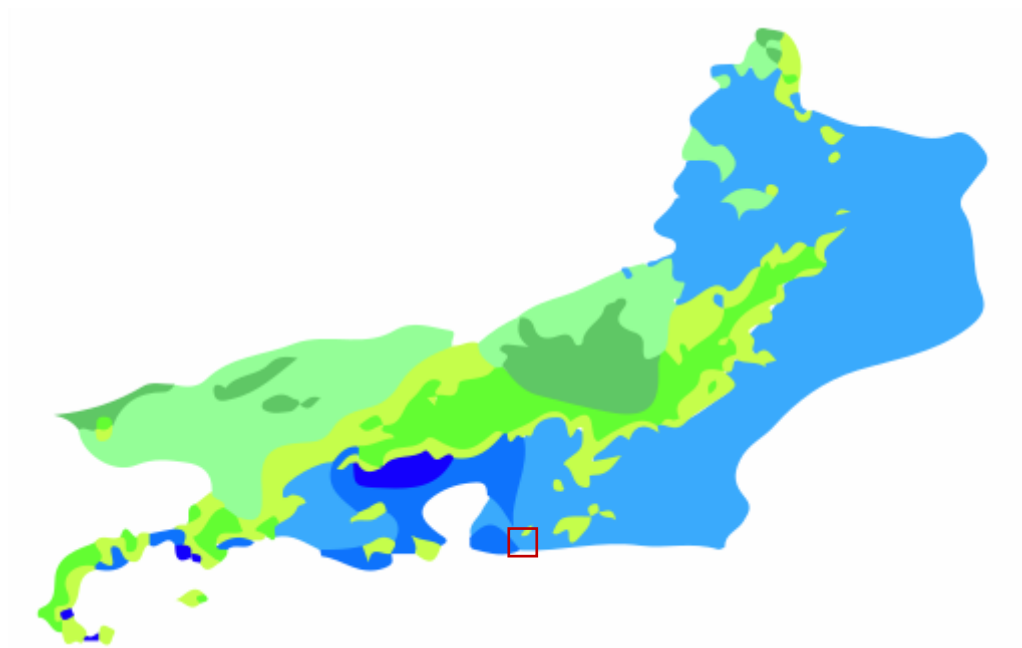
TIPOS CLIMÁTICOS		CARACTERÍSTICAS
CLIMA TROPICAL CHUVOSO DE FLORESTA	Af	Tropical chuvoso de floresta sem estação seca; pluviosidade média mensal superior a 60mm e anual superior a 1500mm; temperatura do mês mais frio acima de 18°C; verões longos e quentes com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.
	Af'	Tropical chuvoso de floresta sem estação seca; pluviosidade média mensal superior a 60mm e anual inferior a 1500mm; temperatura do mês mais frio acima de 18°C; verões longos e quentes com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.
	Am	Tropical chuvoso de floresta, com 1 a 3 meses secos.
	Am'	Tropical chuvoso de floresta, com 1 a 3 meses secos, caracterizando-se por dois períodos de chuva: um de verão e outro de inverno.
	Aw	Tropical subúmido com chuvas de verão; período seco bem definido no inverno e vegetação predominante de cerrado.
	Aw'	Tropical subúmido; chuvas de verão e seca no inverno, vegetação de caatinga e/ou floresta estacional e/ou tensão ecológica.
	As	Tropical chuvoso de floresta com curto período seco no verão.
CLIMA SECO	BSwh	Clima quente de caatinga; chuvas de verão e período seco bem definido de inverno; temperatura média superior a 18°C; ausência de excedente hídrico.
	BSh	Clima quente de caatinga; sem estação definida; temperatura média superior a 18°C; ausência de excedente hídrico.
	* BWh	Clima árido de caatinga com precipitação anual inferior a 500mm.
CLIMA TROPICAL DE ALTITUDE	Cwa	Clima tropical de altitude; chuvas de verão e seca de inverno; temperatura do mês mais frio >18°C e a do mês mais quente >22°C; Altitude >1000m e <1200m.
	Cwb	Clima tropical de altitude; chuvas de verão e seca de inverno; temperatura do mês mais frio <18°C e a do mês mais quente <22°C; Altitude >1200m.
		Limite entre o clima seco e o clima úmido. * A tipologia climática de Köppen revelou o tipo climático desértico (BWh). Entretanto, optou-se pela terminologia árido, em decorrência do conhecimento da realidade da área.

Figura 7 - Classificação Climática de Köppen



Tipos climáticos de Köppen

Af – Tropical equatorial	Cfb – Subtropical oceânico
Am – Tropical de monção	Cwa – Subtropical úmido de inverno seco
Aw – Tropical de savana	Cwb – Subtropical de altitude
Cfa – Subtropical úmido	

Fonte: Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22(6), 711-728. Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J., & Spurovek, G. (2013)

Figura 8 – Classificação Climática para o Estado do Rio de Janeiro, segundo Köppen.

Fonte: Köppen's Climate Classification Map for Brazil.

4.5. Hidrografia

A região do estudo está inserida na região da bacia hidrográfica do Rio Atlântico Sudeste, conforme 7.



Figura 9 – Bacias Hidrográficas do Brasil.

Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico)

4.6. Equação de Chuva

Os estudos pluviométricos devem subsidiar os dados de chuvas a fim de se obter as informações de escoamento superficial para posterior dimensionamento dos dispositivos pertinentes à composição de projeto, a partir das curvas de intensidade-duração-frequência (curvas IDF), que permitem calcular a intensidade de uma precipitação em função da duração e da frequência que a mesma ocorre.

O Software PLUVIO 2.1 foi desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA-UFV). Todos os estados brasileiros fazem parte.

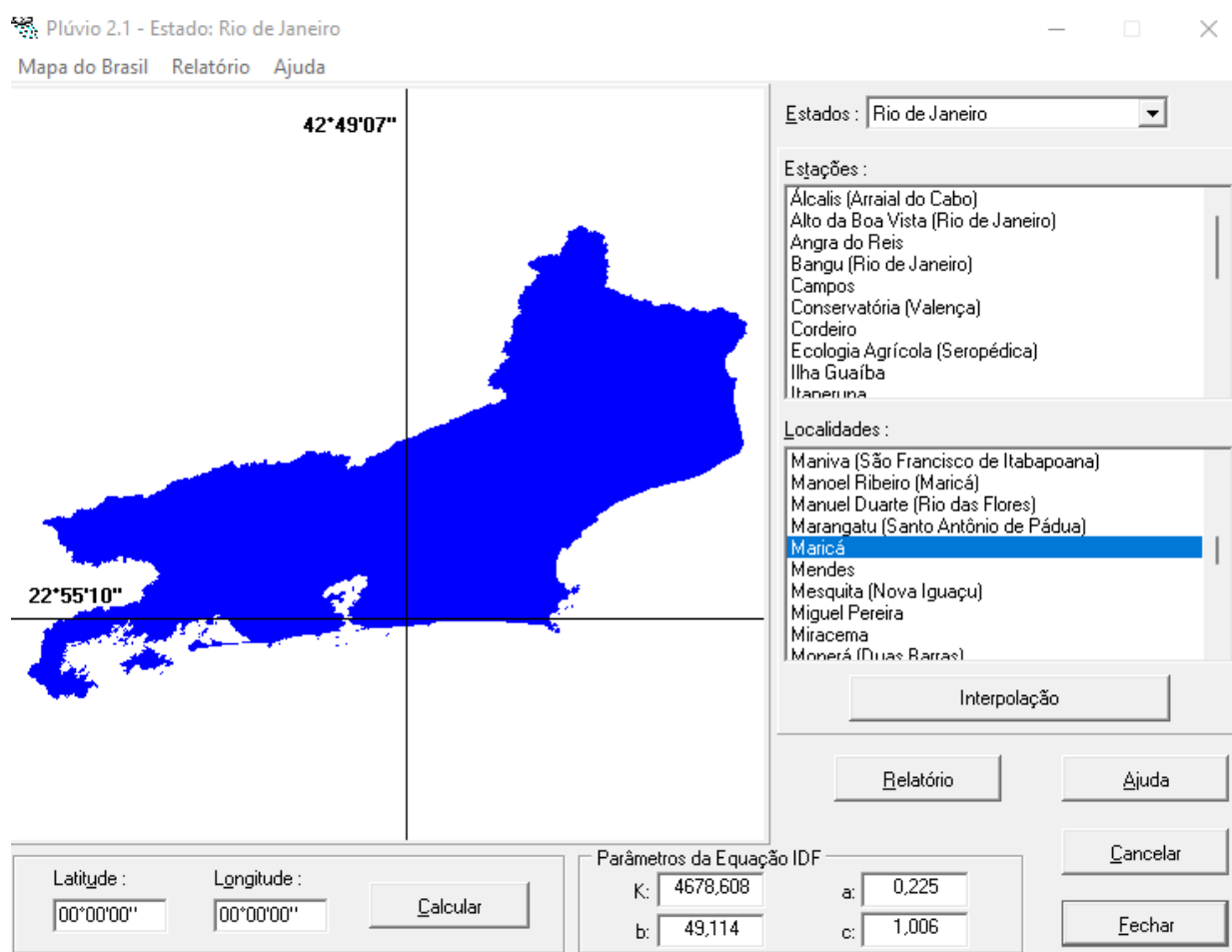


Figura 10 – Parâmetros da Equação Intensidade Duração Frequência para Irecê

Fonte de Dados: Pluvio 2.1.

A Equação está apresentada abaixo:

$$i = \frac{4678,608 \times T^{0,225}}{(49,114 + t)^{1,006}}$$

Onde:

i = intensidade pluviométrica máxima, em mm por hora;

T = período de recorrência, em anos;

t = duração da precipitação pluviométrica, em minutos.

No quadro a seguir estão apresentados os valores obtidos a partir das equações analisadas para chuvas intensas, com durações entre 5 e 1.440 minutos, e períodos de retorno de 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

Tabela 2 - Tabelas de intensidade de chuva.

Duração t (min)	Períodos de Retorno T (anos)			
	10	25	50	100
5	141,7	174,2	203,6	237,9
10	129,7	159,3	186,2	217,7
20	110,8	136,2	159,1	186,0
30	96,7	118,9	138,9	162,4
60	70,0	86,0	100,5	117,5
120	45,0	55,3	64,7	75,6
180	33,2	40,8	47,7	55,7
360	18,5	22,8	26,6	31,1
720	9,8	12,1	14,1	16,5
1080	6,7	8,2	9,6	11,2
1440	5,0	6,2	7,3	8,5

Fonte: o autor.

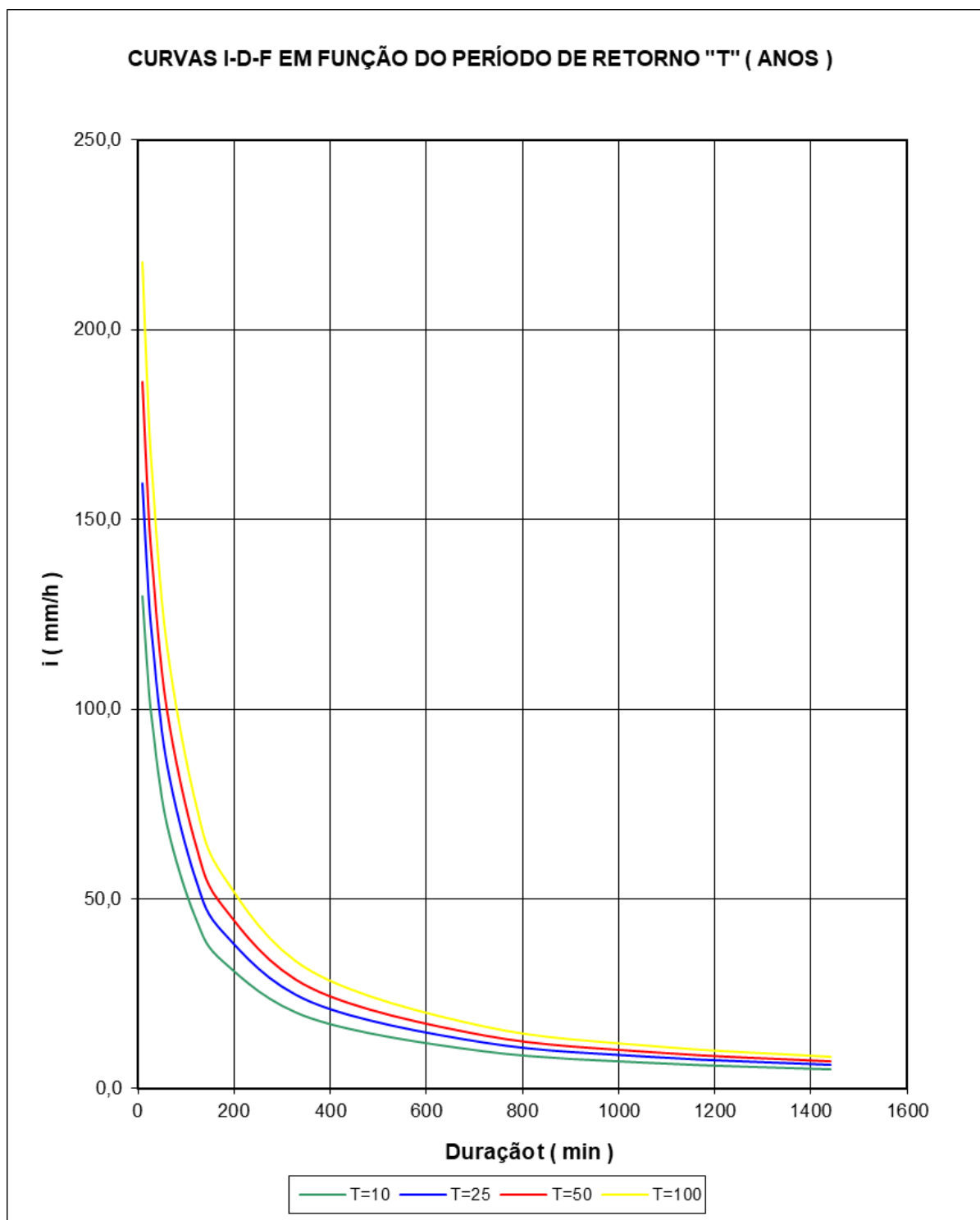


Figura 11 – Curva IDF em função do período T (anos).

Fonte: o autor.

5. Metodologia

A vazão de projeto são as vazões obtidas necessárias para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem e dependem do fim a que se destinam, variando de acordo com o seguinte critério:

- Vazões para obras de arte especial;
- Vazões para obras de arte corrente;
- Vazões para dispositivos de drenagem superficial.

5.1. Metodologia de Cálculo

As vazões de projeto são calculadas a partir de métodos indiretos (empíricos) baseados em equações de chuvas intensas representativas da região.

A Tabela 3 indica os métodos indiretos recomendados em função das dimensões da área de drenagem da bacia contribuinte.

Tabela 3 – Métodos Empíricos

MÉTODO	ÁREA DE DRENAGEM (km²)
<i>Racional</i>	Inferior ou a 4,00
<i>Racional Corrigido</i>	Entre 4,00 e 10,00
<i>Hidrograma Unitário do U.S. Conservation Service</i>	Superior a 10,00

Fonte: DNIT

5.2. Método Racional

No Método Racional, as vazões de contribuição são obtidas através da seguinte expressão (DNIT, 2005):

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

Onde:

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente de deflúvio (adimensional);

i = intensidade da chuva definida (mm/h);

A = área da bacia hidrográfica (km²).

A intensidade de precipitação será calculada a partir da equação de chuvas intensas para o município de Maricá.

Os resultados dos cálculos das vazões serão apresentados em quadro resumo contendo todos os parâmetros utilizados para sua realização.

5.3. Método do Hidrograma Unitário (Soil Conservation Service)

Este método baseia-se em um hidrograma adimensional, para construção de um hidrograma unitário sintético.

Parâmetros do Hidrograma Unitário

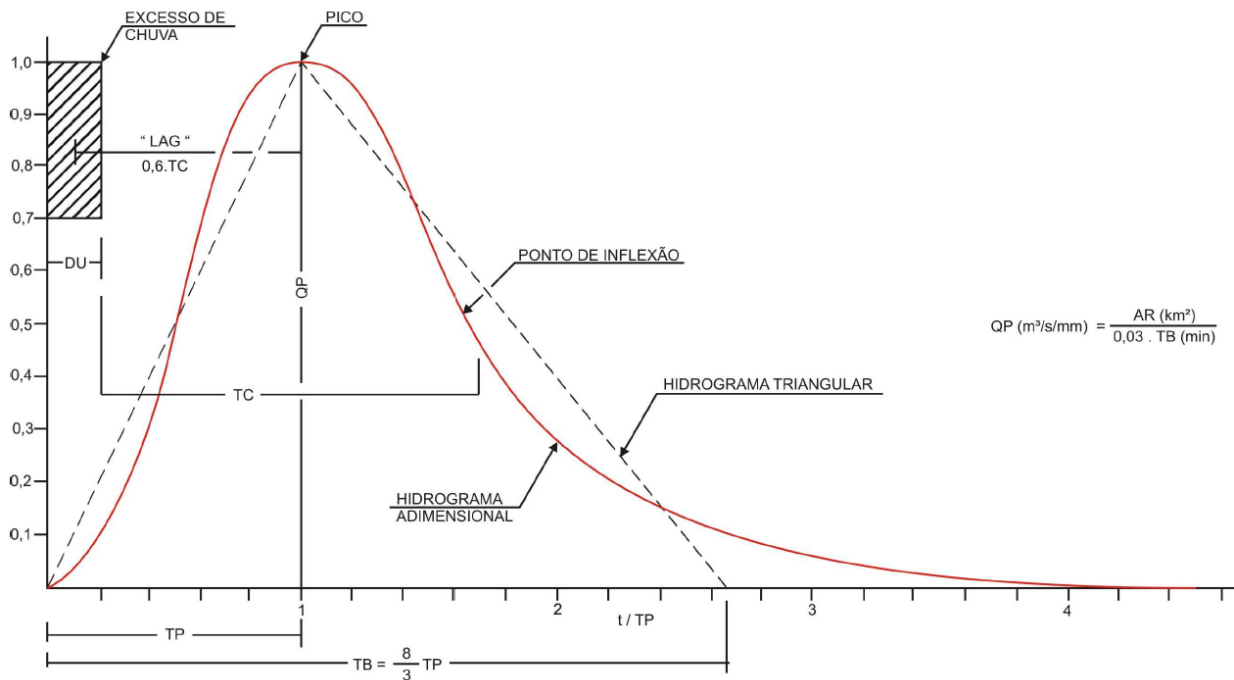


Figura 12 – Hidrograma unitário adimensional e triangular

Fonte: DNIT, 2005

$$q_p = \frac{2,08 \cdot A}{t_p}$$

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + 0,6 \cdot t_c$$

Sendo:

q_p = vazão máxima do Hidrograma Unitário (m³/s);

A = área da bacia contribuinte (km²);

t_p = tempo de pico (horas);

t_c = tempo de concentração (horas);

$\Delta t = t_c / K$ = tempo unitário (horas);

$t_b = (8/3) \cdot t_p$ = tempo base (horas).

Precipitação efetiva

A avaliação da precipitação efetiva (P_e), a partir da precipitação total (P), de acordo com o método proposto pelo *U.S. Soil Conservation Service*, é feita em função das características do solo, vegetação e utilização das áreas das bacias hidrológicas, escolhendo um número de curva (N) que as caracterize.

Para a determinação do número de curva (N), foi seguido o procedimento recomendado na publicação Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem – IPR 715 (DNIT, 2005).

A condição antecedente de saturação do solo será aquela em que os solos normalmente se encontram na estação úmida do ano.

No quadro a seguir são apresentados os valores de N utilizados quando da aplicação do Método do Hidrograma Unitário, empregado na determinação das vazões de projeto para as bacias estudadas, conforme metodologia do *U.S. Soil Conservation Service*.

Tabela 3 - Número de Curva (N) para diferentes condições do complexo hidrológico

SOLO - COBERTURA VEGETAL PARA CONDIÇÃO DE UMIDADE ANTECEDENTE II (MÉDIA) E $I_a = 0,2.S$					
COBERTURA VEGETAL	CONDIÇÃO DE RETENÇÃO SUPERFICIAL	GRUPO HIDROLÓGICO			
		A	B	C	D
<i>Terreno não cultivado com pouca vegetação</i>	Pobre	77	86	91	94
<i>Terreno cultivado</i>	Pobre	72	81	88	91
	Boa	51	67	76	80
<i>Pasto</i>	Pobre	68	79	86	89
	Boa	39	61	74	80
<i>Mata ou Bosque</i>	Pobre	45	66	77	83
	Boa	25	55	70	77
<i>Área Urbana</i>	Pobre	74	80	87	90
	Boa	70	76	83	86

Observações:

- ✓ **Grupo A:** Potencialidade mínima para formação de deflúvio superficial. Inclui areias em camadas espessas com muito pouco silte e argila e também loess profundo muito permeável.
- ✓ **Grupo B:** Principalmente solos arenosos menos espessos que no grupo A e loess menos profundo ou menos agregado que no grupo A, porém apresentam infiltração acima da média, após intenso umedecimento prévio.
- ✓ **Grupo C:** Compreende solos pouco profundos e solos contendo bastante argila e coloides, no entanto, menos que no grupo D. O grupo apresenta infiltração abaixo da média, após pré-saturação.
- ✓ **Grupo D:** Potencial máximo para formação do deflúvio superficial. O grupo inclui em sua maioria, argilas de alto valor de expansão, incluindo também alguns solos pouco profundos, com sub-horizontes quase impermeáveis, próximos da superfície. Qualquer tipo de solo em terreno plano, com fraca rede de drenagem, acaba enquadrando-se nesse grupo, após um período prolongado de chuvas que eleva o nível do lençol freático para a superfície.
- ✓ Um fator que influi na classificação do quadro precedente é a condição de retenção superficial, representando a capacidade do solo armazenar temporariamente que essa água tenha oportunidade de se infiltrar para camadas mais profundas do solo ou se evaporar.
- ✓ Em áreas urbanas, a condição de retenção superficial pobre corresponde à ocupação densa, com 50 a 75% de superfícies impermeáveis. A boa condição de retenção corresponde a uma ocupação de baixa densidade, com 15 a 18% de superfícies impermeáveis.
- ✓ Em terreno cultivado, essa retenção superficial é influenciada pelo tipo de tratamento agrícola, como sulcos de arado que podem ser mais ou menos profundos, paralelos ou não às curvas de nível, e degradados ou não pela erosão da chuva e do vento. Em terrenos não cultivados, a retenção superficial é influenciada pela quantidade de detritos vegetais, como folhas e galhos depositados sobre o solo, e o grau de decomposição desse material.

Para o cálculo da precipitação efetiva, as seguintes relações são utilizadas:

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

$$P_e = \frac{(P' - 0,2.S)^2}{(P' + 0,8.S)}$$

Onde:

N = Número da curva representativa do complexo solo-vegetação-utilização da área;

S = Variável dependente da retenção e infiltração da bacia;

P_e = Precipitação efetiva, em polegadas;

P' = Precipitação total, em polegadas.

A precipitação total é retirada das relações de altura-duração-recorrência, para períodos de tempo unitário (Δt). Quando a área da bacia hidrográfica for maior que 25 km², a precipitação deverá ser corrigida, utilizando-se a seguinte expressão:

$$P' = P \cdot \left(1 - 0,10 \cdot \log A/25\right)$$

Onde:

P' = precipitação total corrigida, em centímetros;

P = precipitação total real, em centímetros;

A = área da bacia hidrográfica, em quilômetros quadrados.

Cálculo das Ordenadas do Hidrograma (Q_i)

Para o cálculo das ordenadas do Hidrograma Unitário, procede-se da seguinte forma:

Para $t_i \leq t_p$, emprega-se a equação:

$$q_i = \frac{q_p \cdot t_i}{t_p}$$

E, para $t_i > t_p$, emprega-se a equação:

$$q_i = q_p \cdot \frac{t_b - t_i}{t_r}$$

Onde t_i = duração da precipitação.

Hidrograma de Projeto

Conhecidas as precipitações efetivas para cada duração, procede-se ao cálculo das vazões de projeto através da “Álgebra dos Hidrogramas”, ou seja, multiplicando-se as precipitações efetivas pelas ordenadas do Hidrograma Unitário, retiradas a intervalos de tempo iguais ao intervalo unitário considerado.

Os valores das descargas do hidrograma de projeto serão dados por:

$$Q_i = P_{e1} \cdot q_i + P_{e2} \cdot q_{i-1} + P_{e3} \cdot q_{i-2} + \dots + P_{en} \cdot q_{i-(n-1)}$$

5.4. Coeficiente de Deflúvio

Conforme a IS-203 DNIT (2006), os coeficientes de escoamento de deflúvio serão fixados após análise da utilização das áreas de montante, particularmente nos casos de modificação violenta da permeabilidade das bacias.

De acordo com o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem DNIT (2005), para adotar o coeficiente de escoamento superficial será utilizado a tabela a seguir.

Tabela 4 – Valores de C

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Fonte: DNIT

5.5. Tempo de Recorrência

De acordo com as instruções da IS-203 DNIT (2006), deverão ser adotados os seguintes períodos de recorrência, em correspondência aos diversos tipos de obra:

- Obras de Drenagem Superficial: TR = 10 anos;
- Drenagem Profunda: TR = 10 anos;
- Transposição de Talvegues - Bueiros: TR = 50 anos;
- Transposição de talvegues – Pontes maior vão até 50 metros: TR = 100 anos;
- Transposição de talvegues – Pontes maior vão superior a 50 metros: TR = 200 anos.

5.6. Tempo de Concentração

Conforme cita a IS-203 DNIT (2006), o tempo de concentração das bacias deverá ser avaliado por metodologia e modelos usuais, e que apresentem resultados compatíveis e que considerem:

- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Área da bacia;
- Recobrimento vegetal;
- Uso da terra;
- Outros.

Ainda segundo a IS-203 DNIT (2006), para as obras de drenagem superficial, envolvendo bacias de reduzidas dimensões, será adotado o tempo de concentração igual a 10 minutos.

Para o cálculo do tempo de concentração, será utilizada a fórmula de Kirpich, conforme Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem DNIT (2005), a qual considera a relação entre o comprimento do talvegue e o diferencial altimétrico da bacia de drenagem, conforme apresentado a seguir:

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

Onde:

t_c = tempo de concentração (h);

L = comprimento do talvegue (km);

H = desnível máximo (m).

O tempo de concentração mínimo a ser adotado são os seguintes:

- Bueiros de talvegue: 10 minutos;
- Valetas de proteção: 5 ou 10 minutos em função da área externa;
- Valetas e sarjetas de plataforma e valetas de banquetas: 5 minutos.

6. RESULTADOS OBTIDOS NOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS

No presente projeto, não ocorrem travessias passíveis de modificações como pode ser visto no desenho NSACOD-PE-DE-DRE-0001. Sendo assim, estes estudos hidrológicos tiveram como objetivo dar subsídios para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). Instrução de Serviço - IS-203: Estudos Hidrológicos. DNIT, 2006.
- DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem. DNIT, 2005.
- GUIMARÃES, Felipe Bevilaqua *et al.* **Projeto Baías do Brasil: Sistema Laguna Maricá-Guarapina** - RJ. Rio de Janeiro: Coppe Ufrj, 2019. Disponível em: http://www.baiasdobrasil.coppe.ufrj.br/assets/relatorios/rel_sistema_lagunar_marica_guarapina.html. Acesso em: 20 out. 2022.