	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 1 de 19


TÍTULO

INSTRUÇÃO DE PROJETO RODOVIÁRIO

IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos


SERVIÇOS RELACIONADOS

Definição e descrição dos serviços relacionados aos estudos hidrológicos necessários para a elaboração dos Projetos Rodoviários de Implantação e Restauração no âmbito da GOINFRA; Definição dos métodos e critérios de cálculo e apresentação dos serviços.

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 2 de 19

SUMÁRIO

1 – OBJETIVO	3
2 – REFERÊNCIA NORMATIVA	3
3 – DEFINIÇÕES	3
4 – FASE DE ESTUDOS PRELIMINARES	3
4.1 – Dados Hidrológicos da Pluviometria	4
4.2 – Dados Hidrológicos da Fluviometria	5
5 – FASE DE PROJETO	6
5.1 – Processamento dos Dados Pluviométricos	6
5.2 – Processamento dos Dados Fluviométricos	6
5.3 – Análise dos Dados Processados	6
5.3.1 – Período de Recorrência	6
5.3.2 – Tempo de Concentração	7
5.3.3 – Coeficiente de Deflúvio ou Escoamento Superficial (run-off)	8
5.4 – Determinação das Descargas das Bacias	9
6 – APRESENTAÇÃO	15
6.1 – Fase de Estudos Preliminares	15
6.2 – Fase de Projeto	15

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 3 de 19

1. OBJETIVO

Definir e especificar os serviços constantes do Estudo Hidrológico, nos Projetos de Engenharia Rodoviária da GOINFRA, estabelecendo as metodologias, procedimentos e formas de apresentação a serem seguidos, para a fase dos estudos Preliminares e de projeto. Estes estudos visam fornecer os subsídios necessários para o planejamento da obra e determinação das vazões de projeto a serem utilizadas para o dimensionamento dos dispositivos hidráulicos.

2. REFERÊNCIA NORMATIVA

Departamento de Estradas de Rodagem de Goiás – **DERGO – IS-04 Hidrologia**;


Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT – Diretrizes Básicas de Projetos Rodoviários – 2006**;

Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo – **DER-SP – IP – DE – H00/001 – 2005**.

3. DEFINIÇÕES

Para efeitos desta instrução de projeto são adotadas as definições a seguir:

- a) **Fitopedologia:** é o estudo da relação de uma espécie de planta e as características físicas e químicas do solo.
- b) **Levantamentos Fitopedológicos:** são levantamentos do perfil do solo no seu meio ambiente natural e suas condições para o desenvolvimento de plantas.
- c) **Levantamentos Radamétricos:** são levantamento dos recursos naturais de uma vasta região utilizando imagens de radar.
- d) **Hipsometria:** é a representação altimétrica do relevo de uma região no mapa, pelo uso de cores convencionais, que possuem equivalência com a cota do terreno.
- e) **Orografia:** é o segmento de geografia física que estuda as nuances do relevo de uma região e à descrição de montanhas.

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 4 de 19

4. FASE DE ESTUDOS PRELIMINARES

A Fase Preliminar tem como principal finalidade, informar a equipe de Projeto/Fiscalização sobre o vulto das obras de arte especiais em cada alternativa do projeto proposto, pois estes dados poderão ser determinantes na escolha do traçado da rodovia. Os estudos deverão ser desenvolvidos e elaborados por profissionais qualificados, responsáveis pela veracidade dos estudos e dados gerados.


Durante essa fase, ao mesmo tempo em que se faz a avaliação do vulto das obras de arte especiais, deverão ser feitas coletas dos seguintes dados:

- a) Coleta de dados hidrológicos junto aos órgãos oficiais e estudos existentes, que possibilite a caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica e geomorfológica da região, e mais especificamente, da área em que se localiza o trecho em estudo;
- b) Coleta de elementos que permitam a definição das dimensões e demais características físicas das bacias de contribuição (forma, declividade, tipo de solo, recobrimento vegetal) tais como: levantamentos aerofotogramétricos, imagens do sensoriamento remoto, plantas topográficas, cartas geográficas, cartas hipsométricas, levantamentos radamétricos, levantamentos fitopedológicos, e/ou outras cartas disponíveis. O estudo deve apresentar a relação de plantas, cartas e mapas utilizados, com a indicação de suas características como tipo, escala, data do levantamento e entidade executante;
- c) Coleta de elementos que permita a identificação das modificações futuras que ocorrerão nas bacias tais como projetos, planos diretores e tendências de ocupação.

4.1 - Dados hidrológicos da pluviometria

Na coleta dos dados hidrológicos para determinação da contribuição pluviométrica, nas redes hidrográficas que interceptam o eixo estradal, deverá ser seguida a seguinte sistemática:

- a) Apresentação de mapas em escala conveniente, destacando a rede hidrográfica principal comprometida pelo projeto e a localização do trecho em estudo. O mapa de bacias deverá ser numerado de forma a ser associada uma única bacia para cada Obra-de-Arte projetada;
- b) Coleta dos dados de chuvas dos postos localizados na área e apresentados em mapa com indicação da entidade responsável pela coleta e os respectivos períodos de observação.


	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 5 de 19

- c) Escolha criteriosa do posto que caracteriza o regime pluviométrico do trecho, justificando o aspecto hidrológico. Na ausência absoluta de posto na região, indicação precisa das fontes que forneceram os dados pluviométricos, os mapas isoietas, atlas meteorológico e equações pluviométricas com os respectivos autores;
- d) Cálculo dos seguintes elementos: média anual de chuvas da região; média mensal; total anual; alturas máximas e mínimas; precipitação total; precipitação máxima em 24 horas.
- e) Cadastro das obras existentes do trecho em estudo com indicação do tipo, comprimento, largura e altura e comprovar, após análises hidrológicas e geométricas quais podem ser aproveitadas. Deve-se catalogar também as principais obras hidráulicas existentes ou projetadas que possam influir nos estudos hidrológicos, como: barragens a montante da rodovia que possam provocar amortecimento de cheias, barragens e reservatórios a jusante que possam causar remanso hidráulico, canalizações, dragagens, dentre outros. Essas obras devem ser analisadas e incorporadas aos estudos.
- f) Para caracterização das obras hidráulicas existentes e de eventuais estudos e projetos de aproveitamentos hídricos previstos na região de interesse, incluindo planos diretores, devem ser consultadas as entidades vinculadas à utilização de recursos hídricos.

4.2 - Dados hidrológicos da fluviometria

Na coleta dos dados hidrológicos da fluviometria, deverá ser seguida a seguinte sistemática:

- a) Coleta de elementos para elaboração dos fluviogramas das alturas d'água médias, máximas e mínimas mensais, dos principais rios da região;
- b) Registro de enchente máxima dos cursos d'água, desprovidos de medidores, o qual deverá ser feito por meio de vestígios e informações locais;
- c) Apresentação de mapa contendo os postos fluviométricos da região de interesse para o projeto, com identificação das entidades que os operam e os calendários de observação;
- d) Fluviogramas das alturas máximas, médias e mínimas mensais e/ou outros necessários;
- e) Curvas de frequência de níveis; curvas de descargas;

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 6 de 19

- f) Levantamentos topo-hidrológicos nas travessias dos principais cursos d'água, que possibilitem a elaboração de plantas compatíveis para o projeto de implantação de pontes ou bueiros celulares de grandes dimensões.

Casos específicos e atípicos, que por ventura não se enquadrem nas especificações e normas da GOINFRA, deverão sempre ser apresentados formalmente pela empresa projetista e/ou profissional projetista, ao departamento responsável pelos Projetos Rodoviários da GOINFRA, para que o mesmo analise o caso e defina como deverá ser conduzido o estudo específico do mesmo.

5. FASE DE PROJETO

A Fase de Projeto tem como principal finalidade, consolidar os estudos realizados na fase Preliminar, realizando o devido processamento e análise dos dados gerados, bem como a determinação das descargas das bacias existentes. Todos os trabalhos desenvolvidos deverão ser executados e elaborados por profissionais qualificados, responsáveis pela veracidade dos estudos e dados gerados.

5.1 - Processamento dos dados pluviométricos


Os dados pluviométricos serão processados de modo a se obter:

- a) Histogramas das Precipitações Totais Anuais, com número de Dias de Chuva por Ano; Máximas, Médias e Mínimas das Precipitações Mensais e do Número de Dias de Chuva Mensais.
- b) Metodologia do processamento de dados pluviométricos para a obtenção das curvas intensidade x duração x frequência e altura x duração x frequência, para 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos de observação, no mínimo.

5.2 - Processamento dos dados fluviométricos

Os dados fluviométricos serão processados de modo a se obter:

- a) Tabela contendo os valores extremos das vazões médias diárias (m^3/s), em caso de disponibilidade de réguas milimétricas nos cursos d'água em local próximo ao da obra de arte a ser projetada.
- b) Tabela contendo as cotas das enchentes máximas observadas na região e o período, no caso de não se dispor de réguas milimétricas.

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 7 de 19

- c) Histogramas de vazões médias mensais, máximas vazões médias diárias e mínimas vazões médias diárias.

5.3 - Análise dos dados processados

Para cada obra do Estudo Hidrológico serão definidos os seguintes parâmetros que propiciam o cálculo das Descargas de Projeto (m^3/s):


5.3.1 Período de Recorrência

A escolha dos valores a adotar dependerá, basicamente dos seguintes fatores:

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da rodovia, a ser definida formalmente pela GOINFRA;
- Estudo de custo-benefício a partir da avaliação dos danos para descargas maiores que as de projeto, considerando danos a terceiros e custos para a restauração da rodovia;

Em princípio, desde que não haja nenhuma recomendação específica do projetista com devida concordância da equipe de fiscalização de projetos da GOINFRA, os períodos de recorrência, usualmente adotados serão:

ESPÉCIE	PERÍODO DE RECORRÊNCIA (anos)
Bueiros de Grotta e Drenagem Superficial	5 a 10 anos
Drenagem Sub-superficial	10 anos
Bueiros Tubulares	como canal: 15 anos
	como orifício: 25 anos
Bueiros Celulares	como canal: 25 anos
	como orifício: 50 anos
Pontilhão	50 anos
Ponte	100 anos

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 8 de 19

5.3.2 Tempo de concentração

O tempo de concentração das bacias deverá ser avaliado por metodologia e modelos usuais, e que apresentem resultados compatíveis e que considerem:

- a) Comprimento e declividade do talvegue principal;
- b) Área da bacia;
- c) Recobrimento vegetal;
- d) Uso do solo;
- e) Outros.

Para as obras de drenagem superficial deverá ser adotado o tempo de concentração mínimo de 5 minutos.

Adota-se, nos projetos da GOINFRA a fórmula de KIRPICH (para área da bacia menor que 0,80 km²) e KIRPICH MODIFICADA (para áreas maiores que 0,80 km²), por ser consideradas mais representativas:

Fórmula de KIRPICH:
$$T_c = 0,39 * \left(\frac{L^2}{H} \right)^{0,385}$$
 ; p/ *Abacia* ≤ 0,80 km²

Fórmula de KIRPICH MODIFICADA:
$$T_c = 0,59 * \left(\frac{L^2}{H} \right)^{0,385}$$
 ; p/ *Abacia* > 0,80 km²

Onde:

T_c – tempo de concentração em horas

L – comprimento do talvegue em km


H – declividade do talvegue em %; H=100*(ΔH/L);

Sendo:

ΔH – desnível do talvegue em metros

L₁ – comprimento do talvegue em metros

- Para o cálculo da declividade média das bacias maiores ou que possuem diferentes relevos ao longo da extensão do talvegue, pode-se utilizar ferramentas internas dos

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 9 de 19

programas de geoprocessamento para obtenção do par cota-distância nos locais de mudança de declividade.

- Assim, de posse do mapa das bacias com curvas de nível, é possível calcular a declividade ou inclinação, entre estes pontos, obtendo-se com o quociente entre o desnível e o comprimento reduzido do horizonte, de três maneiras (S1, S2 ou S3):

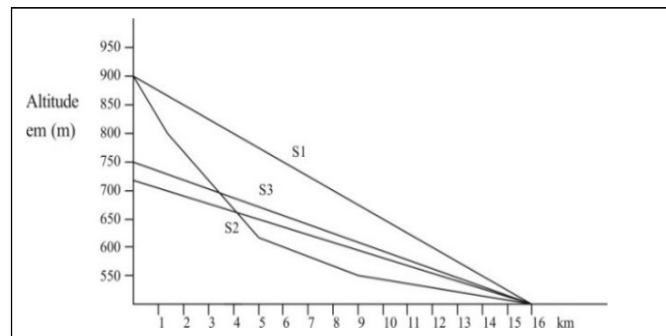
- S1 - Une a nascente à foz, dá-nos a declividade máxima, sempre teórica, utilizada para bacias onde o talvegue tenha pequenas variações de cota ao longo do seu comprimento;

- S2 - Declividade média: A área do triângulo formado pelos eixos coordenados e a reta correspondente à inclinação média é igual à área definida pelos eixos coordenados e o perfil longitudinal do rio;

- S3 - Declividade equivalente constante: Obtém-se através da média harmônica ponderada da raiz quadrada das diversas declividades.


$$S_3 = \left[\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

S_i - Declividade de cada trecho; L_i - Comprimento real de cada trecho



De acordo com a inclinação média das vertentes, o relevo pode ser classificado em:

CLASSES DE RELEVO		CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO SEGUNDO A INCLINAÇÃO MÉDIA DAS VERTENTES	
Declividade e	Classe	Tipo de relevo	Inclinação o
0 – 3%	Relevo plano	Plano	0 a 2%
3 – 6 %	Relevo suave ondulado	Levemente ondulado	2 a 5%
6 – 12%	Relevo ondulado	Ondulado	5 a 10%
12 – 20%	Relevo forte ondulado	Muito ondulado	10 a 20%
20 – 40%	Relevo forte ondulado mais montanhoso	Montanhoso	20 a 50%
40 – 60%	Relevo montanhoso	Muito montanhoso	50 a 100%
> 60%	Fortemente montanhoso	Escarpado	> 100%

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 10 de 19


5.3.3 Coeficiente de Deflúvio ou Escoamento Superficial (run-off)

Deverão ser considerados todos os fatores que possam influenciar no escoamento difuso nas vertentes, notadamente no que concerne à:

- a) Características geotopográficas das bacias;
- b) Declividade e recobrimento vegetal das bacias;
- c) Forma e dimensões dos talvegues;
- d) Porosidade e permeabilidade dos solos;
- e) Utilização pretendida para as áreas a montante.

Deverá ser realizada a fixação do Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo – Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular - (Hut) – que serão indicados para uso nos projetos da GOINFRA, por serem os mais usuais.

Condições de superfície	Orografia	Plano		Ondulado		Montanhoso	
		C	CN	C	CN	C	CN
Áreas urbanizadas, Cerrados, pastagens	A	0,1	50	0,2	55	0,30	65
	B	0,2	55	0,3	60	0,4	70
	C	0,4	60	0,6	65	0,6	75
	D	0,60 - 0,80	70	0,60-0,90	75	0,60 - 1,00	80
Cerrados, pastagens e matas ralas	A	0,2	45	0,3	50	0,4	60
	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
	C	0,3	60	0,4	60	0,5	70
	D	0,4	65	0,5	70	0,6	75
Culturas e pastagens Terraceadas	A	0,1	35	0,3	45	0,4	50
	B	0,2	40	0,35	50	0,45	55
	C	0,3	50	0,4	60	0,5	60
	D	0,4	60	0,5	65	0,6	70
Culturas Terraceadas	A	0,1	30	0,2	40	0,3	50
	B	0,15	40	0,3	50	0,4	55
	C	0,2	50	0,4	55	0,5	60
	D	0,4	60	0,5	65	0,6	70

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 11 de 19

Onde:

A = Superfície muito permeável (“LOESS” em camadas espessas);

B = Superfície permeável (“LOESS” em camadas rasas e areias);

C = Superfície semipermeável (Solos Siltosos e Argilosos) e

D = Superfície pouco permeável (Solos com argilas expansivas e pavimentos).

5.4 - Determinação das descargas das bacias

Não tendo disponibilidade de dados fluviométricos das bacias em estudo, utiliza-se os seguintes métodos de cálculo das vazões:

a) Método Racional – para bacias com área até 5,00 km², onde para o cálculo da descarga de pico é usual a fórmula:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Onde:

Q_p - Descarga do projeto ou pico de vazão, em m³/s;

C - Coeficiente adimensional de deflúvio ou escoamento superficial;

A - Área da bacia em km²;

I - Intensidade de precipitação, sobre toda a área drenada, dada pela relação:

$$I = \frac{P}{T_c}, \text{ em mm/h}$$


e onde:

P - altura de chuva para o tempo de concentração (mm);

T_c - tempo de concentração, em horas, calculado pela fórmula de **Kirpich**, apresentada anteriormente.

b) Método Racional Corrigido – para bacia com área entre 5,00 km² e 10,00 km². Devendo ser adotando o coeficiente de retardo dado pela fórmula:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A \times \varphi$$

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 12 de 19

Sendo:

$$\varphi = \frac{4,38}{A^{0,20} \times L}, 0,50 \leq \varphi \leq 1,00$$

Onde:

A - área da bacia em km²

L - comprimento do talvegue em km

c) Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) – para bacias com áreas superiores a 10,00 km², sendo:

Para as **bacias intermediárias, compreendendo áreas entre 10 e 20 km²**, as descargas de projeto serão determinadas pelo Método do Hidrograma Sintético Triangular, considerando-se no caso o hidrograma formado por uma única ordenada. Neste caso, a precipitação efetiva será obtida a partir da curva “CN” adequada à bacia e da precipitação real obtida para a duração igual ao tempo de concentração da bacia.

$$Q_p = \frac{0,208 * A * P_e}{t_p}$$

Onde:

Q_p= descarga de projeto (m³/s)


0,208 = fator adimensional de conversão de unidades

A = área da bacia drenada (km²)

P_e = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm)

t_c = tempo de pico (horas)

A precipitação efetiva é obtida com base na fórmula proposta pelo “*US Soil Conservation Service*” que com suas unidades ajustadas ao sistema métrico, apresenta a seguinte forma:

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 13 de 19

$$P_e = \frac{(P - 5080/CN + 50,80)^2}{P + (20320/CN - 203,2)}$$

Onde:

P_e = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm)

P = precipitação para uma duração D (mm)

D = duração da precipitação (h); Neste método a duração (D) será determinada através da fórmula $D=2\sqrt{t_c}$.

t_c = tempo de concentração (horas);

CN = “curve number” (número de deflúvio representativo para o complexo hidrológico solo-vegetação);

O tempo de pico é obtido do valor do tempo de concentração, através da expressão:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0,6t_c$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (horas)


E para as **bacias hidrográficas de maior porte, em geral afluentes, com áreas superiores a 20 km²**, as descargas de projeto serão determinadas através do Método do Hidrograma Unitário Triangular. No entanto os procedimentos do uso da metodologia do HUT deverão variar em função do tempo de concentração da bacia, conforme a seguir:

1 - Quando o tempo de concentração da bacia for inferior a 24 horas a descarga de PROJETO será calculada com a composição de hidrogramas resultante da adoção de quatro hidrogramas parciais com duração (Δt):

$$\Delta t = \frac{T_c}{4} ; T_c \text{ em horas}$$

2 - Quando o tempo de concentração da bacia for superior a 24 horas, serão definidos hidrogramas parciais com duração unitária de 6 horas, considerando-se na definição da descarga o número inteiro de hidrogramas;

$$\Delta t = \frac{T_c}{6} ; T_c \text{ em horas}$$

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 14 de 19

Na utilização do método deverão ser adotadas as seguintes expressões:

1) Cálculo de Tempo de Pico (T_p), tempo de ascensão do hidrograma, (h):

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + 0,6T_c$$

Sendo:

Δt = duração de chuva unitária, em horas.

T_c = tempo de concentração, em horas

O tempo de concentração é obtido utilizando-se a Fórmula de **Kirpich**.

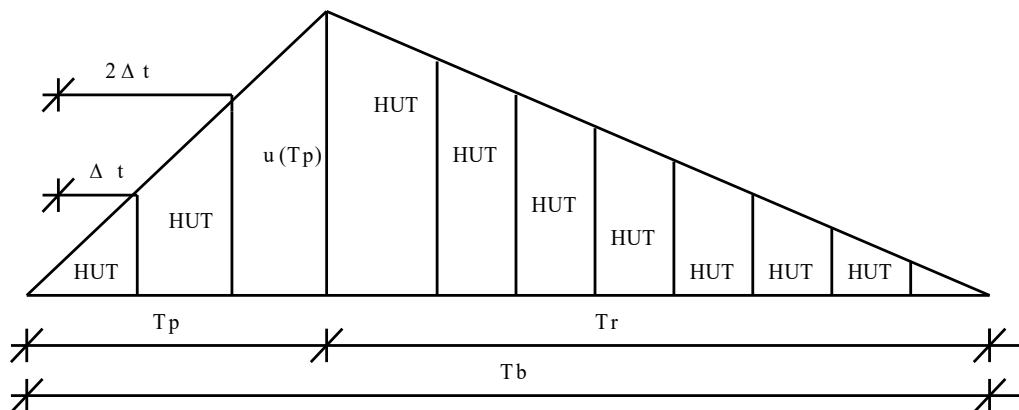
2) Cálculo de Tempo de Retorno (T_r):


$$T_r = 1,67 T_p, \text{ em horas}$$

3) Cálculo de Tempo de Base (T_b):

$$T_b = 2,67 T_p, \text{ em horas}$$

Construção do Hidrograma Unitário Triangular



	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 15 de 19

Para o cálculo da descarga de pontos do HUT, utiliza-se a fórmula:

$$\mu(T_p) = \frac{2,08A}{T_p}$$

Onde:

$\mu(T_p)$ = descarga de pico unitária, referente a uma chuva efetiva P_{ei} igual a 1 cm de altura, ocorrida no tempo unitário Δt , $m^3/s/cm$;

A = área da bacia, em km^2 ;

T_p = tempo do pico, em horas;

Para o cálculo do excesso de precipitação, utilizam-se as seguintes expressões:

$$P_m = P_i (1,0 - 0,10 \log A/25),$$

Onde:

P_m = precipitação média (mm)

C_r (coeficiente de redução) = $(1,0 - 0,10 \log A/25)$, segundo Jaime Taborga

A = área da bacia em km^2

P_i = precipitação em mm, $P_i = f(T_R; T_c)$ obtida no gráfico de precipitações

$$P_{ei} = \frac{\left[P_m - \left(\frac{5080}{CN} \right) - 50,8 \right]^2}{P_m + \frac{20320}{CN} - 203,2}$$


Sendo:

P_{ei} = chuva efetiva, em mm

CN = complexo solo – vegetação ou número de deflúvio

P_m = precipitação média, em mm

Para cálculo das chuvas efetivas (Δq_i) parciais os tempos (T_i), faz-se por simples diferença:

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 16 de 19

$$q_i = \frac{P_{ei} - P_{(ei-i)}}{\Delta}$$

Para obtenção do HUT, usam-se as seguintes fórmulas:

$$\text{HUT} = \frac{\mu(T_p) \times T_i}{T_p} ; T_i \leq T_p$$

$$\text{HUT} = \frac{\mu(T_p) \times (T_b - T_i)}{T_r} ; T_i \geq T_p$$


$$\mu(T_p) = 2,08 \times A / T_p$$

Após obtenção das chuvas parciais q_i e do HUT, procede-se à construção da tabela típica para cálculo dos valores de Q_i , pela expressão:

$$Q_i = q_i \times \mu_1 + q_{i-1} \times \mu_2 + q_{i-2} \times \mu_3 + \dots + q_i \times \mu_i$$

Caso se disponha de leituras fluviométricas, que permitam a avaliação das descargas através de suas curvas-chave, ou de outros elementos informativos que conduzam a uma apreciação ao longo do tempo, será efetivada a comparação da descarga determinada através do método do hidrograma com a obtida a partir dos elementos informativos. Nesses casos, será adotado, em favor da segurança, o maior dos valores assim determinados.

Fica determinado que a equipe técnica da GOINFRA, encarregada da análise dos Projetos Rodoviários da Agência, pode a qualquer momento e com a devida justificativa, solicitar e/ou exigir do projetista, além dos itens descritos nesta IP, a apresentação de qualquer outro levantamento ou estudo, dos quais julgarem necessários para a correta apreciação da diretriz de projeto em análise.

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 17 de 19

6. APRESENTAÇÃO DOS ESTUDOS

6.1 - Fase de Estudos Preliminares

Os estudos desta fase deverão ser apresentados conforme os documentos exigidos a seguir:

RELATÓRIO PRELIMINAR		
Espécie	Produto	Formato
Relatório de Estudos Preliminares	<ul style="list-style-type: none"> Resumo da coleta de dados hidrológicos; Gráficos, tabelas e mapas das bacias, suficientes para exame do projeto; Análise e conclusão sobre a travessia de bacias hidrológicas pelas diversas alternativas de traçado; Análise do vulto das obras de arte especiais; previsão da alteração da qualidade do meio ambiente. 	Impresso A4


Todos os arquivos gerados deverão ser entregues também em meio digital, sendo uma cópia de todos os arquivos em formato não editável (PDF) e uma em arquivos editáveis, com extensões usuais e que estejam compatíveis com os utilizados pela GOINFRA, tais como:

- Os arquivos de imagens em Shape com extensão da ferramenta usada na área de projeto rodoviário;
- Arquivos de texto em (.doc);
- Arquivos de Planilha eletrônica em (.xls);
- Plantas em (.dxf) e (.dwg), compatíveis com softwares CAD.

Os profissionais envolvidos no estudo, deverão realizar a devida consulta ao setor de projetos rodoviários da GOINFRA, a fim de se informar sobre as extensões dos arquivos digitais a serem entregues.

6.2 - Fase de Projeto

A apresentação da Fase Definitiva do Estudo Hidrológico, far-se-á através do Relatório Final do Projeto de Engenharia a que corresponde, onde os estudos demonstrarão as vazões e a determinação dos mapas de bacias das mesmas, devendo ser apresentado da seguinte maneira:


	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 18 de 19

RELATÓRIO DEFINITIVO		
Espécie	Produto	Formato
Relatório de Projeto	<ul style="list-style-type: none"> Relatórios descritivos de todos os estudos realizados; Texto com exposição do estudo realizado e a justificativa da solução adotada; Avaliação do vulto das obras de arte especiais em cada alternativa definida nos estudos de traçado; 	Impresso A4
Memória Justificativa	<ul style="list-style-type: none"> Recomendações; Explanação da metodologia adotada; Memórias de cálculo; Planilhas, quadros, tabelas e gráficos utilizados. 	Impresso A4

A determinação das descargas das bacias de contribuição deverá ser concluída por intermédio da montagem de uma planilha contendo os dados indicados abaixo, e cujo os títulos das colunas sigam a seguinte ordem:

Dados consolidados em planilha .xls

- N° da bacia;
- Estaca de localização;
- Área da bacia;
- Comprimento do talvegue;
- Desnível;
- $i\%$ (declividade);
- T_c (min.) tempo de concentração;
- C (coeficiente de escoamento);
- I (mm/h) intensidade de chuva (para 10, 15, 25 e 50 anos);
- Q (m³/s) vazão (para 10, 15, 25, e 50 anos);
- Carga hidráulica (h/D);
- Obra projetada.

	Diretoria de Obras Rodoviárias Gerência de Projetos Rodoviários	CÓDIGO IP- 03 - 2023/01	
	Instrução de Projetos Rodoviários IP- 03 GOINFRA – Estudos Hidrológicos	EMISSÃO MAI/2023	FOLHA 19 de 19

Todos os arquivos gerados deverão ser entregues também em meio digital, sendo uma cópia de todos os arquivos em formato não editável (PDF) e uma em arquivos editáveis, com extensões usuais e que estejam compatíveis com os utilizados pela GOINFRA, tais como:

- Os arquivos de imagens em Shape com extensão da ferramenta usada na área de projeto rodoviário;
- Arquivos de texto em (.doc);
- Arquivos de Planilha eletrônica em (.xls);
- Plantas em (.dxf) e (.dwg), compatíveis com softwares CAD;

Os profissionais envolvidos no estudo, deverão realizar a devida consulta ao setor de projetos rodoviários da GOINFRA, a fim de se informar sobre as extensões dos arquivos digitais a serem entregues.