

# ***DNIT***

**Instrução de Serviço Ferroviário – ISF**

**ISF-208: ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

**2015**

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA GERAL  
DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA  
COORDENAÇÃO-GERAL DE OBRAS FERROVIÁRIAS**

**ISF-208: ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

**2015**

**MINISTRO DOS TRANSPORTES**

Antônio Carlos Rodrigues

**DIRETOR GERAL DO DNIT**

Valter Casimiro Silveira

**DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA**

Mário Dirani

**COORDENAÇÃO GERAL DE OBRAS FERROVIÁRIAS**

Marcelo Almeida Pinheiro Chagas

**FISCAL DO CONTRATO 127/2008**

Zilda Maria do Santos Melloi

## EQUIPE TÉCNICA

### COORDENAÇÃO GERAL

Wellington de Aquino Sarmiento

### COORDENAÇÃO TÉCNICA

Jailson de Oliveira Santos

### COLABORADORES

Elmer Barreira Ponte

Gélio Proença Brum Filho

Helder Girão

Makoto Nishimura

Patricia Moraes Mendes

Sílvia Passos Borges

CONSÓRCIO STE/SISCON – Contrato nº 127/2008 DIF/DNIT

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)  
Diretoria de Infraestrutura Ferroviária (DIF).  
Aprovação técnica pelo DNIT - Janeiro de 2012.

**QUADRO DE REVISÕES DO DOCUMENTO**

<b>SEQUENCIAL</b>	<b>DATA</b>	<b>OBSERVAÇÃO</b>
R01	agosto 2015	Resultado de consulta pública

## SUMÁRIO

### APRESENTAÇÃO

1 OBJETIVO

2 FASES DOS ESTUDOS

3 EXECUÇÃO DOS ESTUDOS

4 APRESENTAÇÃO

ÍNDICE

## APRESENTAÇÃO

As Instruções de Serviços Ferroviários (ISFs) têm por objetivo definir e especificar os serviços constantes nos projetos básicos e executivos de engenharia de infraestrutura ferroviária, bem como orientar sua elaboração e padronizar sua apresentação.

Cabem algumas considerações de caráter geral sobre o processo de elaboração, homologação e manutenção das ISFs.

Como documentos normativos que são, essas instruções devem ser objeto de uma atualização quando (1) se identificar algo em seu conteúdo que deva ser aperfeiçoado, (2) quando ocorrer uma importante inovação tecnológica que exija uma atualização nos procedimentos e nas especificações estabelecidas, ou (3) quando as normas que os fundamentaram sofrerem modificações.

Os documentos normativos geralmente cobrem um universo de aplicação bastante amplo, no âmbito do qual podem ocorrer casos específicos com circunstâncias e características distintas, que exigem uma solução diferente daquela apontada na norma. Esses casos, porém, devem se revestir de um tratamento especial, exigindo uma justificativa sólida para o não cumprimento da norma, bem como a aprovação de quem contratou o serviço.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), através da sua Diretoria de Infraestrutura Ferroviária, Coordenação Geral de Obras Ferroviárias tem a satisfação de apresentar esta instrução que compõe o conjunto das ISFs elaboradas pelo Consórcio STE/SISCON, apresentado a seguir:

## Projetos de Engenharia Ferroviária

### INSTRUÇÕES DE SERVIÇOS FERROVIÁRIOS

IDENTIFICAÇÃO	OBJETO
ISF-201	Levantamento Aerofotogramétrico e Perfilamento a Laser para Projetos Básicos de Ferrovias
ISF-202	Levantamento Aerofotogramétrico e Perfilamento a Laser para Projetos Executivos de Ferrovias
ISF-203	Estudos Topográficos para Projetos Básicos de Engenharia
ISF-204	Estudos Topográficos para Projetos Executivos de Engenharia
ISF-205	Estudos de Traçado
ISF-206	Estudos Geológicos
ISF-207	Estudos Geotécnicos
ISF-208	Estudos Hidrológicos
ISF-209	Projeto Geométrico
ISF-210	Projeto de Drenagem
ISF-211	Projeto de Terraplenagem
ISF-212	Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Lastro e Sublastro
ISF-213	Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Trilhos e Dormentes
ISF-214	Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Acessórios
ISF-215	Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Aparelhos de Mudança de Via
ISF-216	Projeto de Obras de Arte Especiais
ISF-217	Projeto de Sinalização Ferroviária
ISF-218	Projeto de Pátios Ferroviários
ISF-219	Projeto de Passarela para Pedestres
ISF-220	Projeto de Interferências
ISF-221	Projeto de Passagem em Nível
ISF-222	Componente Ambiental dos Projetos de Engenharia Ferroviária
ISF-223	Projeto de Passagem Inferior
ISF-224	Projeto de Desapropriação
ISF-225	Orçamento da Obra
ISF-226	Plano de Execução da Obra
ISF-227	Estudos Operacionais
ISF-228	Projeto de Vedação da Faixa de Domínio
ISF-229	Projeto de Proteção Vegetal de Taludes
ISF-230	Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas



## ISF-208: ESTUDOS HIDROLÓGICOS

### 1 OBJETIVO

Definir e especificar os serviços constantes dos estudos hidrológicos nos projetos de engenharia de infraestrutura ferroviária.

### 2 FASES DOS ESTUDOS

Os estudos hidrológicos serão desenvolvidos em duas fases:

- a) Preliminar;
- b) Definitiva.

### 3 EXECUÇÃO DOS ESTUDOS

#### 3.1 Fase Preliminar

Os estudos hidrológicos na fase preliminar têm como objetivos:

- Coletar dados hidrológicos;
- Definir as bacias de contribuição.

Deverá abranger:

- Coleta de dados hidrológicos junto aos órgãos oficiais, estudos existentes, que permitam a caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica e geomorfológica da região, e mais especificamente, da área em que se localiza o trecho em estudo;
- 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, cartas geográficas, levantamentos radamétricos, levantamentos fitopedológicos e/ou outras cartas disponíveis;
- Para as grandes bacias, cujas dimensões possam requerer um excessivo número de fotografias; conduzindo a distorção dos resultados ou mesmo no caso de pequenas bacias quando não se dispuser de levantamentos aerofotogramétricos considerados aceitáveis, as características físicas das bacias hidrográficas envolvidas poderão ser determinadas por cartas hipsométricas de qualidade e precisão confiáveis;
- Para as bacias assim definidas serão determinados também os talwegues principais, através das linhas de fundo de vales, estabelecendo-se o talvegue mais importante, a sua extensão total, o desnível a montante da transposição prevista e, conseqüentemente, a sua declividade média;

- Coleta de elementos que permita a identificação das modificações futuras que ocorrerão nas bacias tais como projetos, planos diretores e tendências de ocupação.
- Na coleta de dados hidrológicos deve ser seguida a sistemática:

## **a) Pluviometria – Coleta de dados de chuva**

- Apresentação de mapa em escala conveniente destacando a rede hidrográfica básica 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;
- 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;
- Caracterização dos instrumentos medidores tais como: pluviômetros, pluviógrafos, réguas linimétricas, e outros;
- Escolha criteriosa do posto onde é caracterizado 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, com os respectivos autores;
- Cálculo dos seguintes elementos: média anual de chuvas da região; média mensal; número de dias de chuva por mês; total anual; alturas máximas e mínimas; registro de chuvas e respectivos pluviogramas; precipitação total; indicação do trimestre mais chuvoso e mais seco; precipitação máxima em 24 horas.

## **b) Fluviometria**

- Coleta de elementos para elaboração dos fluviogramas das alturas d'água médias, máximas e mínimas mensais, dos principais rios da região;
- Registro de cheia máxima dos cursos d'água menores, desprovidos de medidores, o qual deverá ser feito por meio de vestígios e informações locais;
- 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;
- Fluviogramas das alturas máximas, médias e mínimas mensais e/ou outros necessários;
- Curvas de frequência de níveis; curvas de descargas;
- 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.

## **3.2 Fase Definitiva**

Na fase definitiva serão consolidados os estudos realizados na fase anterior, envolvendo as seguintes atividades:

### **3.2.1 Processamento de Dados Pluviométricos**

Os dados pluviométricos serão processados de modo a se obter:

- a) Curvas de intensidade – duração – frequência para 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos, no mínimo;
- b) Curvas de altura – duração – frequência para 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos, no mínimo;
- c) Histogramas das precipitações pluviométricas mensais mínimas, médias e máximas;
- d) Histogramas com as distribuições mensais dos números de dias de chuva mínimos, médios e máximos.

### **3.2.2 Processamento de 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 máximas cheias observadas na região, no caso de não se dispor de réguas milimétricas.

### **3.2.3 Análise dos Dados Processados**

#### **a) Período de recorrência**

Salvo expressa indicação contrária, deverão ser adotados os seguintes períodos de recorrência, em correspondência aos diversos tipos de obra:

- Obras de Arte Especiais (Ponte):  $T_R = 100$  anos;
- Obras de Arte Corrente (Bueiros):  $T_R = 25$  anos para escoamento livre e verificação com  $T_R = 50$  anos, considerando-se o afogamento e sobre-elevação de até 1 metro;
- Obras de Drenagem Superficial:  $T_R = 10$  anos;
- Nos casos de travessias de cursos d'água, a que correspondam aproveitamentos hídricos, tais como: tomadas de água, reservatórios, eclusas etc., o período de recorrência deverá ser compatibilizado ao adotado no dimensionamento daqueles aproveitamentos.

#### **b) 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:

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

Para as obras de drenagem superficial, envolvendo bacias de reduzidas dimensões, será adotado o tempo de concentração igual a 5 minutos.

### **c) Coeficiente de deflúvio**

Os coeficientes de escoamento superficial ou de deflúvio (run-off) serão determinados levando-se em consideração todos os fatores que possam influenciar no escoamento difuso nas vertentes, notadamente no que concerne à:

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

Com vistas à uniformização e padronização pretendidas pela presente Especificação, recomenda-se a utilização dos valores estabelecidos na obra "Handbook of Applied Hydrology", Ven te Chow, editada por McGraw-Hill Book Company.

## **3.2.4 Determinação das Descargas das Bacias**

### **3.2.4.1 Pequenas Bacias**

Pequenas bacias são aquelas pertinentes aos dispositivos de drenagem superficial e bueiros para transposição de pequenos cursos d'água, em geral de regime temporário, com áreas de até 1 Km<sup>2</sup>.

Para pequenas bacias as descargas de projeto, serão determinadas através da utilização do Método Racional, sem utilização do coeficiente de distribuição, mas considerando:

- a) Para intensidade pluviométrica, os valores das curvas mencionadas no item 3.1.a.;
- b) Para duração, o tempo de concentração da bacia;
- c) Para período de recorrência, aquele adequado à sua utilização, conforme o item 3.2.3.a.

### **3.2.4.2 Bacias Intermediárias**

Bacias intermediárias são as bacias hidrográficas cujas áreas se situam entre 1 e 20 Km<sup>2</sup>, que em geral correspondem a bueiros celulares e tubulares de transposição de grotas.

Nestes casos, as descargas de projeto serão determinadas através de duas metodologias, a saber:

**a) Áreas menores que 10 Km<sup>2</sup>**

Para as bacias intermediárias cujas áreas se situam entre 1 e 10 Km<sup>2</sup>, o cálculo de descarga de projeto será procedido pelo Método Racional, adotando-se neste caso, um coeficiente de distribuição, que visa a correção da precipitação pontual para a precipitação uniformemente distribuída pela área, dado pela expressão:

$$n = A^{-0,1}$$

Onde:

- n = Coeficiente de distribuição;
- A = Área de bacia em Km<sup>2</sup>.

**b) Áreas maiores que 10 Km<sup>2</sup>**

Para as bacias intermediárias, compreendendo áreas entre 10 e 20 Km<sup>2</sup>, 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, conforme o item 3.2.4, e da precipitação real obtida para a duração igual ao tempo de concentração da bacia.

**3.2.4.3 Grandes Bacias**

Correspondem às bacias hidrográficas de maior porte, em geral afluentes, as pontes e pontilhões, com áreas superiores a 20 Km<sup>2</sup>.

As descargas de projeto para estas bacias serão determinadas através do Método do Hidrograma Unitário Triangular adotando-se, entretanto, procedimentos diferentes em função do tempo de concentração da bacia.

Quando o tempo de concentração da bacia for inferior a 24 h a descarga de projeto será calculada com a composição de hidrogramas resultante da adoção de quatro hidrogramas parciais com duração:

$$D = \frac{T_c}{4}$$

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

$$D = \frac{T_c}{6}$$

Na utilização do método deverão ser adotadas as seguintes expressões:

$$T_A = \left(\frac{d}{2}\right) + T_R$$

Sendo:

- $T_A$  = Tempo de ascensão do hidrograma em horas;
- $\left(\frac{d}{2}\right)$  = Duração da chuva unitária antes estabelecida;
- $T_R$  = Tempo de recessão fluvial (lag-time) em horas.

$$T_R = 0,6 \times T_C$$

Sendo:

- $T_C$  = Tempo de concentração em horas.

$$T_B = 2,67 \times T_A$$

Onde:

- $T_B$  = Tempo de base do hidrograma.

$$V = Q \times A$$

Onde:

- $V$  = Volume de enchente, que, no hidrograma triangular é representado pela área do triângulo determinado;
- $Q$  = Deflúvio direto na bacia correspondente à transformação da precipitação sobre a bacia em precipitação efetiva.

$$Q = \frac{2 \times V}{T_B}$$

Sendo:

- $Q$  = Vazão de ponta (pico) do hidrograma.

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.

#### 3.2.4.4 Obras de Drenagem Superficial

Para a determinação das vazões de cálculos das obras de drenagem superficial será adotado o procedimento metodológico conhecido por descarga específica, que representa a descarga afluyente ao dispositivo de coleta por unidade de comprimento.

Nestas condições, para as quais se aplica a maioria das obras de drenagem superficial, estas descargas serão calculadas através do Método Racional para a duração de precipitação mínima de 5 minutos.

Entretanto, nos casos em que os dispositivos de drenagem superficial venham a coletar deflúvios de bacias relativamente significativas, a exemplo do que ocorrem nos casos de ravinas ou talwegues interceptados por cortes, a determinação das descargas será realizada com o procedimento indicado no item 3.2.4.2, conforme o caso.

#### 3.2.4.5 Casos Especiais

No caso de interferência com aproveitamentos hídricos cuja envergadura justifique apreciação mais profunda, deverão ser consultados os órgãos responsáveis por este aproveitamento, com vistas às interferências que possam ser causadas no seu comportamento hidráulico.

#### 3.2.4.6 Casos Particulares

Será necessário apresentar uma planilha de cadastro de todos os bueiros existentes e da situação atual do sistema de drenagem através da tabela de codificação denominada "**Classificação dos Problemas**" que irá caracterizar a situação física de cada bueiro e a situação da área em estudo (ver Tabela 1, abaixo), comprovando, desta maneira, a necessidade de substituição da OAC, sua preservação ou implantação de obras novas.

O cadastro do projeto será apresentado através da planilha onde constará a estaca, o tipo de obra existente e os respectivos códigos da Tabela 1 abaixo.

Exemplo: Para uma OAC com erosão na boca de jusante, causada por falta de dissipador e escorregamento por ruptura do bueiro, tem-se:

ESTACA	OBRA	CLASSIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS	OBSERVAÇÕES
20+5,00	BSTC 1,2	ERJ (3) + ES (7)	Foto 10

O cadastro completo das obras e dos pontos estudados será acompanhado de fotos recentes com data, apresentando a data impressa na foto.

**Tabela 1 – Classificação dos Problemas**

<b>EROSÃO BOCA DE MONTANTE – ERM</b>	<b>EROSÃO BOCA DE JUSANTE – ERJ</b>
(1) infiltração por baixo da obra (2) outra causa (discriminar na observação)	(3) ausência de dissipadores (4) outra causa (discriminar na observação)
<b>ESCORREGAMENTO – ES</b>	<b>RECALQUE – RE</b>
(5) declividade acentuada do bueiro (6) ausência de dissipadores (7) ruptura do corpo do bueiro	(8) associado ao sistema de drenagem (9) por selagem do bueiro (10) por rompimento do bueiro
<b>ASSOREAMENTO – AS</b>	<b>ALAGAMENTO – AL</b>
(11) declividade baixa do bueiro (12) falta de manutenção	(13) cota de entrada do bueiro superior ao fundo do talvegue (14) inexistência de sistema de drenagem (15) por obstrução do bueiro (16) insuficiência hidráulica da obra (17) área de várzea
<b>ESTRUTURA DANIFICADA – ED</b>	<b>CONDIÇÕES GERAIS</b>
(18) por recobrimento insuficiente (19) por material inadequado (20) por falha da construção da obra (21) ausência de berço / ancoragem / alas / etc. (22) por possível intervenção humana / obras na proximidade da obra existente / etc. (23) por insuficiência hidráulica	(24) área rural passível de ocupação acelerada (aumento da impermeabilidade do solo) (25) alteração de ponto baixo de greide (perda da obra existente) (26) obras implantadas com mais de 50 anos

A determinação das descargas das bacias de contribuição deverá ser concluída por intermédio da montagem de uma planilha contendo os dados indicados abaixo:

- a) N° da bacia;
- b) Estaca de localização;
- c) Área da bacia;
- d) Comprimento do talvegue;
- e) Desnível;
- f)  $i\%$  (declividade);
- g)  $T_c$  (min.) tempo de concentração;
- h) C (coeficiente de escoamento);
- i) I (mm/h) (para o período de recorrência previsto de acordo com o item 3.2.3);
- j) Q ( $m^3/s$ ) (para o período de recorrência previsto de acordo com o item 3.2.3);



k) Carga hidráulica (h/D);

l) Obra projetada.

### 3.2.5 Conclusões e Recomendações

O estudo hidrológico deverá finalizar com as conclusões e recomendações resultantes dos trabalhos realizados.

## 4 APRESENTAÇÃO

### 4.1 Fase Preliminar

A apresentação do estudo hidrológico, ao término desta fase, far-se-á através do relatório preliminar do projeto de engenharia a que corresponde, contendo:

RELATÓRIO			
VOLUME	DISCRIMINAÇÃO	MATÉRIAS	FORMATO
1	Relatório dos Estudos Preliminares	<ul style="list-style-type: none"><li>– Resumo da coleta de dados hidrológicos;</li><li>– Gráficos, tabelas e mapas suficientes para exame do projeto;</li><li>– Análise conclusão sobre a travessia de bacias hidrológicas pelas diversas alternativas de traçado;</li><li>– Análise do vulto das obras-de-arte especiais; previsão da alteração da qualidade do meio ambiente.</li></ul>	A4

### 4.2 Fase Definitiva

A apresentação da fase definitiva do estudo hidrológico, far-se-á através do relatório do projeto de engenharia a que corresponde, contendo:

RELATÓRIO			
VOLUME	DISCRIMINAÇÃO	MATÉRIAS	FORMATO
1	Relatório do Projeto	Relatório síntese dos estudos realizados, com as principais informações hidrológicas.	A4

<b>RELATÓRIO</b>			
<b>VOLUME</b>	<b>DISCRIMINAÇÃO</b>	<b>MATÉRIAS</b>	<b>FORMATO</b>
3	Memória Justificativa do Projeto	<ul style="list-style-type: none"><li>– Texto com exposição do estudo realizado e a justificativa da solução adotada;</li><li>– Desenhos contendo a planta das bacias de contribuição em escala conveniente, amarradas a linha locada devidamente estaqueadas no ponto de cruzamento. Poderão constar nestes desenhos apenas as bacias com áreas de drenagem superior a 1 km<sup>2</sup>;</li><li>– Avaliação do vulto das obras-de-arte especiais em cada alternativa definida nos estudos de traçado;</li><li>– Recomendações;</li><li>– Explanação da metodologia adotada;</li><li>– Memórias de cálculo;</li><li>– Planilhas, quadros, tabelas e gráficos utilizados.</li></ul>	A4

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>1 OBJETIVO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 FASES DOS ESTUDOS</b> .....	<b>9</b>
<b>3 EXECUÇÃO DOS ESTUDOS</b> .....	<b>9</b>
3.1 Fase Preliminar .....	9
3.2 Fase Definitiva.....	11
3.2.1 Processamento de Dados Pluviométricos .....	11
3.2.2 Processamento de Dados Fluviométricos .....	11
3.2.3 Análise dos Dados Processados .....	11
3.2.4 Determinação das Descargas das Bacias.....	12
3.2.4.1 Pequenas Bacias.....	12
3.2.4.2 Bacias Intermediárias .....	12
3.2.4.3 Grandes Bacias .....	13
3.2.4.4 Obras de Drenagem Superficial .....	14
3.2.4.5 Casos Especiais .....	15
3.2.4.6 Casos Particulares.....	15
3.2.5 Conclusões e Recomendações .....	17
<b>4 APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>17</b>
4.1 Fase Preliminar .....	17
4.2 Fase Definitiva.....	17
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>19</b>