

NORMA

**INFRA S.A.**  
**PRO-00009**

rev 0  
11.03.2024

---

---

**Projeto de drenagem e obras de arte  
correntes**

*Drainage design and current works of art*

---

---

**INFRA** S.A.

© INFRA S.A. 2024

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da INFRA S.A.

Sede da INFRA S.A.

SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5. - CEP: 70.070-010

Asa Sul Brasília - DF

Telefone:+55 61 2029-6100

<https://www.infrasa.gov.br>

## Sumário

Prefácio .....	iv
1 Objetivo .....	1
2 Referências normativas .....	1
3 Termos e definições .....	1
4 Fases do projeto .....	3
4.1 Fase de anteprojeto .....	3
4.2 Fase de projeto básico .....	4
4.2.1 Concepção do projeto .....	4
4.2.2 Elementos básicos .....	4
4.2.3 Estudos de alternativas de soluções de drenagem .....	4
4.2.4 Escolha da solução .....	5
4.3 Fase de projeto executivo .....	5
5 Classificação das obras .....	6
5.1 Drenagem superficial .....	6
5.2 Drenagem subterrânea .....	7
5.3 Obras de transposição de talvegues .....	7
6 Critérios de dimensionamento .....	7
6.1 Dispositivos de drenagem superficial .....	7
6.1.1 Canais .....	7
6.1.2 Bueiros de greide .....	9
6.1.3 Dissipadores de energia .....	9
6.1.4 Descidas d'água .....	9
6.1.5 Bacias de amortecimentos .....	10
6.1.6 Corta-rio .....	10
6.1.7 Dispositivos de drenagem subterrânea .....	10
6.1.8 Drenos longitudinais profundos .....	10
6.1.9 Drenos verticais .....	11
6.1.10 Drenos sub-horizontais .....	11
6.1.11 Colchão drenante .....	12
6.1.12 Valetão lateral .....	12
6.2 Bueiros de talvegue .....	12
6.3 Dimensionamento hidráulico das pontes e pontilhões .....	13
7 Apresentação .....	15
7.1 Apresentação do anteprojeto .....	15
7.2 Apresentação do projeto básico .....	15
7.3 Apresentação do projeto executivo .....	15
Bibliografia .....	16

## Prefácio

A Valec – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. (nome fantasia – “INFRA S.A.”), empresa pública de capital fechado, é uma sociedade por ações controlada pela União e vinculada ao Ministério dos Transportes, regida por seu Estatuto Social e, especialmente, pelas Leis nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, nº 11.772, de 17 de setembro de 2008, nº 12.404, de 04 de maio de 2011, nº 12.743, de 19 de dezembro de 2012 e nº 13.303, de 30 de junho de 2016, e pelos Decretos nº 8.945, de 27 de dezembro de 2016 e nº 11.081, de 24 de maio de 2022.

A INFRA S.A. tem por objeto social prestar serviços nas áreas de projetos, estudos e pesquisas, destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, considerando as infraestruturas, as plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroviário.

A Superintendência de Projetos e Custos (SUPRO) da INFRA S.A. tem por objetivo criar, revisar, zelar e organizar o acervo de Normas Técnicas de engenharia, com o intuito de melhorar os procedimentos da empresa. Ainda que a responsabilidade do conteúdo das normas seja de todo o corpo técnico da INFRA S.A., a SUPRO é a responsável pela gestão do processo de manutenção do acervo de Normas Técnicas de engenharia.

Para estabelecer a estrutura técnica aplicada à infraestrutura de logísticas de transporte nacional, foi elaborada a Norma técnica INFRA PRO-00009 – Projeto de drenagem e obras de arte correntes, para regulamentação dos requisitos para a definição de projeto de drenagem e obras de arte correntes a ser utilizado em obra ferroviária.

Esta edição revoga e substitui a VALEC 80-EG-000A-19-0000 – Projeto de Drenagem e Obras de Arte Correntes – Rev. 02.

## Projeto de drenagem e obras de arte correntes

### 1 Objetivo

Esta Norma estabelece os requisitos para o desenvolvimento do projeto de drenagem e obras de arte correntes, assim como a análise das condições hidráulicas das obras de arte especiais, aplicáveis aos contratos relativos à elaboração do projeto executivo.

### 2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

DNIT IPR – 724, *Manual de Drenagem de Rodovias*;

INFRA PRO-00004, *Projeto básico — Critérios para apresentação*;

INFRA PRO-00024, *Projeto executivo — Critérios para apresentação*;

INFRA INF-00042, *Catálogo 1 - Volume 1, Projetos tipo de drenagem – Drenagem superficial e Profunda*;

INFRA INF-00043, *Catálogo 1 - Volume 2, Projetos tipo de drenagem – Bueiro celular moldado in loco*;

INFRA INF-00044, *Catálogo 1 - Volume 3, Projetos tipo de drenagem – Bueiro Celular Pré-Moldado*;

INFRA INF-00045, *Catálogo 1 - Volume 3, Projetos tipo de drenagem – Bueiro Tubular de Concreto*; e

VALEC Instrução Normativa Nº 1/SUPRO-VALEC/DIREN-VALEC de 2021, *Estabelece as diretrizes para elaboração e apresentação de Anteprojeto para obras ferroviárias, no âmbito da contratação integrada, prevista no Art. 43 da Lei 13.303/2016*.

### 3 Termos e definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

#### 3.1 bacia de amortecimento

Plataforma construída nos pontos de descarga dos bueiros e descidas d'água ou outros dispositivos de drenagem, para dissipar a energia e limitar a velocidade de saída, evitando danos às áreas adjacentes (erosão).

#### 3.1 bueiro (obra-de-arte corrente)

Conduto livre ou forçado e de pequeno comprimento, intercalado em um curso d'água, geralmente destinado a transpor uma estrada em aterro. Pode ser de grotta, de greide, tubular ou celular.

### **3.2 caixa coletora**

Dispositivo de drenagem, construído com o objetivo de permitir a captação e a transferência dos deflúvios, conduzindo-os superficialmente para as canalizações a serem construídas em nível inferior ao da captação.

Fonte: DNIT 026/2004-ES, p.2

### **3.3 colchão drenante**

Camada de rachão ou material granular, que drena as águas situadas a pequena profundidade do corpo estradal ou em rebaixos de corte de rocha, ou que fornece suporte à fundação de aterros compostos por materiais saturados e de baixa resistência ao cisalhamento.

### **3.4 corta-rio**

Canal, de seção geralmente trapezoidal, construído para deslocar um curso de água para outro local.

### **3.5 descida d'água**

Dispositivo que possibilita o escoamento das águas interceptadas pela terraplenagem da ferrovia, e verte essas águas sobre os taludes de corte ou aterro, canalizando adequadamente até os pontos de deságue, previamente determinados pelo projeto.

Fonte: DNIT 021/2004 – ES, pág. 2

### **3.6 dissipador de energia**

Dispositivo que visa promover a redução da velocidade de escoamento de águas pluviais e consequente dissipação de energia nas entradas, saídas ou mesmo ao longo da própria canalização, de modo a reduzir os riscos dos efeitos de erosão nos próprios dispositivos ou nas áreas adjacentes.

Fonte: NORMA DNIT 022/2006 – ES, p.2

### **3.7 drenagem subterrânea**

Destina-se à interceptar o fluxo subterrâneo e rebaixar o lençol freático.

### **3.8 drenagem superficial**

Consiste na coleta e escoamento das águas superficiais que atingem ou que possam atingir a ferrovia.

### **3.9 dreno longitudinal profundo**

Dispositivo de drenagem destinado à captação, condução e deságue das águas subterrâneas.

### **3.10 dreno subsuperficial**

Dispositivo instalado nas camadas subjacentes do sublastro que, liberando parte da água retida, alivia as tensões e propicia a preservação dessa estrutura. Quanto à forma construtiva, pode ser cego (quando não utilizam tubo) ou contínuo (quando utilizam tubos) e, devido à pequena profundidade, pode ser também designado como dreno raso; e recebe, ainda, designações particulares como dreno transversal ou dreno longitudinal de base.

### **3.11 dreno sub-horizontal**

Dispositivo instalado nos taludes de cortes, aterros ou em encostas, que visa proporcionar o escoamento das águas retidas nos maciços, de forma a aliviar os empuxos capazes de comprometer a estabilidade desses taludes ou encostas.

### 3.12 dreno vertical

Dispositivo de drenagem instalado no solo com a finalidade de drenar a água do solo, ajudando a acelerar o processo de adensamento em solos moles.

### 3.13 sarjeta

Dispositivo de drenagem longitudinal construído lateralmente à plataforma, ou nas banquetas de taludes, destinado a interceptar os deflúvios, que, escoando pelo talude, plataforma ou terrenos marginais, pode comprometer a estabilidade dos taludes, a integridade da plataforma e a segurança do tráfego, podendo ser do tipo triangular ou retangular.

Fonte: Norma DNIT 018/2023 – ES

### 3.14 valeta

Dispositivo de drenagem localizado nas cristas de cortes ou pés de aterro, conseqüentemente afastados das faixas de tráfego, com a mesma finalidade das sarjetas, mas que, por escoarem maiores deflúvios ou em razão de suas características construtivas, tem em geral, a forma trapezoidal ou retangular.

Fonte: Norma DNIT 018/2023 – ES, p.2

### 3.15 valetão lateral

Dispositivo feito no bordo da ferrovia, em regiões planas, podendo funcionar tanto como sarjeta como dreno profundo, ao mesmo tempo.

## 4 Fases do projeto

O projeto pode ser desenvolvido em três fases:

- a) Anteprojeto;
- b) projeto básico; e
- c) projeto executivo.

### 4.1 Fase de anteprojeto

O anteprojeto deve ser apresentado conforme INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 1/SUPRO-VALEC/DIREN-VALEC, de 16 de fevereiro de 2021, que estabelece as diretrizes para a elaboração e apresentação de anteprojeto de drenagem ferroviária, como a seguir:

- a) o anteprojeto deve apresentar o pré-dimensionamento dos dispositivos de drenagem de transposição de talvegues, drenagem superficial, drenagem subterrânea e drenagem urbana, no que couber, com base nos normativos da INFRA S.A.. Deve indicar as quantidades estimadas e prováveis localizações dos dispositivos de drenagem. A estimativa dos quantitativos de serviços de drenagem deve ser fornecida apenas para a GCUST, para servir de subsídio na orçamentação;
- b) a drenagem subterrânea deve ser indicada, tendo como base as informações disponíveis e constatações registradas no Relatório de Visita Técnica; e
- c) as plantas e os desenhos-tipo dos dispositivos de drenagem indicados.

## 4.2 Fase de projeto básico

### 4.2.1 Concepção do projeto

Na fase de projeto básico devem ser elaboradas as concepções dos dispositivos, com definição de suas características geométricas, dimensões e tipos de revestimentos que permitam o esboço das soluções necessárias. Nesta fase, em relação às obras de drenagem, devem ser definidos os seguintes aspectos:

- a) número;
- b) natureza;
- c) localização provável;
- d) aspectos locais considerados, como por exemplo condições de acesso, aproveitamento de materiais e mão de obra da região;
- e) condições de acesso; e
- f) aproveitamento de materiais e mão de obra da região, especificando tipos, quantidades e estimativa de custos.

### 4.2.2 Elementos básicos

Devem ser considerados os seguintes elementos básicos condicionantes do projeto:

- a) estudos hidrológicos elaborados para o projeto de engenharia, necessários para a determinação da descarga em cada ponto e indispensáveis para a fixação das seções a adotar e as condições de escoamento;
- b) projetos geométrico e de terraplenagem elaborados, na fase de projeto básico, para o projeto de engenharia, os quais definem as obras de drenagem a projetar, bem como os estudos complementares a realizar;
- c) estudos topográficos elaborados, na fase de projeto básico, para o projeto de engenharia, devem ser complementados a fim de definir a implantação das obras de drenagem;
- d) estudos geotécnicos elaborados, em sua fase de projeto básico, para o projeto de engenharia, devem ser complementados a fim de definir e caracterizar materiais e condições de fundação das obras a serem projetadas; e
- e) no caso de ferrovia já implantada, os dispositivos de drenagem existentes devem ser cadastrados e vistoriados, verificando-se a suficiência de vazão e o estado de conservação. Os dispositivos identificados como problemáticos devem ser objeto de estudos específicos, com o objetivo de proceder ao reparo ou substituição daqueles que se encontrem danificados.

### 4.2.3 Estudos de alternativas de soluções de drenagem

Devem ser estudadas as alternativas de soluções de drenagem, considerando os aspectos exequíveis, as condições de funcionamento, os materiais a serem utilizados, os métodos e os equipamentos.

Deve-se procurar a preservação dos talwegues existentes, restringindo ao mínimo a supressão para



manter a rede fluvial e as nascentes.

As alternativas exequíveis devem ser pré-dimensionadas com base nas normas e nas especificações vigentes.

Após o dimensionamento das alternativas, devem ser estimados os quantitativos e os custos para cada solução.

Devem ser estabelecidos elementos no projeto de drenagem, da forma mais detalhada possível, quando os custos estimados para as alternativas estudadas para o projeto de drenagem apresentarem influência considerável no custo global da execução, como obras de grande porte, bueiros celulares de grandes dimensões, corta-rios, dentre outras possíveis soluções.

#### **4.2.4 Escolha da solução**

Definidas as alternativas de soluções de drenagem, a escolha da solução mais conveniente deve estar de acordo com os critérios técnico, econômico, estético e administrativos, das normas vigentes da INFRA S.A..

### **4.3 Fase de projeto executivo**

**4.3.1** A fase de projeto executivo deve ser desenvolvida a partir das concepções aprovadas no projeto básico e compreende a sua complementação e detalhamento. Nesta etapa, devem ser apresentadas todas as informações, elementos construtivos e especificações, que permitam a execução das obras, bem como deve ser efetuada a determinação das quantidades de serviços.

**4.3.2** As estruturas que compõem o projeto de drenagem devem ser dimensionadas pelos métodos e fórmulas consagrados, devendo obrigatoriamente ser apresentada a memória de cálculo, onde deve constar as normas e as especificações adotadas, as hipóteses de cálculos, os valores dos condicionantes do projeto, as verificações de trabalho e os esforços e taxas resultantes.

**4.3.3** Os desenhos de execução são definidos por plantas, gráficos e tabelas. Neles devem-se incluir:

- a) locação em planta e perfil da obra;
- b) escavações, regularizações e contenções necessárias;
- c) dimensões de todas as peças e materiais construtivos de cada uma, contendo as especificações e quantitativos perfeitamente definidos;
- d) planos de lançamento ou de montagem, escoramento, processos construtivos, acabamentos e providências especiais para execução da obra;
- e) quando necessário, distinguir no desenho os dispositivos existentes, os dispositivos a serem demolidos, os dispositivos a serem prolongados, e os dispositivos projetados por meio de legendas bem definidas. Informar os elementos essenciais para o claro entendimento do sistema de drenagem existente em relação ao projetado; e
- f) projetos tipo dos dispositivos de drenagem devem atender aos desenhos contidos nas INFRA INF-00042, INFRA INF-00043, INFRA INF-00044 e INFRA INF-00045.

**4.3.4** Todos os serviços a serem executados devem atender às normas técnicas da INFRA S.A.. Em casos de inexistência de normas, para algum caso específico, devem ser apresentadas normas

complementares que atendam aos critérios técnicos e exigências da INFRA S.A..

**4.3.5** As quantidades de serviços devem ser determinadas de forma coerente com as normas técnicas da INFRA S.A.. Em casos de inexistência de normas, para algum caso específico, devem ser apresentadas normas complementares que atendam aos critérios técnicos e exigências da INFRA S.A..

**4.3.6** Os custos de cada serviço devem ser determinados de acordo com a metodologia vigente na INFRA S.A..

**4.3.7** Devem ser definidas as condições de execução da obra, como prazos de execução e quantificação dos equipamentos e mão de obra técnica, indicação do canteiro da obra e posição de suas instalações, jazidas, fontes de materiais e acessos.

**4.3.8** Ao final da fase de projeto executivo, deve ser montada uma planilha para bueiros de grotas, com os seguintes dados:

- a) número da bacia;
- b) estaca de localização;
- c) tipo de bueiro e dimensão;
- d) comprimento (esquerdo/direito);
- e) lado de montante;
- f) declividade (i%);
- g) esconsidade;
- h) carga hidráulica;
- i) tipo estrutural; e
- j) dispositivos de saída.

## **5 Classificação das obras**

### **5.1 Drenagem superficial**

O sistema de drenagem superficial, para efeito desta Norma, compõe-se essencialmente dos seguintes elementos:

- a) canais de diversos tipos;
- b) bueiros de greide;
- c) dissipadores de energia;
- d) descidas d'água;
- e) caixas coletoras;
- f) corta-rios; e

g) bacias de amortecimento.

## 5.2 Drenagem subterrânea

O sistema de drenagem subterrânea, compõe-se essencialmente de:

- a) drenos longitudinais profundos;
- b) drenos subsuperficiais;
- c) colchão drenante;
- d) drenos subhorizontais;
- e) valetões laterais; e
- f) drenos verticais.

## 5.3 Obras de transposição de talvegues

As obras de transposição de talvegues estão compostas por obras de arte correntes e obras de arte especiais.

Nas obras de arte correntes estão inclusos os bueiros tubulares e bueiros celulares, que têm uma metodologia de dimensionamento hidráulico diversa das obras de arte especiais.

As obras de arte especiais, na obras de drenagem, compõem-se das pontes e dos pontilhões. A verificação das pontes, sob o ponto de vista do comportamento hidráulico, é imprescindível para as definições geométrico-estruturais da obras.

Para efeito de análise hidráulica, os pontilhões devem ser tratados de forma semelhante às pontes.

## 6 Critérios de dimensionamento

Os critérios de dimensionamento hidráulico nesta Norma têm por objetivo a padronização dos parâmetros adotados para o cálculo.

### 6.1 Dispositivos de drenagem superficial

#### 6.1.1 Canais

6.1.1.1 Como canais de drenagem se entendem:

- a) valetas de proteção de cortes e aterros;
- b) sarjetas de cortes, de aterros e banquetas; e
- c) valetões e corta-rios.

6.1.1.2 O dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial deve ser feito por meio de determinação da seção de vazão, calculada mediante a aplicação da fórmula de Manning associada à equação de continuidade.

**6.1.1.3** O dimensionamento possibilita o estabelecimento dos comprimentos críticos para cada tipo de obra, em função da declividade dos segmentos a que correspondem, da rugosidade, da seção de vazão, velocidade, dentre outros. Definem-se comprimentos máximos aos segmentos nos quais a obra é capaz de conduzir sem transbordamento uma dada descarga afluyente.

**6.1.1.4** Os resultados obtidos devem permitir a confecção de tabelas, curvas e nomogramas, adequados à rápida consulta, para avaliação das soluções propostas pelo projetista.

**6.1.1.5** Além do comprimento crítico, devem ser levadas em consideração vazões adicionais, que eventualmente podem ocorrer ao longo do trecho, o que implica em se estabelecer pontos de saídas d'água com comprimentos menores que o comprimento crítico.

**6.1.1.6** Para o dimensionamento destes dispositivos, devem ser considerados os seguintes parâmetros:

- a) borda livre: 5 cm;
- b) velocidade mínima admissível: 0,6 m/s;
- c) velocidade máxima admissível: conforme a Tabela 1;

**Tabela 1 — Velocidades máximas admissíveis para a água**

<b>Material</b>	<b>Velocidade máxima (m/s)</b>
Argila dura	1,0
Grama	1,8
Solo Cimento	2,0
Gabiões	2,5
Alvenaria	2,5
Rocha Sã	4,0
Concreto	5,0

- d) coeficiente de rugosidade (n): conforme os valores apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 — Coeficiente de rugosidade**

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de rugosidade</b>
Superfície em terra	0,020
Superfície gramada	0,025
Superfície em solo-cimento	0,017
Superfície revestida em concreto	0,015
Superfície revestida de alvenaria de pedra argamassada	0,022
Superfície de alvenaria de tijolo cerâmico	0,017

## 6.1.2 Bueiros de greide

**6.1.2.1** Os bueiros de greide devem ser dimensionados pela teoria da vazão crítica, considerando a obra operando com lâmina d'água livre a montante, para a descarga calculada para um período de recorrência de 15 anos.

**6.1.2.2** No dimensionamento, devem ser considerados os seguintes critérios:

a) dimensão mínima de bueiros:

- 1) tubular: diâmetro ( $\varnothing$ ) = 1,0 m; e
- 2) celular: altura = 1,0 m e largura = 1,0 m.

b) nos casos dos bueiros de greide em que o recobrimento mínimo não possa ser atendido, admite-se a substituição da seção tubular mínima ( $\varnothing = 1,0\text{m}$ ), pela seção celular de 1,0 x 1,0 m, podendo o sublastro ferroviário apoiar-se diretamente sobre a laje superior do bueiro, desde que convenientemente dimensionado:

- 1) velocidade mínima admissível: 0,75 m/s;
- 2) velocidade máxima no interior do bueiro: 4,50 m/s;
- 3) velocidade máxima de saída deve ser calculada de forma a não causar danos às áreas adjacentes (erosão). Quando esta velocidade exceder à velocidade máxima permissível do terreno, deve ser indicada a construção de dissipador de energia;
- 4) recobrimento mínimo para bueiros tubulares: 1,5 vez o diâmetro da tubulação, acima da geratriz superior da canalização; e
- 5) recobrimento mínimo para bueiros celulares: 20 cm acima da superfície de cima da laje superior da galeria.

**6.1.2.3** Preferencialmente, deve ser utilizado concreto armado para os seguintes casos:

- 1) tubos de concreto armado até  $\varnothing = 1,5\text{ m}$ ; e
- 2) bueiros celulares de concreto armado com seção a partir da base = 1,0 m e altura = 1,0 m.

## 6.1.3 Dissipadores de energia

Nos casos em que as águas atinjam velocidades superiores à máxima recomendada, devem ser empregados dissipadores de energia, com a finalidade de limitar estas velocidades e evitar processos erosivos. O dimensionamento dos dissipadores deve levar em conta a vazão, a velocidade do fluxo e os materiais disponíveis na região.

## 6.1.4 Descidas d'água

As descidas d'água são previstas com objetivo de conduzir as águas provenientes de outros dispositivos e/ou do terreno natural, até cotas menos elevadas.

As descidas d'água podem ser previstas em degraus ou calhas, e devem ser dimensionadas de forma a

conduzir as descargas sem danos para as áreas adjacentes.

A sua localização deve ser definida nos locais onde sejam atingidos os comprimentos críticos das obras de drenagem superficial, ou em pontos propícios à acumulação de água devido à geometria da linha (pontos baixo de greide) e encontros de pontes e viadutos.

Este tipo de obra de drenagem pode ser prevista também nos pontos baixos do terreno natural, em locais de corte e para dar escoamento seguro à saída de bueiros.

#### **6.1.5 Bacias de amortecimentos**

As bacias de amortecimento têm a função de diminuir a velocidade da água quando esta passa de um dispositivo de drenagem superficial qualquer para o terreno natural, de modo a evitar o fenômeno da erosão.

São instaladas de um modo geral nos seguintes locais:

- a) no pé das descidas d'água nos aterros;
- b) na boca de jusante dos bueiros; e
- c) na saída das sarjetas de corte, nos pontos de passagem de corte-aterro.

O dimensionamento hidráulico será função da velocidade de escoamento d'água a montante e da altura do fluxo afluyente.

#### **6.1.6 Corta-rio**

Seu dimensionamento segue as mesmas premissas do dimensionamento das valetas.

#### **6.1.7 Dispositivos de drenagem subterrânea**

A drenagem subterrânea tem por objetivo resolver os problemas causados pela água de infiltração, na forma de lençóis subterrâneos, além de um outro aspecto desta água na forma de "franja capilar".

A solução dos projetos de drenagem subterrânea exige:

- a) conhecimento da topografia da área;
- b) observações geológicas e pedológicas necessárias, com obtenção de amostras dos solos por meio de sondagens a trado, percussão, rotativa e, em certos casos, por abertura de poços a pá e picareta; e
- c) conhecimento da pluviometria da região, por intermédio dos recursos oferecidos pela hidrologia.

#### **6.1.8 Drenos longitudinais profundos**

Os drenos longitudinais profundos têm por objetivo principal interceptar o fluxo da água subterrânea, por meio do rebaixamento do lençol freático, impedindo-o de atingir o sublastro.

Os drenos longitudinais profundos são instalados, preferencialmente, em profundidades da ordem de 1,50 m a 2,00 m, tendo por finalidade captar e aliviar o lençol freático e, conseqüentemente, proteger o corpo estradal.

Devem ser instalados nos trechos em corte, nos terrenos planos que apresentem lençol freático próximo do sublastro, bem como nas áreas eventualmente saturadas, próximas ao pé dos taludes.

Podem, também, ser instalados sob os aterros, quando ocorrer a possibilidade de aparecimento de água livre, bem como quando forem encontradas camadas permeáveis sobrepostas a outras impermeáveis, mesmo sem a presença de água na ocasião da pesquisa do lençol freático.

### **6.1.9 Drenos verticais**

A eventual necessidade de executar um trecho ferroviário com aterros sobre depósitos de solos moles, como siltes ou argilas orgânicas, argilas sensíveis e turfas, pode representar problemas de solução difícil e onerosa e, a fim de reduzir os custos de implantação, deve-se realizar uma avaliação cuidadosa na fase de projeto.

Sob o ponto de vista técnico-econômico, a garantia da estabilidade dos aterros construídos sobre depósitos de argila mole saturada pode, normalmente, ser alcançada com o uso da velocidade de compressão controlada ou pré-adensamento, usando, algumas vezes, uma sobrecarga que, ao reduzir os recalques pós-construtivos, vai contribuir para o aumento da resistência ao cisalhamento e, assim, atender ao equilíbrio do maciço.

Muitas vezes, porém, os depósitos de solos compressíveis são, além de espessos, de baixa condição de permeabilidade, fazendo com que o adensamento se produza de modo muito lento, tornando então recomendável, para a aceleração desse processo de adensamento, o uso de drenos verticais de areia ou drenos fibro-químicos.

Os drenos verticais devem ser executados através da perfuração no solo com preenchimento do espaço obtido com areia solta, sendo o diâmetro do dreno geralmente de 50 cm. A instalação dos drenos de areia é realizada por métodos que podem ser descritos como de tubo de ponta fechada, cravado por percussão ou jato d'água, tubo de ponta aberta, com os mesmos tipos de cravação, drenagem rotativa, jato de água rotativo, a trado helicoidal contínuo com haste sólida ou oca e cravação por vibração. O processo de adensamento com drenos fibro-químicos tem a mesma sistemática do dreno de areia. São implantados com a cravação de perfis por punção, o que transforma o processo mais rápido e menos oneroso.

O espaçamento dos drenos fibro-químicos, que deve ser entre 2 m e 5 m, é objeto de análise específica para cada projeto, considerando o grau de adensamento do solo envolvido e o tempo de recalque esperado.

A aplicação de dreno fibro-químico deve ser adotada quando vier a se tornar favorável, por meio da avaliação técnico-econômica.

### **6.1.10 Drenos sub-horizontais**

Os drenos sub-horizontais são aplicados para a prevenção e correção de escorregamentos, onde a causa determinante da instabilidade é a elevação do lençol freático ou do nível piezométrico de lençóis confinados. No caso de escorregamentos de grandes proporções, geralmente trata-se da única solução econômica a se recorrer.

São constituídos por tubos providos de ranhuras ou orifícios na sua parte superior, introduzidos em perfurações executadas na parede do talude, com inclinação próxima à horizontal. Estes tubos drenam a água do lençol ou lençóis freáticos, aliviando a pressão nos poros do solo. Para o projeto considera-se, mais importante que o alívio da pressão, a mudança da direção do fluxo d'água, orientando-se assim a percolação para uma direção que contribui para o aumento da estabilidade.

Para o projeto deve-se observar que:

- a) para o mesmo comprimento total de drenos instalados, drenos longos mais espaçados são mais eficientes, no que se refere ao aumento de fator de segurança, do que drenos mais curtos, com espaçamento menor; e
- b) quanto mais suave o talude, maior o comprimento necessário dos drenos.

#### **6.1.11 Colchão drenante**

**6.1.11.1** Tem como objetivo drenar as águas, situadas à pequena profundidade do corpo estradal. Pode ser usado nos seguintes casos:

- a) nos cortes em rocha;
- b) nos cortes em solo, quando o lençol freático estiver próximo do greide da terraplenagem;
- c) na base dos aterros, onde houver água livre próximo ao terreno natural; e
- d) nos aterros constituídos sobre terrenos impermeáveis.

**6.1.11.2** A remoção das águas coletadas pelos colchões drenantes deve ser feita por drenos longitudinais.

**6.1.11.3** Para o dimensionamento do colchão drenante, como se trata ainda de meio poroso, há necessidade de determinar os seguintes parâmetros:

- a) volume de água a escoar pela camada, em uma faixa de 1,0 m de largura e 1,0 m de comprimento, na direção do fluxo, até o limite da bacia de contribuição (Q);
- b) gradiente hidráulico do fluxo (I), que pode ser substituído pela declividade da camada; e
- c) além dessas determinações, há necessidade de pesquisa no campo para obtenção do material drenante e filtrante, com granulometria que atenda aos critérios do projeto.

**6.1.11.4** Os coeficientes de permeabilidade das camadas devem atender às necessidades da vazão.

#### **6.1.12 Valetão lateral**

Existem casos em que se recomendam os valetões laterais, formados a partir do bordo da plataforma, sendo este valetão constituído, de um lado pela plataforma e do outro pelo próprio talude do corte, processo este designado por falso-aterro.

O valetão lateral, em regiões planas, pode exercer dupla função, sendo previsto para trabalhar como sarjeta e dreno profundo, ao mesmo tempo.

Recomenda-se o revestimento dos taludes do valetão lateral com gramíneas. A profundidade deve ser, quando possível, de 1.5 m a 2.0 m e a inclinação dos taludes de 3H:2V.

## **6.2 Bueiros de talvegue**

Devem ser dimensionados como canal pela teoria da vazão crítica, considerando-se a obra operando com lâmina d'água livre a montante, para a descarga calculada para um período de recorrência de



25 anos.

Deve ser realizada a verificação do escoamento como orifício, para a descarga calculada, considerando um período de 50 anos, admitindo-se a sobreelevação máxima de 1,0 m. Para esta situação devem-se utilizar os ábacos e os procedimentos contidos na publicação do DNIT IPR-724.

Deve-se analisar a seção de controle e as condições de escoamento e verificar os níveis de inundação a montante, de maneira a evitar prejuízos tanto a terceiros como ao corpo estradal.

No dimensionamento, devem ser considerados os seguintes critérios:

- a) dimensão mínima de bueiros:
  - 1) tubular: diâmetro ( $\varnothing$ ) = 1,0 m; e
  - 2) celular: altura = 1,5 m e largura = 1,5 m.
- b) nos casos dos bueiros de greide em que o recobrimento mínimo não possa ser atendido, admite-se a substituição da seção tubular mínima ( $\varnothing$  = 1,0 m) pela seção celular de 1,0 m x 1,0 m, podendo a superestrutura ferroviária apoiar-se diretamente sobre a laje superior do bueiro, desde que convenientemente dimensionado;
- c) nos casos em que a altura de aterro seja insuficiente para a execução do bueiro celular de dimensões mínimas (altura = 1,5 m), admite-se a adoção de bueiros com alturas inferiores à mínima especificada, desde que as condições hidráulicas e estruturais sejam atendidas. Nesses casos, a superestrutura também pode apoiar-se diretamente sobre a laje superior do bueiro;
- d) velocidade mínima admissível: 0,75 m/s;
- e) velocidade máxima de saída deve ser calculada de forma a não causar danos às áreas adjacentes (erosão). Quando esta velocidade exceder à velocidade máxima permissível do terreno, deve ser indicada a construção de dissipador de energia;
- f) recobrimento mínimo para bueiros tubulares: 1,5 vez o diâmetro da tubulação, acima da geratriz superior da canalização;
- g) recobrimento mínimo para bueiros celulares: 0,20 m acima da superfície de cima da laje superior da galeria; e
- h) preferencialmente, deve ser utilizado concreto armado em:
  - 1) bueiros tubulares de concreto armado até  $\varnothing$  = 1,5 m; e
  - 2) bueiros celulares de concreto armado a partir de 1,0 m de lado.

### 6.3 Dimensionamento hidráulico das pontes e pontilhões

O dimensionamento hidráulico das pontes e pontilhões compreende a análise dos efeitos da vazão através da seção das obras, com vistas à determinação das influências, quanto à elevação da superfície livre e da velocidade de escoamento, na ocorrência de grandes caudais.

Esta verificação deve ser efetivada mediante a aplicação da fórmula de Manning associada à equação de continuidade, considerando-se o canal natural de escoamento, e à execução de aterros de aproximação.

Por premissa, é considerada suficiente a seção de vazão que satisfaça à descarga de projeto, calculada nos estudos hidrológicos, com folga mínima de 1,00 m e o valor desejável de 2,00 m, entre o nível da máxima enchente e a superfície inferior da superestrutura, e à qual não correspondam velocidades destrutivas nas saias dos aterros.

Os coeficientes de rugosidade (n), a utilizar nessas condições, são os indicados segundo a natureza da superfície dos cursos naturais, conforme apresentado a seguir:

a) águas altas:

- 1) para margens retas, leito limpo sem poços ou depressões, utilizar um valor de 0,025;
- 2) para margens retas, leito com algumas pedras e vegetações, utilizar um valor de 0,030;
- 3) para margens sinuosas, leito limpo, com alguns poços e baixos, utilizar um valor de 0,035; e
- 4) para margens sinuosas, leito limpo, com algumas pedras e vegetação, utilizar um valor de 0,045.

b) águas baixas:

- 1) para margens sinuosas, leito limpo, com alguns poços e baixos, utilizar um valor de 0,040; e
- 2) para margens sinuosas em trechos pedregosos, utilizar um valor de 0,045.

As velocidades médias, determinadas por meio das fórmulas indicadas, devem ser mantidas em valores inferiores aos correspondentes ao início da erosão dos leitos, explicitados na Tabela 3.

**Tabela 3 — Velocidade máxima de escoamento da água**

<b>Tipos de leito</b>	<b>Velocidade máxima (m/s)</b>
lodo ou vaza	0,50
areia fina	0,80
areia média	1,00
areia compacta	1,50
saibro	1,80
cascalho, rio com leito estável	2,00

Casos particulares de pontes localizadas em áreas de reserva hídrica, devem ser submetidos à análise dos órgãos responsáveis, para efeito de preservação das condições dominantes de utilização do reservatório.

Também nos casos de ocorrência de deposições permanentes, os sedimentos industriais devem ser considerados, ressaltando-se, principalmente, os segmentos próximos aos rios com despejos de lavagem de minério, onde se verifica contínuo assoreamento. A análise em tais casos, deve ser criteriosa, envolvendo inclusive, os canais ou valetas de deságue de bueiros.

## **7 Apresentação**

### **7.1 Apresentação do anteprojeto**

A apresentação do anteprojeto das obras de arte especiais, deve obedecer às indicações da Instrução Normativa N° 1/SUPRO-VALEC/DIREN-VALEC de 2021.

### **7.2 Apresentação do projeto básico**

A apresentação do projeto básico deve obedecer às diretrizes da INFRA PRO-00004.

### **7.3 Apresentação do projeto executivo**

A apresentação do projeto executivo deve obedecer às diretrizes da INFRA PRO-00024.

## Bibliografia

- [1] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 018/2023 – ES: Drenagem – Sarjetas e valetas – Especificação de serviço.** Brasília. 2015.
- [2] \_\_\_\_\_. **DNIT 021/2004 – ES: Drenagem - Entradas e descidas d'água – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro. 2004.
- [3] \_\_\_\_\_. **DNIT 022/2006-ES: Drenagem – Dissipadores de energia –.** Especificação de serviço. Rio de Janeiro. 2006.
- [4] \_\_\_\_\_. **DNIT 026/2004 – ES: Drenagem – Caixas coletoras – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro. 2006.
- [5] JABÔR, M. A. **Curso de drenagem de rodovias.** Estudos Hidrológicos e Projetos de Drenagem. 196 p. 2019.
- [6] MICHELIN, R. G. **Drenagem Superficial e Subterrânea de Estradas.** Rio Grande do Sul, segunda edição. 1975
- [7] WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial.** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental São Paulo. 477 p. 1978.