



“Drenagem de Rodovias”

Parte - II

Setembro/2021

Engº Marcos Augusto Jabôr

“Drenagem de Rodovias”

2 - Projeto de Drenagem

Obras de Arte Correntes e Especiais

PROJETO DE DRENAGEM

O projeto de drenagem é desenvolvido com os dados obtidos dos Estudos Hidrológicos, compreendendo o dimensionamento, a verificação hidráulica, a funcionalidade e o posicionamento das obras e dispositivos.

DRENAGEM

Pode-se definir, DRENAGEM como a ciência que tem por objetivos, através de um Sistema de Drenagem eficaz, remover e ou impedir tecnicamente o excesso das águas superficiais e profundas, a fim de proteger e melhorar tudo sobre que possam elas influir.

SISTEMA DE DRENAGEM

É o conjunto de dispositivos de drenagem que tem como objetivos, garantir a integridade do corpo estradal e do seu entorno(Meio Ambiente), bem como a segurança dos usuários da via.

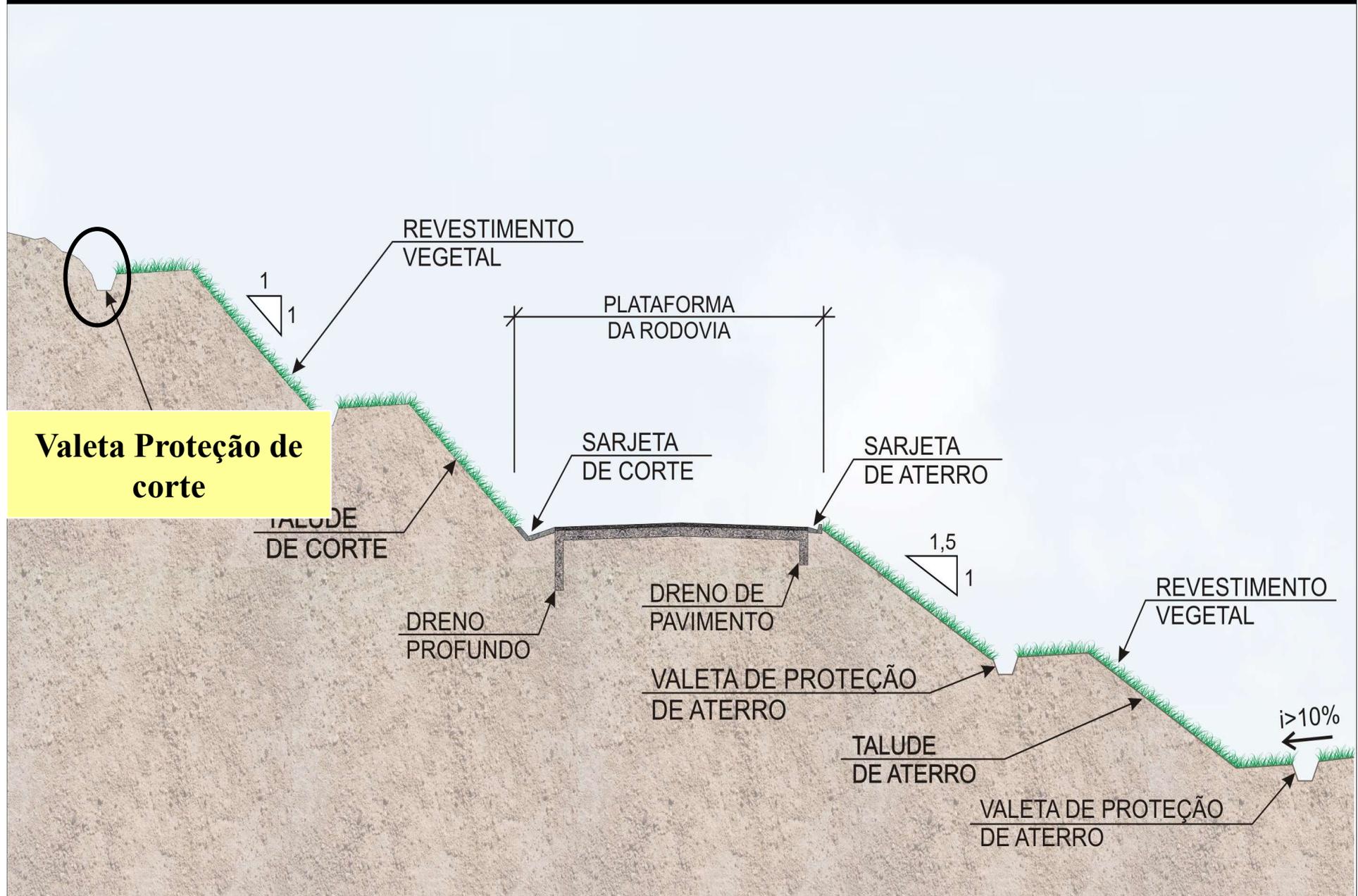
Dispositivos que compõe um Sistema de Drenagem

- **Obras de arte correntes (bueiros tubulares e galerias);**
- **Valetas de proteção de corte e aterro;**
- **Sarjetas de corte e aterro;**
- **Entrada d'água em aterro / Saídas d'água;**
- **Descidas d'água de corte e aterro**
- **Soleira de dispersão;**
- **Caixa Coletora;**

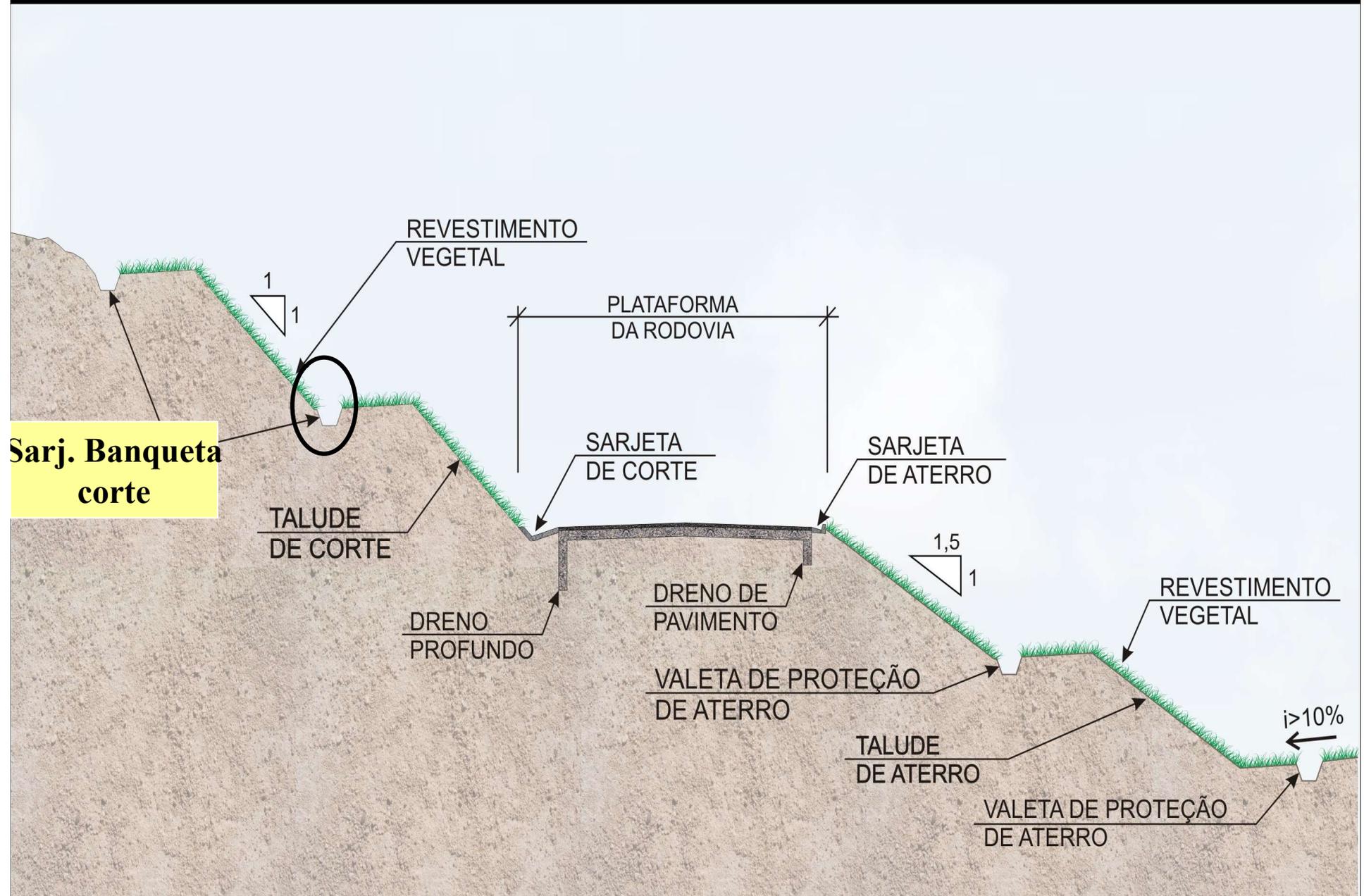
Dispositivos que compõe um Sistema de Drenagem

- **Sarjetas de banquetas de Corte e aterro;**
- **Dreno profundo longitudinal;**
- **Dreno transversal;**
- **Dreno de pavimento;**
- **Dreno espinha de peixe;**
- **Colchão drenante;**
- **Dreno de talvegue.**

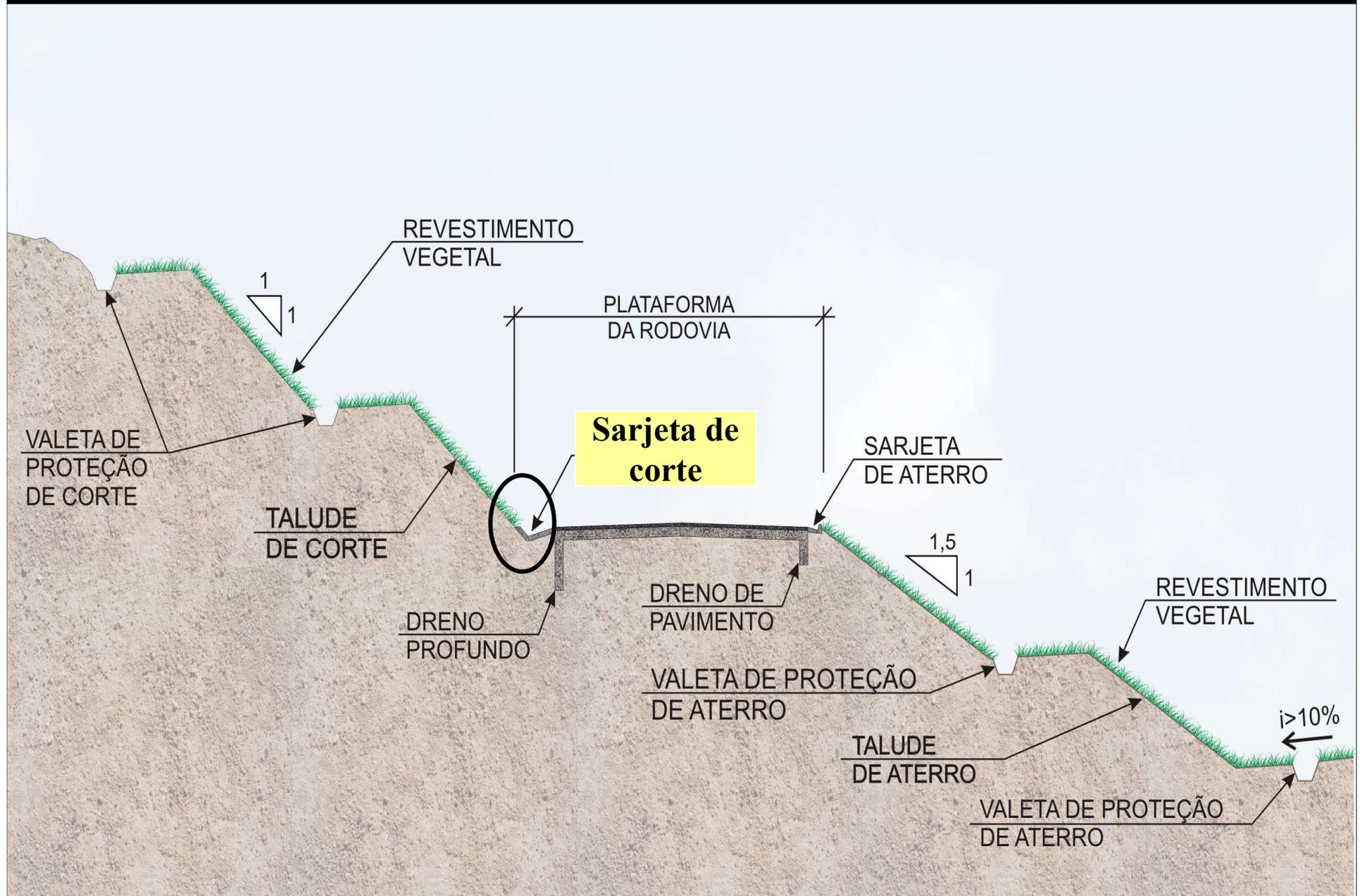
Sistema de Drenagem



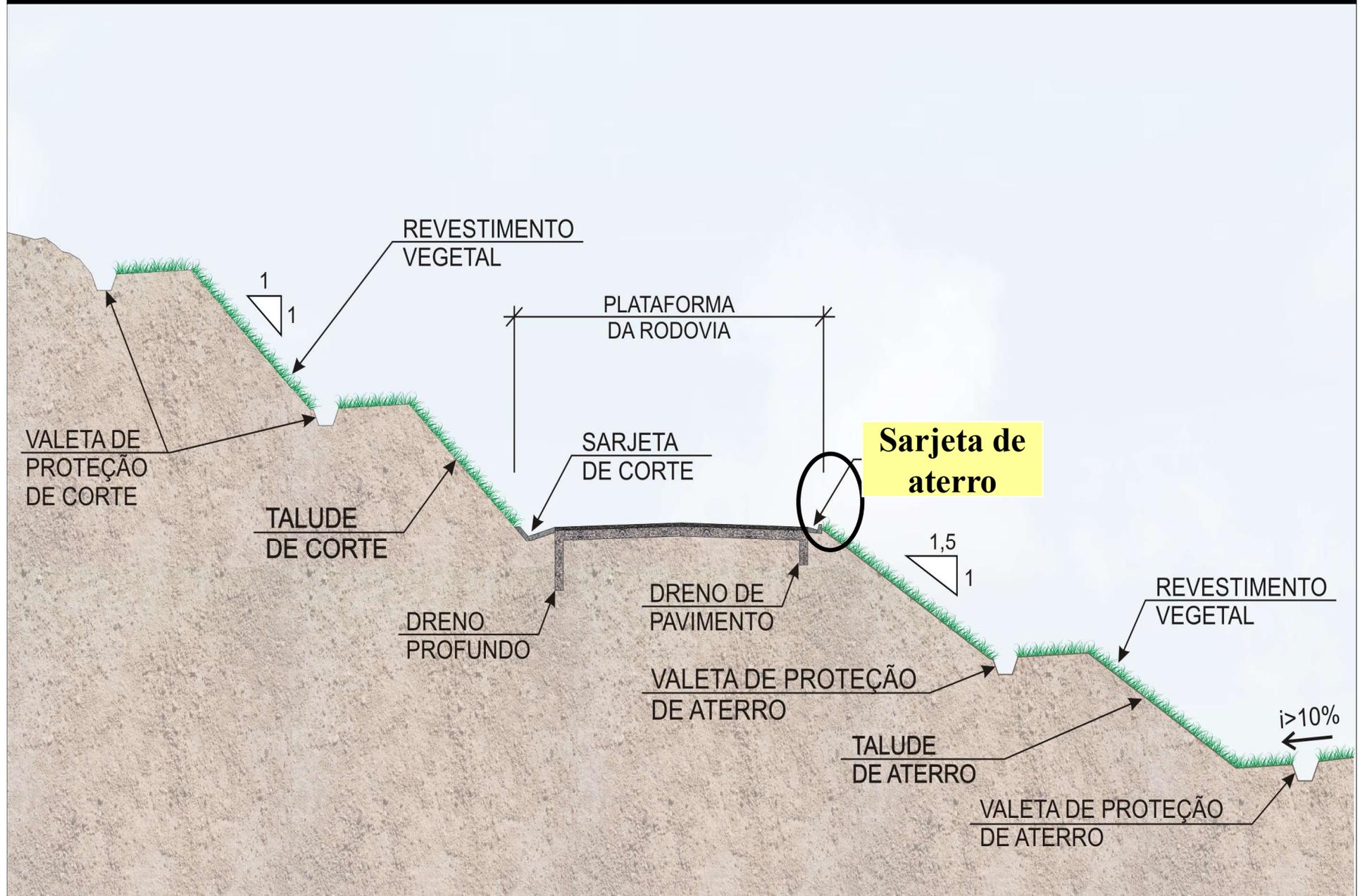
Sistema de Drenagem



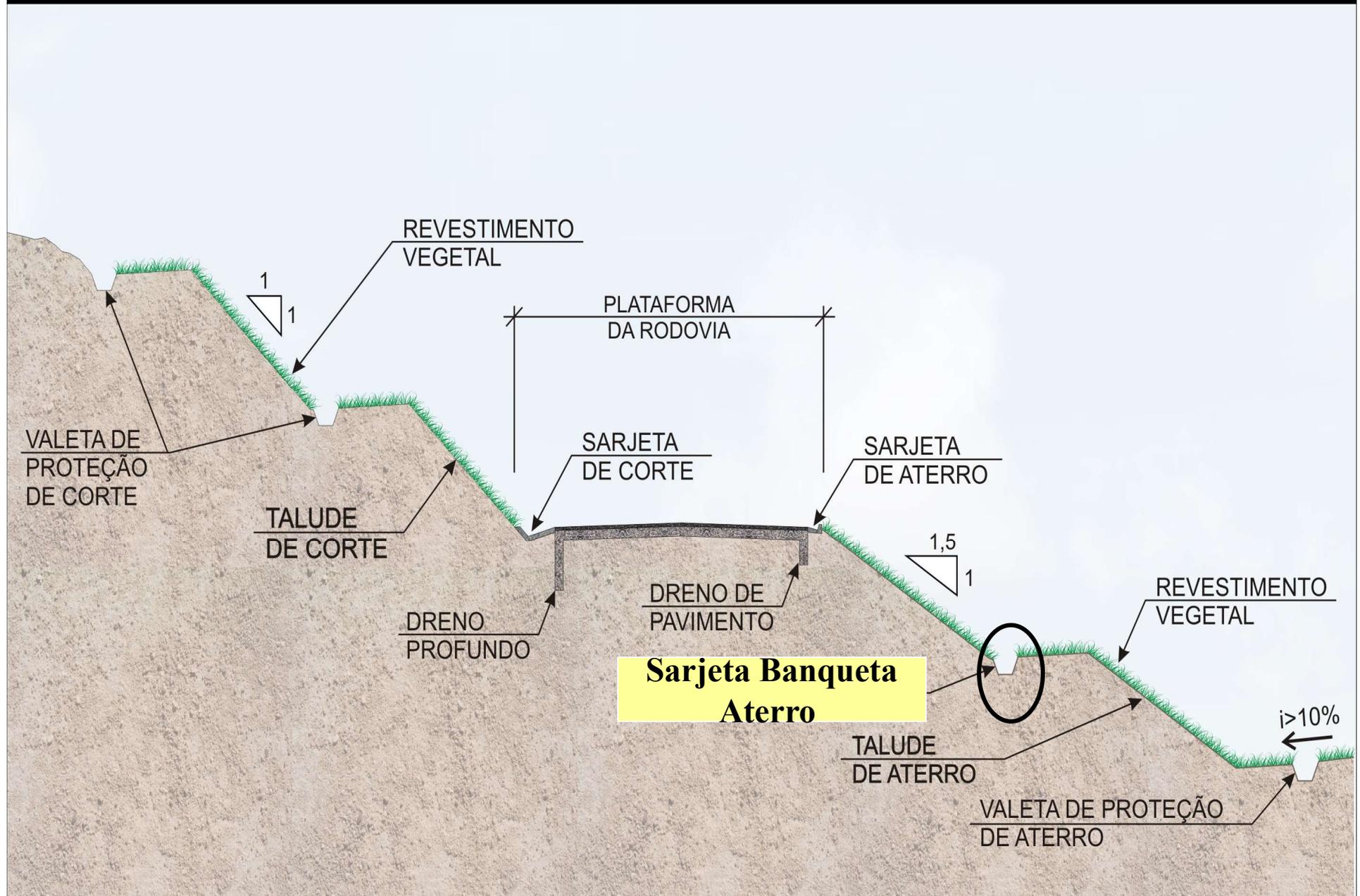
Sistema de Drenagem



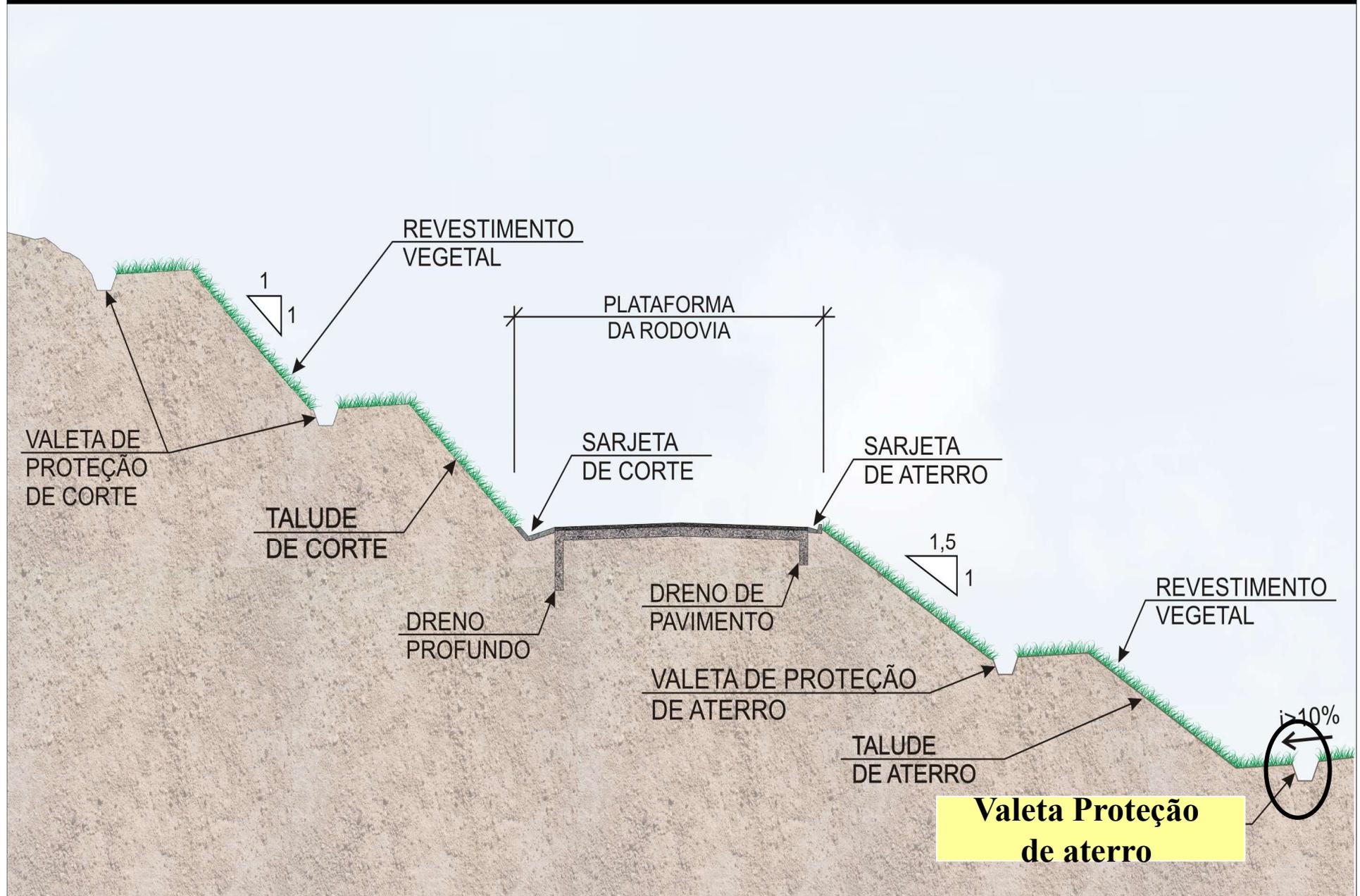
Sistema de Drenagem



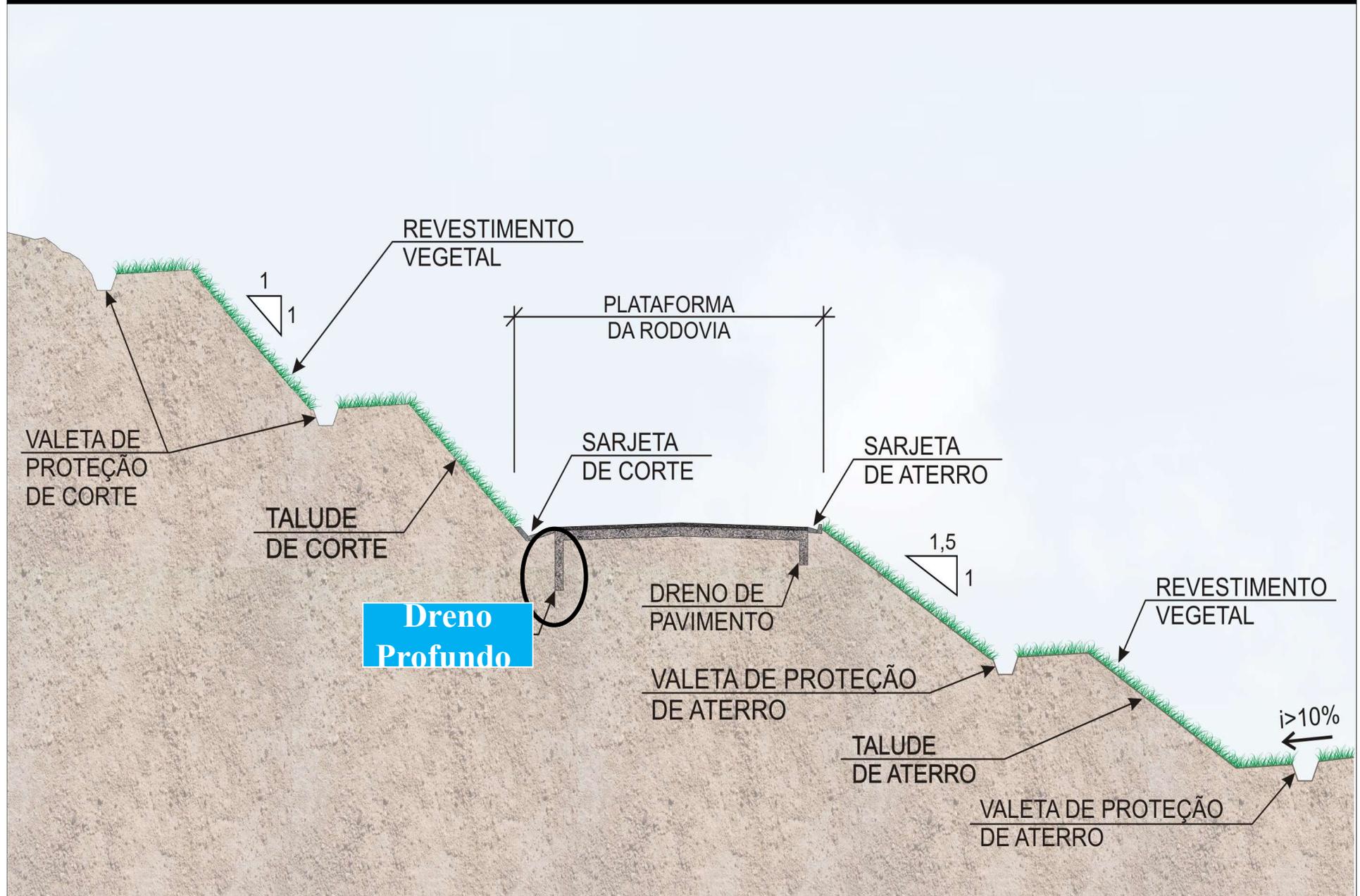
Sistema de Drenagem



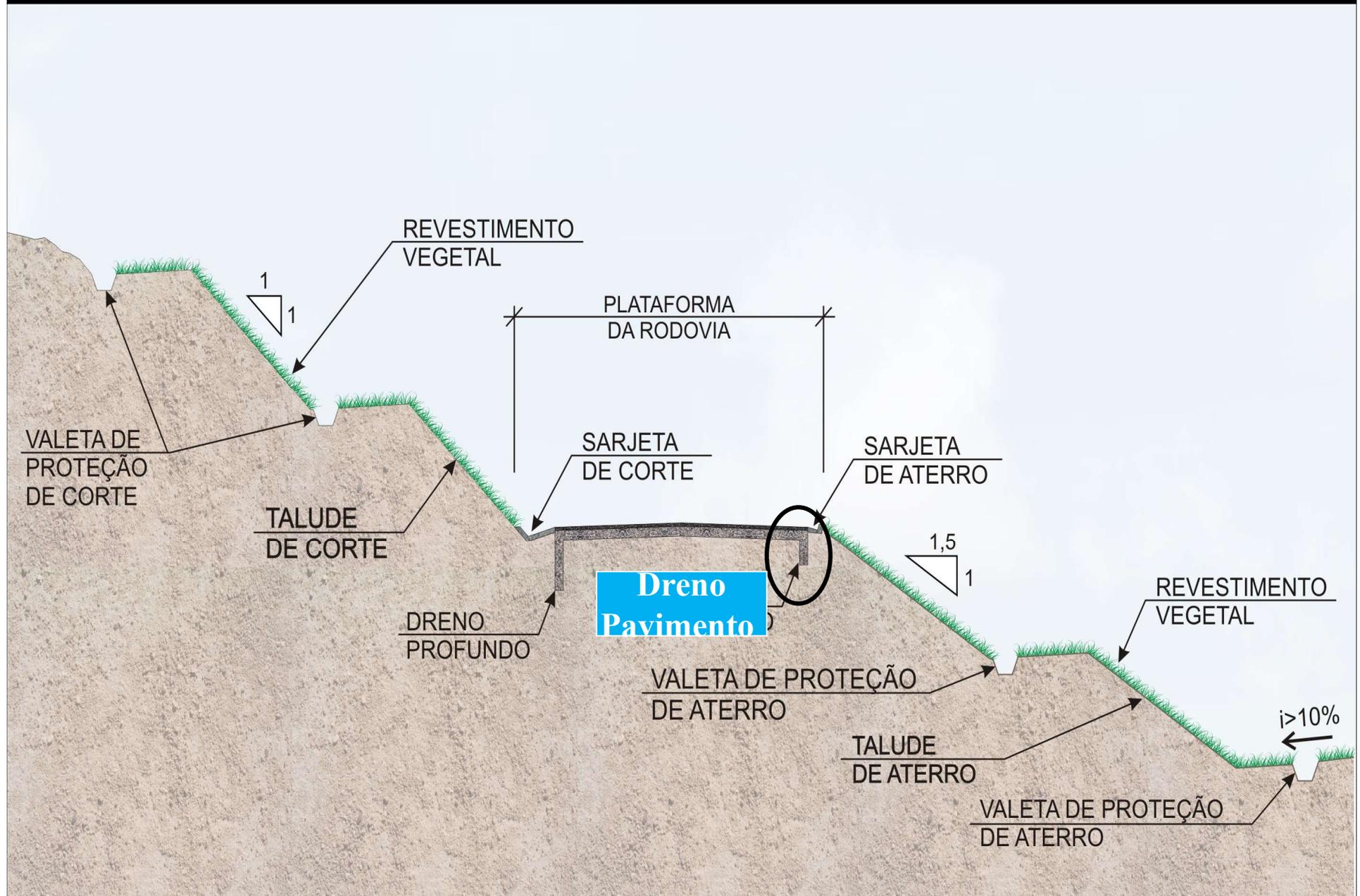
Sistema de Drenagem



Sistema de Drenagem



Sistema de Drenagem



Dispositivos de Drenagem

Os dispositivos de drenagem têm como objetivo, **captar e conduzir para local adequado** toda a água que sob qualquer forma venha a atingir o corpo estradal.









Este é o local adequado?

9.12.2013





Dispositivos de Drenagem

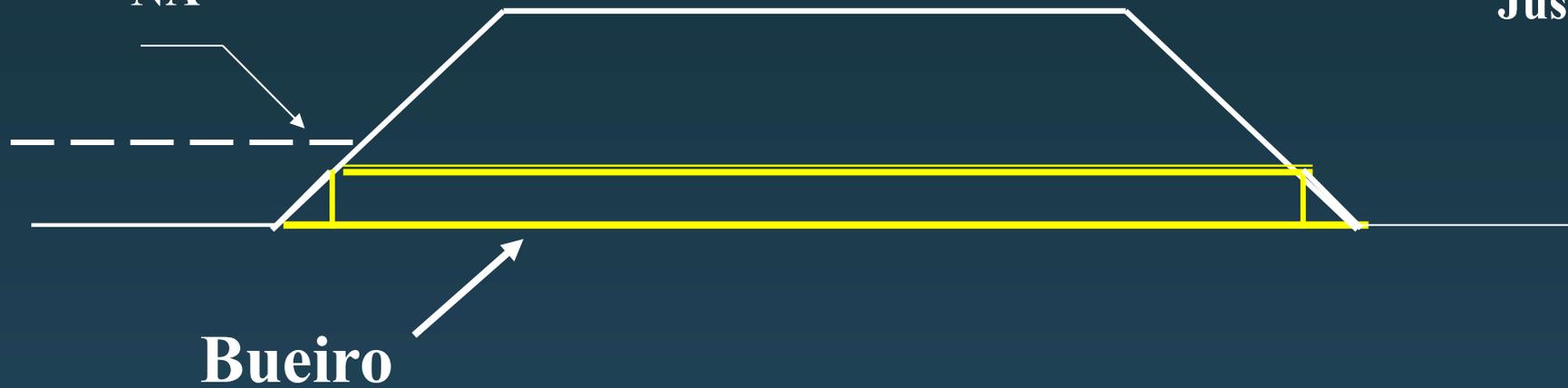
Para a implantação correta de um Dispositivo de Drenagem, é fundamental entender a função a que se destina.

Qual a função de um bueiro?

Montante

NA

Jusante



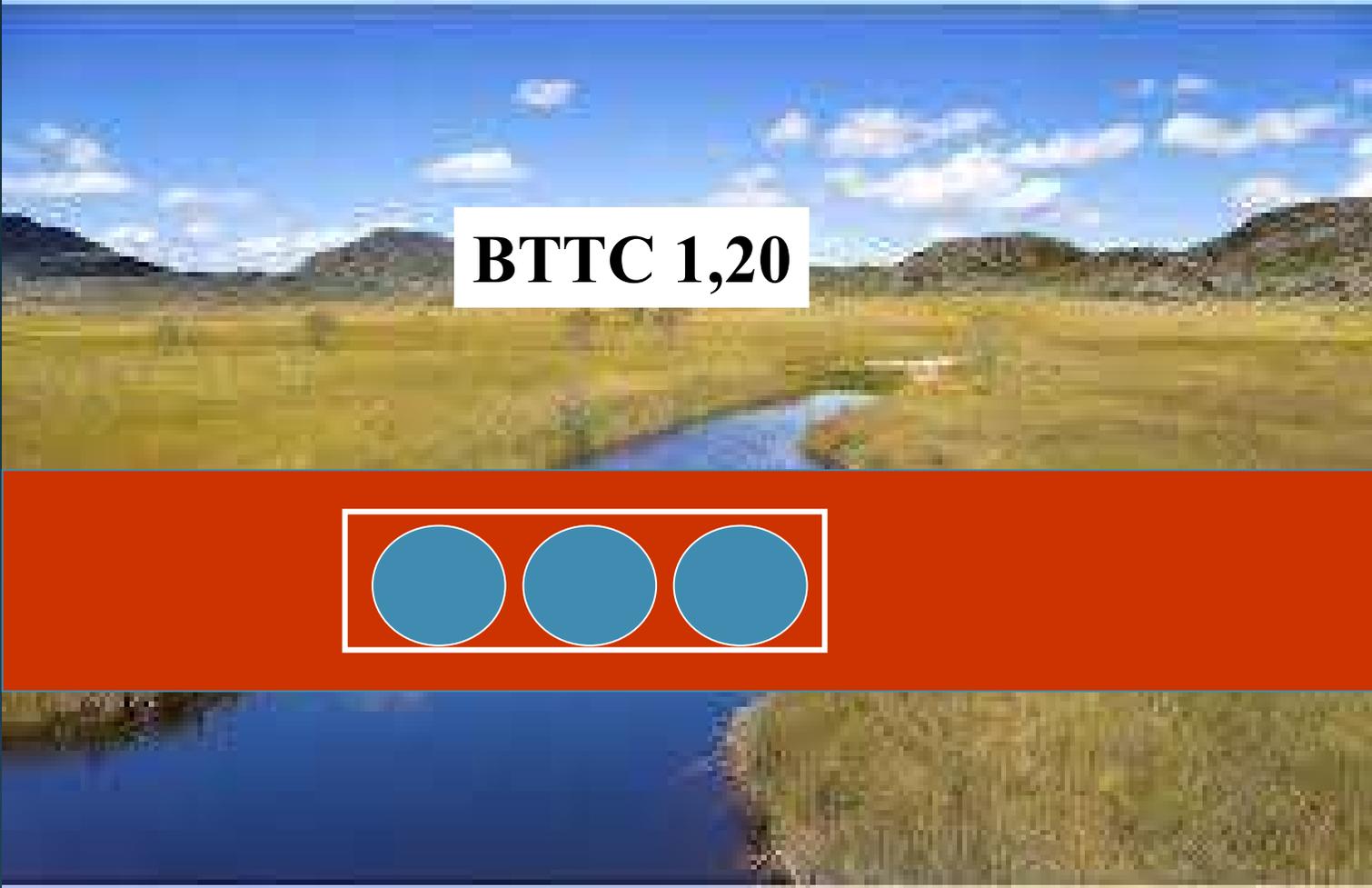
Bueiro



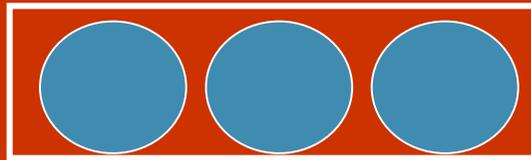


Aterro





BTTC 1,20



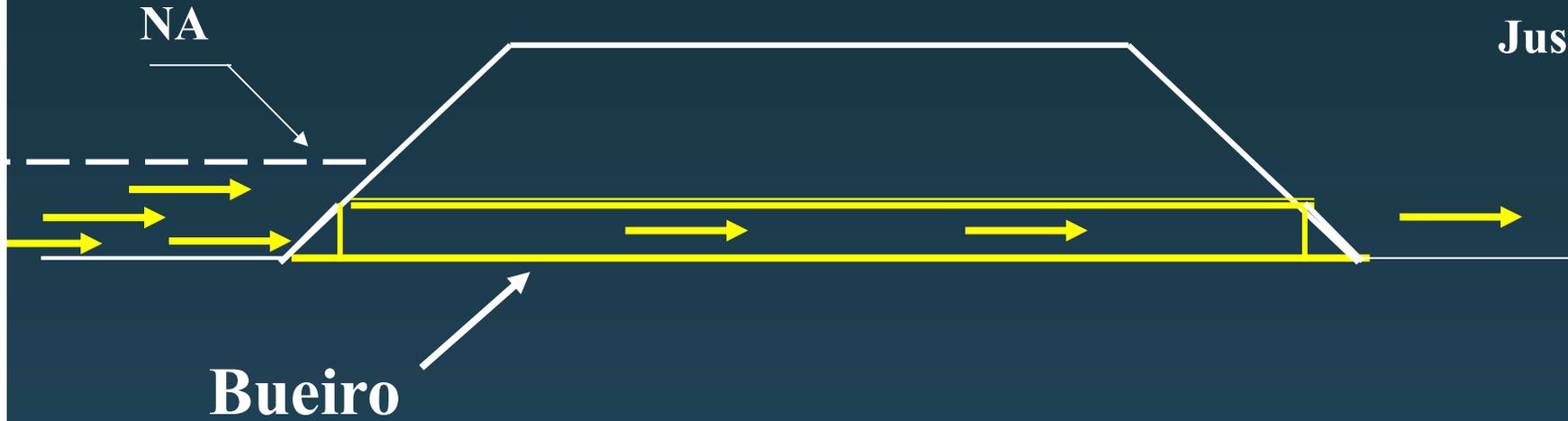
Qual a função de um bueiro?

Montante

NA

Jusante

Bueiro





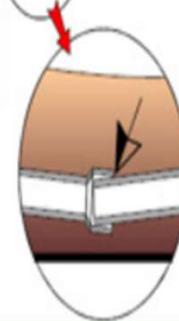
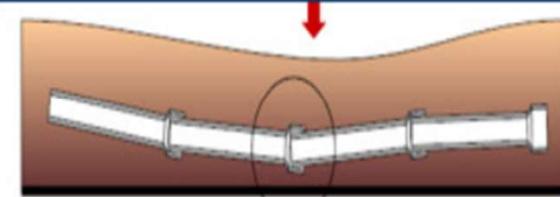
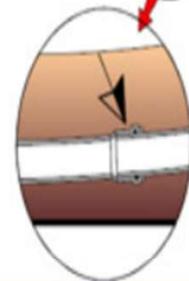
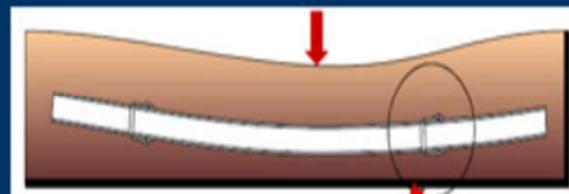
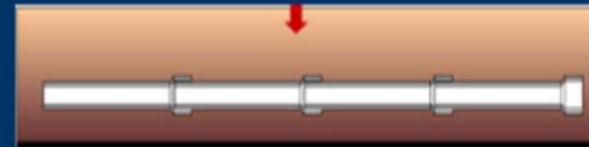


TUBO CORRUGADO & SOLUÇÕES TRADICIONAIS

Barra de 6 metros



Barra de 1,5 metro



15

Obras de Arte Correntes - Bueiros

Os Bueiros podem ser classificados:

1 - Quanto aos materiais de construção:

- **alvenaria de pedra**
- **concreto simples**
- **concreto armado**
- **Mixto: Concreto Armado e Alvenaria de Pedra**
Ex: DER-BA e DER-MG
- **chapas metálicas**
- **PVC**
- **PEAD**

Os Bueiros podem ser classificados:

2 - Quanto a forma da seção transversal:

- **circulares**
- **elípticos**
- **quadrados**
- **retangulares**
- **outras especiais**

Os Bueiros podem ser classificados:

3 - Quanto a rigidez, segundo o grau de deformação:

- **rígidos**
- **flexíveis**

Obras de Arte Correntes

BUEIROS TUBULARES

E

BUEIROS CELULARES (GALERIAS)



BUEIROS TUBULARES

Obras de Arte Correntes

Bueiros Tubulares mais usuais:

- **CONCRETO**
- **METÁLICO – Armco Staco**
- **PVC – Rib Loc**
- **PEAD: Kanaflex, Tigre-ADS e Armco Staco**

Bueiro Tubular de Concreto - BSTC



Macho e Fêmea



Ponta e Bolsa



Bueiro Tubular Metálico (ARMCO)– BSTM Chapa Galvanizada



Bueiro Tubular Metálico (ARMCO) – Revestimento em Epóxi



Bueiro Tubular de PVC Helicoidal – BST. PVC Rib Loc



Diâmetro Nominal DN	Perfil Utilizado	Diâmetro Interno DI (mm)	Diâmetro externo DE (mm)	Peso aproximado (Kg/m)	Ovalização máxima (mm)
300	112 BR	300	327	3,8	7,6
400	112BR	400	427	5,0	10,1
400	140BR1	400	434	5,8	10,1
500	140BR1	500	534	7,2	12,6
600	140BR1	600	634	8,6	15,1
700	140BR1	700	734	10,1	17,6
700	140BR2	700	739	14,8	17,6
800	140BR2	800	839	16,8	20,1
900	140BR2	900	939	18,8	22,6
900	168BR2	900	946	29,1	22,6
1000	168BR2	1000	1046	32,2	25,1
1100	168BR2	1100	1146	35,4	27,7
1200	168BR2	1200	1246	38,6	30,2
1500 steel	168BR2	1500	1546	87,6	37,8
1800 steel	168BR2	1800	1846	105,1	45,3
2000 steel	168BR2	2000	2046	116,8	50,3
2500 steel	168BR2	2500	2546	145,9	62,9
3000 steel	168BR2	3000	3046	263,2	75,5

Kanaflex

Tubo PEAD - Diâmetro \leq 1,20 m

Tubos PEAD – BST.PEAD - Kanaflex



Kana SUPER

Tubo corrugado de grande diâmetro

- Dupla parede
- Super resistente
- Fácil instalação
- Fabricado em PEAD

Kana flex

Tigre - ADS

Tubo PEAD - Diâmetro \leq 1,50 m

Tubos PEAD – BST.PEAD - ADS TIGRE



Armco Staco

Tubo PEAD - Diâmetro \leq 3,0 m

Tube WEHOLITE – ARMCO STACO







Anel Rodoviário de Belo Horizonte

Importancia do Processo Construtivo

Tubo Flexível

Importancia do Processo Construtivo

Tubo Flexível

Metálico

Rib Loc

PEAD

Assentamento em base rígida

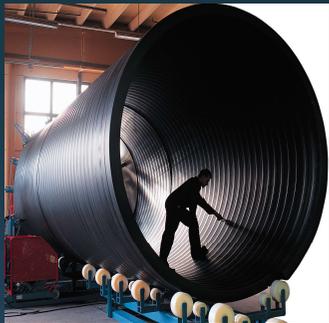
Assentamento em base rígida



Metálico



PEAD



Rib Loc

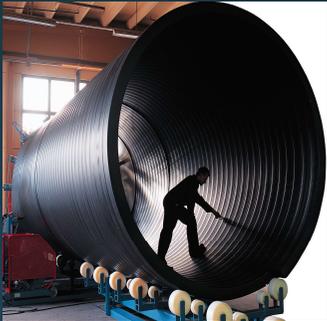


Assentamento em base rígida

Metálico



PEAD



Rib Loc



Nunca



Assentamento em base rígida

Reaterro



Senhores,

Executei recentemente aqui no Estado do Amazonas um bueiro de aço corrugado de $D=1,8\text{m}$. Depois de algumas semanas, depois de já aterrado, pavimentado e construindo as alas, notei que no centro tubo esta deformando, certamente pela sua condição flexível.

Alguem presente no grupo já teve esta experiência nessas construções com bueiros de aço corrugado?

Senhores,

Executei recentemente aqui no Estado do Amazonas um bueiro de aço corrugado de $D=1,8\text{m}$. Depois de algumas semanas, depois de já aterrado, pavimentado e construindo as alas, notei que no centro tubo esta deformando, **certamente pela sua condição flexível.**

Alguem presente no grupo já teve esta experiência nessas construções com bueiros de aço corrugado?

BUEIROS CELULARES (GALERIAS)

Galeria Moldada “In loco”





Galerias em Aduelas/Pré Moldadas









Execução Bueiros

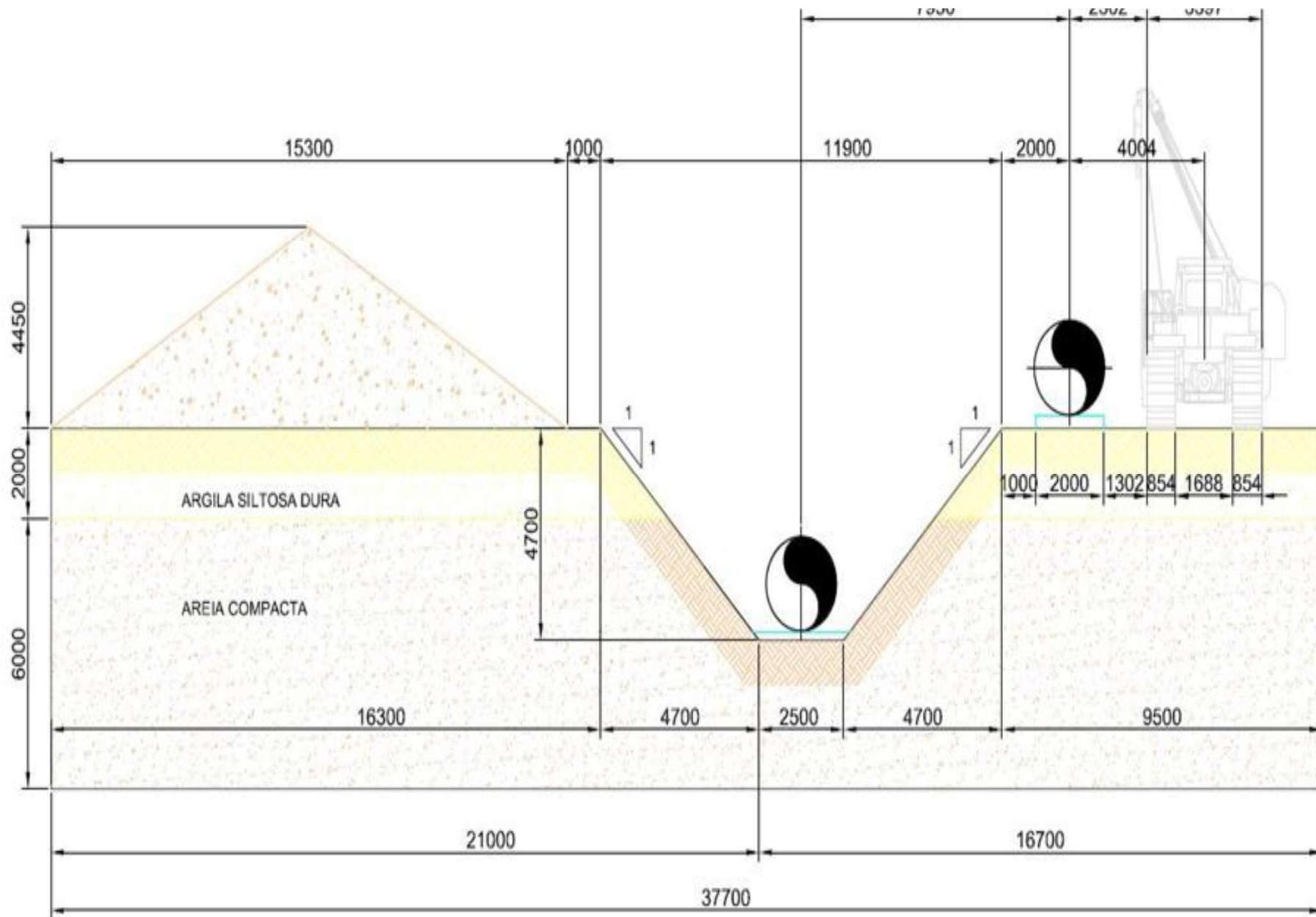
Método convencional

Método Destrutivo:

Execução de bueiro com abertura de aterro

Método destrutivo c/ abertura de aterro





Exemplo de execução com abertura de aterro

Anel Rodoviário de Belo Horizonte



Outubro de 2014 – 166.000 veículos/dia

Método Não Destrutivo

Sem abertura de aterro

Método Não Destrutivo

1- Túnel Liner

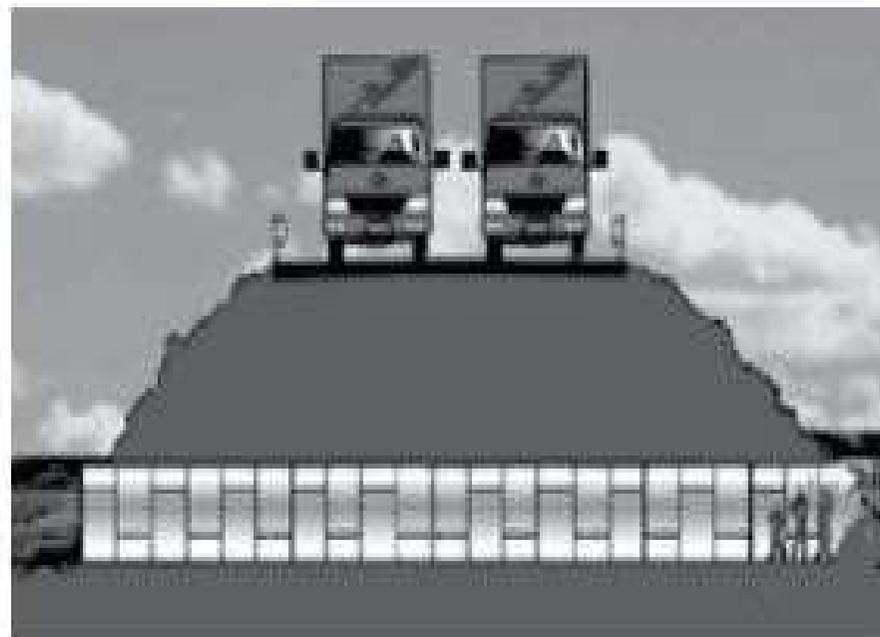
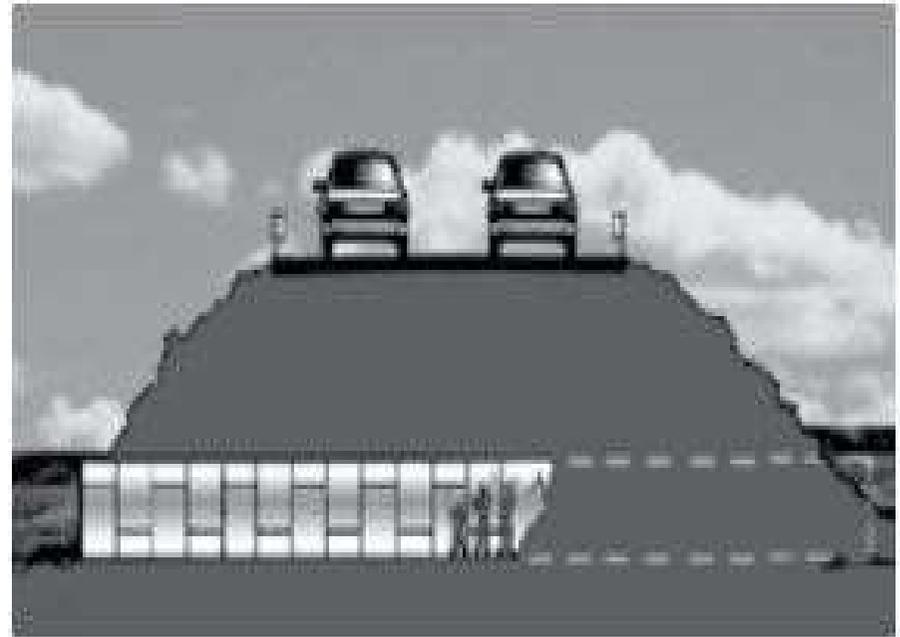
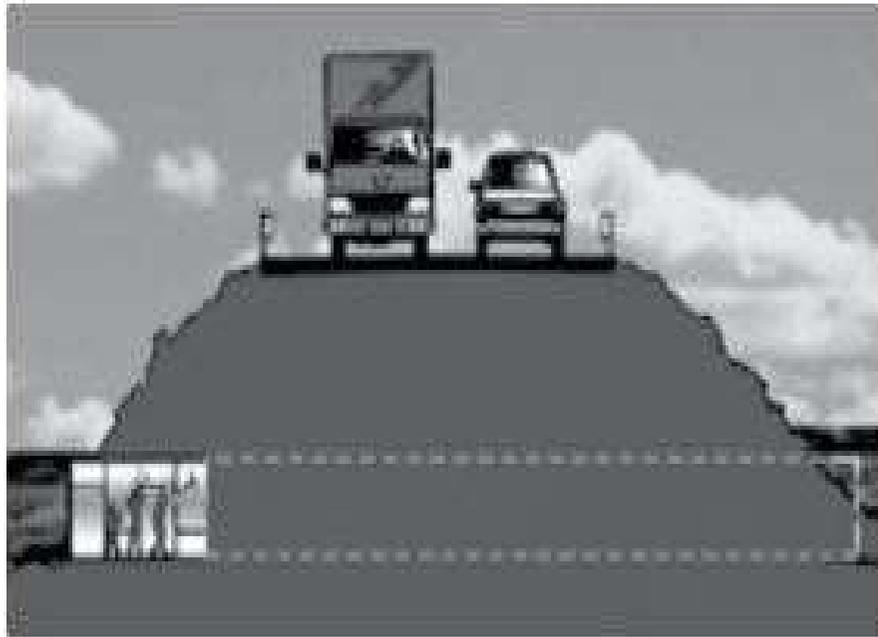
2- Túnel Bala

3- Pipe Jacking

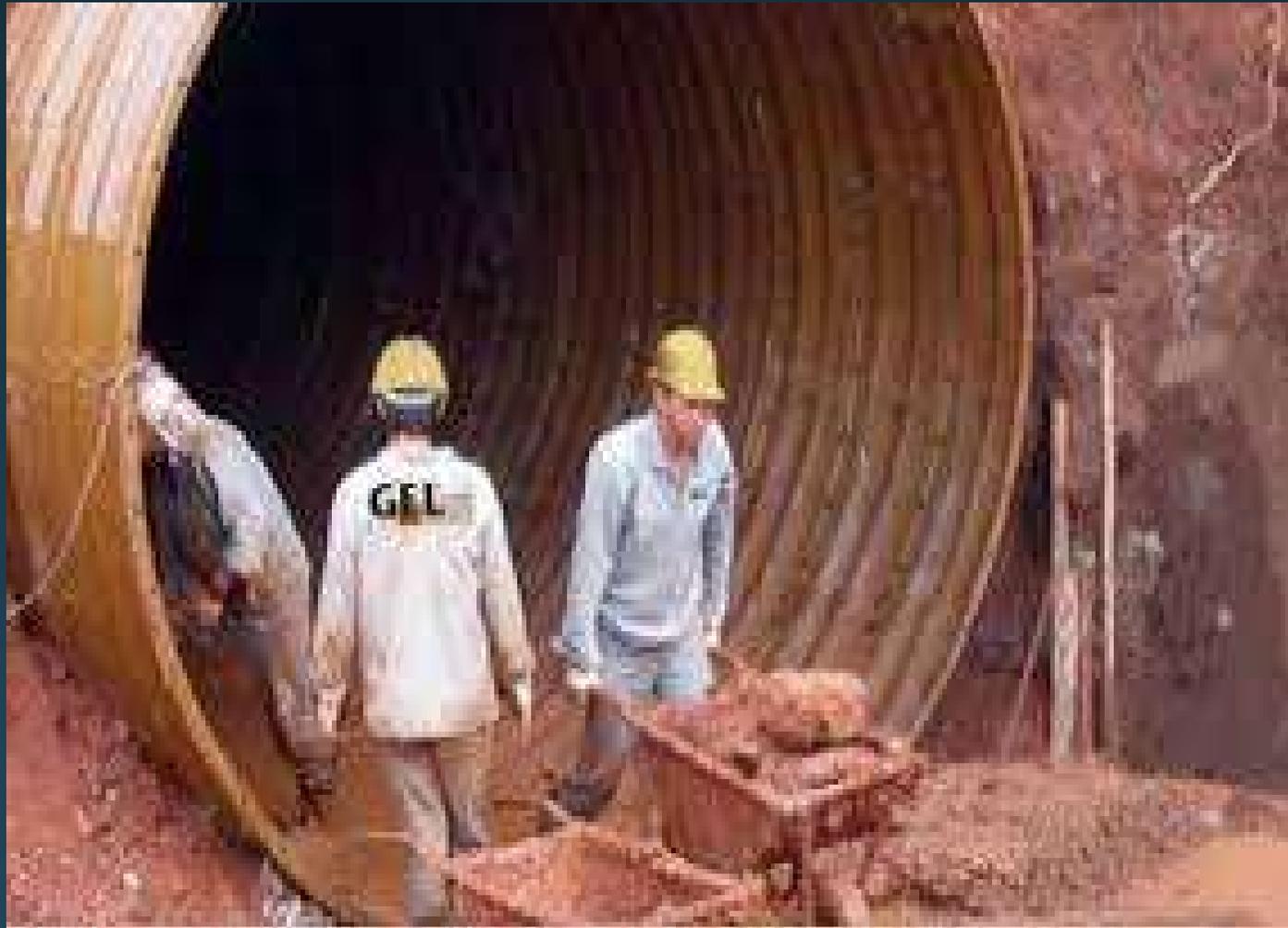
4- Sonda Dirigida

5- NATM

1- Túnel Liner - Armco Staco



EXECUÇÃO PELO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO



**Dimensão máxima
Diâmetro = 5,00m**



**Dimensão mínima
Diâmetro = 1,20m**

2- Túnel Bala – Completa Engenharia

Túnel Bala

Dimensão máxima

2,20 x 3,00

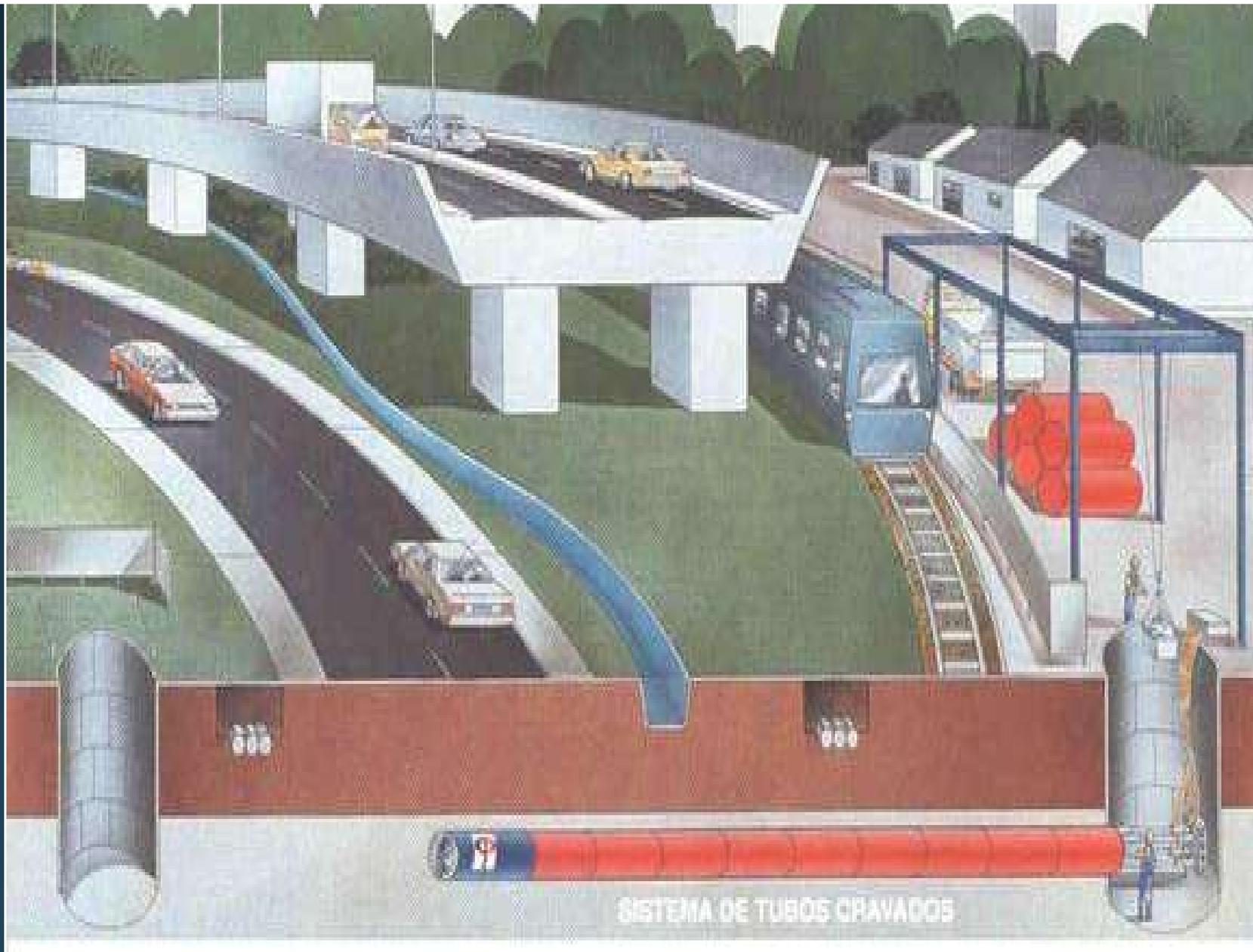


Dimensão mínima

0,80 x 1,40



4- Pipe Jacking





Pipe Jacking tubos de concreto



Diâmetro máximo

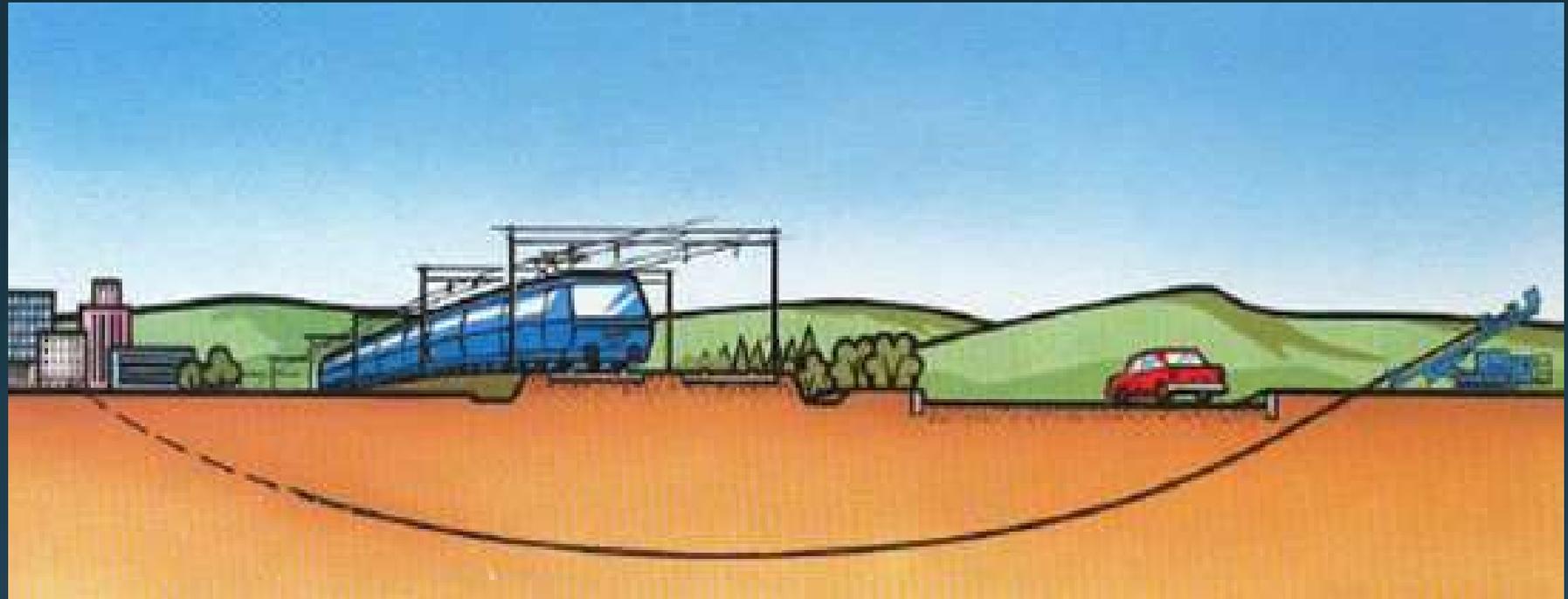
2,0 m

Diâmetro mínimo

0,30 m



5- Sonda Dirigida / MND

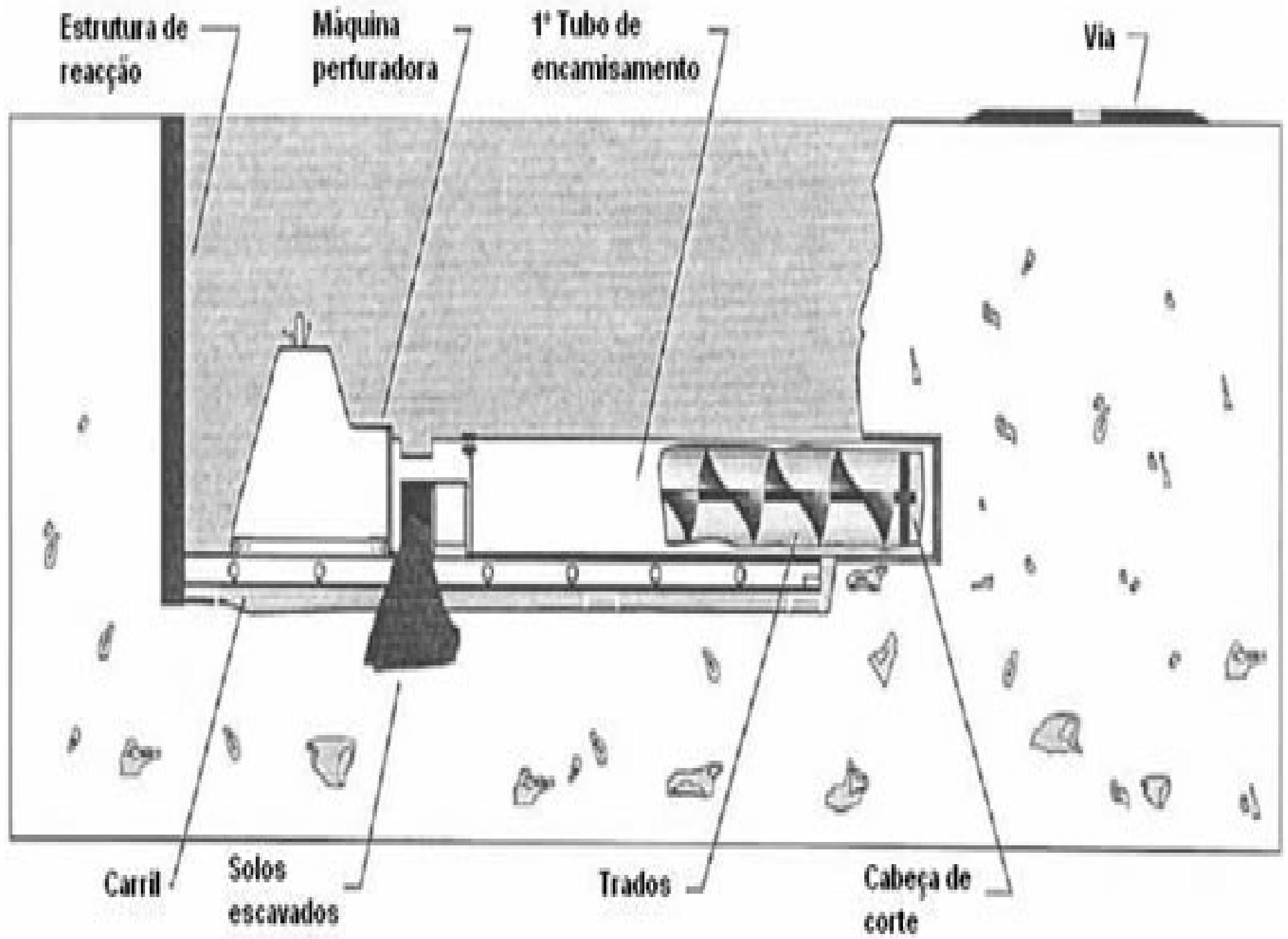


Diâmetro máximo = 1,20 m



Diâmetro mínimo = 5,0 cm





3- NATM



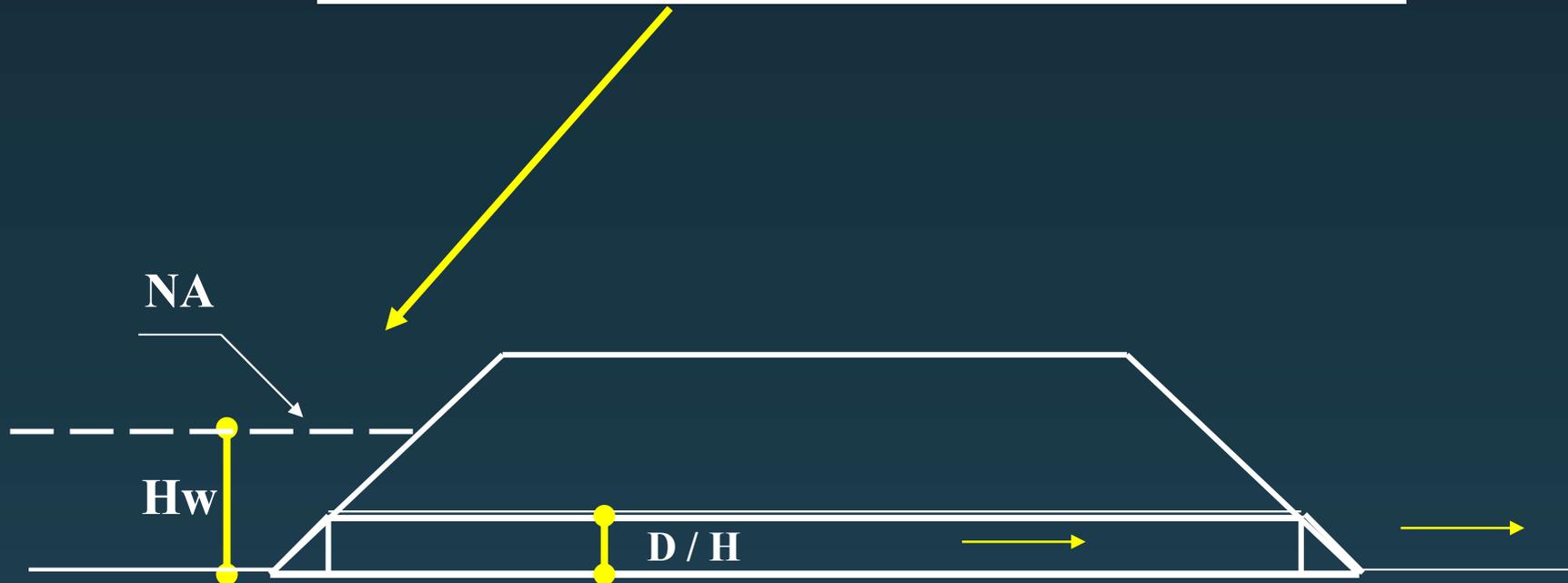


Dimensionamento dos Bueiros Tubulares e Celulares/Galerias

Obras de Arte Correntes

- **Dimensionamento – Ábacos “ U.S. Bureau of Public Roads”**
- **Controle de entrada**

Controle de Entrada



H_w = Altura da lamina d'água na boca montante do bueiro

D = Diâmetro do bueiro

H = Altura da galeria



Dimensionamento de bueiros novos

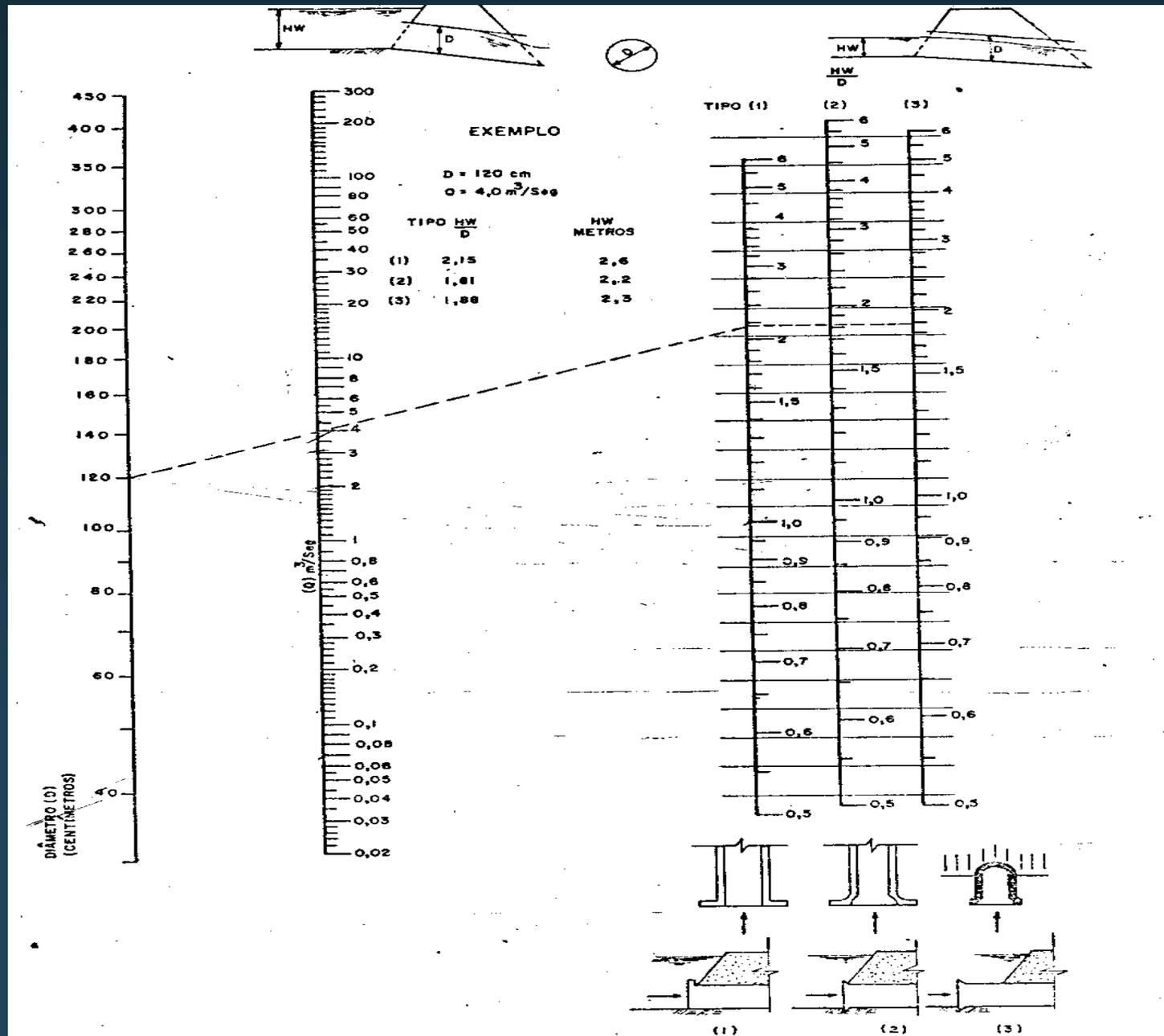
1- Bueiros Tubulares:

1.1 Concreto → $Tr = 25$ anos → $H_w/D = 2,0$



Tubos de concreto

Pág. 96
apostila

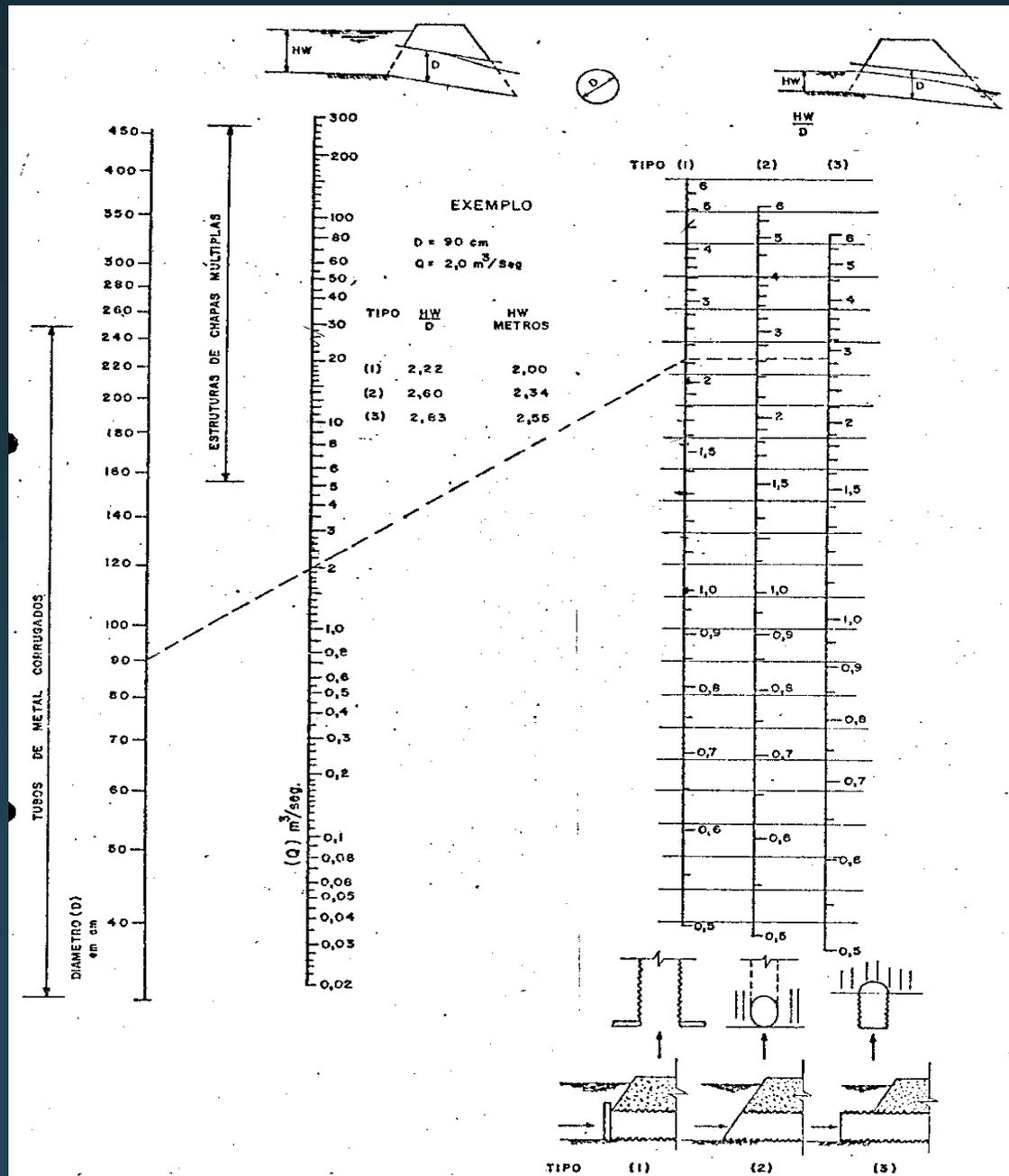


1.2 Metálico : diâmetro $< 1,20\text{m}$ - $\text{Tr} = 25$ anos $\rightarrow H_w/D = 2,0$



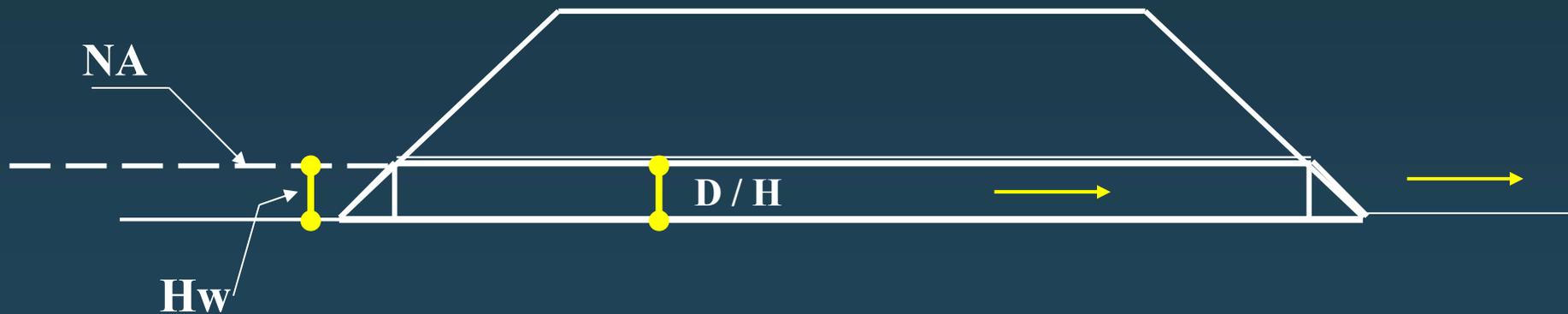
Tubos metálicos

pág. 98
apostila



2- Bueiros Celulares - Galerías:

2.1 Canal → $Tr = 25$ anos → $H_w/H = 1,0$



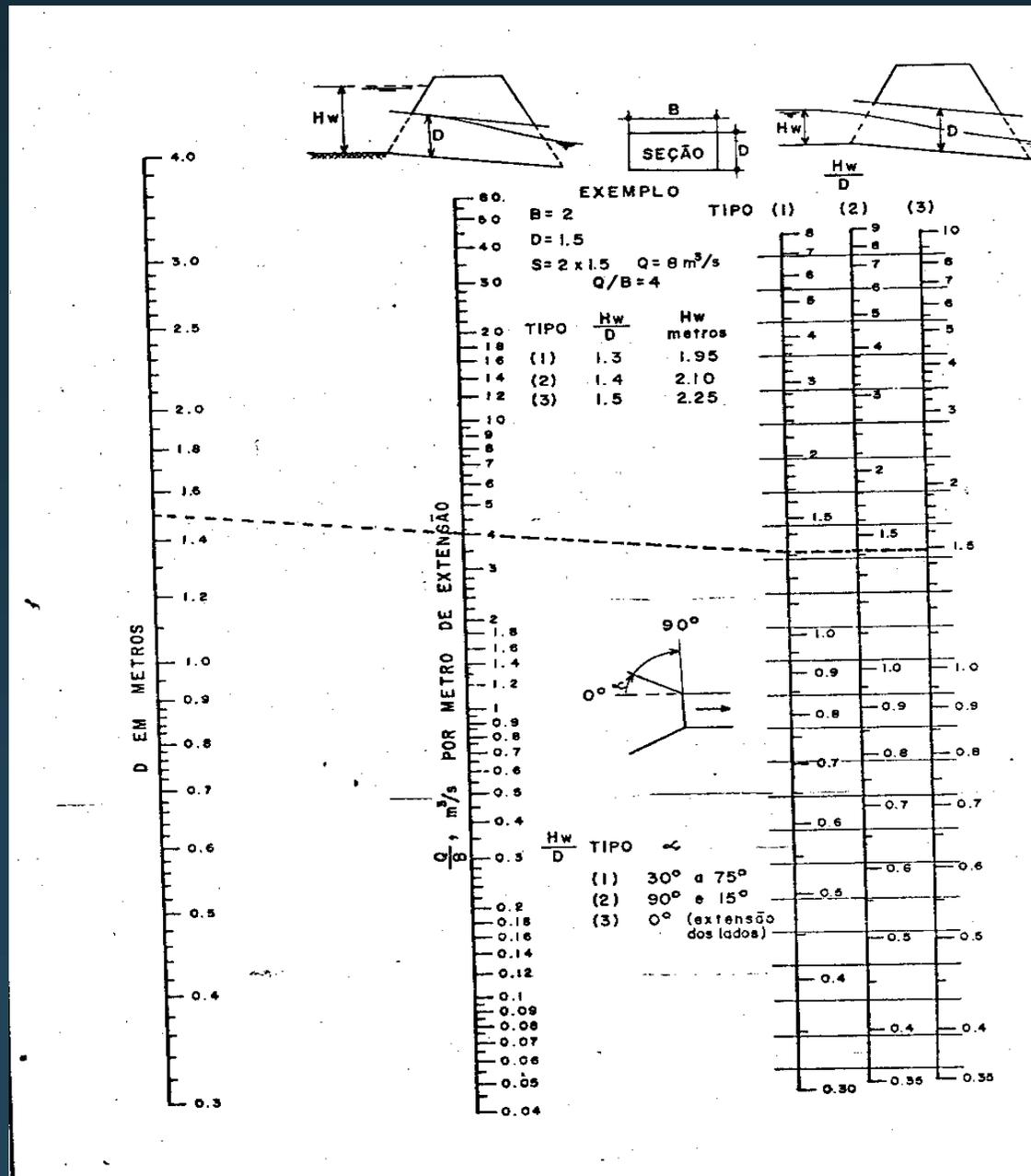
2- Bueiros Celulares - Galerias:

2.2 Conduto forçado → $Tr = 50$ anos → $H_w/H = 1,2$



Bueiros celulares

pág. 97
apostila



3- Bueiros Tubulares Metálico:

- **Diâmetro maior ou igual 1,50m:**

Canal - Tr = 25 anos

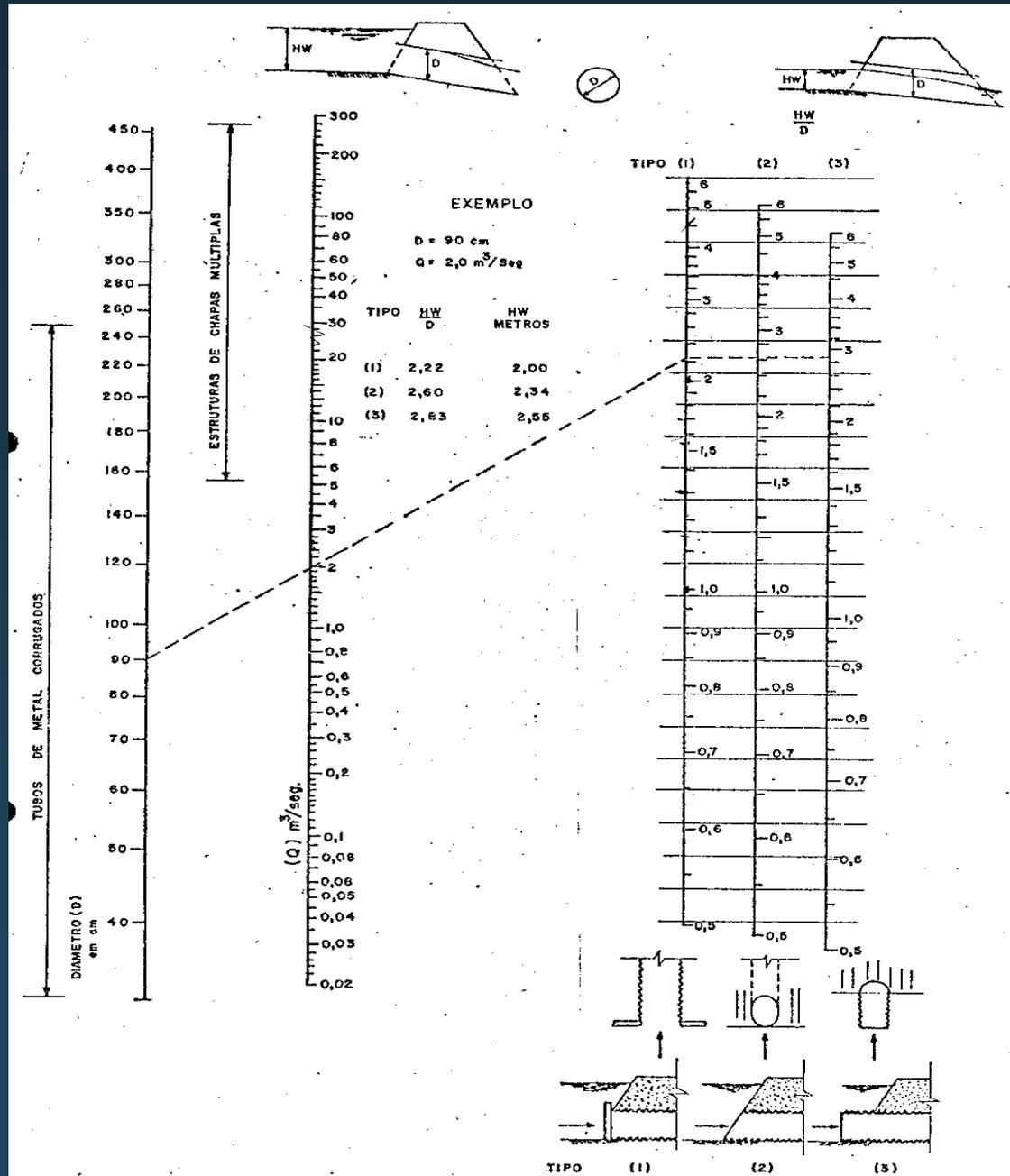
$$\mathbf{H_w/D = 1,0}$$

Orifício - Tr = 50 anos

$$\mathbf{H_w/H = 1,2}$$

Tubos metálicos

pág. 98
apostila



Estudo de Caso

Trecho: Vermelho Novo – Vermelho Velho – MG

Data da ocorrência: novembro de 2010

Obs: A lamina d'água atingiu 0,50 m acima da

Galeria construída, BDCC 3,0 x 2,50. A relação $H_w/H = 1,2$





máx. cheia





$H_w / H = 1,2$





Critérios p/ Dimensionamento Bueiros Existentes

Bueiros Existentes - ?

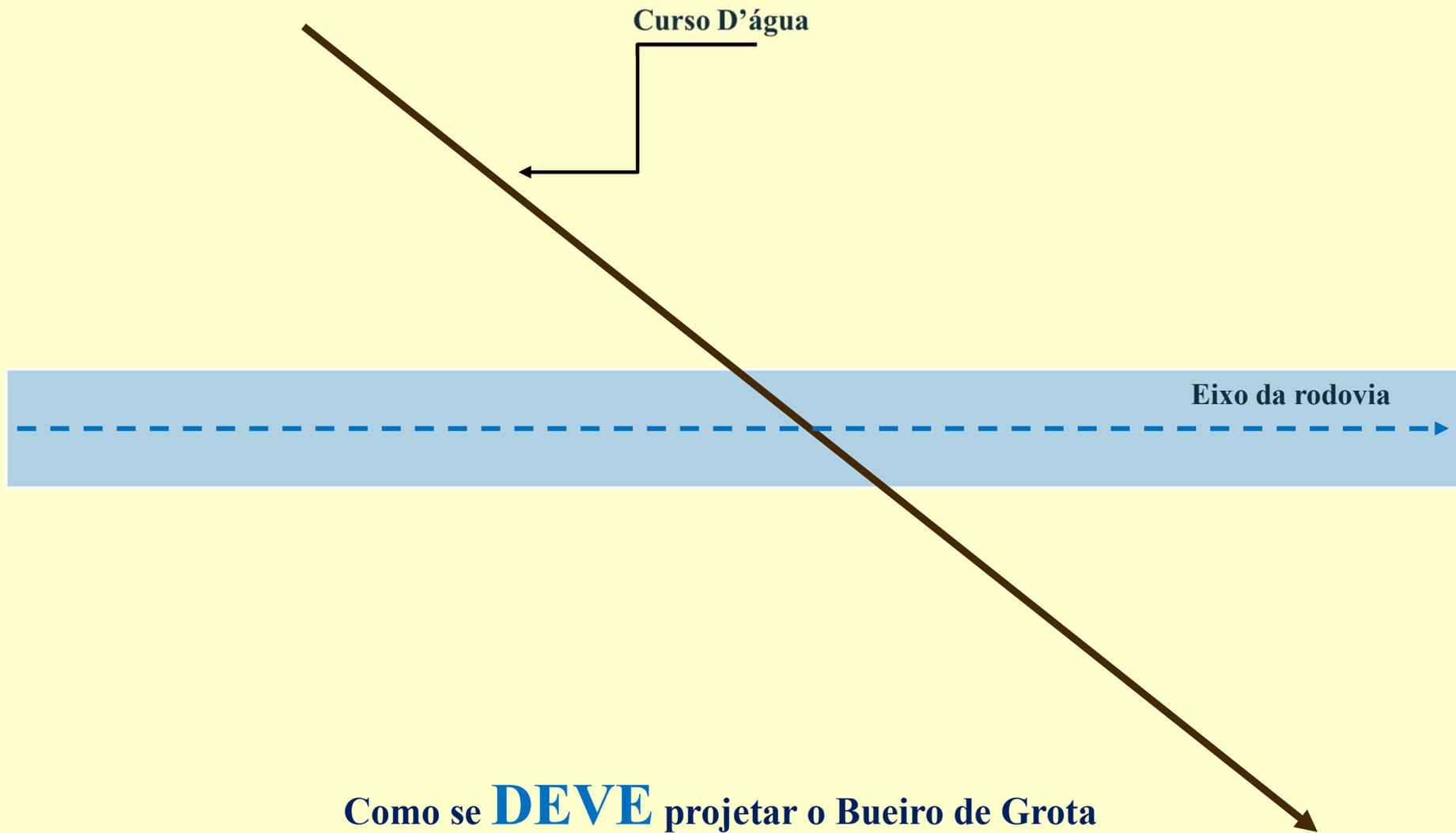


H_w = Altura da lamina d'água na boca montante do bueiro

D = Diâmetro do bueiro

H = Altura da galeria

Cuidados no Projeto de Bueiro de Grota



Como se **DEVE** projetar o Bueiro de Grota
e

Como **NÃO** se deve projetar o Bueiro de Grota

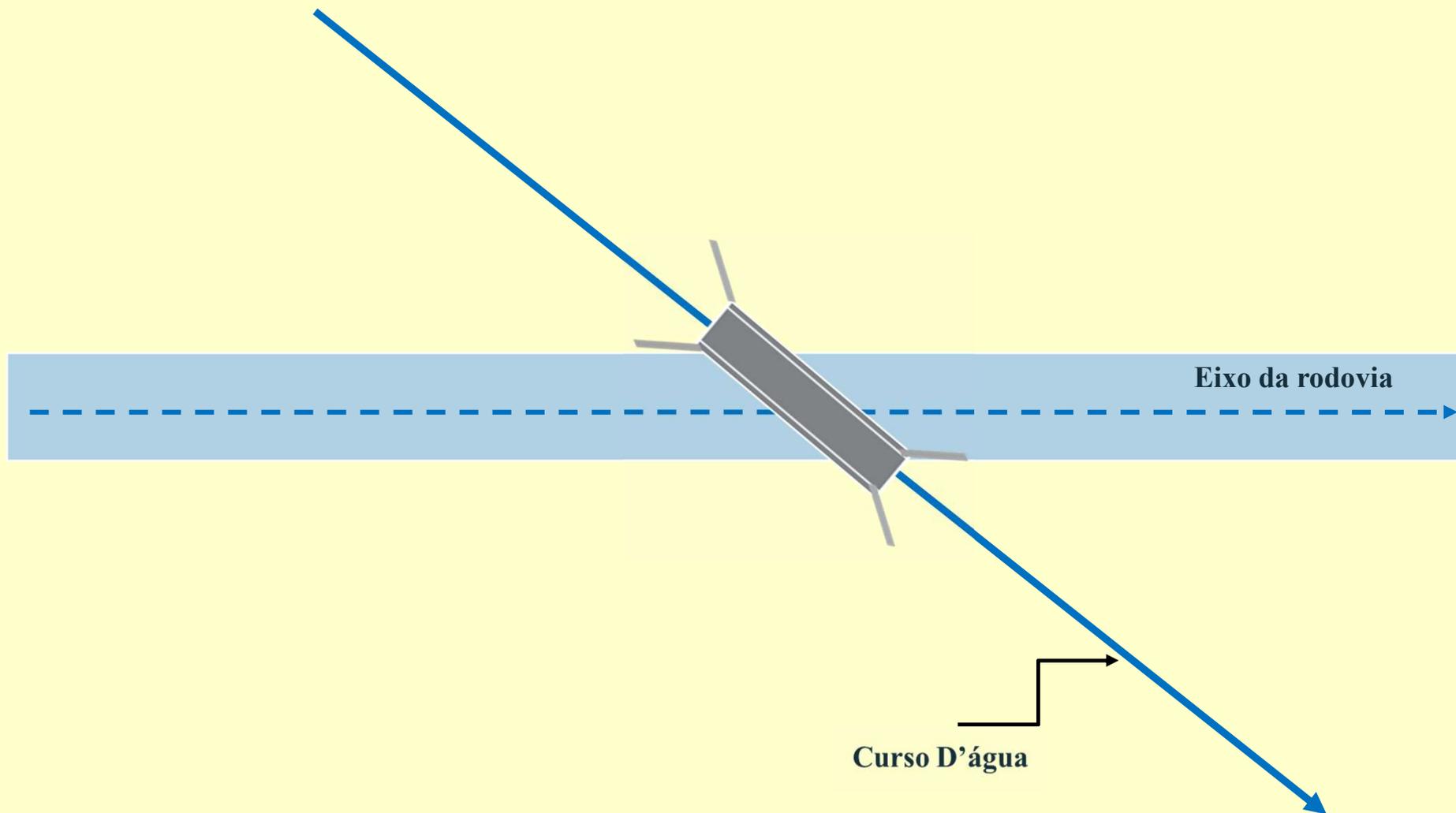
Linha normal ao eixo da rodovia

Bueiro

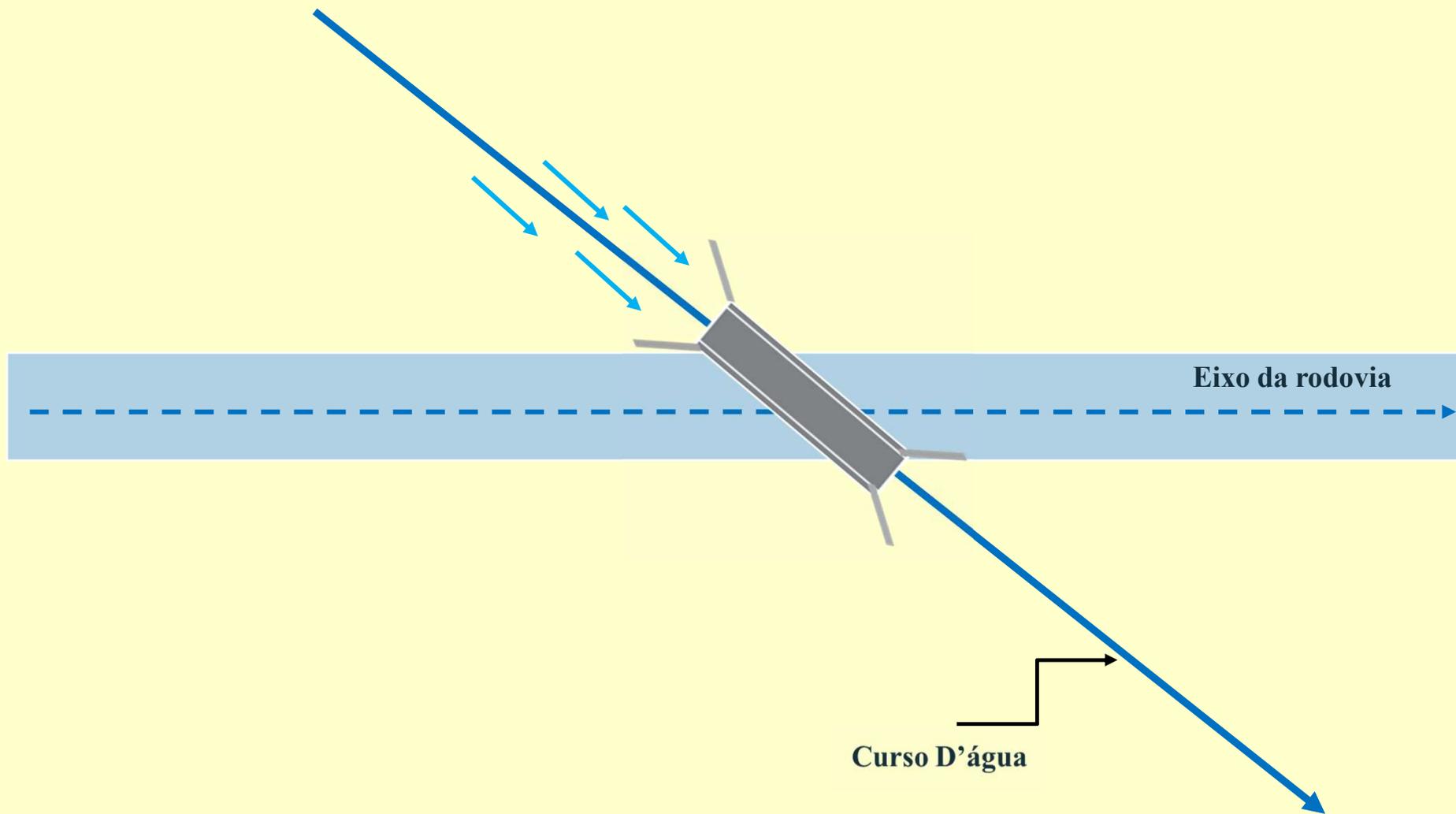
eixo

escondidade

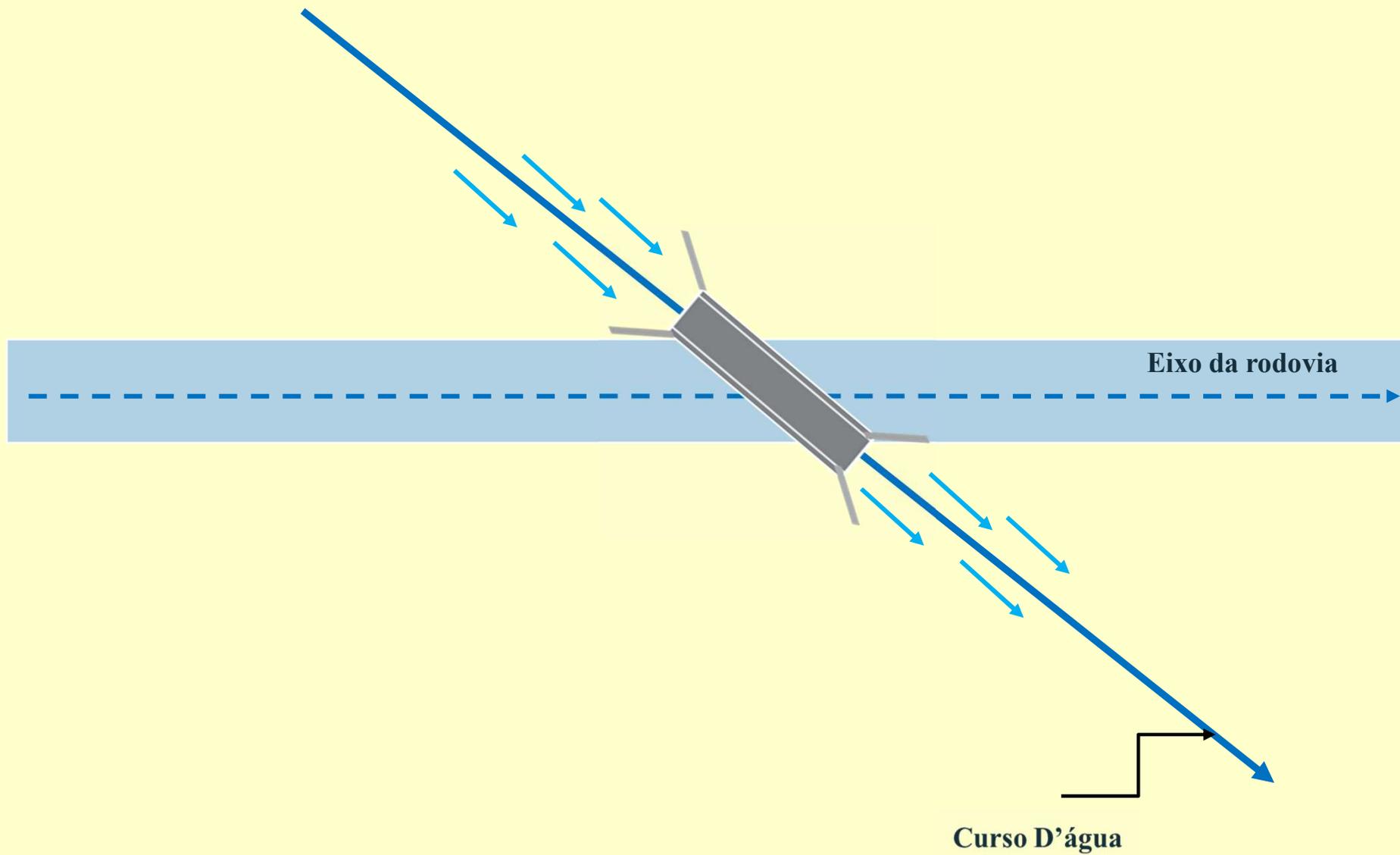
Posicionamento Correto do Bueiro



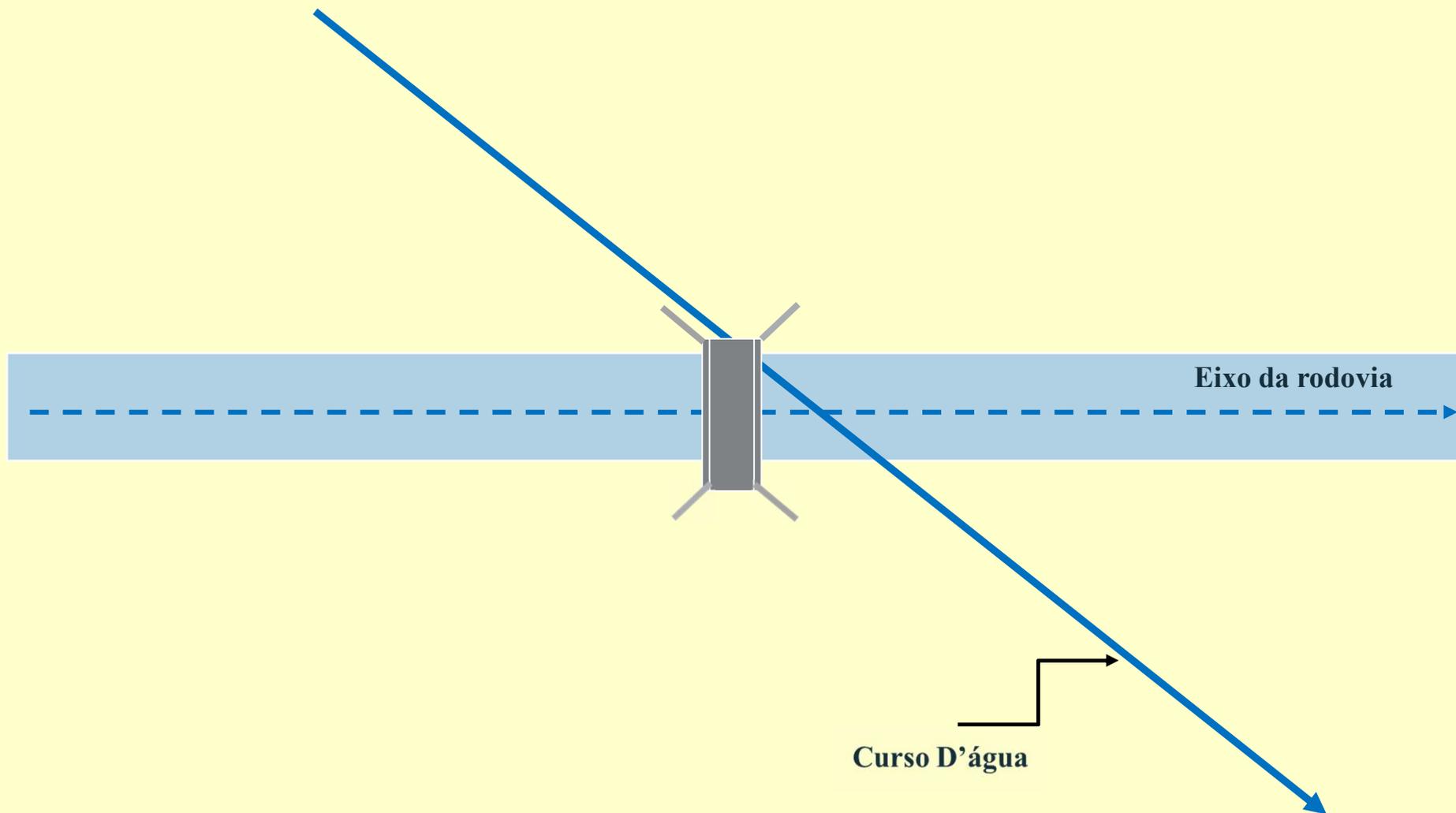
Posicionamento Correto do Bueiro



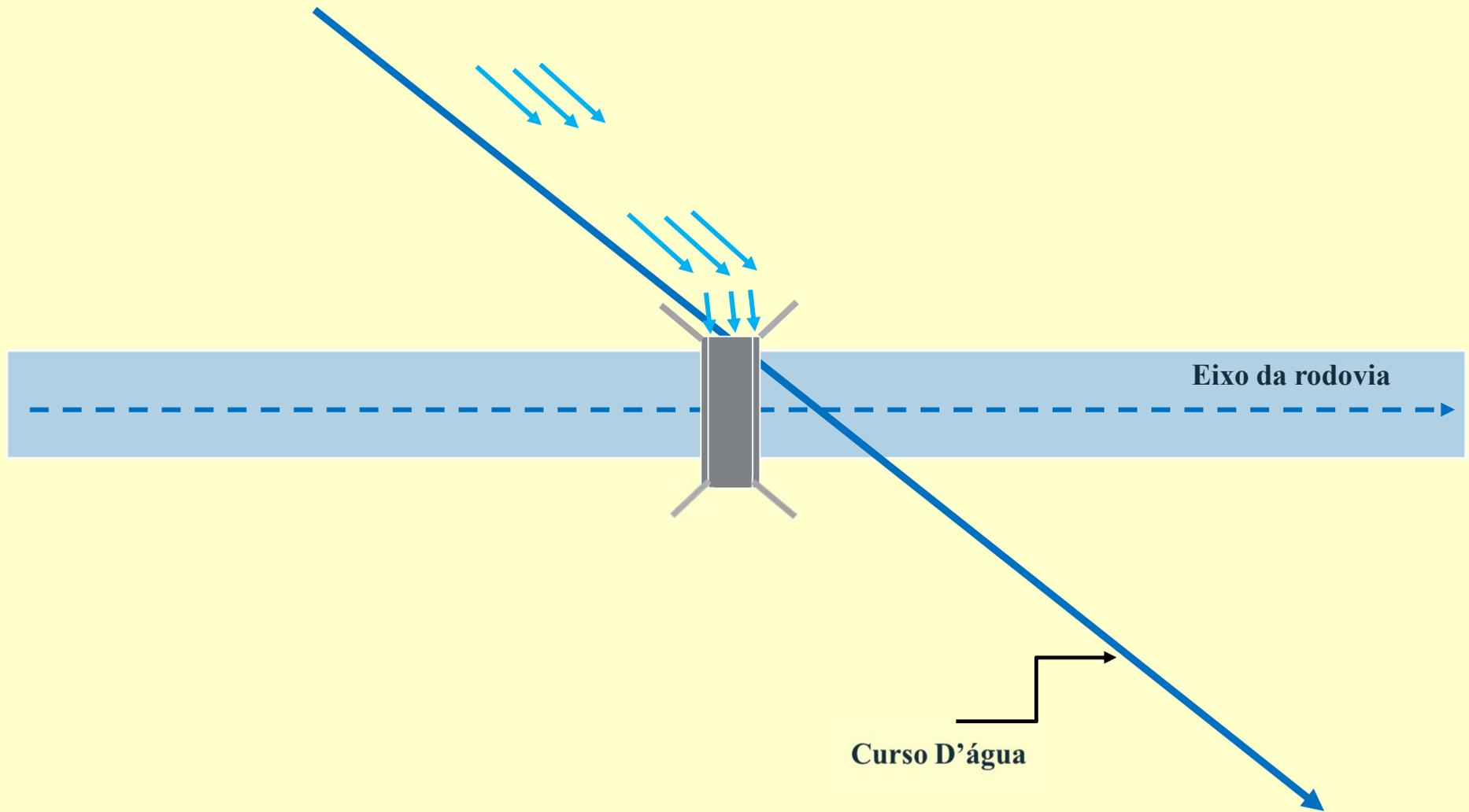
Posicionamento Correto do Bueiro



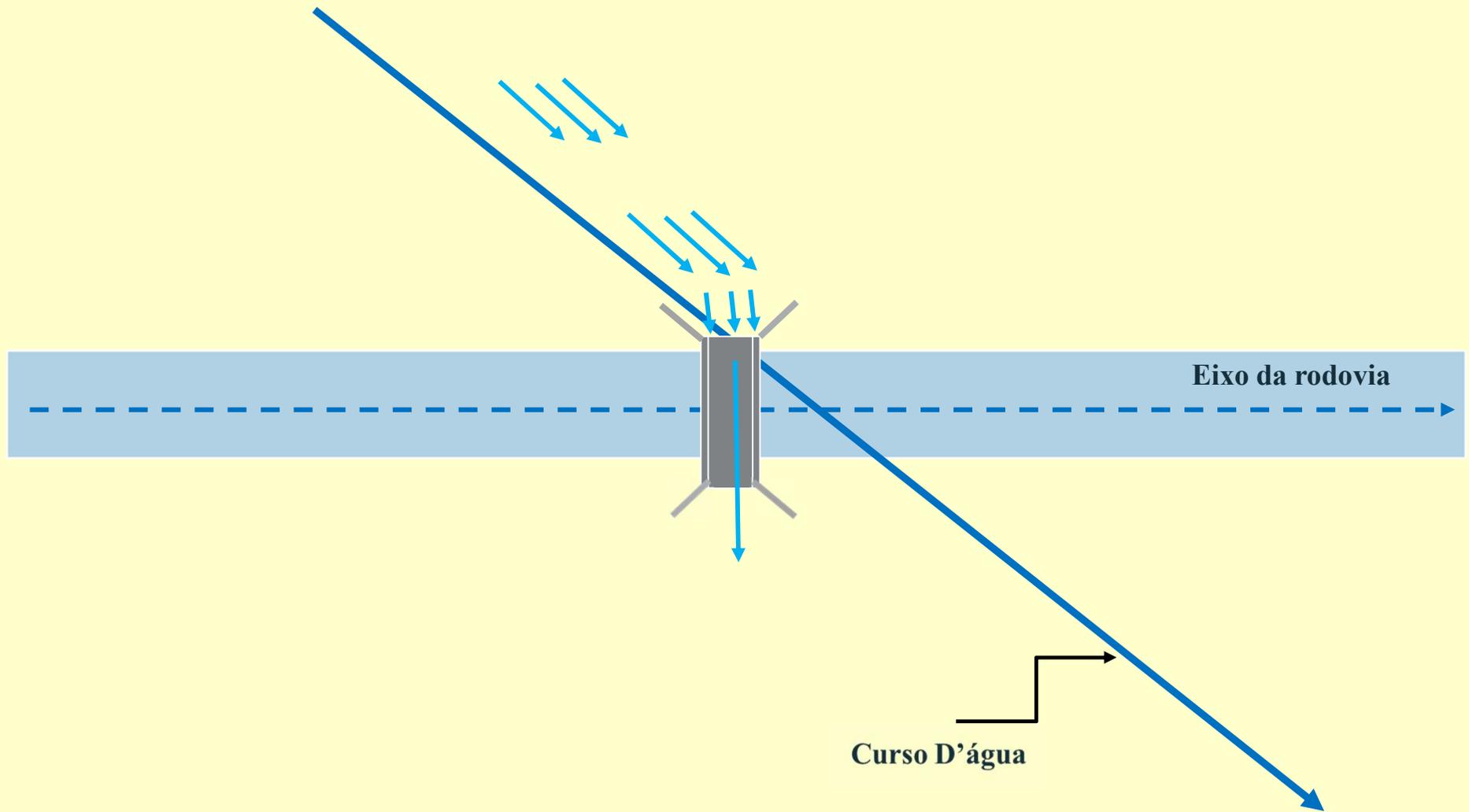
Posicionamento Errado



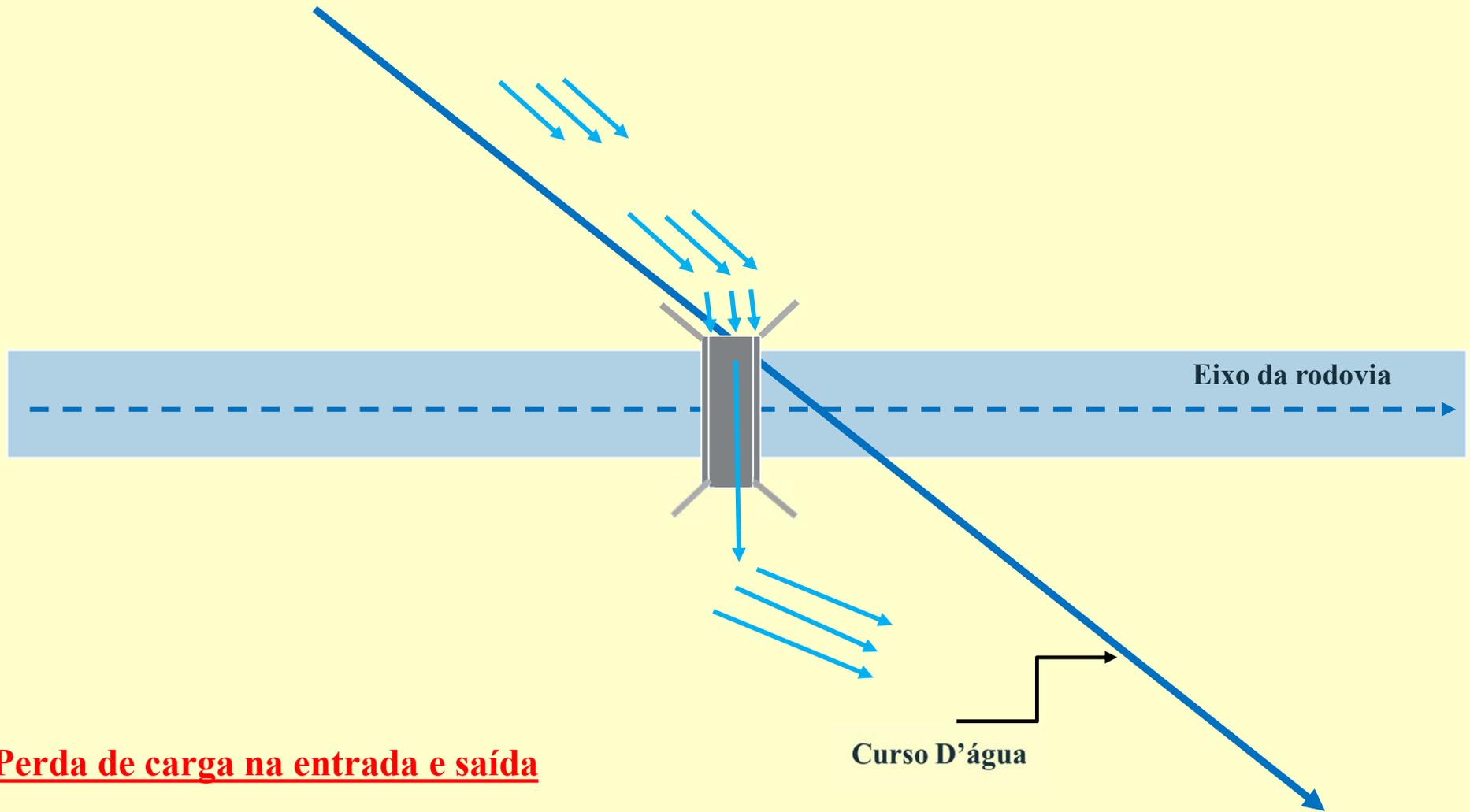
Posicionamento Errado



Posicionamento Errado



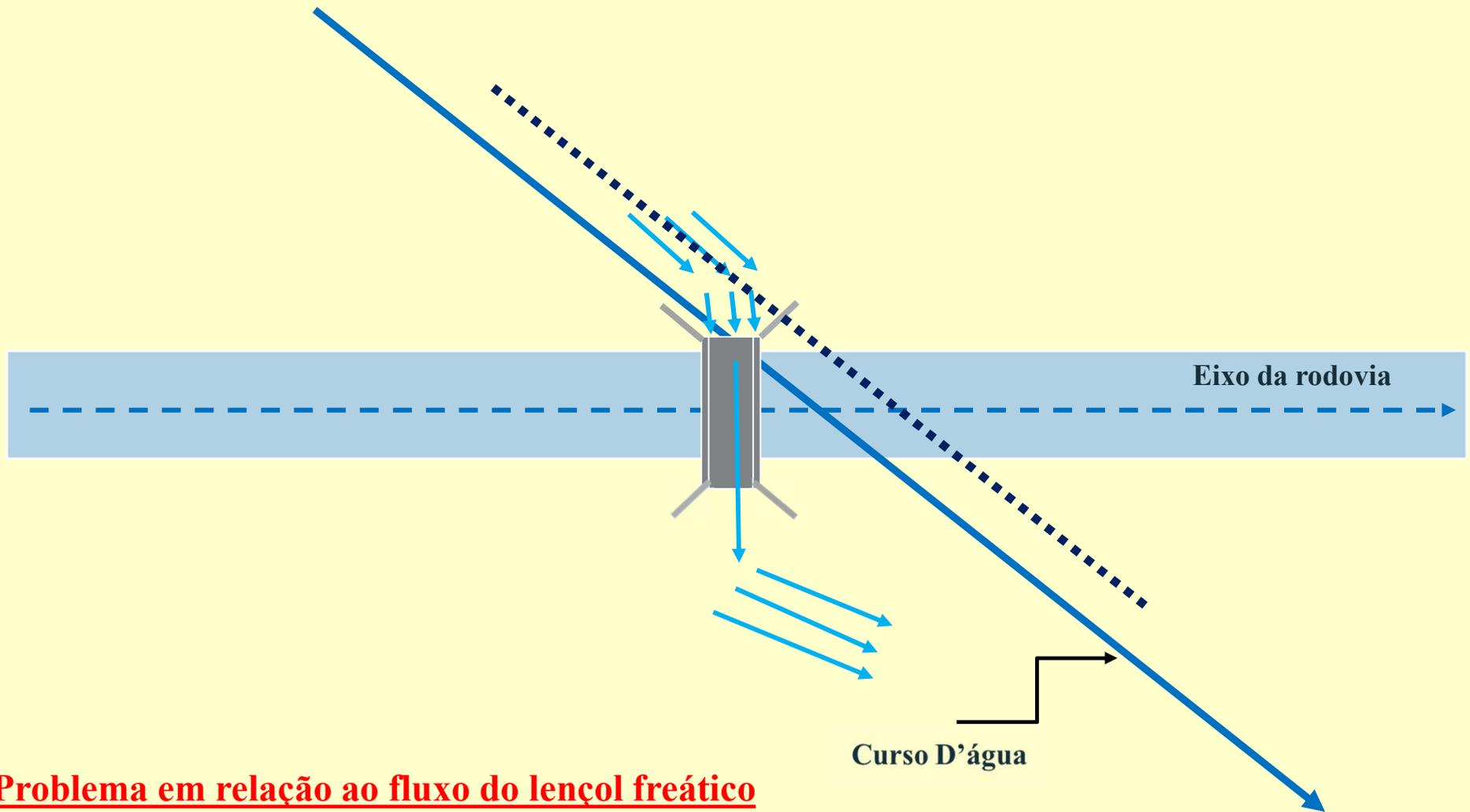
Posicionamento Errado



Perda de carga na entrada e saída

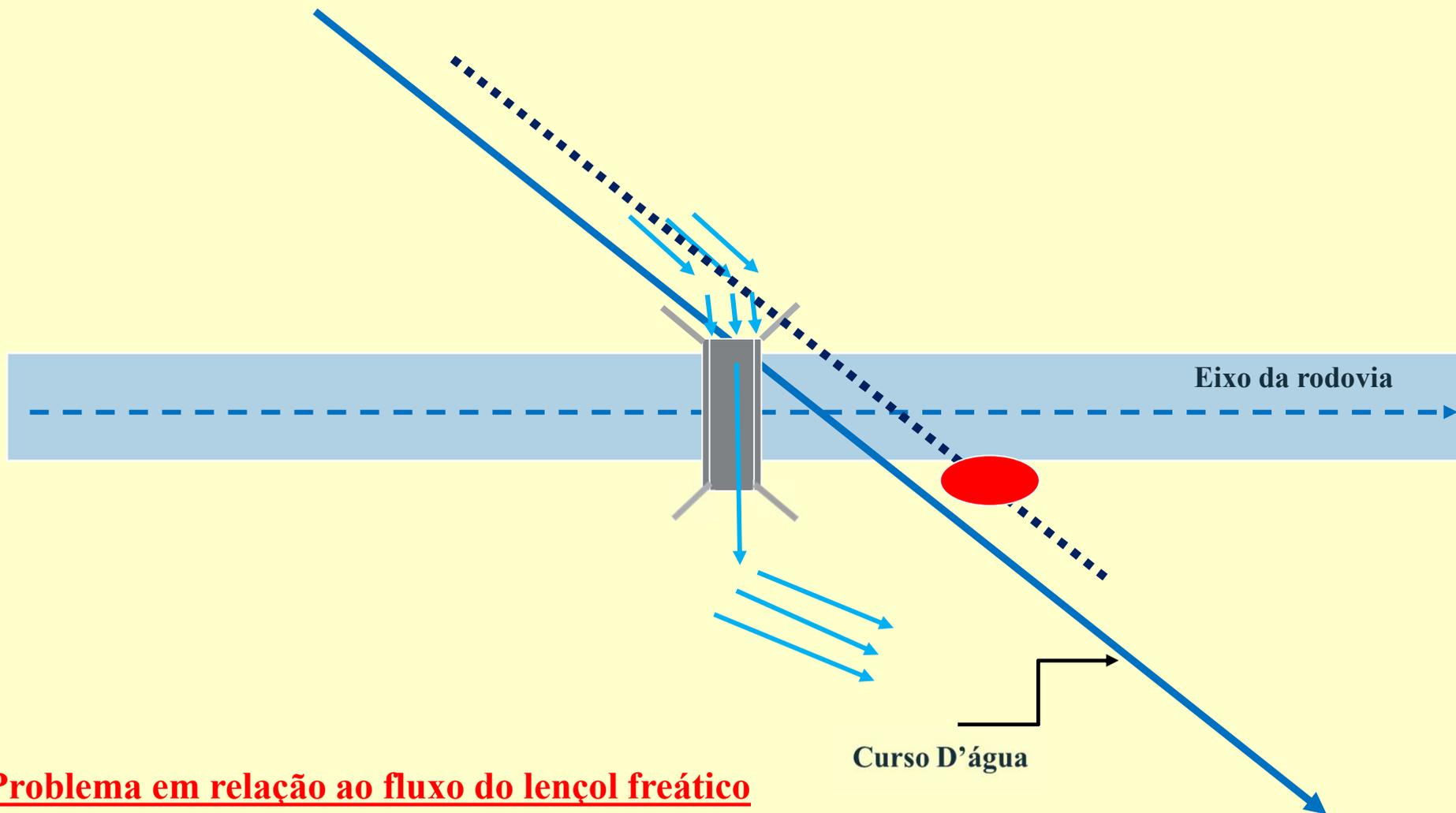
Curso D'água

Posicionamento Errado



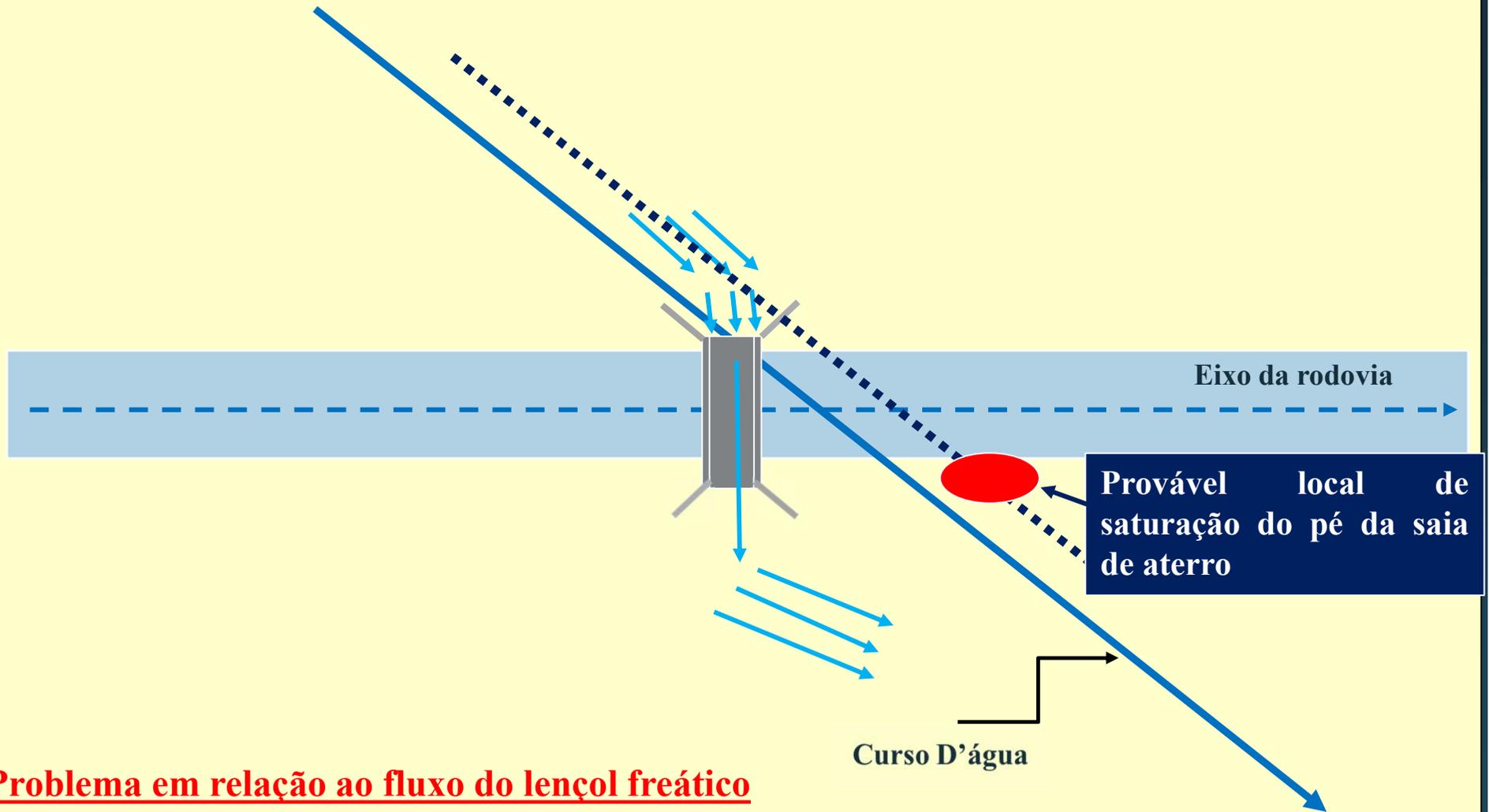
Problema em relação ao fluxo do lençol freático

Posicionamento Errado



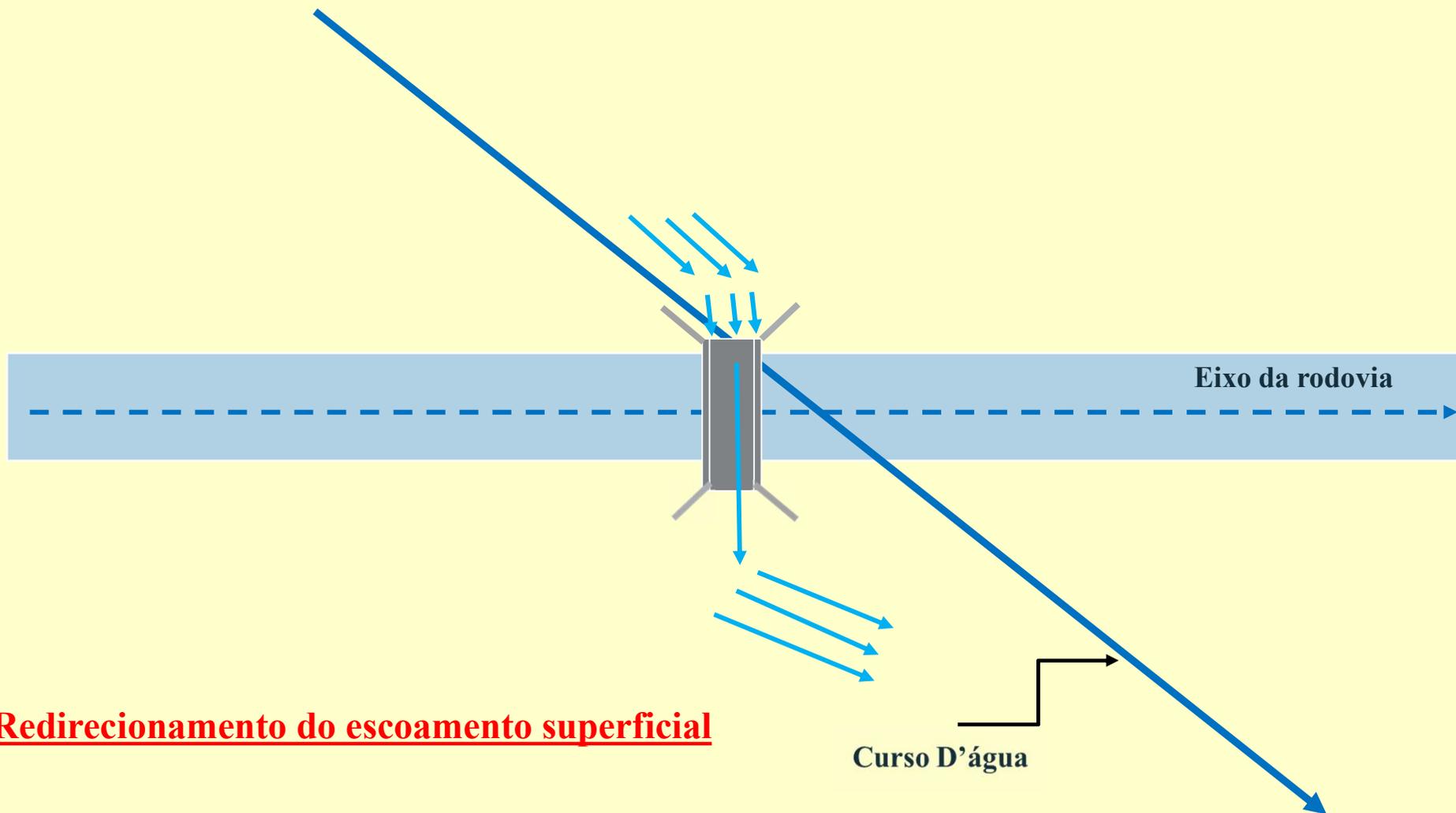
Problema em relação ao fluxo do lençol freático

Posicionamento Errado



Problema em relação ao fluxo do lençol freático

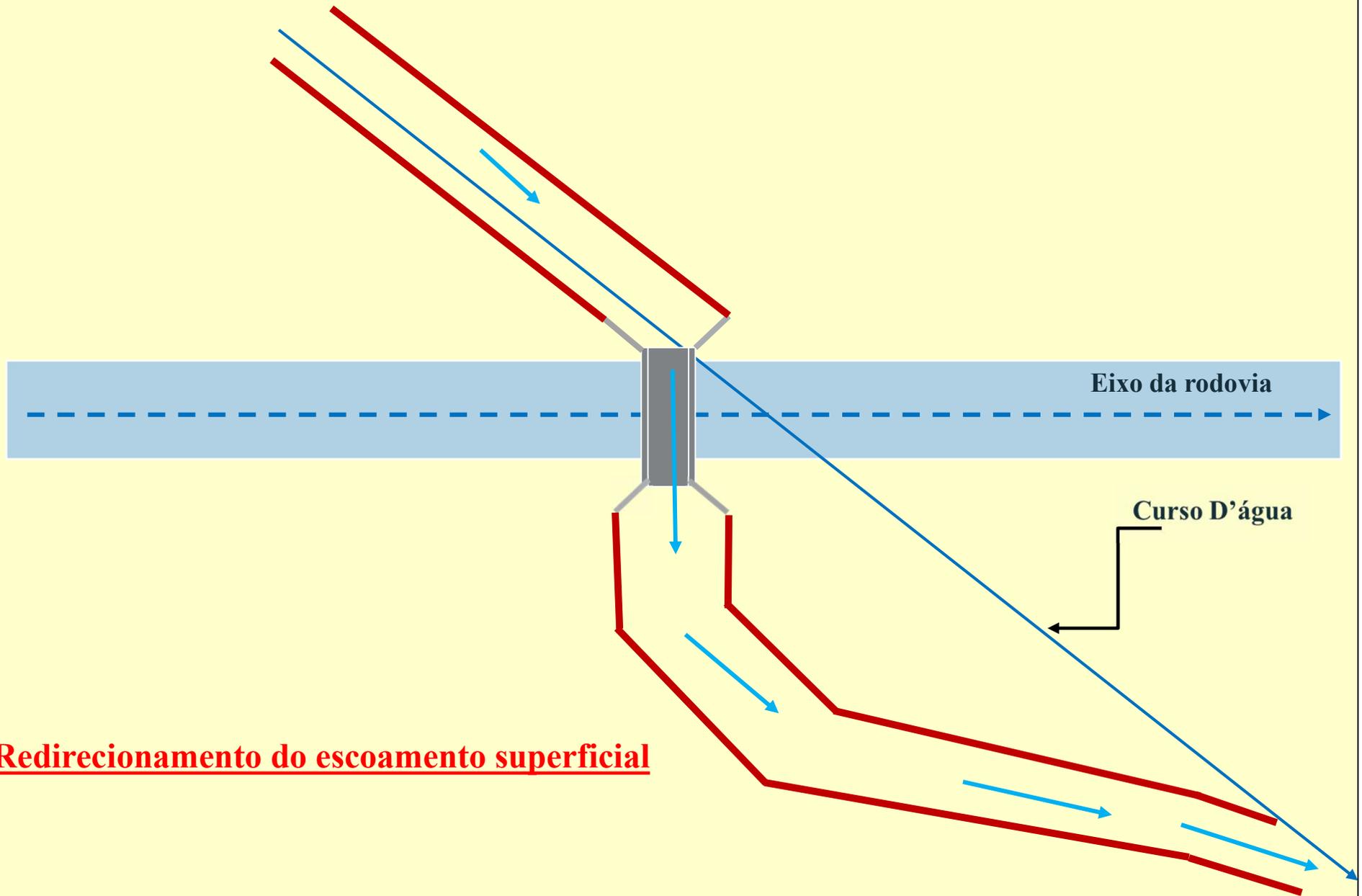
Posicionamento Errado



Redirecionamento do escoamento superficial

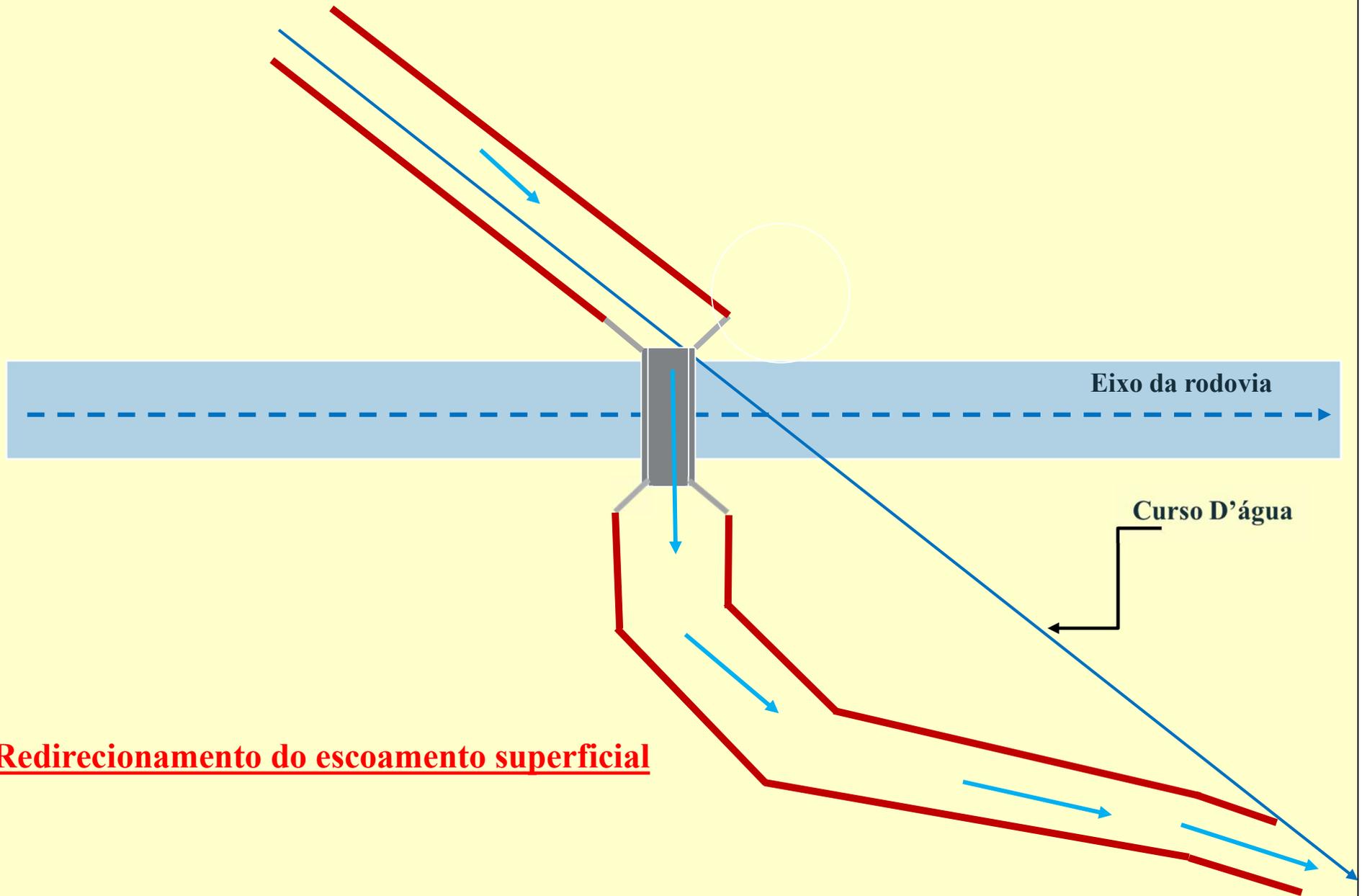
Curso D'água

Posicionamento Errado



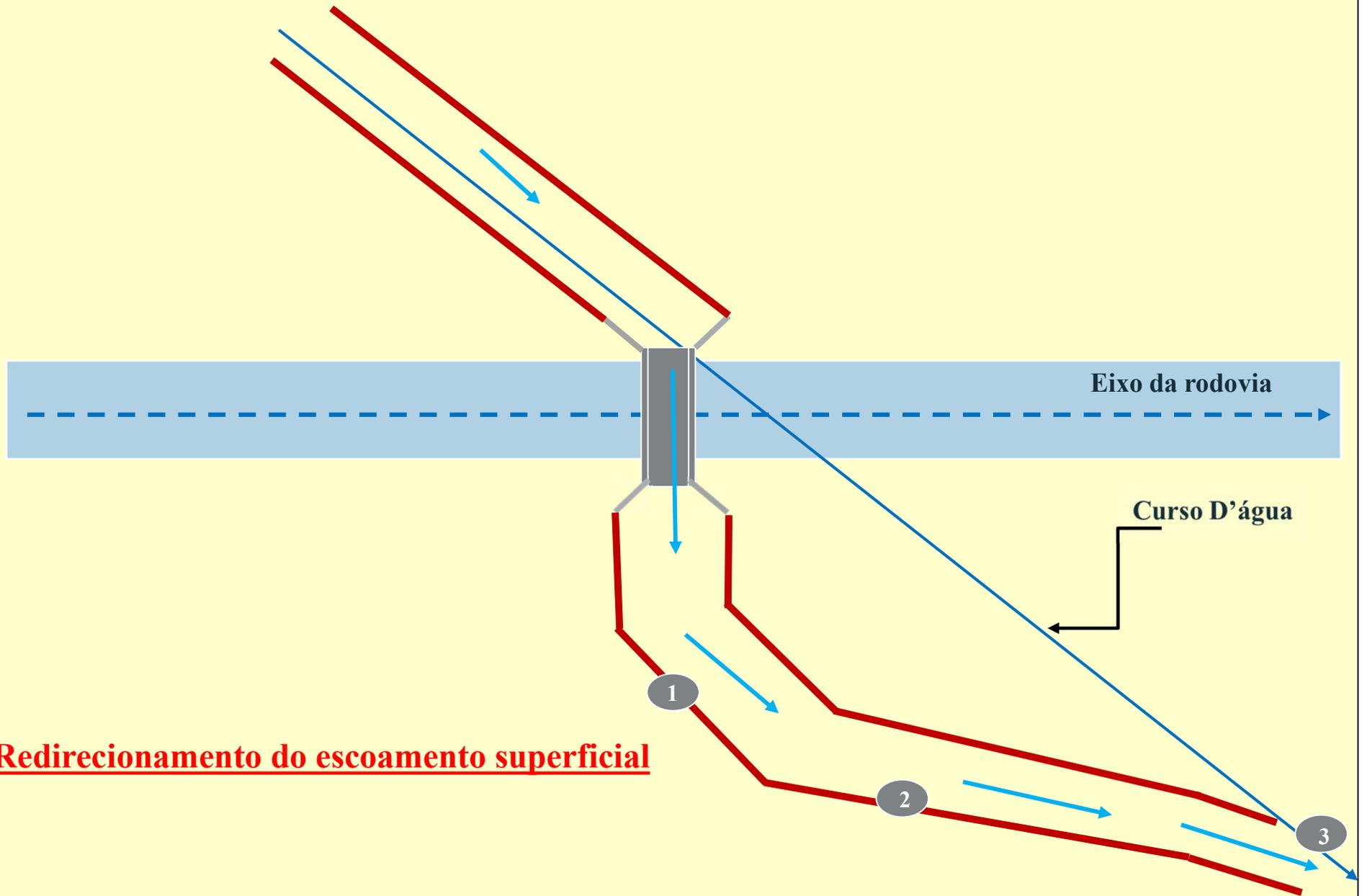
Redirecionamento do escoamento superficial

Posicionamento Errado



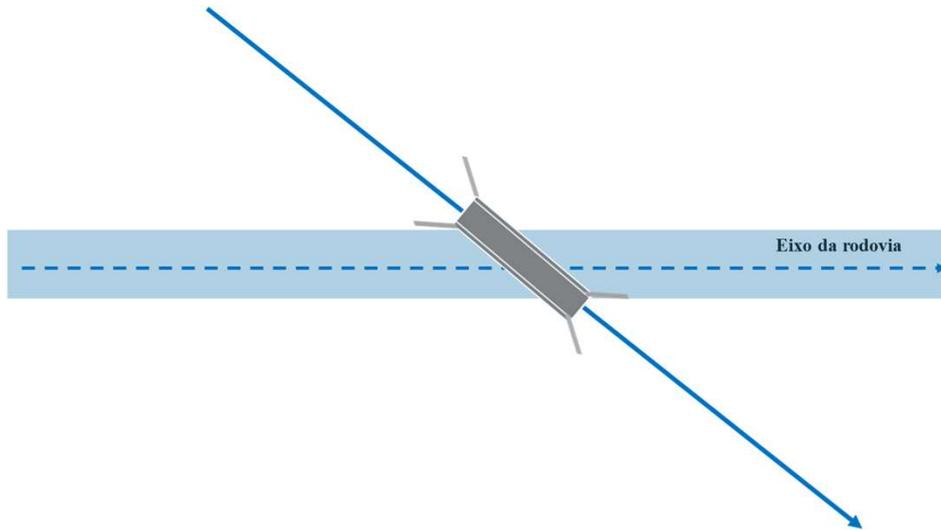
Redirecionamento do escoamento superficial

Posicionamento Errado

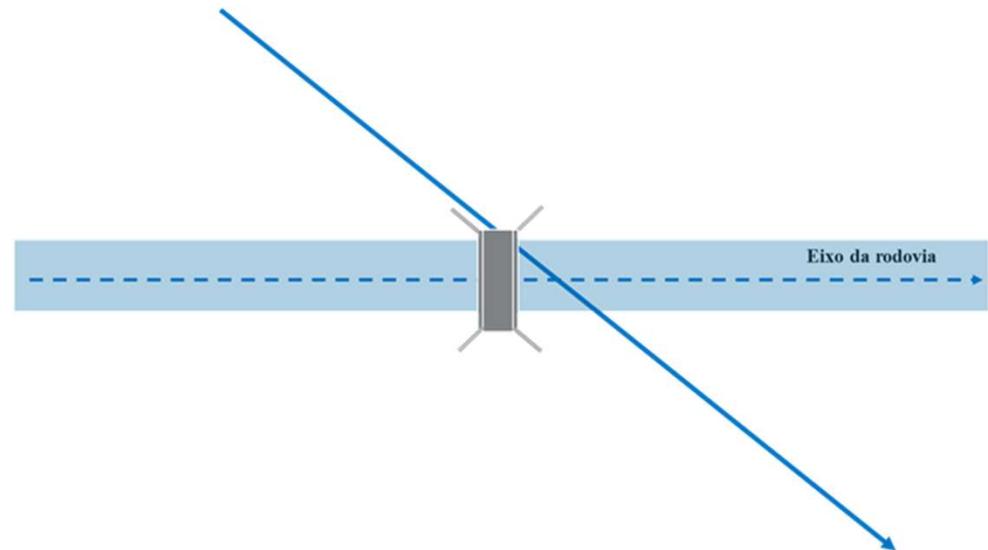


Redirecionamento do escoamento superficial

Posicionamento Correto



Posicionamento Errado



Trecho: Ouro Branco – Saramenha - MG









Conseqüências de uma obra subdimensionada





**Importancia do Desenvolvimento
do
Projeto de Engenharia**

Bueiros Existentes



H_w = Altura da lamina d'água na boca montante do bueiro

D = Diâmetro do bueiro

H = Altura da galeria

Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

1. Suficiência Hidráulica

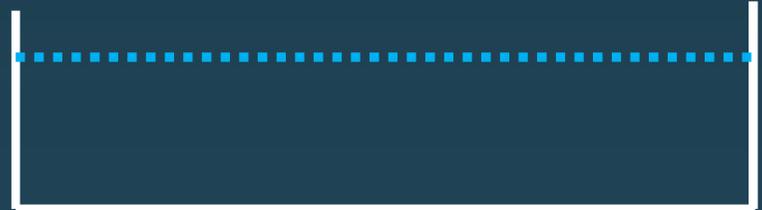
2. Estado de Conservação da Obra

Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

1. Suficiência Hidráulica





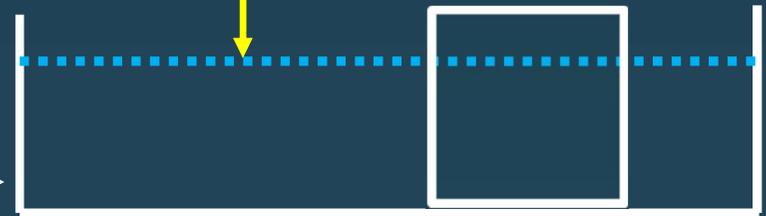




Canal – 6,0 x 2,5

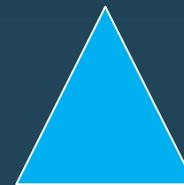
BSCC 2,5 x 2,5

NA



Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

1- Suficiência Hidráulica



Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

2. Estado de Conservação da Obra

Cadastro



Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

- Tubo Trincado e Tubo quebrado**
- Bueiro Selado**
- Bueiro sem Berço de Concreto**
- Bueiro sem Boca**
- Bueiro Assoreado/Entupido**

Tubo Trincado

NORMA DNIT 083/2006 – ES



Solução: Selagem/Vedação das trincas

Produtos que poderão ser utilizados nos serviços de Selagem em trincas:

- **Compound Injeção – Vedacit**
- **Sikadur 53 - Sika**

Tubo Quebrado

Solução: Recuperação/Remoção com Substituição







Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

- Bueiro Selado



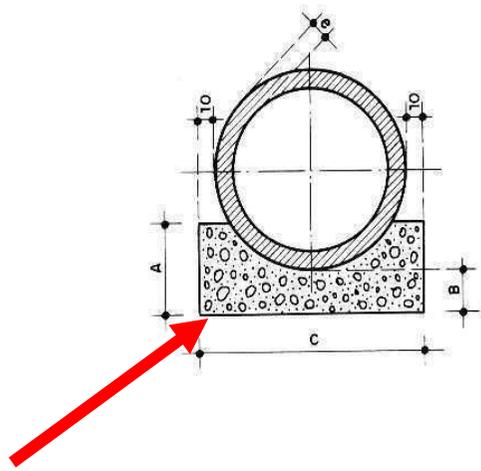
tubo Quebrado



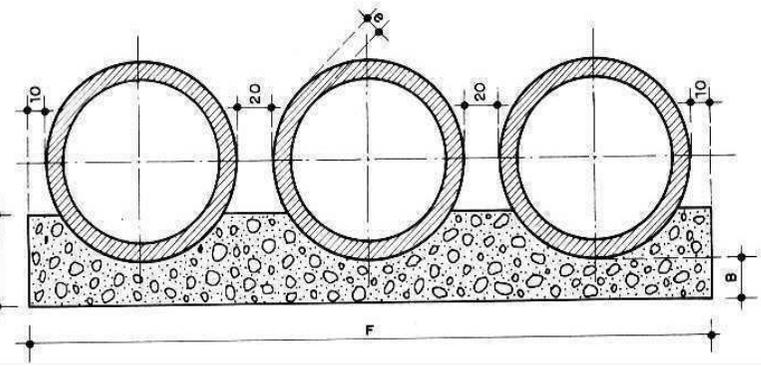
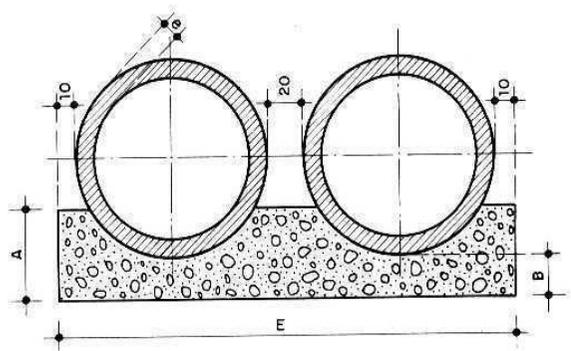
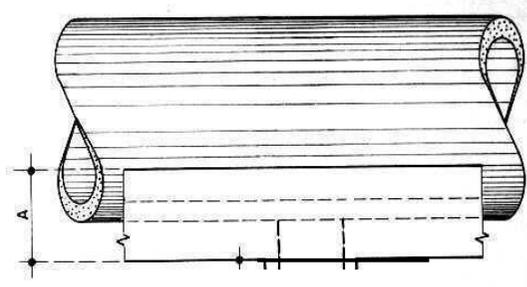
Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

- Bueiro sem Berço de Concreto

BERÇOS



VISTA LATERAL





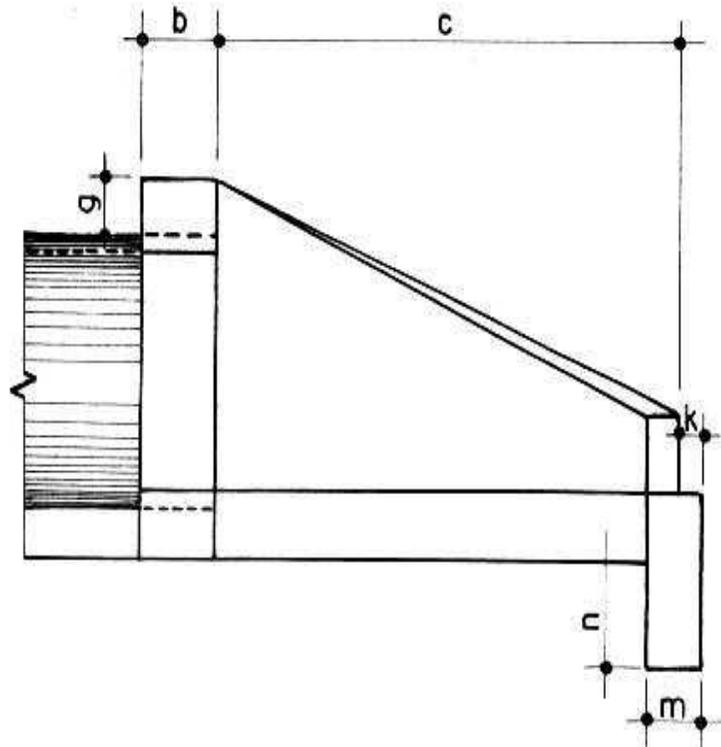
**Quais são as funções principais de um
Berço de Concreto de um bueiro?**

- 1. Garantir o perfeito alinhamento dos tubos**
- 2. Garantir a estanqueidade (não vazamento)**
- 3. Garantir a classe do tubo**

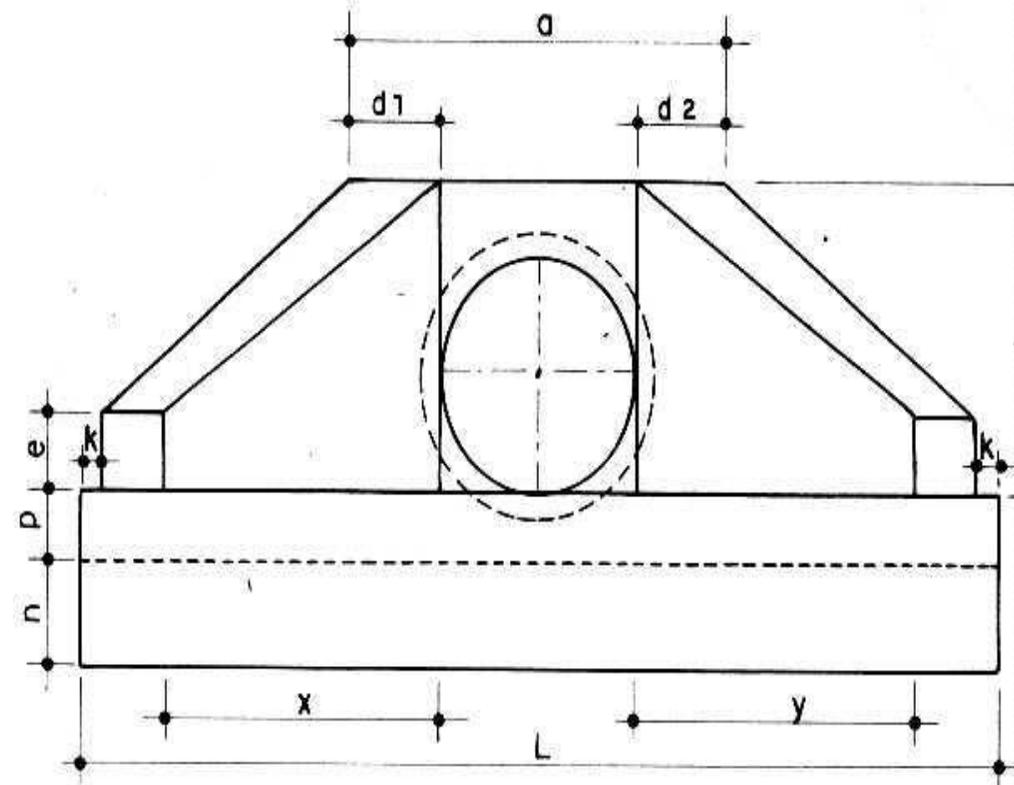
Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

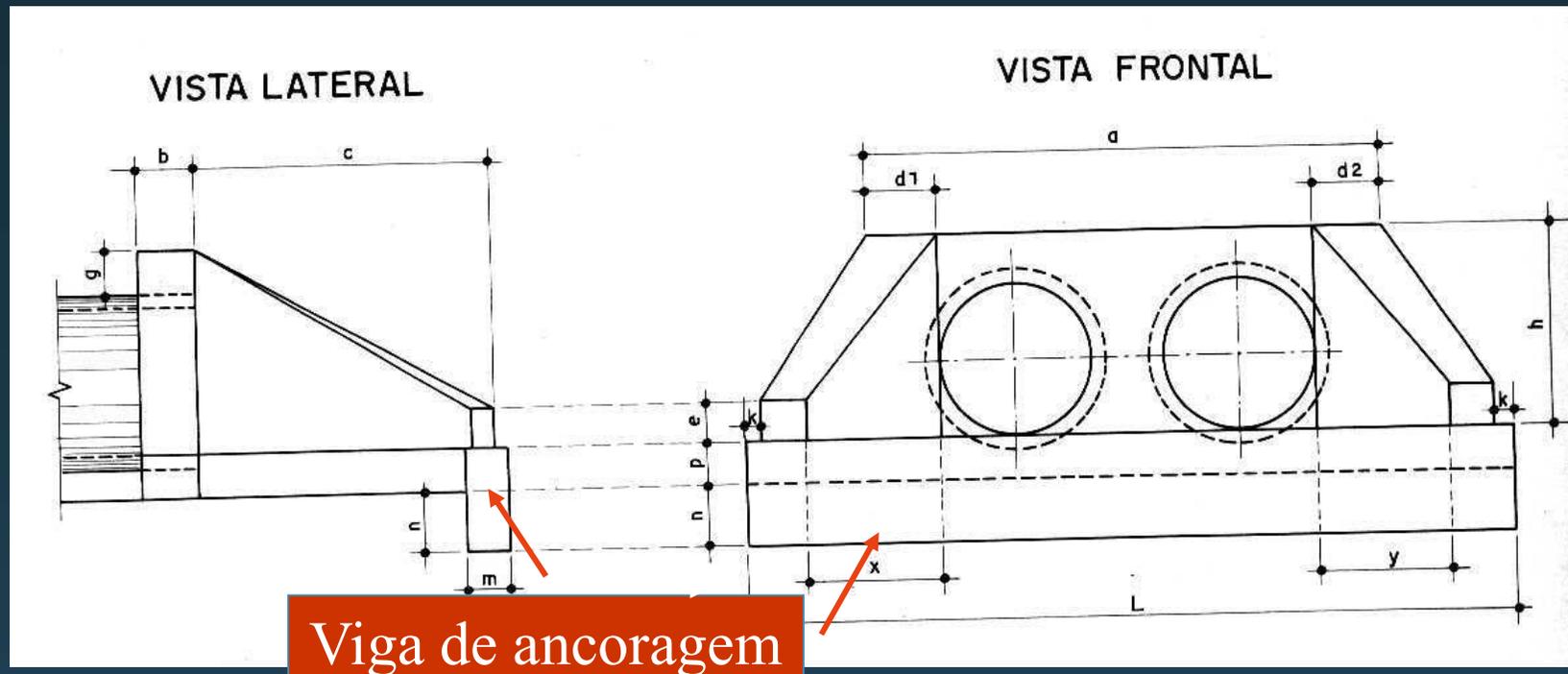
- Bueiro sem Boca

VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL





A viga de ancoragem da laje da boca de montante tem como objetivo impedir a entrada de água superficial sob o bueiro, já para a boca de jusante visa proteger contra o solapamento.





**Quais são as funções principais da boca
de um bueiro?**

- **Aumentar a capacidade de engolimento do tubo ou galeria**
- **Proteger o aterro contra erosão**
- **Conter a saia de aterro**

Sem boca





Estudo do Aproveitamento dos Bueiros Existentes

- Bueiro Assoreado/Entupido

Assoreamento

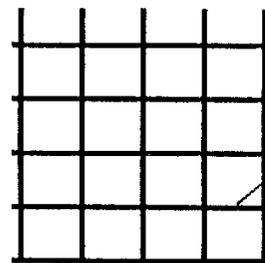
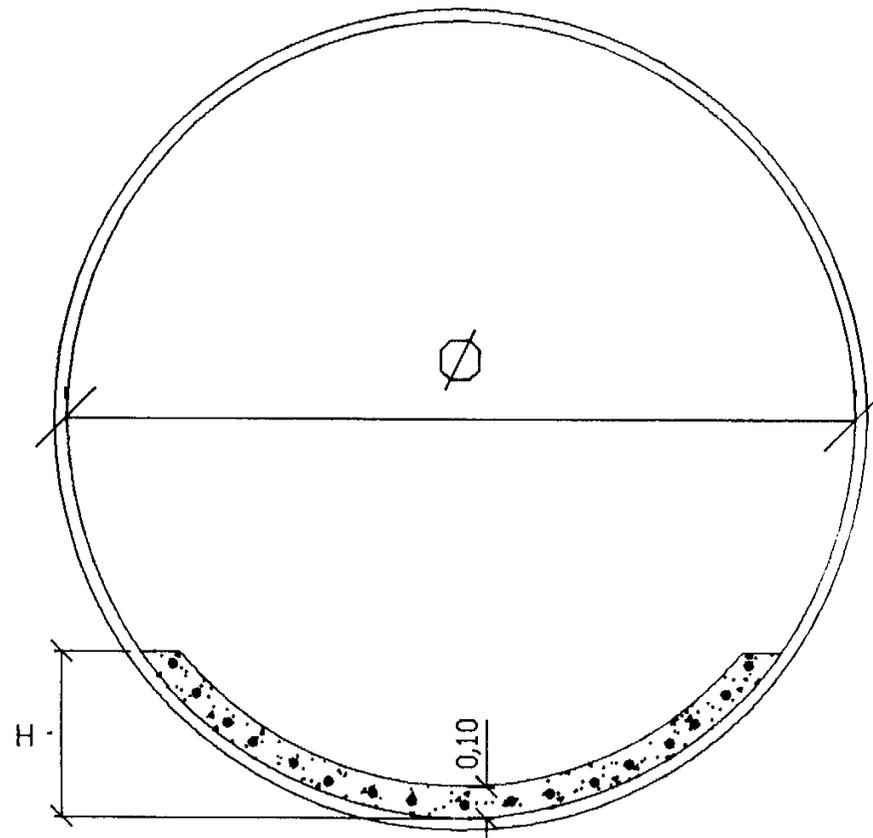


Entupimento



Obras de Arte Correntes- Construção

•Na análise do aproveitamento dos bueiros metálicos, aplica-se o mesmo raciocínio do item anterior. Caso encontremos bueiros furados pela corrosão e estes atenderem ao aspecto hidráulico, pode-se aproveitar o bueiro fazendo a recuperação com o uso do concreto armado no fundo até a uma altura de $1/3$ de seu diâmetro.



MALHA ϕ 1/4"C-20

ACØ CA 50
 CONCRETO FCK = 15,0 Mpa

H = DIAMETRO / 3 (REFORÇO DO FUNDO)
 H = DIAMETRO / 2 (REFORÇO DO FUNDO E LATERAIS)
 H = DIAMETRO - 0,1 (REFORÇO TOTAL DO BUEIRO)



Obras de Arte Correntes- Construção

- **Bueiros com amassamento:** muitas vezes este fato aconteceu na execução do aterro, e caso não haja indícios de sua evolução, o bueiro poderá ser aproveitado.

Amassamento/escoramento



Amassamento/escoramento



Corrosão



Afogado



Obras de Arte Correntes - Construção

Quanto ao problema do amassamento do bueiro, muitas vezes este aconteceu na execução do aterro, e caso não haja a possibilidade de evoluir, o bueiro poderá ser aproveitado.

**Estudo do Aproveitamento
dos
Bueiros Existentes**

BR 262

1- BR 116

2- BR 116

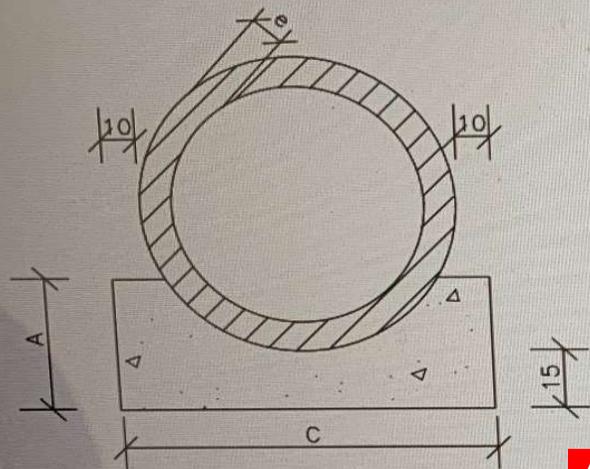
Obras de Arte Correntes

- Assentamento dos tubos: declividade máxima sem ancoragem – DNIT

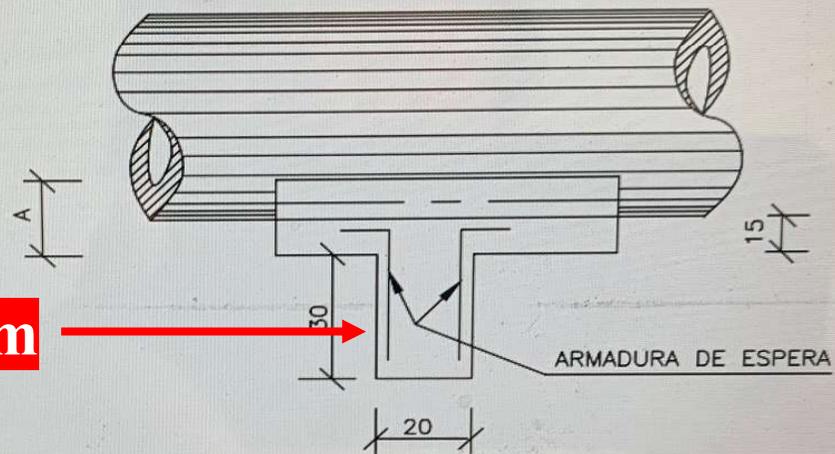
— + ↻ ↺ | Número de acessos | A^o Ler em voz alta | ▾ Desenha

BERÇOS PARA ASSENTAMENTOS DE BUEI

BERÇOS



VISTA LATERAL



Ancoragem



Obras de Arte Correntes

Manual de Drenagem de Rodovias - DNIT – 2006

Página 30

2.1.2 ELEMENTOS DO PROJETO

Levantamento topográfico em planta.

O projeto terá que ser precedido de um levantamento topográfico adequado, com curvas de nível, de metro em metro, para permitir seu detalhamento.

Sobre a planta resultante será projetado o bueiro.

Pesquisa da declividade e estudos geotécnicos.

Ao ser escolhida a posição mais recomendável para o bueiro deve ser levada em conta a condição de que, normalmente, a declividade de seu corpo deve variar entre 0,4 e 5%.

Quando essa declividade for elevada, o bueiro deve ser projetado em degraus e deverá dispor do berço com dentes para fixação ao terreno.

Quando a velocidade do escoamento na boca de jusante for superior à recomendada para a natureza do terreno natural existente (ver tabelas no Apêndice A) devem ser previstas bacias de amortecimento.

Obras de Arte Correntes

Manual de Drenagem de Rodovias - DNIT – 2006

Página 30

2.1.2 ELEMENTOS DO PROJETO

Levantamento topográfico em planta.

O projeto terá que ser precedido de um levantamento topográfico adequado, com curvas de nível, de metro em metro, para permitir seu detalhamento.

Sobre a planta resultante será projetado o bueiro.

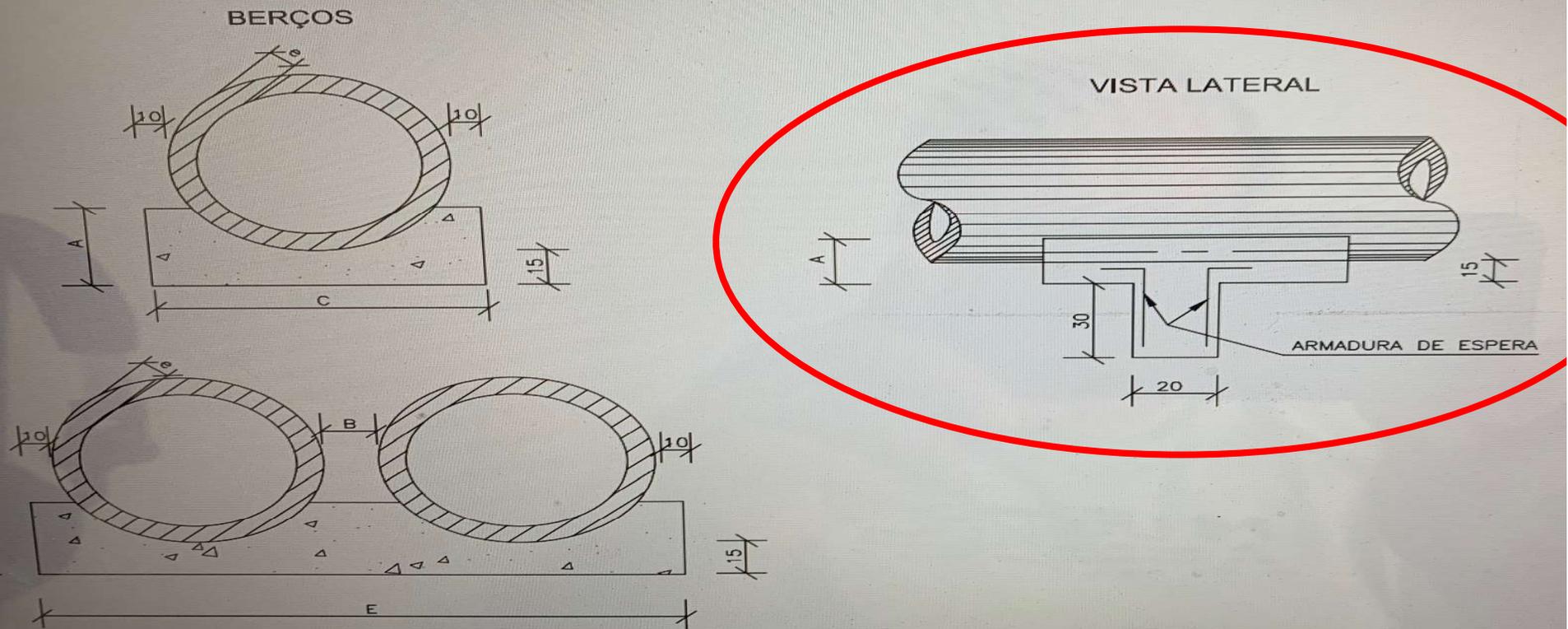
Pesquisa da declividade e estudos geotécnicos.

Ao ser escolhida a posição mais recomendável para o bueiro deve ser levada em conta a condição de que, normalmente, a declividade de seu corpo deve variar entre 0,4 e 5%.

Quando essa declividade for elevada, o bueiro deve ser projetado em degraus e deverá dispor do berço com dentes para fixação ao terreno.

Quando a velocidade do escoamento na boca de jusante for superior à recomendada para a natureza do terreno natural existente (ver tabelas no Apêndice A) devem ser previstas bacias de amortecimento.

BERÇOS PARA ASSENTAMENTOS DE



“ÁLBUM DE PROJETOS-TIPO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM” 2018

- S:
- 1 – Dimensões em cm.
 - 2 – Os dentes deverão ser construídos em todos os bueiros cuja declividade de instalação seja superior a 4% e ser espaçados de cinco em cinco metros na projeção horizontal;
 - 3 – Nos dentes serão colocadas armaduras de espera: 2 ferros de 6,3mm a cada 50 com comprimento de 50;
 - 4 – Utilizar nos berços concreto ciclópico $f_{ck} > 20\text{MPa}$;

Obras de Arte Correntes

- Assentamento dos tubos: declividade máxima sem ancoragem – DNIT

- Manual de Drenagem: $i \leq 5,0\%$
- Álbum de Projetos Tipo: $i \leq 4,0\%$

- **Recomendação: Desde que o assentamento seja feito em vala, não haverá necessidade de ancoragem em bueiros cuja declividade seja $i \leq 10\%$**





12 8 2003



12 8 2003

Obras de Arte Correntes

Declividade ideal de assentamento:

- Bueiros tubulares- entre 1,5% e 2,0%

Obras de Arte Correntes

Declividade ideal de assentamento:

- Bueiros tubulares- entre 1,5% e 2,0%
- Bueiros celulares - entre 0,5% e 1,0%

Obras de Arte Correntes

Velocidade máxima admissível

➤ DNIT : 4,5 m/s

Obras de Arte Correntes

Velocidade máxima admissível

- DNIT : 4,5 m/s

Obras de Arte Correntes

Velocidade máxima admissível

- DNIT : 4,5 m/s
- DER-MG: ???

Obras de Arte Correntes

DNIT

Velocidade máxima admissível = 4,5 m/s

Obras de Arte Correntes

1- Bueiros tubulares: $Tr = 25$ anos , $P = 1/25 = 4,0\%$

2- Galerias - Canal : $Tr = 25$ anos , $P = 1/25 = 4,0\%$

3- Galerias – conduto forçado : $Tr = 50$ anos , $P = 1/50 = 2,0 \%$

Obras de Arte Correntes

- **Velocidade máxima nos tubos de concreto: 7,0 m/s**
- **Velocidade máxima nos bueiros celulares: 10,0 m/s**

Diâmetro Mínimo

1. DER-MG

Obras novas: Bueiro greide – 0,60 m

Bueiro grota - 0,80 m

Diâmetro Mínimo

1. DER-MG

Obras novas: Bueiro greide – 0,60 m

Bueiro grota - 0,80 m

2. DNIT

Obras novas: Bueiro greide – 0,80 m

Bueiro grota - 1,00 m

Diâmetro Máximo ?

Por que Diâmetro máximo?



GRUPO



PESO TUBOS DE CONCRETO

TUBO DE CONCRETO <u>MACHO E FÊMEA</u>				
DN	PA1	PA2	PA3	Carga / Truck
400 x 1160	171	185	185	90 / metros
500 x 1160	235	250	250	60 / metros
600 x 1160	328	341	341	40 / metros
800 x 1000	528	540	540	22 / metros
1000 x 1000	824	824	824	14 / metros
1200 x 1000	1195	1195	1195	10 / metros
1500 x 1000	2780	2780	2780	8 / metros

**Altura Máxima
e
Altura Mínima de Aterro**

Altura mínima e máxima de aterro sobre a geratriz superior dos bueiros tubulares de concreto

TUBOS CLASSE	DIÂMETRO INTERNO	ALTURA DE ATERRO	
		SOBRE O TUBO NA VIA MÍNIMA	MÁXIMA
NBR 8890/2003	m	m	m
PS - 2	0.30,0.40,0.50 e0.60	0.55	4.60
	0.70 e 0.80	0.55	4.75
PA - 1	0.90	0.55	4.75
	1.00	0.55	4.75
	120 e 1.50	0.55	4.75
PA - 2	0.30,0.40,0.50 e0.60	0.50	5.75
	0.70 e 0.80	0.50	6.15
	0.90	0.50	6.40
	1.00	0.45	7.05
	120 e 1.50	0.40	8.00
PA - 3	0.30,0.40,0.50 e0.60	0.35	11.00
	0.70 e 0.80	0.35	11.15
	0.90	0.30	11.45
	1.00	0.30	11.75
	120 e 1.50	0.30	12.15



Obras de Arte Especiais

Orientações para Projeto de Pontes

“Dimensionamento Hidráulico”



1. Estudos Hidrológicos

1.1 Coleta dos dados pluviométricos e ou fluviométricos

1.1.1 – Pesquisa junto à ANA – Agencia Nacional de Águas

1.1.2 – Pesquisa junto à outros órgãos estaduais e até mesmo a empresas privadas

1.2 Processamento dos dados

1.3 Definição da equação de chuva ou método a ser adotado para a obtenção da precipitação e intensidade pluviométrica

1.4 Mapa da Bacia

1.4.1 – Dados físicos da bacia: área, comprimento do talvegue e a declividade efetiva do talvegue

1.5 Cálculo da vazão da bacia

1.5.1 – Método do Hidrograma Unitário: $A < 1.200 \text{ Km}^2$

**1.5.2 – Método Estatístico (dados fluviométricos)
 $A \geq 1.200 \text{ Km}^2$**

1.6 Viagem a campo

1.6.1 - Informações com moradores próximos à obra

1.6.2 - Informações com usuários da rodovia

1.6.3 - Informações com funcionários da Prefeitura

1.6.4 - Definição do coeficiente de manning:

- identificar o tipo de solo das margens e se possível do leito do curso d`água;**
- observar a geometria do curso d`água: sinuosidade e locais de perda de carga;**
- medir a velocidade do escoamento no local da transposição;**
- tirar fotos de forma a mostrar a geometria e a vegetação das margens;**

1.7 Levantamento topográfico

1.7.1 - Uma seção batimétrica a montante, uma seção batimétrica no local da travessia e uma a jusante. Caso a travessia seja esconsa, será necessário uma seção normal ao eixo no local da travessia.

1.7.2 - Cota do NA, 150,0m a montante e 150,0m a jusante para identificar a declividade de passagem no local da travessia.

1.8 Desenho da seção batimétrica na escala 1:1.

1.8 Cálculo Hidráulico da capacidade da ponte existente, para balizamento do projeto.

Cálculo hidráulico da vazão máxima cheia histórica

1.9 Estudo e definição da Ponte Projetada com a altura e comprimento com capacidade de permitir a passagem da vazão de projeto.

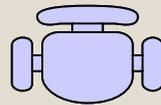






Máxima cheia histórica
H= 1,0 m

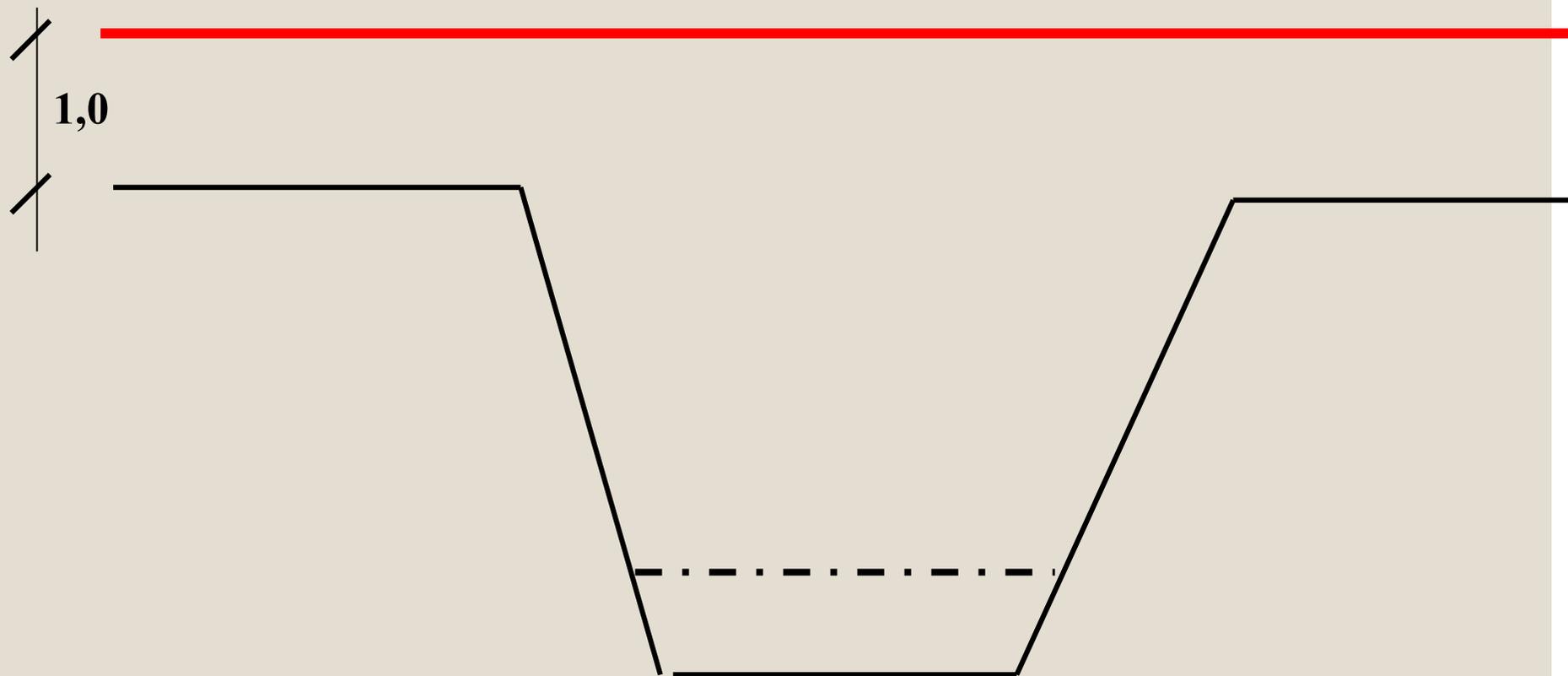
Verificação Hidráulica



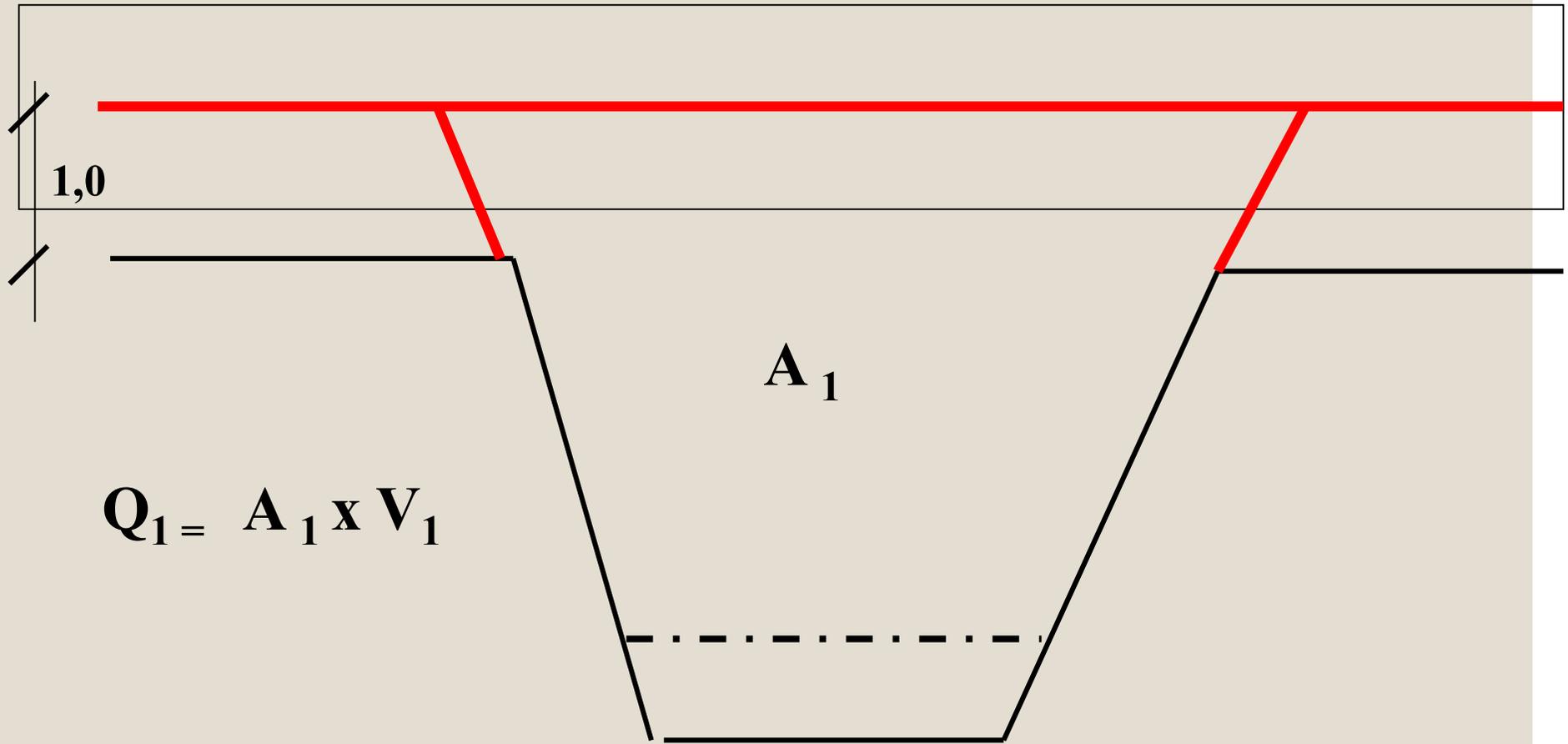
Seção Batimétrica



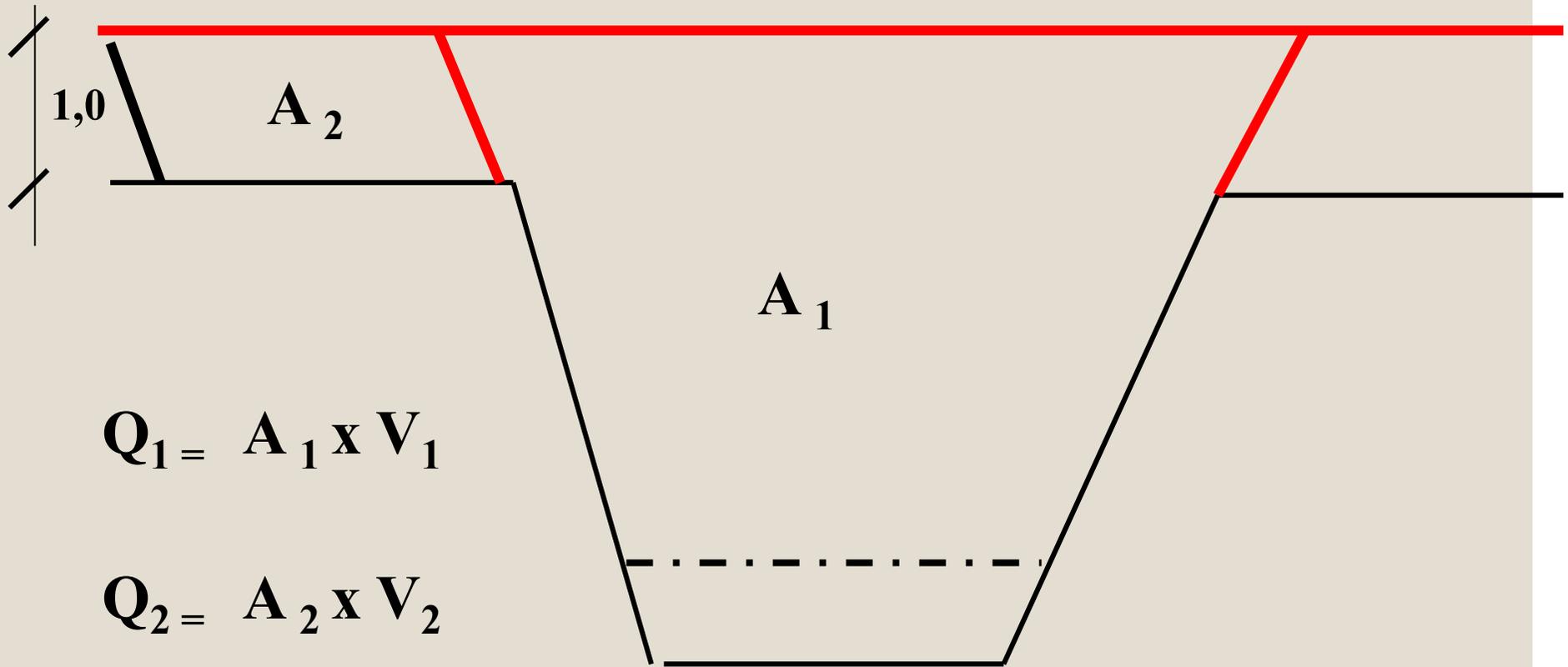
Seção Batimétrica



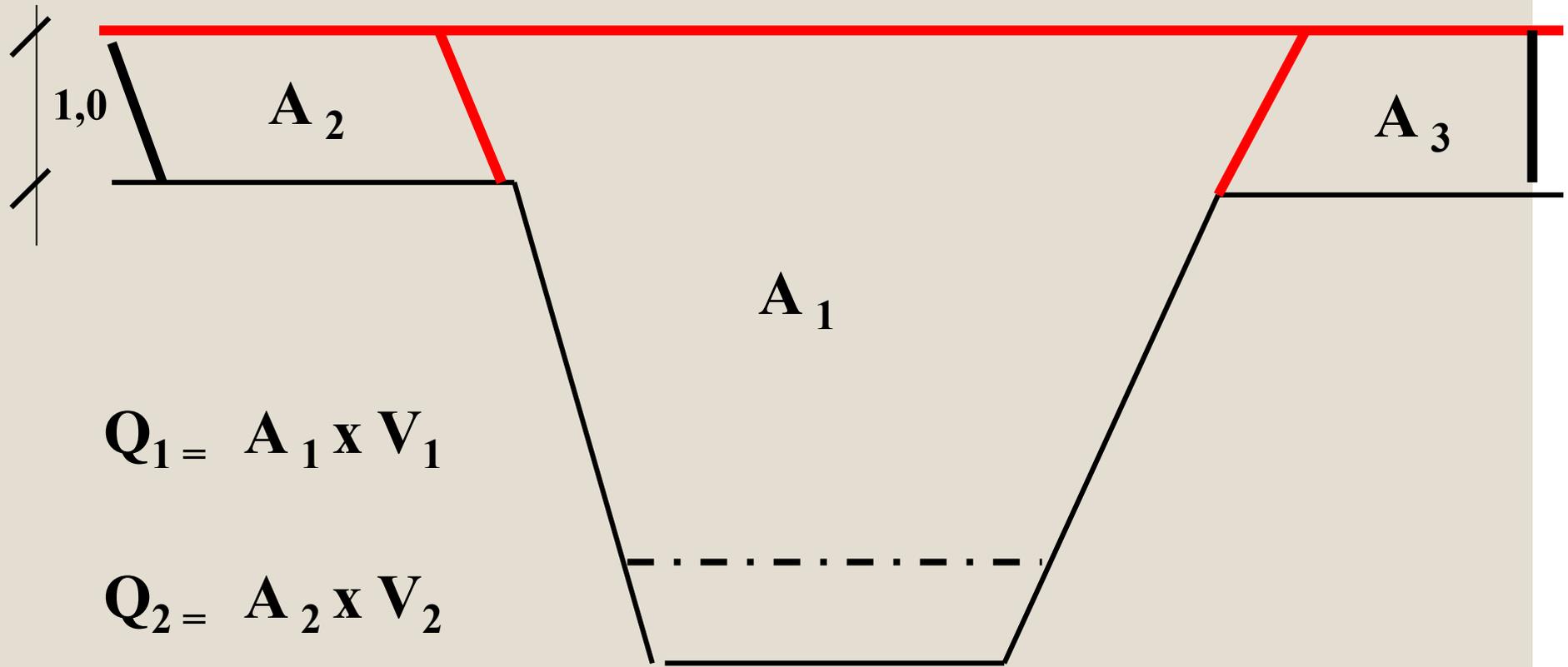
Seção Batimétrica



Seção Batimétrica



Seção Batimétrica

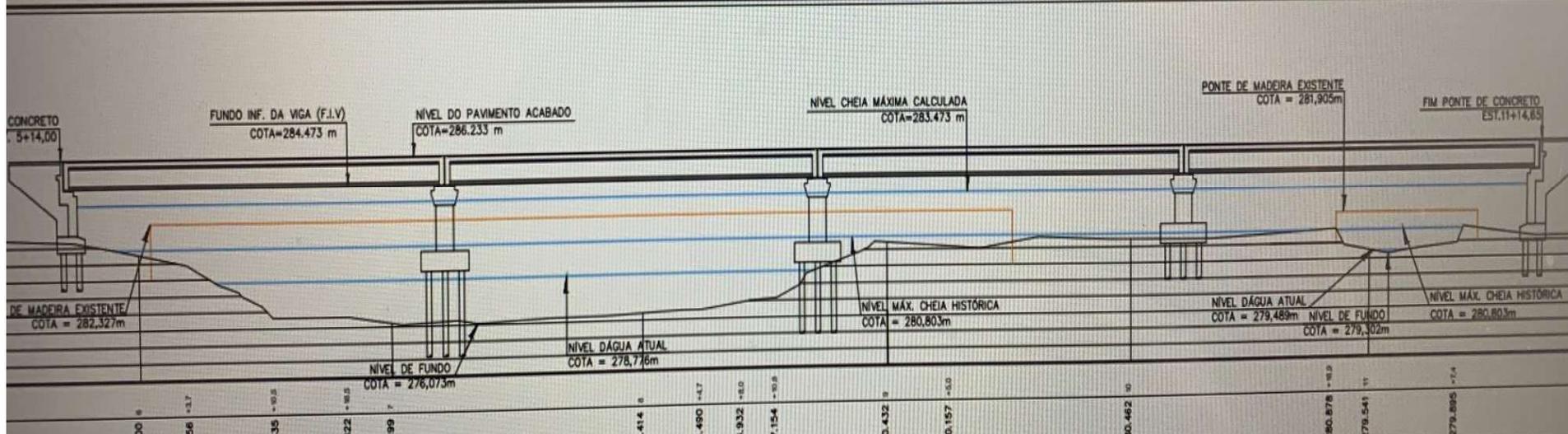
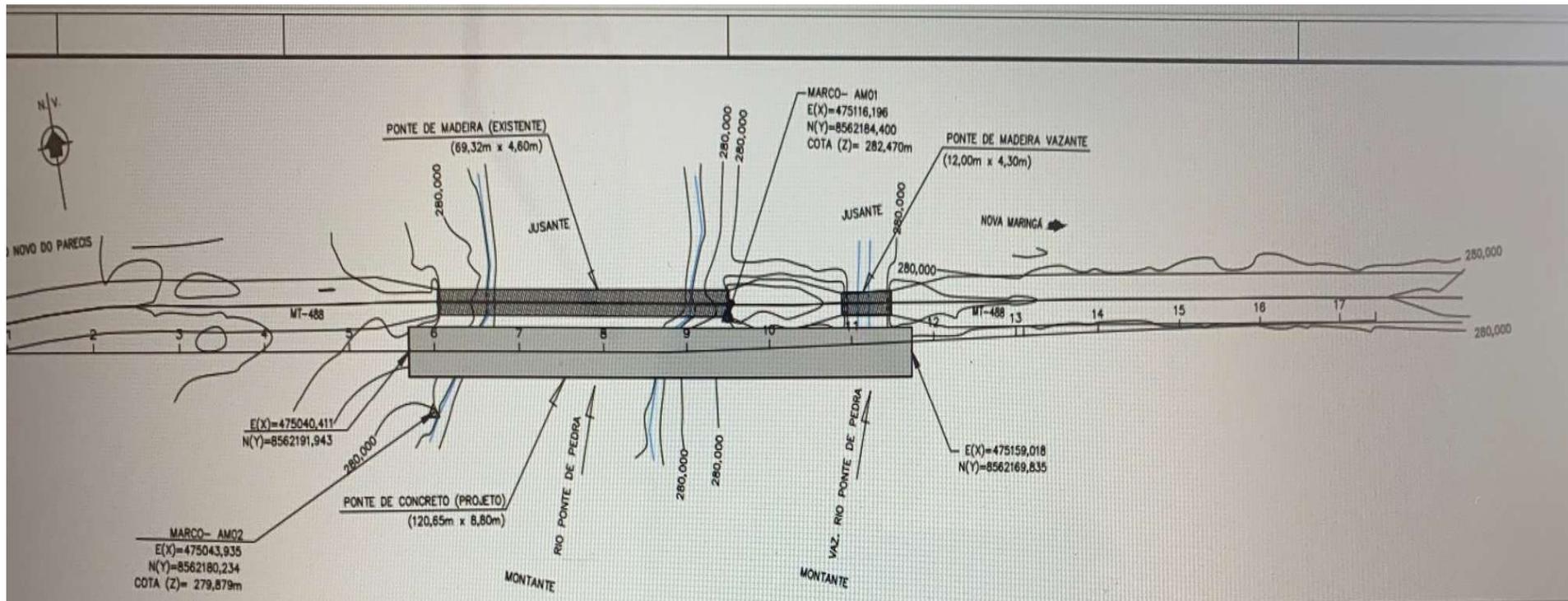


$$Q_1 = A_1 \times V_1$$

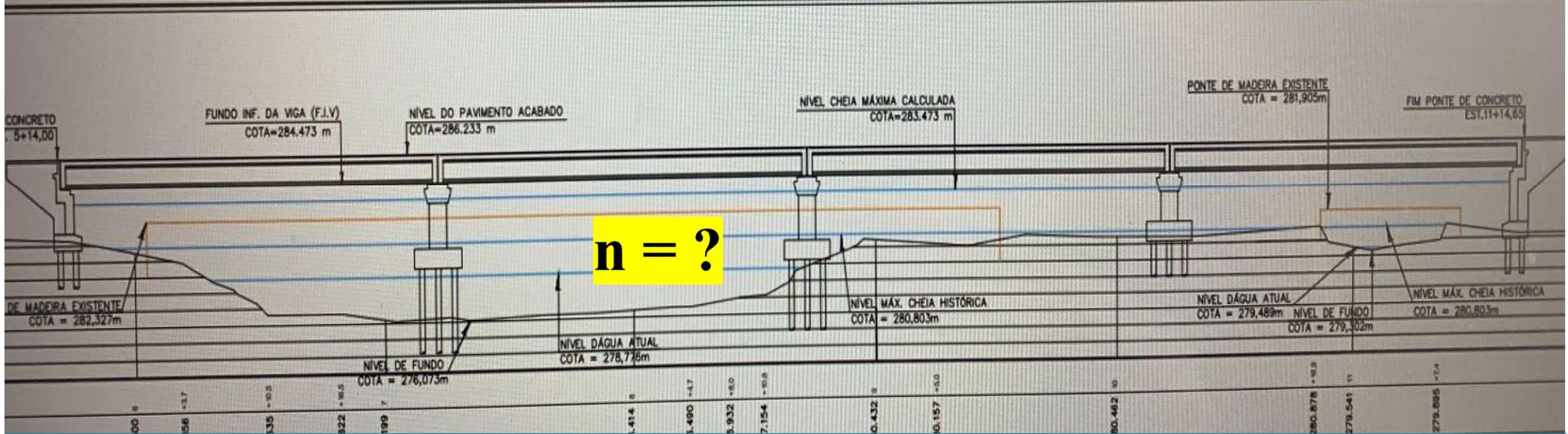
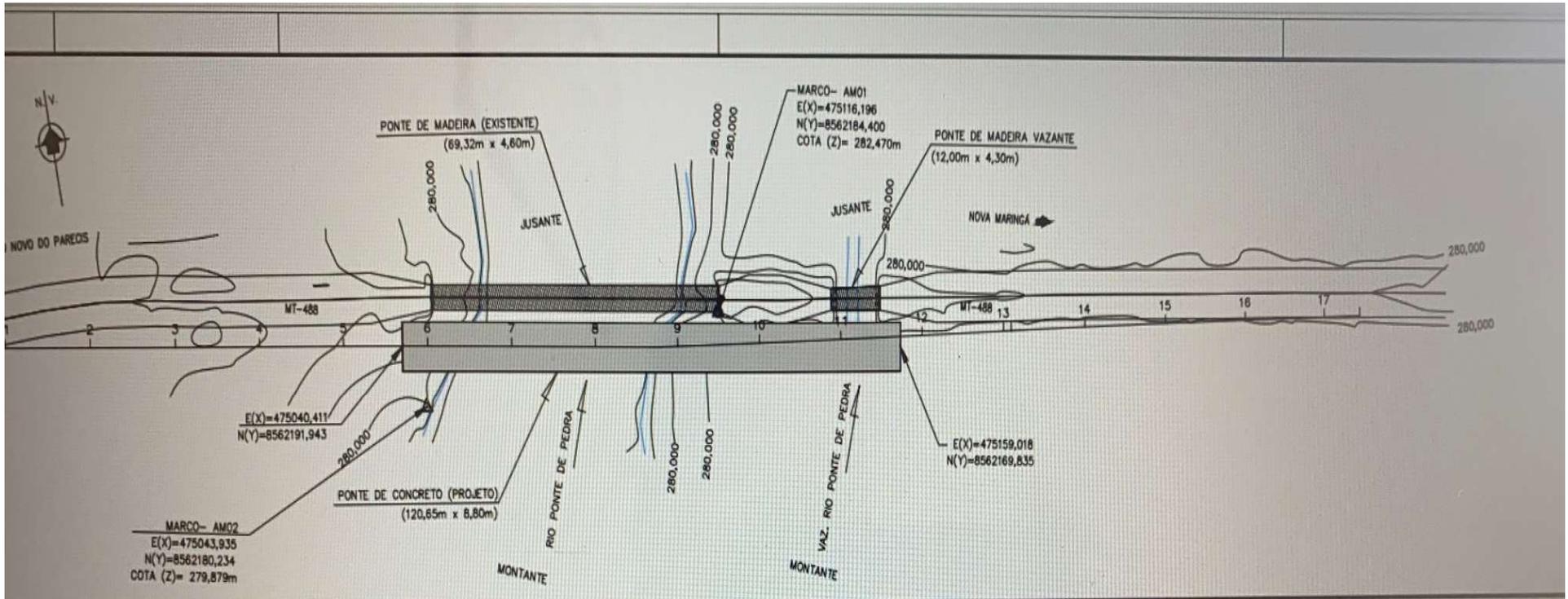
$$Q_2 = A_2 \times V_2$$

$$Q_3 = A_3 \times V_3$$

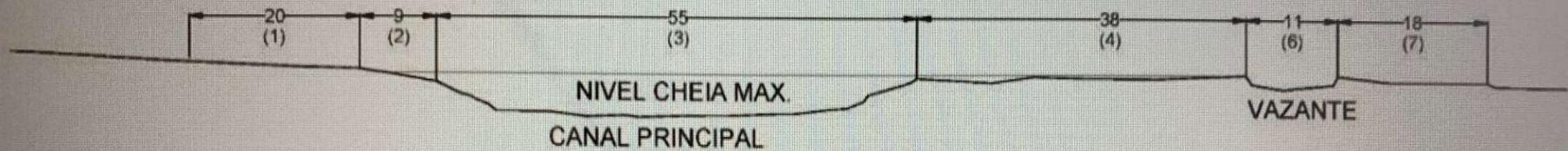
$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$



Coeficiente de Manning - n



Coeficiente de Manning - n



Coef. de rugosidade para seção composta

Identificação da área	Coef. Rugosidade da área (n_i)	Área associada a superfície i A_i	Coef. De rugosidade equivalente (n)	Natureza da parede
1	0,125	0,727	0,046	Margem espraidada com bastante vegetação
2	0,125	0,210		Margem espraidada com bastante vegetação
3	0,040	173,4094		Fundo do canal mais ou menos nivelado
4	0,125	8,7056		Margem espraidada com bastante vegetação
5	0,045	12,9804		Fundo do canal com muita vegetação
6	0,125	3,8346		Margem espraidada com bastante vegetação

(fonte: Porte (1998) e Cirilio et al. (2001))

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m n_i A_i}{A}$$

Onde:

n_i = coef. de rugosidade associado a sup. "i".

A = Área total;

A_i = Área associada a sup. "i".

Colchão de ar

Colchão de Ar

É a altura/folga entre a face inferior da longarina da ponte e a cota de máxima cheia de projeto, de forma a permitir a passagem de material flutuante durante as enchentes.

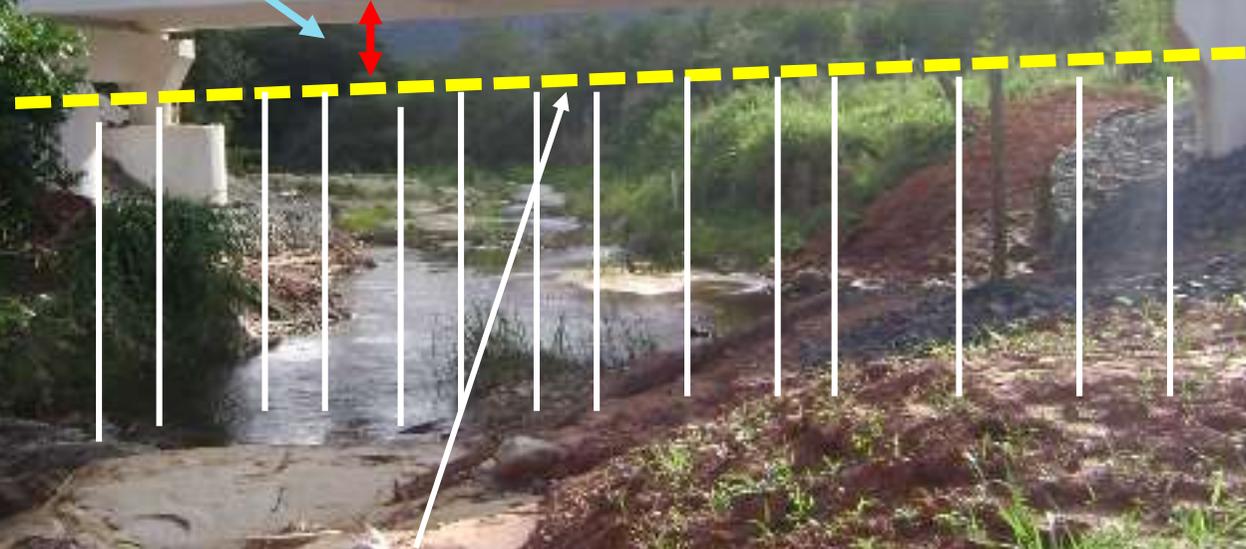
Normalmente adota-se a altura de 1,0 m, mas o projetista deverá verificar em sua visita a campo se esta altura é suficiente.

Em Rios navegáveis e rios onde ocorre transporte por via líquida de troncos esta altura será mais elevada.



Máxima cheia de projeto

Colchão de ar



Máxima cheia de projeto



MANUAL DE PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA Volume VII – Projeto de Drenagem

Colchão de ar :

- 0,50 m a 1,00 m entre a face inferior da viga principal (longarina) da ponte e máxima cheia, com TR = 50 anos para rodovia de baixo volume de tráfego;
- 1,00 m entre a face inferior da viga principal (longarina) da ponte e máxima cheia, com TR = 100 anos para rodovias normais.
- Para TR= 100 anos, o nível d água deve, no máximo, tangenciar a face inferior da viga principal (longarina) da ponte, no caso de aproveitamento da ponte existente;

montante. No caso de canal ou galeria de drenagem urbana, estes danos serão mais sentidos, pois causam a interrupção do trânsito, mesmo temporariamente, e danos em imóveis residenciais ou nas mercadorias dos estabelecimentos comerciais.

No caso da insuficiência de vazão em seções de pontes, visto que abrangem cursos d'água com maior vazão, em geral os danos são muito significativos podendo ocorrer a destruição da estrutura ou a ruptura dos aterros contíguos, proporcionando uma interrupção do tráfego, muito mais séria, exigindo obras de recomposição mais vultuosas e demoradas. Geralmente, os períodos de recorrência normalmente adotados no caso de bueiros são de 10 a 20 anos e, para as pontes, definem-se tempos de recorrência de 50 a 100 anos, conforme o tipo e importância da obra.

Para a fixação do tempo de recorrência da enchente de projeto, leva-se em consideração a folga entre o nível d'água previsto e algum ponto crítico característico, como um ponto baixo na estrada próximo ao local em análise e à face inferior da superestrutura, no caso de uma ponte. Na maior parte dos casos, considera-se a exigência de uma folga de 1,00 m, ou valores mais elevados no caso de águas navegáveis ou possibilidades de transportes por via líquida de troncos ou galhos.

Para o projeto de bueiros, é habitual considerar como limite o afogamento da galeria no interior da canalização, sendo permissível a elevação do nível d'água a montante além da geratriz superior da obra, pelo fato de que a retenção temporária das águas a montante pode amortecer consideravelmente os picos de cheias, sem comprometer os taludes vizinhos.

Colchão de ar = 0,50m a 1,00m



Máxima cheia de projeto



Pesquisar:
O rio é navegável?

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/aquaviario/hidrovias>



Conseqüências da falta/ineficácia do serviço de manutenção

Ponte Rio das Velhas, BR 381- km 455 próximo a Belo Horizonte

20 de abril de 2011



Comprimento = 177,00m

Rio Grande do Sul – 06/01/2010

Ponte sobre o Rio Jacuí – 330,00m



Pontes

Problemas com Projeto



Ponte Incompatível c/ a Geometria

Ponte Curta



Controle de Qualidade

Controle de Qualidade

- **Inspeção visual dos tubos - impede o uso de tubos com problemas.**



Fissuras,
Bolhas,
Armadura
exposta,
Ovalizações







2015/82

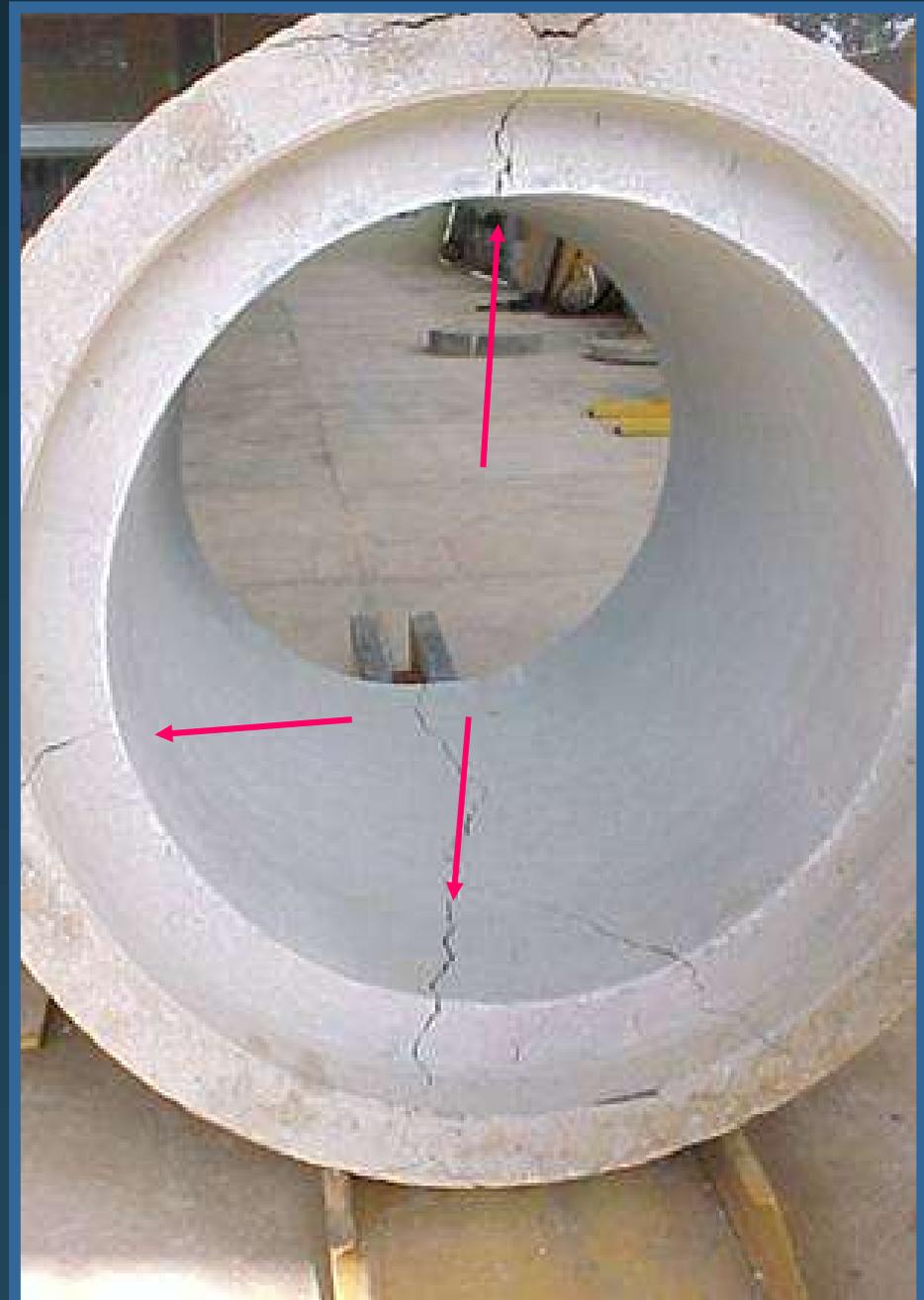
2015/82

8 9:59 PM

Controle de Qualidade

- **Ensaio de Compressão Diametral**

NBR-8890/2020



Execução com Qualidade

Equipe tem estar capacitada

Assentamento do tubo



Obras de Arte Correntes- Construção

- **Berço e bocas dos bueiros confeccionados em concreto ciclópico com 30% de pedra de mão;**







Obras de Arte Correntes- Construção

- **Abertura de valas na largura que permita o seu reaterro.**







Obras de Arte Correntes- Construção

- **O reaterro dos bueiros deve obedecer rigorosamente o especificado no projeto, pois sendo bem executado não haverá as depressões que hoje são tão comuns em nossas rodovias;**







BUEIROS / PROBLEMAS

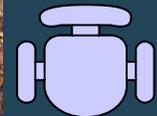
Projeto

Construção

Manutenção



BTTC 1,20 - Jusante



BTTC 1,20 - Jusante







Trecho: Passa Vinte – Div MG/RJ

Importância da ida ao campo











Marcos Augusto Jabor

E-mail: mjabôr@terra.com.br

www.marcosjabor.com.br

Instagram: [@marcos_jabor](https://www.instagram.com/marcos_jabor)