

HIDRÁULICA

ÁGUA PLUVIAIS: VAZÃO DE PROJETO



AUTORA

**OTÁVIO GONÇALVES
ADAMI**



APRESENTAÇÃO

A preocupação com a água da chuva é um assunto que vem ganhando destaque nas pesquisas sobre edificações. O correto despejo ou reutilização é fundamental para a manutenção da edificação, para a qualidade da vizinhança e pela busca por uma sociedade mais sustentável. Sendo assim, é importante compreender como funcionam os mecanismos que recebem, captam e direcionam a água que cai sobre as coberturas das residências.

Nesta Unidade de Aprendizagem, você vai começar estudando a terminologia de alguns termos associados à hidrologia para, a partir deste entendimento, avaliar a área de contribuição dos telhados e a vazão de projeto que norteará o dimensionamento das instalações.

Bons estudos.

Ao final desta Unidade de Aprendizagem, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Reconhecer a terminologia associada aos conceitos de hidrologia;
- Explicar a metodologia para determinação da área de contribuição;
- Aplicar o cálculo da vazão de projeto para dimensionamentos.

A preocupação com a água da chuva é um assunto que vem ganhando destaque nas pesquisas sobre edificações. O correto despejo ou a reutilização é fundamental para a manutenção da edificação, para a qualidade da vizinhança e pela busca por uma sociedade mais sustentável. Sendo assim, é importante compreender como funcionam os mecanismos que recebem, captam e direcionam a água que cai sobre as coberturas das residências.

Nesta Unidade de Aprendizagem, você vai começar estudando a terminologia de alguns termos associados à hidrologia para, a partir deste entendimento, avaliar a área de contribuição dos telhados e a vazão de projeto que norteará o dimensionamento das instalações.

CONHEÇA O CONTEUDISTA

Otávio Gonçalves Adami

Perito no TRT-ES | Engenheiro de Segurança do Trabalho no HIMABA | Engenheiro Civil e Produção na ISO Engenharia | Administrador | Mestre em Administração | Professor e Coordenador das Engenharias da Faculdade Novo Milênio

Formação:

Mestre em Administração (stricto sensu - 2020); Pós graduado Engenharia de Segurança do Trabalho (lato sensu - 2016); Engenharia de Avaliações e Perícias (lato sensu - 2016); MBA em Orçamento, Planejamento e Controle na Construção Civil (lato sensu - 2017); Desenvolvimento e Gerenciamento de Projetos em BIM (lato sensu - 2018); EAD e suas tecnologias no ensino superior (lato sensu - 2019); Docência do ensino superior (lato sensu - 2019); Administração escolar (lato sensu - 2021); Graduado em Engenharia Civil (2020); Graduado em Engenharia de Produção (2016); Graduado em Administração (2022).

UNIDADE 3

Introdução

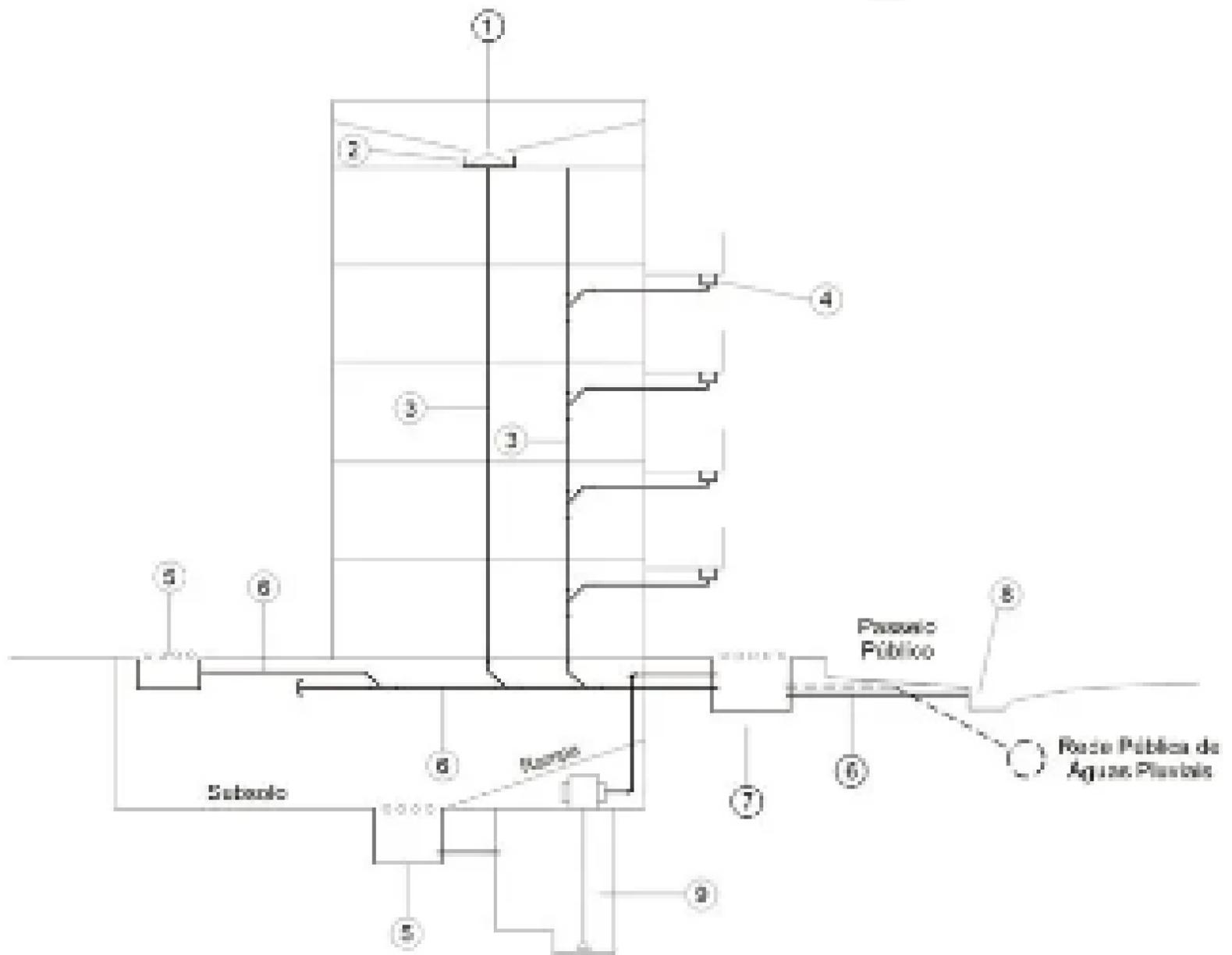
A preocupação com a água da chuva é um assunto que vem ganhando bastante força nas áreas de pesquisas sobre edificações. O correto despejo ou a reutilização é fundamental não apenas para a manutenção da edificação, mas também para a qualidade da vizinhança e para a busca de uma sociedade mais sustentável. Assim, é importante compreender como funcionam os mecanismos que recebem, captam e direcionam a água que cai sobre as coberturas das residências.

Neste capítulo, você vai estudar a terminologia associada à hidrologia, para, a partir deste entendimento, avaliar a área de contribuição dos telhados e a vazão de projeto, que norteará o dimensionamento das instalações.

O projeto do sistema é norteado pela norma técnica NBR 10844, que envolve cálculos para o dimensionamento da vazão, das calhas e dos condutores verticais e horizontais.

O projeto de sistemas prediais de água pluvial exige conhecimento e cálculos. Eles são constituídos por ralo hemisférico, calha, condutor vertical, ralo, canaleta, condutor horizontal, caixa de areia, sarjeta e caixa coletora de águas pluviais. “O dimensionamento de qualquer sistema requer a determinação de suas solicitações e a caracterização de seus elementos e componentes, para que suporte adequadamente as exigências que lhe são impostas”, comenta a professora doutora Lúcia Helena de Oliveira, chefe do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

HIDRÁULICA



- ① Rolo Hemisférico
- ② Calha
- ③ Condutor Vertical
- ④ Rolo
- ⑤ Caixaleta
- ⑥ Condutor Horizontal
- ⑦ Caixa de Aço
- ⑧ Sarjeta
- ⑨ Caixa Coletores de Águas Pluviais

HIDRÁULICA

DIMENSIONAMENTO DA VAZÃO

A vazão de projeto é determinada por meio da equação:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{60}$$

(15.1)

A professora explica que Q é a vazão de projeto medida em litros/minuto. Já o coeficiente de escoamento superficial, C , representa o grau de absorção de água pela superfície que recebe a precipitação. A intensidade pluviométrica, i , é obtida com base em dados pluviométricos locais e deve ser determinada a partir da fixação da duração de precipitação ($t=5$ min); e do período de retorno (T).

De acordo com a ABNT NBR 10844: 1989, o período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, em três níveis de risco:

- $T = 1$ ano, para áreas pavimentadas, tais como circulação, calçadas, áreas abertas etc., ou seja, onde empoçamentos possam ser tolerados;
- $T = 5$ anos, para coberturas e/ou terraços;
- $T = 25$ anos, para áreas e coberturas onde empoçamento ou extravasamento não são tolerados.

A área de contribuição, A , é obtida pela soma das áreas das superfícies que, interceptando a chuva, conduzem as águas para determinado elemento do sistema, tal como: calha, condutor vertical e condutor horizontal.

DIMENSIONAMENTO DE CALHAS

O método proposto pela norma baseia-se no escoamento permanente uniforme verificado em calhas inclinadas. As calhas semicirculares, retangulares, trapezoidais ou de outras formas são dimensionadas por meio da Equação de Manning-Strickler com declividade uniforme e valor mínimo de 0,5%.

Em que:

Q = vazão de projeto, L/min

S = área da seção molhada, m²

I = declividade da calha

n = coeficiente de rugosidade

$R_H = S/P$, o raio hidráulico, m

P = perímetro molhado, m

$K = 60000$

$$Q = K \frac{S}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

HIDRÁULICA

A professora chama a atenção para a tabela 1, que apresenta o coeficiente de rugosidade, n , da equação de Manning-Strickler para diferentes materiais.

Material	Coeficiente de rugosidade "n"
Plástico, fibrocimento, alumínio, aço inoxidável, aço galvanizado, cobre e latão	0,011
Ferro fundido, concreto alisado e alisado e alvenaria revestida	0,012
Cerâmica e concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

As mudanças de direção ao longo da extensão da calha provocam a redução de sua capacidade. No caso dessa mudança de direção estar a uma distância igual ou inferior a 4 m da saída da calha, a vazão de projeto deve ser majorada pelos coeficientes multiplicativos apresentados na Tabela 2.

Tipo de curva	Curva a menos de 2 m da saída da calha	Curva entre 2 m e 4 m da saída da calha
Canto reto	1,20	1,10
Canto arredondado	1,10	1,05

"A norma recomenda também que, para os casos em que a saída da calha estiver em uma das extremidades, a vazão de projeto, de calhas de beiral ou platibanda, deve ser aquela correspondente à maior área entre as áreas de contribuição", acrescenta.

DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES VERTICAIS

Os condutores verticais de águas pluviais devem ser dimensionados por meio de dois ábacos, apresentados nas Figuras 2 e 3. Esses ábacos resultaram de pesquisa realizada pelo Centre Scientifique et Technique de la Construction - CSTC, da Bélgica. O dimensionamento de condutores verticais é realizado a partir dos seguintes dados:

- vazão de projeto, Q (L/min)
- altura máxima da lâmina d'água na saída da calha, H (mm)
- comprimento vertical do condutor até a primeira curva de desvio, L (m)
- geometria de saída da calha, aresta viva ou cônica
- rugosidade do material, f

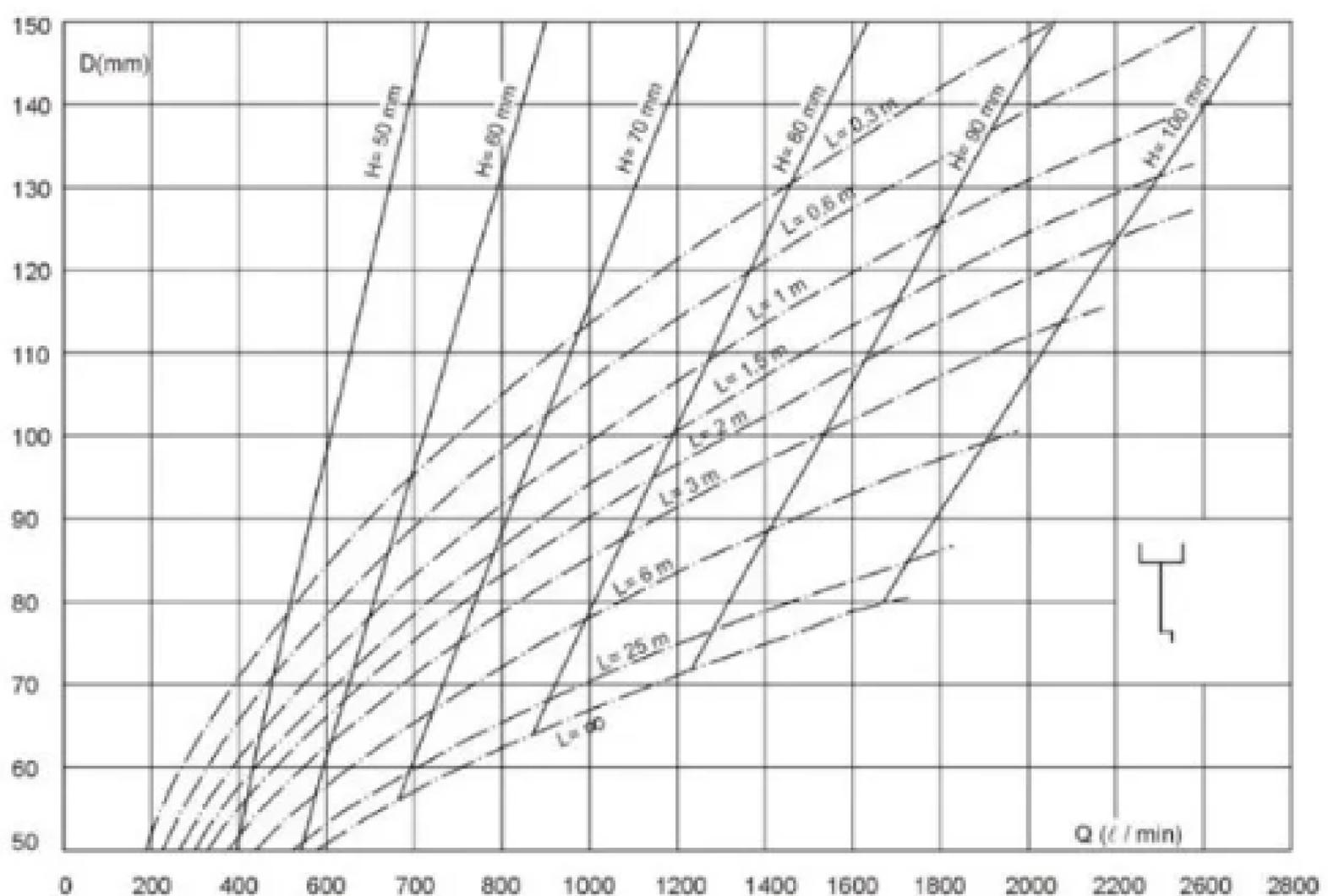
HIDRÁULICA

Os dois ábacos apresentados pela NBR 10844 foram construídos levando em conta dois desvios na base e fator de atrito, $f = 0,04$, correspondente a condutos rugosos. Dessa forma, considera-se a possibilidade de envelhecimento dos condutores. Esses ábacos não possuem qualquer fator de segurança que esteja implícito.

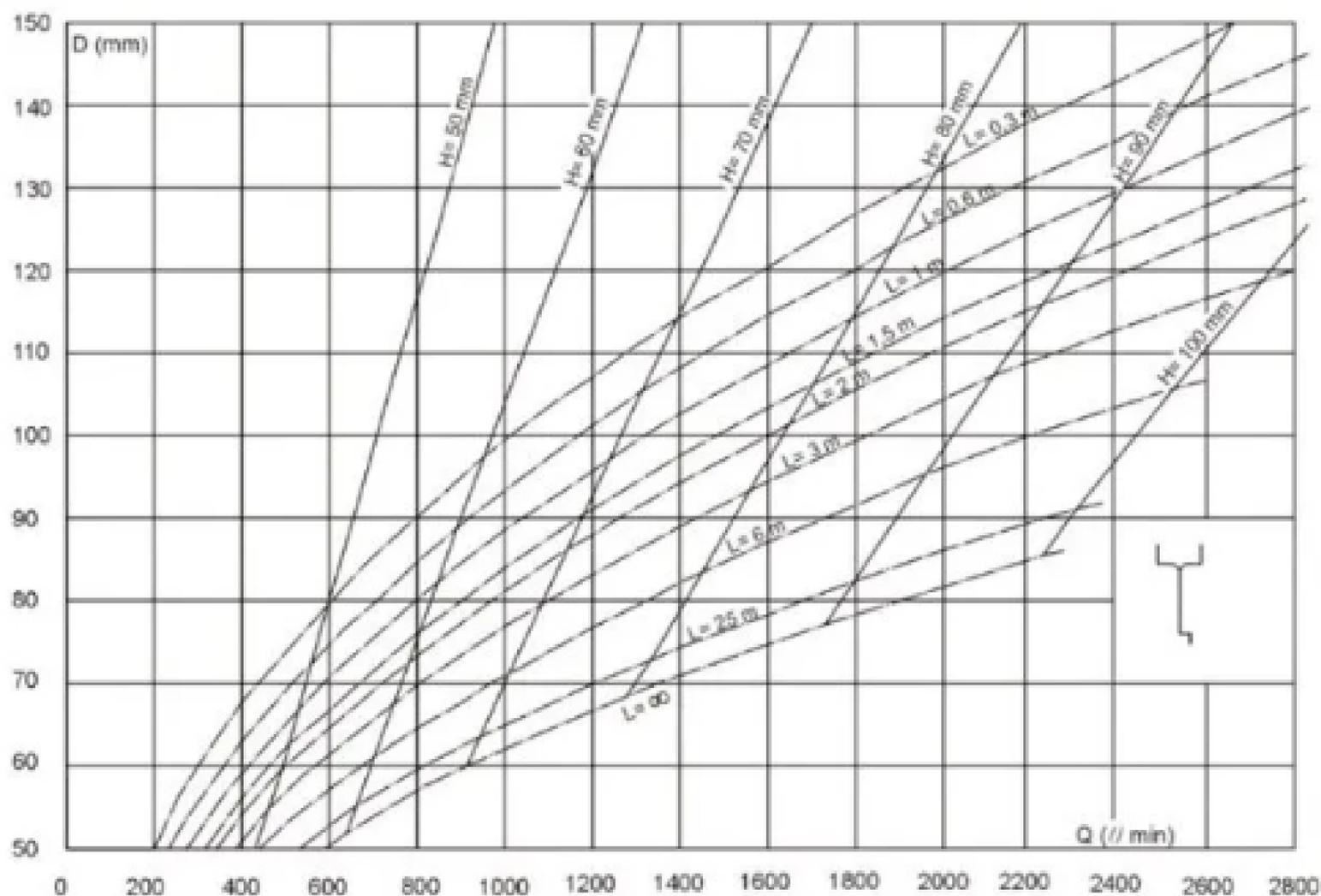
O procedimento para a determinação do diâmetro interno, D (mm), de um condutor vertical, a partir dos dados Q (L/min), H (mm) e L (mm) e por meio dos ábacos das Figuras 2 e 3, é o seguinte:

- a partir do valor de Q , levantar uma vertical até interceptar as curvas de H e L . No caso de inexistir as curvas de H e L , interpolar entre as curvas existentes;
- traçar horizontais ligando as intersecções $Q \times H$ e $Q \times L$ sobre o eixo do diâmetro. O maior valor encontrado será o diâmetro procurado.

O diâmetro nominal a ser adotado é aquele cujo diâmetro interno seja maior ou igual ao valor encontrado. Observar também que, segundo a NBR 10844, o diâmetro interno mínimo de condutores verticais de seção circular é de 70 mm.



HIDRÁULICA



DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES HORIZONTAIS

Os condutores horizontais são dimensionados utilizando-se as equações da hidráulica para condutos livres, supondo-se o escoamento em regime uniforme. A NBR-10844 recomenda o dimensionamento de condutores horizontais com uma declividade uniforme e mínima de 0,5%, por meio da equação de Manning-Strickler. Neste caso, considera-se o escoamento com a altura da lâmina d'água igual a 2/3 do diâmetro interno do condutor horizontal, D.

Na Tabela 3, está apresentado o dimensionamento de condutores horizontais de seção circular para diferentes tipos de materiais e declividades.

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011			
	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	5380	7590	10800

HIDRÁULICA

Diâmetro interno (D)	n = 0,012			
(mm)	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%
50	29	41	59	83
75	87	122	172	245
100	187	264	372	527
125	339	478	674	956
150	552	777	1100	1550
200	1190	1670	2360	3350
250	2150	3030	4280	6070
300	3500	4930	6960	9870

Diâmetro interno (D)	n = 0,013			
(mm)	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%
50	27	38	54	76
75	80	113	159	226
100	173	243	343	486
125	313	441	622	882
150	509	717	1010	1430
200	1100	1540	2180	3040
250	1990	2800	3950	5600
300	3230	4550	6420	9110

Terminologia associada à hidrologia

Antes de tudo, é interessante que você se familiarize com alguns termos utilizados nos estudos hidrológicos que se tornam fundamentais para a compreensão das etapas subsequentes. A norma apresenta as definições a seguir (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989):

- **Altura pluviométrica:** volume de água precipitada por unidade de área horizontal (mm). Pode ser entendido também como a altura de água de chuva que se acumula, após um certo tempo, sobre uma superfície horizontal impermeável.

HIDRÁULICA

- **Intensidade pluviométrica:** altura pluviométrica por unidade de tempo (mm/h).
- **Duração de precipitação:** intervalo de tempo que determina a intensidade pluviométrica (min).
- **Período de retorno (ou de recorrência):** número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade é igualada ou ultrapassada uma vez (anos).
- **Área de contribuição:** soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação (m²).
- **Tempo de concentração:** intervalo de tempo decorrido entre o início da chuva e o momento em que toda a área de contribuição passa a contribuir para determinada seção transversal de um condutor ou calha.
- **Vazão de projeto:** vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas.

Em termos de projeto, há algumas exigências a serem obedecidas. Assim, as instalações de drenagem de águas pluviais devem, conforme estipulado na norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989):

- Recolher e conduzir a vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- Ser estanques;
- Permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- Absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidos;
- Nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- Não provocar ruídos excessivos;
- Resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- Ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

HIDRÁULICA

Não é permitido lançar as águas pluviais em redes de esgoto usadas apenas para águas residuárias (despejos, líquidos domésticos ou industriais). As instalações prediais de águas pluviais têm como função, exclusivamente, o recolhimento e a condução das águas pluviais, não sendo aceitas quaisquer interligações com outras instalações prediais.



Cálculo da vazão de projeto

Para o cálculo da vazão de projeto, você vai utilizar a seguinte fórmula:

$$Q = I \cdot 60 \times A$$

Onde:

Q = vazão de projeto (L/min);

I = intensidade pluviométrica (mm/h); A = área de contribuição (m²).

A fim de determinar a intensidade pluviométrica (I), para fins de projeto, você deve fixar valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. São tomados como base os dados pluviométricos locais.

O período de retorno tem de ser fixado segundo as características da área a ser drenada, obedecendo:

T = 1 ano para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

T = 5 anos para coberturas e/ou terraços;

T = 25 anos para coberturas e áreas onde empoçamentos não possam ser tolerados.

HIDRÁULICA

A duração da precipitação precisa ser fixada em $t = 5$ min. A partir destes dados, e conhecendo o local em que o projeto será implantado, você deve procurar dados de estações pluviométricas próximas para uma correlação. Veja na Tabela 1 uma parte da tabela 5 da ABNT NBR 10844:1989 que apresenta alguns dados de intensidade pluviométrica das principais instalações no País.

Tabela 1. Trecho da tabela 5 da ABNT NBR 10844:1989 com dados de intensidade pluviométrica das principais instalações do Brasil.

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
1 - Alegrete/RS	174	238	313(17)
2 - Alto Itaipua/RJ	124	164	240
3 - Alto Tapajós/PA	168	229	267(21)
4 - Alto Teresópolis/RJ	114	137(3)	.

Para locais que não tenham sido mencionados na tabela da norma (uma vez que ela foi lançada já há alguns anos), você terá de buscar outras fontes de dados dos postos mais próximos que tenham condições meteorológicas semelhantes às do local em questão.

Determinação da área de contribuição

No cálculo da área de contribuição, você precisará considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam a água de chuva que também deve ser drenada pela cobertura. Veja a seguir na Figura 2 as fórmulas sugeridas pela norma para a área equivalente.

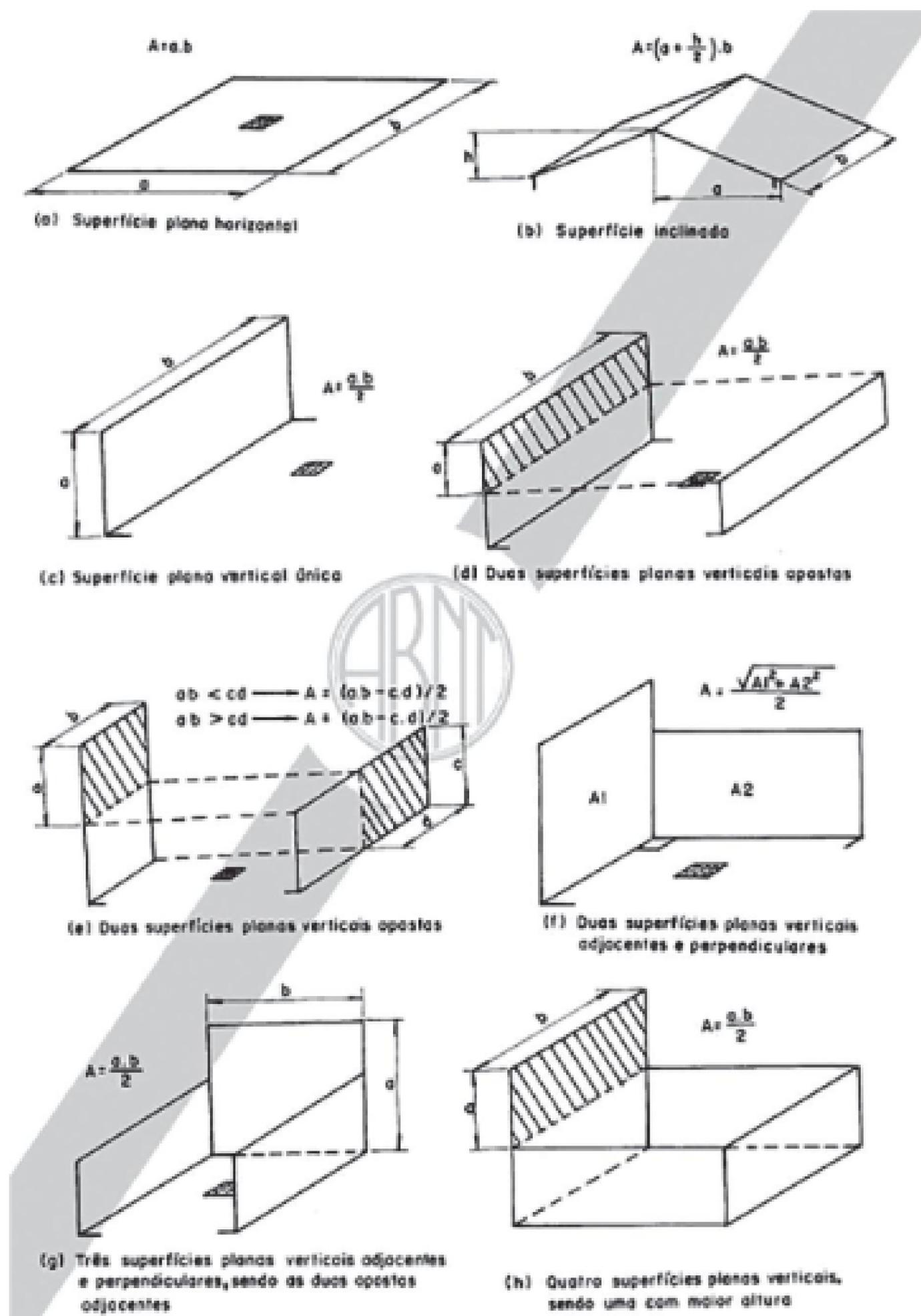


Figura 2. Fórmulas para o cálculo da área equivalente.

HIDRÁULICA

Assim, o projetista deve buscar identificar qual é a imagem que representa a cobertura a ser projetada para, uma vez munido das dimensões de projeto, calcular a área equivalente

Coberturas horizontais de laje

Projete as coberturas horizontais de laje a fim de evitar empoçamentos, exceto aquele tipo de acumulação temporária de água, durante tempestades, que é permitido onde a cobertura for especialmente projetada para ser impermeável sob certas condições.

As superfícies horizontais de laje devem ter declividade mínima de 0,5%, de modo que garanta o escoamento das águas pluviais até os pontos de drenagem previstos. A drenagem precisa ser feita por mais de uma saída, exceto nos casos em que não houver risco de obstrução.

CONCLUINDO A UNIDADE

A captação das águas pluviais tem por finalidade permitir o melhor escoamento, evitando alagamento, erosão do solo e outros problemas. A água da chuva causa danos à durabilidade e aparência das construções e, por isso, deve ser coletada e transportada em rede pública de drenagem pelo trajeto mais curto e no menor tempo possível.

No Brasil utiliza-se o sistema separador absoluto, em que a rede de esgoto sanitário é separada da rede de águas pluviais, uma vez que as vazões pluviais são superiores às dos esgotos sanitários. Sendo assim, os condutores de águas pluviais não podem ser usados para receber os efluentes de esgotos sanitários. Da mesma maneira, os condutos de instalação predial de esgoto sanitário não podem ser aproveitados para a condução de águas pluviais.

Quando necessário, subdivida a cobertura em áreas menores, com caimentos de orientações diferentes, para evitar grandes percursos de água. Os trechos da linha perimetral da cobertura e das eventuais aberturas na cobertura (escadas, claraboias etc.) que possam receber água, em virtude do caimento, têm de ser dotados de platibanda ou calha.

HIDRÁULICA

DICA DO PROFESSOR

Para ampliar o seu conhecimento a respeito desse assunto, veja abaixo as sugestões do professor:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/138266/000989447.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SAIBA MAIS

Para ampliar o seu conhecimento a respeito desse assunto, veja abaixo as sugestões do professor:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/34415/000789745.pdf?sequence=1>

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



1) A altura pluviométrica é:

- A) altura que a água cai sobre as residências.
- B) Altura de água que acumula em uma superfície sem escoamento adequado.
- C) Volume de água precipitada por unidade de área (mm).
- D) Quantidade de água que cai em um determinado tempo (mm/h).
- E) Comprimento do conduto vertical.

SEU GABARITO

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



2) Número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade é igualada ou ultrapassada uma vez (anos). Este é o conceito de:

- A) Intensidade pluviométrica.
- B) Duração de precipitação.
- C) Período de retorno (ou de recorrência).
- D) Tempo de concentração.
- E) Vazão de projeto.

SEU GABARITO

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



3 - Na fórmula da vazão de projeto ($Q=(I*A)/60$), I representa:

- A) A inclinação do telhado
- B) Intensidade pluviométrica.
- C) Tempo de retorno.
- D) Área de contribuição.
- E) Condição meteorológica do local.

SEU GABARITO

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



4 - Sobre a área de contribuição de um telhado, assinale a alternativa CORRETA:

- A) É a projeção vertical das áreas em planta.
- B) Não leva em conta platibandas e superfícies horizontais.
- C) O projetista deve comparar a tipologia do telhado com as figuras na norma, buscando adequar o projeto às fórmulas apresentadas para auxiliar no cálculo.
- D) As áreas verticais são somadas diretamente com as horizontais.
- E) Independe da inclinação da cobertura.

SEU GABARITO

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



5- A norma NBR 10.844: instalações prediais de águas pluviais aborda:

- a) Dimensionamento de bocas-de-lobo e galerias.
- b) Detalhamento de qualidade e materiais utilizados nas tubulações de águas pluviais.
- c) Padronização do diâmetro dos tubos de PVC a serem utilizados.
- d) Detalhes a respeito dos materiais utilizados nas coberturas.
- e) Exigências e critérios necessários aos projetos de instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.

SEU GABARITO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9814:1987. Execução de rede coletora de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10844:1989. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

GABARITOS

1- Gabarito: C

Justificativa do gabarito: Pode ser entendido também como a altura de água de chuva que se acumula, após um certo tempo, sobre uma superfície horizontal impermeável.

2- Gabarito: C

Justificativa do gabarito: Período de retorno (ou de recorrência): número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade é igualada ou ultrapassada uma vez (anos).

3- Gabarito: B

Justificativa do gabarito: Correto. Com sua unidade em mm/h.

4- Gabarito: C

Justificativa do gabarito: O projeto deve ser comparado com as instruções da norma para facilitar o cálculo da área total de contribuição.

5- Gabarito: E

Justificativa do gabarito: Esse é o objetivo principal do documento, como é descrito na própria norma.