

Cobertura de retenção com vegetação, New Children's Hospital, Dublin, Irlanda. Imagem: Nophadrain.

GUIA TÉCNICO · GESTÃO DA ÁGUA

Gestão da água em coberturas

Coberturas verdes e de retenção em Portugal: regulamentação, chuva de projeto, dimensionamento, sistemas, execução e manutenção.

Um guia de projeto, gratuito e sem registo, para quem tem de decidir o que acontece à chuva que cai numa cobertura: quanta fica, quanta sai, a que ritmo e com que margem de segurança.

Destina-se a arquitetos, arquitetos paisagistas, engenheiros, entidades gestoras e municípios. Reúne a regulamentação portuguesa, os estudos feitos em Portugal, o método nacional de cálculo de volumes de retenção, os sistemas Nophadrain, dois exemplos resolvidos, os pormenores de execução, a manutenção e uma lista de verificação do projeto. Os métodos são apresentados com os seus limites, e, onde não foi identificado na literatura um método validado para Portugal, o guia dá os dados disponíveis e deixa a escolha ao projetista.

NESTE DOCUMENTO

01 Porque é que a água da cobertura passou a contar

02 Os termos

03 O que uma cobertura verde faz à chuva

04 O que acrescenta a camada azul

05 O que diz a regulamentação portuguesa

06 A chuva de projeto

07 Dimensionar uma cobertura de retenção

08 Dois exemplos resolvidos

09 Os sistemas Nophadrain de retenção

10 Retenção e aproveitamento de águas pluviais

11 Pormenores de execução

12 Manutenção

13 Lista de verificação do projeto

14 O que ainda não se sabe

15 Fontes

C = 1
coeficiente de escoamento dos ralos e tubos de queda, em qualquer cobertura (DR 23/95, art. 211.º)

art. 179.º
o método português para o volume de retenção, com a intensidade em mm/min

60 min
limite de duração indicado para as curvas do Anexo IX

1 kN/m²
de carga por cada 100 mm de água acumulada

01 Porque é que a água da cobertura passou a contar

Em Portugal, a chuva concentra-se no outono e no inverno e chega muitas vezes em chuvadas curtas e intensas. Numa cidade impermeabilizada, cada cobertura plana entrega essa água à rede em poucos minutos.

Uma cobertura pode responder de três formas, que se combinam:

01 Reter

Guardar parte da chuva no substrato e nas plantas, que a devolvem à atmosfera. Reduz o volume anual que chega à rede.

02 Deter

Guardar um volume conhecido numa camada própria e libertá-lo devagar, com um regulador de caudal. Reduz e atrasa a ponta.

03 Aproveitar

Conduzir a água escoada a uma cisterna, para rega ou usos não potáveis, ou devolvê-la às plantas por capilaridade.

A gestão da água no lote não é, em Portugal, uma obrigação nacional. As exigências que existem vêm dos municípios, nos regulamentos de urbanização e edificação e nos planos diretores municipais, e das entidades gestoras, que podem fixar o caudal máximo que uma obra entrega à rede. O enquadramento europeu aponta no mesmo sentido, sem obrigar os proprietários:

ÁGUAS RESIDUAIS

Diretiva (UE) 2024/3019

Planos integrados de gestão de águas residuais urbanas até 2033 nas aglomerações com 100 000 habitantes-equivalentes ou mais, com prioridade a soluções de infraestrutura verde e azul e a medidas de retenção natural da água. Transposição até 31 de julho de 2027.

RESTAURO DA NATUREZA

Regulamento (UE) 2024/1991

Sem perda líquida de espaço verde urbano até 2030 e tendência crescente a partir de 2031, incluindo através da integração em edifícios. Os considerandos e o Anexo VII referem as coberturas verdes.

EDIFÍCIOS

Diretiva (UE) 2024/1275

Manda ter em conta as coberturas verdes na instalação de energia solar e abordar a adaptação às alterações climáticas nos edifícios novos e nas grandes renovações. Não cria obrigação de cobertura verde nem de retenção.

Detalhe em archiroof.pt/regulamentacao/diretiva-aguas-residuais-restauro-da-natureza-e-coberturas.

02 Os termos

Os termos da gestão da água em coberturas ainda têm pouco uso em português. Neste guia têm o sentido seguinte:

Retenção
Água que fica na cobertura e não chega à rede: é usada pelas plantas ou evapora. Reduz o volume escoado.

Detenção
Água guardada durante algum tempo e libertada depois, com um caudal menor. Não reduz o volume, mas reduz e atrasa a ponta. O DR 23/95 chama «bacias de retenção» às obras que fazem esta função.

Cobertura de retenção ou azul-verde
Cobertura verde com uma camada de armazenamento de água sob o substrato e uma saída com regulador de caudal. «Azul-verde» traduz blue-green roof, o termo da literatura científica europeia.

Camada azul
Camada de armazenamento de uma cobertura azul-verde: elementos de retenção de plástico, com volume de vazios elevado, assentes sobre a impermeabilização de uma cobertura sem pendente.

Regulador de caudal
Dispositivo na saída de água que limita o caudal entregue ao tubo de queda. O caudal depende da regulação e da altura de água.

Descarregador de emergência
Saída que garante a drenagem quando a camada azul está cheia ou o regulador está obstruído.

Tempo de esvaziamento
Tempo que a camada azul leva a esvaziar depois de uma chuvada. Fixa o espaço disponível para a chuvada seguinte.

Período de retorno
Intervalo médio, em anos, entre chuvadas iguais ou superiores à de cálculo. Uma chuvada de 10 anos tem, em cada ano, cerca de 10 % de probabilidade de ser igualada ou excedida.

Duração crítica
Duração da chuvada que exige o maior volume de retenção, para um dado caudal de saída.

03 O que uma cobertura verde faz à chuva

Os estudos portugueses mostram uma cobertura verde que retém quase toda a chuva ao longo do ano, mas que, numa chuvada grande sobre substrato molhado, deixa passar a água ao fim de poucos minutos.

Estudo	O que se mediu
Porto, Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa (ESB-UCP): piloto extensivo com 10 cm de substrato, 2017–2018	Reteve 89,6 % de 1 089 mm de chuva num ano. Por chuvada, o coeficiente de escoamento variou entre 0,017 e 0,764: os valores altos ocorreram com o substrato já molhado.
Lisboa, Instituto Superior Técnico (IST): oito pilotos extensivos sob chuva artificial, 2021	Retenção por chuvada de 37 a 100 %, média próxima de 81 %; atenuação da ponta de 30 a 100 %; início do escoamento 2 a 18 minutos depois do início da chuva. A humidade inicial do substrato foi a variável com mais peso.
Lisboa, Instituto Superior de Agronomia (ISA): canteiros com espécies nativas e 150 mm de substrato, seis meses de outono e inverno	69 das 184 chuvadas não produziram escoamento; retenção mediana de 55 a 100 %. A humidade inicial e a interceção pela vegetação foram fatores significativos.
Lisboa, IST: modelo SWMM calibrado com os mesmos pilotos	Com os parâmetros por defeito, o modelo sobrestimou o desempenho das coberturas; depois de calibrado, reproduziu os hidrogramas com uma diferença média de 5,9 % no volume escoado.

Os estudos feitos noutros climas mediterrânicos chegam à mesma conclusão. Numa cobertura extensiva à escala real na Calábria, o coeficiente médio de escoamento foi de 32 % no conjunto de 62 chuvadas, mas de 50 % nas 35 maiores. Na mesma cobertura, substratos de 6 a 15 cm deram reduções do volume escoado entre 22 e 24 %: mais do dobro da espessura mudou o resultado em dois pontos percentuais. No sul de Itália, dois canteiros monitorizados durante sete anos perderam cerca de 12 % da capacidade de retenção, pela alteração das propriedades do substrato.

Três consequências para o projeto

- A retenção anual não serve para dimensionar a drenagem. Para os ralos, as caleiras e os tubos de queda, o DR 23/95 manda usar nas coberturas um coeficiente de escoamento igual a 1 (secção 5).
- O substrato não garante um volume numa chuvada de projeto, porque pode estar cheio quando ela começa.
- Quando se pretende limitar o caudal entregue à rede, o volume tem de existir numa camada própria, que se enche durante a chuvada e se esvazia a seguir, com saída regulada.

04 O que acrescenta a camada azul

A camada azul acrescenta detenção com volume conhecido. É a experiência europeia mais documentada que mostra o que isso vale, e onde acaba:

AMESTERDÃO, PROJETO RESILIO (2018–2022)

Camada azul com válvula comandada

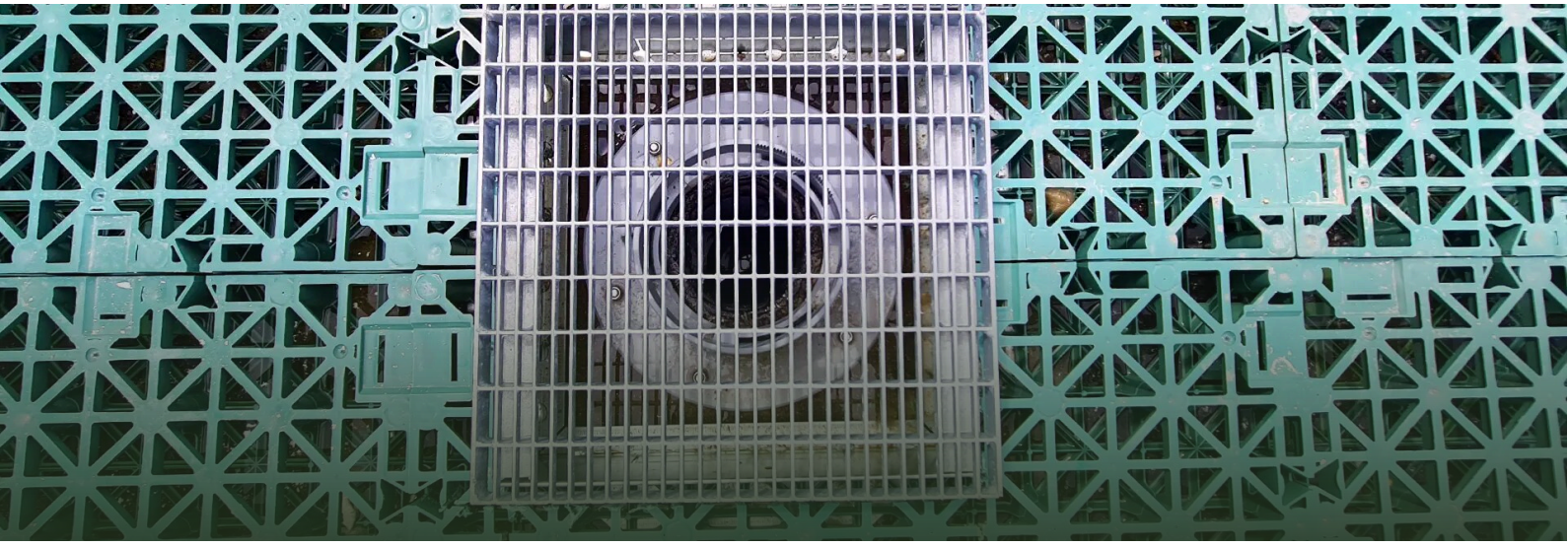
- Coberturas-piloto com 85 mm de camada azul (71 l/m²) e 60 mm de substrato com sedum.
- Captura média de 92 % da chuva, com um mínimo de 81 %, e de 97 % nas chuvadas acima de 20 mm/h.
- No modelo calibrado: cobertura verde simples, cerca de 30 %; camada azul sem controlo, cerca de 50 %; com válvula comandada, 90 % ou mais.
- Uma chuvada de 131 mm em 4 horas, que excede os 71 mm da camada, teria sido captada só em cerca de 30 %.

PALERMO, CLIMA MEDITERRÂNICO SEMIÁRIDO

Protótipo azul-verde multicamada

- Um ano de medições, comparado com uma cobertura convencional.
- Retenção média de 77 % à escala diária e de 61 % por chuvada; cerca de metade das chuvadas foi totalmente retida.
- Pesaram a chuva, a humidade inicial do solo e a água já armazenada na camada azul no início da chuvada.

O clima mediterrânico cria um dilema próprio. Guardar água na camada azul no fim da primavera dá uma reserva para o verão, que a capilaridade devolve às plantas. Mas a água que lá estiver no outono ocupa o espaço de que a cobertura precisa para as primeiras chuvadas grandes. No projeto, isto traduz-se em três decisões: o volume da camada, o caudal do regulador, que define o tempo de esvaziamento, e a ocupação inicial no início da época das chuvas, que entra no cálculo como volume indisponível.



Camada azul em obra: elementos de retenção de água à volta de uma saída, antes do geotêxtil e do substrato. De Gebroeders, Eindhoven, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

05 O que diz a regulamentação portuguesa

O Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto, não menciona coberturas verdes nem de retenção, mas contém as duas ferramentas de que o projeto precisa: as regras da rede predial de águas pluviais e um método de cálculo de volumes de retenção.

Artigo	O que fixa
Art. 128.º	Na falta de estudo estatístico local, as curvas de intensidade, duração e frequência (IDF) das três regiões pluviométricas do Anexo IX.
Art. 210.º	Rede predial de águas pluviais: período de retorno mínimo de 5 anos e duração de precipitação de 5 minutos.
Art. 211.º	Coeficiente de escoamento igual a 1 nas coberturas de edifícios. O artigo não distingue tipos de cobertura.
Arts. 176.º a 180.º	Bacias de retenção dos sistemas públicos. O art. 179.º dá o método simplificado de cálculo do volume, com caudal de descarga constante.

Numa cobertura verde ou de retenção, os ralos, as caleiras, os tubos de queda e o descarregador de emergência dimensionam-se, assim, como numa cobertura impermeável. É também a posição do lado da segurança: quando os elementos de retenção estão cheios, ou o regulador está obstruído, toda a chuva tem de ter saída. A retenção não reduz estes órgãos. O seu benefício é outro: o caudal que sai para a rede pública durante a chuvada fica limitado pelo regulador.

O DR 23/95 vigora a título transitório: o artigo 79.º, n.º 2, do Decreto-Lei n.º 194/2009 mantém-no em vigor, em tudo o que não o contrarie, até à aprovação do decreto regulamentar previsto no artigo 74.º, que ainda não foi publicado. O regulamento não fixa o caudal máximo para a rede, que se define com a entidade gestora ou resulta de um regulamento municipal, nem o tempo de esvaziamento, nem a carga da água acumulada.

As regras municipais

Os quatro municípios cujos textos foram lidos tratam a questão de formas diferentes:

Município e texto	Regra	Papel de uma cobertura de retenção
Almada, Regulamento Urbanístico (Regulamento n.º 990/2025), art. 25.º	Sistema de retenção ou infiltração para uma precipitação de período de retorno inferior a 1 ano, tipicamente 100 m³/ha/dia da área impermeável: 10 l/m².	Pode ser o próprio sistema, a confirmar com os serviços municipais.
Cascais, Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação (Aviso n.º 3054/2018), art. 16.º	Coberturas ajardinadas contam 25 %, 50 % ou 75 % de permeabilidade, com substrato de 0,20 a 0,30 m, de 0,30 a 0,50 m ou de mais de 0,50 m.	Conta a espessura do substrato; a camada de retenção não aumenta a percentagem.
Lisboa, Plano Diretor Municipal, art. 4.º	Superfície vegetal ponderada S_{vp} = A + 0,6 B + 0,3 C, com B ≥ 1 m e C ≥ 0,3 m de substrato, sem a camada de drenagem; o volume de cisternas soma-se a C, à razão de 1 m³ para 1 m².	O substrato conta pelo parâmetro C ou B; se o volume da camada conta como cisterna, confirma-se com a câmara.
Porto, Plano Diretor Municipal (Aviso n.º 1934/2023), arts. 25.º, 32.º e 71.º	Índices de permeabilidade e de impermeabilização por categoria de espaço; recomendação de coberturas verdes nos corredores verdes.	O plano não diz se a cobertura conta para o índice: pergunta a fazer aos serviços.

Legislação conferida no Diário da República a 11 de novembro de 2026. As regras mudam de concelho para concelho e de versão para versão: o ponto de partida é sempre o regulamento do município da obra.

06 A chuva de projeto

As curvas do Anexo IX dão a intensidade média máxima da chuva para uma duração e um período de retorno:

> **$I = a \cdot t^b$**
> I: intensidade média máxima da precipitação (mm/h); t: duração da chuvada (min); a: parâmetro da curva, que depende da região e do período de retorno (mm/h, com t em minutos); b: expoente da curva, negativo (adimensional). A altura de chuva acumulada numa duração t é P = I · t / 60, em mm.

Parâmetros do Anexo IX

T (anos)	Região A: a	Região B: a	Região C: a	b
2	202,72	162,18	243,26	−0,577
5	259,26	207,41	311,11	−0,562
10	290,68	232,21	348,82	−0,549
20	317,74	254,19	381,29	−0,538
50	349,54	279,63	419,45	−0,524
100	365,62	292,50	438,75	−0,508

A região A tem as curvas de Lisboa e inclui todas as áreas não referidas em B e C. A região B, com as curvas de Lisboa reduzidas em 20 %, abrange 33 concelhos, sobretudo de Trás-os-Montes, do Alto Douro e da Beira interior. A região C, com as curvas aumentadas em 20 %, abrange as Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, os concelhos da Guarda, Manteigas, Moimenta da Beira, Sabugal e Tarouca e as áreas acima de 700 m de altitude de 27 outros concelhos. O original imprime 232,21 na região B para 10 anos, onde a redução de 20 % daria 232,54; a diferença, de 0,14 %, não tem efeito prático.

Intensidades com 5 minutos de duração

T (anos)	Região A (mm/h)	Região B (mm/h)	Região C (mm/h)
5	104,9	83,9	125,9
10	120,1	96,0	144,2
100	161,4	129,1	193,7

Com coeficiente igual a 1, o caudal de cálculo de um ralo ou tubo de queda é Q = I · A / 3 600, com Q em l/s, I em mm/h e A, a área que drena para ele, em m². Uma cobertura de 100 m² na região A, com 5 anos e 5 minutos, dá cerca de 2,9 l/s.

Para lá dos 60 minutos

As curvas do Anexo IX são indicadas para durações até 60 minutos. Para os ralos, os 5 minutos ficam bem dentro desse domínio. Para os volumes de retenção, não: com caudais de saída baixos, a duração crítica passa facilmente as várias horas.

Para durações longas há um estudo português de referência: a análise de precipitações intensas do Instituto da Água (INAG), de 2001, atualizada em 2004, com curvas para 27 postos udográficos do continente, de 5 minutos a 48 horas, em três troços. Comparando-as, com todos os períodos de retorno, com o prolongamento do Anexo IX da região de cada posto, o Anexo IX dá mais chuva em 15 postos, como Lisboa, onde em 24 horas dá 129 mm contra os 79 mm da curva do posto. Nos outros 12, a curva do posto dá mais chuva em alguma duração entre 90 minutos e 48 horas: até mais 75 % em Monchique e mais 46 % em Vila da Ponte, em Montalegre. O prolongamento do Anexo IX não está, portanto, sempre do lado da segurança.

Regra deste guia

Até 60 minutos, usa-se o Anexo IX. Acima de 60 minutos, compara-se o Anexo IX com a curva de um posto do INAG representativo do local e usa-se a maior. O posto escolhe-se pelo relevo, pela altitude e pela exposição, além da distância: os postos com curvas estão demasiado afastados para que o mais próximo represente, só por isso, a chuva do local.

Alterações climáticas

Não existe valor regulamentar e, na literatura científica e técnica consultada, não foi identificado um método validado para majorar as curvas portuguesas. O Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC, sexto relatório, 2021) estima, à escala global e para a chuva diária, um aumento de cerca de 7 % por cada 1 °C de aquecimento global, com confiança alta, mas atribui confiança muito baixa às alterações das chuvadas de menos de um dia. Na região mediterrânica, a mediana dos modelos para a chuva diária de 50 anos aumenta mais de 2 % com 2 °C e mais de 8 % com 4 °C de aquecimento global, face a 1 °C. Os estudos portugueses identificados com chuvadas curtas, da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), usam um só modelo regional; em três postos da região B, a intensidade de 15 minutos e 10 anos varia entre −10 % e +65 % de 2011 a 2100. Em Espanha, um estudo oficial com 15 modelos regionais obteve, no cenário de emissões mais alto e em 2071–2100, aumentos médios de 15 % na precipitação máxima diária e de 29 % na horária, com 10 anos de período de retorno.

A majoração é, por isso, uma escolha do projetista ou da entidade gestora, com a fonte registada na memória de cálculo e o resultado sem majoração ao lado, para comparar. O exemplo 1 da secção 8 mostra o efeito de uma majoração de 10 e de 20 %.

07 Dimensionar uma cobertura de retenção

01 Fixar o objetivo e o caudal máximo

Limitar o caudal para a rede, cumprir uma regra municipal, aproveitar água para rega, ou vários. O caudal máximo, em l/s ou em l/(s·ha), vem da entidade gestora, de um regulamento municipal ou da capacidade do coletor a jusante.

02 Escolher a chuva de projeto

Região do Anexo IX pelo concelho e pela altitude, período de retorno e, acima de 60 minutos, a curva de um posto do INAG representativo do local.

03 Dimensionar os ralos e os tubos de queda

Com coeficiente 1, duração de 5 minutos e período de retorno de pelo menos 5 anos (arts. 210.º e 211.º), como numa cobertura impermeável.

04 Pré-dimensionar o volume pelo art. 179.º

Com caudal de descarga constante igual ao caudal máximo. Dá a ordem de grandeza e a duração crítica.

05 Verificar com o regulador real

O caudal de um regulador varia com a altura de água: para não ultrapassar o máximo com a camada cheia, descarrega menos durante quase toda a chuvada, e o volume necessário é maior.

06 Aplicar um fator de segurança

O método alemão do mesmo tipo (DWA-A 117) multiplica o volume por 1,10 a 1,20; a autoridade da água da Baviera recomenda 1,20.

07 Verificar o esvaziamento e a ocupação inicial

O prazo em que o volume volta a estar disponível, e o cálculo repetido com parte da camada já ocupada no início da chuvada.

08 Verificar a descarga de emergência e a carga

Uma saída que escoe toda a chuva com a camada cheia, e a carga da água acumulada, cerca de 1 kN/m² por cada 100 mm, a somar ao peso saturado do sistema.

O método do art. 179.º

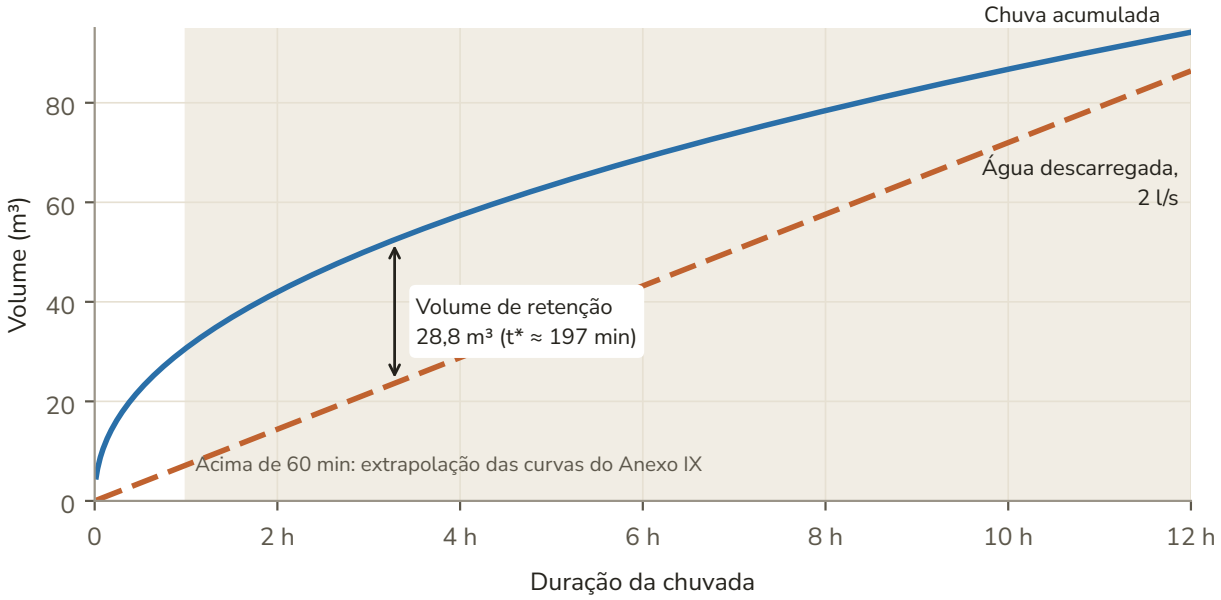
Aplicado por analogia a uma cobertura de retenção, é o método regulamentar português de pré-dimensionamento. Procura o máximo da diferença entre a chuva acumulada e a água descarregada:

$$V_a = 10 \cdot [-b \cdot q_s / (1 + b)] \cdot t^* \cdot C \cdot A, \text{ com } t^* = [q_s / (a' \cdot (1 + b))]^{1/b} \text{ e } q_s = 6 \cdot q / (C \cdot A)$$

V_a: volume de retenção (m³); t*: duração crítica (min); q_s: caudal efluente por unidade de área ativa (mm/min); q: caudal máximo efluente (m³/s); C: coeficiente de escoamento, 1 nas coberturas (adimensional); A: área que drena para a retenção (ha); a' = a / 60: parâmetro a do Anexo IX convertido para mm/min; b: expoente do Anexo IX (adimensional).

A expressão só é dimensionalmente coerente com a intensidade em mm/min, como q_s. O regulamento não faz a conversão de forma explícita; usado sem ela, o parâmetro a daria, no exemplo da secção 8, uma duração crítica de cerca de 238 dias e um volume sem significado físico. A leitura com a' = a / 60 reproduz o exemplo resolvido do texto de apoio do IST sobre drenagem de águas pluviais: 7 518 m³ e 179 minutos, contra os 7 530 m³ e 180 minutos publicados.

Chuva acumulada e água descarregada numa cobertura de 1 000 m²



Região A, 10 anos de período de retorno, caudal constante de 2 l/s. O volume de retenção é a maior distância vertical entre as duas linhas, na duração crítica. A zona sombreada é a extrapolação das curvas do Anexo IX para lá dos 60 minutos. Gráfico archiroof.

Onde a regulamentação portuguesa é omissa

A experiência de países com regras próprias ajuda a escolher margens de segurança, sem contrariar o DR 23/95:

Questão	Referência	Valor
Fator de segurança do volume	DWA-A 117 (Alemanha); autoridade da água da Baviera	1,10 a 1,20; recomendado 1,20
Limites do método simplificado	Alemanha; cantão da Argóvia (Suíça)	Até 10 anos e a partir de 2 l/(s·ha); abaixo de 10 l/(s·ha), na Argóvia, simulação contínua com séries de chuva reais
Descarregador de emergência	Cantão de Friburgo (Suíça); organismos neerlandeses de drenagem urbana (STOWA e RIONED)	1 a 1,5 vezes o caudal máximo afluente; pelo menos 470 l/(s·ha)
Água no substrato	STOWA e RIONED (Países Baixos)	A capacidade máxima de água do substrato sobrestima a água que ele guarda em chuvadas sucessivas
Esvaziamento	Amesterdão (2026); prática no Reino Unido	Vazio em 60 horas; metade do volume livre em 24 horas
Caudal máximo no lote	Berlim (2021); Amesterdão (2026)	2 ou 10 l/(s·ha), com mínimo de 1 l/s; 1 l por m² e por hora, com pelo menos 60 l/m² de armazenamento

08 Dois exemplos resolvidos

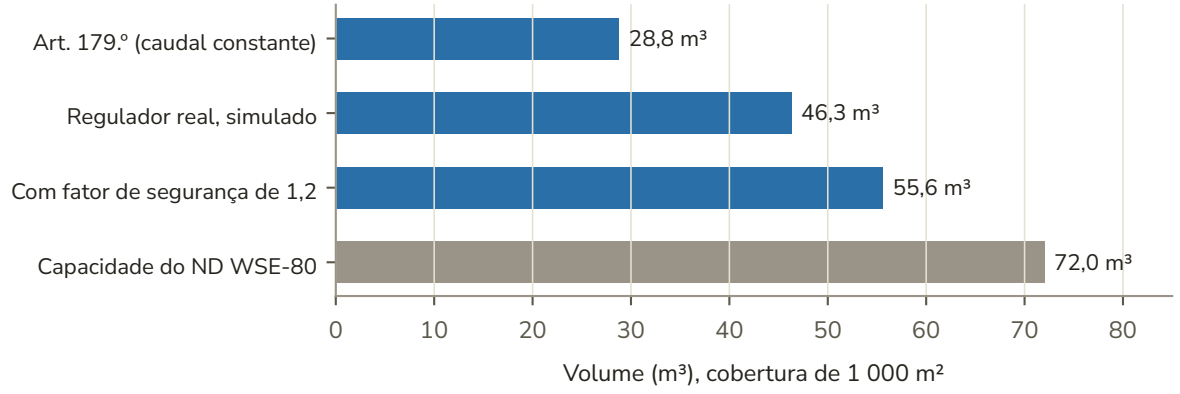
Os dois exemplos são obras hipotéticas, calculadas com a calculadora de retenção da archiroof, que aplica os passos da secção 7. O caudal máximo de 2 l/s é um valor de exemplo: numa obra real, vem da entidade gestora ou do regulamento municipal.

Exemplo 1: cobertura extensiva em Lisboa

Dado	Valor
Área da cobertura de retenção	1 000 m², sem outras áreas a descarregar nela
Região e período de retorno	Região A, 10 anos; posto do INAG de Lisboa (IGIDL)
Elemento de retenção	ND WSE-80, 80 mm, 72 l/m²: 72 m³
Caudal máximo para a rede	2 l/s, com uma saída e um regulador ND AFC-100
Fator de segurança	1,2
Ocupação inicial	0 % (repetido com 30 %)

Verificação	Resultado
Ralos e tubos de queda (C = 1, 5 min, 10 anos)	120,1 mm/h: 33,4 l/s
Art. 179.º, caudal constante de 2 l/s	q_s = 0,12 mm/min; t* ≈ 197 min; V_a ≈ 28,8 m³
Regulador ND AFC-100	Posição 24: 1,99 l/s com os elementos cheios
Chuvada crítica com o regulador	8 horas, 78,4 mm (Anexo IX, maior do que a curva do posto)
Volume armazenado	46,3 m³, 51 mm de altura de água
Volume necessário com o fator de 1,2	55,6 m³, abaixo dos 72 m³ disponíveis: cumpre
Esvaziamento	Metade em cerca de 4,8 h; vazio em cerca de 15 h
Carga da água com os elementos cheios	0,71 kN/m², a somar ao peso saturado do sistema
Descarregador de emergência	1,5 × 33,4 = 50,1 l/s (mínimo neerlandês: 47,0 l/s)

Exemplo 1: volumes comparados



O método do art. 179.º, com caudal constante, dá cerca de 60 % do volume que o regulador real precisa. Gráfico archiroof.

Com uma majoração climática de 10 %, o volume necessário passa a 62,6 m³; com 20 %, a 69,8 m³: ainda cabe nos 72 m³. Com 30 % da camada ocupada no início da chuvada, sobram 50,4 m³ livres e são precisos 44,4 m³: também cumpre.

Exemplo 2: a mesma cobertura em Monchique

Monchique fica na região A, com as mesmas curvas de Lisboa até 60 minutos. A curva do posto do INAG de Monchique, porém, dá muito mais chuva nas durações longas: 120,4 mm em 6 horas, contra cerca de 69 mm do prolongamento do Anexo IX.

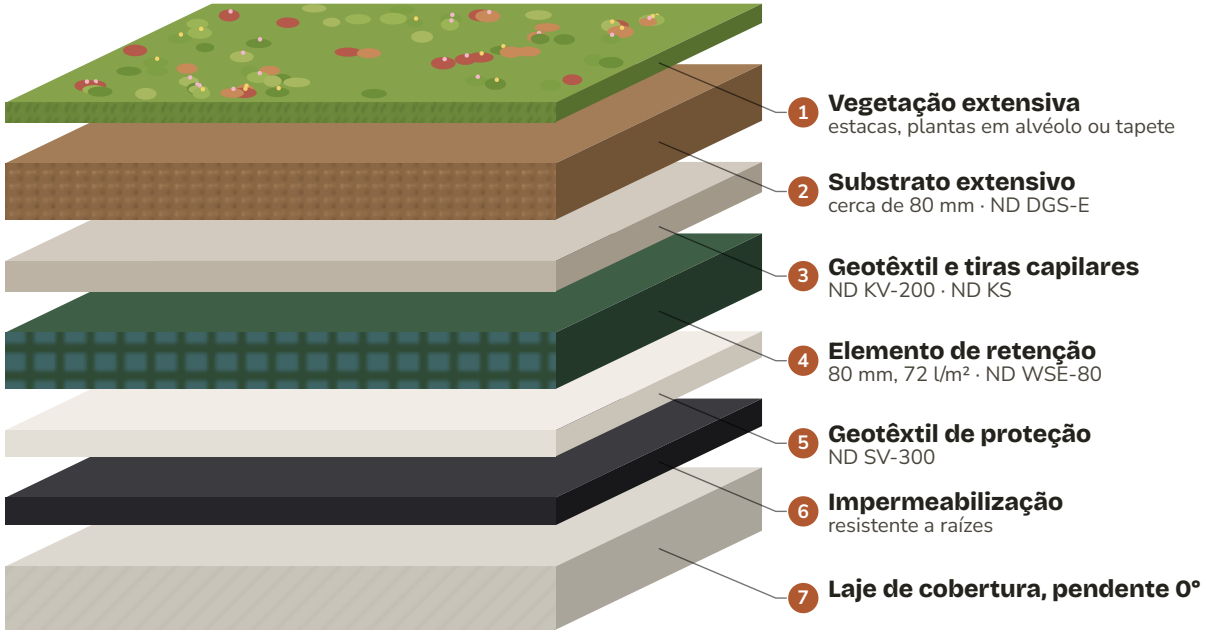
Solução	Resultado na chuvada crítica de 6 horas
ND WSE-80, 72 m³	Os elementos enchem e o descarregador de emergência lança 16,3 m³ diretamente na rede: não cumpre.
ND WSE-100, 95 m³	Guarda 92,1 m³, 97 mm, sem transbordar; com o fator de 1,2 seriam precisos 110,5 m³: fica sem a margem de segurança.
ND WSE-100, com 3 l/s	Guarda 85,2 m³; com o fator de 1,2, 102,2 m³: continua acima dos 95 m³.

Sem a comparação com o posto, a cobertura com ND WSE-80 pareceria cumprir, como em Lisboa. Em Monchique, o projeto precisa de mais volume, por exemplo com retenção complementar no lote, ou de um caudal máximo maior, acordado com a entidade gestora. A decisão é do projetista; o cálculo só a torna visível.

09 Os sistemas Nophadrain de retenção

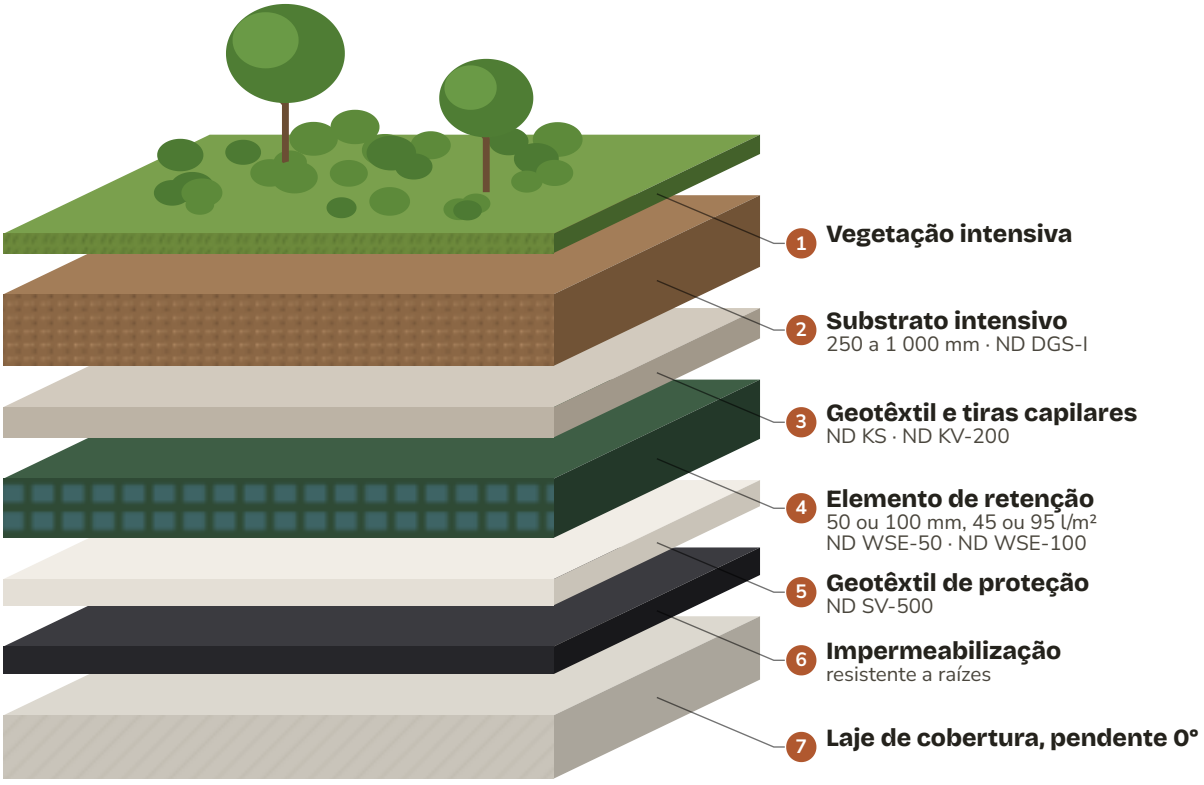
Os sistemas são fornecidos completos, da proteção da impermeabilização à vegetação ou ao pavimento, e aplicam-se sobre qualquer impermeabilização adequada à obra, em coberturas com pendente de 0°. As composições abaixo são as indicadas pelo fabricante como exemplo; a de cada obra ajusta-se às cargas e à vegetação.

Extensiva, com ND WSE-80



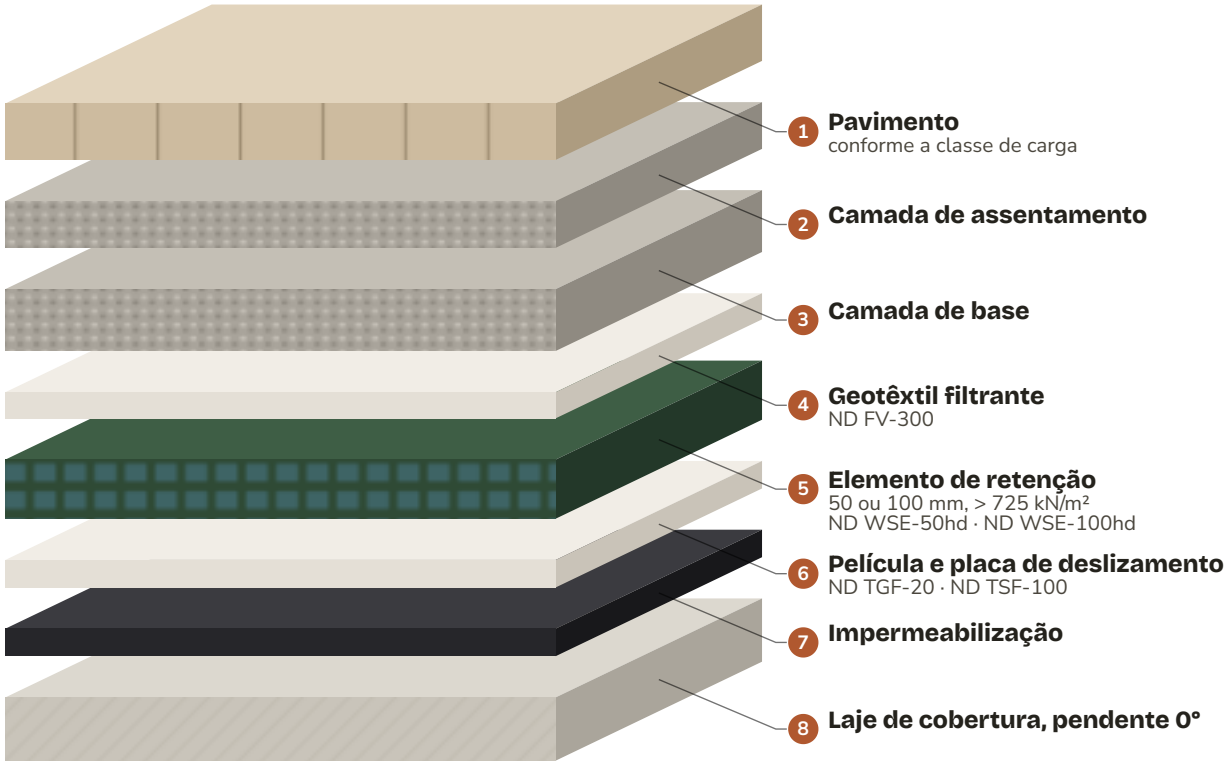
Altura total de cerca de 160 mm; peso seco de cerca de 86 kg/m² e saturado de cerca de 186 kg/m².

Intensiva, com ND WSE-50 ou ND WSE-100



Com 250 mm de substrato: altura total de cerca de 350 mm e peso saturado de cerca de 429 kg/m².

Transitável, com ND WSE-50hd ou ND WSE-100hd



Pavimento e camadas conforme a classe de carga; na classe 3, o sistema é validado pelo fabricante caso a caso.

Os esquemas são da archiroof, a partir das composições publicadas pela Nophadrain; as espessuras estão desenhadas numa escala comprimida.

Nas três soluções, a retenção é a mesma: elementos de plástico com mais de 90 % de vazios, sob um geotêxtil, e uma saída com regulador de caudal. Muda a resistência dos elementos e o que fica por cima.

Elementos de retenção

Elemento	Altura	Volume de retenção	Resistência à compressão	Aplicação
ND WSE-80	80 mm	72 l/m²	140 kPa	Coberturas verdes extensivas
ND WSE-50	50 mm	45 l/m²	245 kPa	Coberturas verdes intensivas
ND WSE-100	100 mm	95 l/m²	245 kPa	Coberturas verdes intensivas
ND WSE-50hd	50 mm	45 l/m²	> 725 kPa	Coberturas transitáveis
ND WSE-100hd	100 mm	95 l/m²	> 725 kPa	Coberturas transitáveis

Valores das fichas técnicas da Nophadrain (2026). A página do sistema extensivo indica, num quadro, 95 l/m² para o ND WSE-80; a ficha técnica, a página do produto e o texto da mesma página indicam 72 l/m², o valor usado neste guia. 1 kPa = 1 kN/m².

O regulador de caudal ND AFC-100

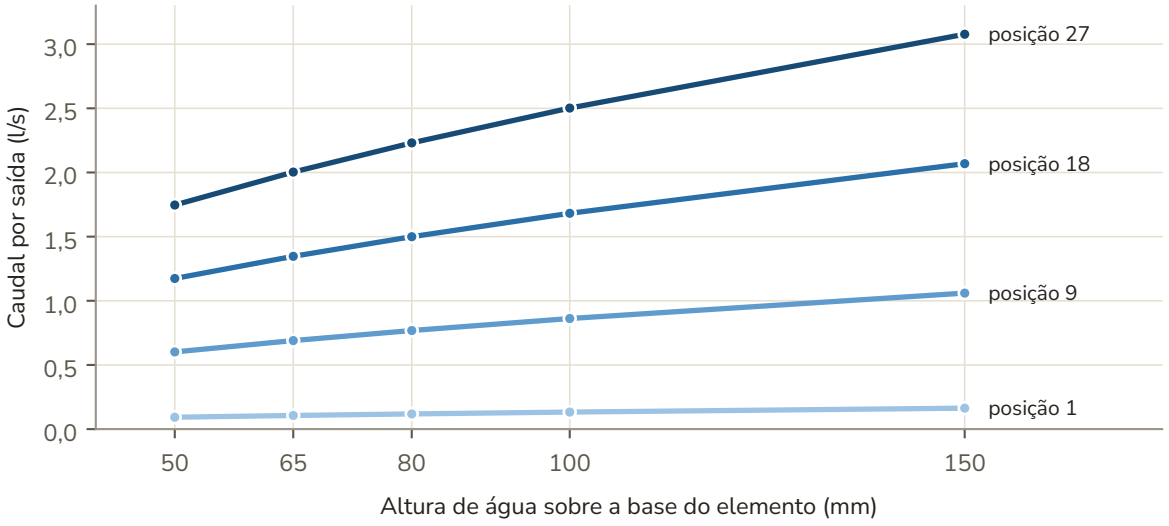


Regulador de caudal antes da colocação dos elementos de retenção. De Gebroeders, Eindhoven. Imagem: Nophadrain.

Tem 27 posições, com caudais por saída de 0,09 a 3,08 l/s, segundo a ficha técnica (outubro de 2025). O caudal de cada posição cresce com a altura de água sobre a base do elemento, como num orifício: com os elementos cheios, descarrega o máximo; com pouca água, muito menos.

Por isso, a posição escolhe-se para que o caudal com os elementos cheios não ultrapasse o máximo admitido, e o volume verifica-se com essa lei de descarga, não com um caudal constante.

Caudal por saída do ND AFC-100 em quatro das 27 posições



Valores da ficha técnica do fabricante, para as alturas de água tabeladas. Gráfico archiroof.

Água devolvida às plantas

As tiras capilares ND KS, encaixadas nos elementos (uma por elemento, ou três no ND WSE-80), e o geotêxtil capilar ND KV-200, por cima, levam a água armazenada até ao substrato por capilaridade. Num estudo com lisímetros em Amesterdão, as coberturas com armazenamento e rega capilar passiva mantiveram taxas de evaporação muito altas em períodos quentes e secos. No verão português, a rega gota a gota continua a ser necessária; a capilaridade reduz-a, não a substitui. Nas coberturas intensivas, a placa de lã mineral hidrófila ND WSM-50 acrescenta cerca de 40 l/m² de reserva de água para as plantas, sem pressão hidrostática sobre a impermeabilização.

10 Retenção e aproveitamento de águas pluviais

O caudal regulado pode seguir para uma cisterna. Para estimar a água aproveitável, o Anexo VI do Guia Técnico da Associação Nacional de Coberturas Verdes (ANCV) apresenta uma expressão desenvolvida na ESB-UCP para o coeficiente de escoamento mensal de coberturas verdes extensivas convencionais, com validade assumida no território continental:

$C_M = K \cdot (P_M + R_M) / (2\,T_M - T_{M-1})^{1,2}$, com $C_M \leq 0{,}50$

C_M: coeficiente de escoamento do mês (adimensional), com o máximo de 0,50 da EN 16941-1; K: constante empírica, 0,016; P_M: precipitação do mês (mm); R_M: rega no mês (mm); T_M e T_{M-1}: temperatura média do ar no mês e no mês anterior (°C).

A Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) aplicou-a a 12 estações do continente e obteve coeficientes mensais entre zero e 0,46. Num estudo da ANQIP com a Universidade de Aveiro, para 600 m² de cobertura verde e uma procura não potável de 360 m³ por ano, o aproveitamento cobriu 54 % da procura, com retorno em cerca de 25 anos, nas estações de clima de verão fresco do norte, e 10 %, com retorno em cerca de 135 anos, nas de verão quente do sul e do interior.

Limites da expressão

- Serve para estimativas de longo prazo, como o volume de uma cisterna; não serve para dimensionar a drenagem.
- Foi calibrada num único piloto do Porto, com 10 cm de substrato. Para outros tipos de cobertura e para a Madeira e os Açores, na literatura científica e técnica consultada, não foi identificado um método validado: o valor é indicativo.
- Nos telhados impermeáveis, o guia da ANCV indica um coeficiente próximo de 1,0.

A conceção, o dimensionamento e a manutenção do sistema de aproveitamento seguem a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701, que admite a rega com águas pluviais. No clima mediterrânico, a cisterna recebe água no inverno e é chamada no verão, e as contas fazem-se mês a mês. A calculadora de cargas e água da archiroof aplica a expressão às normais climatológicas do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA).

11 Pormenores de execução

- **Pendente.** O guia da ANCV considera normal uma pendente de 2 % ou mais, para que a água não fique em contacto com o substrato. Os sistemas de retenção são concebidos para pendente de 0°: a água fica nos elementos, sob o geotêxtil, e só chega ao substrato por capilaridade, onde há tiras capilares.
- **Impermeabilização.** Resistente a raízes, como nas composições do fabricante. Os sistemas aplicam-se sobre qualquer impermeabilização adequada; a escolha é do projeto.
- **Saídas.** Regulador de caudal sobre o ralo, acessível para inspeção e para mudar a posição; ralos a pelo menos 1 m dos cantos, 50 cm das estruturas e 30 cm da vegetação, segundo o guia da ANCV.

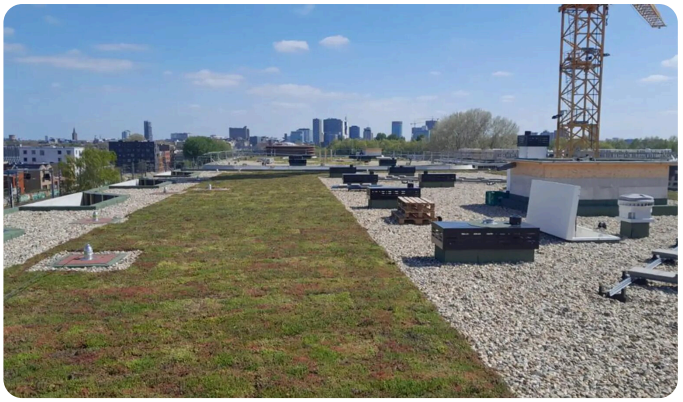


Ralo e caixa de inspeção entre os elementos de retenção. New Children's Hospital, Dublin. Imagem: Nophadrain.

- **Descarga de emergência.** Dimensionada como um ralo de cobertura impermeável e, além dela, orifícios de descarga na platibanda, que escoam a água se o sistema principal entupir e mostram logo o problema.
- **Zonas sem vegetação.** Faixa de seixo rolado ou de lajetas à volta das caixas e junto às platibandas e às emergências, com pelo menos 30 cm à volta da caixa, segundo o guia da ANCV.
- **Águas vizinhas.** A água das fachadas e das zonas pavimentadas próximas recolhe-se e drena-se à parte, ou entra no cálculo como área que descarrega na cobertura.
- **Estrutura.** A carga da água com os elementos cheios soma-se ao peso saturado do substrato e das restantes camadas. Em edifícios existentes, a verificação estrutural faz-se antes de tudo: em Amesterdão, várias coberturas pré-selecionadas não suportavam a carga.



Saída sobre a impermeabilização, antes dos elementos de retenção. De Gebroeders, Eindhoven. Imagem: Nophadrain.



Cobertura de retenção extensiva concluída, com faixas de seixo rolado. Solitair & Spoorblok, Utreque. Imagem: Nophadrain.

12 Manutenção

Uma cobertura de retenção só funciona se as saídas estiverem livres. As visitas de manutenção, duas a quatro por ano depois da fase de instalação, incluem:

- [ ] Inspeção das caixas, dos ralos e do regulador de caudal, sobretudo antes das chuvas de outono.
- [ ] Confirmação da posição do regulador, que fica registada no projeto e na obra.
- [ ] Limpeza de folhas, sedimentos e plantas na faixa de seixo rolado e à volta das caixas.
- [ ] Verificação dos orifícios de descarga de emergência na platibanda.
- [ ] Manutenção da vegetação e da rega, própria de cada tipo de cobertura.

Na análise de custo-benefício do projeto RESILIO, em Amesterdão, a manutenção representou 26 a 44 % do custo total atualizado, com 4 €/m² por ano, e o cenário mais favorável foi instalar a cobertura durante uma renovação já prevista. A manutenção entra no orçamento desde o início.

13 Lista de verificação do projeto

- [ ] Objetivo da gestão da água definido: caudal, volume, aproveitamento ou combinação.
- [ ] Regulamento municipal da obra lido e caudal máximo confirmado com a entidade gestora.
- [ ] Região do Anexo IX confirmada pelo concelho e, nos concelhos com zonas acima de 700 m, pela altitude.
- [ ] Ralos, caleiras e tubos de queda dimensionados com C = 1, 5 minutos e T ≥ 5 anos.
- [ ] Volume pré-dimensionado pelo art. 179.º, com a' = a / 60.
- [ ] Duração crítica acima de 60 minutos comparada com a curva de um posto do INAG representativo.

- [ ] Volume verificado com a lei de descarga do regulador e com fator de segurança.
- [ ] Tempo de esvaziamento e ocupação inicial verificados.
- [ ] Majoração climática decidida, com a fonte registada, e resultado sem majoração apresentado.
- [ ] Descarregador de emergência dimensionado e orifícios de descarga na platibanda previstos.
- [ ] Carga da água com a camada cheia incluída na verificação estrutural.
- [ ] Posição do regulador, caixas de inspeção e plano de manutenção registados no projeto.

14 O que ainda não se sabe

Um guia de projeto tem de dizer também onde acaba o conhecimento publicado:

- Na literatura científica e técnica consultada, não foram identificadas medições de coberturas azul-verdes em Portugal. Os valores medidos vêm dos Países Baixos e de Itália, com climas e chuvadas diferentes.
- As curvas do Anexo IX são de 1995 e indicadas até 60 minutos. Os volumes de retenção dependem quase sempre de durações mais longas.
- Na literatura científica e técnica consultada, não foi identificado um método validado para majorar as curvas portuguesas por alterações climáticas, e não existe valor regulamentar.
- O método do art. 179.º foi escrito para bacias de retenção públicas, com caudal constante. Com caudais muito baixos, os métodos simplificados devem ficar limitados ao estudo prévio, e o volume confirma-se com uma simulação contínua com séries de chuva reais.
- A expressão do coeficiente mensal foi calibrada num único piloto extensivo, no continente.

Contributos de investigadores, universidades, laboratórios e outras entidades são bem-vindos e podem ser enviados para info@archihub.pt.

15 Fontes

Legislação e regulamentos

- Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto: Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, arts. 128.º, 176.º a 180.º, 210.º e 211.º e Anexo IX. Diário da República, I série-B, n.º 194.
- Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto, arts. 74.º e 79.º, n.º 2 (versão consolidada).
- Município de Almada. Regulamento n.º 990/2025, de 13 de agosto: 1.ª alteração ao Regulamento Urbanístico do Município de Almada, art. 25.º.
- Município de Cascais. Aviso n.º 3054/2018, de 7 de março: Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação, art. 16.º.
- Município de Lisboa. Aviso n.º 11622/2012 e Declaração n.º 70/2020, de 4 de setembro: Plano Diretor Municipal, arts. 4.º e 44.º.
- Município do Porto. Aviso n.º 1934/2023, de 27 de janeiro: 1.ª alteração ao Plano Diretor Municipal, arts. 25.º, 32.º, 66.º e 71.º.
- Diretiva (UE) 2024/3019, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (reformulação), arts. 5.º e 32.º a 34.º e Anexo V.
- Regulamento (UE) 2024/1991, relativo ao restauro da natureza, arts. 3.º e 8.º e Anexo VII.
- Diretiva (UE) 2024/1275, relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação), arts. 7.º, 8.º e 10.º.
- Gemeente Amsterdam (2026). Hemelwaterverordening in het Omgevingsplan Amsterdam, regras e notas, abril de 2026, art. 4.113.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Berlin (2021). Hinweisblatt BReWa-BE.

Chuva de projeto e alterações climáticas

- Brandão, C., Rodrigues, R., Costa, J. P. (2001). Análise de fenómenos extremos. Precipitações intensas em Portugal Continental. Instituto da Água, Lisboa.
- Brandão, C., Rodrigues, R., Pinto da Costa, J. (2004). Nova informação disponível no site-SNIRH no domínio das precipitações intensas em Portugal. Instituto da Água, Lisboa.
- Portela, M. M. (2006). Estimação de precipitações intensas em bacias hidrográficas de Portugal Continental. Recursos Hídricos, 27(1), 15–32.
- IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis, B.2.4 e figura SPM.6.
- Seneviratne, S. I. et al. (2021). Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. IPCC AR6, WGI, capítulo 11.
- Pereira, M., Sanches Fernandes, L. F., Macário, E., Gaspar, S. M., Pinto, J. G. (2015). Climate change impacts in the design of drainage systems: case study of Portugal. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 141(2), 05014009.
- Sanches Fernandes, L. F., Pereira, M., Morgado, S., Macário, E. (2018). Influence of Climate Change on the Design of Retention Basins in Northeastern Portugal. Water, 10(6), 743.
- CEDEX (2021). Impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España. Informe 40-617-5-001.
- Fowler, H. J. et al. (2021). Anthropogenic intensification of short-duration rainfall extremes. Nature Reviews Earth & Environment, 2, 107–122.

Dimensionamento

- Instituto Superior Técnico. Sistemas de drenagem de águas pluviais, capítulo 5 (texto de apoio), pp. 129–130.
- Matias, M. G. B. (2006). Bacias de retenção: estudo de métodos de dimensionamento. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Duarte, N. (2012). Águas pluviais: curvas IDF. Enquadramento no DR 23/95. Malha Urbana, 12, 71–75.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2012). Merkblatt Nr. 4.3/9: Hinweise zur Anwendung des Arbeitsblattes DWA-A 117.

- Kanton Aargau (2024). Siedlungsentwässerung, Kapitel 18: Retention von Regenwasser.
- Kanton Freiburg, Amt für Umwelt (2021). Grundstücksentwässerung: Retention von nicht verschmutztem Wasser, Vollzugshilfe 4.2.010.
- Broks, K., van Luijtelaar, H. (2015). Groene daken nader beschouwd. STOWA e Stichting RIONED, relatório 2015-12.
- Adur & Worthing Councils (2022). Supplementary requirements for surface water drainage proposals.

Desempenho medido

- Monteiro, C. M., Santos, C., Castro, P. M. L. (2023). Extensive green roofs: different time approaches to runoff coefficient determination. Water, 15(10), 1852.
- Santos, M. L., Matos Silva, C., Ferreira, F., Saldanha Matos, J. (2023). Hydrological analysis of green roofs performance under a Mediterranean climate: a case study in Lisbon, Portugal. Sustainability, 15(2), 1064.
- Brandão, C., Cameira, M. R., Valente, F., Cruz de Carvalho, R., Paço, T. A. (2017). Wet season hydrological performance of green roofs using native species under Mediterranean climate. Ecological Engineering, 102, 596–611.
- Weggemans, J., Santos, M. L., Ferreira, F., Moreno, G., Saldanha Matos, J. (2023). Modeling the hydraulic performance of pilot green roofs using the Storm Water Management Model. Sustainability, 15(19), 14421.
- Palermo, S., Turco, M., Principato, F., Piro, P. (2019). Hydrological effectiveness of an extensive green roof in Mediterranean climate. Water, 11(7), 1378.
- D'Ambrosio, R., Foresta, V., Longobardi, A., Ferlisi, S. (2024). Exploring the role of pedological and climatic aspects in the medium-term decline of green roofs hydrological performance. Blue-Green Systems, 6, 293–309.
- Busker, T. et al. (2022). Blue-green roofs with forecast-based operation to reduce the impact of weather extremes. Journal of Environmental Management, 301, 113750.
- RESILIO (2022). Final report O6.3.1: impact on roof level; A roof journey: RESILIO final report. Amesterdão.
- Pumo, D., Francipane, A., Alongi, F., Noto, L. V. (2023). The potential of multilayer green roofs for stormwater management in urban area under semi-arid Mediterranean climate conditions. Journal of Environmental Management, 326, 116643.
- Cirkel, D. G., Voortman, B. R., van Veen, T., Bartholomeus, R. P. (2018). Evaporation from (blue-)green roofs: assessing the benefits of a storage and capillary irrigation system. Water, 10(9), 1253.

Aproveitamento de águas pluviais, execução e produtos

- Associação Nacional de Coberturas Verdes (2024). Coberturas Verdes: Guia Técnico para Projeto, Construção e Manutenção, 1.ª ed., pp. 47, 65–67 e Anexo VI (pp. 175–179).
- Monteiro, C., Calheiros, C., Pimentel-Rodrigues, C., Silva-Afonso, A., Castro, P. (2016). Contributions to the design of rainwater harvesting systems in buildings with green roofs in a Mediterranean climate. Water Science and Technology, 73(8), 1842–1847.
- Pimentel-Rodrigues, C., Silva-Afonso, A. (2023). The feasibility of rainwater harvesting systems in buildings with green roofs: a case study based on the Köppen climate classification. Sustainability, 15(24), 16859.
- ANQIP. ETA 0701: Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios; ETA 0702: Certificação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.
- EN 16941-1: Sistemas de água não potável no local. Parte 1: Sistemas de utilização de águas pluviais.
- Nophadrain (2025). ND AFC-100, regulador de caudal ajustável: especificações técnicas, outubro de 2025.
- Nophadrain (2026). Fichas técnicas dos elementos de retenção ND WSE-80, ND WSE-100 e ND WSE-100hd, das tiras capilares ND KS e do geotêxtil capilar ND KV-200; páginas dos sistemas de coberturas de retenção (nophadrain.com, consultadas a 12 de novembro de 2026).
- Nophadrain (2020). Ficha técnica da placa de reserva de água ND WSM-50.

CALCULAR E ESPECIFICAR

Calculadora de retenção e apoio ao projeto

A calculadora de retenção da archiroof aplica os métodos deste guia, com as curvas do Decreto Regulamentar n.º 23/95, os postos do Instituto da Água e o regulador ND AFC-100, e gera a memória de cálculo em Word: archiroof.pt/calculadora-retencao. O apoio ao projeto, sem custos, está em archiroof.pt/apoio-ao-projeto.

Imagens: Capa: cobertura de retenção com vegetação, New Children's Hospital, Dublin, Irlanda; Secções 4, 8 e 9: elementos de retenção, ralo e regulador de caudal em obra, New Children's Hospital, Dublin, Irlanda; Solitair & Spoorblok, Utreque; De Gebroeders, Eindhoven, Países Baixos. Imagens: Nophadrain; Esquemas e gráficos: archiroof.

Guia informativo, atualizado em novembro de 2026. Não dispensa a leitura dos textos legais e regulamentares, nem o projeto de drenagem de águas pluviais e a verificação estrutural, que cabem a técnicos qualificados. Os valores dos produtos são os das fichas técnicas da Nophadrain em vigor nesta data; em caso de divergência, prevalece a informação técnica do fabricante.