

Memória de Cálculo

REDES DE ÁGUAS, RESIDUAIS E PLUVIAIS CLÁSSICO

Redes de Águas, Residuais e Pluviais Clássico

Memória de Cálculo



Software para
Engenharia
e Construção

IMPORTANTE: ESTE TEXTO REQUER A SUA ATENÇÃO E A SUA LEITURA

A informação contida neste documento é propriedade da CYPE Ingenieros, S.A. e nenhuma parte dela pode ser reproduzida ou transferida sob nenhum conceito, de nenhuma forma e por nenhum meio, quer seja electrónico ou mecânico, sem a prévia autorização escrita da CYPE Ingenieros, S.A.

Este documento e a informação nele contida são parte integrante da documentação que acompanha a Licença de Utilização dos programas informáticos da CYPE Ingenieros, S.A. e da qual são inseparáveis. Por conseguinte, está protegida pelas mesmas condições e deveres. Não esqueça que deverá ler, compreender e aceitar o Contrato de Licença de Utilização do software, do qual esta documentação é parte, antes de utilizar qualquer componente do produto. Se NÃO aceitar os termos do Contrato de Licença de Utilização, devolva imediatamente o software e todos os elementos que o acompanham ao local onde o adquiriu, para obter um reembolso total.

Este manual corresponde à versão do software denominada pela CYPE Ingenieros, S.A. como Redes de águas, residuais e pluviais Clássico. A informação contida neste documento descreve substancialmente as características e métodos de manuseamento do programa ou programas que acompanha. O software que este documento acompanha pode ser submetido a modificações sem prévio aviso.

Para seu interesse, a CYPE Ingenieros, S.A. dispõe de outros serviços, entre os quais se encontra o de Actualizações, que lhe permitirá adquirir as últimas versões do software e a documentação que o acompanha. Se tiver dúvidas relativamente a este texto ou ao Contrato de Licença de Utilização do software, pode dirigir-se ao seu Distribuidor Autorizado Top-Informática, Lda., na direcção:

Rua Comendador Santos da Cunha, 304, Ap. 2330
4701-904 Braga
Tel: 00 351 253 20 94 30
Fax: 00 351 253 20 94 39
<http://www.topinformatica.pt>

Elaborado pela Top-Informática, Lda. para a
© CYPE Ingenieros, S.A.
Setembro 2012

Windows® é marca registada de Microsoft Corporation®

Índice

1.1. Águas	6
1.1.1. Dados prévios	6
1.1.1.1. Condições do abastecimento	6
1.1.1.2. Simultaneidade nos débitos.....	6
1.1.1.3. Biblioteca de débitos.....	6
1.1.1.4. Velocidade nas tubagens.....	7
1.1.1.5. Pressões nos pontos de débito	7
1.1.2. Tubagens	7
1.1.2.1. Materiais	7
1.1.2.2. Diâmetros	8
1.1.2.3. Consideração de elementos especiais.....	8
1.1.3. Cálculo	8
1.1.3.1. Formulação tubagens	8
1.1.3.2. Cálculo das redes de retorno de água quente	9
1.1.4. Dimensionamento	10
1.1.5. Unidades	10
1.2. Residuais	11
1.2.1. Introdução	11
1.2.2. Dados prévios	11
1.2.2.1. Condições de recolha	11
1.2.2.2. Caudais de descarga por aparelho	11
1.2.2.3. Simultaneidade nas descargas.....	12
1.2.2.4. Ponto de descarga.....	12
1.2.3. Tubagens	12
1.2.3.1. Materiais	12
1.2.3.2. Diâmetros	12
1.2.4. Cálculo	12
1.2.4.1. Formulação	12
1.2.4.2. Ramais de descarga	13
1.2.4.3. Cálculo de tubos de queda.....	14
1.2.4.4. Cálculo de colunas de ventilação	14
1.2.4.5. Colectores	14
1.2.4.6. Elementos.....	14
1.2.5. Dimensionamento	14
1.2.6. Unidades	14
1.3. Pluviais	15
1.3.1. Introdução	15
1.3.2. Dados prévios	15
1.3.2.1. Caudais de descarga por área	15

1.3.2.2. Ponto de descarga final	16
1.3.3. Tubagens	16
1.3.3.1. Materiais	16
1.3.3.2. Diâmetros	16
1.3.4. Cálculo	17
1.3.4.1. Formulação	17
1.3.4.2. Ramais de descarga	17
1.3.4.3. Caleiras.....	17
1.3.4.4. Cálculo de tubos de queda.....	17
1.3.4.5. Colectores	18
1.3.5. Elementos.....	18
1.3.6. Dimensionamento	18
1.3.7. Unidades	18

Apresentação

Programa desenvolvido para o cálculo, dimensionamento e verificação de redes prediais de abastecimento de água e drenagem de águas residuais e pluviais.

É possível criar os vários tipos de rede num único ficheiro, assim a definição das plantas será comum.

A introdução de dados é gráfica, pode realizar-se a partir de ficheiros DWF, DXF ou DWG, através do Ambiente CYPE, com todas as vantagens que o caracterizam, permitindo uma elevada optimização do tempo disponibilizado para a realização do projecto.

O programa realiza o cálculo e dimensionamento, com base nos requisitos predefinidos, após o qual emite informação sobre os resultados das verificações.

Gera as peças escritas com maior ou menor quantidade de informação. De acordo com a selecção efectuada, gera as peças desenhadas. A impressão pode ser directa ou para ficheiros que poderão ser editados posteriormente e trabalhados por cada engenheiro.

Este manual apresenta a memória de cálculo das especialidades presentes no programa Redes de águas, residuais e pluviais Clássico.

1. Memória de cálculo

1.1. Águas

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de abastecimento de águas é fazer chegar a água a cada ponto de débito num edifício.

O problema pode abordar-se de dois pontos de vista diferentes:

- **Dimensionamento.** É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de débitos e distribuição dos mesmos, se deseja obter os diâmetros adequados das tubagens de água.
- **Verificação.** A partir de uma rede já existente, deseja-se conhecer se verifica as limitações de dimensionamento impostas ou consideradas segundo o critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer se deseje verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **As condições de chegada da água aos pontos de débito.** É necessário respeitar uma série de condicionantes, como pressões nos débitos, e a velocidade da água nas tubagens.
- **Facilidade de construção.** A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas tanto em dimensões como em comportamento.
- **Manutenção.** É fundamental conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva.
- **Economia.** Não serve apenas fazer com que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável evitando na medida do possível sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

1.1.1. Dados prévios

1.1.1.1. Condições do abastecimento

O cálculo de uma rede pode-se efectuar de dois modos:

- A partir de uma pressão de entrada dada, que deve ser introduzida pelo utilizador.
- Permitindo que o programa dê como resultado a pressão necessária de entrada que garanta o correcto funcionamento da rede.

1.1.1.2. Simultaneidade nos débitos

O cálculo hidráulico da rede de abastecimento de águas pode-se realizar acumulando os caudais definidos nos débitos.

O cálculo dos caudais simultâneos depende do tipo do conforto seleccionado para a rede:

Nível de conforto	$Q_{\text{acumulado}} \leq 3.5 \text{ l/s}$	$25 \text{ l/s} \geq Q_{\text{acumulado}} > 3.5 \text{ l/s}$	$500 \text{ l/s} \geq Q_{\text{acumulado}} > 25 \text{ l/s}$
Baixo	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5099 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5092}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.4944 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5278}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.2230 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.7561}$
Médio	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5469 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5137}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5226 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5364}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.2525 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.7587}$
Elevado	$Q_{\text{cálculo}} = 0.6015 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5825}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5834 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5872}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.3100 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.775}$

1.1.1.3. Biblioteca de débitos

A biblioteca de débitos predefinidos é a regulamentar. Os débitos definidos por defeito são os seguintes:

Aparelho	Caudal mínimo (l/s)
Lavatório individual	0.10
Lavatório colectivo (por bica)	0.05
Bidé	0.10
Banheira	0.25
Chuveiro individual	0.15
Pia de despejo com torneira de Ø 15 mm	0.15
Autoclismo de bacia de retrete	0.10
Mictório com torneira individual	0.15
Pia lava-louça	0.20
Bebedouro	0.10
Máquina de lavar louça	0.15
Máquina ou tanque de lavar roupa	0.20
Bacia de retrete com fluxómetro	1.50
Mictório com fluxómetro	0.50
Boca de rega ou de lavagem de Ø 15 mm	0.30
Idem de Ø 20 mm	0.45

1.1.1.4. Velocidade nas tubagens

Uma das principais limitações ao dimensionar uma rede de abastecimento de águas num edifício é a velocidade do fluido na mesma.

Podem-se editar os limites de velocidade que o programa utilizará para realizar verificações e dimensionar. Os valores que o programa apresenta são os regulamentares: o mínimo é 0,5 m/s e o máximo 2 m/s.

1.1.1.5. Pressões nos pontos de débito

Quando se dimensiona uma rede de abastecimento de águas, é necessário assegurar nos débitos uma pressão disponível mínima.

Também se deve limitar o valor máximo da mesma, uma vez que o excesso de pressão poderia provocar rupturas nas tubagens.

O intervalo de pressões disponíveis em nós de débito num edifício pode oscilar entre os 50 e 600 kPa (aproximadamente entre 5 e 60 m.c.a.). Embora estes valores possam ser determinados em grande medida pelas necessidades de cada tipo de débito, por questões de conforto e durabilidade recomenda-se entre 150 e 300 kPa (aproximadamente entre os 15 e os 30 m.c.a.).

Um sobredimensionamento das pressões na rede pode ocasionar fugas, ou a necessidade de instalar válvulas redutoras nas ligações dos débitos.

1.1.2. Tubagens

O funcionamento de uma rede de abastecimento de águas num edifício depende em grande medida do tipo e tamanho das tubagens utilizadas.

1.1.2.1. Materiais

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Uma maior rugosidade do material implica maiores perdas no tramo. Deve-se expressar em milímetros. Estes são os valores, habituais num projecto, da rugosidade absoluta:

Materiais	Valores habituais de rugosidade absoluta (mm)
Aço inox	0.03
Polietileno	0.02
PVC	0.03
Polipropileno	0.02
Tubagem multicamada	0.01

1.1.2.2. Diâmetros

A manutenção dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, de onde se obtêm os materiais a utilizar. Cada material tem a sua característica de rugosidade absoluta definida juntamente com uma série de diâmetros. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes de rugosidade, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Diâmetros maiores proporcionam perdas de carga menores nas tubagens e diminuem a velocidade de circulação, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas ou pressões demasiado altas nos nós.

1.1.2.3. Consideração de elementos especiais

Devido a necessidades construtivas ou de controlo, as redes de abastecimento de água em edifícios requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens, como podem ser válvulas (nas suas diferentes variantes), contadores, termoacumuladores, grupos de bombagem, etc.

Estes elementos serão classificados em três grupos:

- No grupo de perda de carga. Encontram-se todos os elementos que provocam uma perda de pressão ao circular caudal através deles. Esta perda de carga pode-se introduzir directamente em m.c.a. (metros de coluna de água) ou proporcionalmente ao caudal, com a constante K que aparece nas fichas de características técnicas de válvulas e outros elementos.
- As bombas produzem um aumento na altura piezométrica da água na tubagem, em função do caudal que circula. Apesar de não ser um dado rigorosamente exacto, ao definir uma bomba introduzir-se-á o seu ganho de pressão em m.c.a. e o seu rendimento eléctrico. Desta forma o programa fornece a potência eléctrica em kW da bomba em questão, que será um dado importante a ter em conta no momento de seleccionar um modelo comercial concreto.
- Para as redes de retorno de água quente, o programa dá como resultado a potência eléctrica mínima necessária para bombear a água quente através do circuito de recirculação, tendo em conta os desníveis de altura e a perda de carga nas tubagens.

Numa rede real existem outros elementos, como por exemplo cotovelos, reduções, etc. Em alguns casos, as perdas de carga sofridas nestes acessórios, são importantes no cálculo. O programa permite incrementar o coeficiente de resistência resultante do cálculo para conseguir uns resultados que incluam este tipo de perdas. Por este motivo define-se no **menu Opções** o coeficiente de perda de carga.

1.1.3. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, diâmetros, elementos intercalados, caudais pedidos e pressões de abastecimento. Para isso utiliza-se a formulação que se pormenoriza a seguir.

1.1.3.1. Formulação tubagens

Para resolver os tramos da rede calculam-se as quedas de altura piezométrica, entre dois nós ligados por um tramo, com a fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

sendo:

h_p , perda de carga (m.c.a.)

L, comprimento equivalente da tubagem (m)

Q, caudal que circula pela tubagem (m³/s)

g, aceleração da gravidade (m/s²)

D, diâmetro interior da tubagem (m)

O coeficiente de resistência f é função de:

- **O número de Reynolds (Re).** Representa a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas na tubagem. Quando as forças viscosas são predominantes (Re com valores baixos), o fluido escorre de forma laminar pela tubagem. Quando as forças de inércia predominam sobre as viscosas (Re grande), o fluido deixa de se mover de uma forma ordenada (laminarmente), e passa a regime turbulento, cujo estudo em forma exacta é praticamente impossível. Quando o regime é laminar, a coluna da rugosidade é menor em relação às perdas devidas ao próprio comportamento viscoso do fluido que no regime turbulento. Ao contrário, em regime turbulento, a influência da rugosidade torna-se mais patente.
- **A rugosidade relativa (e/D).** Traduz matematicamente as imperfeições do tubo. No caso da água, os valores de transição entre os regimes laminar e turbulento para o número de Reynolds encontram-se no intervalo de 2000 a 4000, calculando-se como:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

sendo:

V, velocidade do fluido na tubagem (m/s)

D, diâmetro interior da tubagem (m)

ν , viscosidade cinemática do fluido (m²/s)

Em edifícios não é permitido o fluxo laminar nas tubagens, e para regime turbulento podem-se utilizar duas fórmulas:

- **Colebrook-White.** Através de um cálculo iterativo, dá um resultado exacto do coeficiente de resistência.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

- **Malafaya-Baptista.** A formulação é muito similar à de Colebrook-White, mas evita as iterações do cálculo através de uma aproximação.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \left(0.4894 \cdot Re^{-0.11} + 0.18 \cdot Re^{0.095} \cdot \left(\frac{\epsilon}{D} \right)^{0.6} \right)} \right)$$

sendo:

f, coeficiente de resistência

ϵ , rugosidade absoluta do material (m)

D, diâmetro interior da tubagem (m)

Re, número de Reynolds

Como parâmetro, é necessário o dado da viscosidade cinemática do fluido, 1.010x10⁻⁶ m²/s para a água fria e 0.478x10⁻⁶ m²/s para a água quente, embora estes dados sejam também editáveis no menu opções.

1.1.3.2. Cálculo das redes de retorno de água quente

Quando se instalam redes de água quente, é usual que a água que se encontra nas tubagens arrefeça, pelo que ao pôr em funcionamento um aparelho de água quente, descarregar-se-á a água fria da tubagem durante um determinado tempo, até que a água quente chegue ao ponto de débito.

Esta situação é a que se pretende solucionar com as redes de retorno de água quente.

Consegue-se que exista uma recirculação de água quente pela rede, de forma que quando se ponha em funcionamento um aparelho de água quente, chegue a água à temperatura adequada instantaneamente.

Calcula-se um caudal mínimo de recirculação que garanta uma perda de temperatura determinada, desde o aparelho produtor de água quente até ao débito da mesma.

$$E_p = Q \cdot (T_e - T_s)$$

sendo:

E_p , calor dissipado

Q, caudal no tramo

T_e e T_s , temperaturas de entrada e de saída num determinado tramo

O cálculo calorífico efectuado considera as perdas de calor no circuito de água quente e a existência ou não de isolante nessas tubagens.

- A formulação utilizada para o cálculo **sem material isolante** é a seguinte:

$$E_p = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta T}{\frac{D}{h_i} + \frac{1}{h_e}}$$

- A formulação utilizada para o cálculo **com material isolante** é a seguinte:

$$E_p = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta T}{\frac{1}{h_i} + \frac{D}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot e + D}{D}\right) + \left(\frac{D}{h_e \cdot (2 \cdot e + D)}\right)}$$

sendo:

E_p , calor dissipado (W/m)

ΔT , diferença de temperatura entre água quente e ambiente (°C)

D , diâmetro da tubagem (m)

h_e , coeficiente convecção exterior (W/m² °C)

h_i , coeficiente convecção interior (W/m² °C)

e , espessura do isolante (m)

λ , condutividade térmica do isolante (W/m °C)

1.1.4. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições (velocidade, pressão) e no caso de se ter seleccionado a opção de velocidade óptima, serão seleccionados os diâmetros que garantam que a velocidade do fluido nos mesmos se aproxime mais da óptima.

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído.

Há que salientar que o material do tramo não se alterará durante o dimensionamento, uma vez que as variações no material utilizado numa obra são limitações impostas no dimensionamento por factores externos ou normas.

O tramo que se encontra em piores condições, isto é, cujo desvio sobre os limites de velocidade seja maior, é modificado da seguinte forma:

- Se a velocidade do fluido for maior que o limite máximo, aumenta-se o diâmetro.
- Se a velocidade do fluido for menor que o limite mínimo, diminui-se o diâmetro.

Uma vez que os tramos cumprem as condições, verifica-se se existem nós que não cumpram as condições de pressão máxima e mínima. No caso de existir, modificar-se-á o diâmetro das tubagens mais carregadas, isto é, aquelas com uma perda de carga unitária maior.

1.1.5. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

1.2. Residuais

1.2.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de drenagem de águas residuais domésticas é evacuar a água desde os aparelhos de descarga, até à rede de saneamento da urbanização.

O problema pode ser abordado de dois pontos de vista diferentes, a saber:

- **Dimensionamento.** É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de água recolhida, se deseja obter as dimensões adequadas das tubagens.
- **Verificação.** A partir de uma rede já existente, deseja-se conhecer se verifica as limitações de dimensionamento impostas ou consideradas segundo o critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer se deseje verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **Exigências de caudal a evacuar.** É necessário respeitar uma série de condicionantes na recolha de águas residuais.
- **Facilidade de construção.** A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas em dimensões e comportamento.
- **Manutenção.** Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia.** Não basta que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável evitando dentro do possível sobredimensionar.

Uma vez obtidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

1.2.2. Dados prévios

1.2.2.1. Condições de recolha

São necessários vários dados para o cálculo de uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

1.2.2.2. Caudais de descarga por aparelho

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede.

Aparelho	Caudal mínimo (l/min)
Bacia de retrete	90
Banheira	60
Bidé	30
Chuveiro	30
Lavatório individual	30
Máquina de lavar louça	60
Máquina de lavar roupa	60
Mictório de espaldar	90
Mictório suspenso	60
Pia lava-louça	30
Tanque	60

As redes de drenagem de águas residuais domésticas devem ser ramificadas, com um só ponto de descarga. O seu funcionamento deve ser em superfície livre.

1.2.2.3. Simultaneidade nas descargas

Em alguns casos, pode ser interessante a utilização de um coeficiente que reduza os caudais numa rede. Desta forma é possível simular o funcionamento de uma rede real, na qual geralmente os aparelhos não funcionam simultaneamente.

A fórmula utilizada é a seguinte:

$$Q_c = 7.3497 \cdot Q_a^{0.5352}$$

sendo:

Q_c , caudal de cálculo (l/min)

Q_a , caudal acumulado (l/min)

1.2.2.4. Ponto de descarga

O ponto de descarga é o ponto final onde chega toda a água residual evacuada pela rede de drenagem. Esses pontos podem ser de vários tipos, mas no caso de edifícios, a situação mais usual é que a rede do edifício desemboque numa rede de saneamento de urbanização.

1.2.3. Tubagens

O funcionamento de uma rede de drenagem depende em grande medida do tipo, geometria e tamanho das tubagens utilizadas.

1.2.3.1. Materiais

Os materiais determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Quanto maior a rugosidade menor a velocidade no tramo.

A forma de expressar a rugosidade depende, em grande medida, do tipo de formulação que vai utilizar. É habitual utilizar a fórmula de Manning-Strickler.

1.2.3.2. Diâmetros

A manutenção dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada um destes materiais traz o seu coeficiente juntamente com uma série de dimensões de tubagens. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Diâmetros maiores diminuem a velocidade de circulação e a possibilidade de entrar em carga, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas.

1.2.4. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, diâmetros e caudais. Para isso utiliza-se a formulação e o método de resolução que se explicam a seguir.

1.2.4.1. Formulação

No caso de redes de drenagem, utiliza-se o método de recontagem de caudais desde os pontos de recolha até à rede de drenagem da urbanização.

Por isso, a rede deve ser ramificada e com um só ponto de descarga.

Os cálculos realizam-se através da já mencionada fórmula de Manning-Strickler.

Esta fórmula proporciona um cálculo aproximado, uma vez que supõe um regime de circulação uniforme em todo o trajecto, o que é praticamente impossível em tubagens reais.

- **Fórmula de Manning-Strickler.** Utilizar-se-á para o cálculo das tubagens horizontais. Possivelmente é a fórmula mais utilizada para o cálculo hidráulico em saneamento, e expressa-se como:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A_h \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

sendo:

A_h , secção molhada (m^2)

n , coeficiente de Manning. Este valor depende do material e da geometria da abastecimento de águas, apesar de se poder desprezar esta última influência.

i , inclinação da tubagem (m/m)

R_h , raio hidráulico (m)

1.2.4.2. Ramais de descarga

Dimensionam-se de acordo com a fórmula de Manning-Strickler.

Os ramais de descarga deverão ser dimensionados a meia secção excepto nas situações indicadas seguidamente.

Os ramais de descarga individuais poderão ser dimensionados a secção cheia quando contarem com ventilação secundária. Quando só dispuserem de ventilação primária, poder-se-ão dimensionar a secção cheia, sempre que a distância entre o sifão e a secção ventilada não supere o valor máximo admissível obtido no gráfico seguinte.

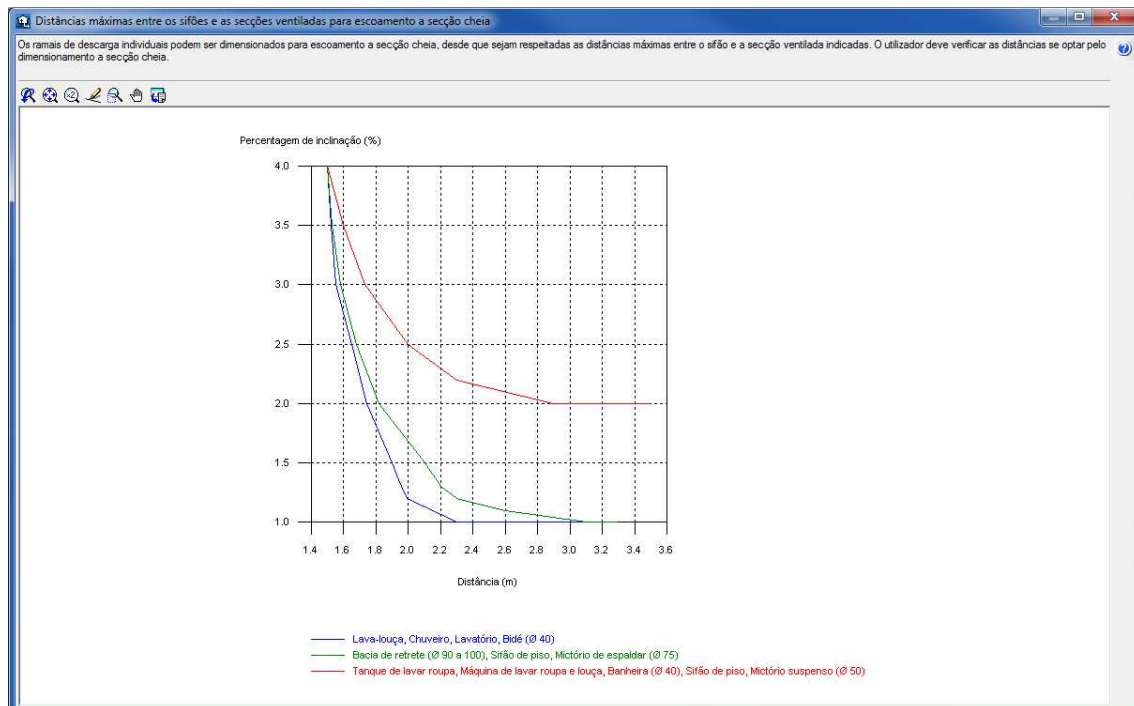


Fig. 1.1

Existem diâmetros mínimos por aparelho que os ramais individuais de descarga deverão cumprir:

Aparelho	Diâmetro mínimo do ramal individual (mm)
Bacio de retrete	90
Banheira	40
Bidé	40
Chuveiro	40
Lavatório	40
Máquina de lavar louça	50
Máquina de lavar roupa	50
Mictório espaldar	75
Mictório suspenso	50
Pia lava-louça	30
Tanque	60

1.2.4.3. Cálculo de tubos de queda

Utilizar-se-á a seguinte expressão para os tubos de queda:

$$D=4.4205 \cdot Q^{3/8} \cdot ts^{-5/8}$$

sendo:

D, diâmetro do tubo vertical (mm)

Q, caudal de cálculo (l/min)

ts, taxa de ocupação (1/3, 1/5, ...)

Os tubos de queda serão dimensionados para uma taxa de ocupação máxima de 1/3 e mínima de 1/7 dependendo da existência ou não de ventilação secundária, de acordo com os requisitos regulamentares.

1.2.4.4. Cálculo de colunas de ventilação

As colunas de ventilação são necessárias para evitar sobrepressões, e dimensionam-se através da seguinte fórmula:

$$D_v=0.39 \cdot L_v^{0.187} \cdot D$$

sendo:

D_v , diâmetro da coluna de ventilação (mm)

L_v , altura da coluna de ventilação (m)

D, diâmetro do tubo de queda (mm)

1.2.4.5. Colectores

O seu diâmetro não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das tubagens que cheguem ao mesmo, com um mínimo de 100 mm.

Dimensionam-se através da fórmula de Manning-Strickler, para uma ocupação não superior a meia secção.

1.2.4.6. Elementos

Nas redes de drenagem de águas residuais domésticas, podem-se acrescentar vários tipos de elementos, que podem afectar ou não o cálculo, mas que se terão em conta em desenhos e medições.

1.2.5. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar um diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições.

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído, e a partir dele procura-se o adequado.

Há que fazer notar que o material do tramo não se alterará durante o dimensionamento, uma vez que as alterações no material utilizado numa obra são limitações impostas ao dimensionamento por factores externos ou normas.

1.2.6. Unidades

O programa pede os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

1.3. Pluviais

1.3.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de drenagem de águas pluviais num edifício de habitações é evacuar a água da chuva desde os pontos de descarga, geralmente coberturas até à rede de saneamento da urbanização.

O problema pode ser abordado de dois pontos de vista diferentes, a saber:

- **Dimensionamento.** É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de água recolhida, se deseja obter as dimensões adequadas das tubagens.
- **Verificação.** A partir de uma rede já existente, deseja-se conhecer se verifica as limitações de dimensionamento impostas ou consideradas segundo o critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer se deseje verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **Facilidade de construção.** A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas em dimensões e em comportamento.
- **Manutenção.** Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia.** Não basta que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável evitando dentro do possível sobredimensionar.

Uma vez obtidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

1.3.2. Dados prévios

1.3.2.1. Caudais de descarga por área

O caudal de cálculo obter-se-á através da seguinte fórmula:

$$Q=C \cdot I \cdot A$$

sendo:

Q, caudal de cálculo (l/min)

C, coeficiente de escoamento, que geralmente é igual a 1

I, intensidade de precipitação (l/min-m²)

A, área de drenagem, em projecção horizontal.

A intensidade de precipitação calcular-se-á segundo o previsto no 'Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais e Distribuição de Águas e de Drenagem de Águas Residuais'.

$$I=a \cdot t^b$$

sendo:

I, intensidade média máxima de precipitação (mm/h) para a duração t

t, duração da precipitação (min)

a, b, constantes que dependem do período de retorno e da região pluviométrica.

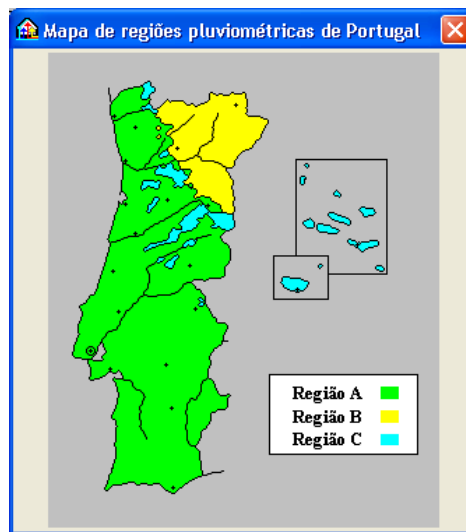


Fig. 1.2

Período de retorno (anos)	Regiões pluviométricas					
	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
5	259.26	-0.562	207.41	-0.562	311.11	-0.562
10	290.58	-0.549	232.21	-0.549	348.42	-0.549
20	317.74	-0.538	254.19	-0.538	381.29	-0.538

As redes de drenagem devem ser ramificadas, com um só ponto de descarga. O seu funcionamento deve ser em superfície livre.

Em redes de drenagem de águas residuais pluviais não faz sentido a utilização de coeficientes de simultaneidade, pelo que não são utilizados neste ponto.

1.3.2.2. Ponto de descarga final

O ponto de descarga é o ponto final onde chega toda a água evacuada pela rede de águas pluviais. Esses pontos podem ser de vários tipos, mas no caso de edifícios, a situação mais usual é que a rede do edifício desemboque numa rede de saneamento de urbanização.

1.3.3. Tubagens

O funcionamento da rede depende em grande medida do tipo, geometria e tamanho das tubagens utilizadas.

1.3.3.1. Materiais

Os materiais determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Quanto maior a rugosidade menor a velocidade no tramo.

A forma de expressar a rugosidade depende, em grande medida, do tipo de formulação que vai utilizar. É habitual utilizar a fórmula de Manning Strickler.

1.3.3.2. Diâmetros

A manutenção dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada um destes materiais traz o seu coeficiente juntamente com uma série de

dimensões de tubagens. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Diâmetros maiores diminuem a velocidade de circulação e a possibilidade de entrar em carga, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas.

1.3.4. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, diâmetros e caudais. Para isso utiliza-se a formulação que se explica a seguir.

1.3.4.1. Formulação

No caso de redes de drenagem, utiliza-se o método de recontagem de caudais desde os pontos de recolha até à rede de saneamento da urbanização.

Por isso, a rede deve ser ramificada e com um só ponto de descarga.

Os cálculos realizam-se através da fórmula de Manning-Strickler.

Esta fórmula proporciona um cálculo aproximado, uma vez que supõe um regime de circulação uniforme em todo o trajecto, o que é praticamente impossível em tubagens reais.

- **Fórmula de Manning-Strickler.** Utilizar-se-á para o cálculo da tubagem horizontal. Possivelmente é a fórmula mais utilizada para o cálculo de saneamento, e expressa-se como:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A_h \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

sendo:

A_h , secção molhada (m^2)

n , coeficiente de Manning. Este valor depende do material e da geometria do abastecimento de águas, apesar de se poder desprezar esta última influência.

i , inclinação da tubagem (m/m)

R_h , raio hidráulico (m)

1.3.4.2. Ramais de descarga

Os ramais de descarga serão dimensionados a secção cheia de acordo com a fórmula de Manning-Strickler.

Verificar-se-á que os ramais funcionem sempre em superfície livre, isto é, que não entrem em carga.

1.3.4.3. Caleiras

A altura de lâmina de água nas caleiras não poderá superar 0.70 da altura da sua secção transversal.

Para a sua verificação e dimensionamento utilizar-se-á a fórmula de Manning-Strickler.

1.3.4.4. Cálculo de tubos de queda

O diâmetro dos tubos de queda na drenagem de águas pluviais não poderá ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramais que confluam nele, com um mínimo de 50 mm.

Utilizar-se-á a formulação seguinte:

$$Q_c = \left(\alpha + \beta \cdot \frac{H}{D} \right) \cdot \pi \cdot D \cdot H \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{1/2}$$

sendo:

α , 0.453 se a entrada de caudal no tubo de queda se realizar com aresta viva; 0.578 se a entrada de caudal no tubo de queda for cónica

β , 0.350

D , diâmetro do tubo vertical (m)

Q_c , caudal de cálculo (m^3/s)

H, carga no tubo de queda (m)
g, aceleração da gravidade (m/s²)

O dado H (carga no tubo de queda) representa a altura de lâmina de água no tubo horizontal que chega ao tubo de queda. Quando num mesmo piso existem várias tubagens que descarregam no mesmo tubo de queda, a altura H considerada para o cálculo corresponde à média ponderada com o caudal que circula em cada tramo horizontal.

1.3.4.5. Colectores

O seu diâmetro não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das tubagens que cheguem ao mesmo, com um mínimo de 100 mm.

Dimensionam-se através da fórmula de Manning-Strickler, para secção cheia.

1.3.5. Elementos

Nas redes de drenagem de águas pluviais, podem-se acrescentar vários tipos de elementos, que não afectam o cálculo, mas que se terão em conta em desenhos e medições. Estes elementos são bocas de limpeza, caixa de visita e grupo elevatório, etc.

1.3.6. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de optimizar e seleccionar um diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições.

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído, e a partir dele procura-se o adequado.

Há que fazer notar que o material do tramo não se alterará durante o dimensionamento, uma vez que as alterações no material utilizado numa obra são limitações impostas ao dimensionamento por factores externos.

1.3.7. Unidades

O programa pede os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.