



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

DP-H13

**DIRETRIZES DE PROJETO PARA
COEFICIENTE DE RUGOSIDADE**



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO E HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

ÍNDICE

PÁG.

1. OBJETIVO.....	311
2. RUGOSIDADE EM OBRAS HIDRÁULICAS.....	311
3. CANAIS E GALERIAS EM CONCRETO	314
4. OBRAS COM REVESTIMENTO EM CONCRETO PROJETADO.....	314
5. REVESTIMENTO COM OUTROS MATERIAIS	315
6. COMPOSIÇÃO DE RUGOSIDADES	316



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO E HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

1. OBJETIVO

Esta diretriz tem por objetivo apresentar os valores usuais para o coeficiente de rugosidade de revestimento de canais e tubulações para os materiais mais empregados no Município de São Paulo.

2. RUGOSIDADE EM OBRAS HIDRÁULICAS

A rugosidade tem grande importância no cálculo de capacidade de escoamento em canais e tubulações, onde a sua minimização proporciona a máxima descarga. Selecionar um valor de coeficiente de rugosidade significa estimar a resistência ao escoamento exercida sobre o fluido. Para o caso de canais e tubulações com pressão atmosférica, a fórmula mais comumente empregada é a de Manning, onde se observa a grande influência da rugosidade:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i_0^{1/2} \dots\dots\dots (2.1)$$

onde:

- Q = descarga
- n = coeficiente de rugosidade
- A = área da seção
- R_h = raio hidráulico
- i₀ = declividade longitudinal

A variação do coeficiente de rugosidade pode proporcionar grandes variações, como o aumento / diminuição da descarga a jusante, evitando problemas de inundações, alteração da velocidade de escoamento, podendo evitar sedimentação de detritos ou o desgaste e erosão do canal / tubulação; variação do nível de escoamento de canais e alteração geométrica da seção transversal.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO E HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

Muitos são os fatores que influem na rugosidade, entre eles:

- **Rugosidade superficial**

A rugosidade é representada pela forma e tamanho das irregularidades do material que forma o perímetro molhado. Materiais finos provocam um efeito menor, reduzindo o valor do coeficiente. Materiais grosseiros aumentam a rugosidade.

- **Vegetação**

A vegetação pode ser analisada como uma rugosidade superficial. Seu efeito depende principalmente, da sua altura, densidade, distribuição e espécie. Deve-se ter especial atenção para o crescimento da vegetação. Segundo estudos apresentados na literatura, o coeficiente de rugosidade pode variar de 2 a 3 vezes o seu valor original, devido ao desenvolvimento da vegetação.

- **Irregularidades**

Canais com irregularidades no seu perímetro molhado e variações na sua seção transversal sofrem acréscimo na rugosidade.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO E HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

- **Sedimentação e erosão**

A sedimentação de material fino em canais irregulares pode melhorar a superfície do canal, reduzindo a sua rugosidade. Enquanto a erosão pode provocar irregularidades, aumentando o coeficiente de rugosidade.

- **Obstruções**

A presença de troncos de árvores, pilares de pontes e outros materiais incrementam a rugosidade do canal, além do efeito de redução de seção.

Diversos fatores influem na determinação da rugosidade real de um canal:

- material de acabamento;
- método construtivo e forma de acabamento;
- manutenção;
- erosão e deposição, etc.

No dimensionamento hidráulico da estrutura, a seleção do coeficiente de rugosidade deve refletir o comportamento esperado da obra ao longo de sua vida útil, garantindo que, durante este período, se tenha capacidade de escoamento igual ou maior ao do projeto. Neste documento, são apresentados valores padronizados, pela SVP/PMSP, do coeficiente de rugosidade a serem utilizados nos projetos de drenagem. Situações especiais deverão ser analisadas pelo projetista, o qual deverá justificar valores diversos dos aqui apresentados.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO E HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

3. CANAIS E GALERIAS EM CONCRETO

Visando estabelecer um valor de dimensionamento para canais e galerias construídos em concreto moldado "in loco" ou pré-moldados, a PMSP – SVP encomendou um estudo à FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica sobre o assunto.

Nas conclusões deste estudo, a FCTH constata que, apesar de, para as superfícies bem acabadas, lineares, o coeficiente de rugosidade de Manning chega a valores em torno de $n = 0,012$, quando as superfícies são novas; devido a problemas construtivos, deterioração das paredes, presença de juntas, não linearidade do canal, assoreamento da seção e outros fatores, este valor é usualmente maior desde a data de construção e aumenta ao longo da vida útil da obra.

Com base nas análises e pesquisas realizadas, foi proposto o valor de $n = 0,018$ para o cálculo da capacidade de vazão em canais ou galerias de concreto, o qual deve ser adotado nos projetos elaborados para SVP/PMSP.

Já para a verificação de velocidades máximas de escoamento (conforme DP-H12 – Velocidades Limites da SVP/PMSP), o valor a ser utilizado é o valor esperado da obra nova bem acabada, ou seja coeficiente de rugosidade $n=0,013$.

4. OBRAS COM REVESTIMENTO EM CONCRETO PROJETADO

Nas superfícies revestidas em concreto projetado, dois fatores principais influenciam a rugosidade:

- Acabamento do projeto projetado;



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO E HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

- Regularidade da superfície.

Quando em superfícies bem escavadas e com o concreto projetado conformando uma superfície contínua, regular e alinhada, os coeficientes de rugosidade recomendados são:

- concreto projetado, alisado à colher ou desempenadeira, bem acabado $n=0,018$
- concreto projetado, alisado à colher ou desempenadeira, mal acabado $n=0,020$
- concreto projetado, sem acabamento $n=0,022$

Nos casos em que a superfície de escavação é irregular, com o concreto projetado lançado de forma a não preencher totalmente os vazios para uma superfície final regular e alinhada, os coeficientes de rugosidade recomendados são:

- superfície contínua mas não alinhada, com variações suaves e pouco pronunciadas na seção $n=0,022$
- escavação irregular em rocha, sem preenchimento total com concreto projetado $n=0,027$

5. REVESTIMENTO COM OUTROS MATERIAIS

Diversos outros materiais podem ser empregados no revestimento de canais. Os valores de projeto a serem adotados para o dimensionamento da capacidade máxima de vazão e verificação da velocidade máxima de escoamento estão indicados no Quadro 5.1.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO E HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

Quadro 5.1

Vazão e verificação da velocidade máxima de escoamento

MATERIAL	COEFICIENTE DE MANNING	
	DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO	VERIFICAÇÃO DA V MÁXIMA
Gabião – revestimento da seção com colchão tipo Reno		
• Enchimento com material heterogêneo e colocado na seção sem cuidado	0,029	0,022
• Enchimento com material bem selecionado e colocação cuidadosa	0,022	0,022
• Enchimento e colocação cuidadosa e consolidação com mastique betuminoso	0,020	0,020
Enrocamento		
• Bem construído	0,030	0,030
Canais escavados em terra	0,025	0,020
Canais com revestimento vegetal		
• Profundidade maior do que 1,0 m		
Grama curta	0,030	0,030
Grama mais alongada (até 0,30 m)	0,040	0,030
Capins altos	0,050	0,030
• Profundidade de 0,50 a 1,00 m		
Grama curta	0,035	0,030
Graminha alongada (até 0,30 m)	0,010	0,030
Capins altos	0,100	0,030
• Profundidade inferior a 0,50 m		
Grama curta	0,040	0,030
Graminha alongada	0,100	0,030

6. COMPOSIÇÃO DE RUGOSIDADES

Em canais com diversidade de revestimentos nos fundos e paredes/taludes laterais, o coeficiente de rugosidade deverá ser composto a partir da rugosidade obtida para cada material.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO: DIRETRIZES DE PROJETO E HIDRÁULICA E DRENAGEM	DATA
DP-H13	Diretrizes de Projeto para Coeficiente de Rugosidade	30/06/99

Entre as diversas fórmulas existentes para cálculo da rugosidade composta é recomendada a fórmula:

$$n = \left[\frac{\sum_i^N P_i n_i^{3/2}}{P} \right]^{2/3}, \text{ (Horton, Einstein) (6.1)}$$

onde:

P_i = Perímetro molhado da seção i

n_i = Rugosidade do trecho com perímetro P_i