



# **História da Pesquisa dos Valores do**

# **Coefficiente de Manning**

Coefficiente de Manning  
Coefficiente de Manning

**ABTC**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA  
DOS FABRICANTES DE  
TUBOS DE CONCRETO

Tradução de trabalho publicado pela  
ACPA - American Concrete Pipe Association



# Coeficiente de Manning Coeficiente de Manning Coeficiente de Manning

O presente trabalho é uma tradução da equipe de técnicos da **ABTC - Associação Brasileira dos Produtores de Tubos de Concreto** de parte da publicação da **ACPA - American Concrete Pipe Association** e apresenta a contínua pesquisa desenvolvida ao longo da história, na busca de valores cada vez mais corretos do **Coeficiente de Manning** para tubos de diferentes materiais.





# **História da Pesquisa dos Valores do Coeficiente de Manning**

ACPA - American Concrete Pipe Association - Designe Data 14 - 1997

Tradução - ABTC - Associação Brasileira dos Produtores de Tubos de Concreto - Julho 2004

■ Introdução .....	00
■ Valores de Cálculo .....	00
■ Fórmula da Vazão de Kutter .....	00
■ Pesquisa sobre o Valor do Coeficiente de Manning .....	00
■ Testes Comparativos entre Tubos de Concreto e Tubos de Metal Corrugado .....	00
■ Testes em Tubos de Concreto .....	00
■ Coeficiente de Rugosidade entre Concreto x PVC .....	00
■ Testes no Tubo de Plástico .....	00
■ Tubos para Esgoto Sanitário e Drenagem Pluvial .....	00

# História da Pesquisa dos Valores do Coeficiente de Manning

## Introdução

A correta escolha do coeficiente de rugosidade de um tubo é essencial para a avaliação da sua capacidade de vazão. Um valor excessivo é anti-econômico e resulta na determinação errada do tubo, enquanto, um valor baixo pode resultar num tubo hidraulicamente inadequado. Valores corretos do coeficiente de rugosidade são os objetivos de contínuas pesquisas, e como resultado, uma grande quantidade de dados está disponível a respeito dessa controvertida questão. Para o projetista a utilização do correto valor do coeficiente de rugosidade é de grande importância, de modo que várias pesquisas foram desenvolvidas ao longo do tempo para o entendimento desses valores. Sendo que o resultado dessas pesquisas indicaram os novos valores para os tubos de diferentes materiais utilizados.

## Valores de Cálculo

Os valores de Manning nos testes de laboratório e os valores utilizados para cálculo são bastante diferentes. Inúmeros testes feitos em laboratórios estabeleceram os valores de Manning, porém, estes resultados foram obtidos com a utilização de água limpa e tubos de seções retas e sem curvas, sem considerações de aberturas, poços de visita, fissuras ou outra forma de obstrução. Os resultados de laboratórios indicaram uma única diferença entre os tubos de paredes lisas e corrugadas. Paredes corrugadas, dos tubos de metal corrugado, tinham o coeficiente de Manning com aproximadamente 2,5 a 3 vezes maior do que os tubos de paredes lisas.

Os tubos de paredes lisas tinham o coeficiente de Manning variando entre 0,009 a 0,010, mas historicamente engenheiros calculistas usavam esse valor variando de 0,012 a 0,013. Este “fator” de 20 a 30% leva em conta as diferenças entre testes de laboratórios e as condições reais de instalação e uso. A utilização desse fator é prática de uma boa engenharia, para que a comparação seja consistente entre os diversos materiais é necessário que os coeficientes de Manning de laboratório sejam majorados pelo mesmo fator. Os valores de cálculo a serem utilizados na fórmula de Manning estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores N de Manning

Tipos de Tubo	Valores de Laboratório	Valores de Projeto	
		Drenagem	Esgotos
Concreto	0,009 - 0,011	0,012	0,013
Plástico	0,009	0,012	0,013
Cimento Amianto	0,01	0,012	0,013
Ferro Flexível / Ferro Fundido	0,01	0,012	0,013
Metal Corrugado	-	-	
5 - 3,33 x 1,25	0,024	0,029	
7,5 x 2,5	0,027	0,032	
15 x 5 Placa Restrutural	0,033	0,04	
22,5 x 5 - 1,25 Placa Estrutural	0,009	0,012	

## Fórmula da Vazão de Kutter

A fórmula da vazão de Kutter foi desenvolvida em 1870 e largamente usada por muitos anos no cálculo das vazões para o dimensionamento dos tubos. O coeficiente de rugosidade usado na fórmula de Kutter foi derivado e conhecido como os valores de Kutter. A fórmula de Kutter era matematicamente incômoda embora fossem desenvolvidos quadros e gráficos.

$$Q = (1,486 \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}) : K$$

Onde:

**Q** = vazão do tubo (m<sup>3</sup>/s)

**A** = área da seção da vazão (m<sup>2</sup>)

**R** = raio hidráulico (área transversal dividida pelo perímetro molhado do tubo) (m)

**S** = declividade do tubo, (m/m)

**K** = coeficiente de rugosidade para cada tipo de material constituinte do tubo

Os fatores da fórmula de Manning são semelhantes aos da fórmula de Kutter e são expressos nas mesmas unidades. Os valores do coeficiente de rugosidade eram tidos no princípio, como sendo iguais para ambas as fórmulas, mas no decorrer da utilização dos mesmos provou-se que esta suposição era errada.



## Pesquisa sobre o Valor do Coeficiente de Manning

Como a fórmula de Manning's passou a ser de uso mais comum, o uso dos valores de Kutter foi questionado. Uma série de estudos antes de 1924, na universidade de Iowa, forneceu os primeiros dados sobre essa controvérsia. Esses estudos foram patrocinados pelo departamento Norte-americano de Agricultura e Rodovias e a Universidade de Iowa.

O programa de testes consistiu em 1480 experiências hidráulicas em tubos de concreto, aço corrugado e cerâmica, com diâmetros de 300,450,600 e 750 milímetros. Os resultados dos testes foram publicados em 1926 pela universidade de Iowa no artigo "A Vazão da Água através de Galerias" por David L. Yarnell, Floyd<sup>a</sup> Nagler e Sherman M. Woodward, onde obtiveram dos testes os resultados dos coeficientes de rugosidade para as fórmulas de Manning e Kutter, que estão expressos na Tabela 2. Depois da publicação dos resultados dos testes, muitos calculistas reavaliaram o valor de Manning e passaram a usar 0,013 para tubos de paredes lisas e 0,024 para tubos de paredes rugosas. Os valores não foram aceitos por todos os calculistas, onde alguns passaram a usar 0,015 para tubos de concreto e cerâmica. Fabricantes de tubos de metal corrugado defenderam o valor de 0,021 para os seus tubos, sendo que alguns calculistas usam erroneamente esse valor mais baixo para esses tubos de metal corrugado.

## Testes Comparativos entre Tubos de Concreto e Tubos de Metal Corrugado

Outra importante pesquisa comparativa com os valores de Manning em tubos começou em 1946 e durou um período de quatro anos no Laboratório Hidráulico de St. Anthony Falls, da Universidade de Minnesota. O propósito inicial destes testes em escala real era de obter o coeficiente de rugosidade dos tubos com precisão e segurança. Um total de 181 testes hidráulicos em tubos de concreto e tubos de metal corrugado com 450,600 e 900 milímetros de diâmetro, foram feitos para as condições de máxima vazão e de vazões intermitentes. Muitas das negligências comumente ocorridas nos testes hidráulicos foram eliminadas nos testes feitos em Minnesota.

A rede testes era de 58 m de comprimento, maior e mais representativa das condições reais de instalação. As seções dos tubos eram mais próximas das seções utilizadas comercialmente.

**Tabela 2 - Testes feitos na Universidade de Iowa - 1926. Valores Médios do Coeficiente**

Coeficiente de Kutter			
	Concreto	Cerâmico	Metal
300	0,0117	0,0101	0,0194
450	0,0121	0,0119	0,0217
600	0,0130	0,0127	0,0216
750	0,0127	0,0131	0,0232

Coeficiente de Manning			
	Concreto	Cerâmico	Metal
300	0,0119	0,0098	0,0228
450	0,0121	0,0118	0,0248
600	0,0130	0,0125	0,0239
750	0,0125	0,0131	0,0254

O resultado dos testes foram publicados em 1950 pela Universidade de Minnesota no artigo técnico nº 3 série B, "Comparação de dados Hidráulicos entre Tubos de Concreto e Metal Corrugado" escrita por Loreng G. Straub e Henry M. Morris, e estão expressos na Tabela 3. Esses resultados indicaram uma significativa redução no valor Manning, para os tubos de concreto, em relação aos testes feitos em Iowa em 1926. O artigo técnico nº 3 incluiu recomendações para os valores de Manning para os tubos de metal corrugado e tubos de concreto representados na Tabela 4. Comparando os valores das Tabelas 2, 3 e 4 é claro que não foram aplicados fatores de segurança aos valores de laboratório quando convertidos para valores de cálculo. A nota que segue a Tabela 4, recomenda a aplicação dos valores para uma determinada extensão e que não podem ser usados para realidade de instalação de tubos. Como previamente discutido não devem ser usados para cálculo, e valores de Manning obtidos em laboratórios sem a consideração do fator de segurança.

Durante o período de 1960 a 1962, pesquisas foram feitas no Canadá para determinar o valor de Manning para tubos usados em construções de galerias. As pesquisas foram patrocinadas pela Cooperativa Colaboradora de Pesquisas para Rodovias em Alberta, junto a Faculdade de Engenharia da Universidade de Alberta. Os testes foram realizados em tubos de metal corrugado com chapa estrutural instalados no campo com

diâmetro de 1500 mm e comprimentos de 21 e 45 m, com declividades variando de 1 a 3% e nos tubos de concreto com diâmetro de 1200 mm e 24 m de comprimento com uma declividade de 0,5%. Foram também realizados testes em laboratórios com tubos de metal corrugado com diâmetro de 380 mm e com 11 e 22 m de comprimento, com declividade variando de 0 a 8%. Os resultados dos testes foram publicados pelo Conselho de Pesquisa de Alberta em 1962 no Relatório de Pesquisa de Rodovia 62-1 dos testes hidráulicos titulados em "Testes Hidráulicos para Tubos em Galerias" onde são citados os valores de Manning para tubos de placas estruturadas de 1500 mm de diâmetro. "Os valores do coeficiente de Manning apresentados

por 33 testes mostraram estatisticamente os valores médios de 0,0357 com um desvio padrão de 0,0025. Concluindo, ainda com a pendência de testes futuros, o coeficiente adotado foi o valor de 0,035 para tubo de metal corrugado com chapa estrutural".

**Valores de Manning para tubos de metal corrugado, seção de 300 mm, conclusões a seguir:**

"Os valores variaram de 0,021 para baixas velocidades de escoamento a 0,025 para altas velocidades. Parecia que 0,026 era o valor de pico e 0,025 um valor razoável para o cálculo".

**Tabela 3 - Testes feitos em Tubos na Universidade de Minnesota em 1950. Sumário dos Resultados**

Seções e Tipos	Tubos com Níveis Máximos de Vazão				Tubos com Níveis de Vazão em Parte Cheia			
	Nº de Testes	Coeficiente de Rugosidade de Manning			Nº de Testes	Coeficiente de Rugosidade de Manning		
		Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média
450 mm Corrugados	11	0,0251	0,0222	0,0242	8	0,0258	0,0248	0,0252
600 mm Corrugados	12	0,0252	0,0228	0,0242	10	0,0244	0,0232	0,0240
900 mm Corrugados	13	0,0247	0,0216	0,0232	14	0,0243	0,0228	0,0236
<b>GRUPO</b>	<b>36</b>	<b>0,0252</b>	<b>0,0216</b>	<b>0,0239</b>	<b>32</b>	<b>0,0258</b>	<b>0,0228</b>	<b>0,0242</b>
450 mm Corrugados em Arco	23	0,0252	0,0210	0,0239	10	0,0233	0,0216	0,0223
600 mm Corrugados em Arco	7	0,0245	0,0217	0,0236	3	0,0228	0,0213	0,0220
900 mm Corrugados em Arco	9	0,0240	0,0216	0,0232	13	0,0230	0,0221	0,0226
<b>GRUPO</b>	<b>39</b>	<b>0,0255</b>	<b>0,0210</b>	<b>0,0237</b>	<b>26</b>	<b>0,0233</b>	<b>0,0213</b>	<b>0,0224</b>
450 mm Concreto	12	0,0108	0,0091	0,0097	10	0,0110	0,0102	0,0107
600 mm Concreto	9	0,0104	0,0093	0,0100	6	0,0108	0,0102	0,0104
900 mm Concreto	11	0,0108	0,0103	0,0106	-	-	-	-
<b>GRUPO</b>	<b>32</b>	<b>0,0108</b>	<b>0,0103</b>	<b>0,0101</b>	<b>16</b>	<b>0,0110</b>	<b>0,0102</b>	<b>0,0106</b>

**Tabela 4 - Testes feitos em Tubos na Universidade de Minnesota em 1950. Valores Recomendados para Metal Corrugado e para o Concreto.**

Itens	Metal Corrugado	Concreto
Coeficiente de Rugosidade N para Vazão Máxima	0,0098	0,0228
Coeficiente de Rugosidade N para Vazão em Partes	0,0118	0,0248

**Valores adicionais de Manning para vazões em tubos de concreto, estão a seguir:**

“Não foi determinado um coeficiente de rugosidade para tubo de concreto, uma vez que, o tubo era muito curto e muito liso para apresentar uma perda devido ao atrito considerável”.

**Uma das intenções das experiências foi de determinar as vantagens hidráulicas de usar tubos de concreto ao invés de tubos de metal corrugado, o relatório a seguir mostra os resultados mais significativos dos testes:**

“Através da comparação, percebeu-se que a capacidade do tubo de concreto com diâmetro de 1200 mm para galerias igualou-se ao tubo de metal corrugado de chapa estrutural com diâmetro de 1500 mm, para o mesmo comprimento. Ao final dos testes comprovou-se o melhor desempenho dos tubos de concreto em galerias”.

“Os testes mostraram, para as situações de cálculo, uma diferença considerável na melhor eficiência dos tubos de concreto em relação aos tubos de metal corrugado com chapa estrutural, especialmente quando submetido a grandes pressões, sendo a principal razão o baixo coeficiente de atrito dos tubos de concreto”.

**Testes em Tubos de Concreto**

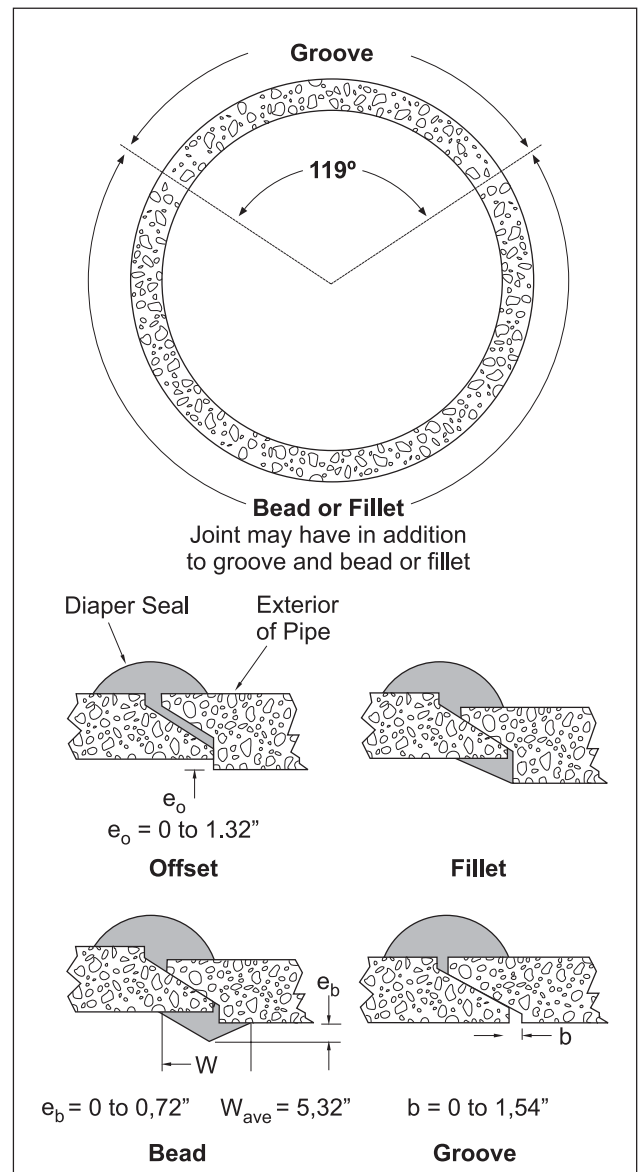
Além dos testes anteriores, os tubos de concreto foram submetidos a outros testes. Em junho de 1956, estudos experimentais em tubos de concreto com diâmetros de 600 e 900 mm foram iniciados no Departamento de Rodovias do Estado da Flórida para determinar a influência do acabamento interior e da irregularidade das juntas no coeficiente de atrito. O programa dos testes foi ampliado em maio de 1957 e administrado pelo Departamento de Rodovias do Estado da Flórida e pela Rodovia Pública de Bureal e os estudos foram realizados no Laboratório Hidráulico de St. Anthony Falls da Universidade de Minnesota. Os testes tornaram-se significantes por terem sido realizados simulando a situação de campo, que era considerada pelos calculistas como sendo uma falha dos outros estudos hidráulicos.

O Laboratório ensaiou uma linha de tubos com 900 mm de diâmetro e 73 m de comprimento e outra linha tubos com 600 mm de diâmetro e 58 m de comprimento, submetendo-as a dois tipos de testes:

1) As linhas de tubos foram instaladas nas condições normais de campo e simulando as irregularidades na junta ocorridas normalmente.

2) As linhas de tubos foram instaladas nas condições de extremo cuidado e com a preocupação de se eliminar interferências das juntas que poderiam afetar a vazão. O primeiro caso foi chamado de “Instalação Comum” e o segundo caso de “Boa Instalação”.

**Figura 1 - Cross section**



A figura 1 representa as interferências e as irregularidades observadas nas juntas em campo e a seção transversal do tubo, mostrando o comprimento médio da circunferência para essas irregularidades, podendo ser de três tipos:

- Deslocamento em função do desalinhamento ou variação no diâmetro do tubo;
- Aberturas formadas por distância entre as duas extremidades do tubo;



■ Saliências formadas por argamassa desempenada sobre a superfície interior da junta.

Os resultados foram publicados em dezembro de 1960 pelo laboratório hidráulico de St. Anthony Falls da Universidade de Minnesota no Artigo Técnico nº 22, série B, intitulado “Resistência à Vazão em Dois Tipos de Tubos de Concreto” escrita por Lorenz G. Straub, Charles E. Browsers e Meir Pilch. A comparação dos testes nas diferentes formas de instalação dos tubos (Instalação Comum e Boa Instalação) comprovou uma diferença no coeficiente de Manning da ordem de 1,9%. Os valores numéricos de Manning para tubos de seções de 600 e 900 mm para instalação comum, foram respectivamente 0,0111 e 0,0110 com os resultados escritos na especificação C 76 da ASTM: “As juntas deverão ser semelhante às especificadas em projeto e as extremidades dos tubos de concreto de seção circular bem conformadas de forma que quando os tubos são assentados eles formarão uma linha contínua de tubos com o interior liso e livre de significativas irregularidades na linha de fluxo”.

#### **Coeficiente de Rugosidade entre Concreto x PVC**

Em 1980, testes com tubos de concreto e tubos de plástico foram feitos pelo Laboratório Hidráulico T. Brench do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Alberta, “O Estudo do Coeficiente de Rugosidade de Manning entre Tubos de Concreto e de Plástico”, escrito por D.K, A W Peterson e N. Rajaratnam foi publicado em 1986. Foram avaliados tubos de concreto com diâmetros comerciais de 200, 250 e 375 mm e tubos de plásticos PVC de 200, 450 e 500 mm, com água limpa e alinhamento reto. Obteve-se um valor médio de 0,010 para o coeficiente de Manning em tubos de concreto e 0,009 para os tubos de PVC, apresentados na Tabela 5.

Para confirmar os testes de Alberta a Associação Norte Americana de Tubos de Concreto executou testes complementares junto com Laboratório de Pesquisa de Água de Utah, da Universidade de Utah na cidade de Logan, com tubos de concreto de seções de 200, 300 e 450 mm. Os resultados dos testes foram publicados no Relatório Hidráulico nº 157 por J. Paul Tuillis em outubro de 1986. O Laboratório estimou os valores de Manning para os tubos de concreto em 0,010 como apresentado na Tabela 6.

**Tabela 5**  
**Sumário do Resultado dos Testes**  
**Universidade de Alberta - 1986**

Tipo e Seção do Tubo	Nº de Testes	Valores de Manning		
		Máximo	Mínimo	Média
200 mm PVC	63	0,0115	0,0080	0,0088
250 mm PVC	60	0,0104	0,0077	0,0089
450 mm PVC	62	0,0096	0,0073	0,0091
<b>Grupo PVC</b>	<b>185</b>	<b>0,0115</b>	<b>0,0080</b>	<b>0,0088</b>
200 mm Concreto	58	0,0138	0,0092	0,0101
250 mm Concreto	61	0,0136	0,0087	0,0098
375 mm Concreto	60	0,0116	0,0076	0,0097
<b>Grupo Concreto</b>	<b>179</b>	<b>0,0138</b>	<b>0,0076</b>	<b>0,0099</b>

**Tabela 6**  
**Sumário do Resultado dos Testes**  
**Universidade de Utah - 1986**

Tipo e Seção do Tubo	Nº de Testes	Valores de Manning		
		Máximo	Mínimo	Média
200 mm Concreto	21	0,0100	0,0097	0,0098
250 mm Concreto	20	0,0102	0,0098	0,0100
450 mm Concreto	23	0,0103	0,0097	0,0100
<b>Grupo</b>	<b>64</b>	<b>0,0103</b>	<b>0,0097</b>	<b>0,0099</b>

#### **Testes no Tubo de Plástico**

Os testes foram realizados por Lawrence C. Neale e Robert E. Prince em 1962 no Laboratório de Alden no Instituto Politécnico de Worcestre, Massachusetts em tubos de plástico PVC com seções de 200 e 300 mm, ambos com seções parcial e plena, utilizando água limpa e tubos alinhados. Os resultados dos testes foram publicados em 1985 pela Universidade de Utah, titulado “Determinação do coeficiente de atrito nos Tubos de PVC espirais e nervurados” do prof.º R.W. Jeppson e o estudo de 1986 da Universidade de Alberta, já citado anteriormente.

Os resultados dos testes de laboratório indicaram o valor de Manning igual a 0,009 para o tubo de plástico PVC, valor esse recomendado para projeto pelos fornecedores desse tipo de tubo. O projeto conveniente para o tubo de plástico deve classificar o mesmo como sendo qualquer outro tipo de tubo de parede lisa, com os coeficientes de Manning expressos na Tabela 1.

## Tubos para Esgoto Sanitário e Drenagem Pluvial

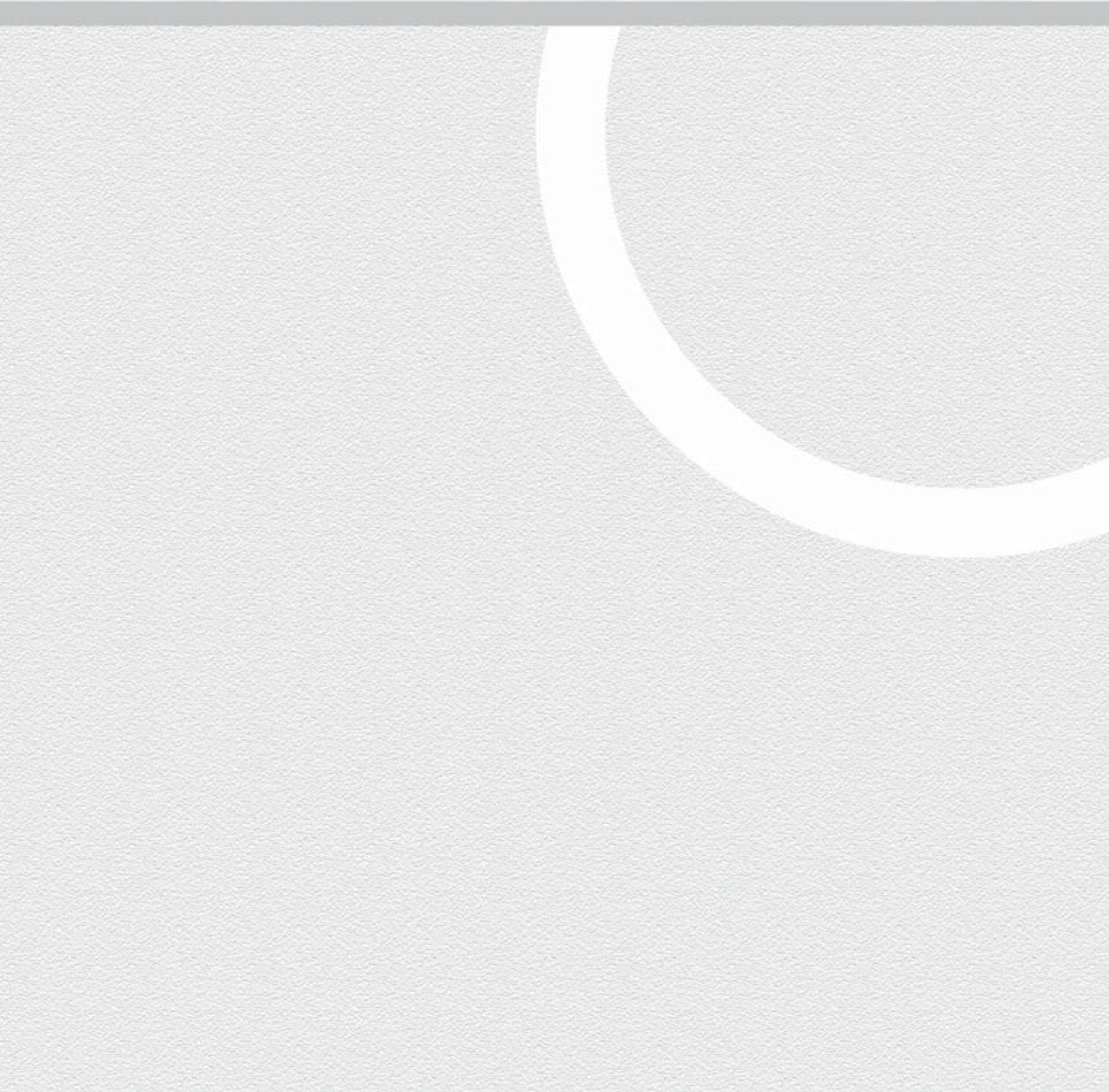
Lodo, gordura e graxa aderem a todos os materiais dos tubos comumente usados para esgotos. Plásticos, por mais que apresentem paredes lisas, servem como filtro biológico para o esgoto, onde permitem a aderência dos materiais inorgânicos aumentando o seu coeficiente de rugosidade. Em janeiro de 1978, o “Jornal Federativo de Controle da Poluição da Água” publicou o estudo “Acumulação do Lodo Transportado em Drenagem e o Seu Efeito na Resistência do Tubo” realizado no Centro de Pesquisa de Água da Inglaterra por C.E.G. Bland, R.W. Bayley e E.V. Thomas.

Uma linha de tubos de seção igual e constituído por tubos de materiais diferentes: argila bruta, cerâmica, cimento amianto, polivinil (PVC), fibra betumizada; recebeu esgoto doméstico e concluiu-se que o lodo acumulado nas paredes dos tubos era independente do tipo de material constituinte e da superfície (rugosidade) do tubo.

Lodo, gordura e graxa não são os únicos fatores a serem considerados na escolha do valor de Manning para o dimensionamento do tubo plástico. Outros fatores que também precisam ser levados em conta: dobras, aberturas, juntas, ligações, poços de visita, trincas devido à luz solar ou à forma de armazenagem e a pressão para a manutenção dos tubos.

O manual nº 60 de ASCE sobre juntas e o manual nº FD-5 de WPCF sobre projeto e construção de redes de esgoto por gravidade, faz a seguinte declaração sobre os materiais dos tubos e os seus respectivos coeficientes de rugosidade:

“Geralmente, o coeficiente de Manning para uma determinada rede de esgoto, depois de um certo tempo em operação, se aproximará a uma constante, que não é mais função do material do tubo, mas sim representada pelo atrito causado pela formação de limo nas paredes do tubo, onde ficará na ordem de 0,013. O coeficiente de atrito mais alto deve ser levado em conta na hora do dimensionamento do conduto a ser utilizado em esgotos, considerando as interferências dos efluentes. Por causa da natureza empírica de cada fórmula, o projeto conservador torna-se prudente”.







**ABTC**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA  
DOS FABRICANTES DE  
TUBOS DE CONCRETO

Av. Torres de Oliveira, 76a - CEP 05347-902 - São Paulo - SP

PABX: (11) 3763-3637 - Fax (11) 3760-5330

[www.abtc.com.br](http://www.abtc.com.br)