

# ESTUDO HIDRÁULICO DOS ORIFÍCIOS DOS FLOCULADORES DE BANDEJAS PERFURADAS SUPERPOSTAS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

VIANNA, Marcos Rocha<sup>1</sup>; CASTRO, Lucas Vassalle de<sup>2</sup>; RIBEIRO, Camila de Oliveira<sup>3</sup>; ALTAIR, Lara Silva<sup>4</sup>; FERREIRA, Juliana Ribeiro<sup>4</sup>.

Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade FUMEC, Belo Horizonte, MG

## RESUMO

Foram ensaiados orifícios afogados, com diâmetros variando entre 6 e 20mm em laboratório, com o objetivo de determinar seus coeficientes de descarga ao trabalharem com vazões correspondentes a números de Reynolds não superiores a 16000. Trata-se de diâmetros e condições aplicáveis a floculadores do tipo hidráulico, de bandejas perfuradas, utilizados em estações de tratamento de água pré-fabricadas, destinadas a tratar pequenas vazões. Concomitantemente, foram aferidos dados de uma estação de tratamento de água com capacidade nominal de 5,0 L/s situada na região metropolitana de Belo Horizonte – MG, para efeito de confrontamento de dados. Os resultados obtidos mostram que o valor 0,61 – normalmente adotado para o coeficiente de descarga de orifícios - não se aplica a essa faixa de diâmetros, quando operando nas condições ensaiadas.

## INTRODUÇÃO

Floculadores de bandejas perfuradas foram inicialmente utilizados pela COPASA em suas ETA's pré-fabricadas (VIANNA, 1984).

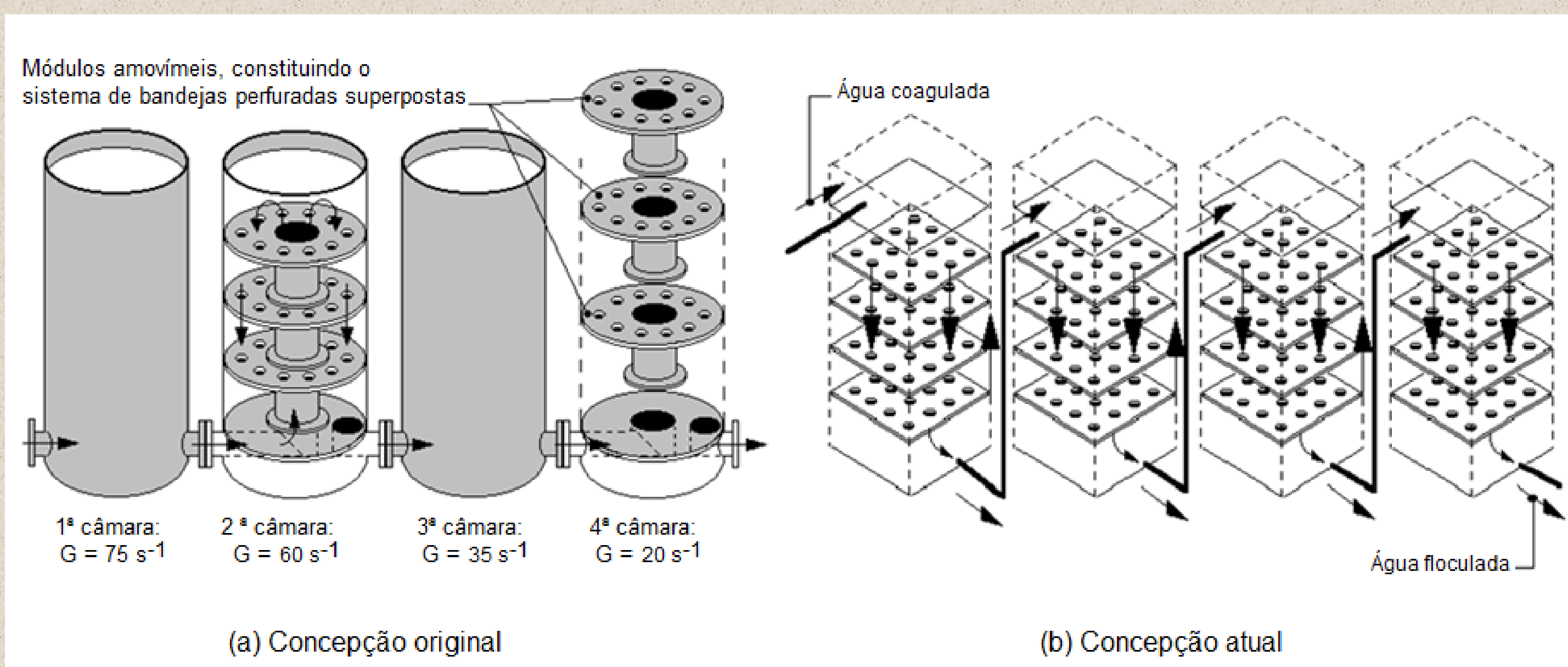


Figura 1 – Floculador de bandejas perfuradas: (a) concepção original e (b) concepção atual (VIANNA, 2009).

A verificação do desempenho hidráulico desses floculadores nunca foi realizada experimentalmente. Não se tem conhecimento sequer se os coeficientes de descarga adotados em seus projetos correspondem à realidade, apesar dos excelentes resultados práticos verificados.

A denominada lei dos orifícios é expressa pela fórmula (NETTO, 1998):

$$Q = C_d A (2gH)^{1/2}$$

Quanto ao  $C_d$  - coeficiente de descarga, o valor 0,61 tem sido o adotado para o cálculo das ETA's supracitadas. Entretanto, nos floculadores a água escoava através desses orifícios com baixas velocidades e, portanto, números de Reynolds inferiores aos ocorridos nas aplicações comuns.

## METODOLOGIA

O estudo em questão utilizava a montagem hidráulica e componentes representados na Figura 2-a. Nas Figuras 2-b e c apresenta-se os dados técnicos e a ETA utilizada para o confrontamento dos dados laboratoriais. Atualmente é utilizado o canal representado na Figura 2-d.



(a)- Dispositivo utilizado (c)- Unidade aferida (d)- Canal de ensaio

Figura 2 – Dispositivos utilizados nos ensaios .

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Mestre em Hidráulica e Saneamento, Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: mrvianna@fumec.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Ambiental. Mestrando em Engenharia Sanitária, Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMG., Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheira Ambiental. Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

<sup>4</sup> Graduanda em Engenharia Civil Pela Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram ensaiados os diâmetros 6, 8, 10, 12, 13, 15, 18 e 20 mm, por serem os mais comuns em floculadores de estações de tratamento de água de pequena vazão. Além destes orifícios, foram aferidos os coeficientes em uma estação de tratamento de água em São Sebastião das Águas Claras (Região metropolitana de Belo Horizonte). Observou-se de início que valor de 0,61 indicado pela literatura para o coeficiente de descarga não se aplicava aos resultados obtidos. Evidenciou-se dessa forma que ele não se aplica a situações em que as velocidades médias e o número de Reynolds são baixos.

Esses dados foram tabelados em função dos diâmetros ensaiados e dos números de Reynolds correspondentes. Buscou-se então ajustar, a esses valores, uma expressão do tipo  $C_d = a \cdot Re^b$ , através da ferramenta solver da planilha Excel®. Os resultados desse ajuste são apresentados nas figuras 3-a, 3-b, 3-c e 3-d que também mostram as tendências verificadas para os valores de  $C_d$  em função de Re para os diâmetros experimentados. Além disso, foram ensaiados 6 vazões diferentes para o diâmetro de 12,54 mm para confirmar os valores encontrados na montagem hidráulica e no canal, de acordo com a figura 3-e.

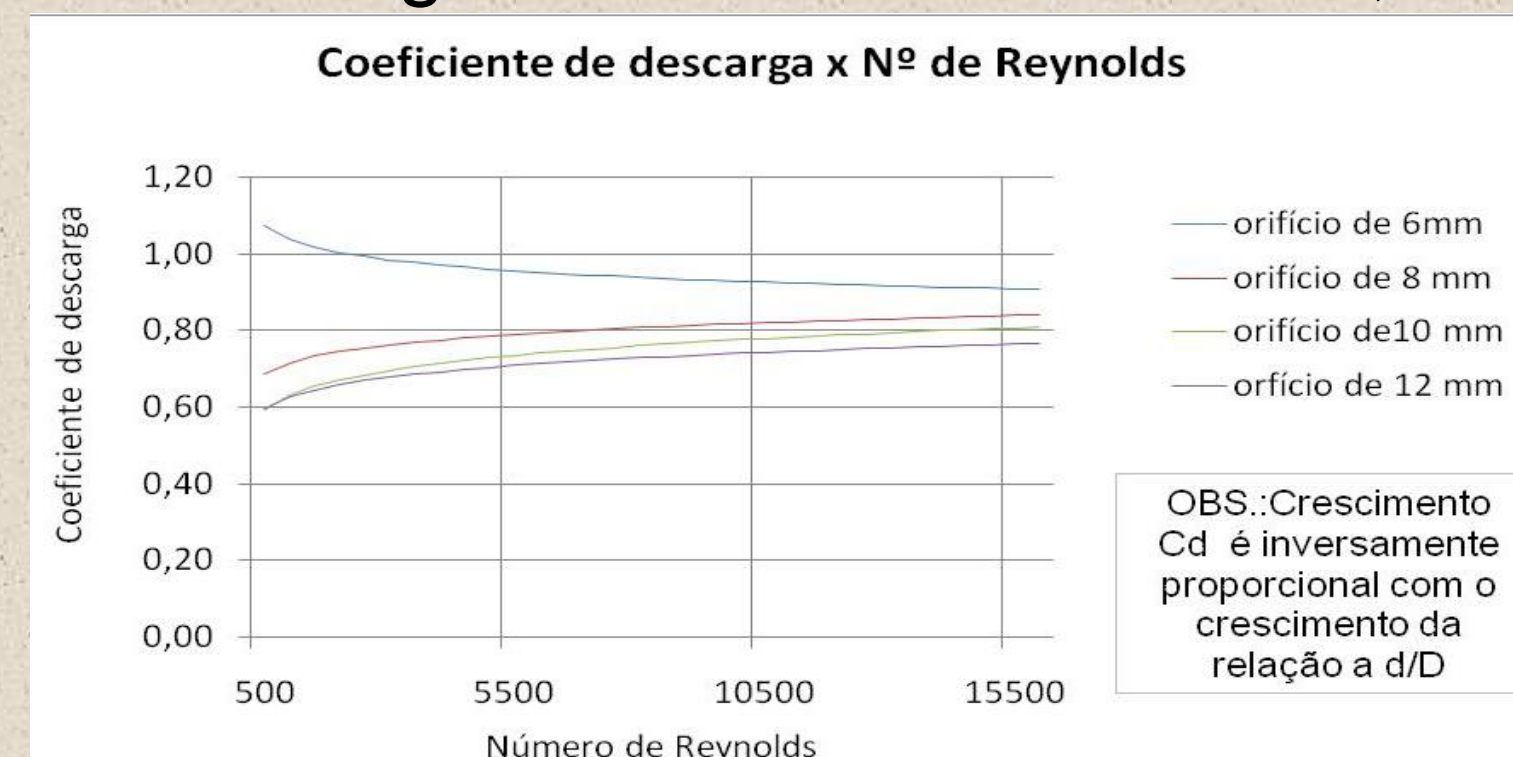


Figura 3-a – Tendência das curvas para os diâmetros estudados.

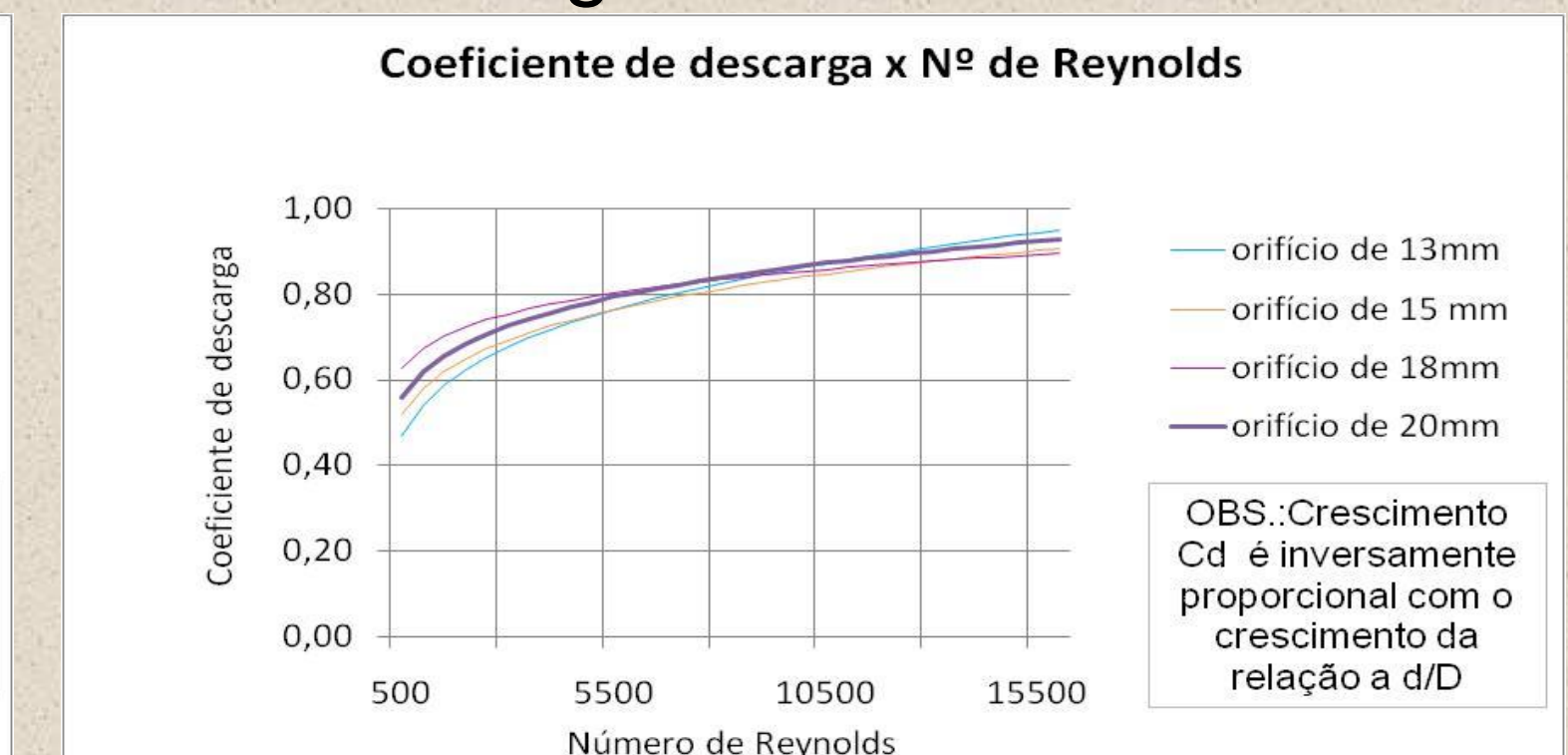


Figura 3-b – Tendência das curvas para os diâmetros estudados.

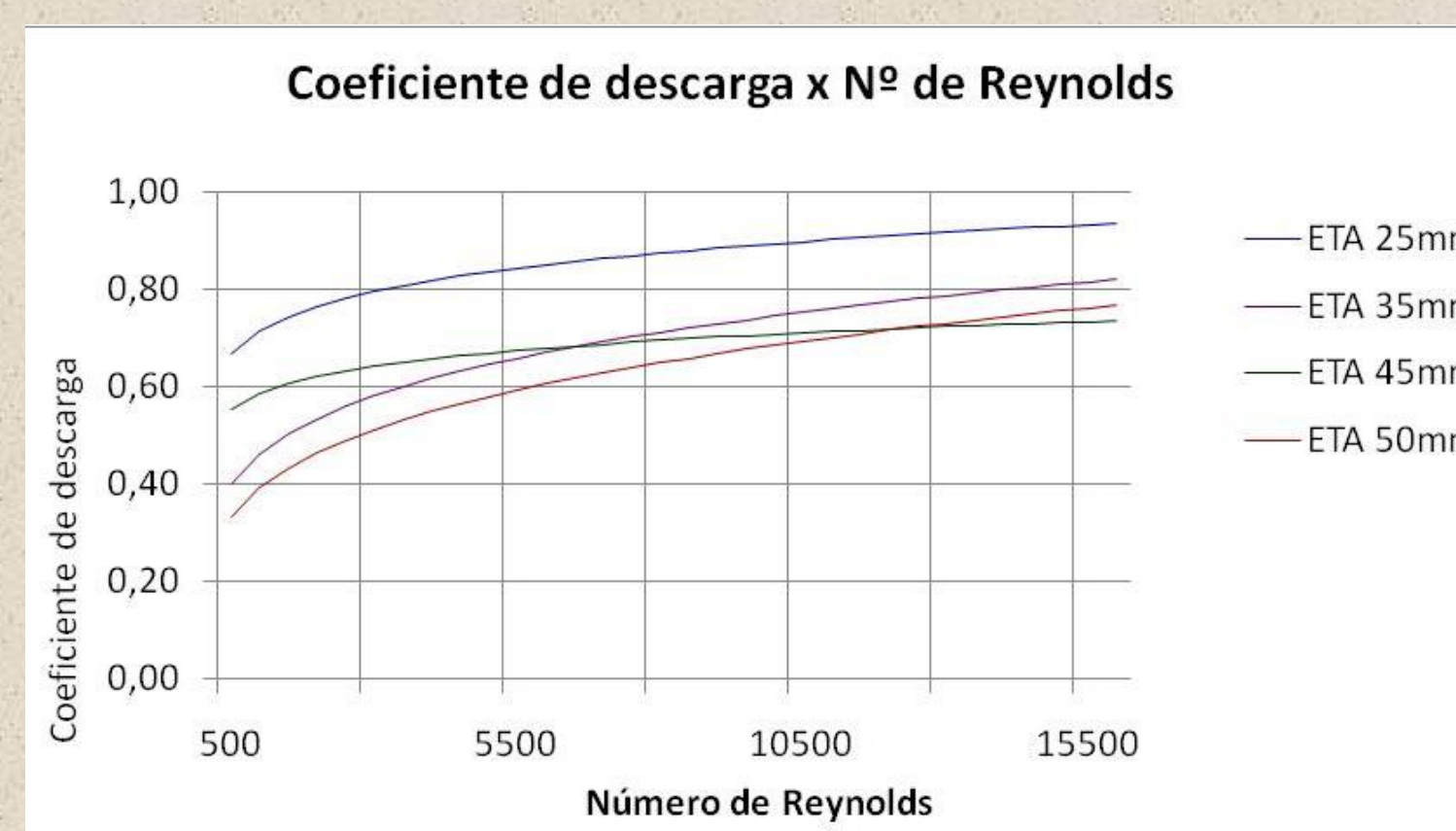


Figura 3-c – Tendência das curvas para ETA estudada.

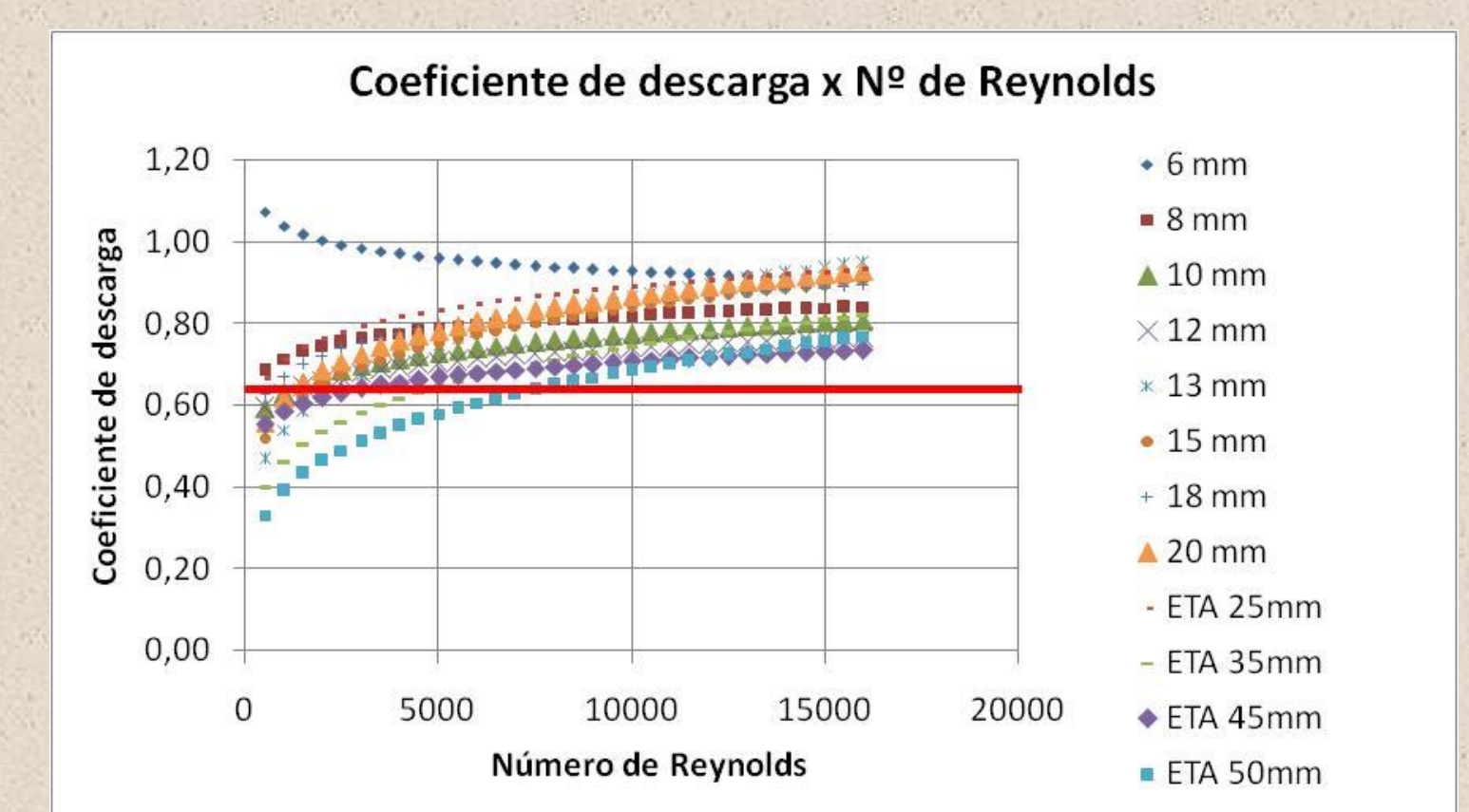


Figura 3-d – Confrontamento dos dados estudados com recomendação da literatura.

Determinação dos coeficientes de descarga de orifícios de parede delgada, de seção circular, afogados, escoando água com velocidades médias até 0,60 m/s											
Diâmetro	Nº	Tempo (s)	Tempo Médio (s)	Vazão Total (L/s)	Vazão por Orifício (L/s)	Reynolds	Velocidade (m/s)	Perda de Carga x10 (m)	Perda de Carga (m)	Coef. Descarga	
0,01254	1	160	159	159,5	0,062695925	0,015673981	0,126909272	1591,442265	0,018	0,0018	0,675661329
	2	109	111	110	0,090909091	0,022727273	0,184018444	2307,591285	0,058	0,0058	0,674281927
	3	409	406	407,5	0,024539877	0,006134969	0,04967369	622,9080769	0,0035	0,0035	0,59741868
	4	117	115	116	0,086206897	0,021551724	0,174500248	2188,233115	0,036	0,0036	0,656926473
	5	98	100	99	0,101010101	0,025252525	0,204464938	2563,990317	0,044	0,0044	0,696248817
	6	180	177	178,5	0,056022409	0,014005602	0,113400722	1422,04505	0,014	0,0014	0,684579303

Figura 3-e – Planilha de verificação.

## CONCLUSÕES

A utilização do valor 0,61 para  $C_d$  não é adequada para o dimensionamento de floculadores hidráulicos de bandejas perfuradas quando se destinam a unidades de pequena capacidade de tratamento. Seu valor varia muito, especialmente para pequenos orifícios com baixas velocidades médias e baixos números de Reynolds.

A utilização inadequada do valor de  $C_d$  acarreta não apenas a obtenção do valor incorreto para a perda de carga h, mas também o valor inapropriado do gradiente de velocidade G, do que poderá resultar a flocculação deficiente.

## RECOMENDAÇÕES

Este estudo ainda encontra-se em andamento no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade FUMEC, visando à determinação da variação de  $C_d$  para diâmetros maiores, utilizados em floculadores de ETA's de maior porte.

Recomenda-se estender o estudo visando determinar a influência de produtos químicos no coeficiente de descarga.