

Método Simplificado para Projeto de Rede Coletora de Esgotos Sanitários*

Engenheiro MAURÍCIO GOMBERG (**)

Engenheiro LUIZ CARLOS TORRES DE CASTRO (**)

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é o fruto das observações realizadas em inúmeros planos e projetos de sistema de esgotamento sanitário.

Trata-se do desenvolvimento de uma técnica destinada a permitir o projeto de redes de esgotos sanitários em zonas onde não há meios de avaliar com segurança as vazões finais de projeto.

Seu mérito, caso exista, consiste no fato de termos, dentro das limitações impostas pelos dados disponíveis, conseguido chegar a uma solução simples para o problema, que há muito preocupava os autores.

Ao apresentá-lo, não podemos deixar de agradecer à equipe da Divisão de Planejamento de Esgotos da CEDAE, em especial aos engenheiros Ciro Lacerda Correia Filho e João Batista Vasconcelos Torres e ao arquiteto José Luiz Ferreira de Mattos, pela colaboração prestada.

Os autores.

1 — INTRODUÇÃO

Uma das grandes dificuldades com que se defronta o projetista de redes coletoras de esgotos sanitários ou, de maneira mais geral, de sistemas de esgotos sanitários, é a estimativa das vazões máximas futuras, das bacias ou sub-bacias que abrangem a área de projeto.

O processo usual consiste em estabelecer, para as sub-bacias, densidades demográficas futuras e aplicar parâmetros, tais como: "per capita" de água, coeficientes de "peak" e taxa de retorno água—esgoto.

Alguns projetistas estabelecem um alcance para o projeto, estimando a população para esse alcance em função da taxa de crescimento obtida dos elementos do Censo, e aplicam, a seguir, os parâmetros indispensáveis à determinação da vazão máxima futura.

É fora de dúvida que as dificuldades para se estimar a população futura de uma bacia ou sub-bacia são enormes, pois os elementos censitários não permitem avaliá-la com certa confiança, porque raramente existe coincidência entre os limites das bacias e dos distritos censitários.

Dentre os métodos de avaliação de vazões futuras de uma bacia, destaca-se o do engenheiro Eugênio Silveira de Macedo. Entretanto, sua aplicação depende do conhecimento de planos diretores ou de ocupação do solo, que infelizmente nem sempre existem.

O processo que aqui se preconiza decorre da observação de dados oriundos de inúmeros planos e projetos, realizados pelo Departamento de Esgotos Sanitários — DES, Empresa de Saneamento da Guanabara — Esag, Companhia Estadual de Águas e Esgotos — CEDAE e firmas de consultoria especializadas em projetos de saneamento.

2 — OBSERVAÇÃO DE DADOS EXISTENTES

Realizou-se uma análise minuciosa dos elementos obtidos de levanta-

mentos locais (amostragens) e utilizados na elaboração de planos de esgotamento sanitário, para as cidades do Rio de Janeiro, Niterói e outras, possuidoras de códigos de obras, com definição de zoneamentos e gabaritos.

Essas amostragens indicaram que a relação $\frac{Q_f}{Q_i}$ entre as taxas de va-

zão máxima, na saturação urbanística e na época de início do projeto, foi no máximo 6,5 nas zonas longe daquela saturação, ao passo que nas mais próximas esse valor se aproximou de 1,0.

Os elementos levantados permitiram ainda construir um gráfico correlacionando o número médio de pavimentos no início do plano com $\frac{Q_f}{Q_i}$ (vazões máximas de saturação urbanística e de início do plano) — (Gráfico I).

Além disto, constatou-se que as redes, em cerca de 80% de suas extensões, foram projetadas com emprego de manilhas de barro vidrado, cujos diâmetros variavam de 150 mm a 300 mm.

3 — MÉTODO DE PROJETO

3.1 — Generalidades

Este método permite dimensionar os coletores secundários de uma rede de esgotos sanitários, garantindo as condições mínimas de autolimpeza e assegurando o atendimento às vazões máximas de saturação urbanística, conhecendo-se, da área de projeto no início do plano, as respectivas vazões máximas e o número médio de pavimentos.

(*) Trabalho apresentado ao 9.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte, julho de 1977.

(**) Engenheiros da CEDAE — Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro.

As condições mínimas de autolimpeza são as estabelecidas pela Norma para Elaboração de Projetos de Redes de Esgotos Sanitários da ABNT, apresentada no VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, enquanto as vazões de saturação são aquelas capazes de ocorrer quando a área estiver totalmente ocupada por prédios, com o número máximo de pavimentos permitido pelo Código de Obras local.

Considerando-se a durabilidade do material empregado na rede coletora de esgotos sanitários, o método também objetiva o máximo aproveitamento da vida útil do material e de sua capacidade de escoamento.

O dimensionamento dos coletores-tronco é feito de acordo com o que prescrevem as normas da ABNT, levando-se em consideração as vazões máximas, iniciais e finais, cuja relação é conhecida a partir do número médio de pavimentos no início do plano.

3.2 — Capacidade de escoamento das tubulações circulares

Tendo em vista que numa mesma tubulação devem escoar as vazões máximas, de início e fim de projeto, e considerando que essas vazões propiciem enchimentos de 20% e 75% respectivamente, ter-se-á:

$$Q_i = A_{20\%} \times V_i$$

$$Q_f = A_{75\%} \times V_f$$

sendo

$$V_i = M_n^{-3/4} \left| \frac{3/8}{Q_i} \right|^{1/4} \quad (\text{fórmula de Macedo})$$

$$V_f = M_n^{-3/4} \left| \frac{3/8}{Q_f} \right|^{1/4}$$

Com o auxílio do Gráfico II, construído a partir de elementos geométricos, obtém-se:

$$A_{20\%} = 0,447 R^2$$

$$A_{75\%} = 2,528 R^2$$

logo:

Fazendo-se a relação Q_f/Q_i e simplificando, obtém-se:

$$\frac{Q_f}{Q_i} = 10,0 \quad \text{ou} \quad Q_f = 10,0 \times Q_i$$

Isto permite dizer que:

— Uma tubulação circular, nas condições acima referidas e sem estar em carga, tem capacidade de escoar, por gravidade, no máximo,

uma vazão correspondente a 10 vezes o valor da vazão inicial.

— Considerando-se o que foi descrito no item 2, verifica-se que, na prática, esse valor raramente ultrapassa 6,5, e ocorre quando a lâmina de água, para a vazão máxima de início do plano, atinge valor próximo a 25%, como se pode demonstrar utilizando-se o Gráfico II:

$$\frac{Q_f^{3/4}}{Q_i^{3/4}} = \frac{K_{75\%}}{K_{x\%}} \therefore 6,5^{3/4} = \frac{2,528}{K_{x\%}}$$

$$K_{x\%} = \frac{2,528}{4,071} \therefore K_{x\%} = 0,621$$

que ocorre para $h/do = 25\%$.

— Pode-se correlacionar, ainda, $\frac{h}{do}$ %, correspondente à vazão máxima inicial, com $\frac{Q_f}{Q_i}$, considerando-se para Q_f , uma lâmina máxima de 75% (Gráfico III).

— A correspondência entre o número médio de pavimentos e $\frac{Q_f}{Q_i}$ (Gráfico I), e entre esta e a porcentagem de lâmina de água (Gráfico III), permite relacionar o número médio de pavimentos com as lâminas máximas de projeto (h/do)%, para as vazões de início do plano (Gráfico IV).

3.3 — Aplicação do método

Na sua utilização deve-se adotar o seguinte procedimento:

a) Fazer amostragens locais nas bacias que abrangem a área de projeto, calculando, por média ponderada, o número médio de pavimentos.

b) Com auxílio do Gráfico IV, determinar (h/do)% correspondente ao valor encontrado no item a.

c) No dimensionamento dos coletores secundários, adotar a lâmina determinada no item anterior, como limite máximo de enchimento para as vazões máximas de início do plano.

d) Dimensionar os coletores-tronco, de acordo com o que é prescrito na norma da ABNT, levando-se em consideração as vazões máximas iniciais e finais, cuja relação (Q_f/Q_i) é obtida do Gráfico I, a partir do número médio de pavimentos na época de início do plano.

3.4 — Exemplo prático

Suponha-se que se pretenda projetar a rede de coletores secundários, no sistema separador, para a sub-bacia A.

Nesta sub-bacia foram realizadas as amostragens I, II e III que caracterizam as ocupações atuais, com a seguinte incidência de prédios, por número de pavimentos:

Amostragens	Número de pavimentos							
	1	2	3	4	6	8	10	12
I	28	12		3				
II	7			6			1	
III	10	5		12			2	1

A média ponderada do número de pavimentos por amostra será:

Amostra I:

$$\frac{28 \times 1 + 12 \times 2 + 3 \times 4}{28 + 12 + 3} = 1,49$$

Amostra II:

$$\frac{7 \times 1 + 6 \times 4 + 1 \times 10}{2 + 6 + 1} = 2,93$$

Amostra III:

$$\frac{10 \times 1 + 5 \times 2 + 12 \times 4 + 2 \times 10 + 1 \times 12}{10 + 5 + 12 + 2 + 1} = 3,33$$

Pelo Gráfico IV, verifica-se que as zonas de influência de cada amostragem deverão ter seus coletores secundários dimensionados com as seguintes lâminas de água, máximas:

Zona da Amostra I: (h/do)% 30%

Zona da Amostra II: (h/do)% 42%

Zona da Amostra III: (h/do)% 45%, ficando assegurado o atendimento à saturação urbanística de cada zona da sub-bacia.

O coletor-tronco da sub-bacia será dimensionado como prescreve a norma da ABNT, considerando-se as vazões máximas finais de cada zona, obtidas como se segue:

Na Zona da Amostra I:

$$\frac{Q_f}{Q_i} = 4,6 \therefore Q_f = 4,6 Q_i$$

Na Zona da Amostra II:

$$\frac{Q_f}{Q_i} = 2,7 \therefore Q_f = 2,7 Q_i$$

Na Zona da Amostra III:

$$\frac{Q_f}{Q_i} = 2,4 \therefore Q_f = 2,4 Q_i$$

QUADRO I
VALORES DE Pf/Pi

t (ano)	1%																	
	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095	0,100	
10	1,22	1,28	1,34	1,41	1,48	1,55	1,63	1,71	1,79	1,88	1,97	2,06	2,16	2,26	2,37	2,48	2,59	
15	1,35	1,45	1,56	1,68	1,80	1,93	2,08	2,23	2,40	2,57	2,76	2,96	3,17	3,40	3,64	3,90	4,18	
20	1,49	1,64	1,81	1,99	2,19	2,41	2,65	2,92	3,21	3,52	3,87	4,29	4,66	5,11	5,60	6,14	6,73	
25	1,64	1,85	2,09	2,36	2,66	3,00	3,39	3,81	4,29	4,83	5,43	6,10	6,85	7,69	8,62	9,67	10,83	
30	1,81	2,10	2,43	2,80	3,24	3,74	4,32	4,98	5,74	6,61	7,61	8,75	10,06	11,56	13,26	15,22		
35	2,00	2,37	2,81	3,33	3,95	4,67	5,52	6,51	7,69	9,06	10,68	12,57						
40	2,21	2,69	3,26	3,96	4,80	5,82	7,04	8,51	10,28	12,42								
45	2,44	3,04	3,78	4,70	5,84	7,25	8,98	11,13										
50	2,69	3,44	4,38	5,58	7,11	9,03	11,47											
55	2,97	3,89	5,08	6,63	8,65	11,26												
60	3,28	4,40	5,89	7,88	10,52													
65	3,62	4,98	6,83	9,36														
70	4,00	5,63	7,91	11,11														
75	4,42	6,37	9,18															
80	4,88	7,21	10,64															

4 — ALCANCE DO PROJETO

4.1 — Generalidades

Para efeito de projeto da rede coletora, o método explicado no item anterior é suficiente. Entretanto, para o dimensionamento de algumas unidades do sistema, bem como para o estudo econômico-financeiro e de viabilidade, é necessário o conhecimento não só das populações atendidas ao longo do período de projeto, como o de suas correspondentes vazões.

Para se estimar a população ao longo do período de projeto será adotado, nesta exposição, o processo de crescimento geométrico, se bem que em algumas cidades outros métodos de estimativa populacional sejam mais indicados. Entretanto, também para eles a linha de raciocínio aqui empregada poderá ser utilizada.

4.2 — Alcance do projeto

Aplicando-se taxas de crescimento (i) usuais, variando de 2% a 10% ao ano, à expressão $\frac{Pf}{Pi} = (1 + i)^t$, sendo Pf a população final e Pi a população inicial, é possível determinar os seguintes valores para Pf/Pi (Quadro I).

Considerando-se ainda que as vazões de projeto dependem dos "per

capitas" de abastecimento de água e que estes variam da época de implantação do sistema até seu máximo alcance, segundo os valores do Quadro II.

QUADRO II		
"Per capita" inicial (Ci)	"Per capita" final (Cf)	Cf/Ci
150	150	1,00
150	200	1,33
150	300	2,00
150	400	2,66
200	350	1,75
250	400	1,60

Podem-se calcular as vazões máximas de esgotos de início e fim do plano pelas expressões:

$Qi = K \times Ci \times Pi \times K1 \times K2$ e
 $Qf = K \times Cf \times Pf \times K1 \times K2$ onde
 K = coeficiente de retorno água-esgoto

K1, K2 = coeficiente de dia e hora de maior consumo, respectivamente, tem-se:

$$\frac{Qf}{Qi} = \frac{Cf}{Ci} \times \frac{Pf}{Pi} \therefore \frac{Pf}{Pi} = \frac{Qf/Qi}{Cf/Ci}$$

O Ábaco 1 permite estabelecer o alcance do projeto, conhecendo-se a taxa de crescimento populacional e a relação entre os "per capita" inicial e final.

Exemplo prático n.º 1.
 Na bacia A foi feita uma amostragem que indicou um pavimento médio de 2,5. Considerando que a ci-

dade onde se situa a bacia cresce pelo processo geométrico com uma taxa de 3,5% ao ano e que não haverá aumento do "per capita" de água fornecido, ter-se-á:

1) do Gráfico I obtém-se $\frac{Qf}{Qi} = 3,1$;

2) do Gráfico III verifica-se que os coletores secundários devem ser dimensionados de modo que a lâmina máxima para as vazões atuais não ultrapasse 31% do diâmetro;

3) do Ábaco n.º 1, entrando em $\frac{Qf/Qi}{Cf/Ci} = 3,1$ e taxa de crescimento (i) de 3,5%, verifica-se que o alcance do projeto é de 33 anos.

Exemplo prático n.º 2.
 Se a mesma bacia tiver um pavimento médio de 1,4, taxa de crescimento de 3,5% a.a. e o "per capita" dobrar ao longo do período de projeto, ter-se-á:

1) do Gráfico I obtém-se $\frac{Qf}{Qi} = 5,0$;

2) do Gráfico III verifica-se que a lâmina máxima para as vazões atuais não deve ultrapassar 28% do diâmetro;

3) do Ábaco n.º 1, entrando-se com $\frac{Qf/Qi}{Cf/Ci} = 2,5$ e taxa de crescimento igual a 3,5%, verifica-se que o alcance do projeto é de cerca de 27 anos.

GRÁFICO I

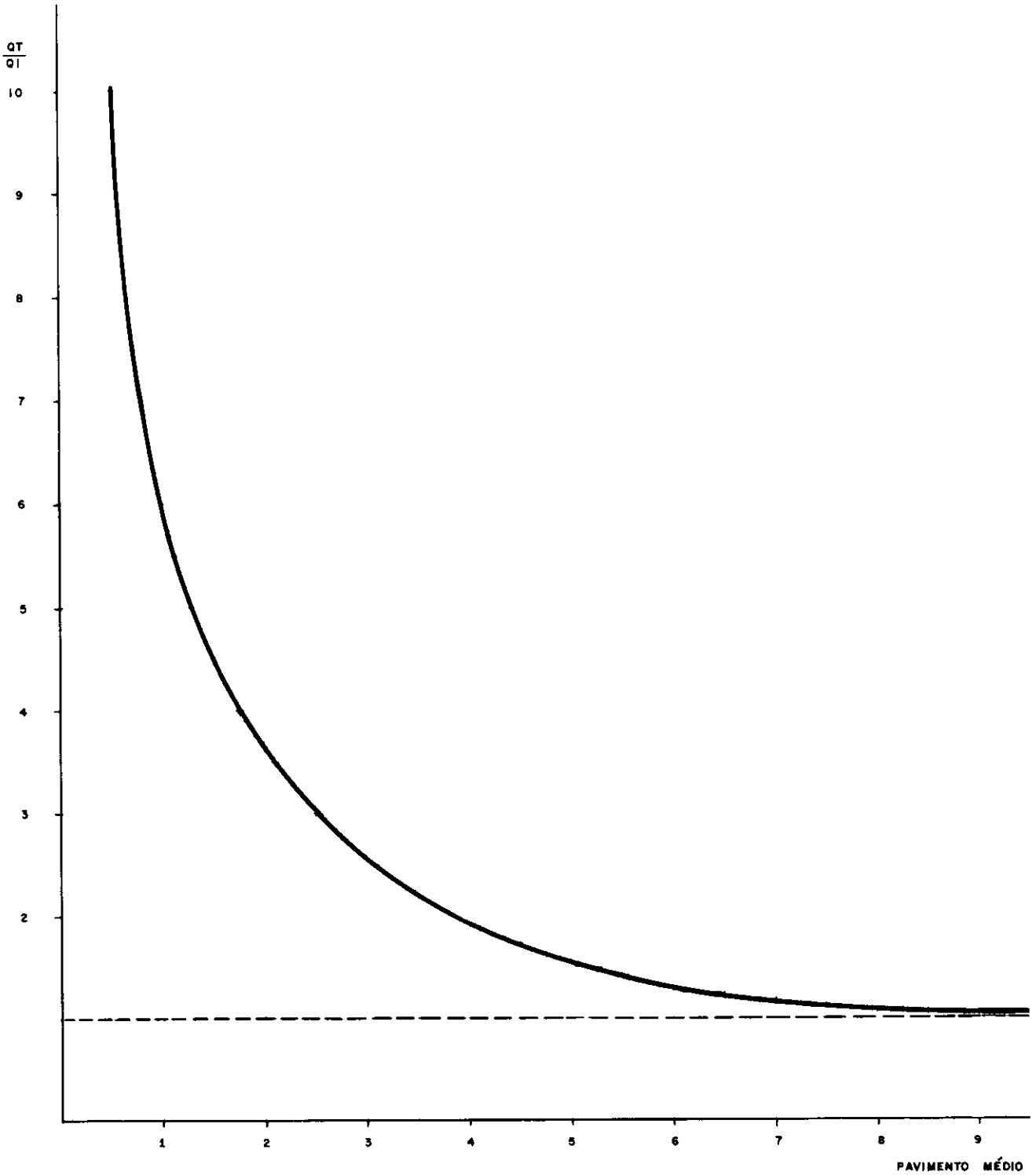


GRAFICO II

GRÁFICO PARA DETERMINAÇÃO DA ÁREA MOLHADA
 NAS TUBULAÇÕES CIRCULARES EM FUNÇÃO DO RAIO
 E DA ALTURA DA LÂMINA D'AGUA
 $A = KR^2$

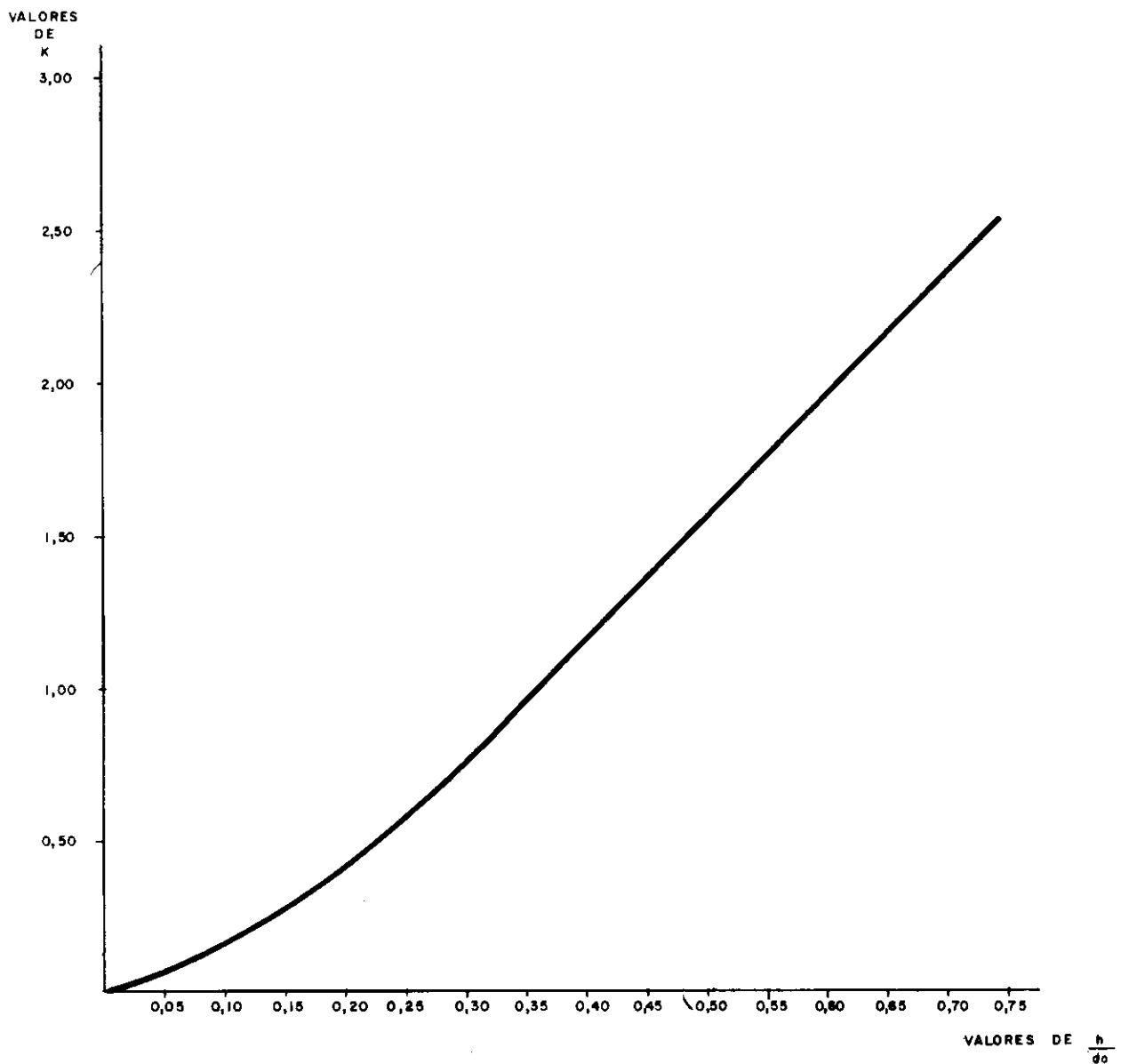


GRÁFICO III

