

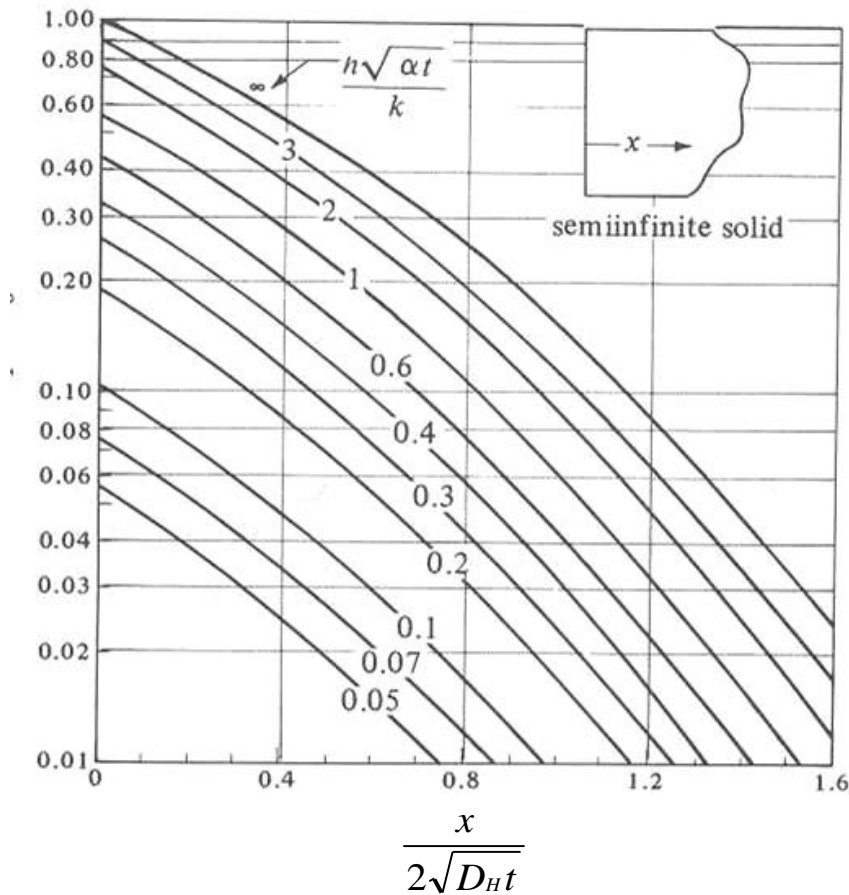
## CASO A – CONDUÇÃO EM ESTADO NÃO ESTACIONÁRIO NUM SÓLIDO SEMI-INFINITO

Temperatura adimensional:  $\theta = \frac{T - T_0}{T_a - T_0}$

(T: temperatura do sólido no instante t)

x: distância da superfície do sólido no instante t à temperatura T

$$\frac{T - T_0}{T_a - T_0}$$



difusividade térmica do sólido

$$D_H = \frac{k}{\rho C_p}$$

## CASO B – SÓLIDO SUBMERSO NUM MEIO COM RESISTÊNCIA TÉRMICA DESPRESÁVEL (relativamente à do sólido)

### B.1. Determinação da temperatura no centro do sólido

$$(T=T_m)$$

Variáveis:

$$\theta = \frac{T_a - T}{T_a - T_0}$$

( $T_0$ : temperatura uniforme do sólido no instante inicial)

( $T_a$ : temperatura ambiente constante)

( $T$ : temperatura no centro do sólido no instante  $t$ )

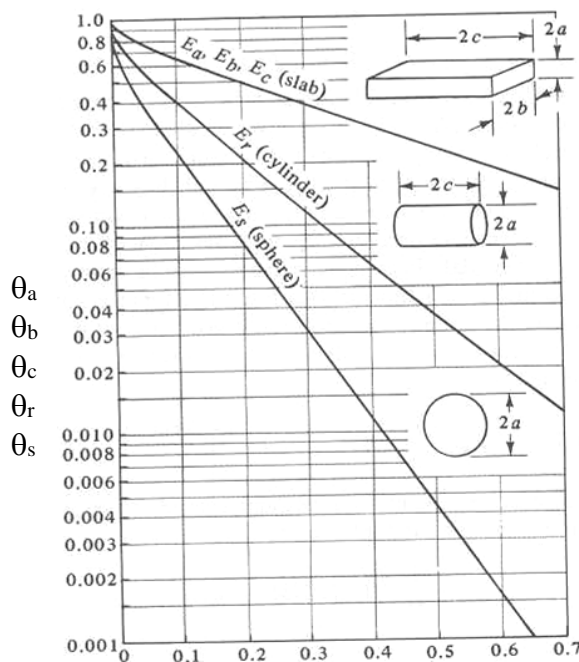
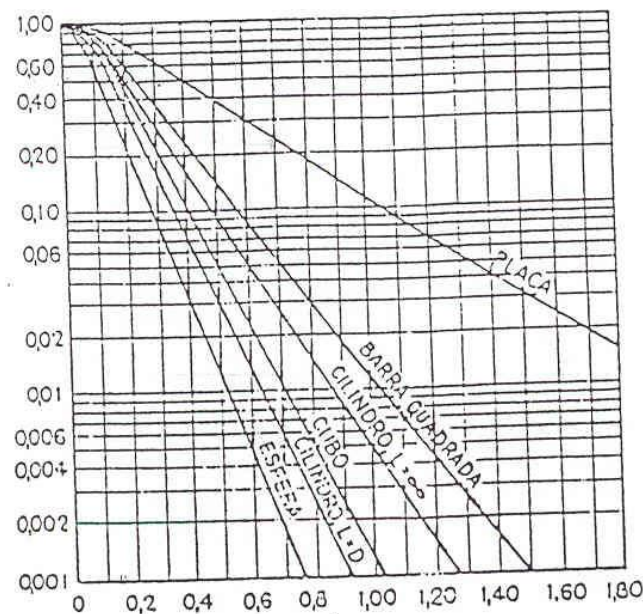
$x_1$ : distância do centro do sólido à superfície (metade da espessura do sólido)

$$\tau = \frac{D_H t}{x_1^2}$$

Número de Fourier

$$D_H = \frac{k}{\rho C p} : \text{difusividade térmica do sólido}$$

$$\frac{T_a - T}{T_a - T_0}$$



$$\frac{D_H t}{x_1^2}$$

$$\frac{D_H t}{a^2}, \frac{D_H t}{b^2}, \frac{D_H t}{c^2}$$

## CASO C – CONDUÇÃO EM ESTADO NÃO ESTACIONÁRIO EM SÓLIDOS

### Variáveis:

Temperatura adimensional:  $\Theta = \frac{T_a - T}{T_a - T_0}$

( $T_a$ : temperatura ambiente)

( $T$ : temperatura do sólido à distância  $x$  da superfície, no instante  $t$ )

( $T_0$ : temperatura uniforme do sólido no instante inicial)

Distância adimensional:  $n = \frac{x}{x_1}$

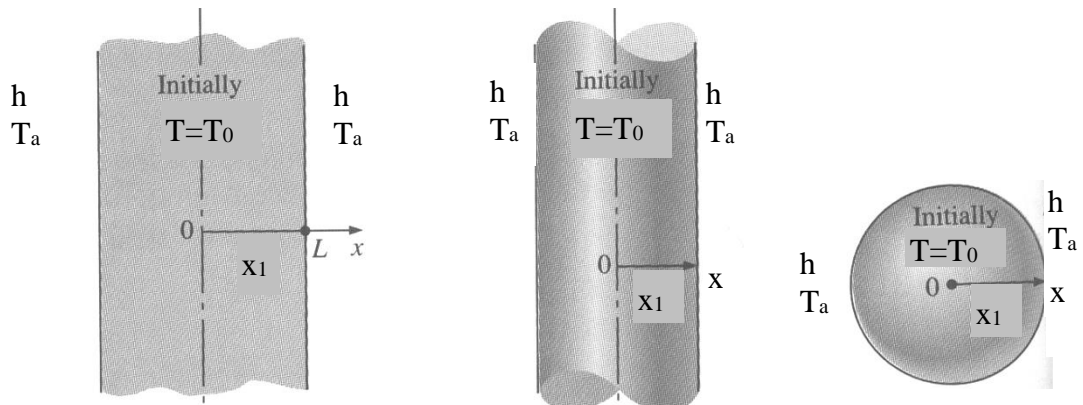
( $x$ : distância do interior do sólido até à superfície)

( $x_1$ : distância do centro do sólido à superfície - metade da espessura do sólido)

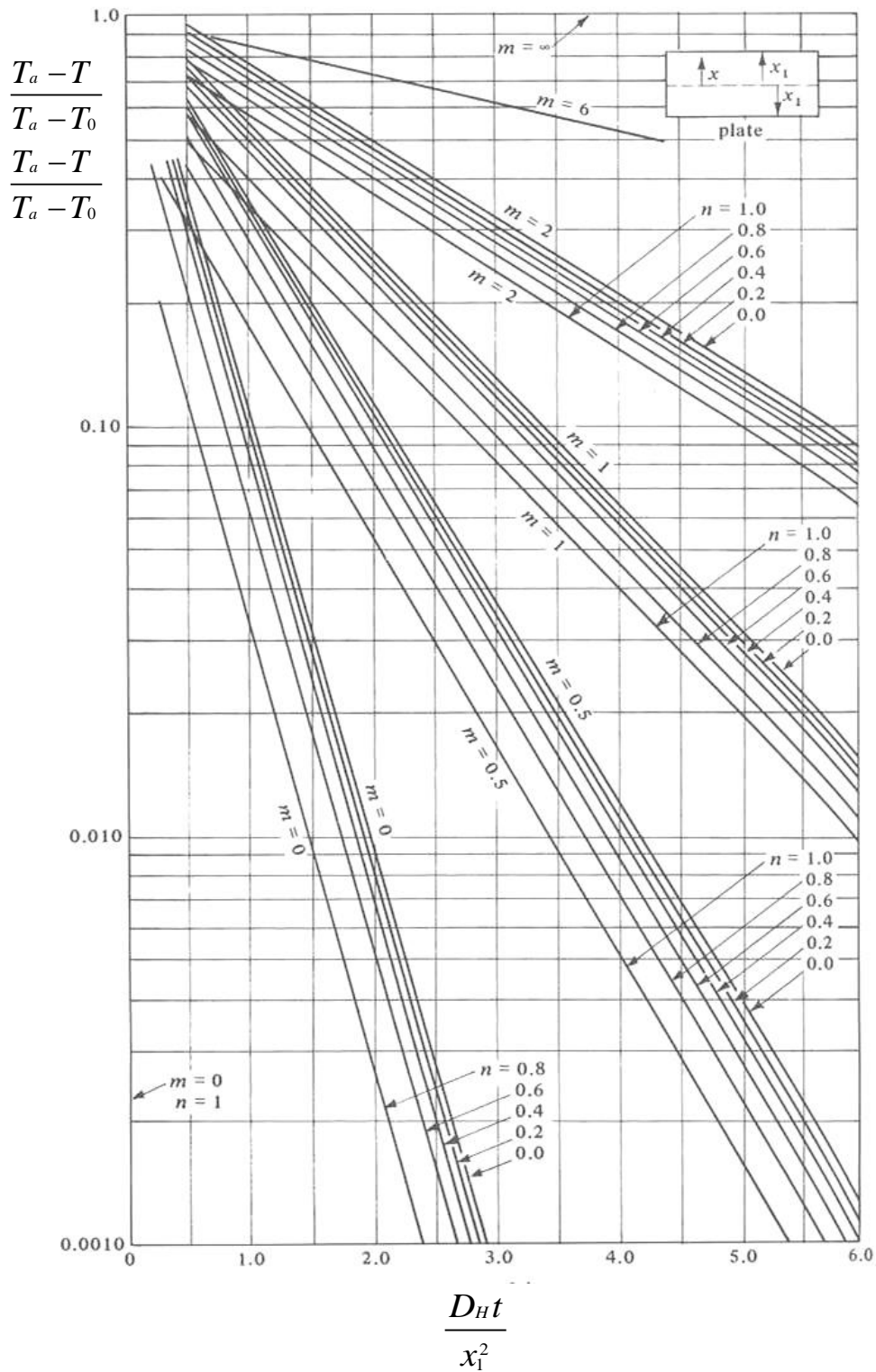
Coefficiente adimensional de transferência de calor:  $Bi = \frac{hx_1}{k}$

tempo adimensional:  $\tau = \frac{D_H t}{x_1^2}$       Número de Fourier

$D_H = \frac{k}{\rho C p}$  : difusividade térmica do sólido



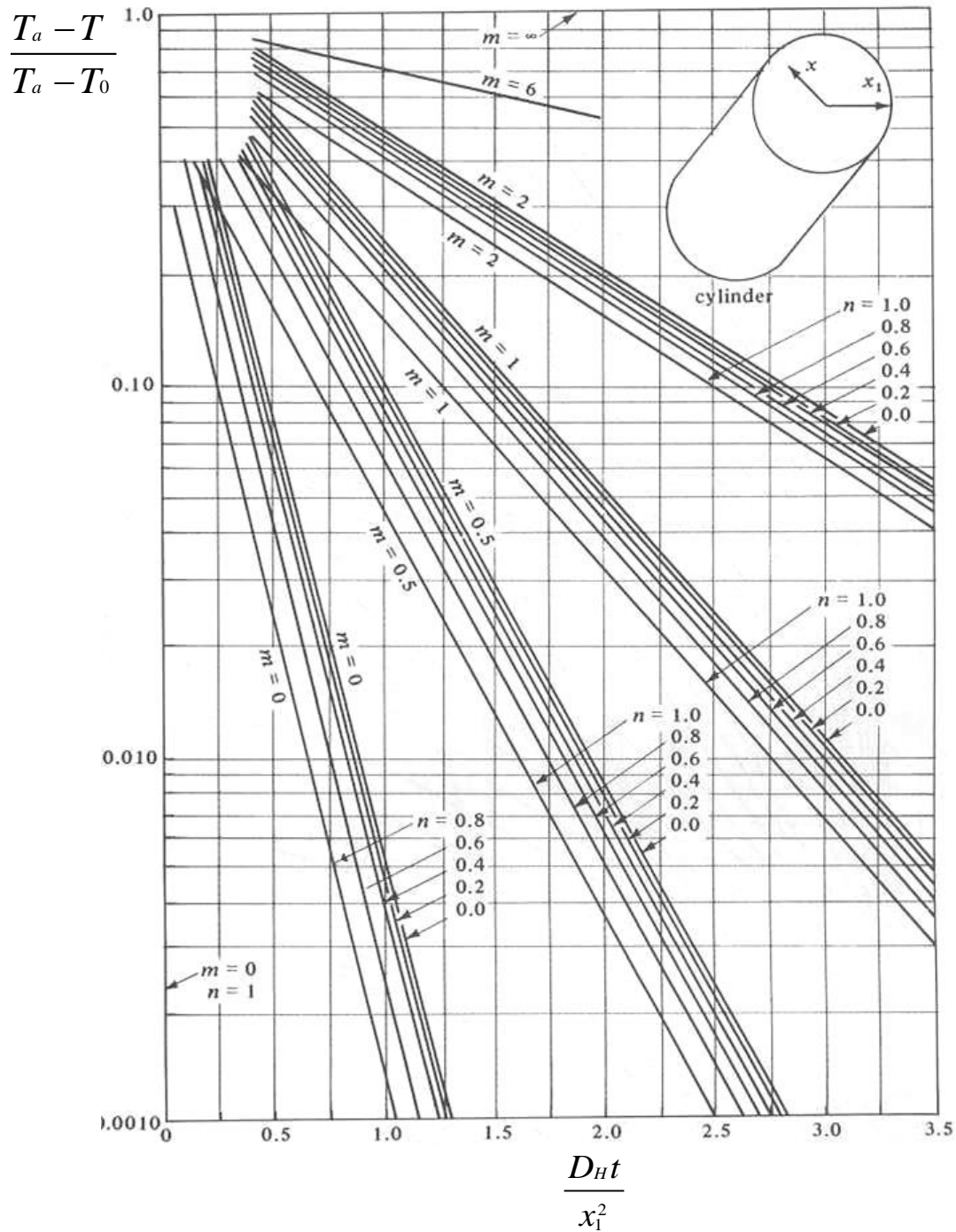
# CASO C1 – CONDUÇÃO EM ESTADO NÃO ESTACIONÁRIO NUMA PLACA PLANA



$$m = Bi^{-1} = \frac{k}{hx_1}$$

Condução em estado não estacionário através de uma placa plana.  
(Gurney and Lurie (1923) Ind. Eng. Chem., 15, 1170)

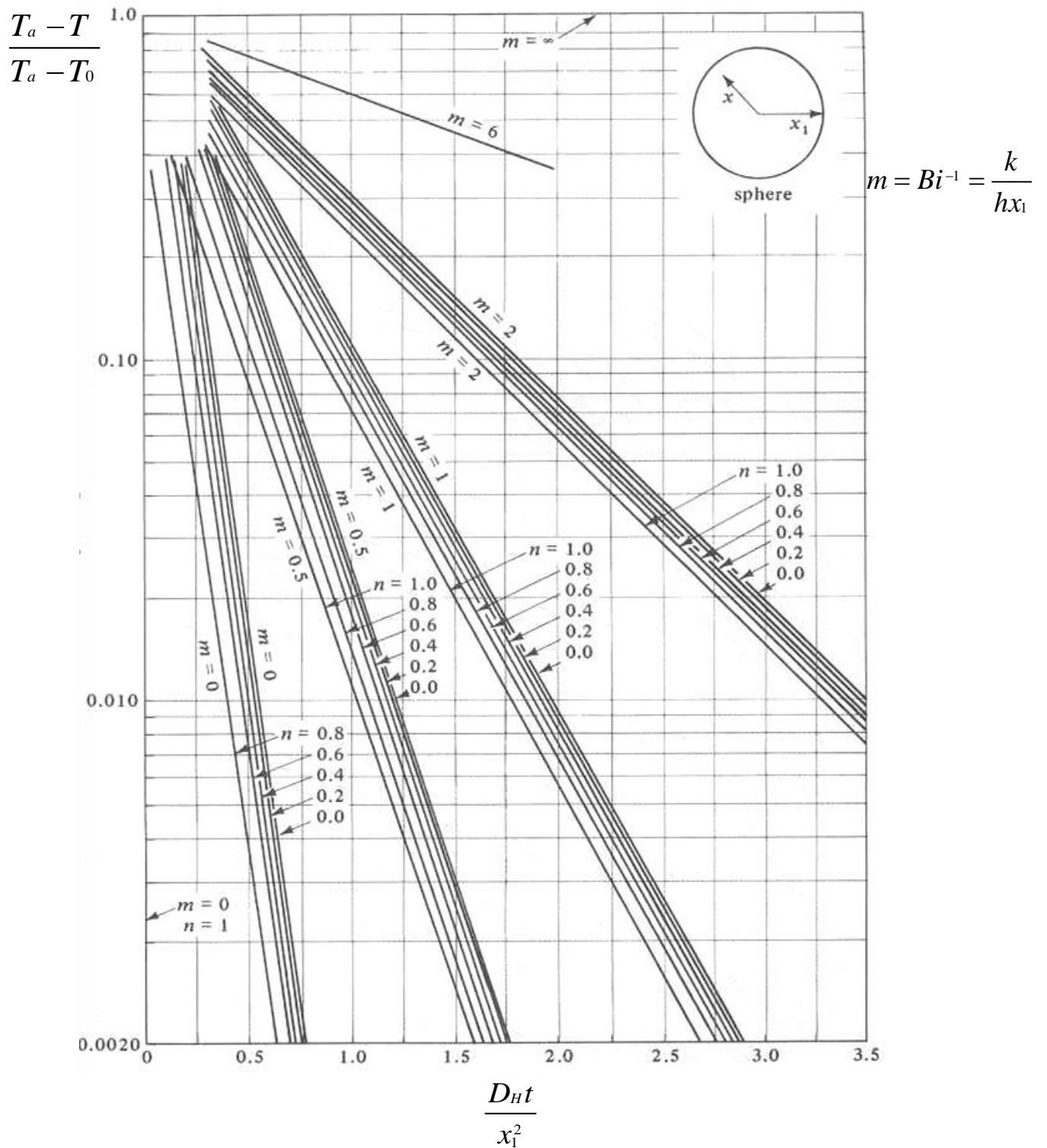
**CASO C2 –CONDUÇÃO EM ESTADO NÃO ESTACIONÁRIO NUM CILINDRO  
(condução unidimensional dá-se unicamente na direção radial; r)**



$$m = Bi^{-1} = \frac{k}{hx_1}$$

Condução em estado não estacionário através de um cilindro semi-infinito (Gurney and Lurie (1923) Ind. Eng. Chem., 15, 1170)

# CASO C3 –CONDUÇÃO EM ESTADO NÃO ESTACIONÁRIO NUMA ESFERA



Condução em estado não estacionário através de uma esfera (Gurney and Lurie (1923) Ind. Eng. Chem., 15, 1170)

CASO C1 – CONDUÇÃO EM ESTADO NÃO ESTACIONÁRIO NUMA PLACA PLANA temperatura no centro da placa

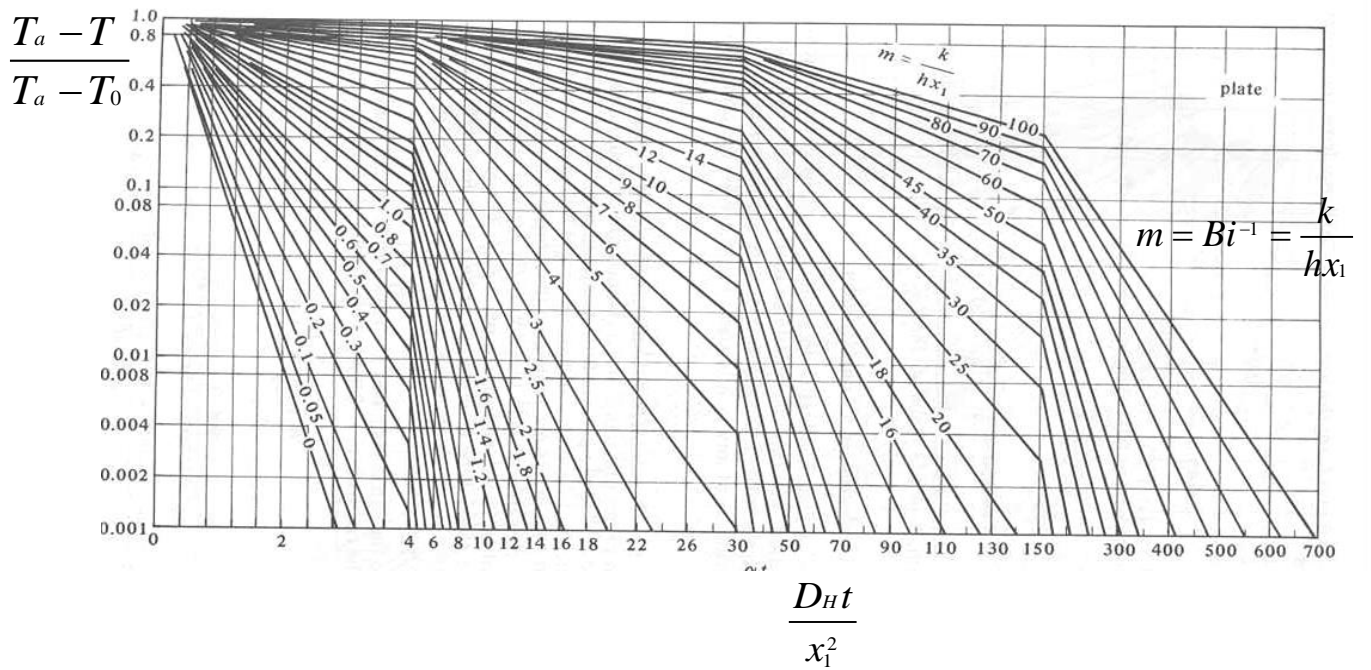


Gráfico para a determinação da temperatura no centro de uma placa plana para condução em estado não estacionário (Heisler, H.P. (1947) Trans. A.S.M.E., 69, 227)

CASO C2 – CONDUÇÃO EM ESTADO NÃO ESTACIONÁRIO NUM CILINDRO (temperatura no centro do cilindro)

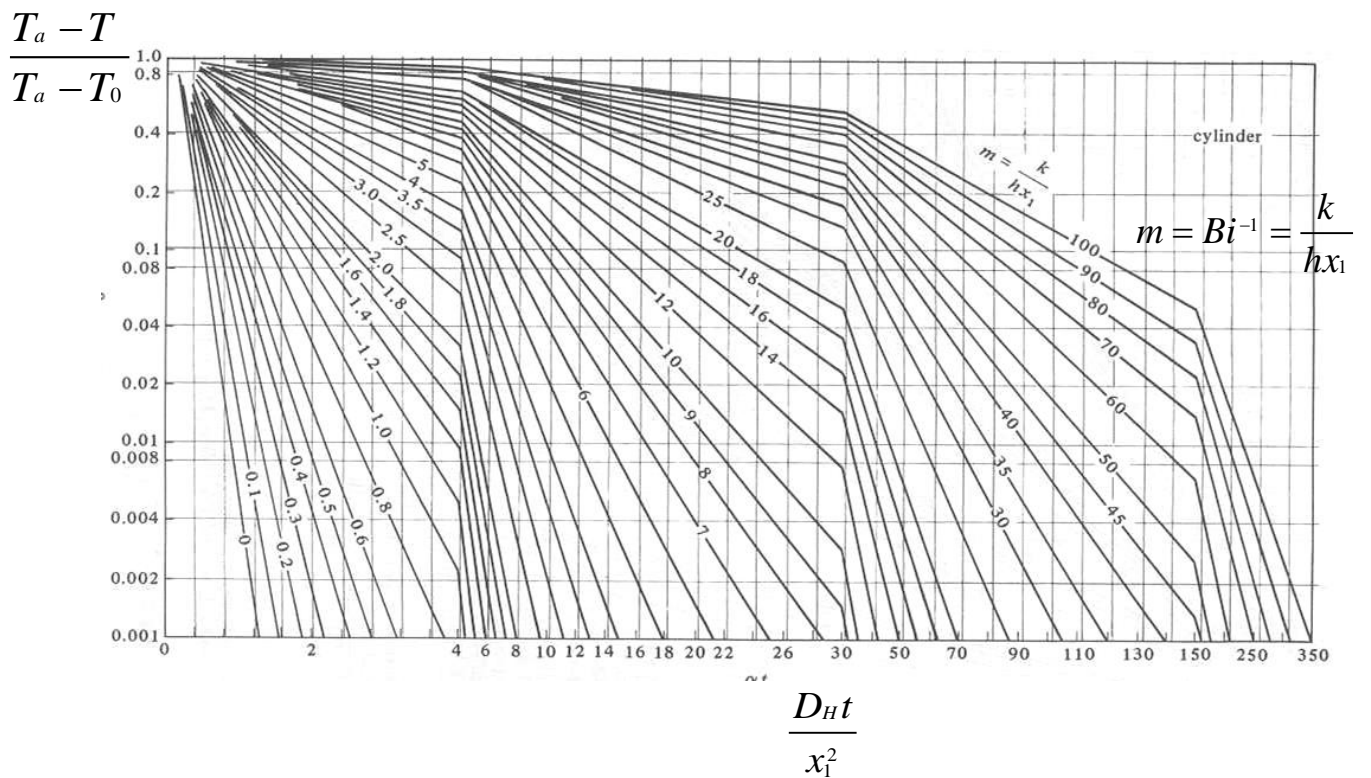


Gráfico para a determinação da temperatura no centro de um cilindro semi-infinito para condução em estado não estacionário (Heisler, H.P. (1947) Trans. A.S.M.E., 69, 227)



CASO C3 – CONDUÇÃO EM ESTADO NÃO ESTACIONÁRIO NUM ESFERA (temperatura no centro da esfera)

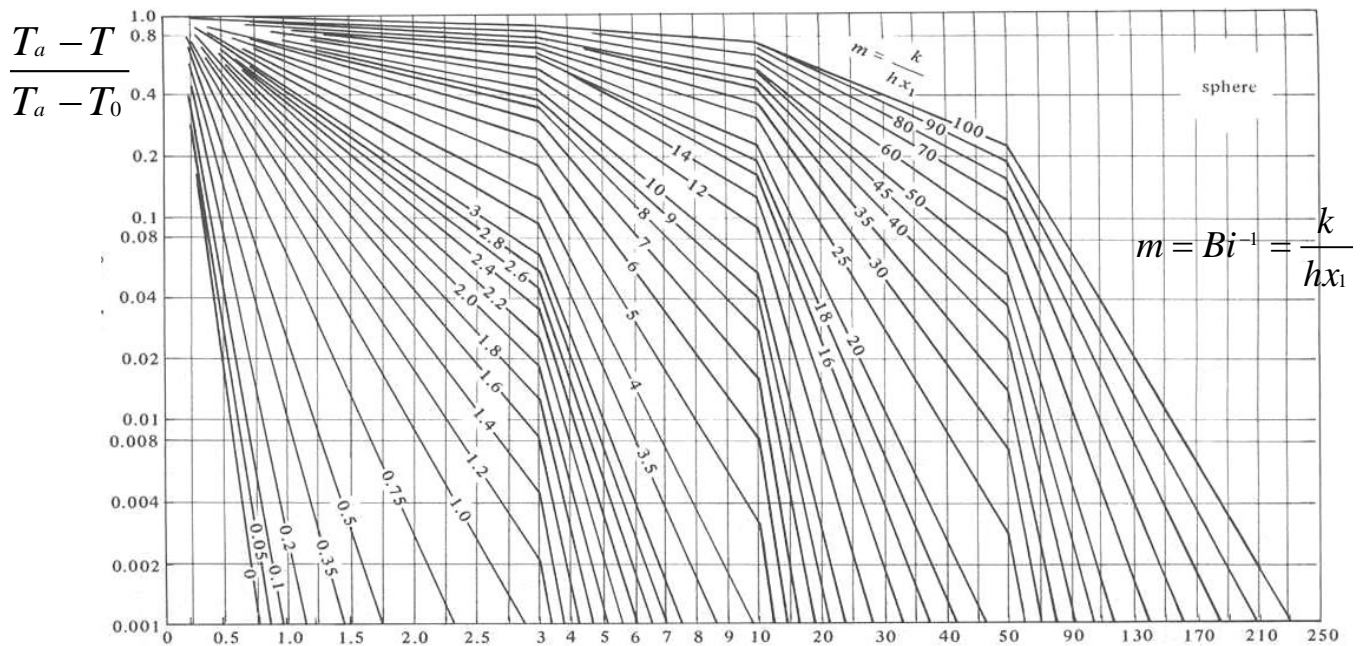


Gráfico para a determinação da temperatura no centro de uma esfera para condução em estado não estacionário  
(Heisler, H.P. (1947) Trans. A.S.M.E., 69, 227)

Plane wall:  $\theta(x, t)_{\text{wall}} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau} \cos(\lambda_1 x / L), \quad \tau > 0.2$

Cylinder:  $\theta(r, t)_{\text{cyl}} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau} J_0(\lambda_1 r / r_o), \quad \tau > 0.2$

Sphere:  $\theta(r, t)_{\text{sph}} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau} \frac{\sin(\lambda_1 r / r_o)}{\lambda_1 r / r_o}, \quad \tau > 0.2$

T0: T  
T1: T0  
T∞: Ta  
R: x  
R0: x1

Center of plane wall ( $x = 0$ ):  $\theta_{0, \text{wall}} = \frac{T_o - T_\infty}{T_i - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau}$

Center of cylinder ( $r = 0$ ):  $\theta_{0, \text{cyl}} = \frac{T_o - T_\infty}{T_i - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau}$

Center of sphere ( $r = 0$ ):  $\theta_{0, \text{sph}} = \frac{T_o - T_\infty}{T_i - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau}$



for a plane wall of thickness  $2L$ , and  $Bi = hr_o/k$  for a cylinder or sphere of radius  $r_o$ )

Bi	Plane Wall		Cylinder		Sphere	
	$\lambda_1$	$A_1$	$\lambda_1$	$A_1$	$\lambda_1$	$A_1$
0.01	0.0998	1.0017	0.1412	1.0025	0.1730	1.0030
0.02	0.1410	1.0033	0.1995	1.0050	0.2445	1.0060
0.04	0.1987	1.0066	0.2814	1.0099	0.3450	1.0120
0.06	0.2425	1.0098	0.3438	1.0148	0.4217	1.0179
0.08	0.2791	1.0130	0.3960	1.0197	0.4860	1.0239
0.1	0.3111	1.0161	0.4417	1.0246	0.5423	1.0298
0.2	0.4328	1.0311	0.6170	1.0483	0.7593	1.0592
0.3	0.5218	1.0450	0.7465	1.0712	0.9208	1.0880
0.4	0.5932	1.0580	0.8516	1.0931	1.0528	1.1164
0.5	0.6533	1.0701	0.9408	1.1143	1.1656	1.1441
0.6	0.7051	1.0814	1.0184	1.1345	1.2644	1.1713
0.7	0.7506	1.0918	1.0873	1.1539	1.3525	1.1978
0.8	0.7910	1.1016	1.1490	1.1724	1.4320	1.2236
0.9	0.8274	1.1107	1.2048	1.1902	1.5044	1.2488
1.0	0.8603	1.1191	1.2558	1.2071	1.5708	1.2732
2.0	1.0769	1.1785	1.5995	1.3384	2.0288	1.4793
3.0	1.1925	1.2102	1.7887	1.4191	2.2889	1.6227
4.0	1.2646	1.2287	1.9081	1.4698	2.4556	1.7202
5.0	1.3138	1.2403	1.9898	1.5029	2.5704	1.7870
6.0	1.3496	1.2479	2.0490	1.5253	2.6537	1.8338
7.0	1.3766	1.2532	2.0937	1.5411	2.7165	1.8673
8.0	1.3978	1.2570	2.1286	1.5526	2.7654	1.8920
9.0	1.4149	1.2598	2.1566	1.5611	2.8044	1.9106
10.0	1.4289	1.2620	2.1795	1.5677	2.8363	1.9249
20.0	1.4961	1.2699	2.2880	1.5919	2.9857	1.9781
30.0	1.5202	1.2717	2.3261	1.5973	3.0372	1.9898
40.0	1.5325	1.2723	2.3455	1.5993	3.0632	1.9942
50.0	1.5400	1.2727	2.3572	1.6002	3.0788	1.9962
100.0	1.5552	1.2731	2.3809	1.6015	3.1102	1.9990
$\infty$	1.5708	1.2732	2.4048	1.6021	3.1416	2.0000

$\xi$	$J_0(\xi)$	$J_1(\xi)$
0.0	1.0000	0.0000
0.1	0.9975	0.0499
0.2	0.9900	0.0995
0.3	0.9776	0.1483
0.4	0.9604	0.1960
0.5	0.9385	0.2423
0.6	0.9120	0.2867
0.7	0.8812	0.3290
0.8	0.8463	0.3688
0.9	0.8075	0.4059
1.0	0.7652	0.4400
1.1	0.7196	0.4709
1.2	0.6711	0.4983
1.3	0.6201	0.5220
1.4	0.5669	0.5419
1.5	0.5118	0.5579
1.6	0.4554	0.5699
1.7	0.3980	0.5778
1.8	0.3400	0.5815
1.9	0.2818	0.5812
2.0	0.2239	0.5767
2.1	0.1666	0.5683
2.2	0.1104	0.5560
2.3	0.0555	0.5399
2.4	0.0025	0.5202
2.6	-0.0968	-0.4708
2.8	-0.1850	-0.4097
3.0	-0.2601	-0.3391
3.2	-0.3202	-0.2613