

### Exercício 1\*

(Dutta, 2007, Exemplo 9.1 a 9.4)

Um conjunto de dados experimentais de “equilíbrio” para o sistema farelo de semente (A)–hexano (B)–óleo (C) é reportado a seguir. Os “componentes”, a várias proporções, são misturados em um tanque e então decantado. Amostras da fase leve (óleo + solvente + traços de sólido inerte) e a fase pesada (sólido inerte + solução arrastada) são coletadas e analisadas. Os dados coletados são mostrados na **Tab. 1**.

Tabela 1: Dados experimentais para extração de óleo de farelo de semente com hexano.

Fase leve (100 kg), solução			Fase pesada (100 kg), lodo		
$w_A$	$w_B$	$w_C$	$w'_A$	$w'_B$	$w'_C$
0,3	99,7	0,0	67,2	32,8	0,0
0,45	90,6	8,95	67,1	29,94	2,96
0,54	84,54	14,92	66,93	28,11	4,96
0,7	74,47	24,83	66,58	25,06	8,36
0,77	69,46	29,77	66,26	23,62	10,12
0,91	60,44	38,65	65,75	20,9	13,35
0,99	54,45	44,56	65,33	19,07	15,6
1,19	44,46	54,35	64,39	16,02	19,59
1,28	38,5	60,22	63,77	14,13	22,1
1,28	34,55	64,17	63,23	12,87	23,9
1,48	24,63	73,89	61,54	9,61	28,85

- 1000 kg de sementes esmagadas de óleo (19,5% de óleo e 80,5% de farelo) são extraídos com 1500 kg de hexano puro em um extrator em batelada. Calcule a fração do óleo extraída.
- Ao invés de utilizar toda a quantidade de solvente uma única vez, planeja-se realizar a extração em um processo de 3 estágios em corrente cruzada utilizando 1/3 do solvente (isto é, 500 kg) em cada estágio. Calcule a fração de óleo que pode ser extraída.
- Sementes de óleo esmagadas contendo 28% de óleo são extraída com hexano para reduzir o teor de óleo a 0,8% na fase pesada. 1 kg de solvente é usado por kg de carga alimentada. Determine o número de estágios requerido.

Respostas: (a) 76,6%. (b) 89%. (c) 3 estágios.

### Exercício 2\*

(Geankoplis, 2003, Exemplo 12.9-1 e Problema 12.9-1)

Em um processo de lixiviação de flocos de soja de um único estágio é utilizado para recuperar óleo de soja com hexano. A concentração de sólido insolúvel na solução (soluto + solvente) é essencialmente constante e igual à 1,5 kg de sólido insolúvel por kg de solução retida. Calcule as quantidades e as composições das fases leve e pesada que deixam o estágio para cada caso:

- Uma carga de 100 kg de soja contendo 20% de óleo é lixiviada com 100 kg de solvente puro.
- Uma carga de 100 kg de soja contendo 22% de óleo é lixiviada com 80 kg de solvente contendo 3% de óleo.

Respostas: (a)  $L = 53,3$  kg e  $X = 0,167$ ;  $V = 66,7$  kg e  $Y = 0,167$ .  
(b)  $L = 52$  kg e  $X = 0,239$ ;  $V = 50$  kg e  $Y = 0,239$ .

### Exercício 3

(Geankoplis, 2003, Exemplo 12.10-1)

Um processo multiestágio contínuo e contracorrente é usado para extrair óleo de farelo de um cereal com benzeno. São processados 2000 kg/h de sólido inerte (A), 800 kg de óleo (C) e também 50 kg de benzeno (B). A carga por hora admitida de solvente contém 1310 kg de benzeno e 20 kg de óleo. O sólido lixiviado resultante contém 120 kg de óleo. Experimentos conduzidos em condições similares ao extrator real mostraram que a solução retida depende da concentração do óleo na solução. Os dados são mostrados na **Tab. 2** como  $Z$  kg de sólido A inerte por kg de solução e  $X_C$  kg de óleo C por kg de solução.

Tabela 2: Dados experimentais para extração de óleo de farelo com benzeno.

$Z$	$X_C$
2,00	0
1,98	0,1
1,94	0,2
1,89	0,3
1,82	0,4
1,75	0,5
1,68	0,6
1,61	0,7

Calcule as vazões e as composições das correntes que deixam o processo e o número de estágios requeridos.

Respostas:  $L'_N = 1016$  kg/h,  $V'_1 = 1164$  kg/h,  $N = 3,9$  estágios.

### Exercício 4

(Geankoplis, 2003, Problema 12.10-1)

Aplique as mesmas condições descritas no Exercício 3 porém, assuma que  $Z$  é constante e igual à 1,85 kg de sólido por kg de solução. Calcule as vazões e as composições das correntes que deixam o processo e o número de estágios requeridos.

Respostas:  $X_N = 0,111$ ,  $Y_1 = 0,623$ ,  $N = 4,3$  estágios.

### Exercício 5

(Wankat, 2012, Exemplo 14-2 e Problemas D18 a D20)

Deseja-se processar 1000 kg/h de farelo (A) de um cereal que contem 20% de óleo e nenhum solvente. É utilizado benzeno como solvente. A temperatura e a pressão são constantes e os dados de equilíbrio são dados na **Tab. 3**.

Tabela 3: Dados fornecidos para extração de óleo de farelo com benzeno.

Óleo (soluto) na solução	Fase pesada (refinado)		
	$x_C$	$x_A$	$x_B$
0	0	0,67	0,333
0,1	0,0336	0,664	0,302
0,2	0,0682	0,66	0,272
0,3	0,1039	0,6541	0,242
0,4	0,1419	0,6451	0,213
0,4	0,1817	0,6366	0,1817
0,6	0,224	0,6268	0,1492
0,7	0,268	0,6172	0,1148

Determine a concentração do extrato para cada caso:

- Para um processo em contracorrente onde são admitidos 662 kg/h de solvente puro e é obtido um refinado com 4% de óleo. Determine ainda o número de estágios de equilíbrio necessários.
- Para um processo com um único estágio de equilíbrio onde são admitidos 662 kg/h de solvente puro.
- Para um processo com 3 estágios de equilíbrio em contracorrente onde são admitidos 662 kg/h de solvente puro.
- Para um processo com 3 estágios de equilíbrio de corrente cruzada onde são admitidos 421 kg/h de solvente puro em cada estágio.

Respostas: (a) 30,5% B e 2,1 estágios. (b) Extrato: 23,8% B e 0% A; refinado: 7,8% B e 65,6% A. (c) Extrato: 38% B e 0% A; refinado: 2,6% B e 66% A. (d) Extrato do 1º estágio: 35% B e 0% A; extrato do 2º estágio: 18% B e 0% A; extrato do 3º estágio: 9% B e 0% A; refinado do 3º estágio: 3% B e 66% A.

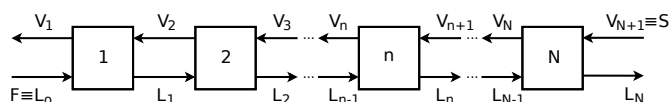
### Exercício 6

(Dutta, 2007, Problema 9.5)

Uma carga de 1000 kg/h contendo 15% de soluto, 2% de água e 83% de inerte é extraída com água em contracorrente. O liquor enriquecido que deixa o processo contém 15% do soluto inicial. Não há transferência dos inertes para a fase leve. A fase pesada tem uma quantidade constante de 0,4 kg de solução por kg de inerte. Também, a fase pesada que deixa o processo não deve conter mais do que 0,005 kg de soluto por kg de inerte. Determine analiticamente o número de estágios ideais requeridos.

Resposta: 2,8 estágios.

## Formulário



Legenda:

$A$  = inerte,  $B$  = solvente,  $C$  = soluto

$F, S, V, L$  = vazão total

$F', S', V', L'$  = vazão em base livre de inerte (sólido)

$n$  =  $n$ ésimo estágio de equilíbrio, ( $n = 1, 2, \dots, N$ )

$N$  = último estágio de equilíbrio

Relações:

$$X_C = \frac{x_C}{x_B + x_C} = \frac{\text{kg soluto}}{\text{kg solução}} \quad (1)$$

$$Z = \frac{x_A}{x_B + x_C} = \frac{\text{kg sólido}}{\text{kg solução}} \quad (2)$$

$$Y_C = \frac{y_C}{y_B + y_C} = \frac{\text{kg soluto}}{\text{kg solução}} \quad (3)$$

$$Z = \frac{y_A}{y_B + y_C} = \frac{\text{kg sólido}}{\text{kg solução}} \quad (4)$$

Balanco material (batelada):

- Solução (B + C):

$$F' + S' = L' + V' = M' \quad (5)$$

- Sólido (A):

$$F' Z_{F'} + S' Z_{S'} = L' Z_{L'} + V' Z_{V'} = M' Z_{M'} \quad (6)$$

- Expressão combinada:

$$Z_{M'} = \frac{F' Z_{F'} + S' Z_{S'}}{F' + S'} \quad (7)$$

- Soluto extraído:

$$\%C_{\text{extraído}} = \frac{V'(Y_C)_{V'}}{F'(X_C)_{F'}} \times 100\% \quad (8)$$

Balanco material (multiestágio):

- Solução (B + C):

$$F' + S' = L'_N + V'_1 = M' \quad (9)$$

- Soluto (C):

$$F'(X_C)_{F'} + S'(Y_C)_{S'} = \quad (10)$$

$$L'_N(X_C)_{L'_N} + V'_1(Y_C)_{V'_1} = M'(X_C)_{M'} \quad (11)$$

- Expressão combinada:

$$(X_C)_{M'} = \frac{F'(X_C)_{F'} + S'(Y_C)_{S'}}{F' + S'} \quad (12)$$

- Soluto extraído:

$$\%C_{\text{extraído}} = \frac{\sum_{n=1}^N [(V'_n(Y_C)_{V'_n})]}{F'(X_C)_{F'}} \times 100\% \quad (13)$$

$$= \frac{F'(X_C)_{F'} - L'_N(X_C)_{L'_N}}{F'(X_C)_{F'}} \times 100\%$$

Método analítico para  $L'_1 = L'_2 = \dots = L'$ :

$$N = \frac{\log \left[ 1 + (r - 1) \left( \frac{X_N - X_0}{X_1 - X_0} \right) \right]}{\log r} \quad (14)$$

onde  $r = V'_0/L'$ .

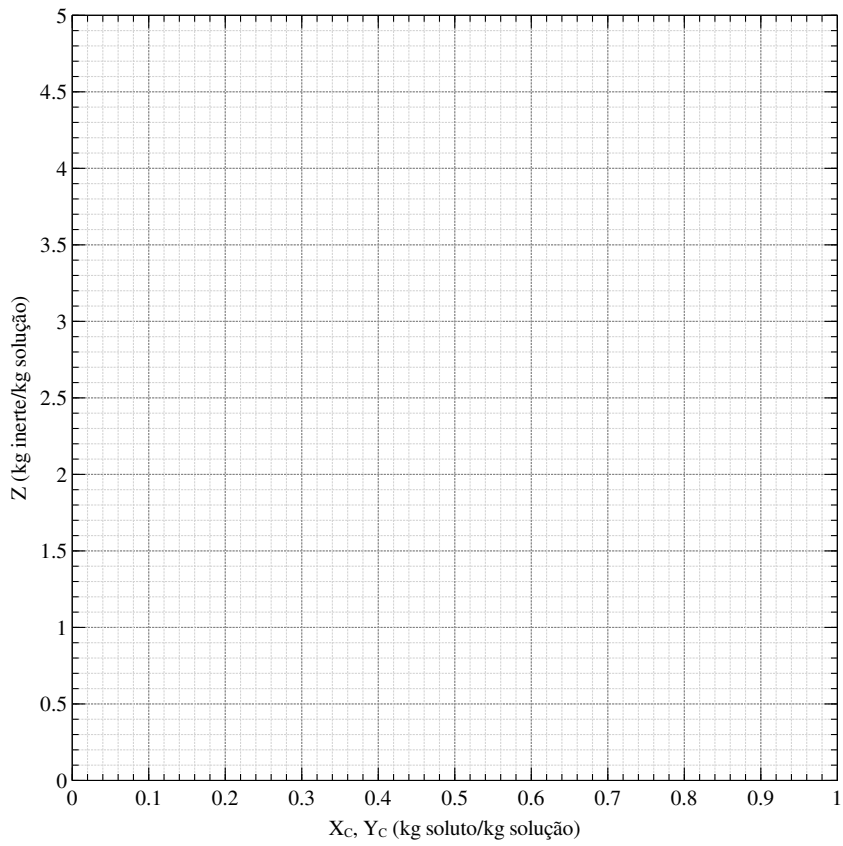
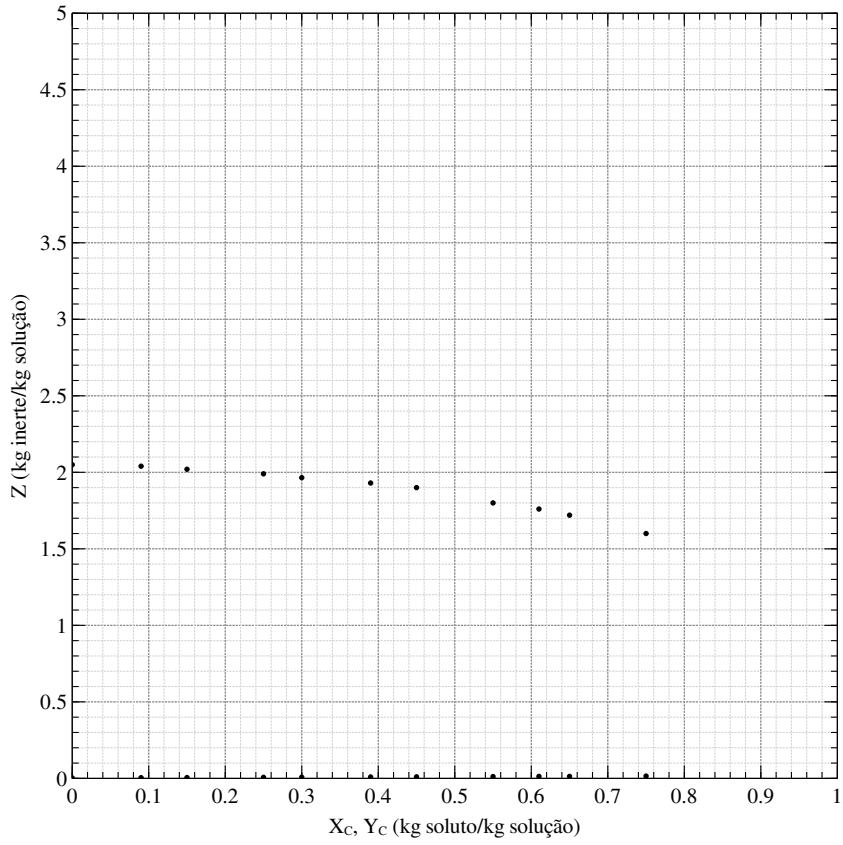


Figura 1: Diagramas para os exercícios 1 e 2.

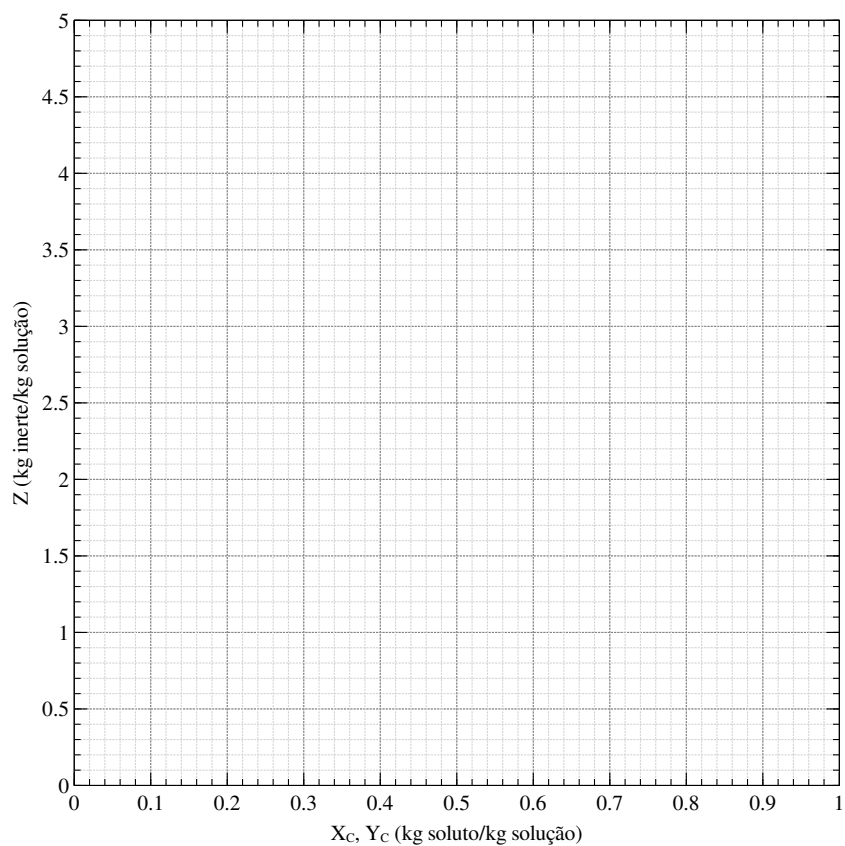
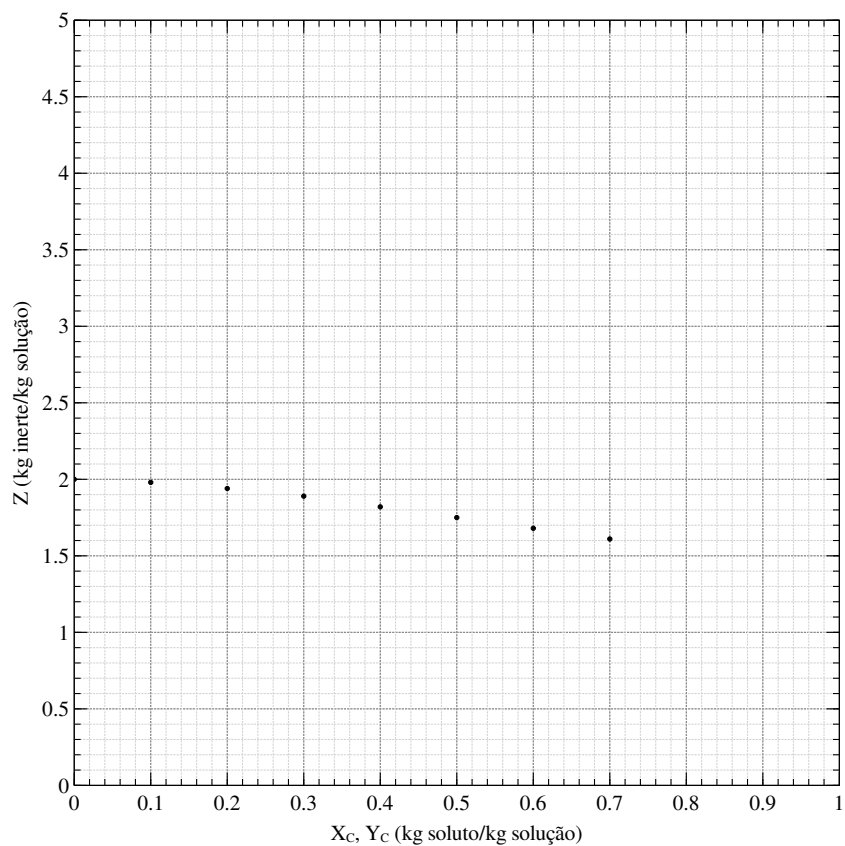


Figura 2: Diagramas para os exercícios 3 e 4.

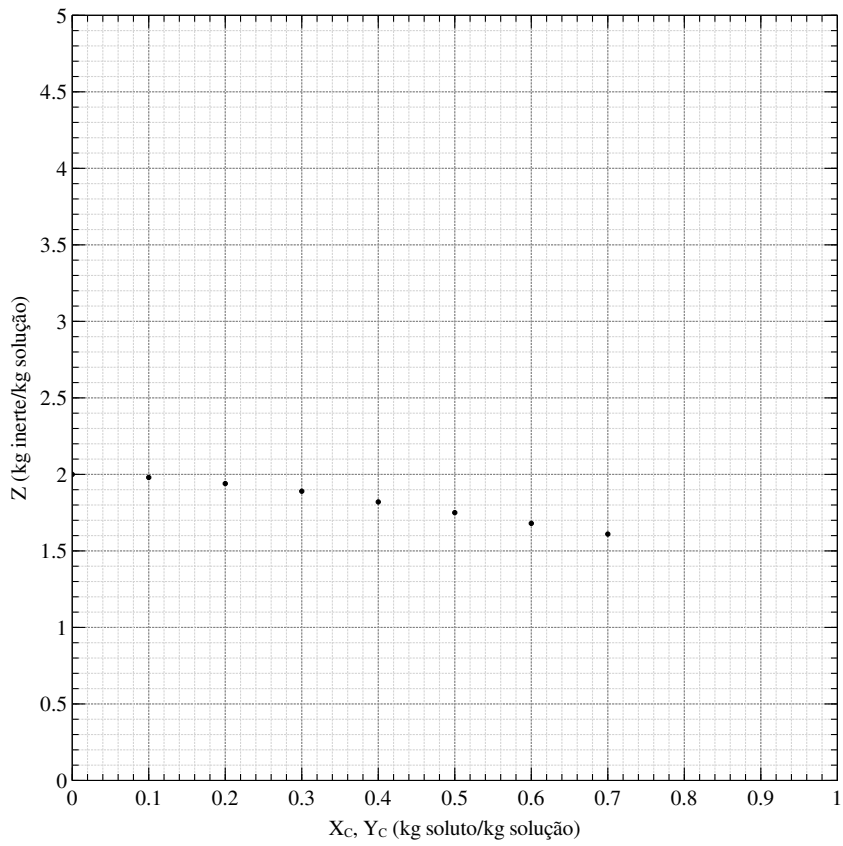
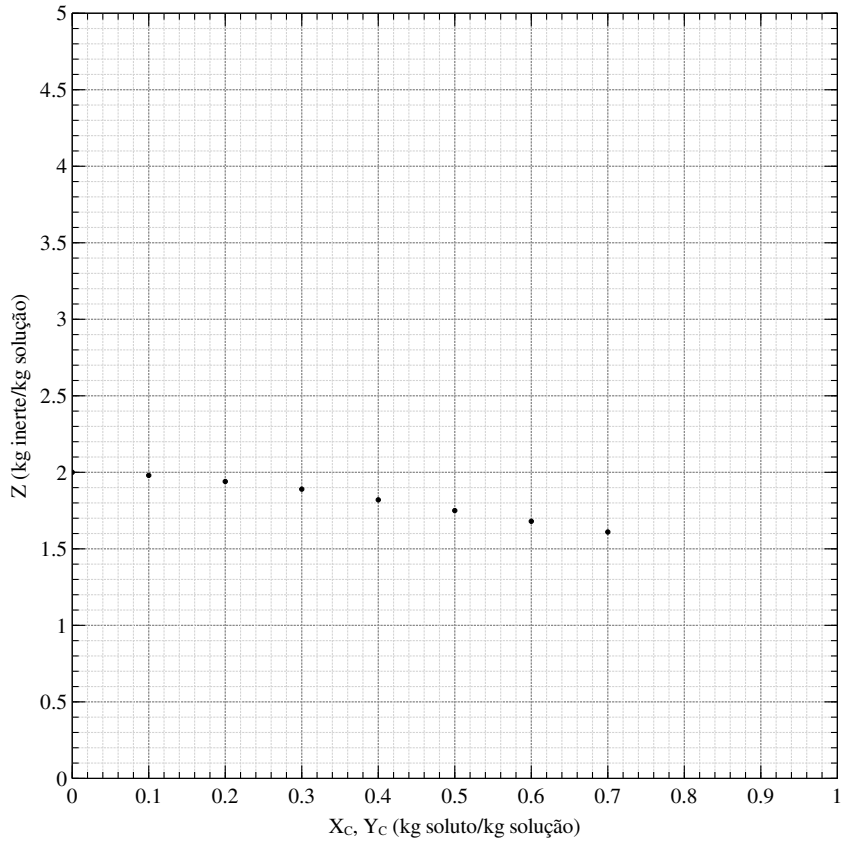


Figura 3: Diagramas para o exercício 5.