

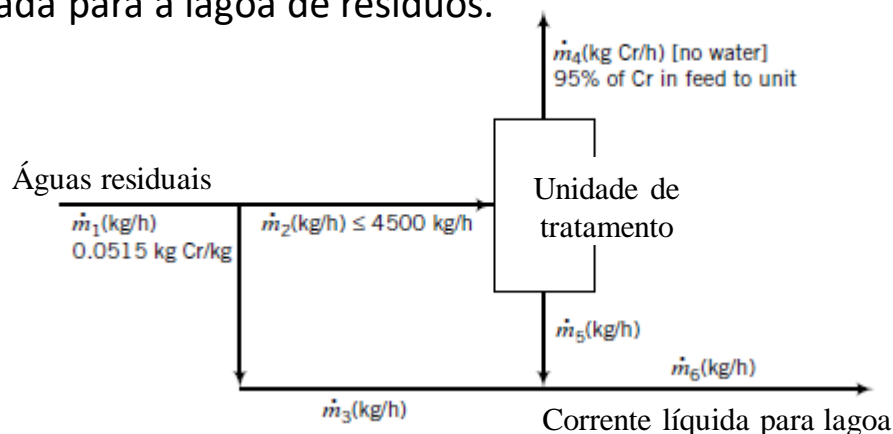
Introdução à Engenharia Química e Bioquímica

Aula 9
MIEQB
ano lectivo de 2020/2021

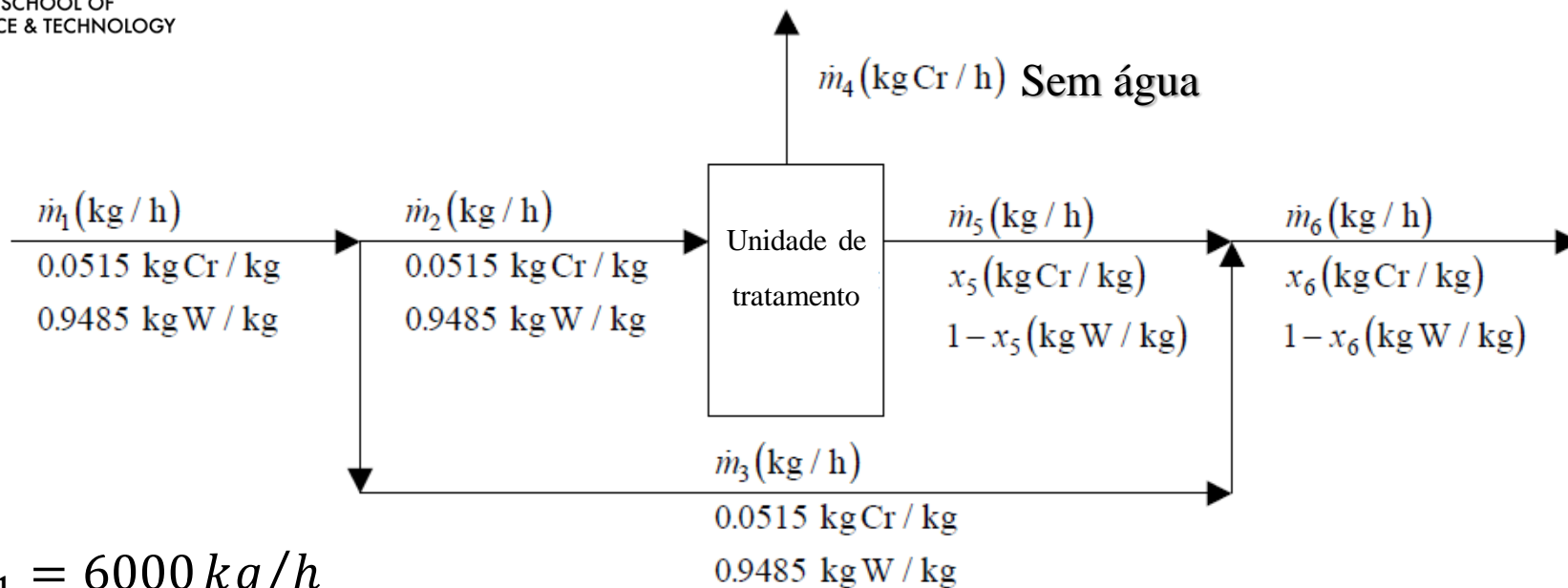
3.9)

Uma corrente aquosa residual contendo 5.15 %p/p de crómio é obtida numa fábrica de processamento de metais. Esta corrente é alimentada a uma unidade de tratamento que remove 95% do cromo e o recicla de volta à fábrica. A corrente líquida que sai da unidade de tratamento é enviada para uma lagoa de resíduos.

A unidade de tratamento tem uma capacidade máxima de processamento de 4500 kg/h de águas residuais. Se o caudal de águas residuais a sair da fábrica de processamento for superior à capacidade da unidade de tratamento, a quantia em excesso (ou seja, tudo o que estiver acima de 4500 kg/h) é desviada (*bypass*) da unidade e adicionada à corrente de líquido que sai da unidade de tratamento. O fluxo combinado é enviada para a lagoa de resíduos.



Considere que o caudal de águas residuais saindo da fábrica de processamento de metais é $\dot{m}_1 = 6000$ kg/h. Calcule o caudal de líquido enviado para a lagoa, \dot{m}_6 , e a fracção mássica de crómio nessa corrente.



$$\dot{m}_1 = 6000 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_2 = 4500 \text{ kg/h} \quad \text{Balanço ao nó de divisão [1,2,3]}$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3$$

$$\Rightarrow \dot{m}_3 = 1500 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_{Cr2} = X_{Cr2} \dot{m}_2$$

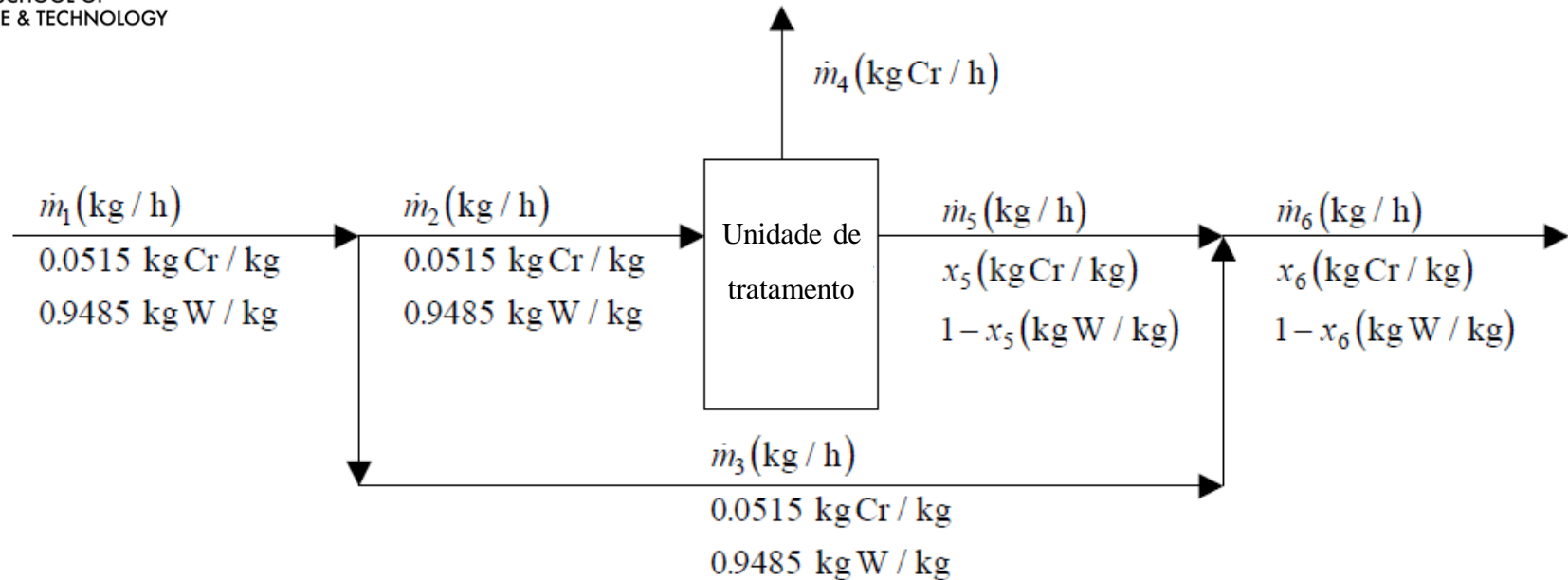
$$95\% \text{ remoção do Cr} \Rightarrow \dot{m}_4 = 0.95 \times (0.0515 \times 4500) = 220.2 \text{ kg Cr/h}$$

Balanço à unidade
de tratamento

Balanço ao nó de
adição [3,5,6]

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_4 + \dot{m}_5 \quad \Rightarrow \dot{m}_5 = 4500 - 220.2 = 4279.8 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_5 + \dot{m}_3 \quad \Rightarrow \dot{m}_6 = 4279.8 + 1500 = 5779.8 \text{ kg/h}$$



$$x_{Cr2}\dot{m}_2 = x_{Cr4}\dot{m}_4 + x_{Cr5}\dot{m}_5 \quad \text{Balanço à unidade de tratamento (Cr)}$$

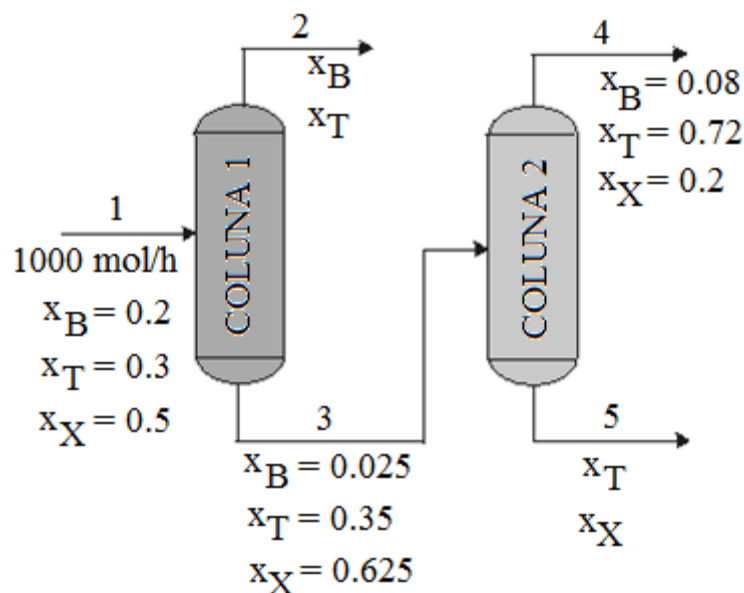
$$x_{Cr5} = \frac{0.0515 \times 4500 - 220.2}{4279.8} = 0.0027 \text{ kg Cr/kg}$$

$$x_{Cr6}\dot{m}_6 = x_{Cr3}\dot{m}_3 + x_{Cr5}\dot{m}_5 \quad \text{Balanço ao nó de adição [3,5,6] (Cr)}$$

$$x_{Cr6} = \frac{0.0515 \times 1500 + 0.0027 \times 4279.8}{5779.8} = 0.0154 \text{ kg Cr/kg}$$

3.10)

Considere um processo de separação consistindo em duas colunas de destilação que são projetadas para separar uma mistura ternária (benzeno + tolueno + xileno) em três correntes, cada uma rica numa das espécies (ver esquema). Tendo como dados do problema, um caudal de alimentação de 1000 mol/h de uma mistura de 20 mol% de benzeno, 30 mol% tolueno, uma corrente de resíduo com 2.5 mol% de benzeno e 35 mol% de tolueno na primeira coluna, e uma corrente de destilado com 8% mol de benzeno e 72 mol% tolueno na segunda coluna, determine as quantidades de material processados por cada coluna e a forma como esse material será dividido pelas respectivas correntes de saída.



Balanço material à COLUNA 1

$$\begin{array}{l}
 \text{BM global:} \\
 \text{BM global a X:} \\
 \text{BM global a B:}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 n_1 = n_2 + n_3 \\
 x_{X1}n_1 = 0 + x_{X3}n_3 \\
 x_{B1}n_1 = x_{B2}n_2 + x_{B3}n_3
 \end{array}
 \right.$$

$$1000 = n_2 + n_3$$

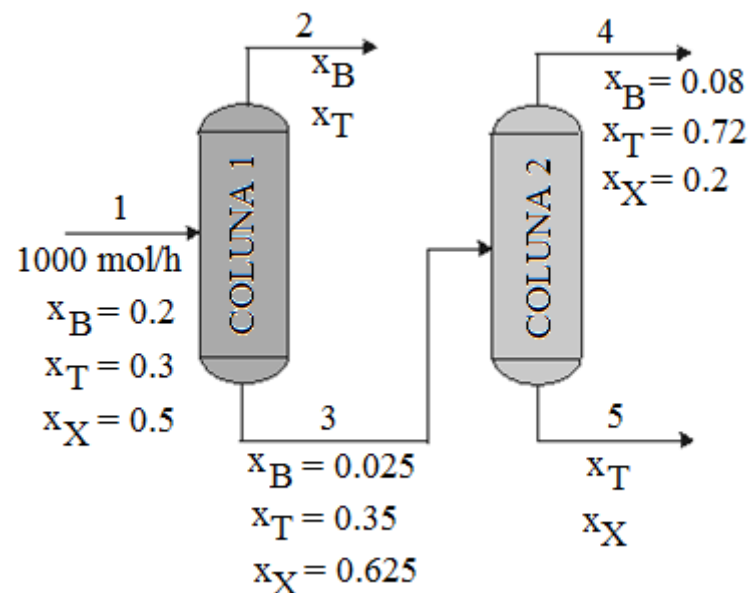
$$500 = 0.625n_3$$

$$200 = x_{B2}n_2 + 0.025n_3$$

$$n_3 = 800 \text{ mol} / h$$

$$n_2 = 200 \text{ mol} / h$$

$$x_{B2} = 0.90$$



Balanço material à COLUNA 2

BM global: $n_3 = n_4 + n_5$

BM global a T: $x_{T3}n_3 = x_{T4}n_4 + x_{T5}n_5$

BM global a B: $x_{B3}n_3 = x_{B4}n_4 + 0$

$$800 = n_4 + n_5$$

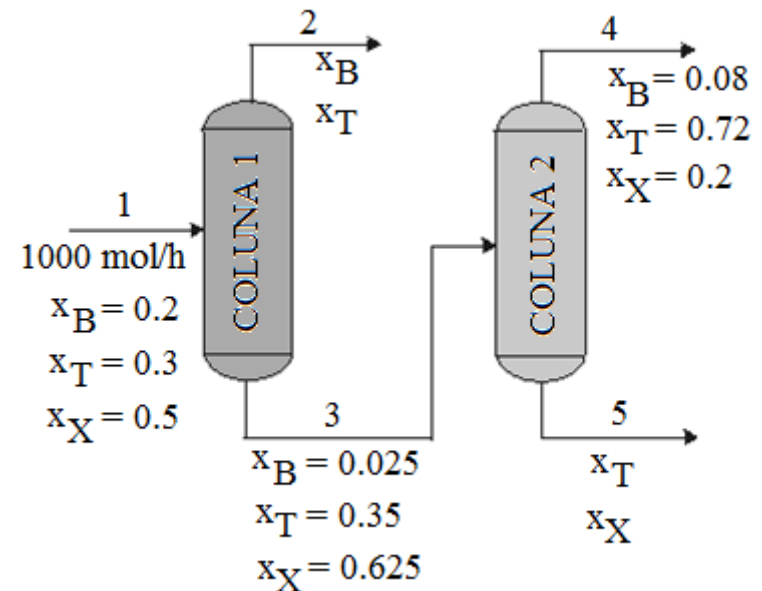
$$0.35 \times 800 = 0.72n_4 + n_5x_{T5}$$

$$0.025 \times 800 = 0.08n_4$$

$$n_4 = 250 \text{ mol} / h$$

$$n_5 = 550 \text{ mol} / h$$

$$x_{T5} = 0.182$$



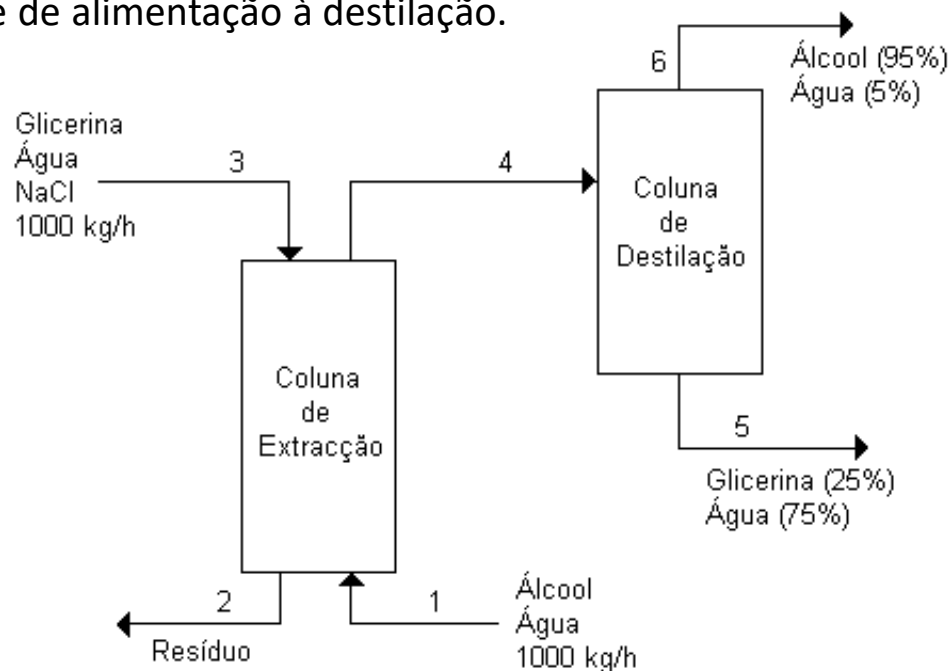
3.11)

Pretende-se recuperar glicerina de uma solução aquosa de glicerina (10% p/p) contendo 3% em peso de cloreto de sódio. Para tal recorre-se a um processo de extracção líquido - líquido em contracorrente (o solvente extractante é o álcool etílico a 98%) e, posteriormente, destilação para remoção do álcool, tal como se representa na figura junta. Obtém-se assim uma solução aquosa de glicerina a 25% p/p.

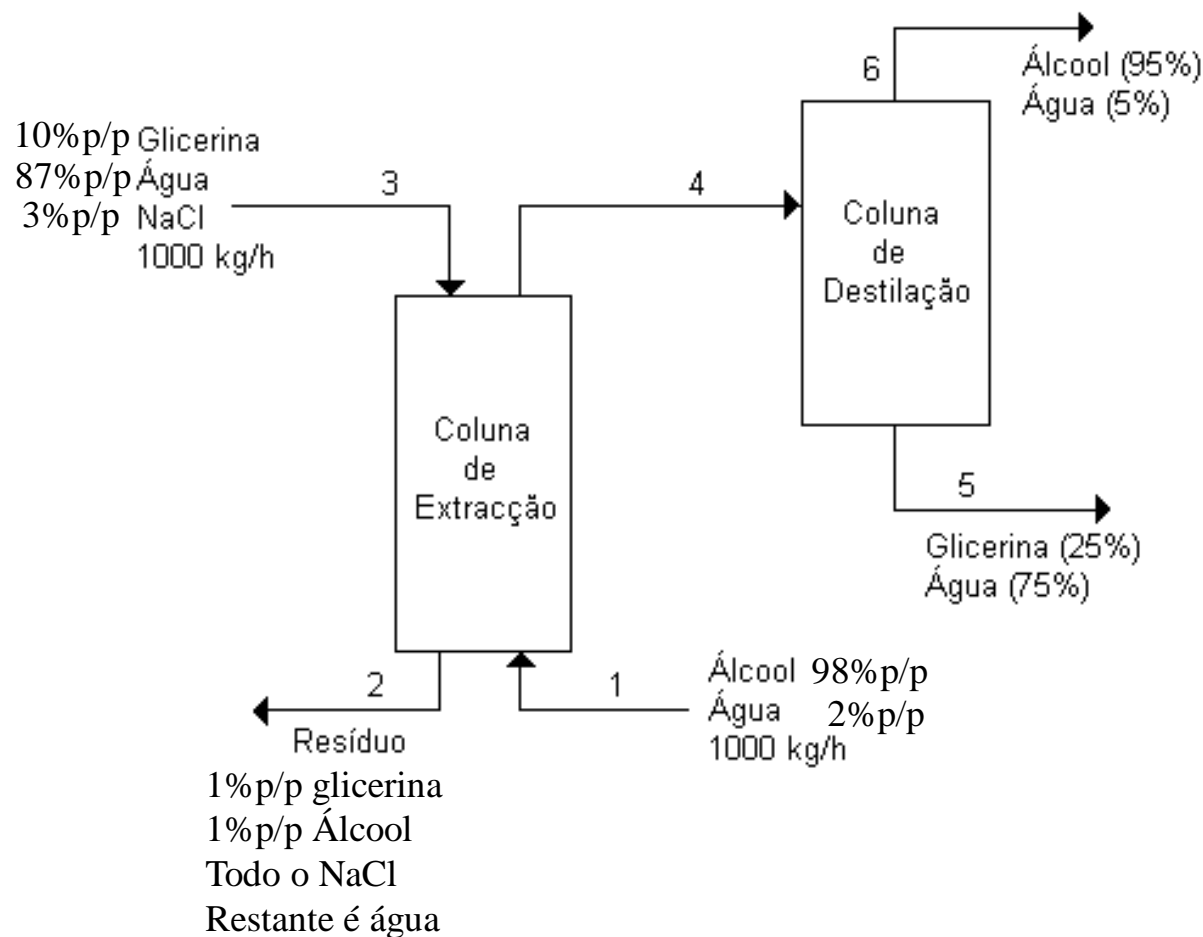
Sabendo que o resíduo da coluna de extracção é uma solução aquosa contendo 1% p/p de glicerina, 1% de álcool e todo o cloreto de sódio alimentado ao processo, calcule:

a) a produção horária de glicerina, quando se utilizam 1000 kg/h de álcool para processar 1000 kg/h da solução aquosa de glicerina;

b) a composição mássica da corrente de alimentação à destilação.



1º No diagrama colocar toda a informação que sabemos do enunciado



2º Fazer uma tabela com todas as espécies envolvidas e todas as correntes.
Preencher a tabela com toda a informação que podemos retirar do enunciado, incluindo as espécies que não existem nas correntes.

kg	1	2	3	4	5	6
Glicerina	0		100			0
Água	20		870			
NaCl	0	30	30	0	0	0
Etanol	980		0		0	
Total	1000		1000			

O que nos é
pedido na a)

Todo o NaCl que
entra em 3 sai em 2

Balanço material ao PROCESSO GLOBAL

$$\begin{array}{lcl}
 \text{BM global:} & \left\{ & m_1 + m_3 = m_5 + m_6 + m_2 \\
 \text{BM à Glicerina} & \left\{ & 0 + 0.1 \times 1000 = 0.25m_5 + 0 + 0.01m_2 \\
 \text{BM ao etanol} & \left\{ & 0.98 \times 1000 + 0 = 0 + 0.95m_6 + 0.01m_2
 \end{array}$$

$$1000 + 1000 = m_5 + m_6 + m_2$$

$$100 + 0 = 0.25m_5 + 0.01m_2$$

$$980 = 0.95m_6 + 0.01m_2$$

$$m_2 = 599 \text{ kg} \quad m_6 = 2000 - 599 - 376 = 1025 \text{ kg}$$

$$m_5 = 376 \text{ kg} \quad m_{\text{água}6} = 0.05 \times 1025 = 51 \text{ kg}$$

$$m_{\text{etanol}6} = 0.95 \times 1025 = 974 \text{ kg}$$

Corrente 6

À medida que vão obtendo os valores vão preenchendo a tabela

Corrente 2

$$m_{\text{glicerina}2} = 0.01 \times m_2 = 0.01 \times 599 = 6 \text{ kg}$$

$$m_{\text{etanol}2} = 0.01 \times m_2 = 0.01 \times 599 = 6 \text{ kg}$$

$$m_{\text{água}2} = m_2 - m_{\text{glicerina}2} - m_{\text{etanol}2} - m_{\text{NaCl}2} = 557 \text{ kg}$$

Correntes 4 e 5

Balanço à coluna de destilação

$$m_4 = m_5 + m_6 = 376 + 1025 = 1401 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Glicerina}4} = m_{\text{Glicerina}5} = 0.25 \times 376 = 94 \text{ kg} \quad \text{Não há glicerina em 6}$$

$$m_{\text{água}5} = m_5 - m_{\text{glicerina}5} = 376 - 94 = 282 \text{ kg} \quad \text{Não há etanol em 5}$$

$$m_{\text{Etanol}4} = m_{\text{Etanol}6} = 974 \text{ kg} \quad \text{Todo o etanol que entra na corrente 4 sai na corrente 6}$$

$$m_{\text{água}4} = m_4 - m_{\text{glicerina}4} - m_{\text{Etanol}4} = 1401 - 94 - 974 = 333 \text{ kg} \quad \underline{\hspace{1cm}}$$

kg	1	2	3	4	5	6
Glicerina	0	6	100	94	94	0
Água	20	557	870	333	282	51
NaCl	0	30	30	0	0	0
Etanol	980	6	0	974	0	974
Total	1000	599	1000	1401	376	1025

a) Produção horária de glicerina = 94 kg/h

b)

$$x_{i4} = \frac{m_{i4}}{m_4}$$

$$x_{Glic4} = 0.067$$

$$x_{Água4} = 0.238$$

$$x_{Etanol4} = 0.695$$