

Introdução à Engenharia Química e Bioquímica

Aula 8
MIEQB
ano lectivo de 2020/2021

Sumário da aula

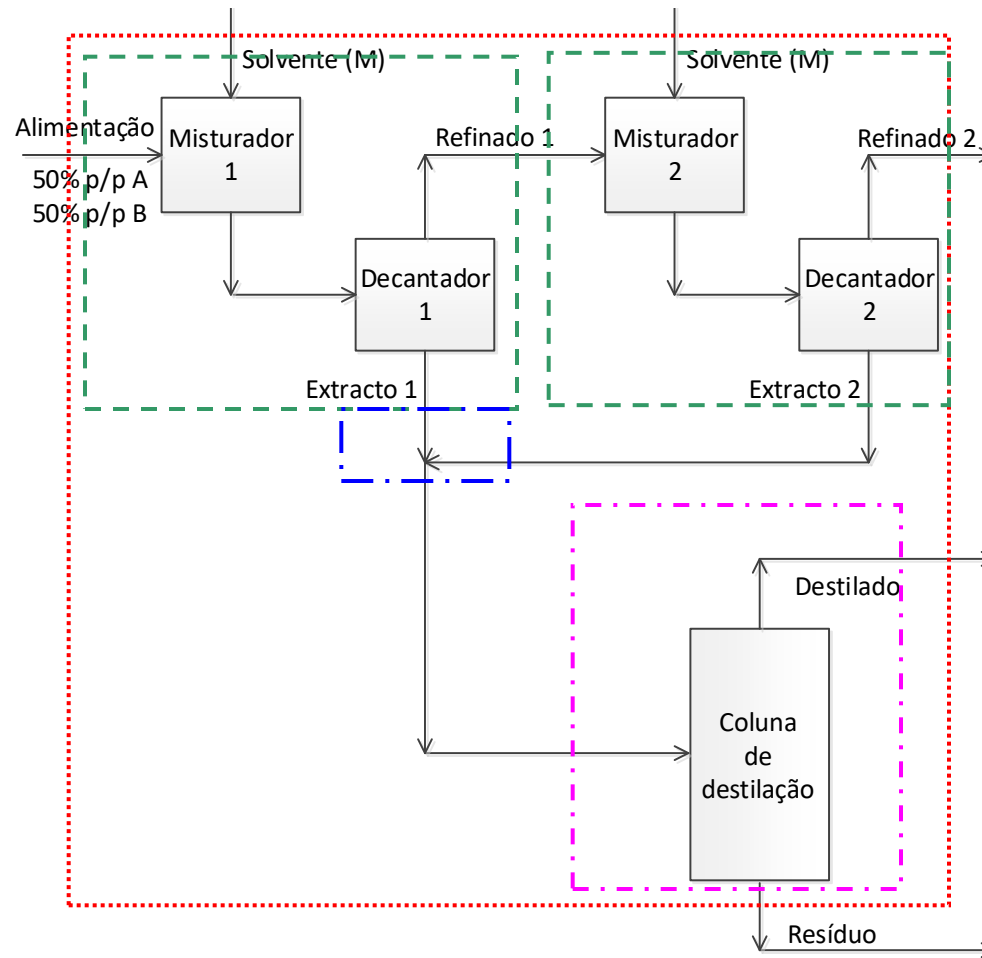
Balanços a processos com várias etapas unitárias

- Como resolver
- Noções de Reciclo e de by-pass

Processos com várias etapas unitárias

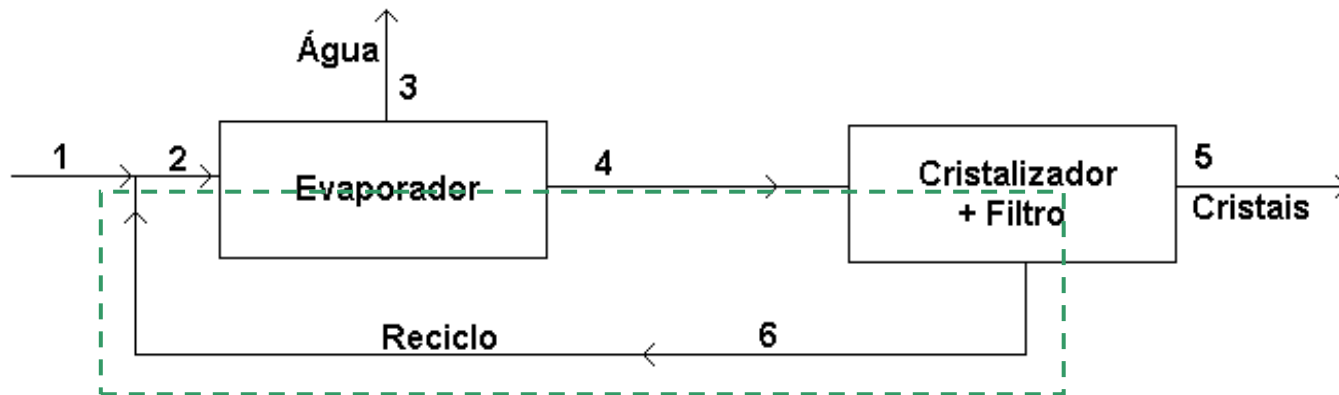
- Na indústria, muito raramente um processo é constituído apenas por uma etapa unitária;
- A maioria dos processos são constituídos por várias etapas sequenciais;
- Um sistema é qualquer conjunto de etapas ou porção do processo que possa ser representado por uma fronteira ou “bloco”;
- O tratamento matemático é igual a qualquer balanço material com a diferença de que poderá ser necessário o tratamento de vários subsistemas para obter suficientes equações.

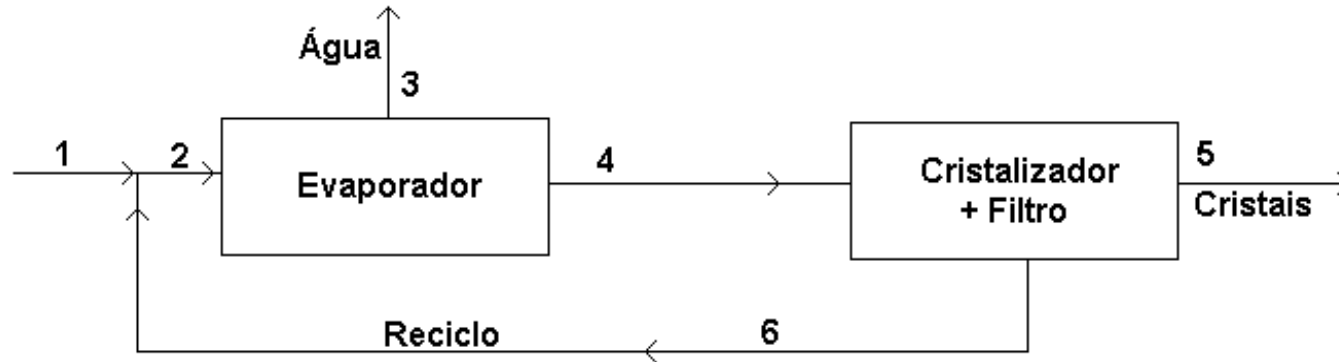
=> Balanços materiais desenvolvidos para cada sistema particular



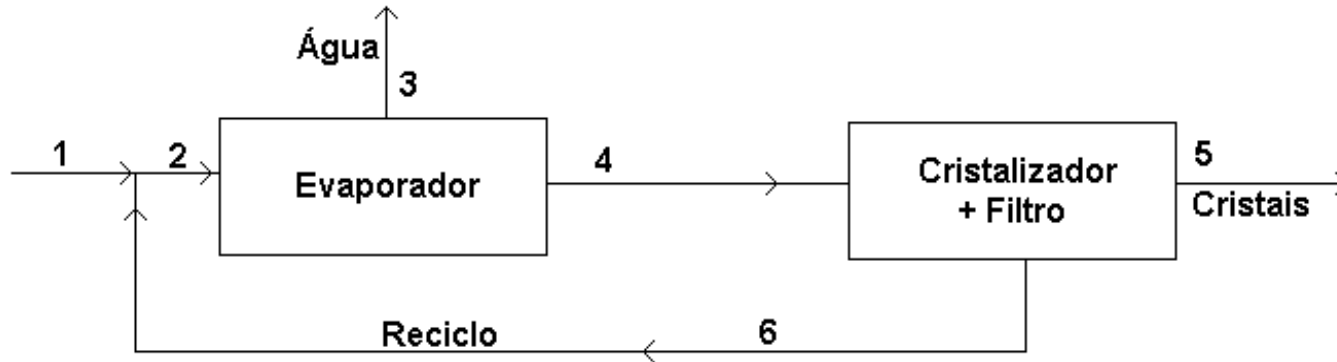
Balanço material ao
PROCESSO GLOBAL

- Raramente um processo industrial é 100% eficiente (exemplo: uma reacção tem uma conversão inferior a 100% \Rightarrow existência de reagente em excesso)
 \Rightarrow Necessário reciclar matéria para otimizar o processo!



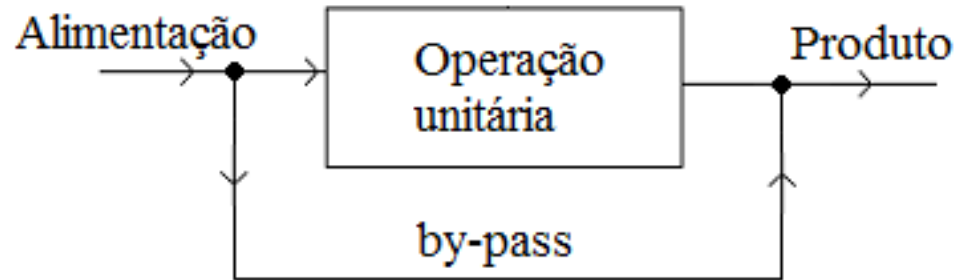


- O sistema **não é cumulativo**, ou seja, no estado estacionário o reciclo não acumula matéria à alimentação.



Objectivos:

- poupança de reagentes; recuperação de catalisadores
- diluir uma dada corrente
- controlar uma dada variável de processo
- circular fluido térmico

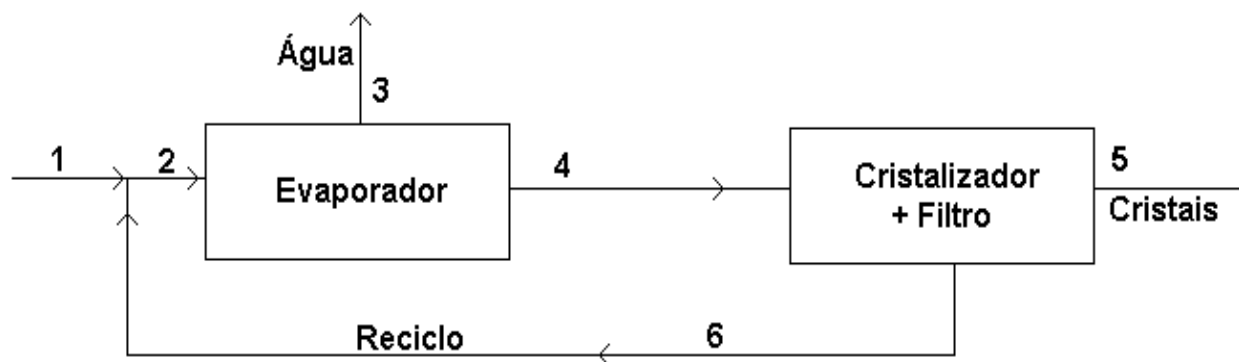


- O “bypass” tem características semelhante ao reciclo. Neste caso parte da alimentação é reencaminhada directamente para a corrente de saída sem passar pela etapa.

=> alterar a composição e propriedades do produto

3.7)

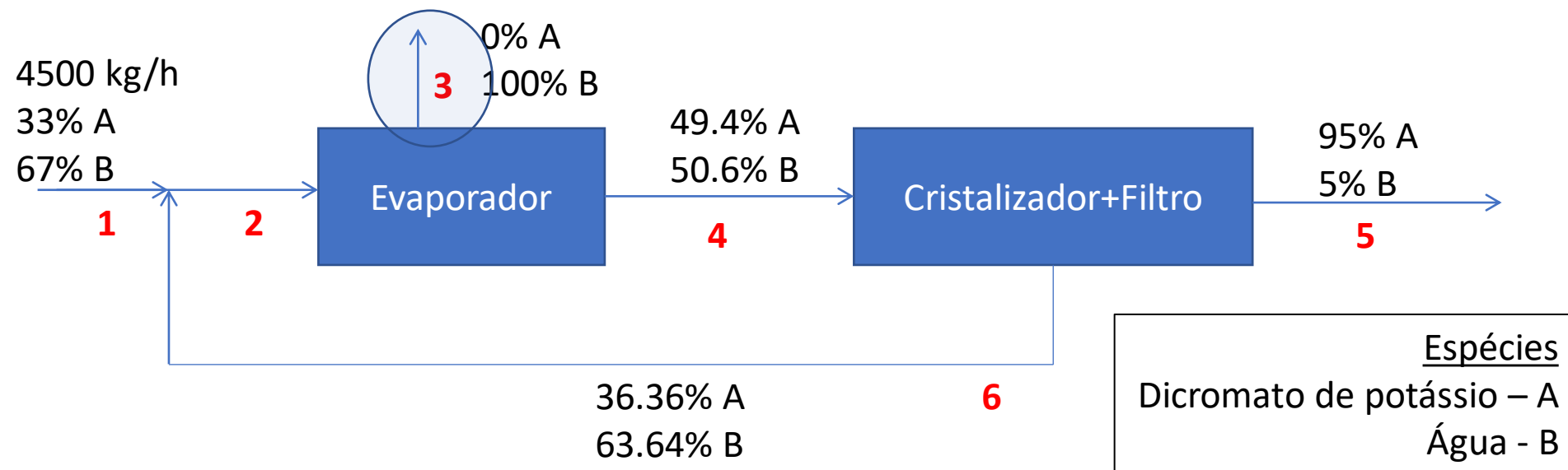
Uma solução aquosa de dicromato de potássio - 33% - é submetida ao processo de cristalização esquematizado na seguinte figura:



Sabe-se que:

- i) a corrente alimentada ao cristalizador contém 49.4% de dicromato de potássio;
- ii) os cristais contêm 5% de humidade;
- iii) a corrente de recirculado contém 36.36% de dicromato de potássio.

Efectue o balanço material ao processo sabendo que o caudal de alimentação ao processo é de 4500 kg.h^{-1} . Todas as composições indicadas são mássicas.

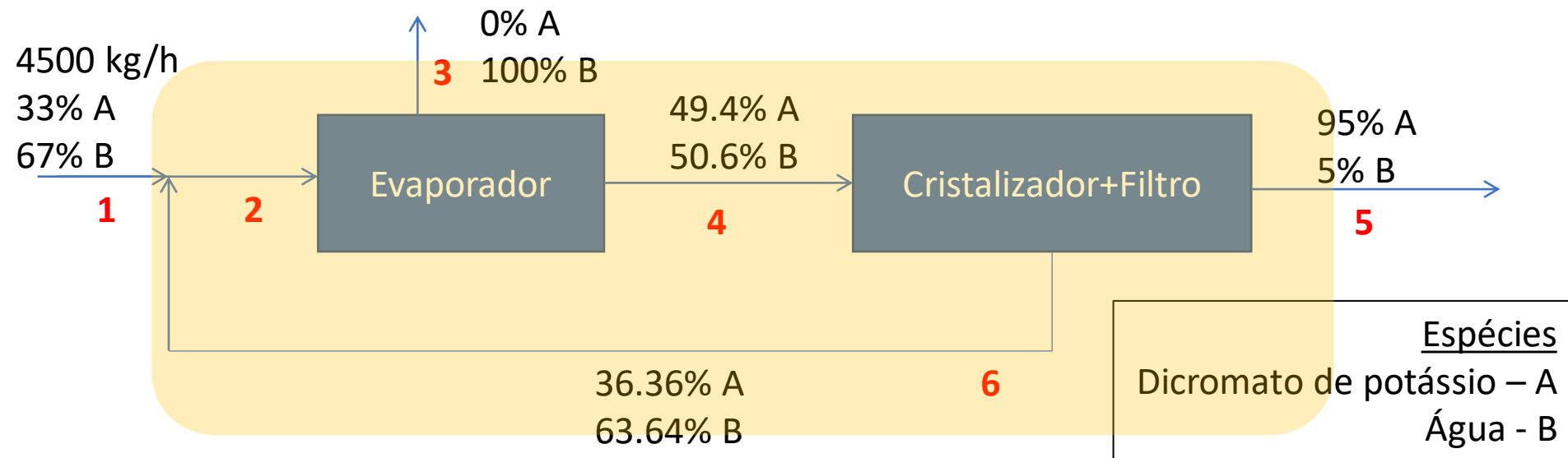


Uma solução aquosa de dicromato de potássio - 33% - é submetida ao processo de cristalização esquematizado na seguinte figura:

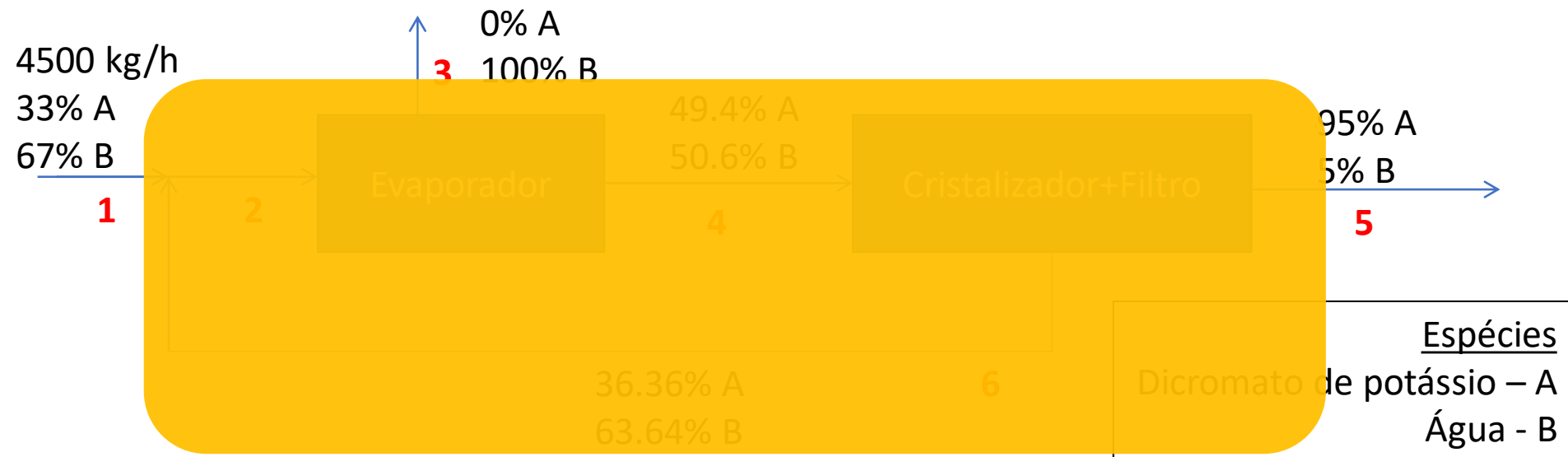
Sabe-se que:

- i) a corrente alimentada ao cristalizador contém 49.4% de dicromato de potássio;
- ii) os cristais contêm 5% de humidade;
- iii) a corrente de recirculado contém 36.36% de dicromato de potássio.

Efectue o balanço material ao processo sabendo que o caudal de alimentação ao processo é de 4500 kg.h⁻¹. Todas as composições indicadas são mássicas.



Balanço material ao PROCESSO GLOBAL



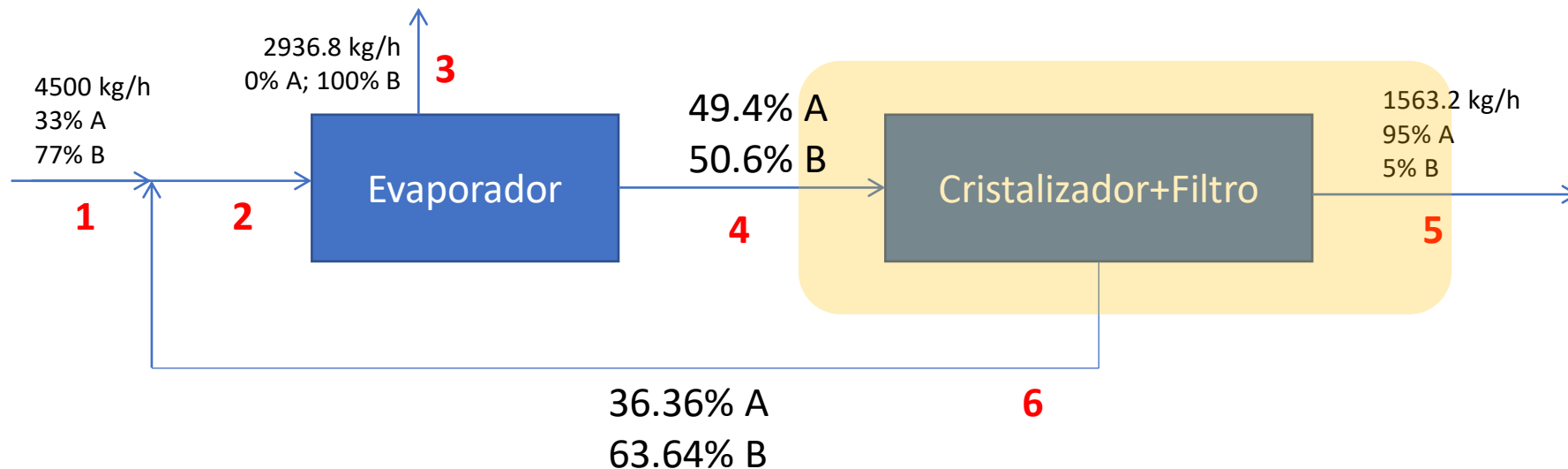
Balanço material ao PROCESSO GLOBAL

BM global: $m_1 = m_3 + m_5$

BM global a A: $x_{A1}m_1 = x_{A3}m_3 + x_{A5}m_5 \rightarrow 0.33 \times 4500 = 0 + 0.95 m_5$

$\rightarrow m_5 = 1563.2 \text{ kg/h}$

$\rightarrow m_3 = 2936.8 \text{ kg/h}$



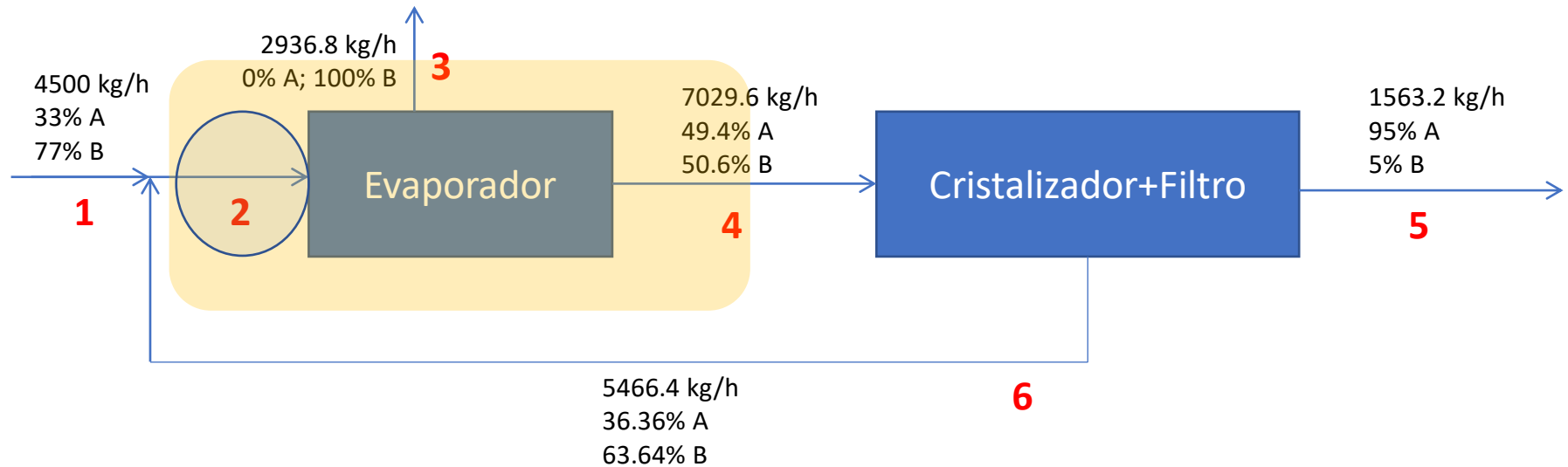
Balanço material ao Cristalizador+Filtro

BM global: $m_4 = m_6 + m_5 \Rightarrow m_4 = m_6 + 1563.2$

BM global a A: $x_{A4}m_4 = x_{A6}m_6 + x_{A5}m_5 \Rightarrow 0.494 \times m_4 = 0.95 \times 1563.2 + 0.3636 m_6$

$\Rightarrow m_6 = 5466.4 k_g/h$

$\Rightarrow m_4 = 7029.6 k_g/h$



Balanço material ao Evaporador

BM global:

$$m_2 = m_3 + m_4$$

BM global a A:

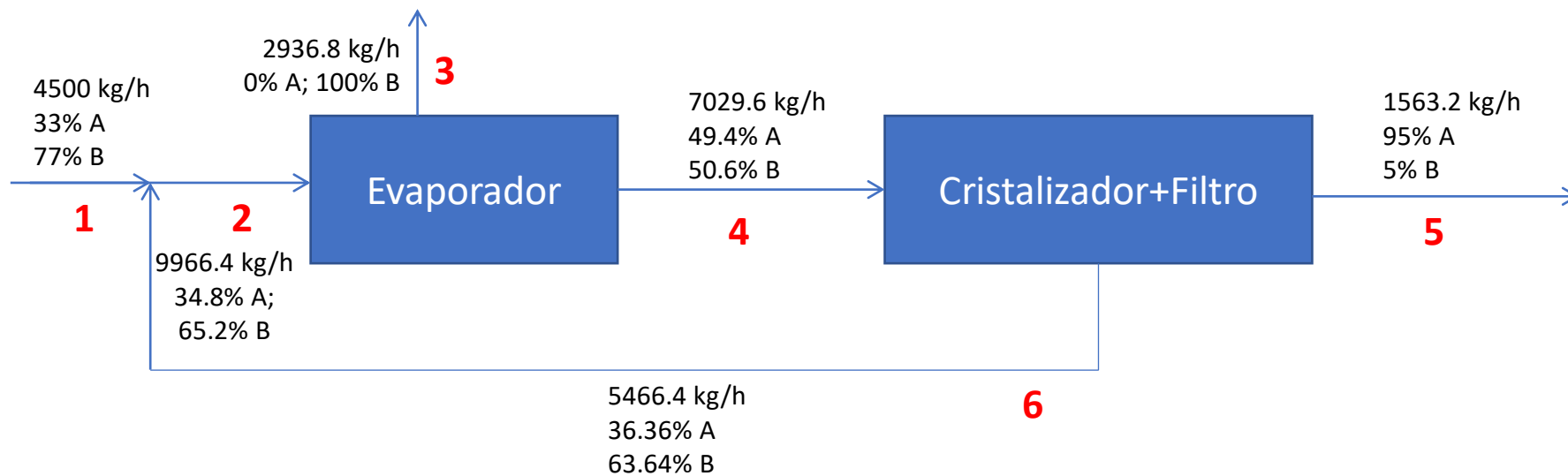
$$x_{A2}m_2 = x_{A3}m_3 + x_{A4}m_4$$

$$m_2 = 9966.4 \text{ kg/h}$$

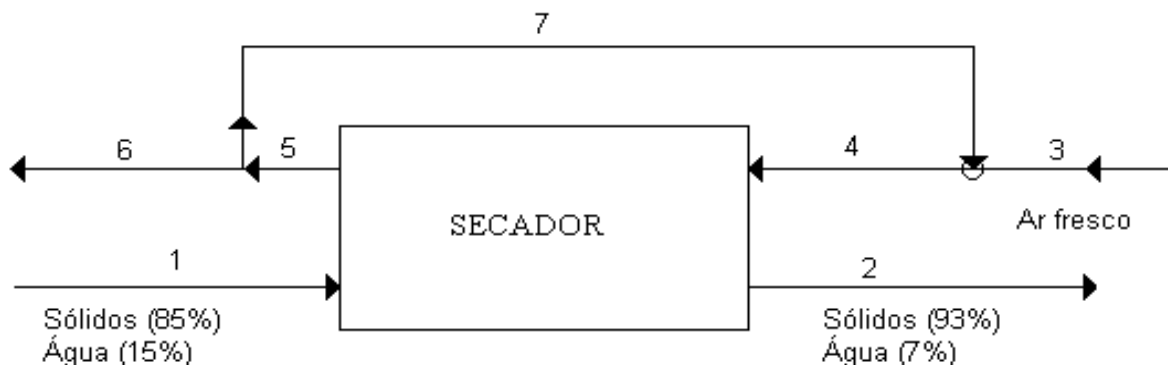
$$x_{A2} \times 9966.4 = 0 + 0.494 \times 7029.6$$

$$x_{A2} = 34.84\%$$

$$x_{B2} = 65.16\%$$



Pretende-se reduzir o teor em água de um sólido, de 15% p/p para 7% p/p. Para tal utiliza-se um secador de ar funcionando em contracorrente, tal como indicado na figura

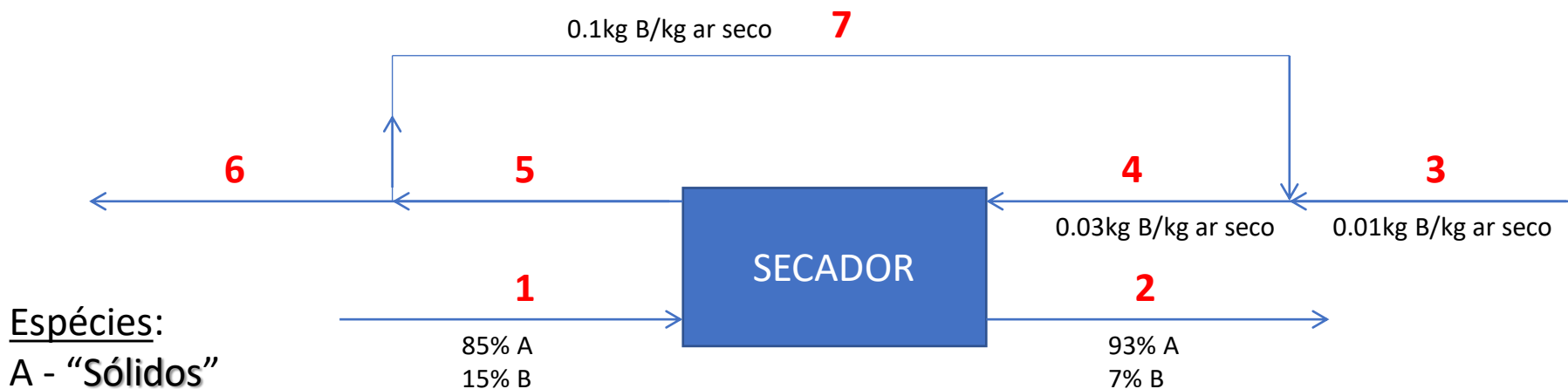


Sabe-se que:

- i) a alimentação de ar ao processo (ar fresco) contém 0.01 kg de água / kg ar seco;
- ii) a corrente de ar reciclado contém 0.1 kg de água / kg de ar seco;
- iii) a corrente de ar alimentada ao secador contém 0.03 kg de água / kg de ar seco.

Calcule:

- a) A quantidade de ar necessária para secar 100 kg de sólidos húmidos;
- b) A razão de reciclagem (ar reciclado / ar fresco).



Espécies:

A - “Sólidos”

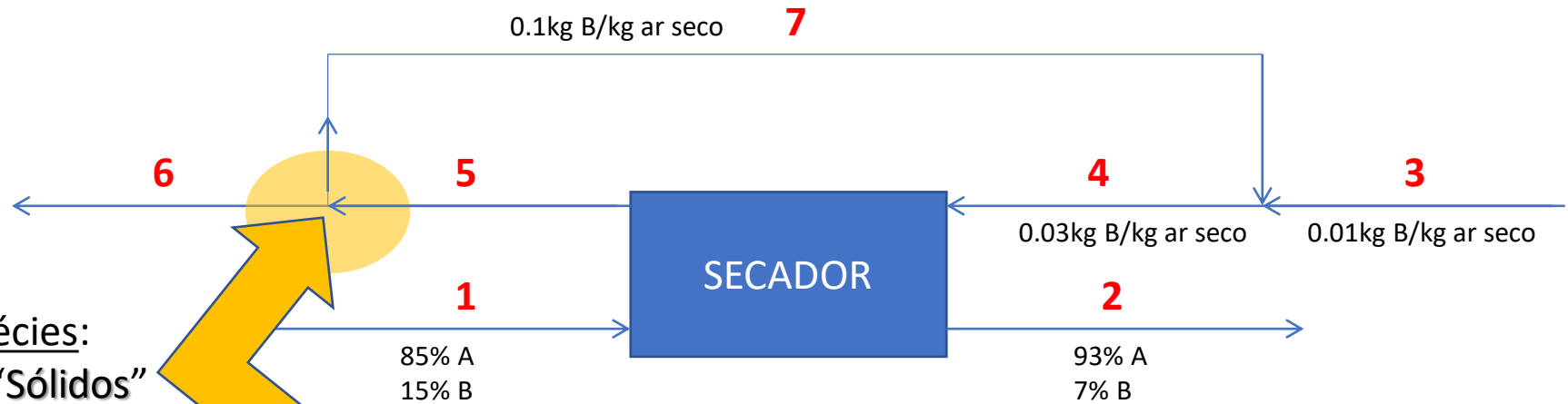
B - Água

C - Ar “seco”

Pretende-se reduzir o teor em água de um sólido, de 15% p/p para 7% p/p.

Sabe-se que:

- i) a alimentação de ar ao processo (ar fresco) contém 0.01 kg de água / kg ar seco;
- ii) a corrente de ar reciclado contém 0.1 kg de água / kg de ar seco;
- iii) a corrente de ar alimentada ao secador contém 0.03 kg de água / kg de ar seco.



Espécies:

A - "Sólidos"

B - Água

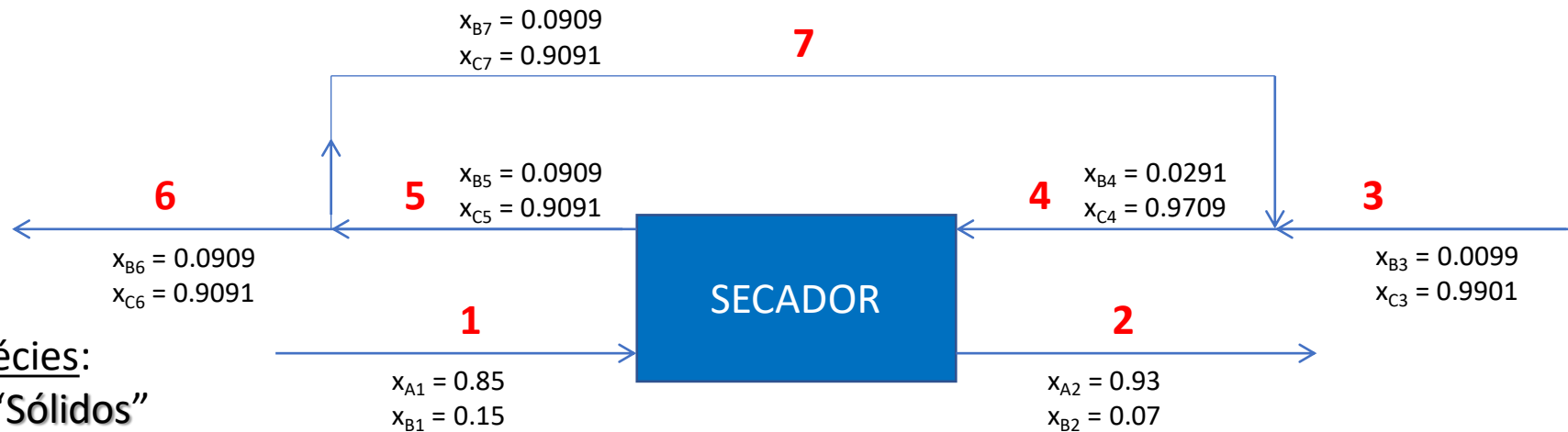
C - Ar "seco"

Composição mássica em B das correntes gasosas: $X_{B3} = \frac{0.01}{1 + 0.01} = 0.0099$

$$X_{B4} = \frac{0.03}{1 + 0.03} = 0.0291$$

"Nó de divisão"

$$X_{B5} = X_{B6} = X_{B7} = \frac{0.1}{1 + 0.1} = 0.0909$$



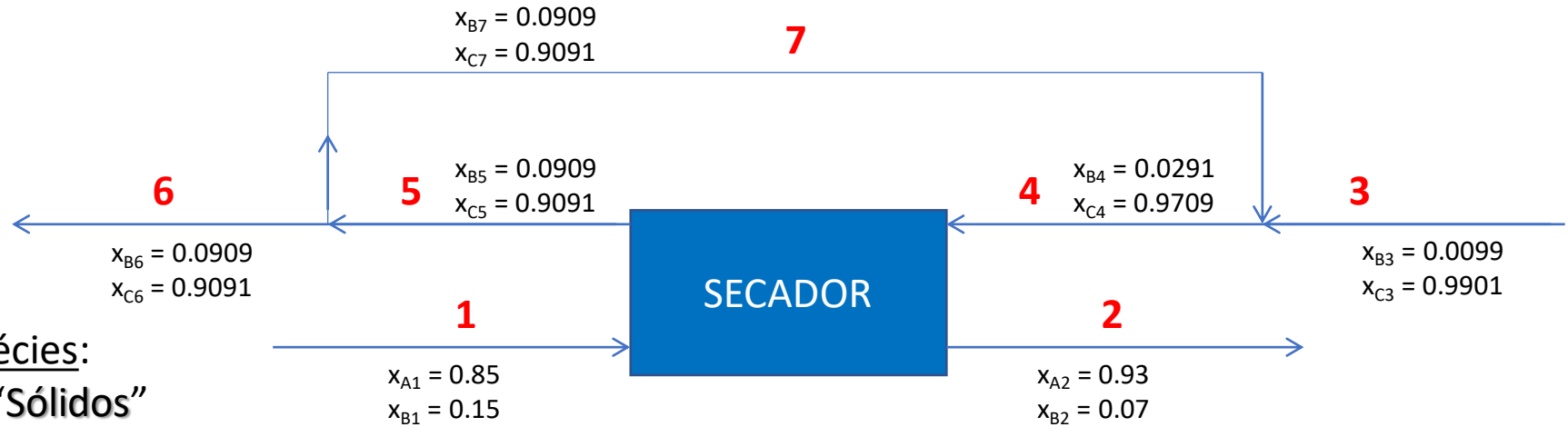
Espécies:

A - "Sólidos"

B - Água

C - Ar "seco"

kg	1	2	3	4	5	6	7
A							
B							
C							
Total	100						



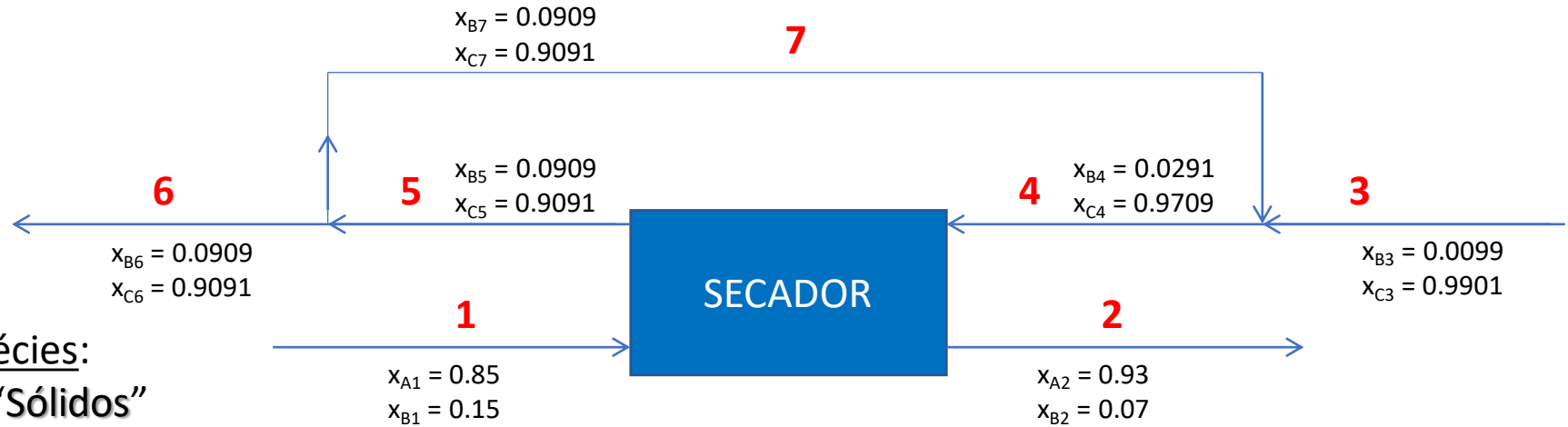
Espécies:

A - “Sólidos”

B - Água

C - Ar “seco”

kg	1	2	3	4	5	6	7
A			-	-	-	-	-
B							
C	-	-					
Total	100						



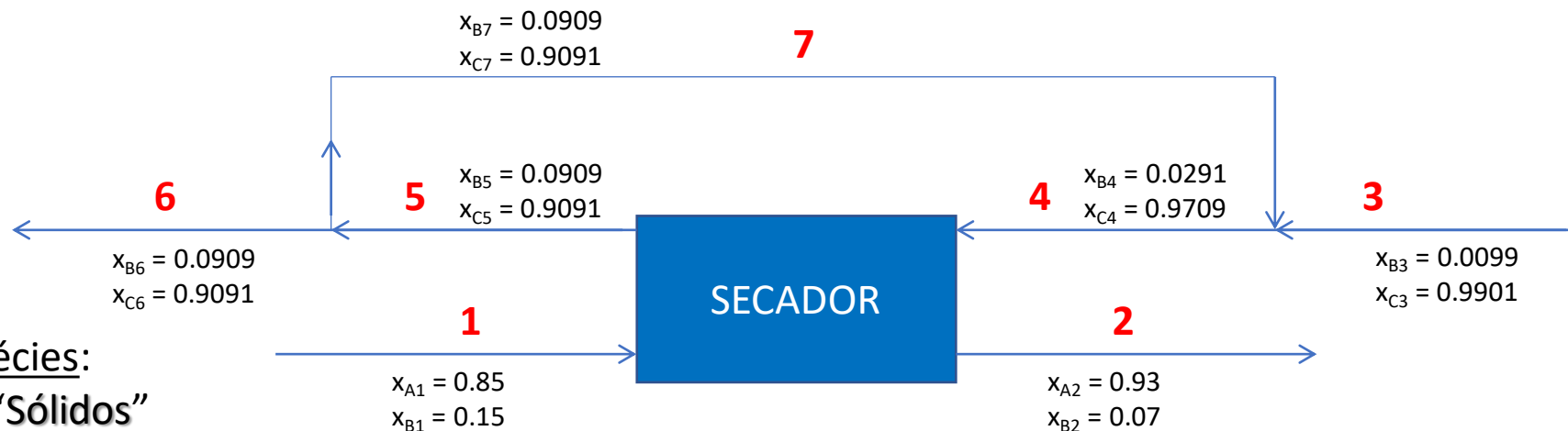
Espécies:

A - “Sólidos”

B - Água

C - Ar “seco”

kg	1	2	3	4	5	6	7
A	85		-	-	-	-	-
B	15						
C	-	-					
Total	100						



Espécies:

A - "Sólidos"

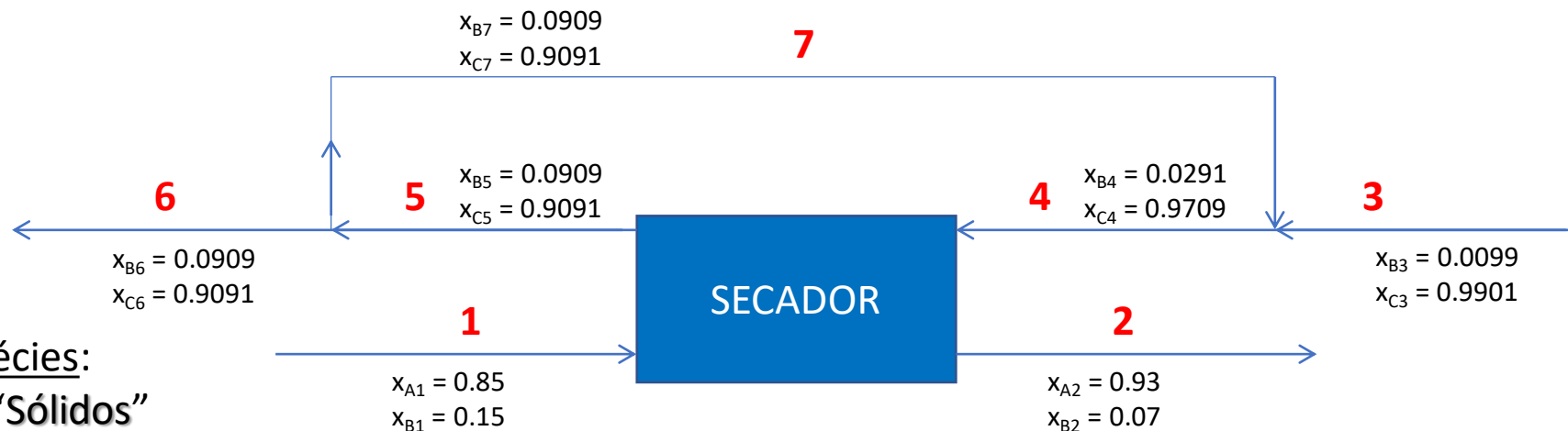
B - Água

C - Ar "seco"

kg	1	2	3	4	5	6	7
A	85	85	-	-	-	-	-
B	15						
C	-	-					
Total	100						

Base de cálculo

Neste caso era pedido o ar fresco necessário para secar 100 Kg de sólidos húmidos, logo o mais fácil é considerar 100kg de sólidos húmidos na corrente 1.



Espécies:

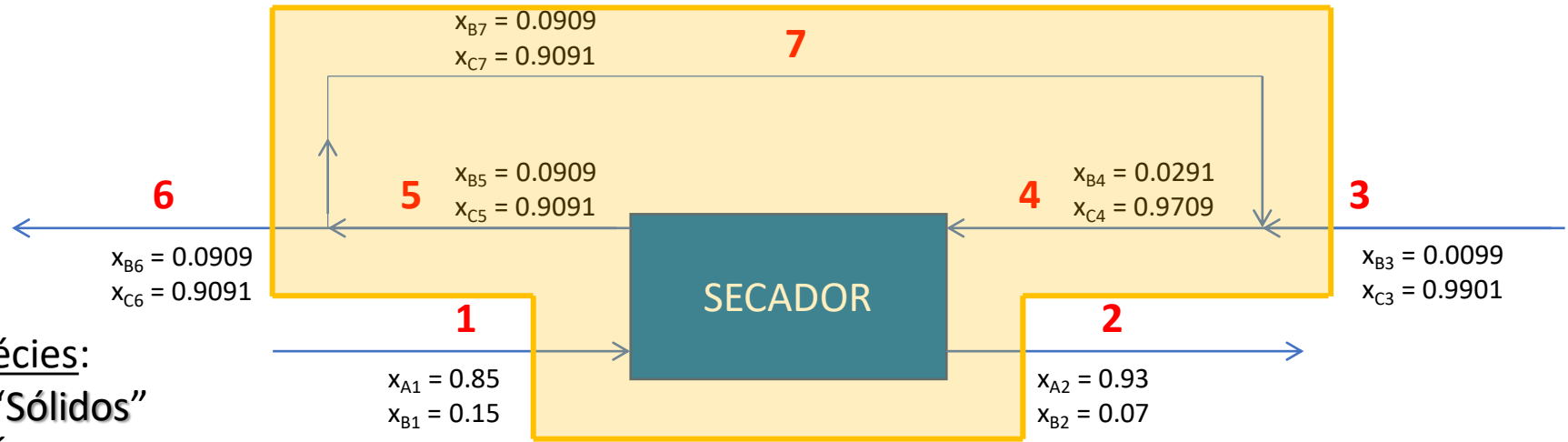
A - “Sólidos”

B - Água

C - Ar “seco”

kg	1	2	3	4	5	6	7
A	85	85	-	-	-	-	-
B	15	6.4	Os sólidos são os mesmos. A sua percentagem aumenta na corrente 2 porque estão mais secos.				
C	-	-					
Total	100	91.4					

85 kg de sólidos secos estão para 93%
assim como xkg de água estão para 7%
Ou seja 6.4 kg de B



Espécies:

A - "Sólidos"

B - Água

C - Ar "seco"

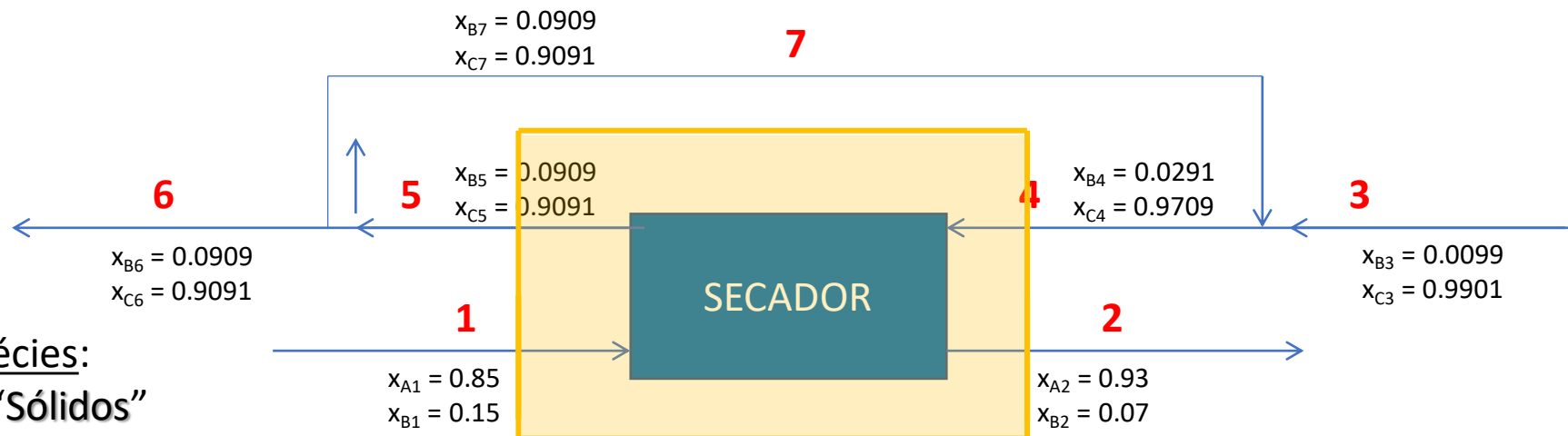
Balanço material ao PROCESSO GLOBAL

BM global:
$$m_1 + m_3 = m_2 + m_6$$

BM global a B:
$$x_{B1}m_1 + x_{B3}m_3 = x_{B2}m_2 + x_{B6}m_6$$

$$m_3 = 96.6kg$$

$$m_6 = 105.2kg$$



Espécies:

A - "Sólidos"

B - Água

C - Ar "seco"

Balanço material ao SECADOR

BM global: $m_1 + m_4 = m_2 + m_5$

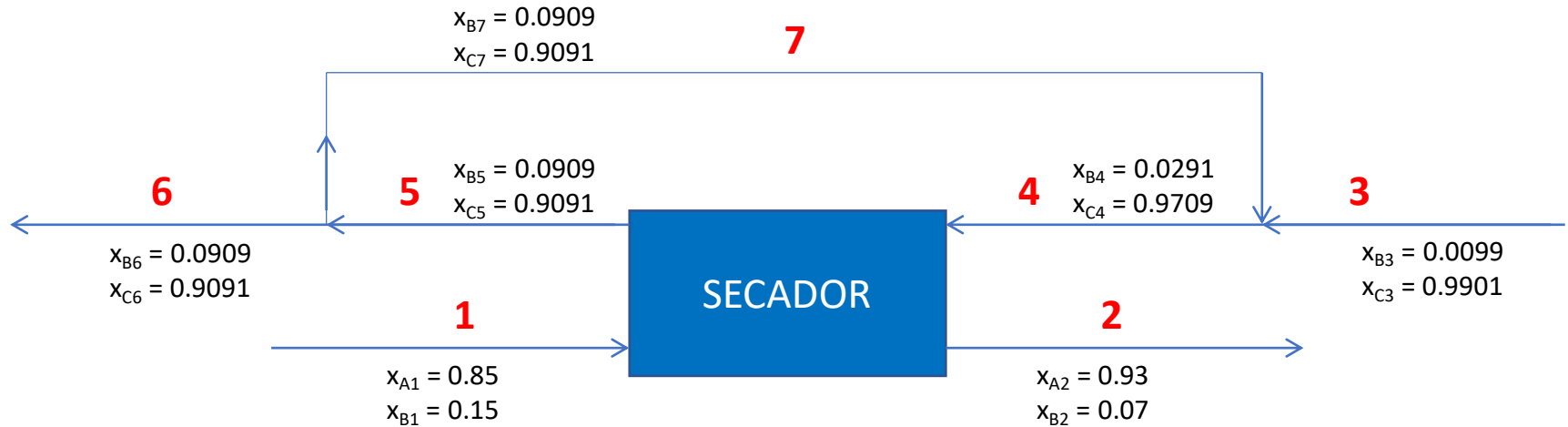
BM global a B: $x_{B1}m_1 + x_{B4}m_4 = x_{B2}m_2 + x_{B5}m_5$

$$m_4 = 126.5 \text{ kg}$$

$$m_5 = 135.1 \text{ kg}$$

$$m_4 = m_7 + m_3 \Leftrightarrow m_7 = m_4 - m_3 = 126.6 - 96.6 = 30 \text{ kg}$$

**Massa do ar
reciclado**



kg	1	2	3	4	5	6	7
A	85	85	-	-	-	-	-
B	15	6.4					
C	-	-					
Total	100	91.4	96.6	126.5	135.1	105.2	30

a) 96.6 kg de ar

b) $\frac{m_7}{m_3} = 0.31$