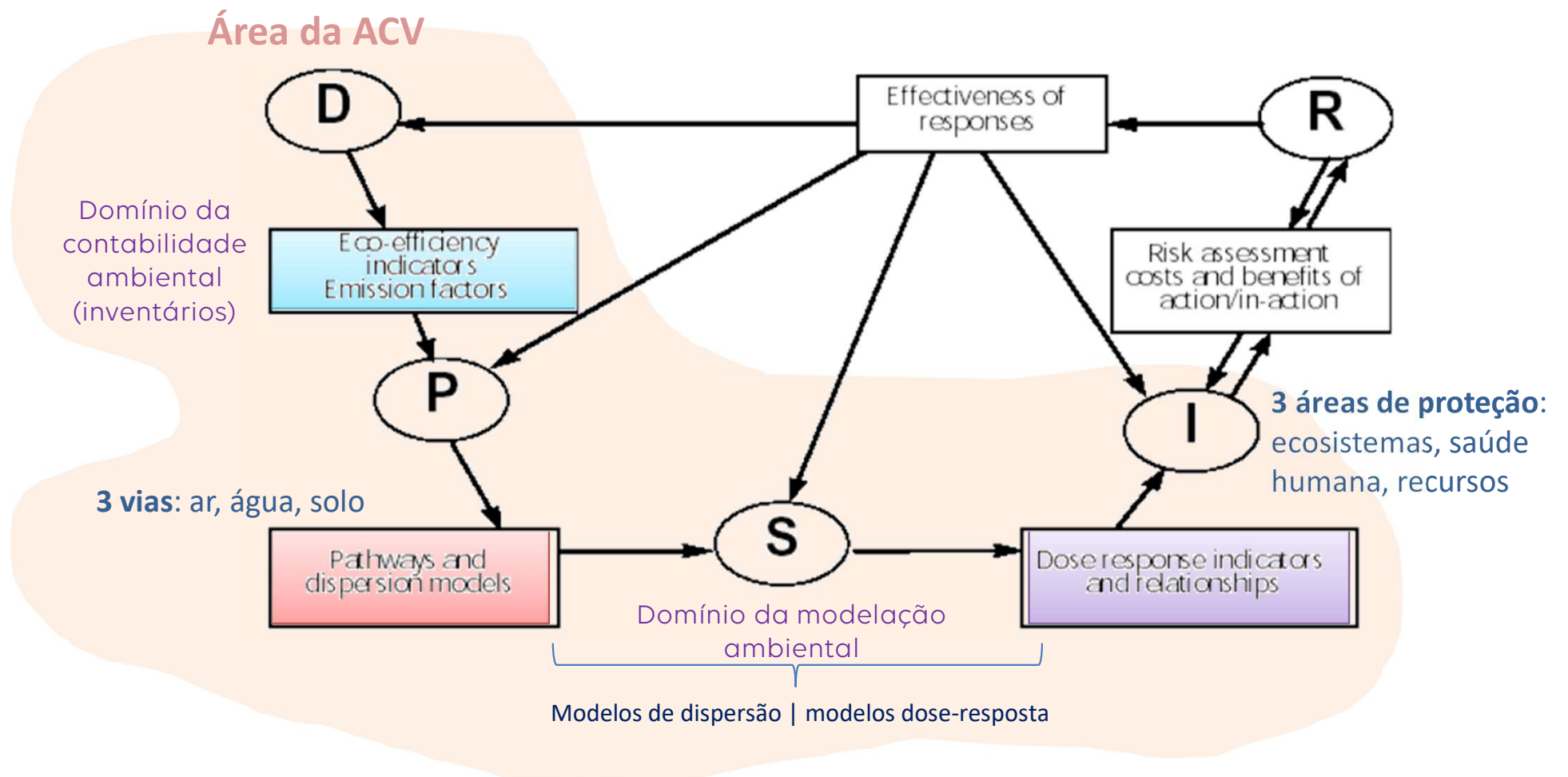




Avaliação do Ciclo de Vida Aula 2 – Balanço de massa 25 Novembro 2022

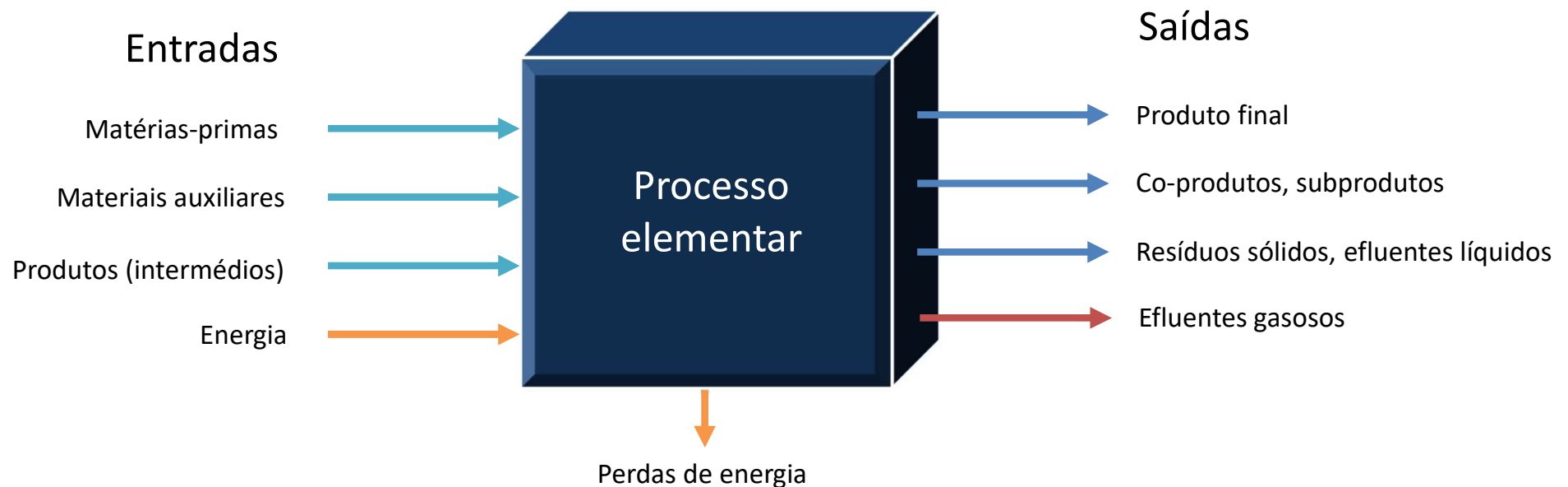
O Modelo DPSIR e a Avaliação do Ciclo de Vida



Inventário: processos e fluxos elementares

Processo elementar: menor elemento considerado numa análise de inventário do ciclo de vida para qual os dados de entrada e saída são quantificados

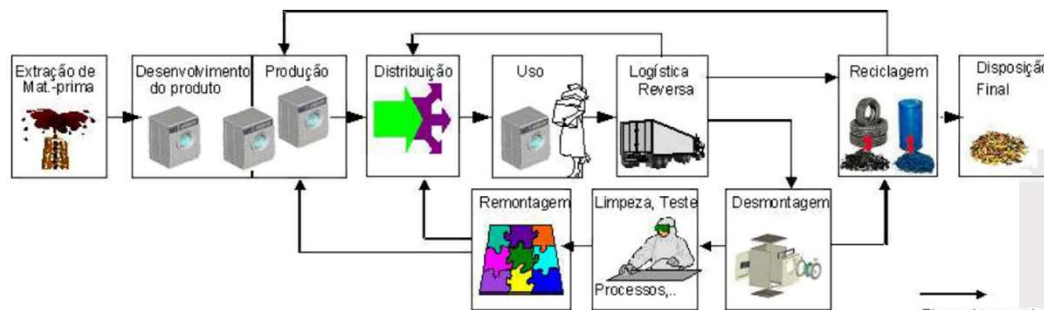
Fluxo elementar: material ou energia retirado do meio ambiente e que entra no sistema em estudo sem sofrer transformação prévia por intervenção humana, ou material ou energia que é libertado no meio ambiente pelo sistema em estudo sem sofrer transformação subsequente por intervenção humana



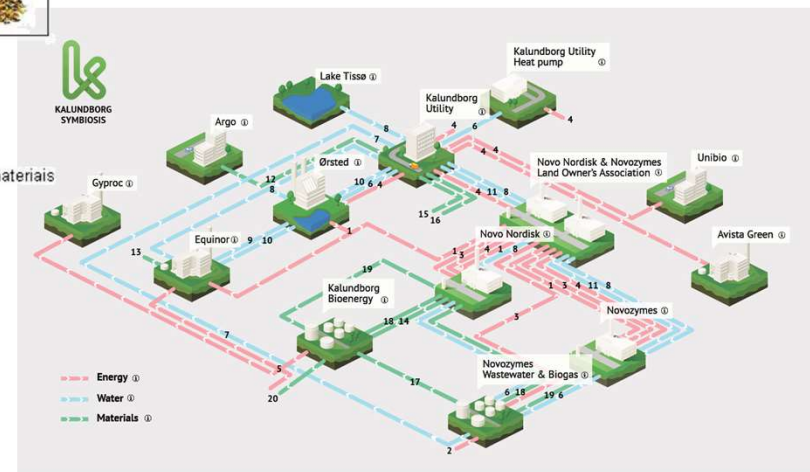
Ciclo de vida: processos e fluxos elementares

Processo elementar: menor elemento considerado numa análise de inventário do ciclo de vida para qual os dados de entrada e saída são quantificados

Fluxo elementar: material ou energia retirado do meio ambiente e que entra no sistema em estudo sem sofrer transformação prévia por intervenção humana, ou material ou energia que é libertado no meio ambiente pelo sistema em estudo sem sofrer transformação subsequente por intervenção humana



Fluxo de materiais

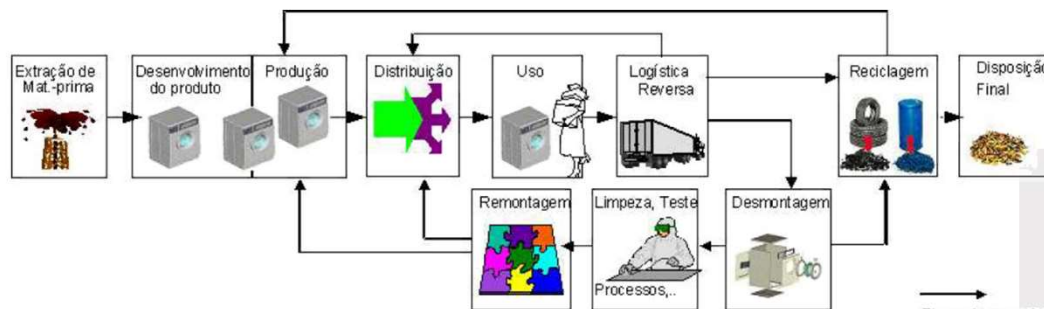


Ciclo de vida: processos e fluxos intermédios

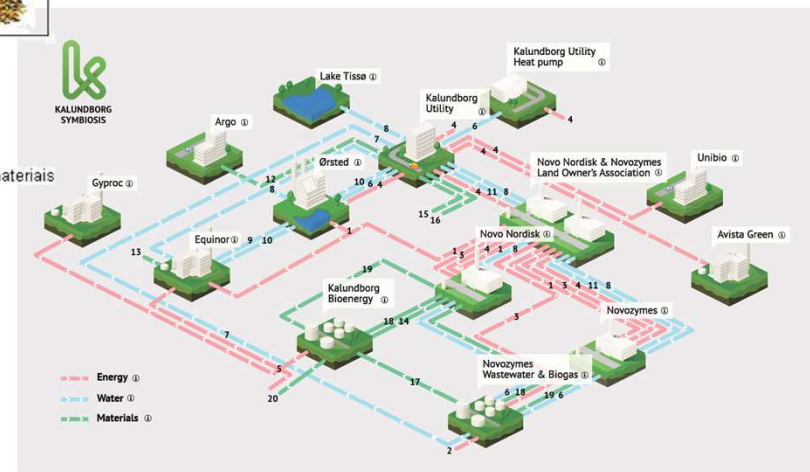
Fluxo intermédio: fluxo de produto, material ou energia que ocorre entre processos elementares do sistema de produto em estudo

Produto intermédio: saída de um processo elementar que se constitui em entrada para um outro processo elementar e que requer transformação adicional dentro do sistema de produto

Fluxo de produto: entrada ou saída de produtos provenientes de ou com destino a um outro sistema de produto



Fluxo de materiais



Processos unitários e operações unitárias



Exemplos de processos unitários

Processo Unitário	Na indústria de
Oxidação	Ácido Sulfúrico Ácido Nítrico Ácido ftálico
Neutralização	Sabão Aubos
Hidrogenação	Óleos Hidrogenadas
Nitração	Nitrobenzeno (fabrico anilina)
Sulfonação	Ácido Sulfónico (fabrico de detergente)
Polimerização	PABD, PEAD, PVC, PP
Fermentação	Antibióticos
Pirólise	Negro de fumo





Exemplos de operações unitárias

Operação Unitária	Na indústria de
Destilação	Ref. Petróleo, recuperação de solventes, etc
Filtração	Aduos, Ref.açucar, etc
Sublimação	Anidrido ftálico
Absorção	Ácido Sulfúrico, etc
Extracção	Óleos alimentares (hexano), etc
Cristalização	Eucalipto, etc
Secagem	Pasta de Papel, sabão, etc

Exemplos de operações unitárias

Nome da Operação	Entrada	Agente separador	Saída	Propriedade física envolvida	Indústrias (exemplos)
Destilação	líquido	calor	- líquido - vapor	diferença de pontos de ebulição	Destilação de petróleo
Extração Líquido/Líquido	líquido	líquido imiscível	- líquido - líquido	diferença de solubilidades	Concentração do minério de urânio, separação de hidrocarbonetos
Cristalização	líquido	frio	- líquido - sólido	diferença de pontos de fusão	Açúcar, óleos essenciais
Permuta Iónica	líquido	resinas permutadoras	- líquido desionizado - resinas saturadas	retenção iónica preferencial	Descalcificação da água
Absorção	gases	líquido	- líquido - gases	diferença de solubilidades	Purificação do hidrogénio por remoção do CO ₂
Sublimação	gases	frio	- sólido - gases	diferença de pontos de sublimação	Purificação do iodeto de potássio
Lixiviação	sólidos	líquido	- sólidos - líquido	diferença de solubilidades	Decafinação do café, extração de minérios
Filtração	sólido + líquido	meio filtrante	- sólido - líquido	diferença de tamanho	Produção de óleos alimentares, sumos de fruta
Sedimentação	sólido + líquido	força da gravidade	- sólido - líquido	diferença de densidade	Tratamentos de efluentes líquidos
Centrifugação	sólido + líquido	força centrífuga	- sólido - líquido	diferença de densidade	Produção de manteiga, óleos alimentares
Secagem (de sólidos)	sólido + líquido	calor	- sólido - vapor	Vaporização dos líquidos	Produção de frutos secos, tabaco

(...)

Processo ou operações unitári@ ?

Redução de Tamanho

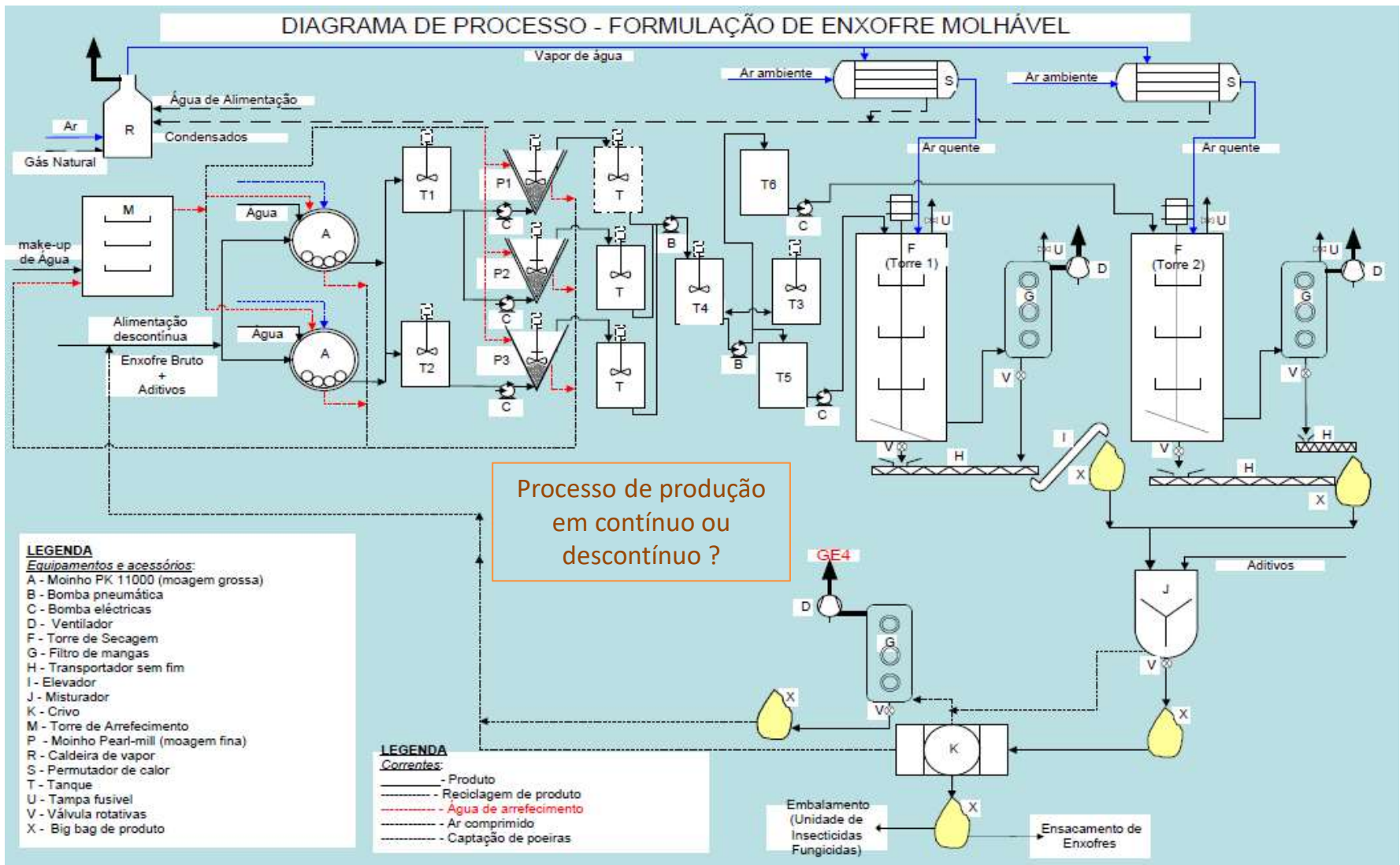
Inputs e Outputs (Trituração e Moagem Seca)

Inputs	Materiais a triturar/moer; energia eléctrica
Outputs Desejados	Materiais triturados / moídos
Outputs Indesejados	Poeiras; Resíduos de limpeza (??); Ruído
Outputs Acidentais	Espalhamento de sólidos; Poeiras

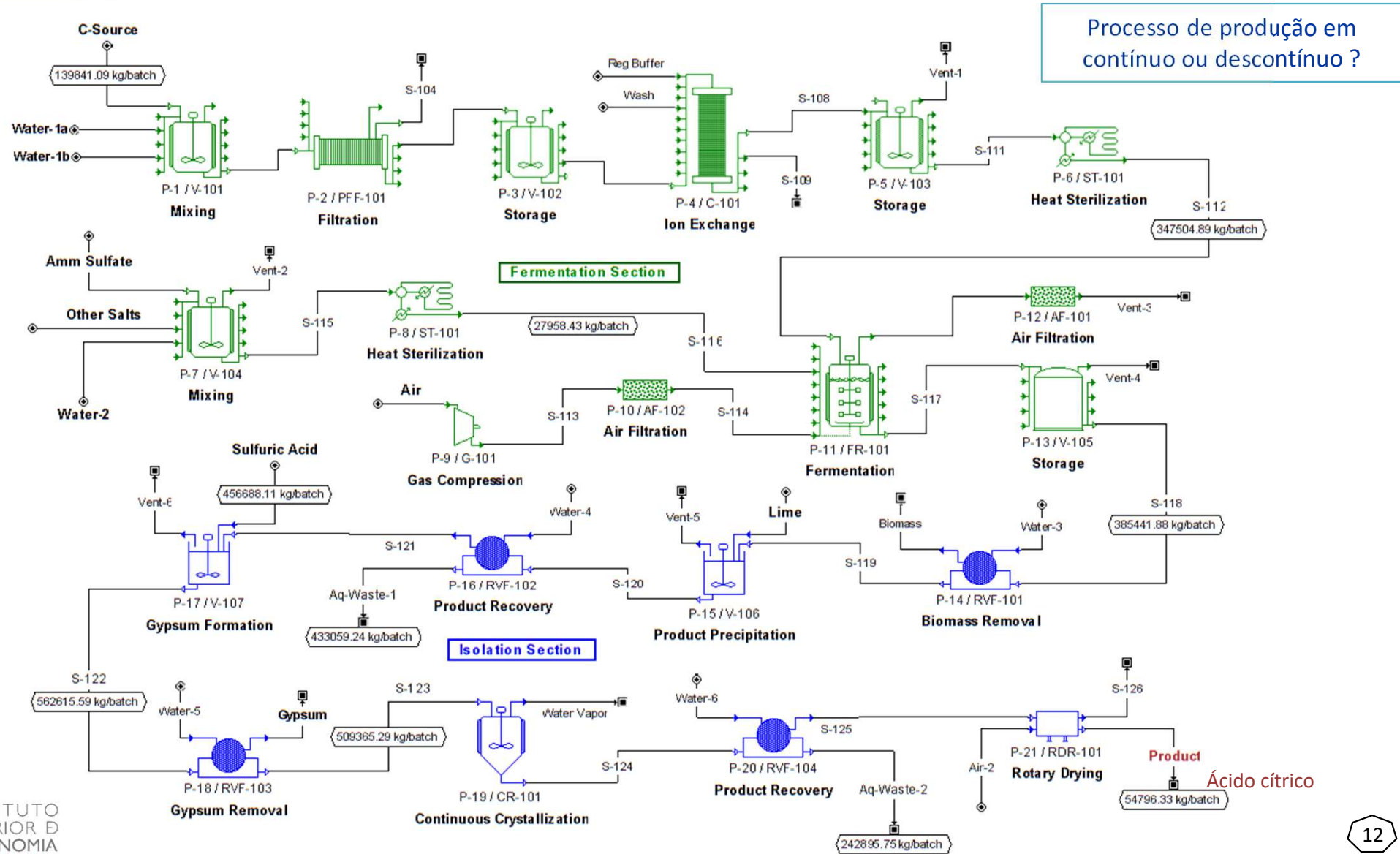
Inputs e Outputs (Moagem Húmida)

Inputs	Materiais, a moer; água; energia eléctrica
Outputs Desejados	Polpa
Outputs Indesejados	Resíduos de lavagem (??); Ruído
Outputs Acidentais	Espalhamento de sólidos; Poeiras; Derrames de polpa

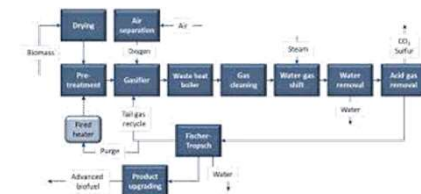
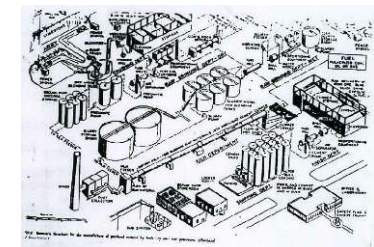
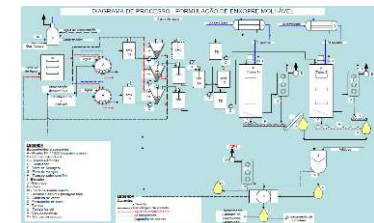
Que processos e/ou operações unitári@s ?



Que processos e/ou operações unitári@s ?



Representações do sistema de produto



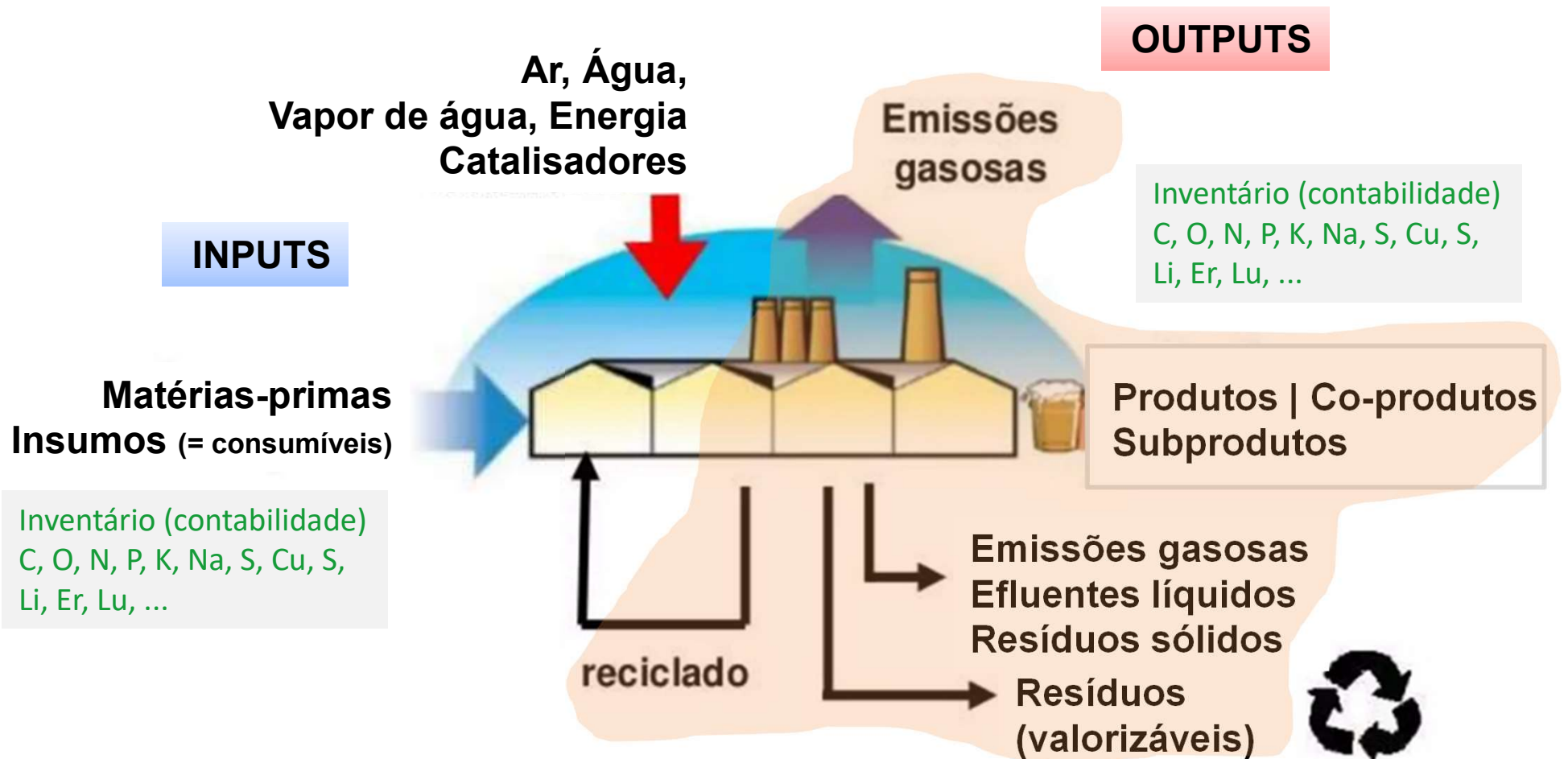
Exercício 1 – indústria de curtumes

Analise atentamente o texto em anexo relativo à caracterização dos processos de fabrico da indústria de curtumes [[Modulo II Aula 2 25Nov22 Enunciado Exercicio 1](#)].

1. Construa um diagrama de blocos que traduza os principais processos industriais desta actividade industrial.
2. Construa a matriz de inputs e outputs relativa a cada um dos processos identificados no ponto anterior.

OUTPUTS INPUTS	H	I	J
A			
B			
C			
D			
E			

Fluxos e balanços mássicos





Processo: classificação operacional

Processo contínuo: um processo durante o qual a quantidade de materiais que entram e a quantidade de produtos que saem fluem de forma **constante**, durante todo o processo. (ex. moagem)

Processo descontínuo (batch) : um processo durante o qual **não há entrada nem saída** de materiais | durante a sua operação. Usado sempre que é o controlo de qualidade do produto e/ou do processo é essencial (ex. fermentação)

Processo semi-contínuo: um processo durante o qual há adição (entrada) de materiais durante o processo mas o(s) produto(s) não são removidos durante a operação (ou o inverso) (ex: granulagem ou compressão em comprimidos na indústria farmacêutica)



Processo: classificação temporal

Processo em estado estacionário (ou de **regime permanente**): operação de um processo no qual todas as condições (ex. temperatura, pressão, materiais entrados, produtos saídos, ...) são **mantidas** constantes ao longo do tempo.

Ex. unidades: kg/h, mol/h, m³/h ...

Processo em estado transitório (ou de **regime não permanente**) : operação de um processo no qual uma ou mais das condições iniciais **variam** com o tempo.

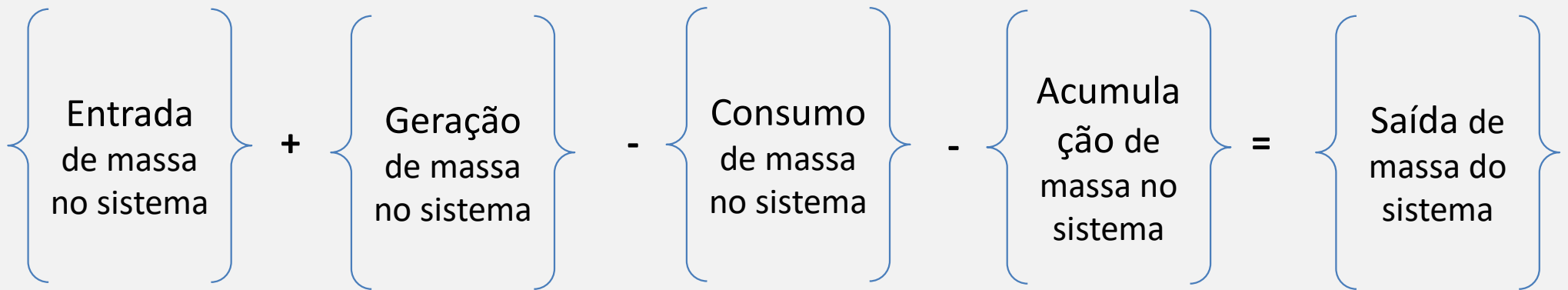
Os processos contínuos podem ocorrer tanto em regime permanente como transitório

E os processos em batch ?

E os processos semi-contínuos?

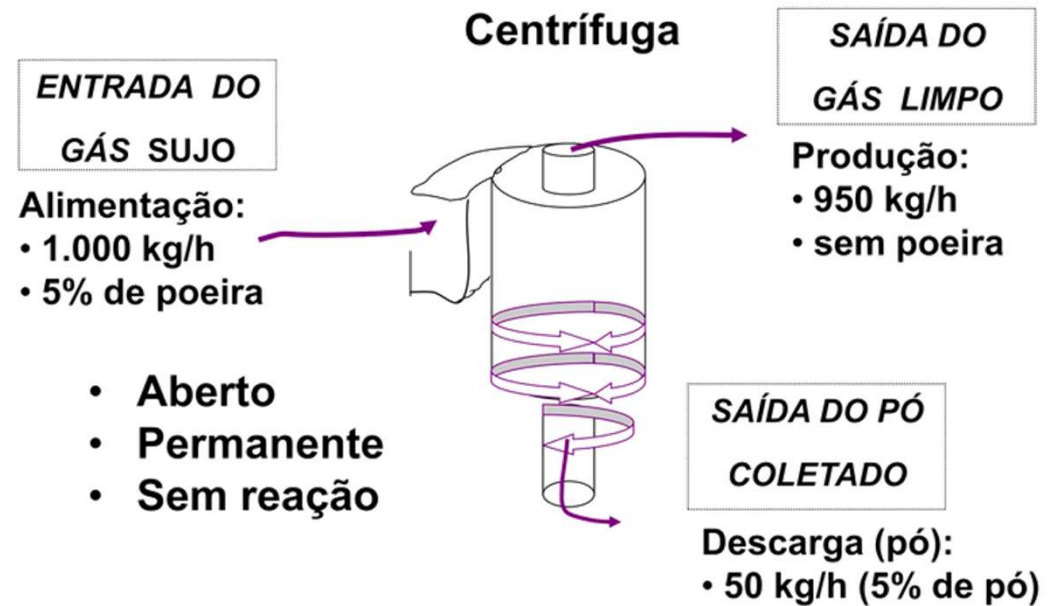
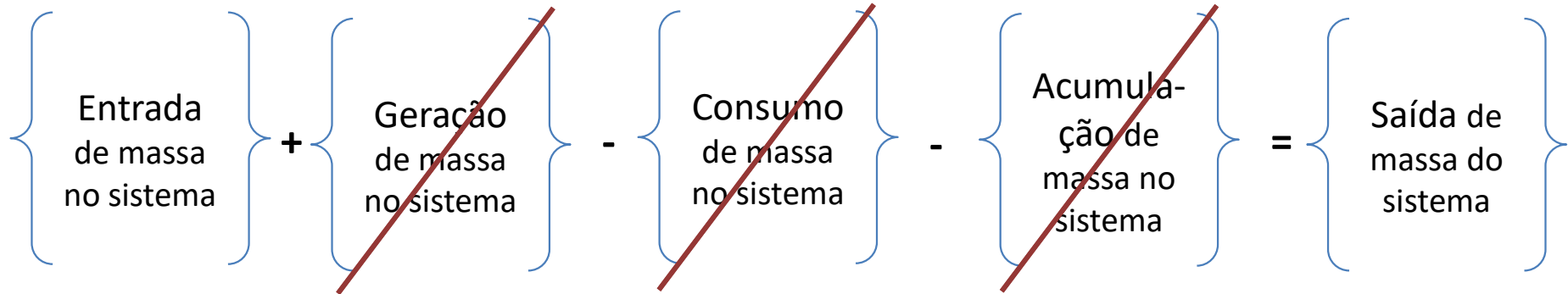
Balanço de massa

Lei de Lavoisier: Σ [massas dos reagentes] = Σ [massas dos produtos da reação]



Balanço de massa – massa física (peso)

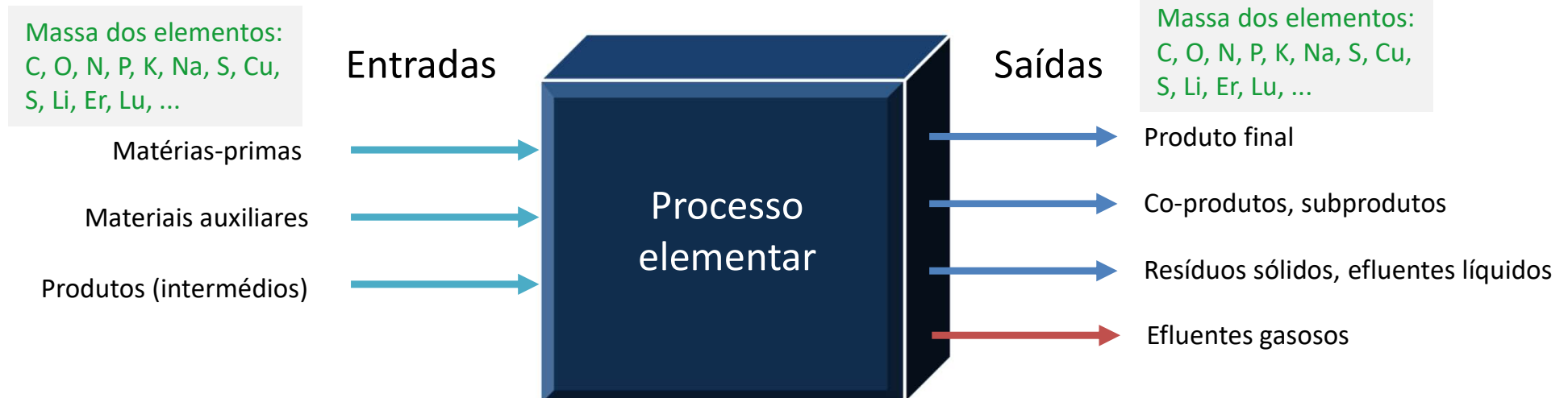
1. Processo contínuo, em estado estacionário, **sem reação química**



Balanço de massa – massa (matéria)

2. Processo contínuo, em estado estacionário, **com reação química**

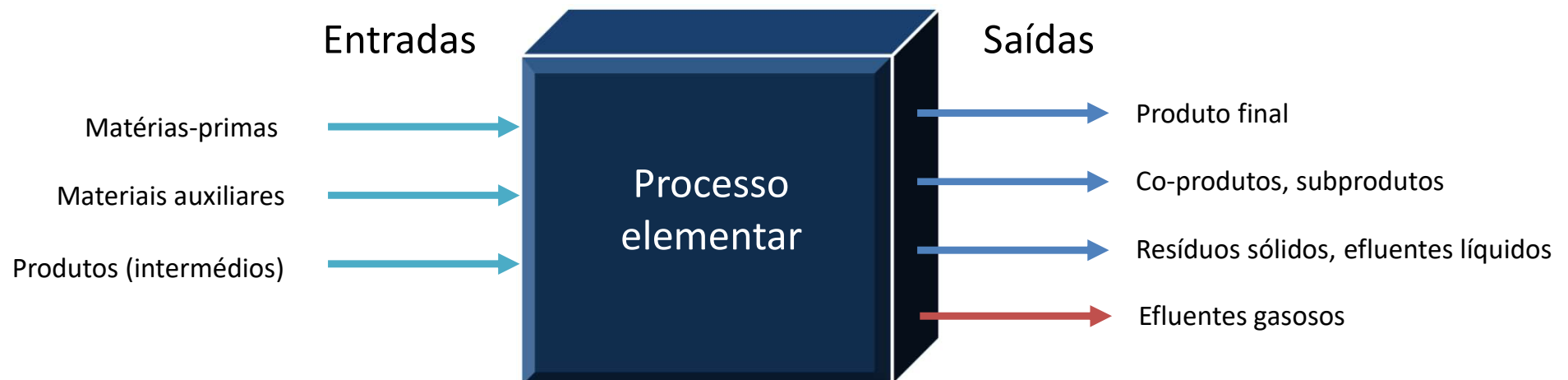
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrada} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Geração} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Consumo} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Acumula-} \\ \text{ção de} \\ \text{massa no} \\ \text{sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Saída de} \\ \text{massa do} \\ \text{sistema} \end{array} \right\}$$



Balanço de massa – massa física (peso)

3. Processo contínuo, em estado transitório, **sem reação química**

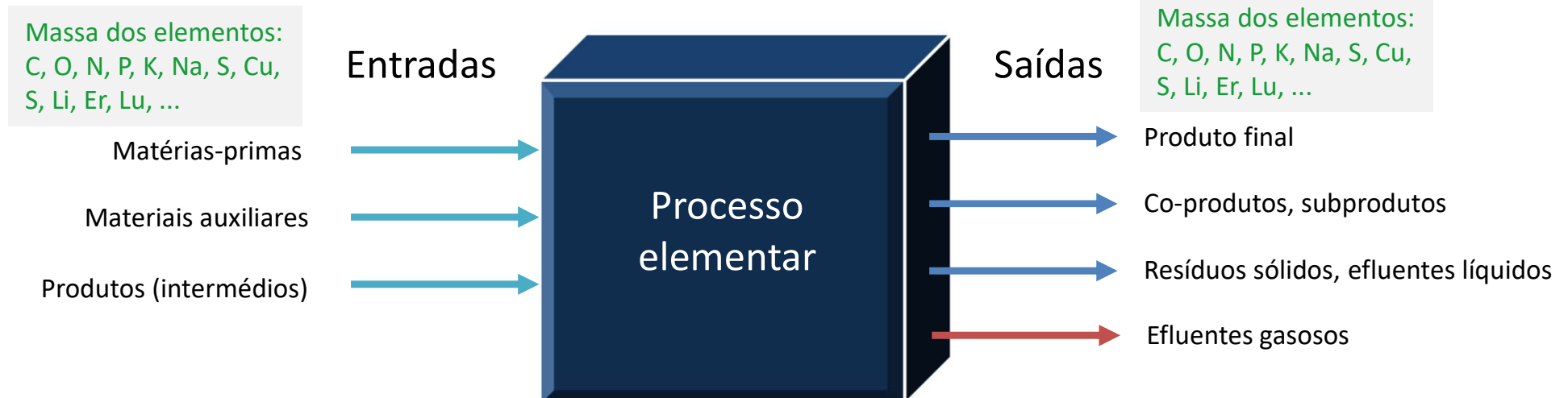
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrada} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Geração} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Consumo} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Acumula-} \\ \text{ção de} \\ \text{massa no} \\ \text{sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Saída de} \\ \text{massa do} \\ \text{sistema} \end{array} \right\}$$



Balanço de massa – massa (matéria)

4. Processo contínuo, em estado transitório, com reação química

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrada} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Geração} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Consumo} \\ \text{de massa} \\ \text{no sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Acumula-} \\ \text{ção de} \\ \text{massa no} \\ \text{sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Saída de} \\ \text{massa do} \\ \text{sistema} \end{array} \right\}$$



Processo: tipos de balanços de massa

Balanços diferenciais: aplicados a processos contínuos em estado estacionário.

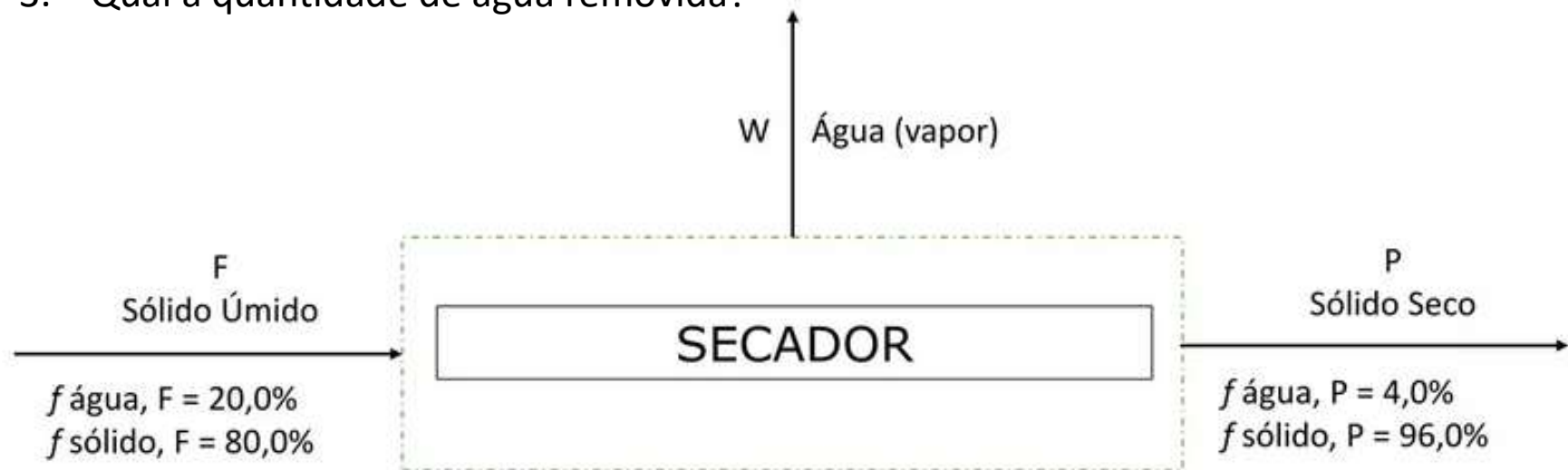
Cada termo representa uma taxa de fluxo de massa (g CO₂/h; barris/dia, ...)

Balanços integrais: aplicados a processo em batch, entre os estados inicial e final (Δt).

Tipos de Balanço Aplicável		Tipo de Processos	
		Sem reação química	Com reação química
Balanço Total	Massa (peso)	Sim	Sim
	Massa (matéria)	Sim	Não
Balanço de componentes	Massa (peso)	Sim	Não
	Massa (matéria)	Sim	Não
Elementos químicos	Massa (peso)	Sim	Sim
	Massa (matéria)	Sim	Sim

Exercício de balanço de massa 1

1. Calcule o balanço de massa relativo a um secador de leite em pó que produz **120 kg de produto por hora**.
2. Qual é o teor de humidade do leite em pó à saída do secador
3. Qual a quantidade de água removida?



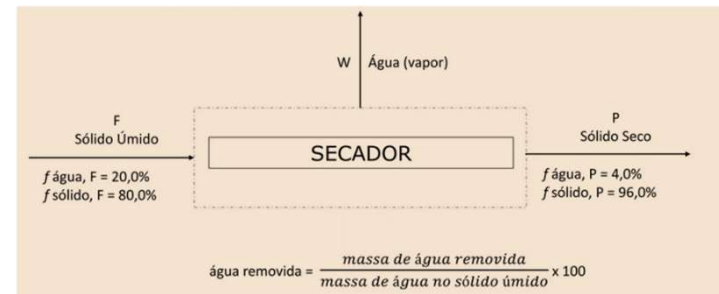
$$\text{água removida} = \frac{\text{massa de água removida}}{\text{massa de água no sólido úmido}} \times 100$$

Exercício de balanço de massa 1: solução

1. Calcule o balanço de massa relativo a um secador de leite em pó que produz **120 kg de produto por hora**.
2. Qual é o teor de humidade do leite em pó à saída do secador
3. Qual a quantidade de água removida?

$$0.8L_e + 0,2W_e = 1$$

$$0.96L_s + 0,04W_s = 1$$



$$0,8 \text{ kg} = 0,96L_s + 0W_s$$

$L_s = 0,83(3)$ kg de leite em pó com 4% de água

$\Rightarrow W_s = 0,83(3) * 0,04 = 3,33$ kg quantidade de água ainda presente no leite

$0,2 - 0,833 * 0,04 \Rightarrow W_s = 0,2 - 0,033 = 0,167$ kg quantidade de água removida

$$\% \text{ água removida} = 0,167 / 0,2 = 83,5\%$$

$$L_s = 120 \text{ kg} \Rightarrow \text{factor multiplicativo } 144,0576$$

Exercício de balanço de massa 1: solução

1. Calcule o balanço de massa relativo a um secador de leite em pó que produz **120 kg de produto por hora**.
2. Qual é o teor de humidade do leite em pó à saída do secador
3. Qual a quantidade de água removida?

	Entrada		Saída		% Remoção de Água
	Leite Le (kg/h)	Leite Ls (kg/h)	W (kg/h)		
Leite (L)	0,8	0,8			
Água (W)	0,2	0,033	0,167		
Total	1	1			83,5%

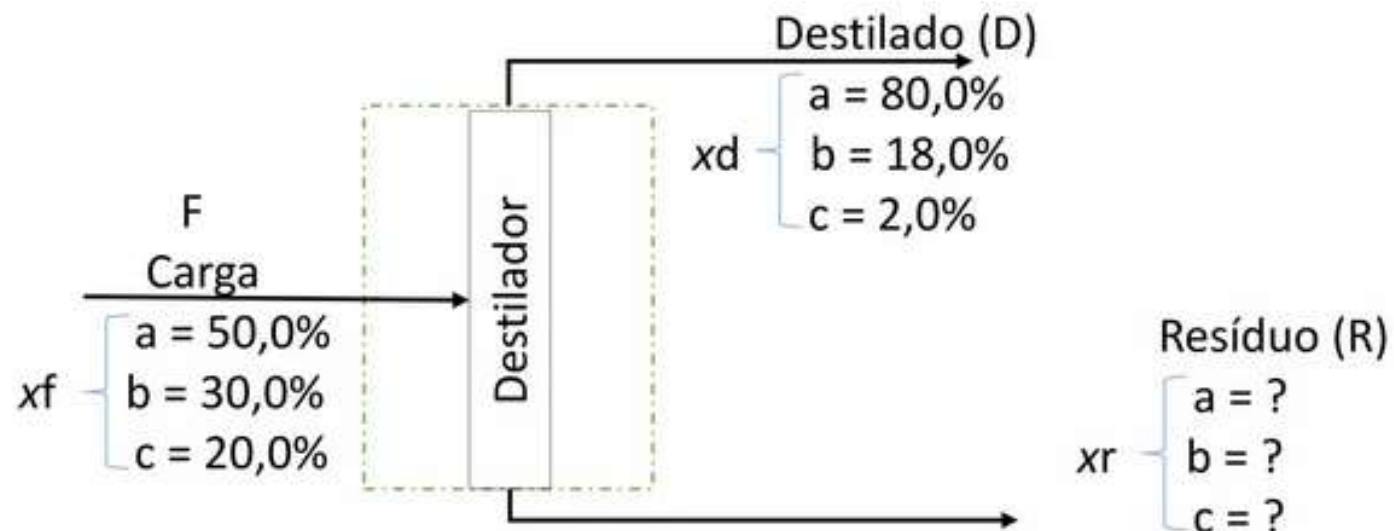
	Entrada		Saída		% Remoção de Água
	Leite Le (kg/h)	Leite Ls (kg/h)	W (kg/h)		
Leite (L)	115,2	115,2			
Água (W)	28,8	4,752	24,048		
Total	144	144			83,5%

120,0

Exercício de balanço de massa 2

Pretende-se separar por destilação a mistura F, cuja composição x_F contém 3 componentes a, b e c nas concentrações indicadas na figura abaixo. O objetivo é obter um produto final com uma razão destilado/carga = 0,6 e uma composição final x_D . Identifique o tipo de sistema. Calcule, em termos de quantidade de matéria:

1. a razão resíduo /carga (R/F)
2. a composição do resíduo x_R
3. A composição da componente “a” no destilado e a da componente “c” no resíduo



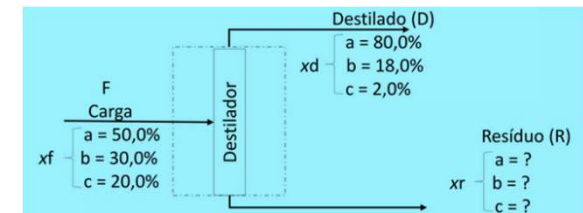
Exercício de balanço de massa 2: resolução

Pretende-se separar por destilação a mistura F, cuja composição x_F contém 3 componentes a, b e c nas concentrações indicadas na figura abaixo. O objetivo é obter um produto final com uma razão destilado/carga = 0,6 e uma composição final x_D . Calcule, em termos de quantidade de matéria:

1. a razão resíduo /carga (R/F)
2. a composição do resíduo x_R
3. A composição da componente “a” no destilado e a da componente “c” no resíduo

$$D/F = 0,6 \text{ kmol}$$

$$\text{Balanços: } F=D+R; F(x_F) = D(x_D)+R(x_R)$$



Componen	Entrada		Saída		xR (em % de R)
	Carga (kmol)	Destilado (kmol)	Resíduo (kmol)		
a	50,0	48,0	2,0		5,0
b	30,0	10,8	19,2		48,0
c	20,0	1,2	18,8		47,0
Total	100	60	40		100



Exercício de balanço de massa 3

Estabeleça o balanço material relativo à combustão de 650 kg de bio-etanol, considerando que o processo ocorre com 30% de excesso de ar. Calcule, o consumo de oxigénio do ar e a quantidade de CO₂ emitido. Qual a relação (teórica) “ar-combustível”¹ nesta situação?

Passos recomendados:

1. Construir um diagrama representando os fluxos
2. Identificar o tipo de sistema: aberto, contínuo, em regime estacionário, com reação química
3. Escrever a equação geral
4. Identificar e escrever a reação química
5. Escolher a base de cálculo conveniente

¹ – quantidade de ar por unidade de combustível



Avaliação do Ciclo de Vida Aula 2 – Balanço de massa 25 Novembro 2022