

Balanço de Massa

Aplicação Industrial

Prof. Ana Carolina Teixeira



01. Conceitos Fundamentais

02. Sistemas

03. Processos

04. Balanço

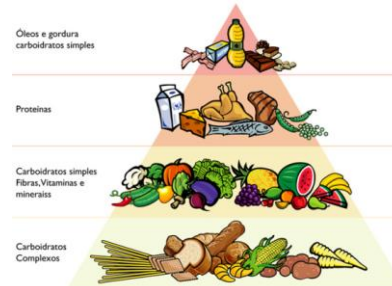
05. Aplicações

06. Atividade





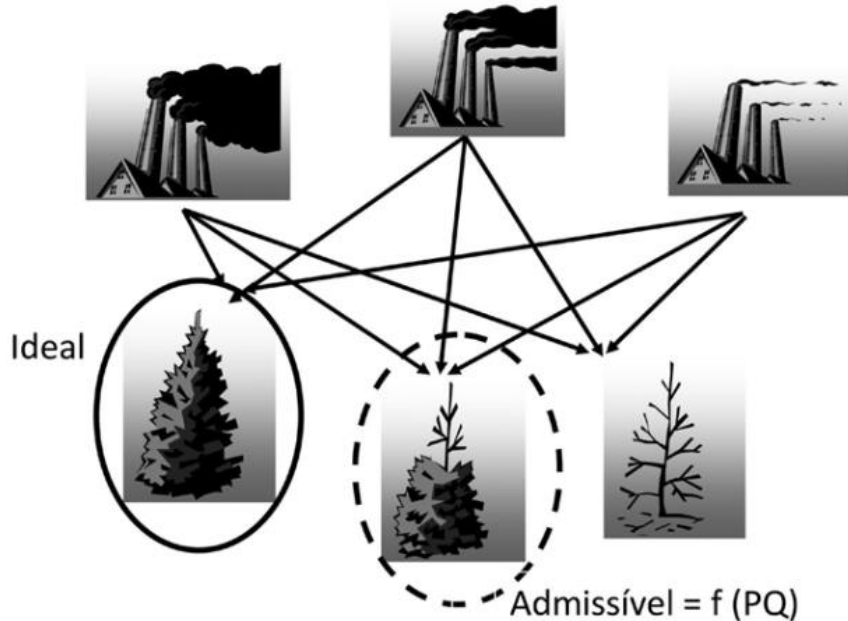
Desenvolvimento



..... Pilares da Sustentabilidade



..... Viabilidade Ambiental



Possibilidade de adequação de atividades antrópicas frente aos padrões de qualidade ambiental considerando a capacidade do meio assimilar um certo nível de impacto



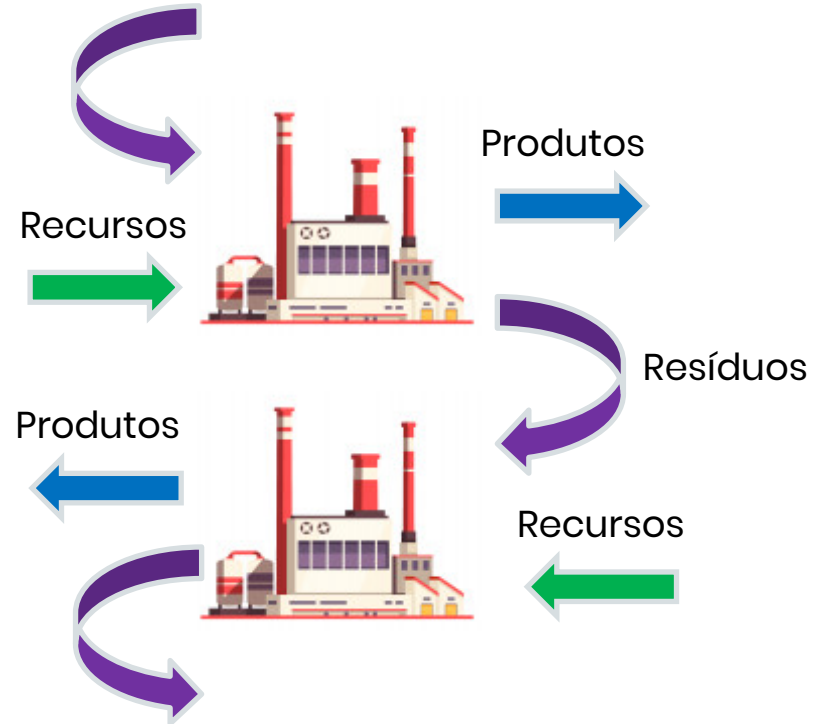
**Ana, qual a
relação disso
com a aula de
balanço de
massa e energia?**

..... **Ecologia Industrial**

Convencional



Circular



..... Ecologia Industrial



Redução da
captação de matéria
prima da natureza



Redução da quantidade
de resíduos
produzidos/depositados



Sistema industrial com
reaproveitamento de
resíduos



Resíduo = matéria
prima



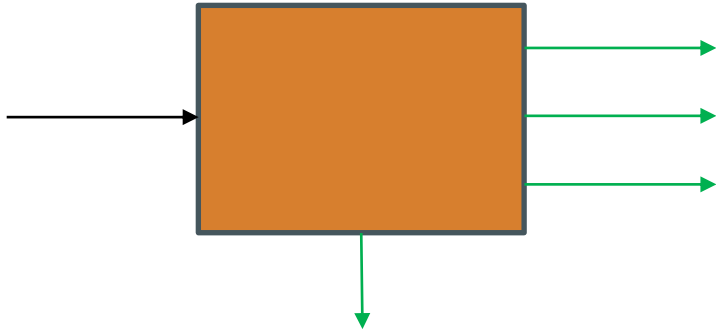
Logística Reversa



Cogeração

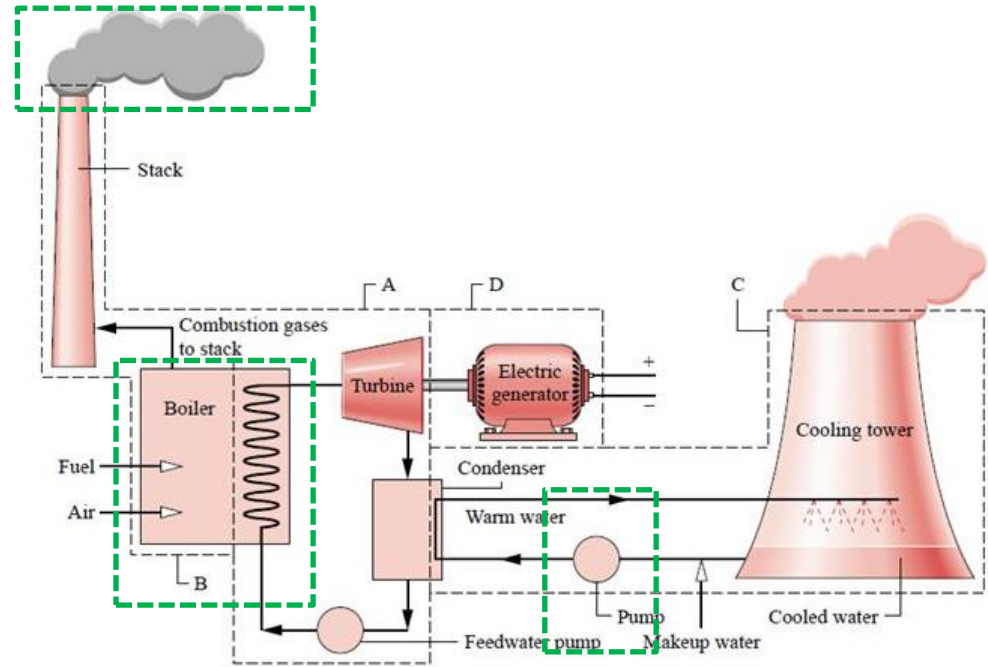
..... **Vamos voltar nos conceitos fundamentais...**

- Antoine-Laurent de Lavoisier
- Lei de Conservação da Massa
- Nada se cria, nada se perde,
tudo se transforma



..... Conceitos Fundamentais

- Volume de Controle:
sistema delimitado
para a avaliação do
balanço de massa



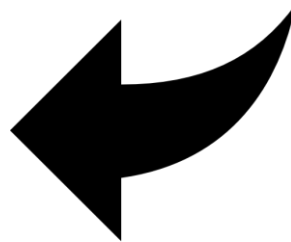
..... **Sistemas**



Objetivo do estudo e está
sujeito à alterações físicas,
químicas, bioquímicas
e/ou biológicas

SISTEMA ≠ **PROCESSO**

Cada etapa em que
acontecem mudanças
das propriedades do
sistema



..... Sistemas

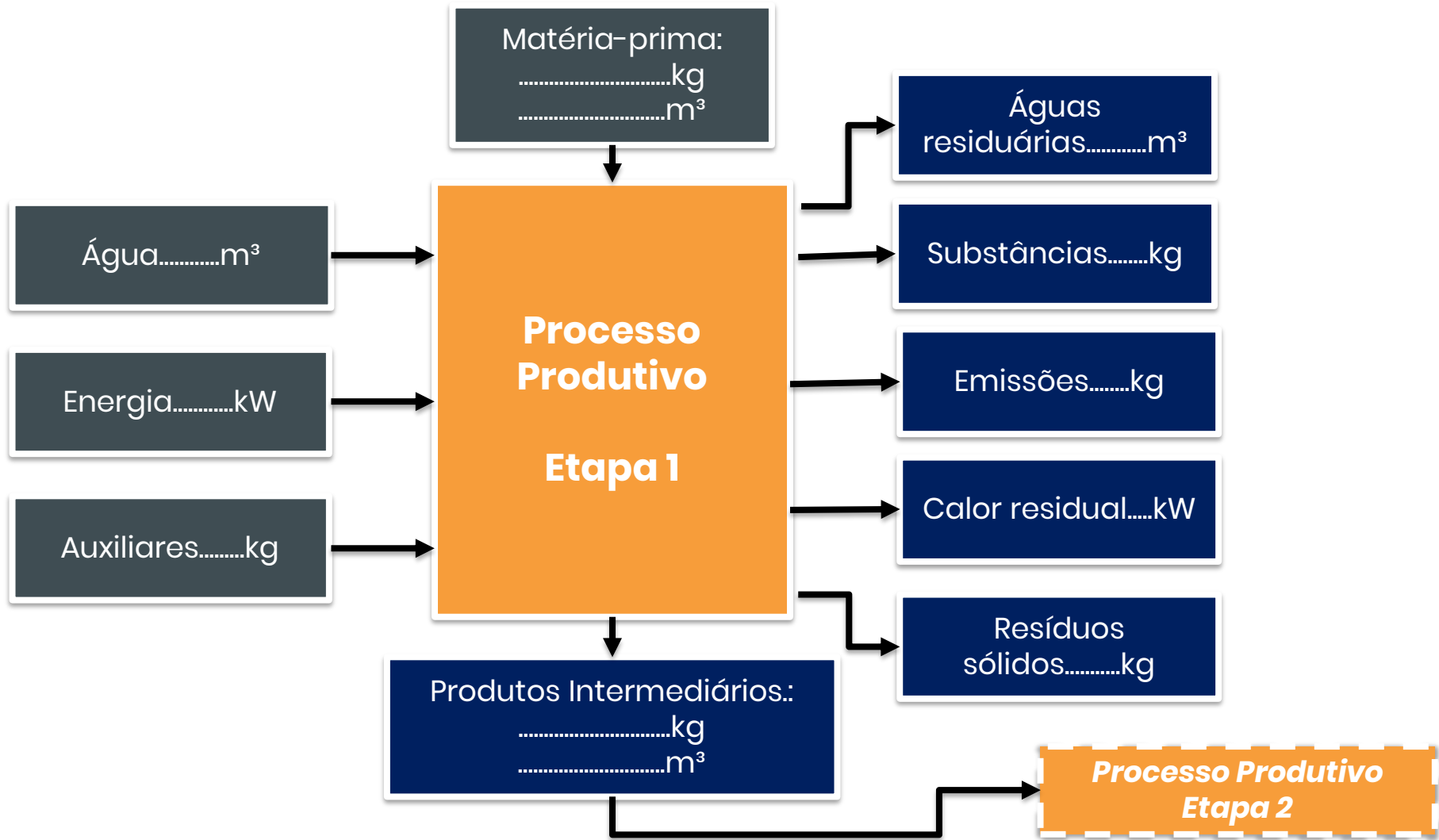
- Sistemas:

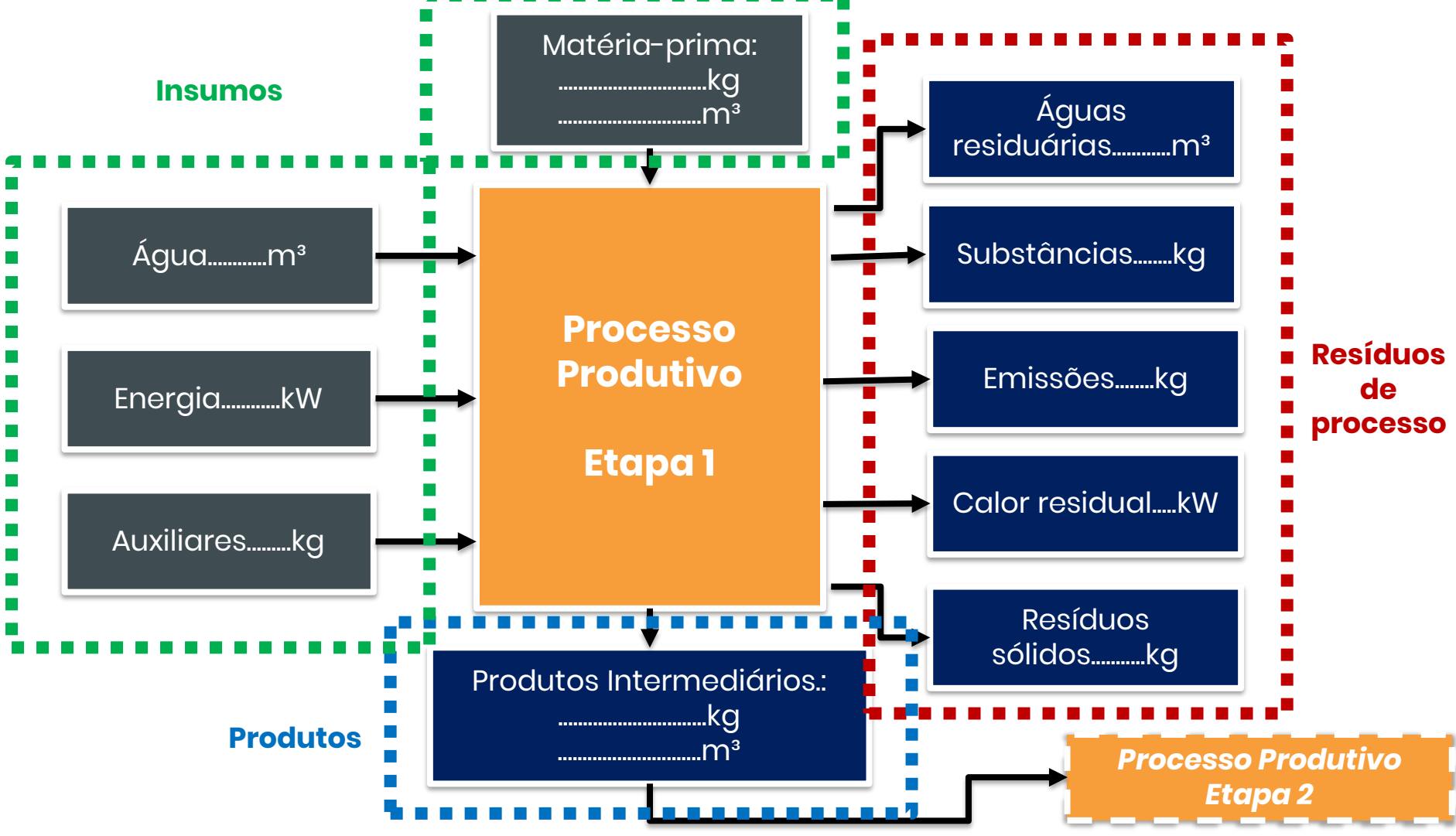
- Aberto: fluxo de massa através da fronteira





- Fechado: não há fluxo de massa na fronteira (a massa é fixa dentro do sistema)







..... Sistemas

- Não há destruição da matéria: geração de resíduos em todas as atividades
- Insumo, produto e resíduos  SEMPRE!
- Não existe processo 100% eficiente
- Desequilíbrio:
 - Geração de resíduos  capacidade de assimilação
- Atividade de gestão: conhecimento das variáveis que regem o sistema analisado, o qual é essencial para a tomada de decisões

..... Sistemas

- Qual a utilidade?
 - Entender o desempenho de uma unidade industrial
 - Medir a eficiência
 - Identificar fatores que limitam o melhor aproveitamento da energia
 - Dimensionamento dos equipamentos
 - Controle de processo na produção
 - Melhoria do desempenho
 - Essenciais na compreensão de sistemas ambientais
 - Modelos: produção, transporte e destino da matéria
 - Otimização: evitar desperdícios: poupar recursos e aumentar a competitividade

..... Tipos de Processos

- Batelada
 - O sistema é alimentado e os produtos são retirados de uma vez só (geralmente, início e fim)
 - Se comporta como um sistema fechado
 - Produzir pequenas quantidades de especialidades químicas
 - Exemplo: panela de pressão; adição instantânea de reagentes em um tanque e remoção dos produtos e reagentes não consumidos depois

..... Tipos de Processos

- Contínuos
 - Passagem de massa contínua através da fronteira do processo
 - Se comporta como sistema aberto
 - Grandes volumes de produção
 - Exemplo: evaporador; bombeamento a vazão constante

..... Tipos de Processos

- Semi-batelada ou Semi-contínuos:
 - Entrada de material instantânea e saída contínua, ou vice-versa
 - Passagem contínua através de uma única fronteira
 - Exemplos: tanque de combustível; escape de gás de um botijão pressurizado

..... **Exemplo**



Se $\dot{m}_e \neq \dot{m}_s$, o que está acontecendo?

Consumo de metano como reagente

Vazamento de metano

Acúmulo de metano na unidade (paredes)

Geração de metano como produto

Erros de medição

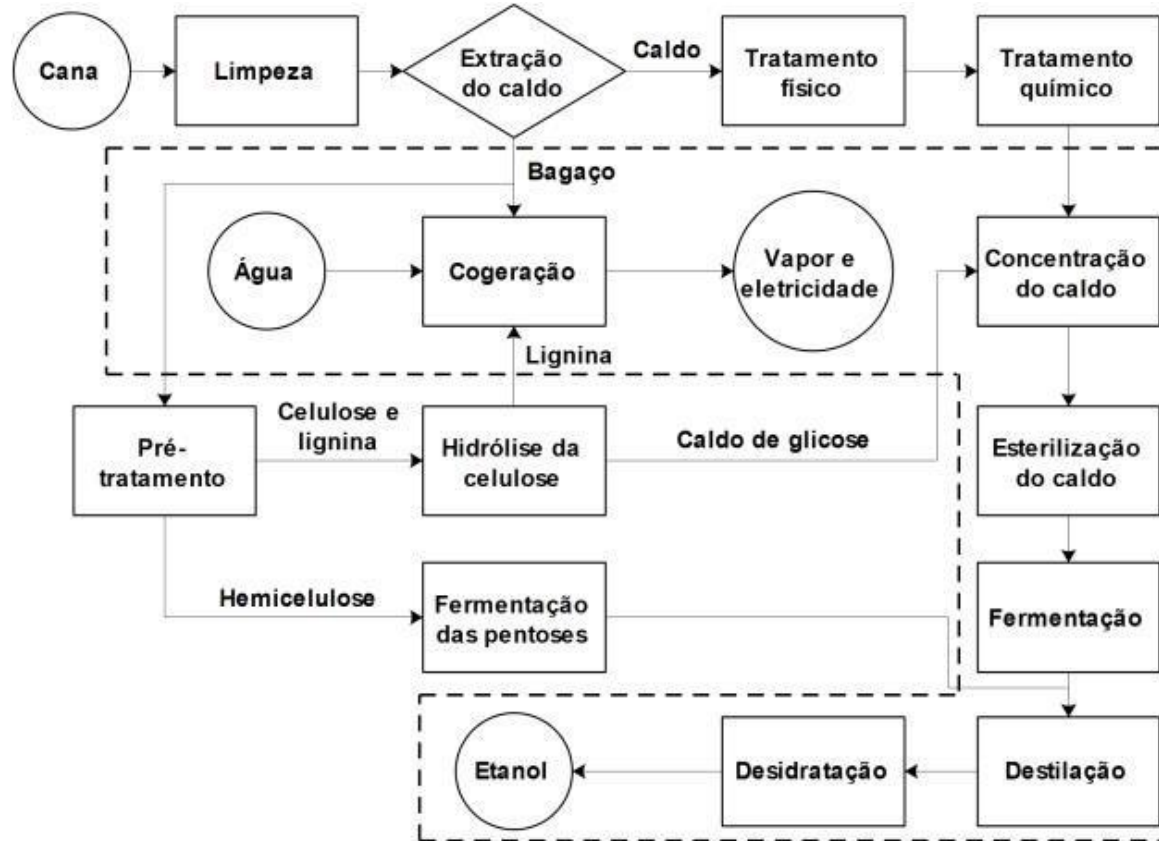
..... Balanço



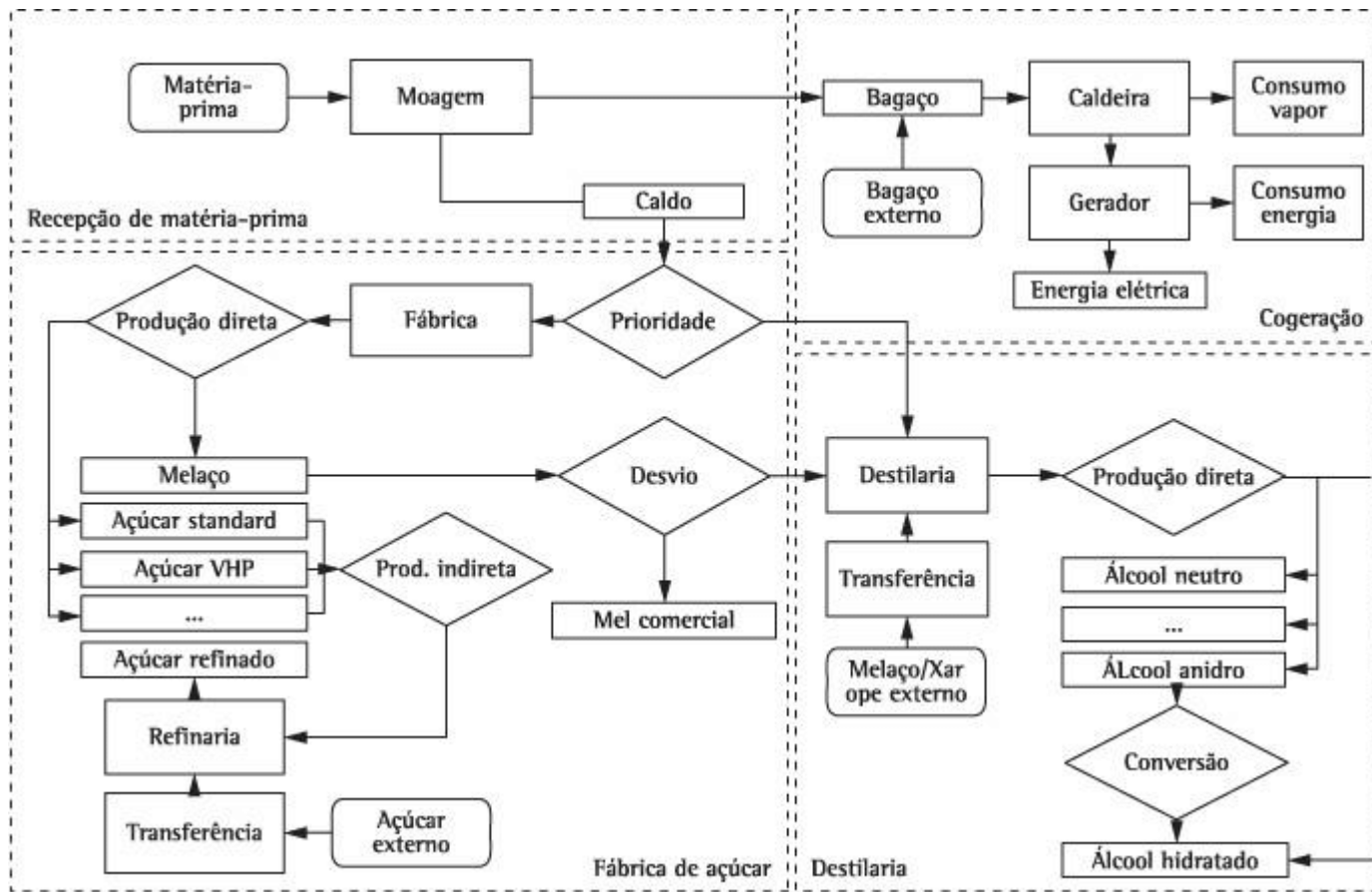
- Balanços diferenciais: geralmente aplicado em processos contínuos, indicam o que está ocorrendo num dado instante e cada termo é expresso em termos de taxa
- Balanços integrais: geralmente aplicado em processos em batelada, descrevem o que acontece entre dois instantes (Δt)

1

Aplicações



Aplicações

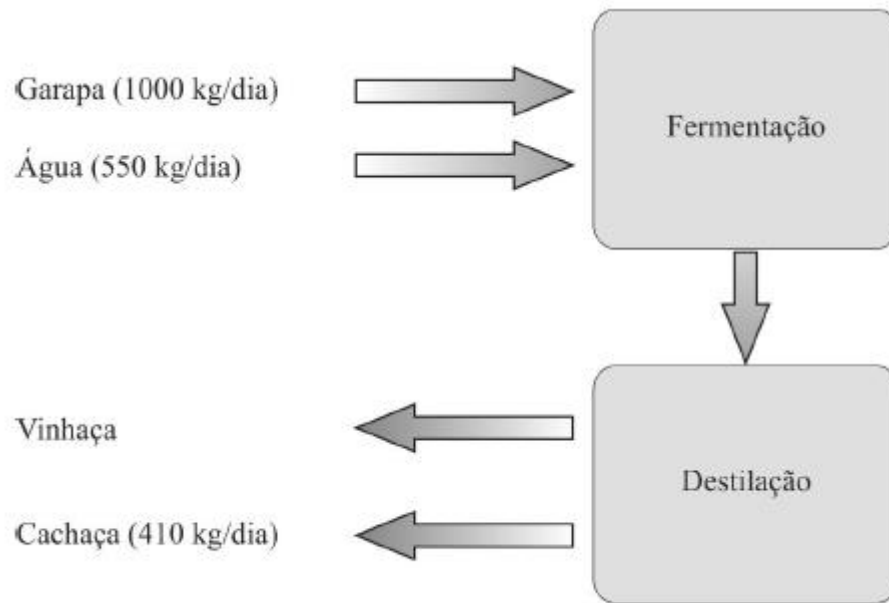


3

Aplicações

Produção de cachaça a partir de um processo de destilação

Qual a produção de vinhaça?



4

..... Aplicações

Determinada suspensão contendo **9%** em massa de sólidos deve ser filtrada em um filtro-prensa. O filtro é operado de modo que a vazão alimentada ao filtro é constante e igual a **$3,0 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$** . A torta retida no filtro tem **40%** em massa de sólidos, e sua densidade é de **$2,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$** . Considerando que todos os sólidos são retidos, calcule a vazão de líquido efluente do filtro. Sabendo-se que a capacidade volumétrica de retenção do filtro é de **$0,054 \text{ m}^3$** , após quanto tempo o filtro deve ser limpo?



Volume de sólidos retidos no filtro:
 $3,0 \text{ kg/min} \times 9\% = 0,27 \text{ kg/min}$

Acúmulo de matéria total:

$$\frac{0,27 \times 100\%}{40\%} = 0,675 \text{ kg/min}$$

Pelo balanço de massa:

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_e - \dot{m}_s$$

$$\dot{m}_s = \dot{m}_e - \frac{dm}{dt} = 3,0 - 0,675$$

$$\dot{m}_s = 2,325 \text{ kg/min}$$

Para o cálculo do tempo de limpeza, pela densidade temos:

$$\frac{0,675 \times 10^3 \text{ g/min}}{2,5 \text{ g/cm}^3} = 270 \text{ cm}^3/\text{min}$$

A capacidade do filtro é de $0,054 \text{ m}^3$ ou 54000 cm^3 :

$$t = 200 \text{ min}$$

5

..... Aplicações

Deseja-se secar um alimento cuja umidade inicial é de 0,1 grama de água por grama de sólido seco até 0,004 grama de água por grama de sólido seco. Para isso, deve-se utilizar uma corrente de ar com umidade inicial de 0,009 g de água por grama de ar seco, em um secador contínuo. Considerando-se que, na condição final, o valor máximo de umidade do ar deva ser de 0,033 grama de água por grama de ar seco, qual a mínima alimentação necessária para que a umidade do sólido atinja o valor especificado?

Umidade inicial: $0,1 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{sólido seco}}$

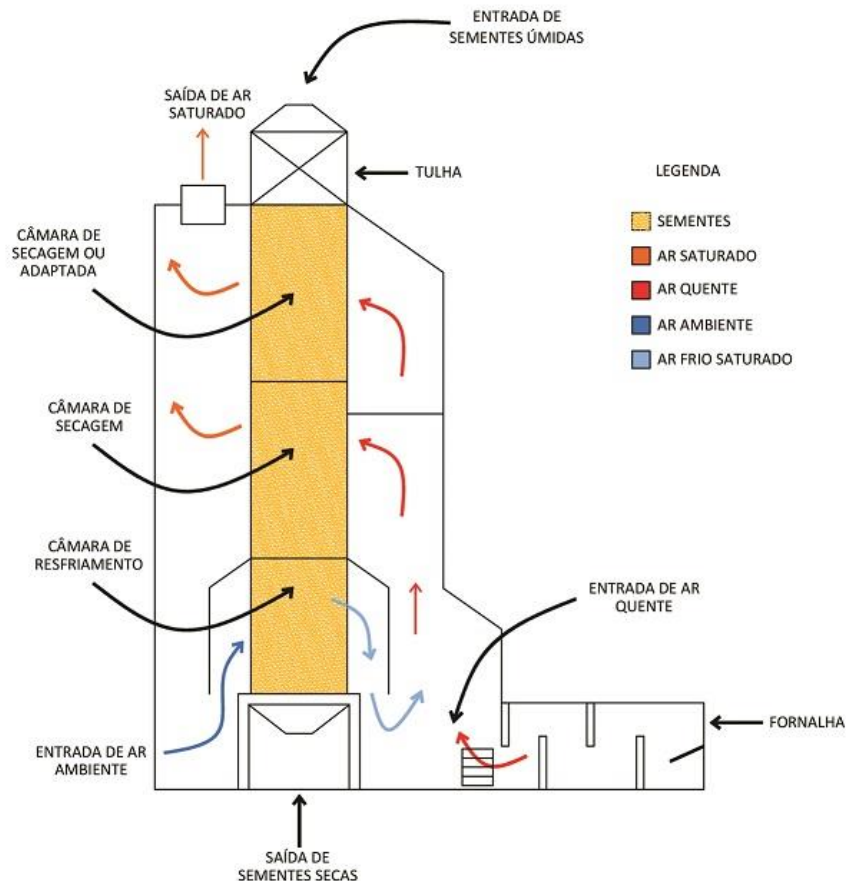
Umidade final: $0,004 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{sólido seco}}$

Água transferida: $0,096 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{sólido seco}}$

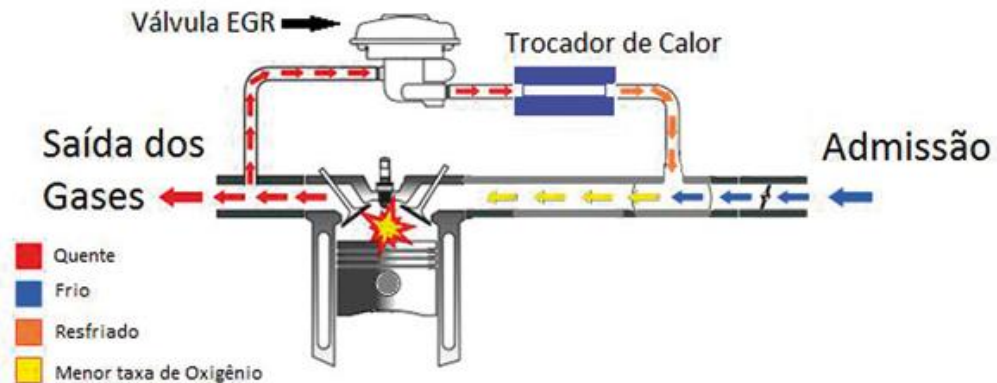
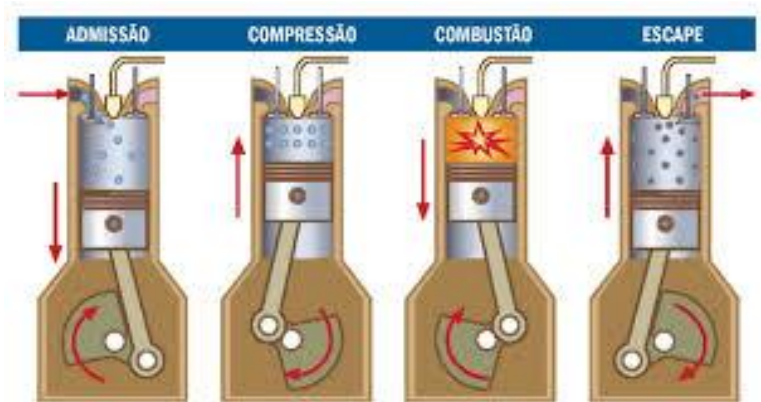
Quantidade máxima de água
que pode ser retida por grama
de ar seco:

$$0,033 - 0,009 = 0,024 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{sólido seco}}$$

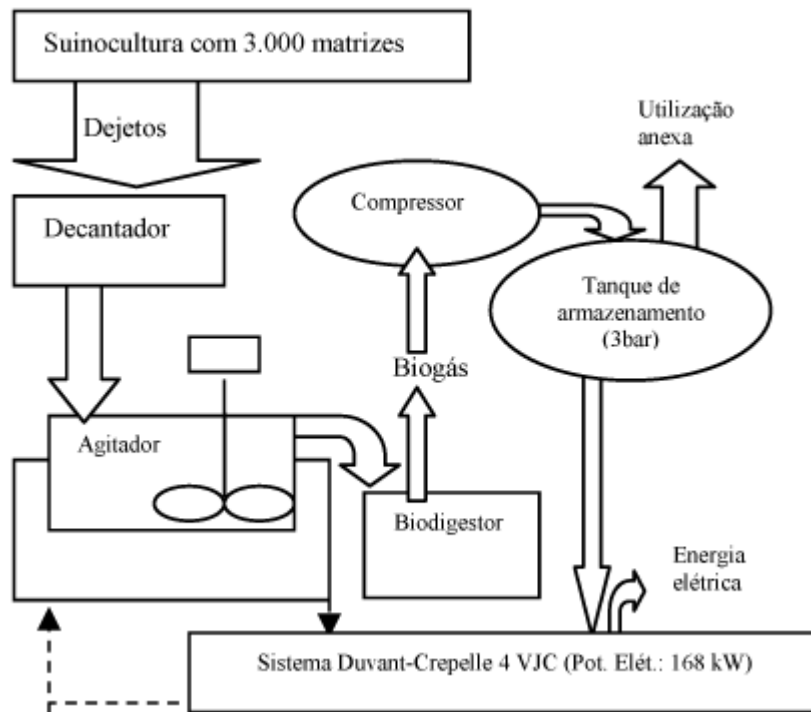
$$\frac{0,096}{0,024} = 4 \text{ g}_{\text{ar seco}}/\text{g}_{\text{sólido seco}}$$



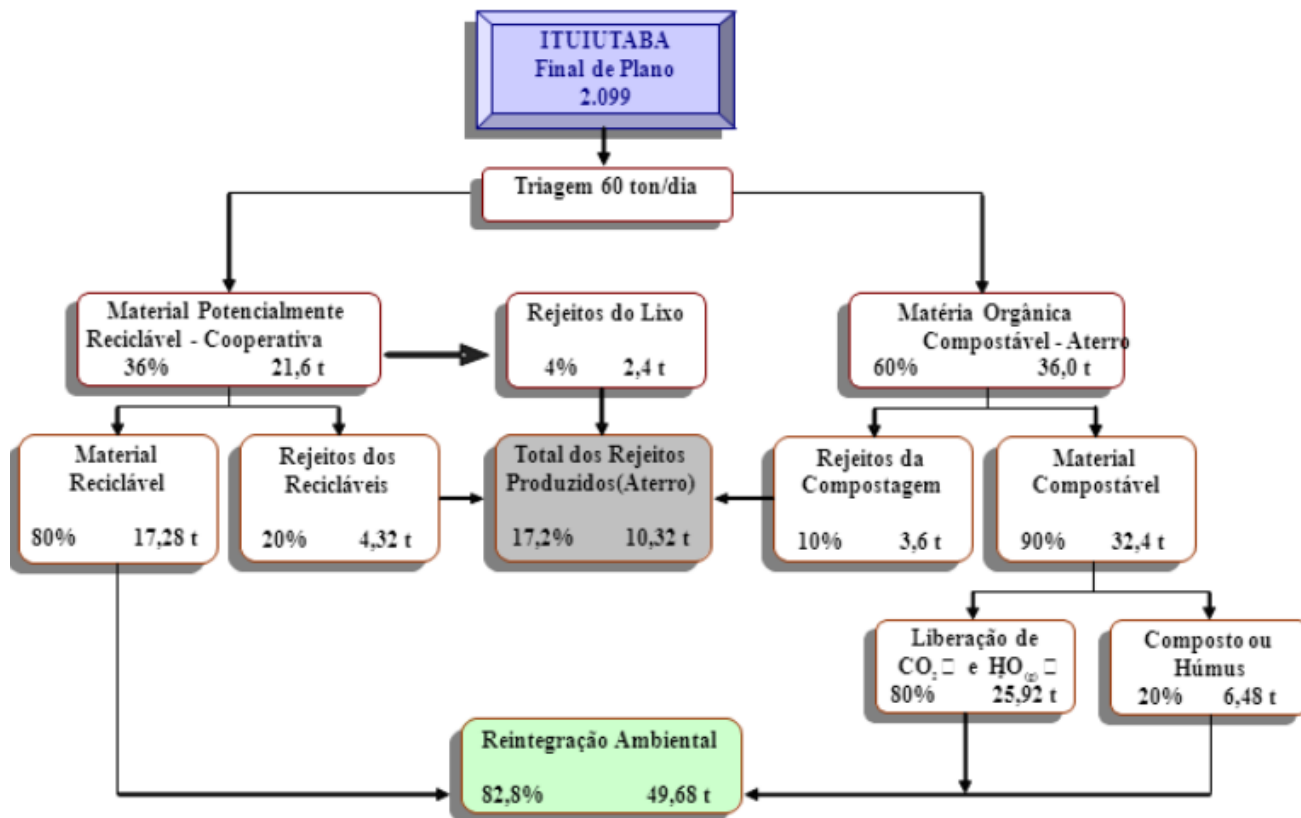
Aplicações



Aplicações



Aplicações



..... **Atividade**

Escolha um processo dentro de uma indústria qualquer e descreva-o, mostrando o uso do conceito de balanço de massa, a sua relevância e como é utilizado.

Referências

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. 2013.

CARPIO, R. R. et al. MODELAGEM, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA BIORREFINARIA INTEGRADA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO. In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2018.

GODOY JUNIOR, Ederaldo et al. Biodigestores associados a sistema de cogeração para o aproveitamento do biogás produzido a partir de resíduos de suinocultura. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

SANTOS, F. C.. I Encontro Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Ituiutaba – junho de 2014 Logística reversa de resíduos sólidos em Ituiutaba: responsabilidades, 2014.

TADINI, Carmen Cecilia; TELIS, Vânia Regina Nicoletti; DE ALMEIDA MEIRELLES, Antonio José. **Operações unitárias na indústria de alimentos**. Grupo Gen-LTC, 2016.

ZALUSKI, P. R. S et al.. ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DO ATR DA CANA-DEAÇÚCAR DESTINADO A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL – PROCEDIMENTO STEPWISE. In: XXIII Simpep, 2016.