



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR PALOTINA  
MESTRADO - BIOENERGIA

# BIOETANOL



Joel Gustavo Teleken

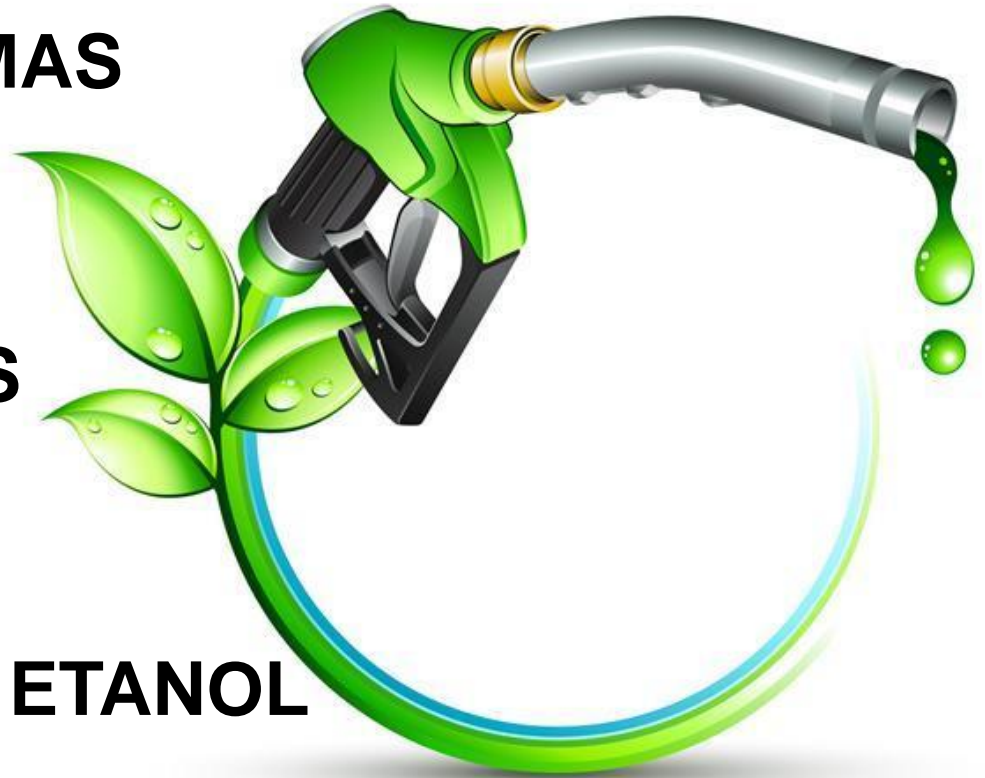


# BIOETANOL

**1) MATÉRIAS PRIMAS**

**2) BIORREATORES**

**3) PRODUÇÃO DE ETANOL**



# MATÉRIAS PRIMAS

- ☑ As matérias-primas de bio-conversão provenientes das agroindústrias são muito variadas, e podem ser classificadas segundo sua natureza físico-química!!!!

# MATÉRIAS PRIMAS

☑ **Substratos solúveis:** sacarose, glicose, frutose e lactose podem ser facilmente extraídos e convertidos em produtos. Exemplos:

☑ Cana-de-açúcar;

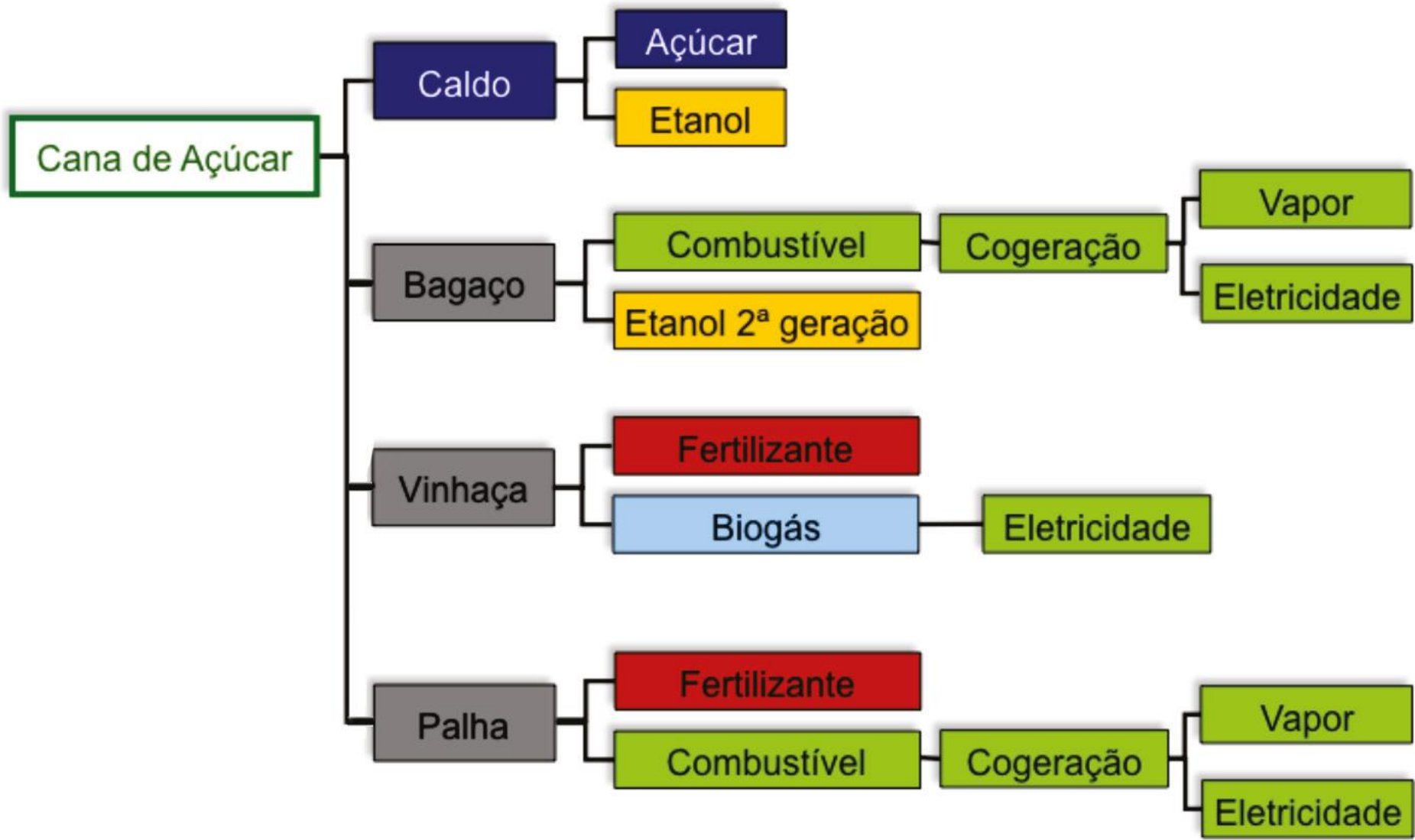
☑ Beterraba;

☑ Melaço;

☑ Soro de leite.



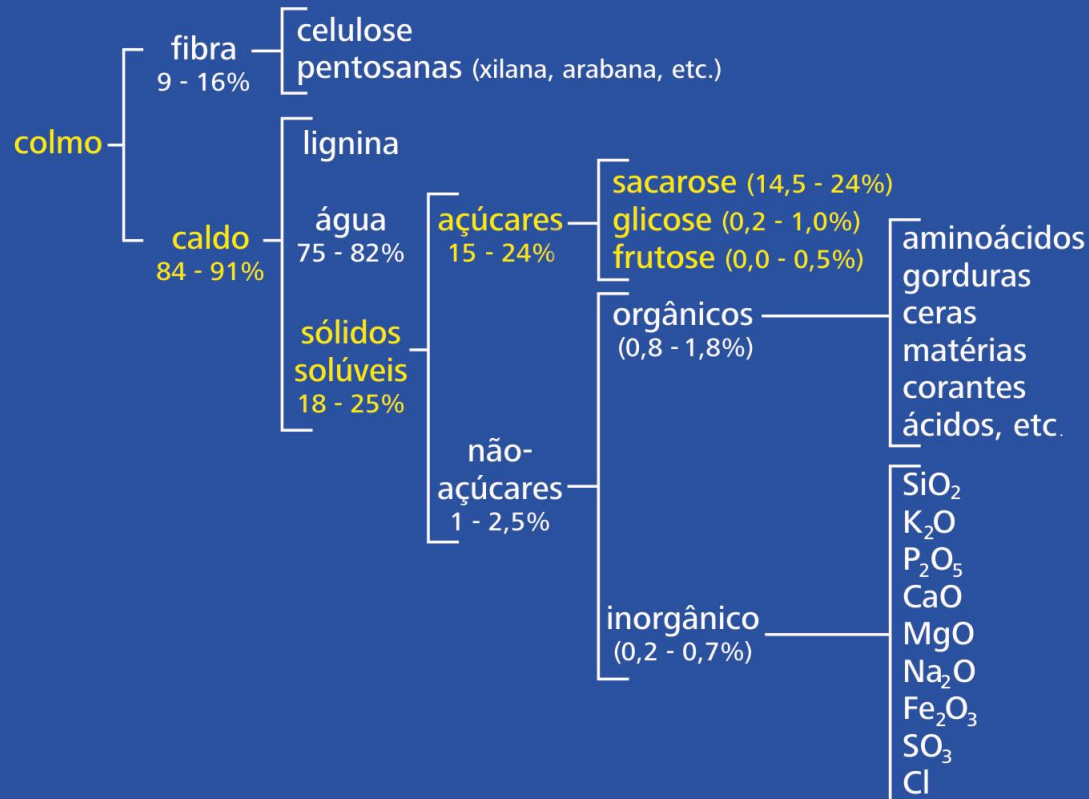
# CANA DE AÇÚCAR



# CANA DE AÇÚCAR



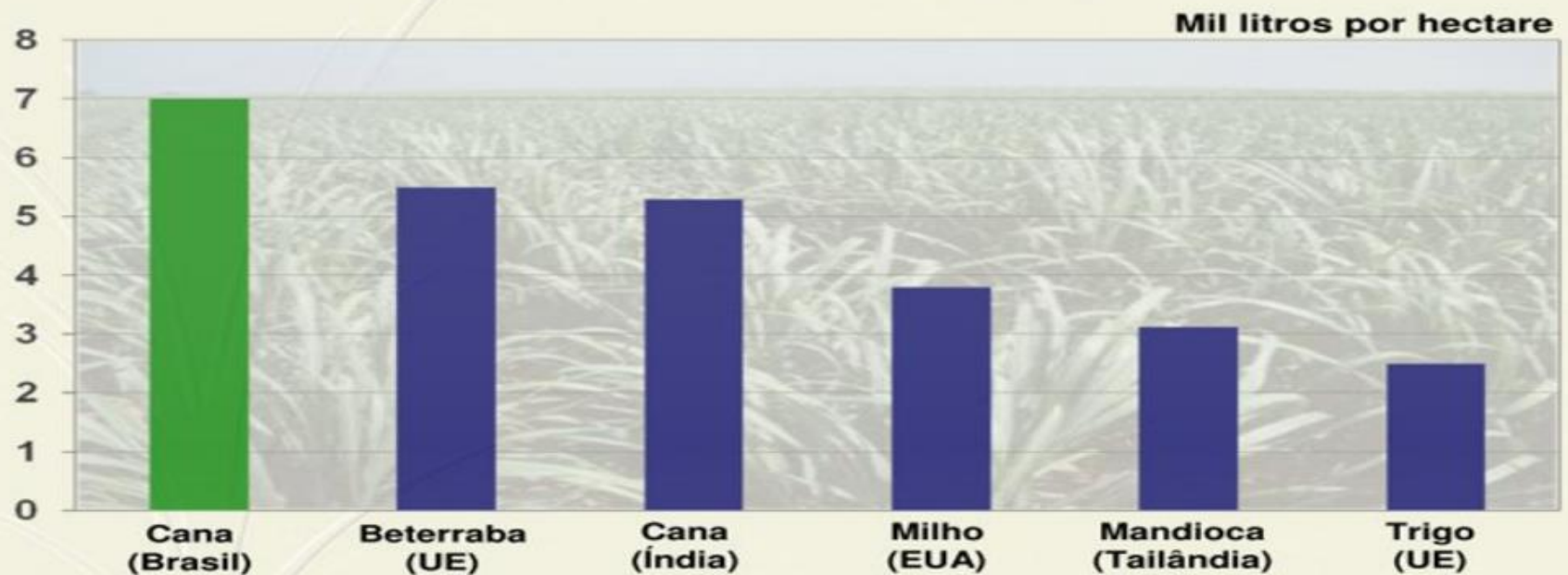
## Componentes Químicos e Tecnológicos



Componentes Químicos e Tecnológicos da Cana de Açúcar

# CANA DE AÇÚCAR

## PRODUÇÃO DE ETANOL POR UNIDADE DE ÁREA



Fonte: IEA – International Energy Agency (2005), MTEC e UNICA.  
Elaboração: UNICA

Produção de etanol por unidade de área plantada

# MATÉRIAS PRIMAS

☑ Polissacarídeos insaturados de material amiláceo:  
onde há necessidade de pré-tratamento para solubilização e hidrólise, exemplos:

☑ Milho;

☑ Mandioca;

☑ Trigo;

☑ Cevada;

☑ Batata.





# MATÉRIAS PRIMAS

- ☑ Polissacarídeos insolúveis, material de origem celulósica, hemicelulósica e lignocelulósica são oriundos de vegetais que necessitam de tratamentos químicos e físicos vigorosos.



# OPERAÇÃO DE BIORREATORES

✘ **DESCONTÍNUO;**

✘ **CONTÍNUO;**

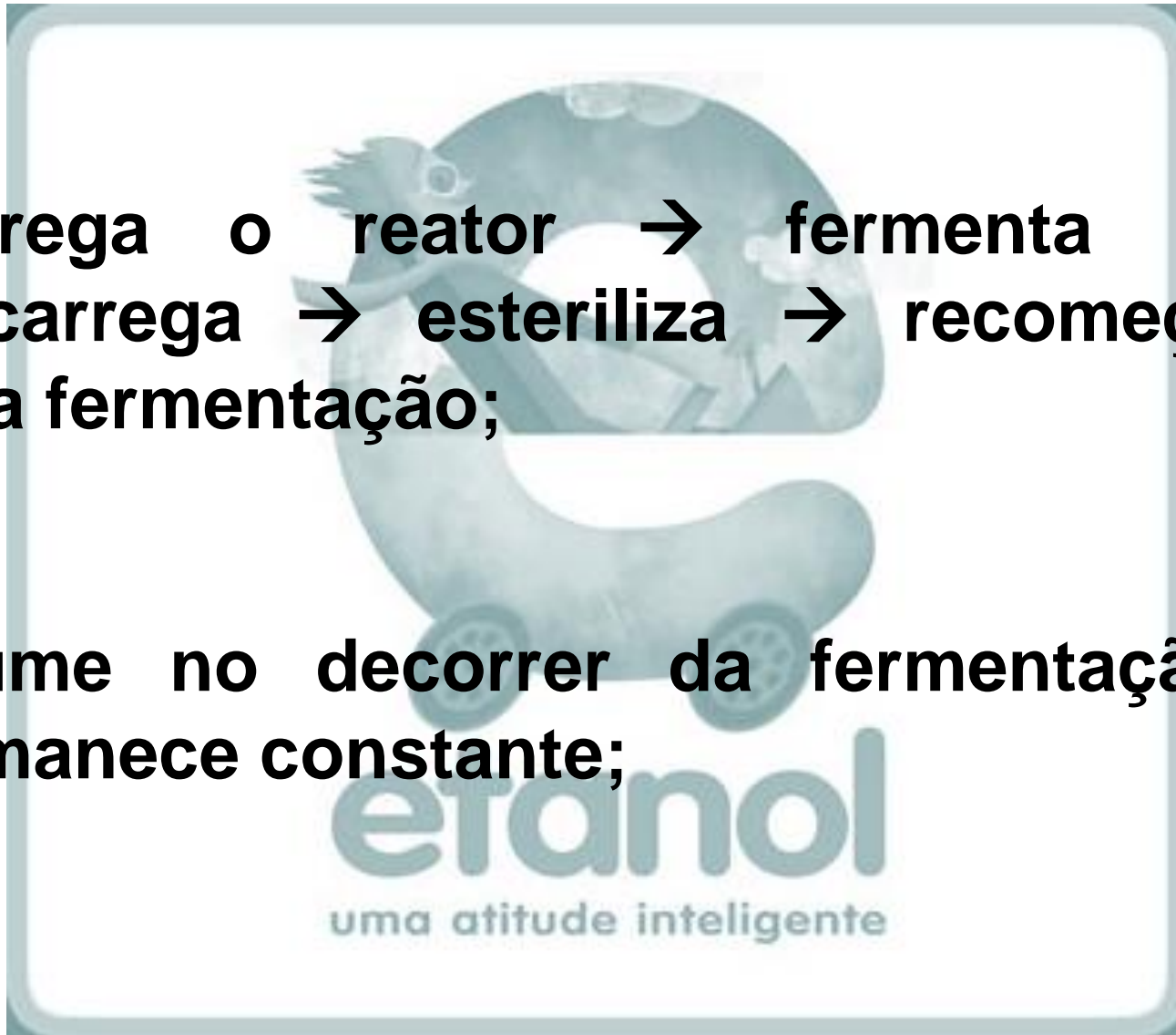


Lab. Produção de Biocombustíveis  
UFPR - Setor Palotina

# PROCESSO DESCONTÍNUO

✘ Carrega o reator → fermenta → descarrega → esteriliza → recomeça nova fermentação;

✘ Volume no decorrer da fermentação permanece constante;



# PROCESSO DESCONTÍNUO

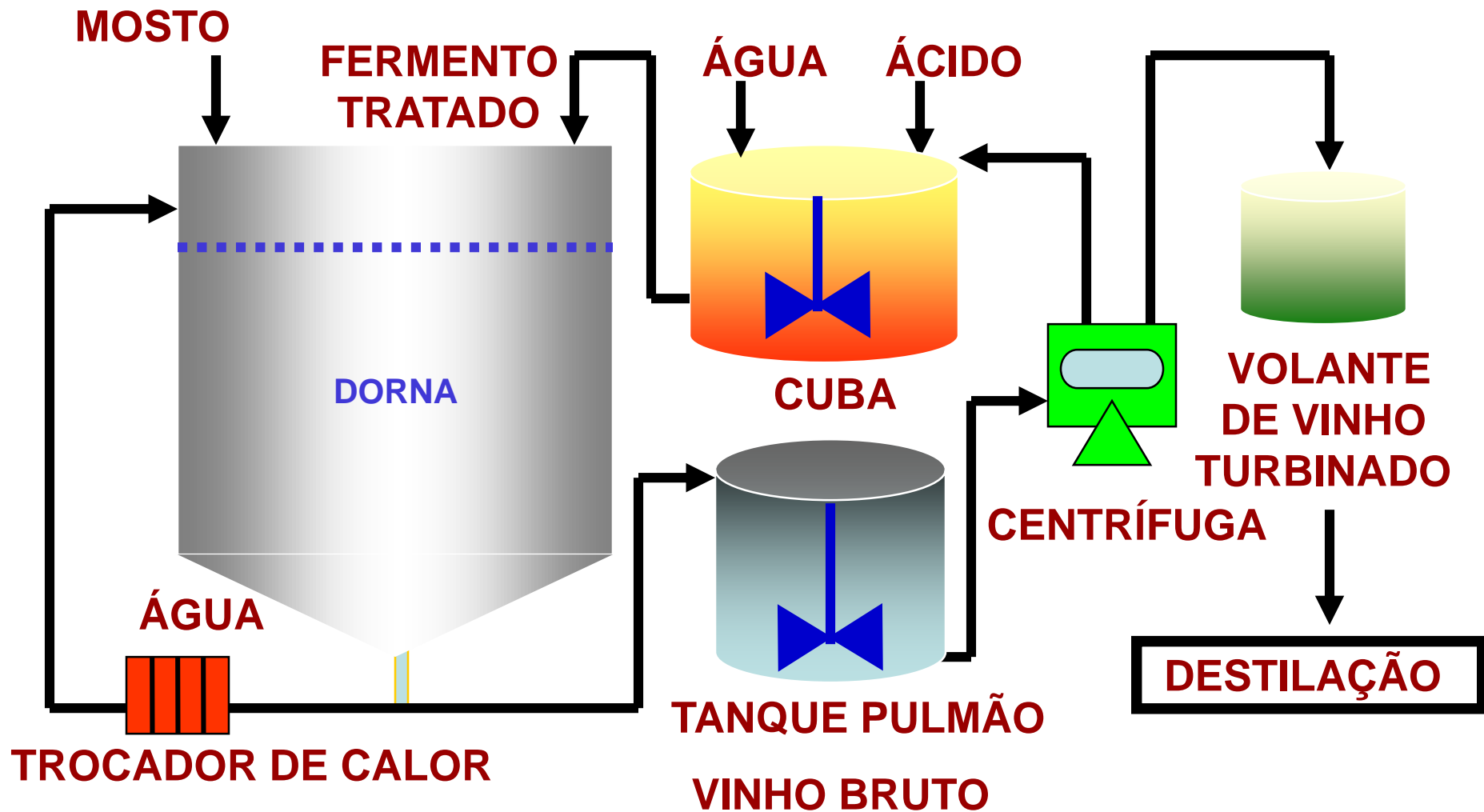
- ✘ **Pode apresentar baixos rendimentos;**
- ✘ **Substrato adicionado de uma única vez no início da fermentação exerce efeitos de:**
  - ✘ **Inibição;**
  - ✘ **Repressão;**
  - ✘ **Ou desvia o metabolismo celular a produtos que não interessam.**

# PROCESSO DESCONTÍNUO

- 
- ✘ Apresenta tempo morto (carga, descarga, lavagem, esterilização);
  - ✘ Apresenta menores riscos de contaminação;
  - ✘ Grande flexibilidade de operação;

# TIPOS DE PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ➤ Fermentação Batelada

## BATELADA COM CENTRIFUGAÇÃO



# PROCESSO CONTÍNUO

- ✘ Alimentação contínua do meio de cultura a uma determinada vazão constante;
- ✘ Volume de reação mantido constante através da retirada contínua de caldo fermentado;
- ✘  $V=cte$  é necessário para obtenção do SS;
- ✘ SS: condição na qual as variáveis de estado:
  - ✘ concentração de células, de substrato, de produto, permanecem constantes ao longo do tempo de operação do sistema.

# PROCESSO CONTÍNUO

## ✘ Principais vantagens da fermentação contínua:

✘ Aumento de produtividade: menores tempos mortos;

✘ Obtenção de caldo fermentado uniforme, facilitando o projeto de operações de recuperação do produto desejado;

✘ Manutenção de células em mesmo estado fisiológico;



# PROCESSO CONTÍNUO

## ✘ Principais vantagens da fermentação contínua:

- ✘ Possibilidade de associação com outras operações contínuas na linha de produção;
- ✘ Maior facilidade no emprego de controles avançados;
- ✘ Menor necessidade de mão-de-obra;



# PROCESSO CONTÍNUO

## ✘ Principais desvantagens da fermentação contínua:

- ✘ Maior investimento inicial na planta;
- ✘ Possibilidade de ocorrências de mutações genéticas espontâneas, resultando na seleção de mutantes menos produtivas;
- ✘ Maior possibilidade de ocorrências de contaminações:
  - ✘ Sistema aberto;
  - ✘ Necessita de assepsia nos sistemas de alimentação e retirada do meio;

# PROCESSO CONTÍNUO

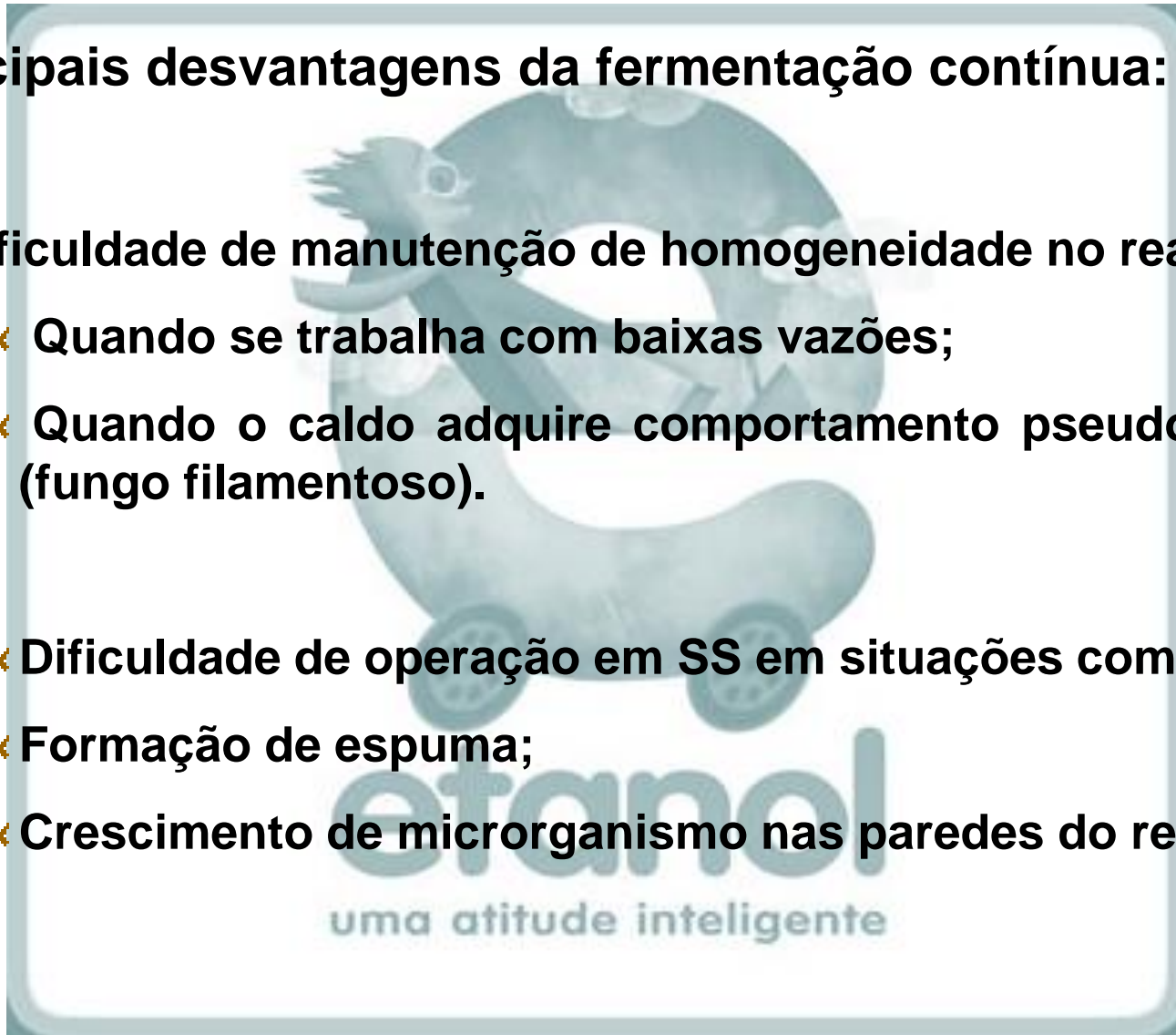
## ✘ Principais desvantagens da fermentação contínua:

### ✘ Dificuldade de manutenção de homogeneidade no reator:

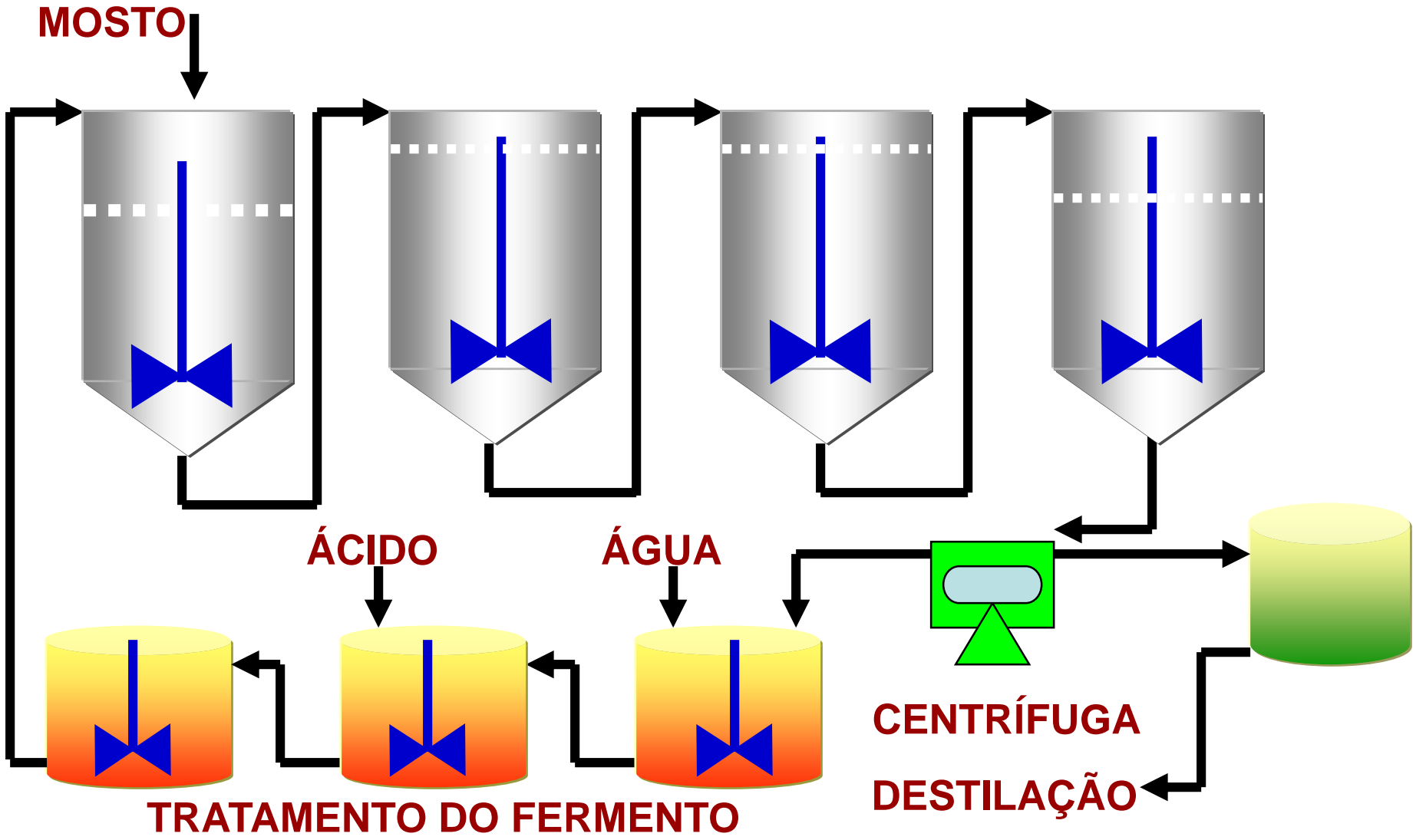
- ✘ Quando se trabalha com baixas vazões;
- ✘ Quando o caldo adquire comportamento pseudo-plástico (fungo filamentososo).

### ✘ Dificuldade de operação em SS em situações como:

- ✘ Formação de espuma;
- ✘ Crescimento de microrganismo nas paredes do reator.



# TIPOS DE PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ➤ Fermentação Contínua



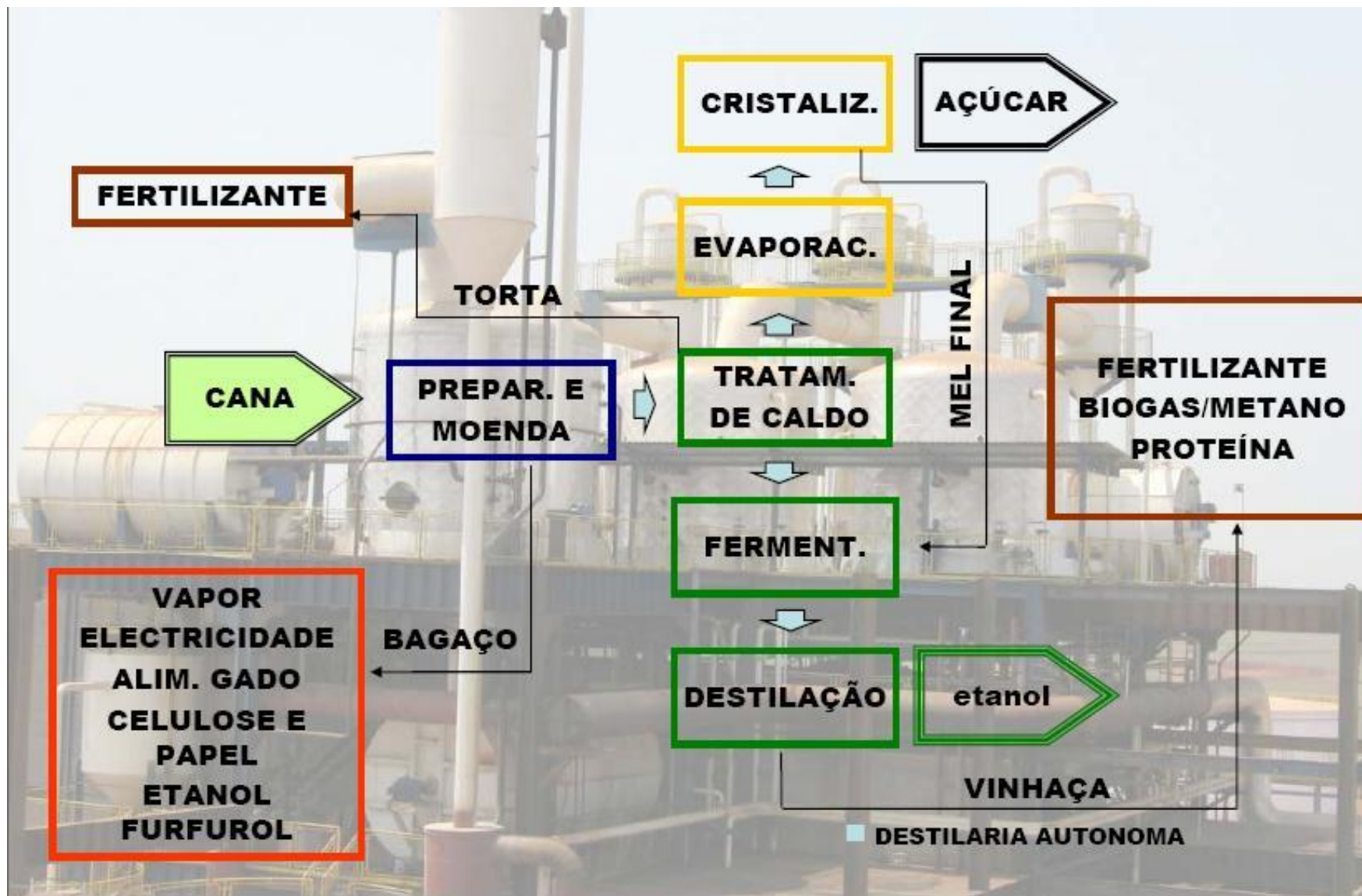


Lab. Produção de Biocombustíveis  
UFRR - Setor Prolativo

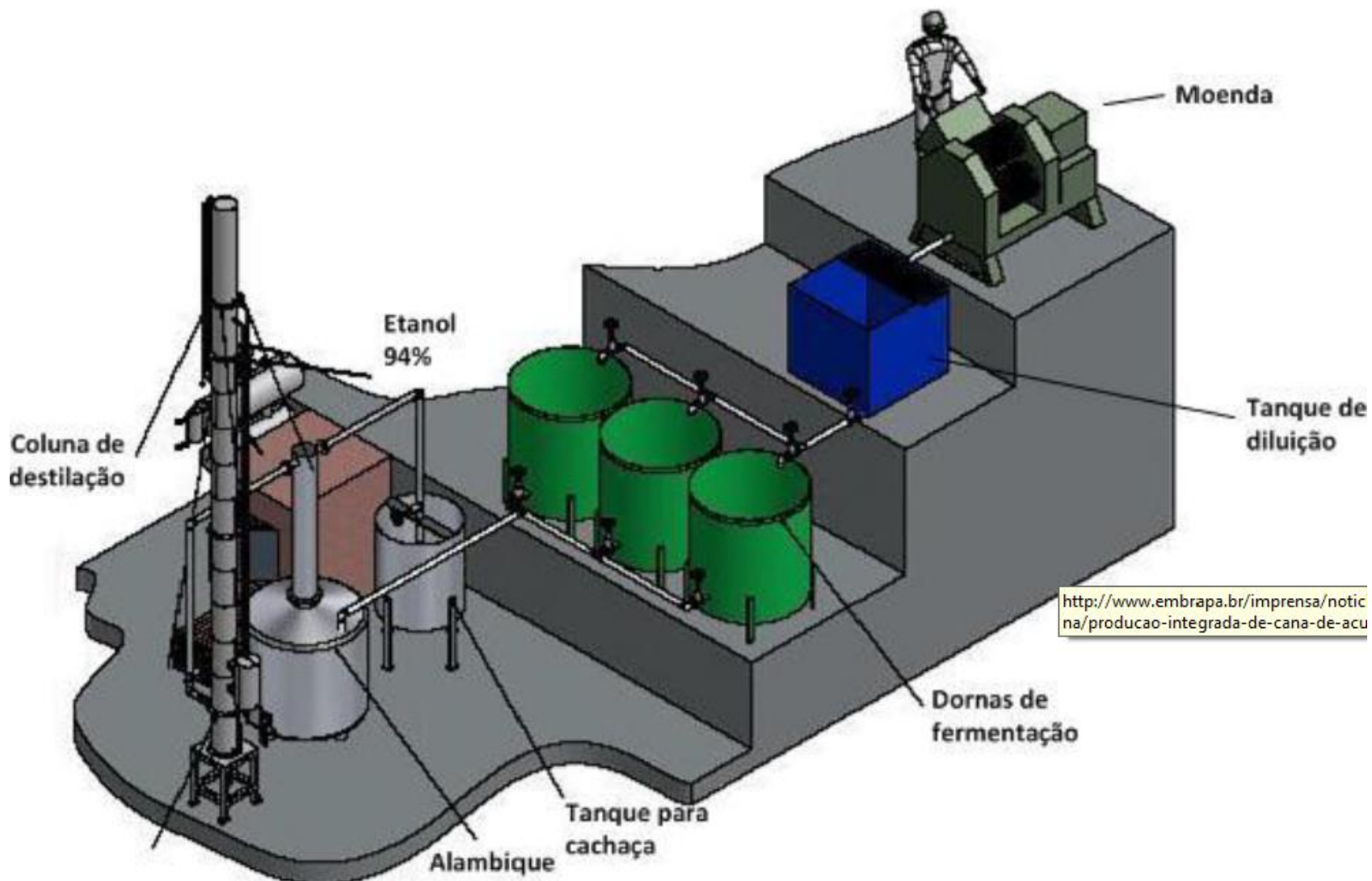
# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



# TERMINOLOGIA

## ✓ Mosto

Toda mistura açucarada ( caldo - mel - água ) destinada a fermentação alcoólica.

## ✓ Brix

Porcentagem de **sólidos solúveis** contidos em uma solução.

**Exemplos** de sólidos solúveis: **sal, açúcar**

## ✓ Acidez

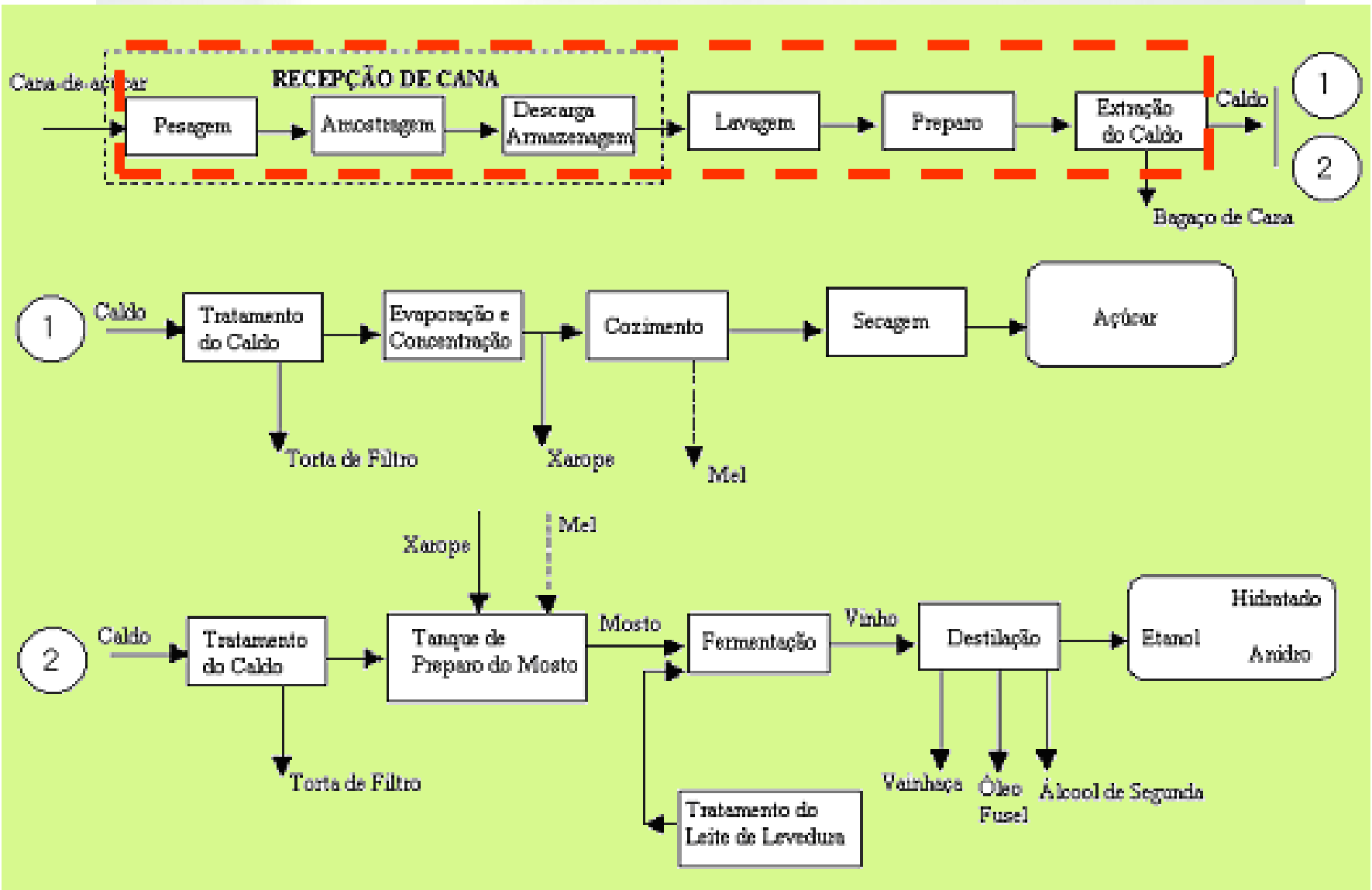
Utilizada para quantificar o **índice de infecção**

## ✓ Açúcares Totais ( ART )

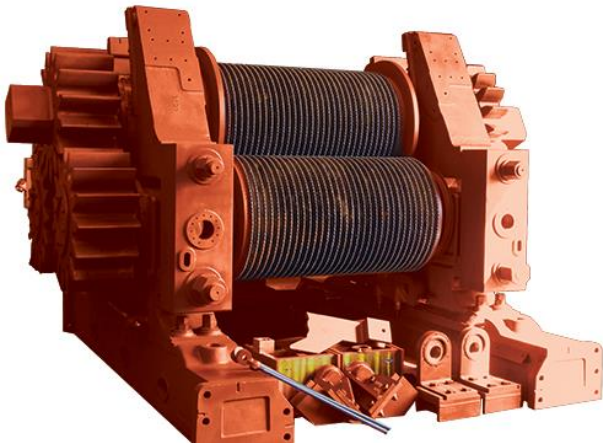
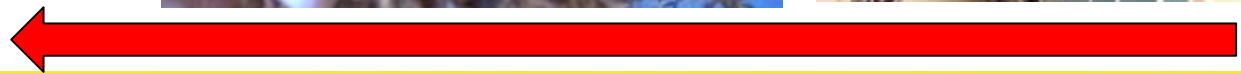
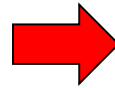
Porcentagem em peso de açúcares contido no caldo da cana , compreendendo sacarose, glicose, frutose .



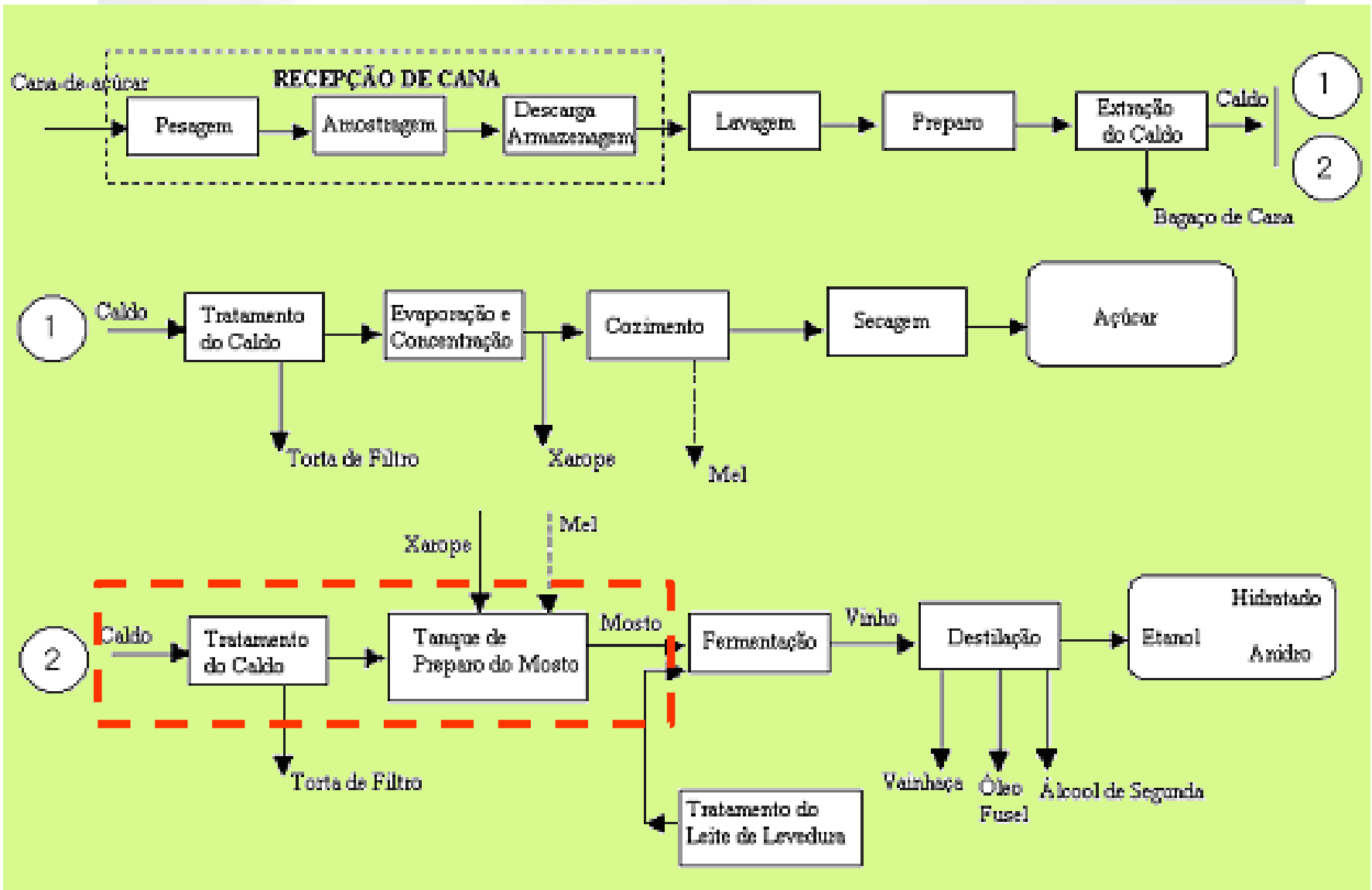
# Produção de etanol



# Produção de etanol



# Produção de etanol



# PREPARO DO MOSTO

Mosto é uma **mistura de mel, xarope e caldo clarificado**.  
Sua concentração é definida conforme a **produção** pretendida.

O mosto deve ter as seguintes características:

- Isenção de Sólidos (bagacilho, areia, terra);
- Temperatura **de 32°C**;
- Contaminação **< 10<sup>2</sup> (ideal)**.

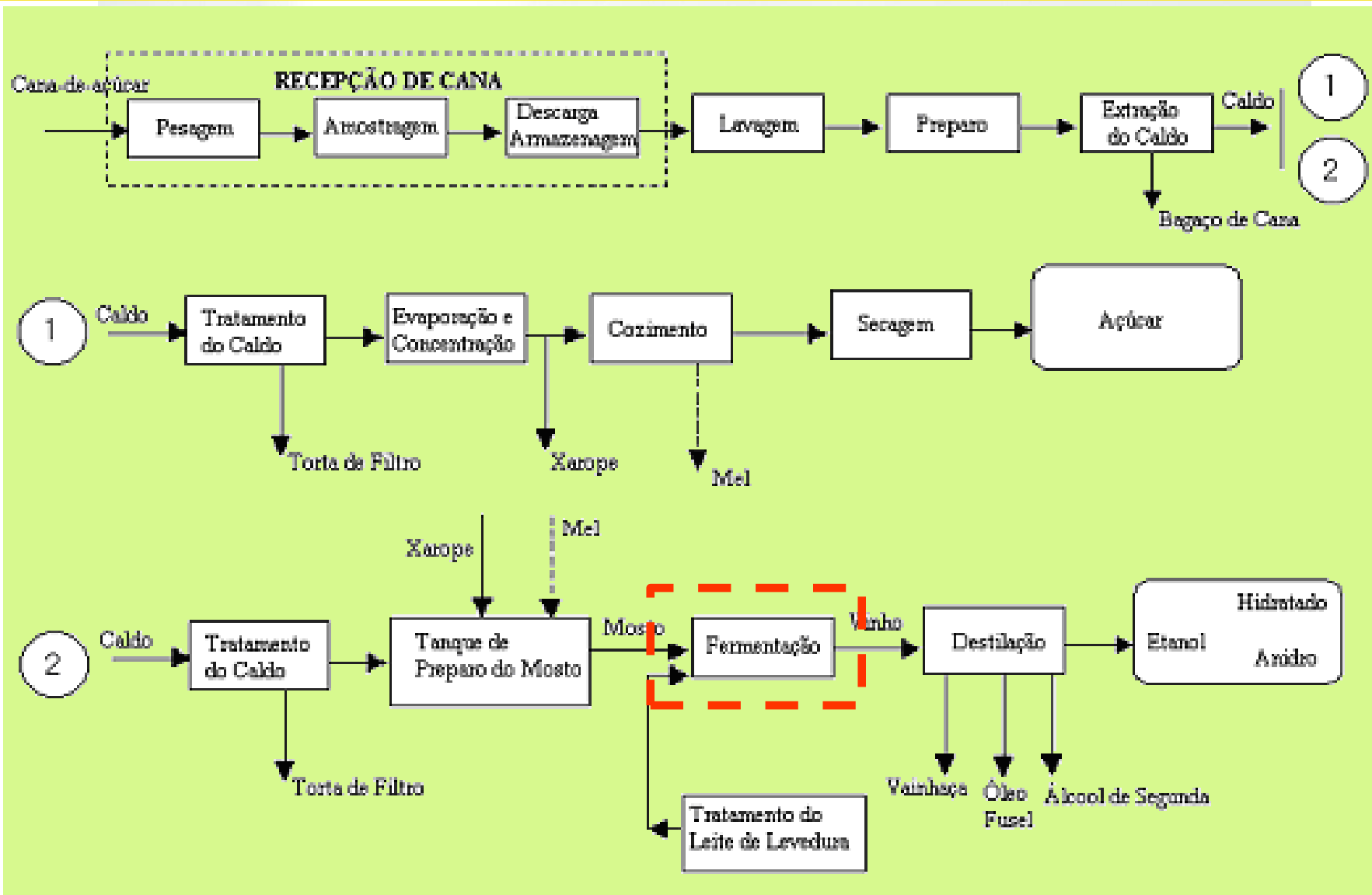
# Produção de etanol



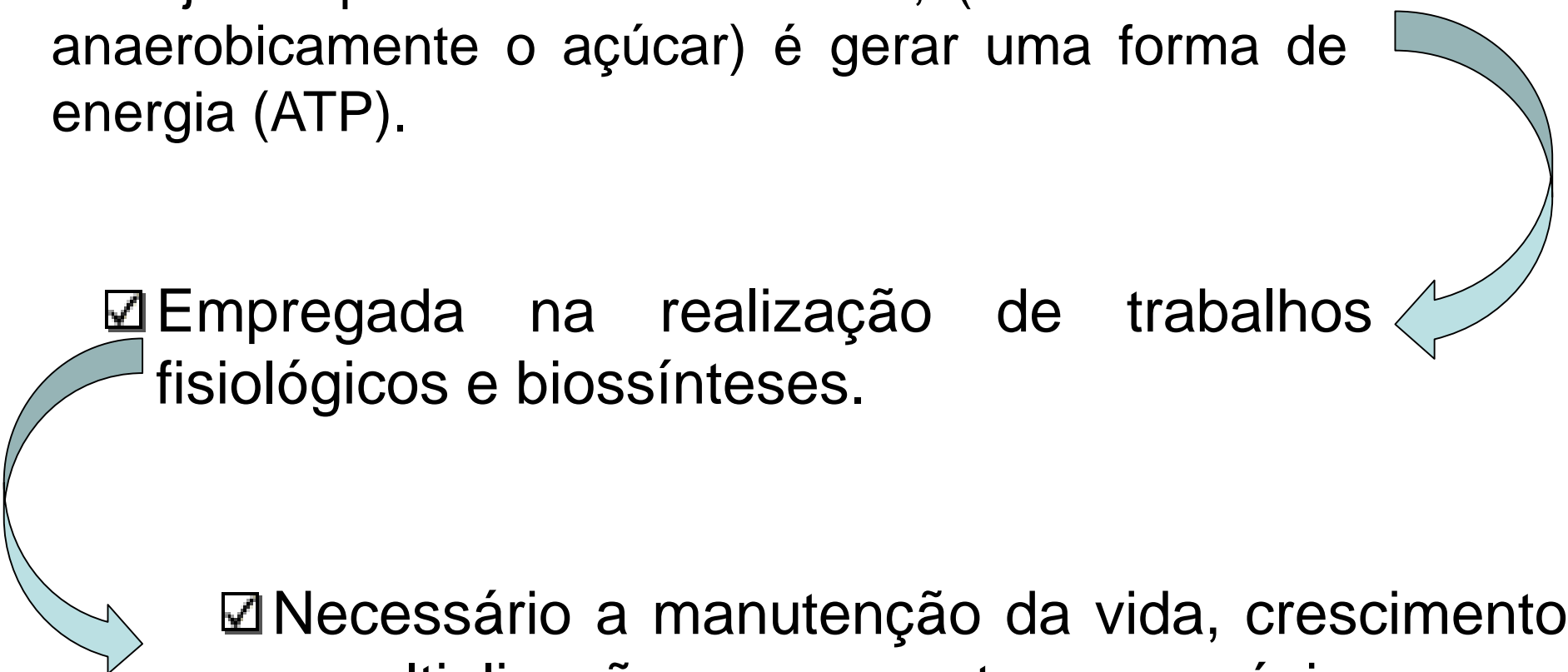
# Produção de etanol



# Produção de etanol

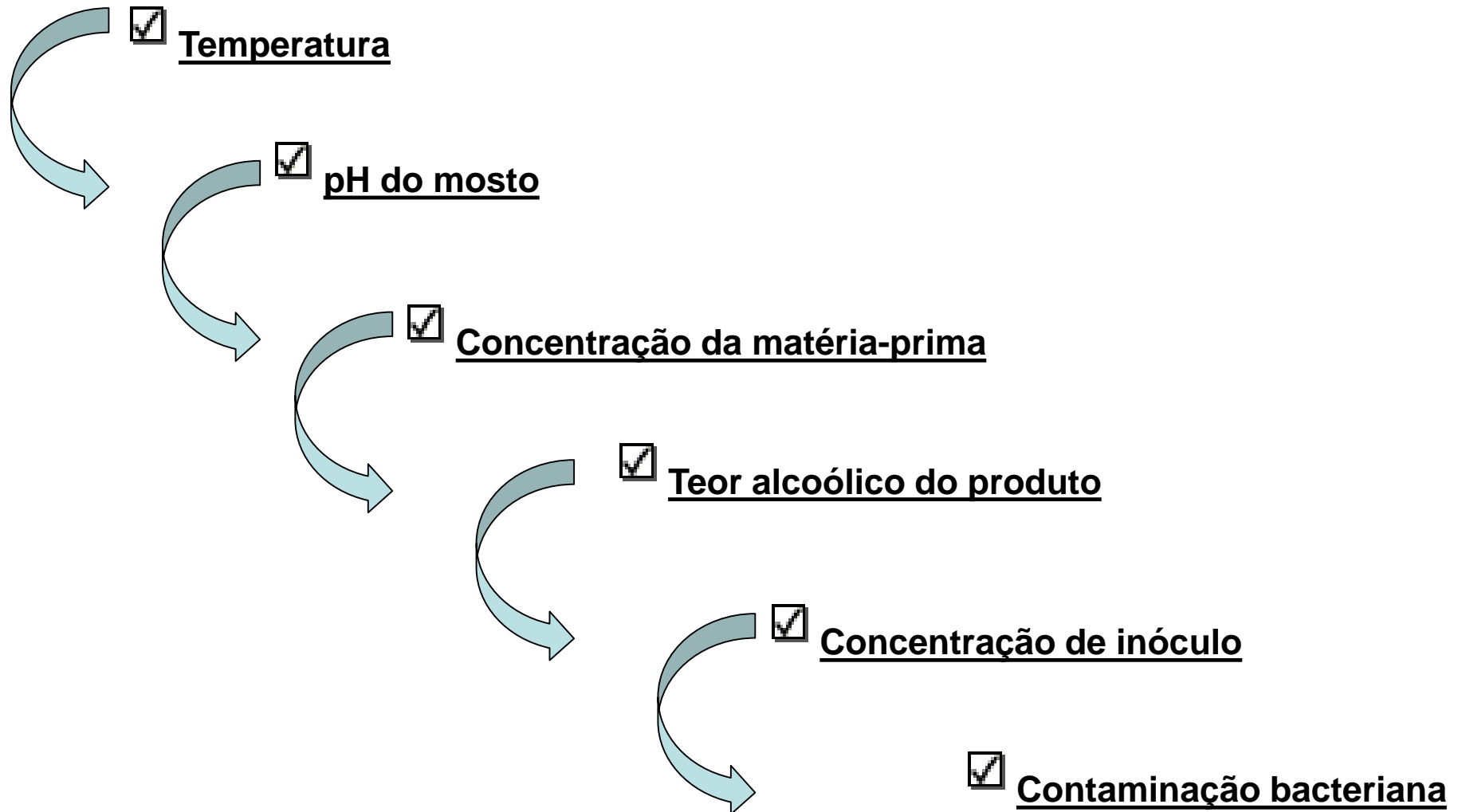


# FERMENTAÇÃO

- ☑ O objetivo primordial da levedura, (ao metabolizar anaerobicamente o açúcar) é gerar uma forma de energia (ATP).
  - ☑ Empregada na realização de trabalhos fisiológicos e biossínteses.
  - ☑ Necessário a manutenção da vida, crescimento e multiplicação para perpetuar a espécie.
- 

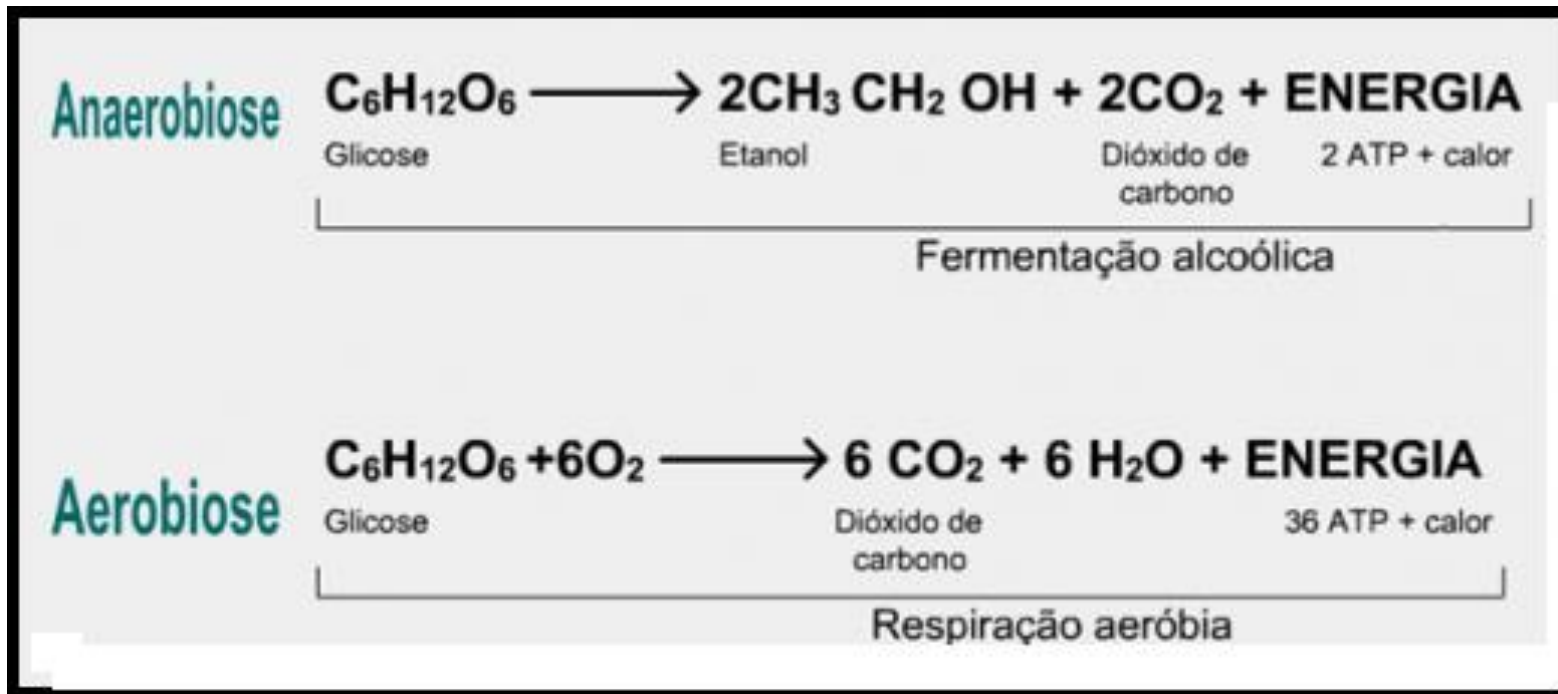


# FERMENTAÇÃO



# FERMENTAÇÃO

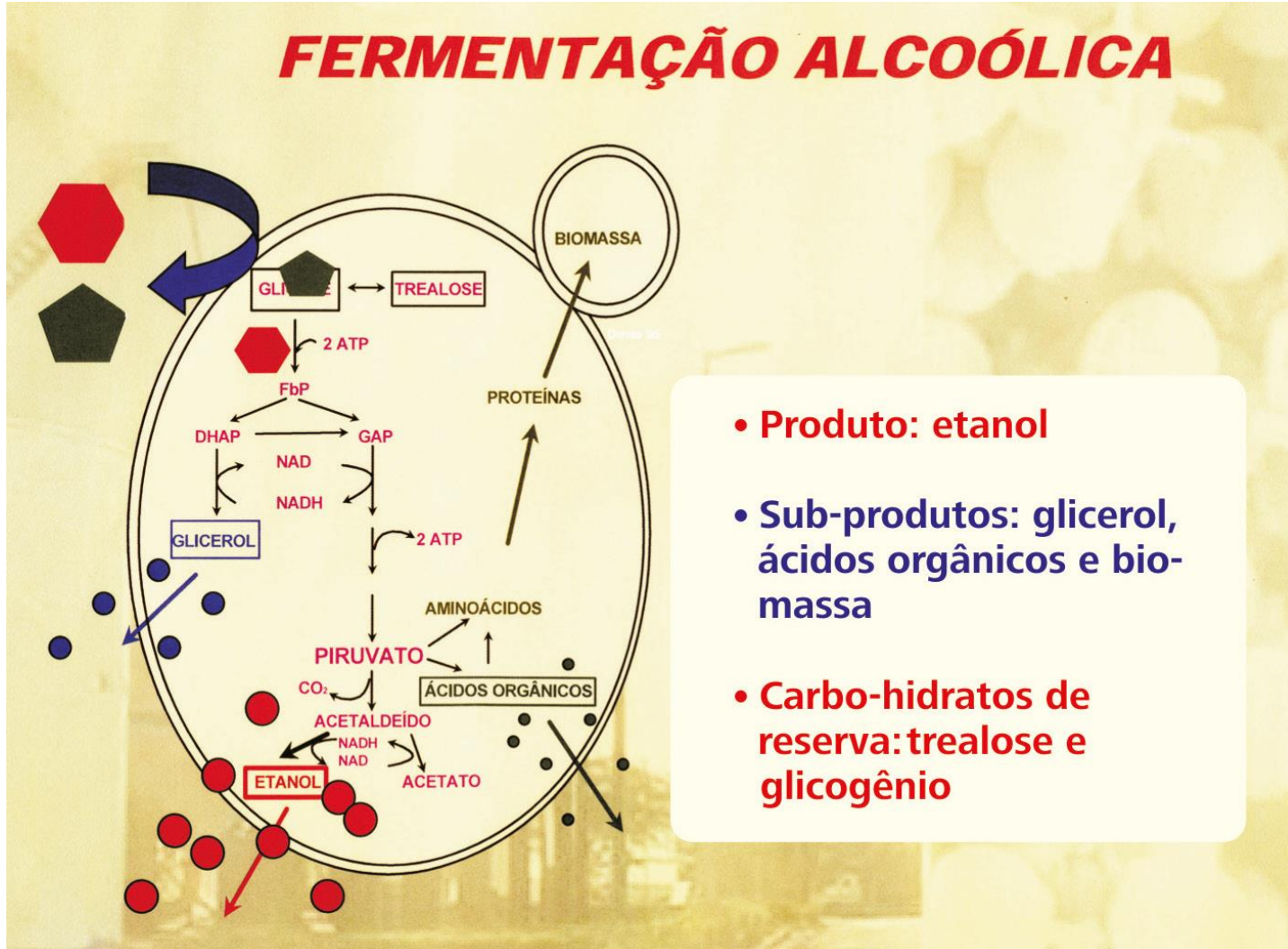
☑ Em aerobiose, ocorre a oxidação total da glicose:



☑ Diminui o rendimento em álcool mas pelo aproveitamento de energia há maior produção de células de leveduras.

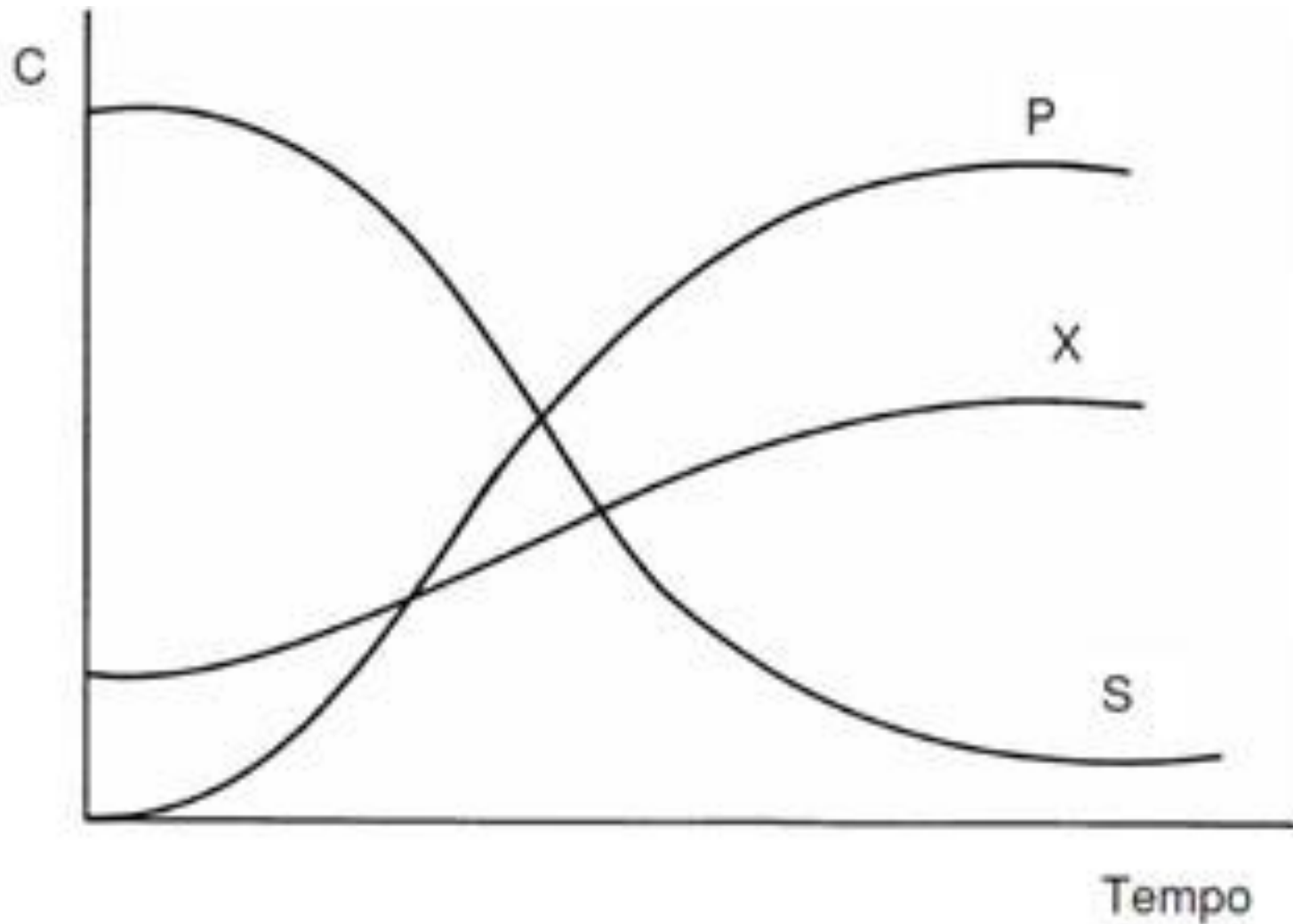
# FERMENTAÇÃO

## FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA



- **Produto: etanol**
- **Sub-produtos: glicerol, ácidos orgânicos e bio-massa**
- **Carbo-hidratos de reserva: trealose e glicogênio**

# FERMENTAÇÃO



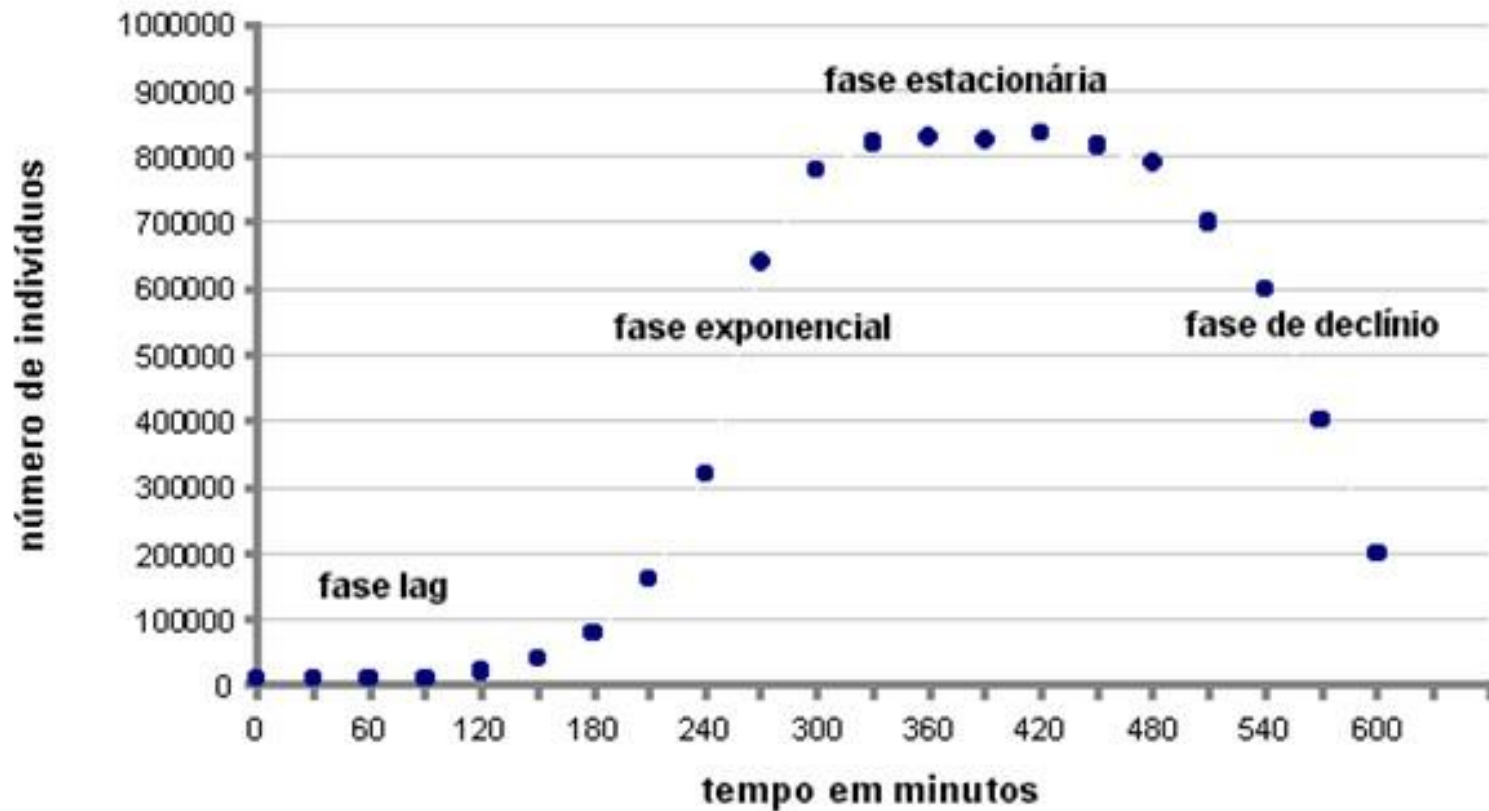
P = Produto

X = Célula

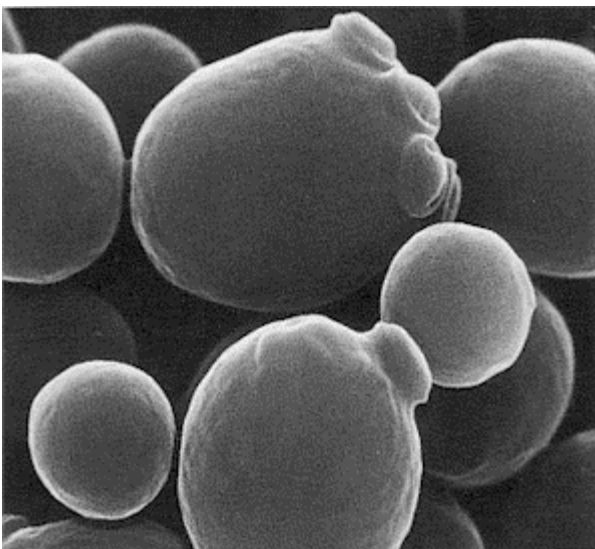
S = Substrato

# FERMENTAÇÃO

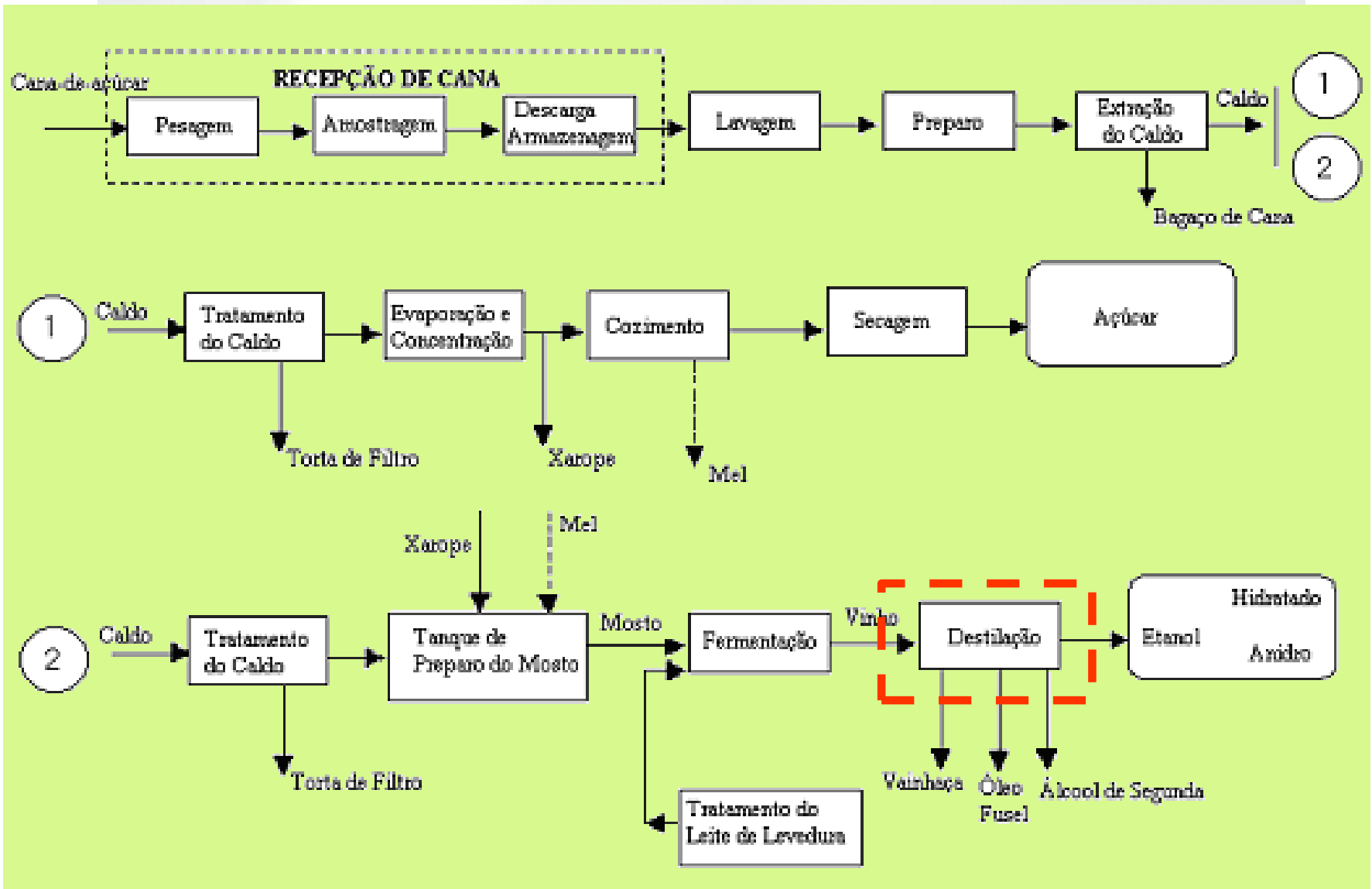
Figura 3. Padrão típico de crescimento de uma cultura bacteriana em um sistema fechado



# FERMENTAÇÃO



# Produção de etanol



# DESTILAÇÃO

**Processo de destilação:** é aquele a que o **VINHO** é submetido visando a sua separação em substâncias voláteis e condensáveis.

Assim, temos de acordo com o grau de volatilidade, as seguintes frações:

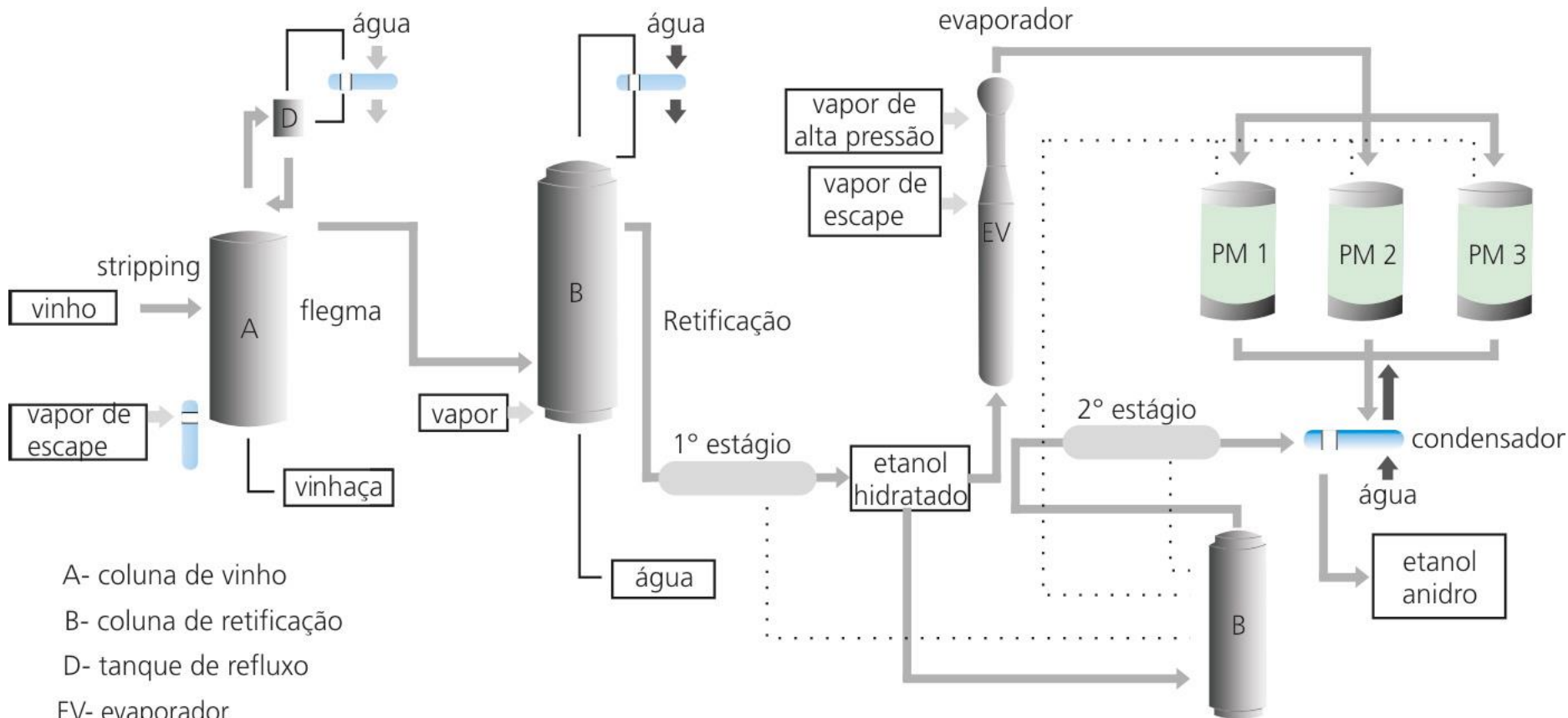
**Cabeça** – são os componentes mais voláteis, recolhidos na primeira fração do condensado;

- **Coração** – fração intermediária, constituída basicamente de etanol;
- **Cauda** – constituída de compostos menos voláteis.

**Vinhaça** – parte não volátil do vinho. O teor alcoólico nesse produto é virtualmente nulo, mas alguns componentes voláteis podem estar presentes.



# DESTILAÇÃO



- A- coluna de vinho
- B- coluna de retificação
- D- tanque de refluxo
- EV- evaporador
- PM- peneira molecular

# Produção de etanol



Coluna de Destilação

# Produção de etanol

