

# Processos de fermentação e avanços tecnológicos



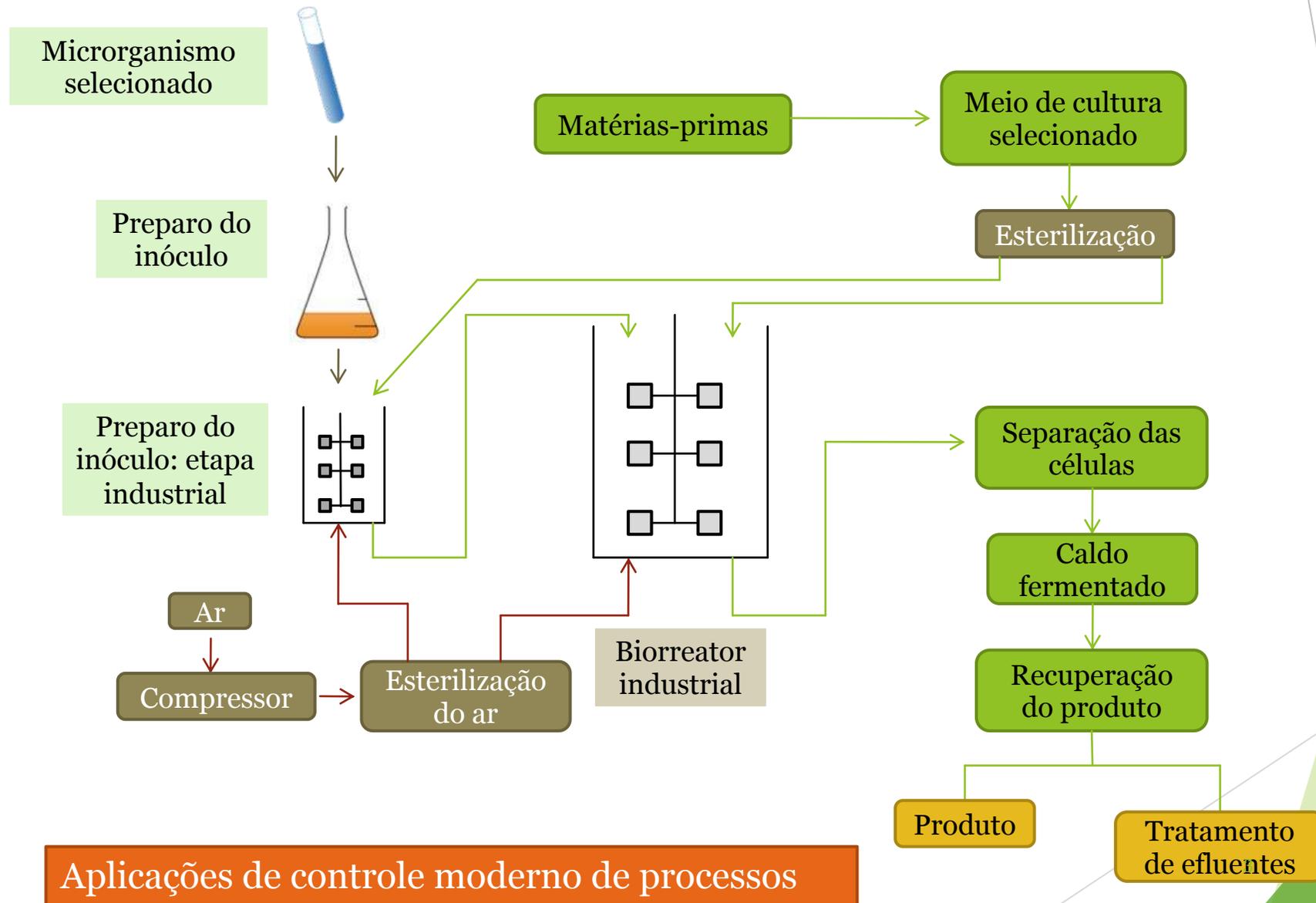
Profa. María Eugenia Guazzaroni

# PROCESSO FERMENTATIVO

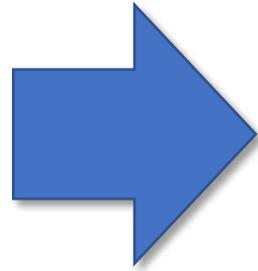
O sucesso de um dado processo fermentativo depende principalmente de:

- ✓ microrganismo;
- ✓ meio de cultura;
- ✓ forma de condução do processo fermentativo;
- ✓ etapas de recuperação do produto.

# PROCESSO FERMENTATIVO



# Fermentadores (Biorreatores)



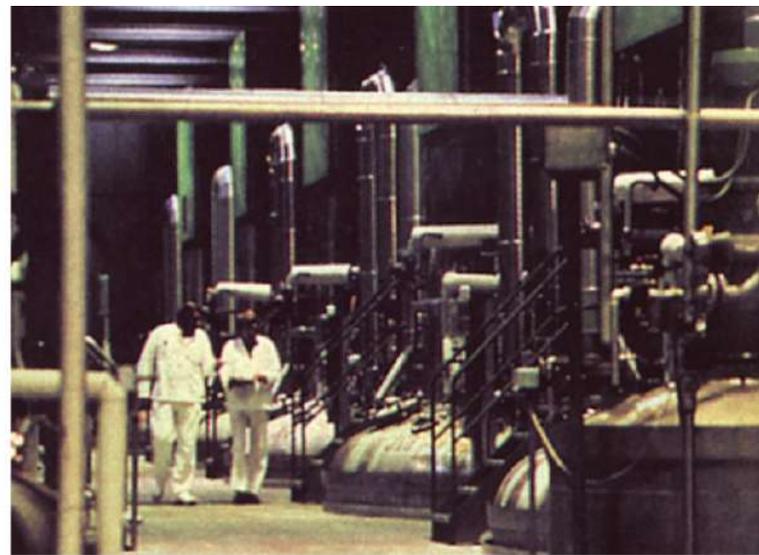
Computadores como  
componentes de  
sistemas de controle

## Sistemas de controle de processos de fermentação



Painel de controle de uma planta automática de sucos em Rússia

O computador aparece no controle de processos industriais a meados dos anos cinquenta na forma de arquitetura de controle centralizado, uma arquitetura obsoleta na atualidade.



Novo Nordisk

(a)



Novo Nordisk

(b)

**Figura 25.5** Fermentações em escala industrial (a) Uma grande planta de fermentação industrial. São visíveis somente as porções superiores dos fermentadores, os quais podem apresentar altura correspondente a vários andares. (b) Sala de controle automatizado de uma grande planta de fermentação.

Ajustes no algoritmo de controle  
ou anomalias no processo



Necessidade de alterar o controle  
automático para o controle manual



Sistema de controle  
aberto e dinâmico



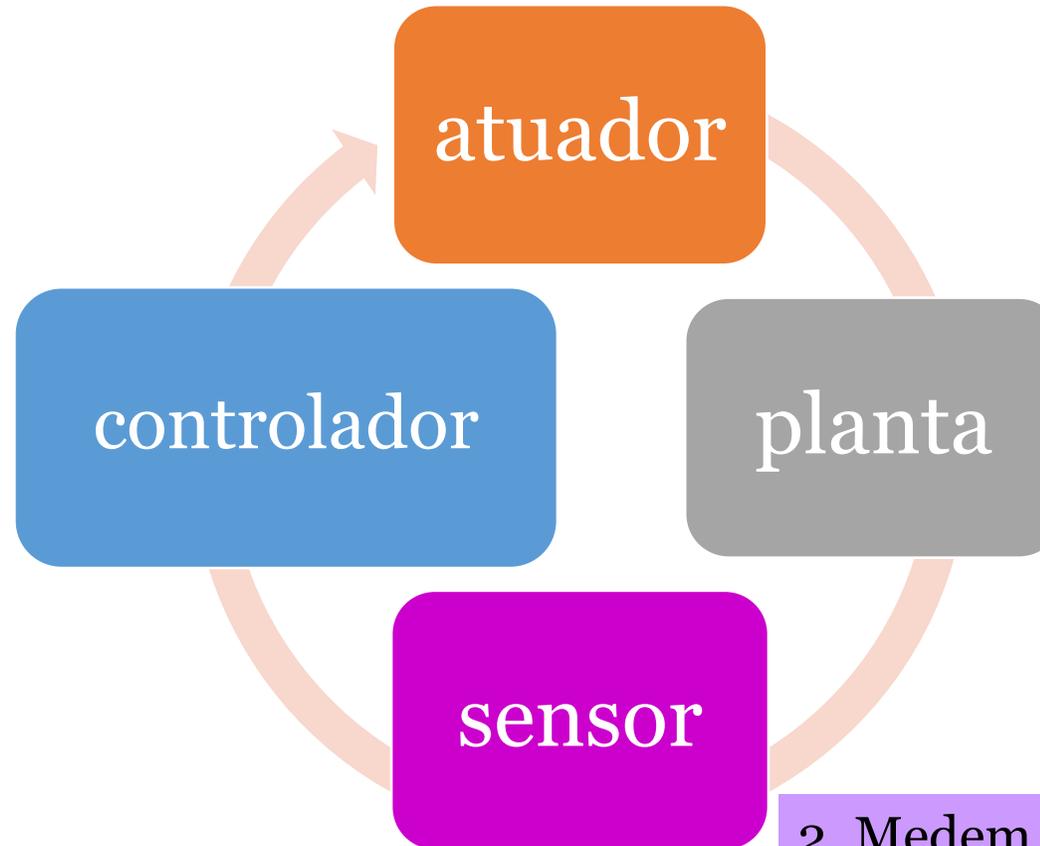
**intervenção de operador: não é uma substituição,  
mas sim uma cooperação entre o operador e o  
analisador do processo**



# Elementos de um Sistema de controle

4. Estabelecem as entradas do processo, e estas por sua vez alteram a condição de operação

3. Lei de controle: dado o objetivo de controle, a lei estabelecida é implementada por um algoritmo de cálculo que utiliza as variáveis medidas



1. Processo a ser controlado

2. Medem variáveis e informam a evolução do sistema em estudo

# ANALISADORES DE PROCESSOS

✓ São aparatos automáticos desenhados para realizar medidas contínuas ou periódicas, de um ou mais parâmetros físicos ou químicos em processos industriais em linha, permitindo correções nas condições de operação do processo, baseando-se nos resultados das medidas realizadas

## Características ideais de um analisador de processo

- ✓ Usa métodos químicos simples
- ✓ Executa a preparação da amostragem e os análises das amostras continuamente
- ✓ Produz resultados permitindo correções na linha de processo
- ✓ É fácil de manusear por pessoal não especializado
- ✓ Livre de manutenção por longos períodos
- ✓ A manutenção pode ser realizada sem interromper a linha de processo
- ✓ É capaz de se auto -calibrar
- ✓ É capaz de trabalhar em ambientes "perigosos"

# Vantagens de analisadores de processo (1)

## ✓ **Rapidez**

- A introdução de alterações rápidas nas condições de funcionamento da linha de processo
- A qualidade do produto é mais uniforme
- Não ocorreram alterações significativas na composição das amostras
- Controle da linha de processo automatizado

## ✓ **Amostragem**

- São eliminados erros de amostragem e rotulagem devido à intervenção humana
- Não são necessários recipientes especiais
- As substâncias perigosas podem ser amostradas

## Vantagens de analisadores de processo (2)

### ✓ **Economía:**

- São reduzidos os custos com pessoal
- Redução dos custos de análise
- São reduzidos os custos de consumo de energia de produção

## Problemas ou inconvenientes na sua implementação

- Reticência da indústria para introduzir novas técnicas analíticas
- Falta de comunicação entre os físicos e químicos que trabalham no desenvolvimento de nova instrumentação analítica e engenheiros que trabalham na indústria
- A instrumentação necessária para extrair amostras a partir da linha de produção e transferi-los para o analisador é mais caro do que o próprio analisador
- Avarias no funcionamento do processo podem levar a perdas económicas significativas

## Parâmetros

### 1) Pressão:

- Não existe dependência direta sobre os microrganismos (casos extremos)
- Afeta indiretamente o metabolismo por influir na solubilidade dos gases dissolvidos
- Medidores de pressão (manômetros) convertem a deformação metálica do elemento sensor em sinal elétrico (transdutores de pressão)

### 2) Temperatura:

- Estrita dependência do crescimento microbiano para com a T°C
- Intervalo de medida entre 0°C e 130°C
- Termômetros baseados na variação da resistência elétrica de sensores metálicos (Cu, Ni...)



### 3) Aeração

**Problema:** Manter as condições de oxigenação de modo a garantir a alta formação do produto de interesse

- Os processos de maior destaque são os que se encontram em aerobiose;
- A aeração é um dos aspectos que mais influencia na rapidez e eficiência do processo, sendo normalmente um fator limitante devido à baixa solubilidade que o oxigênio possui em meio líquido;
- Utilizam-se os difusores de ar para fornecer  $O_2$  ao meio de cultura;
- A forma como ar é fornecido ao reator varia com o seu *design* e com o microrganismo utilizado;

### 4) Antiespumante:

- Formação de espuma devido à agitação e aeração dos fermentadores
- Espuma pode bloquear filtros ou linhas
- Controle da adição de antiespumante por bomba mediante uma sonda

### 5) Acidez:

- pH influi na atividade enzimática e no metabolismo microbiano
- Medição por pHmetro: combinação de eletrodo de vidro (contato com o meio) como eletrodo de referencia (interno)
- O principal problema é a deterioração do eletrólito devido a esterilizações sucessivas da sonda



### **6) Biomassa:**

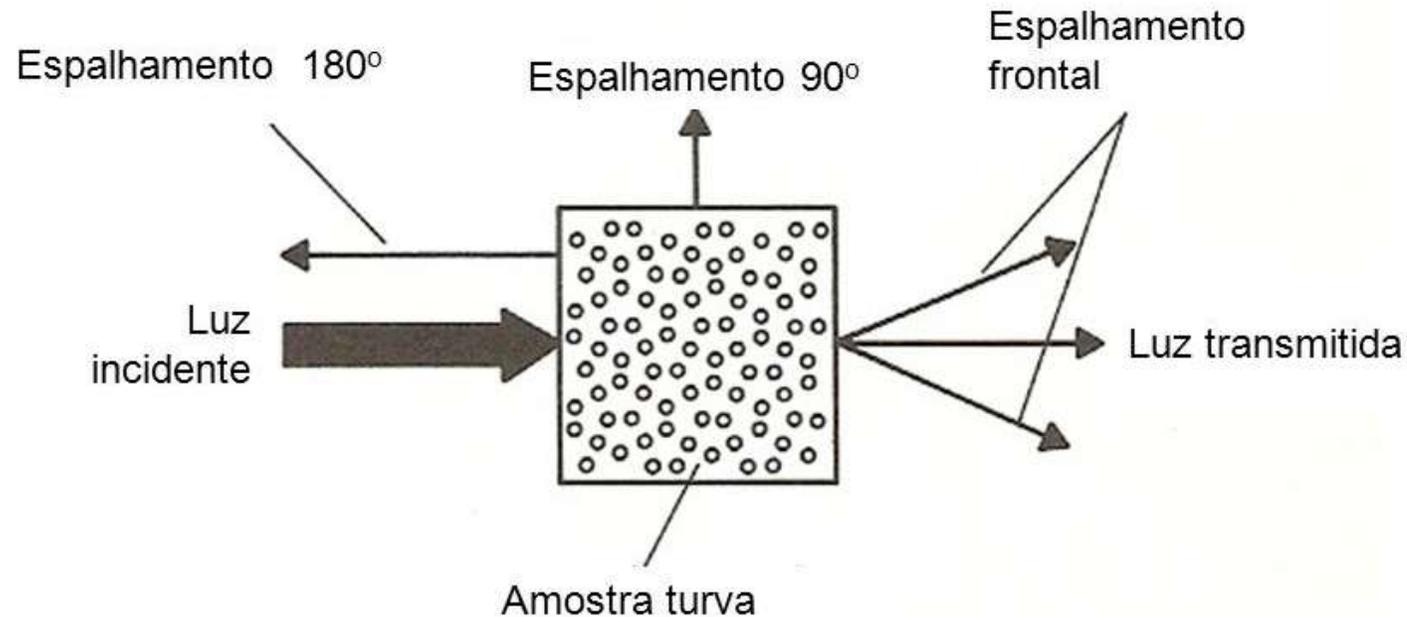
- A concentração determina as velocidades de crescimento e/ou formação de produtos
- Normalmente determinada por turbidez mediante sensores em linha

# SENSORES EM LINHA PARA PROPRIEDADES CELULARES

## Determinação da concentração de biomassa

- São medidas indiretas
- Necessitam de uma *curva* de calibração (correlação entre a variação da propriedade medida e a concentração celular)
- Um dos maiores problemas é a falta de linearidade de tal curva em altas concentrações de biomassa
- Não existe um método de aplicação geral, por causa das restrições devido às características do crescimento e do meio de cultivo
- A maioria dos métodos mede a biomassa total

**Turbidez:** dois fenômenos associados à passagem de luz que ocorrem simultaneamente: a absorção da luz e seu espalhamento devido à presença de material particulado em suspensão



Fenômenos envolvidos na determinação da biomassa celular.

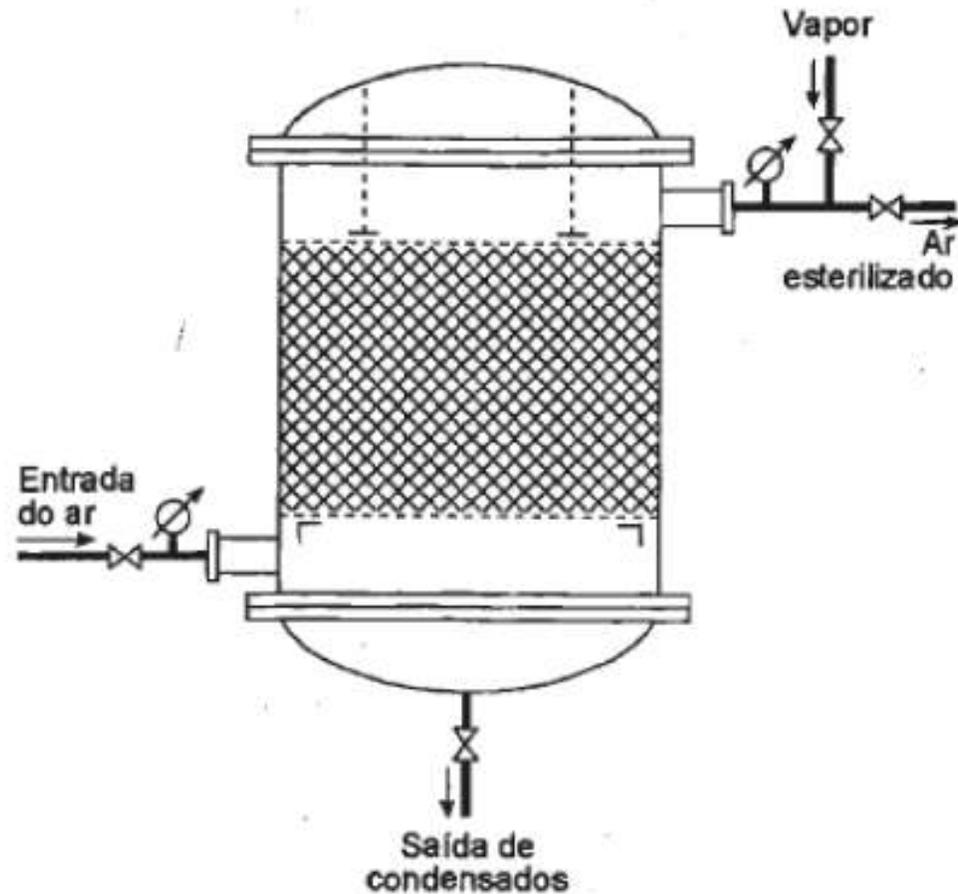
# Esterilização do Equipamento

- Como o biorreator é um ambiente altamente controlado, é necessário um sistema capaz de esterilizar por completo todos as componentes do equipamento, inclusive as válvulas e tubulações;
- Existem vários métodos difundidos na indústria para garantir a esterilização, todos eles levando a algum tipo de dano irreparável em células e em enzimas:
  - **Calor úmido** (vapor);
  - **Calor seco**;
  - **Irradiação UV**;
  - **Agentes químicos**;
- O mais empregado na indústria é o calor úmido, usando vapor de água saturado, sob pressão e a altas temperatura.

# Esterilização do Ar

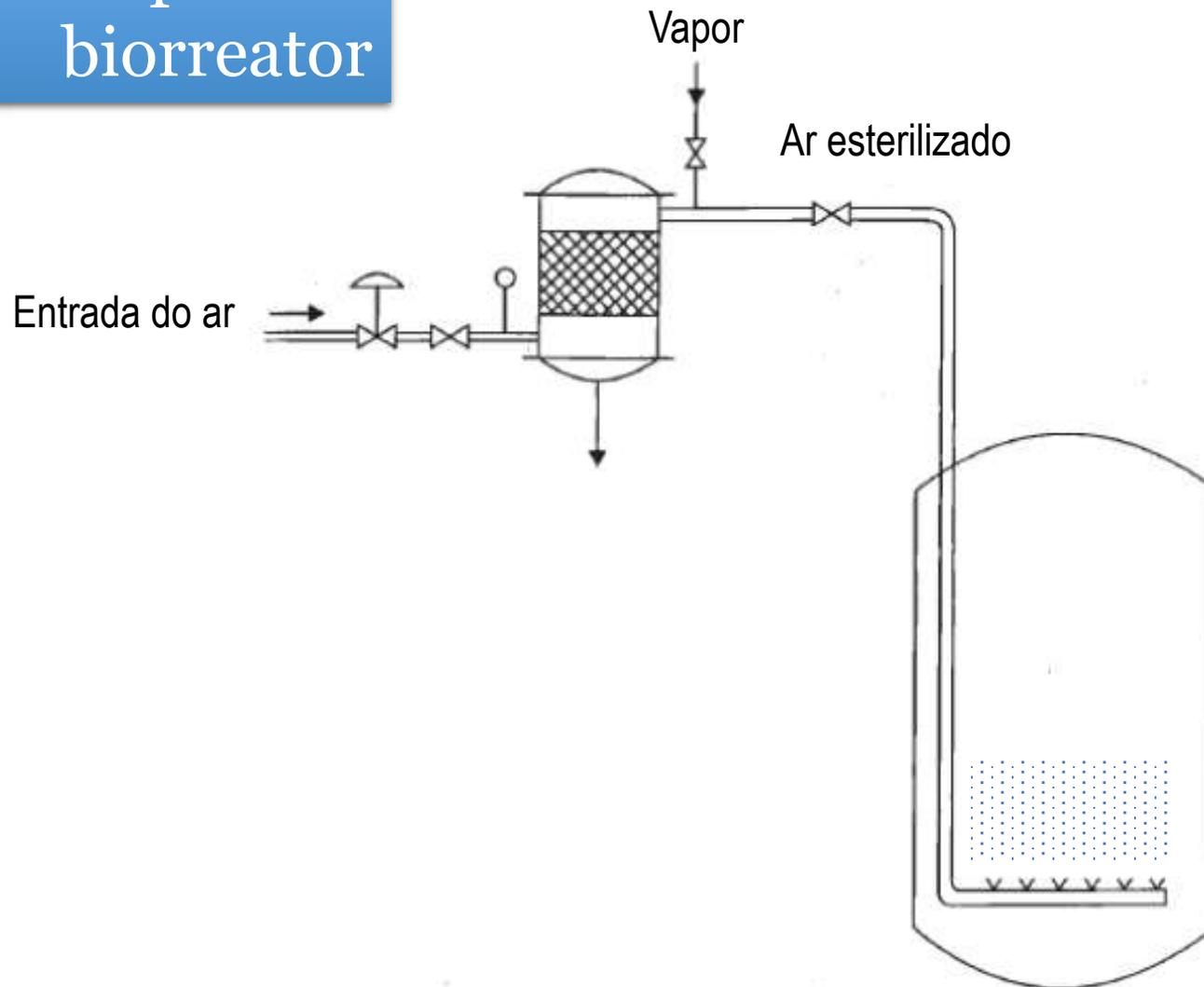
- O ar que é fornecido e retirado do meio de cultura deve ser esterilizado para garantir que não haja a contaminação do ambiente e nem do meio;
- Também existem diferentes formas de garantir a esterilização do ar:
  - **Aquecimento;**
  - **Radiação;**
  - **Filtração;**
- A filtração é o método mais difundido na indústria, tanto por sua eficiência quanto, seus baixos custos

## Exemplo de filtro de ar



Esquema de um Filtro de Ar usado em uma montagem de um biorreator. Usado tanto para filtrar o ar que entra quando o ar que sai do reator.

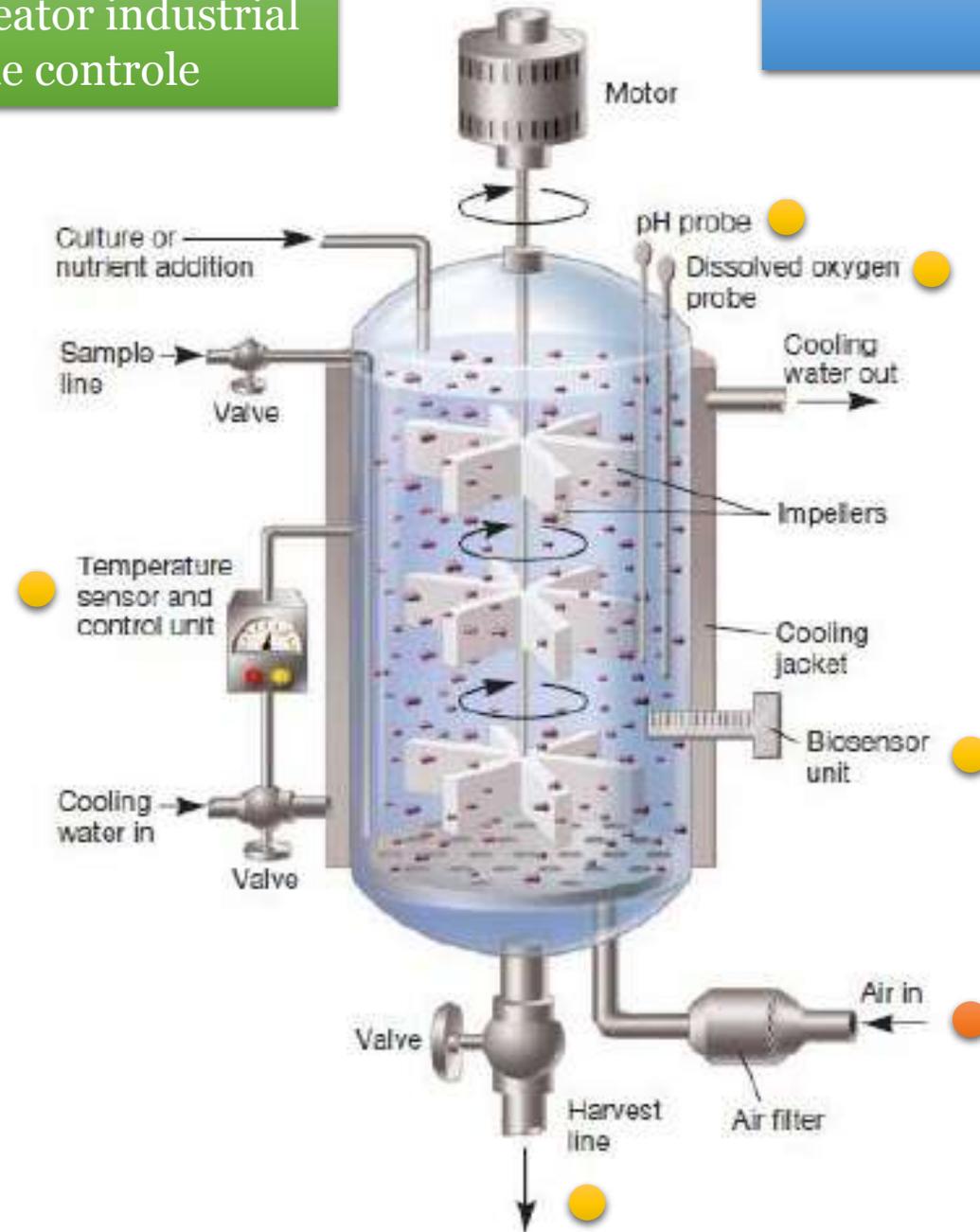
# Filtro de ar acoplado a biorreator



Esquema que ilustra a montagem de um filtro de ar acoplado ao interior de um reator, mostrando a passagem do ar desde a sua esterilização até a sua inserção no meio de cultura.

# Exemplo de um biorreator industrial e seus instrumentos de controle

## RESUMO



# PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA



## Processo de produção de cerveja

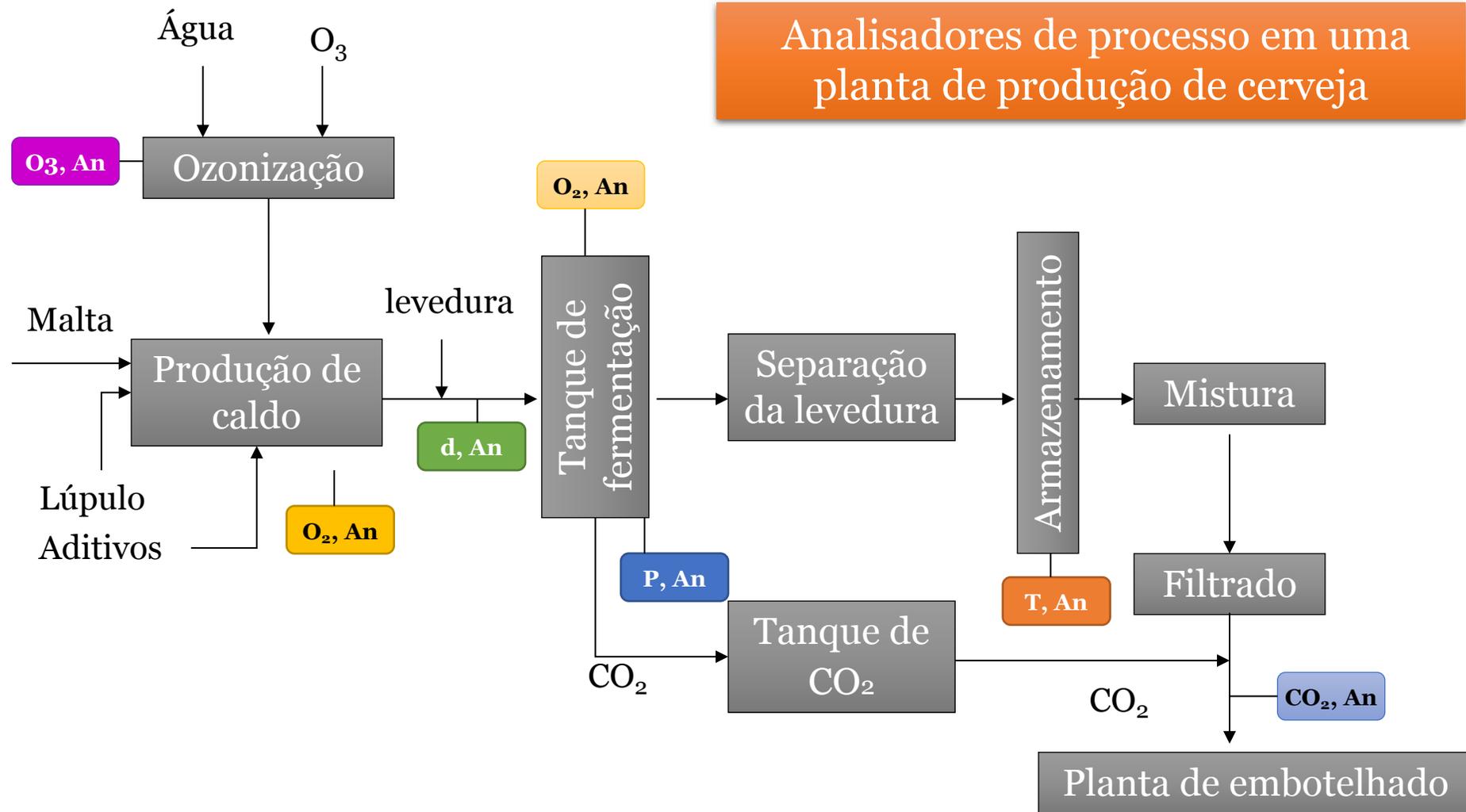
Os LEDs são inseridos durante a fase de fermentação e podem encurtar o tempo do preparo da bebida em 20%



# PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA



# Analísadores de processo em uma planta de produção de cerveja



**T, An** Analísador de temperatura



## Referências

- SHMIDELL, Willibaldo; ALMEIDA LIMA, Urgel de; ARQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; **Biotecnologia Industrial: Volume 2 Engenharia Bioquímica**. Ed. Edgard Blüncher.
- Aula dos Profs. Gabriel Brognara e Gustavo Martins d'Oliveira (Instituto de Física de São Carlos)
- MC NEIL, Brain; HARVEY, Linda M.; ***Practical Fermentation Technology***. Ed. *Wiley*.
- WILLEY, Joanne M.; Sherwood, Linda M.; WOOLVERTON, Chrisopher J.; ***Prescott, Harley and Klein's Microbiology***. Ed. *Higher Education*.
- SMITH, John E.; ***Biotechnology***. Ed. *Cambridge University Press*.