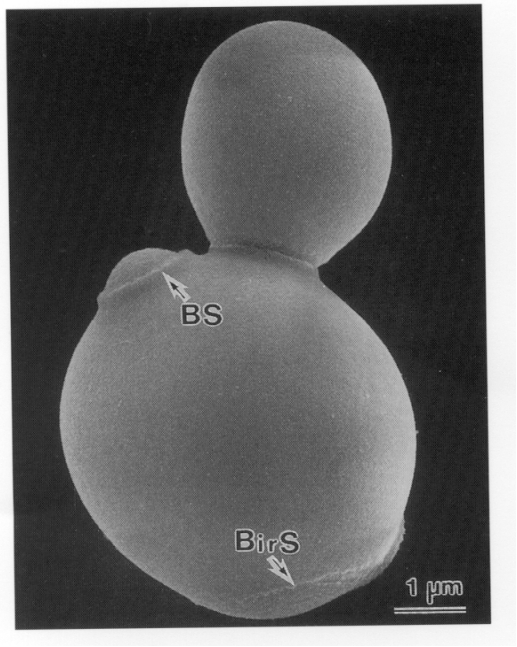
Universidade de São Paulo – USP

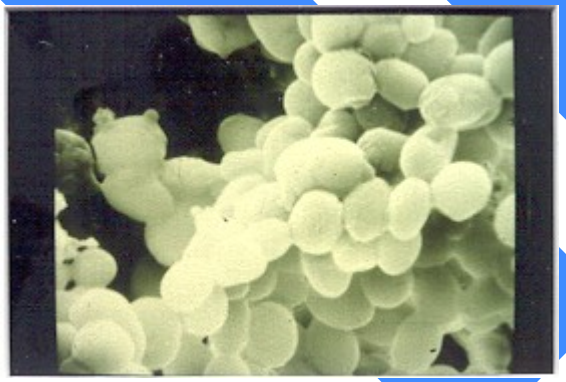
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Esalq

Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - LAN

LAN 1458 – Açúcar e Álcool

Preparo do inóculo e Processos industriais de condução da fermentação







Prof. Antonio Sampaio Baptista

PREPARO DO INÓCULO

PREPARO DO INÓCULO PARA INICIAR A SAFRA

- ✓ Fermento Prensado
- ✓ Fermento Reaproveitado do Ciclo Anterior
- ✓ Fermento Selecionado (cultura pura)

PREPARO DO INÓCULO

- **Fermento Prensado**

- Adaptação gradual (vem da panificação)
- Minimiza o tempo de partida - dita "partida direta".
- Inóculo: 20 a 25 g de fermento por litro de mosto (razão em massa de fermento após partida)
- Acúmulo gradual de conc. de fermento na dorna
- Condições requeridas: resfriamento do mosto (30 a 35 ^{o}C).

PREPARO DO INÓCULO

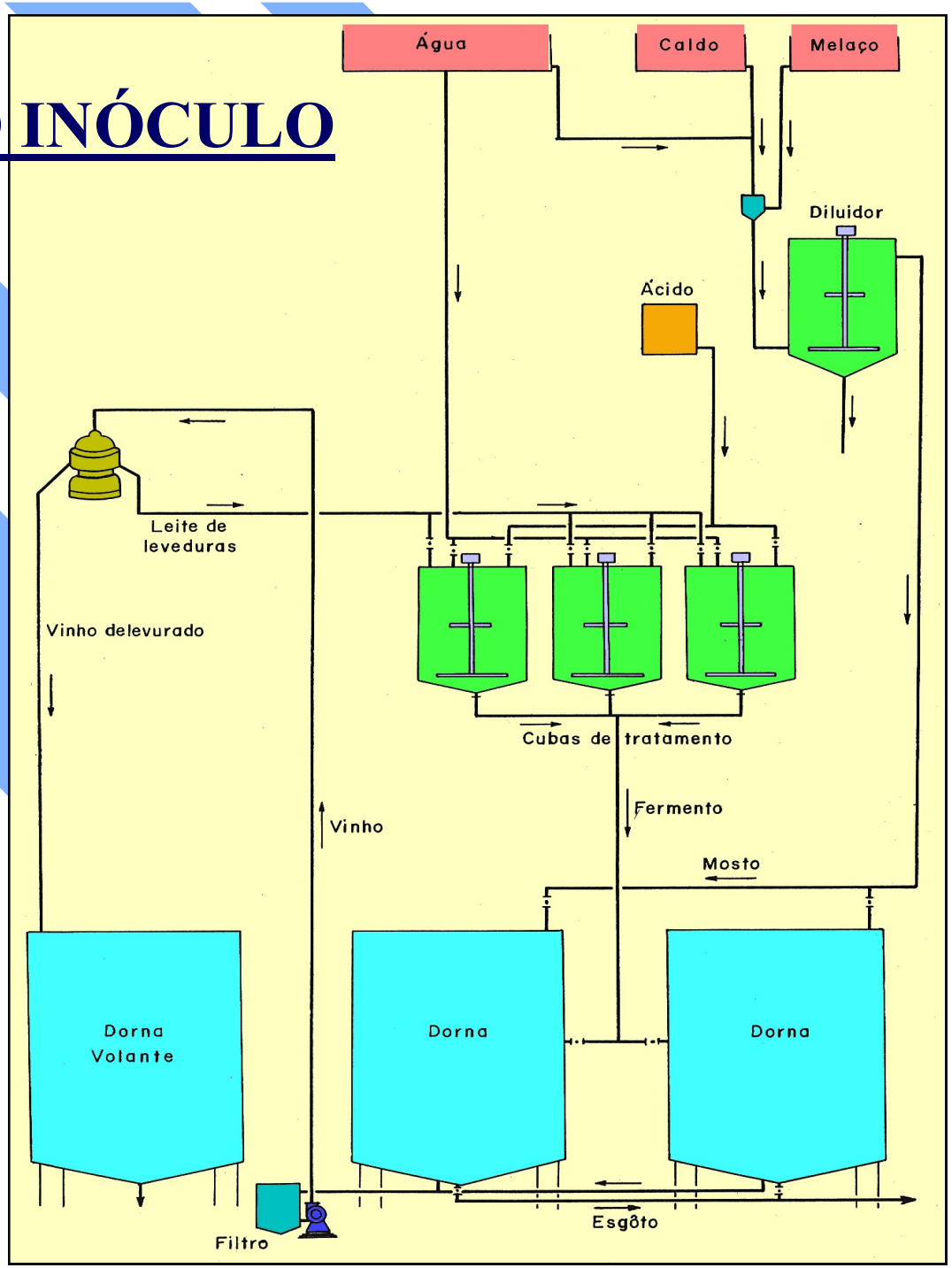
- **<u>Fermento Reciclado / Selecionado</u>** (leite de levedura)

- Pressupõe-se a levedura habilitada do ciclo anterior;
- → 10^8 células de leveduras/mL
- → 25 a 28°C
- → pH: 3,5 a 4,2
- Aumento gradual do teor de açúcar

PREPARO DO INÓCULO

- **Processo de Melle-Boinot (década 30)**

- Evolução:
- (1) Substituição do decantador por filtro de tela e centrifugação do fermento.
- (2) Diluição do melaço com caldo tratado.



Preparo do inóculo

6.2 Propagação do fermento selecionado

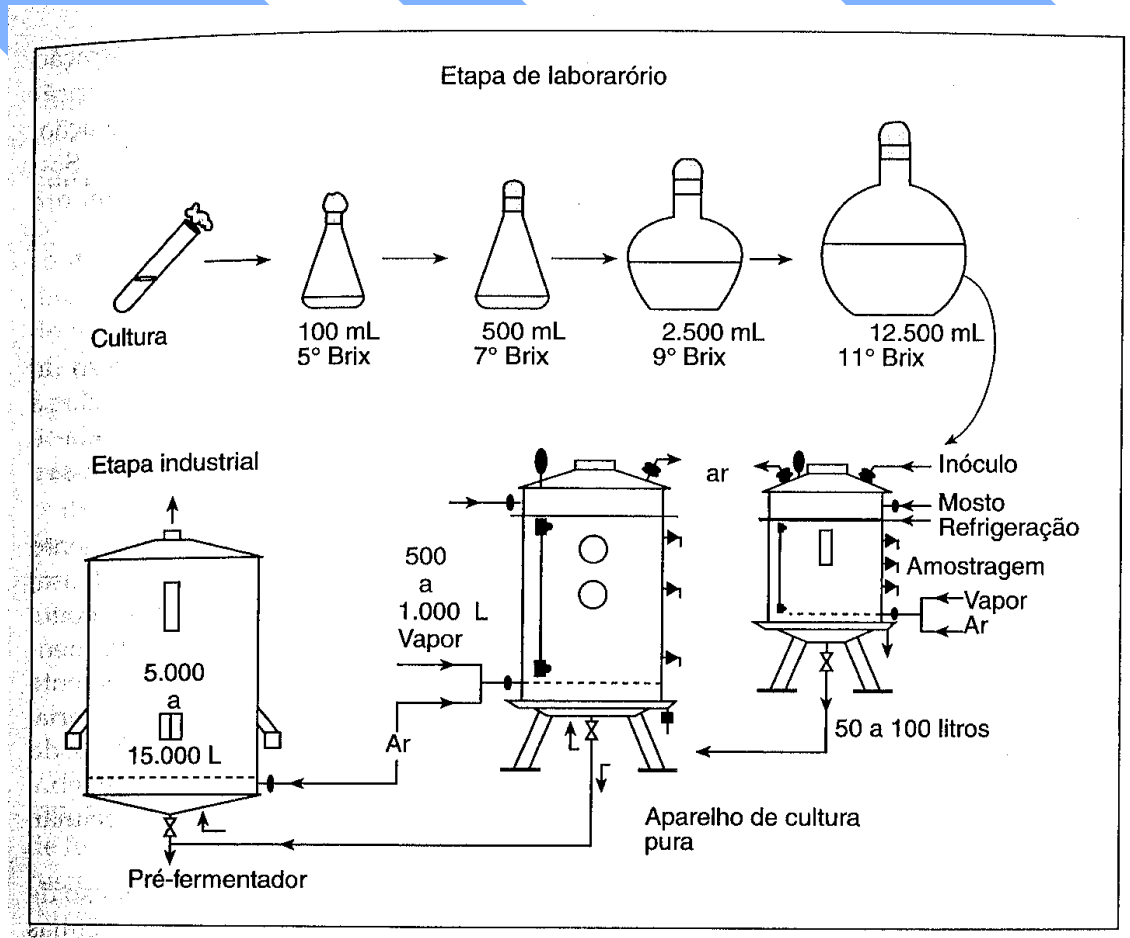


Figura 1.2 — Esquema da preparação do inóculo

PROCESSOS FERMENTATIVOS INDUSTRIAIS

Condução da fermentação

Uma vez preparado o fermento e o mosto, ambos são adicionados nas dornas de fermentação, ocasião em que as leveduras irão, de modo gradativo, converter os açúcares em gás carbônico e etanol.

A adição deve ser de modo contínuo até atingir o volume útil da dorna, sendo que a vazão de alimentação irá controlar o brix da mistura.

Processos industriais de condução da fermentação

Introdução

✓ **Processos de condução da fermentação**:

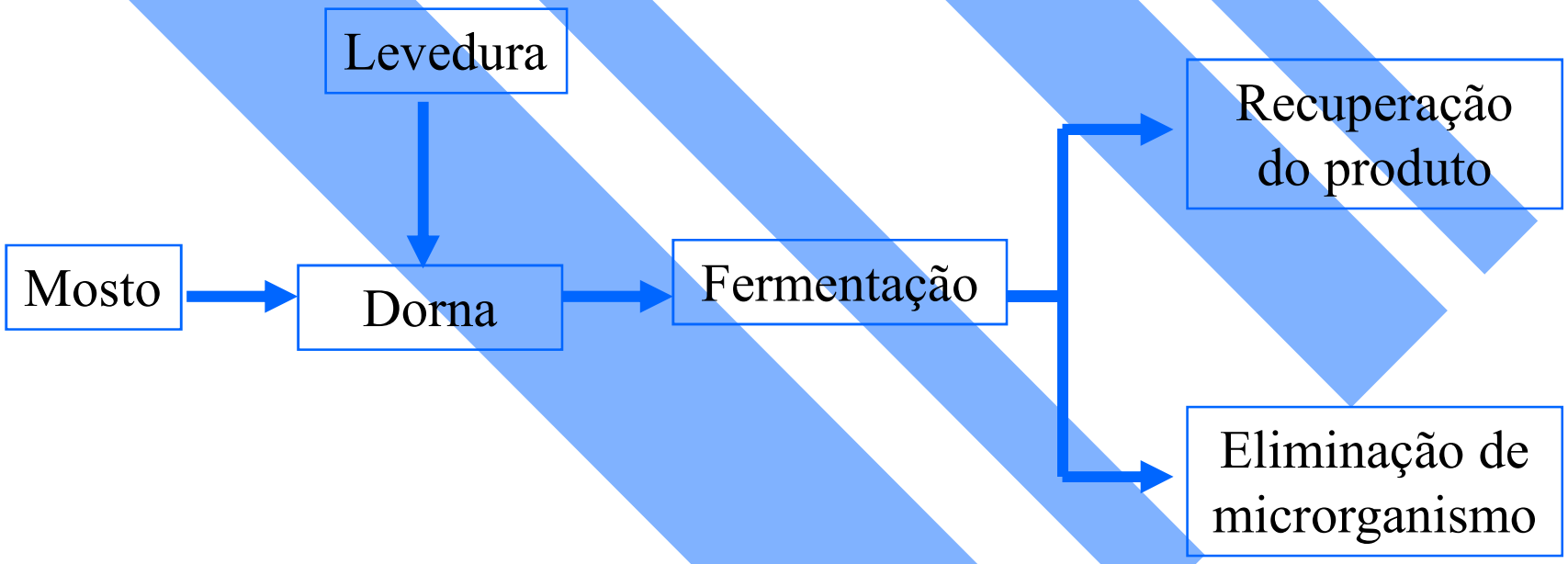
- **Processos descontínuos**:(batelada simples) ou batelada alimentada
- **Processo contínuo**.

✓ **Reciclo de células:**

- Ambos os processos podem ser conduzidos com ou sem o reciclo de células.

Processos industriais de condução da fermentação

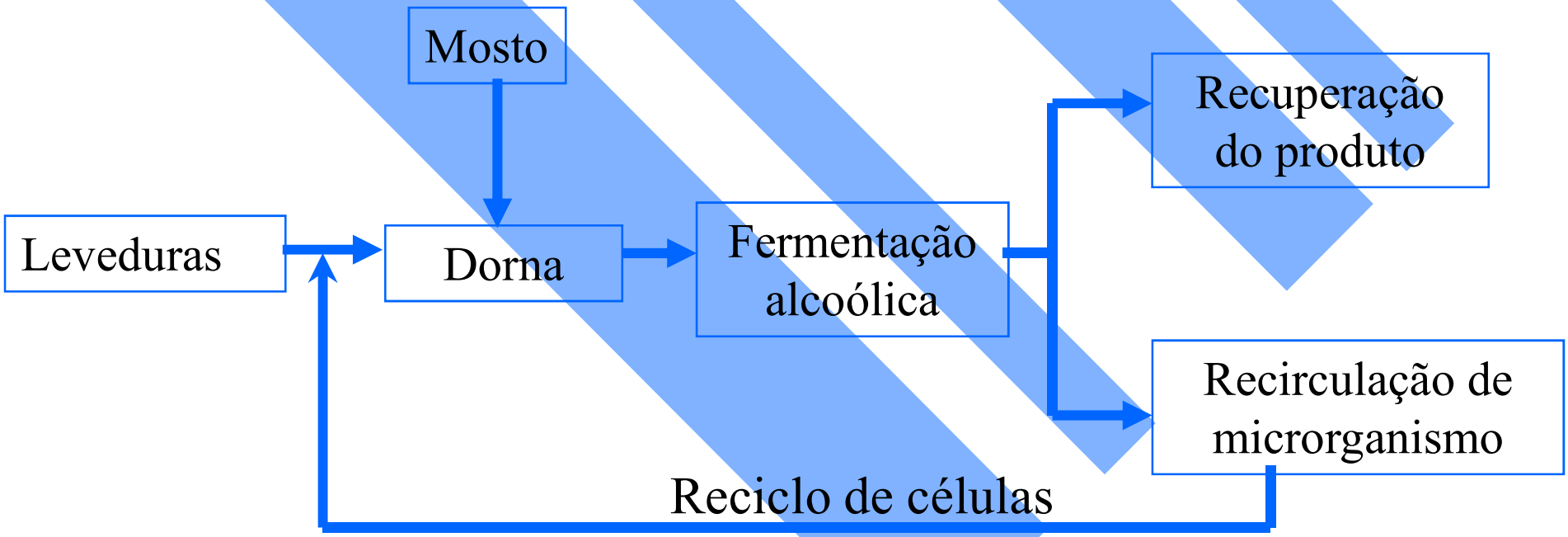
❖ *Processo descontínuo sem reciclo de fermento*



✓ Este processo é o mais seguro quando se tem problemas de manutenção das condições de assepsia ou se pretende recuperar as leveduras e outros subprodutos, pois ao final de cada batelada imagina-se que o reator deverá ser esvaziado e elimina-se o pé-de-cuba. Na próxima fermentação, adiciona-se o novo mosto e um novo inóculo (pé-de-cuba) para realizar a fermentação.

Processos industriais de condução da fermentação

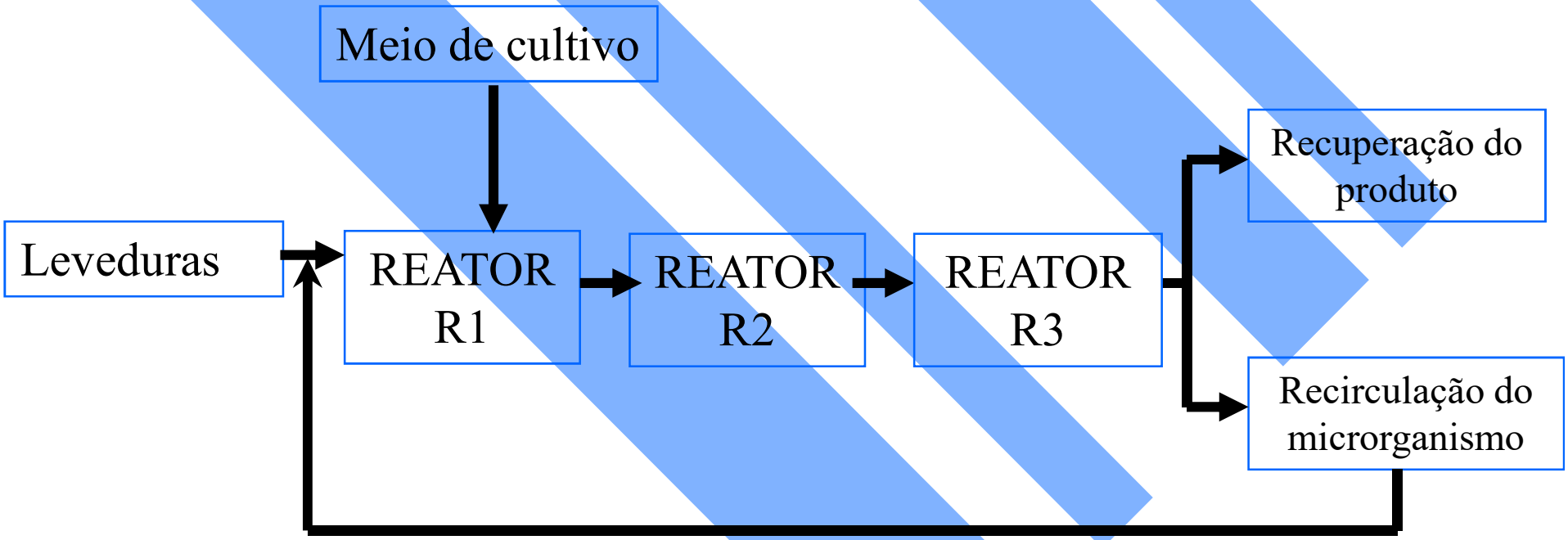
Processo descontínuo com recirculação de células



✓ Este processo também é chamado batelada com reciclo de células.

Processos industriais de condução da fermentação

Processo contínuo com recirculação de células



✓ Este processo é conduzido com o objetivo de aumentar a produtividade dos reatores

Processos industriais de condução da fermentação

❖ ***Processo descontínuo alimentado "FED BATCH"***

- ✓ É aquele no qual se imagina inicialmente introduzir o inóculo, o qual ocupará uma fração do volume útil do reator da ordem de 10 a 12 % (v/v).
- ✓ Neste caso, inicia-se a alimentação com o inóculo, empregando-se uma vazão adequada. Depois adiciona-se o mosto.
- ✓ Aguarda-se completar a fermentação e procede-se a retirada e recuperação do produto.

Processos industriais de condução da fermentação

❖ *Processo descontínuo alimentado "FED BATCH"*

As células separadas retornam ao sistema a fim de se iniciar um novo período de alimentação, o que evita a necessidade de se preparar um novo inóculo.

Nota: a alimentação do reator com vazão constante não é obrigatória.

✓Este sistema de condução da fermentação também permite uma grande flexibilidade operacional no uso do reator.

PROCESSOS INDUSTRIAIS DA CONDUÇÃO DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

- ✓ **Processos de fermentação em batelada alimentada;**
- ✓ **Processos de fermentação contínua;**

Processos industriais de condução da fermentação

Processos fermentativos para a condução da fermentação

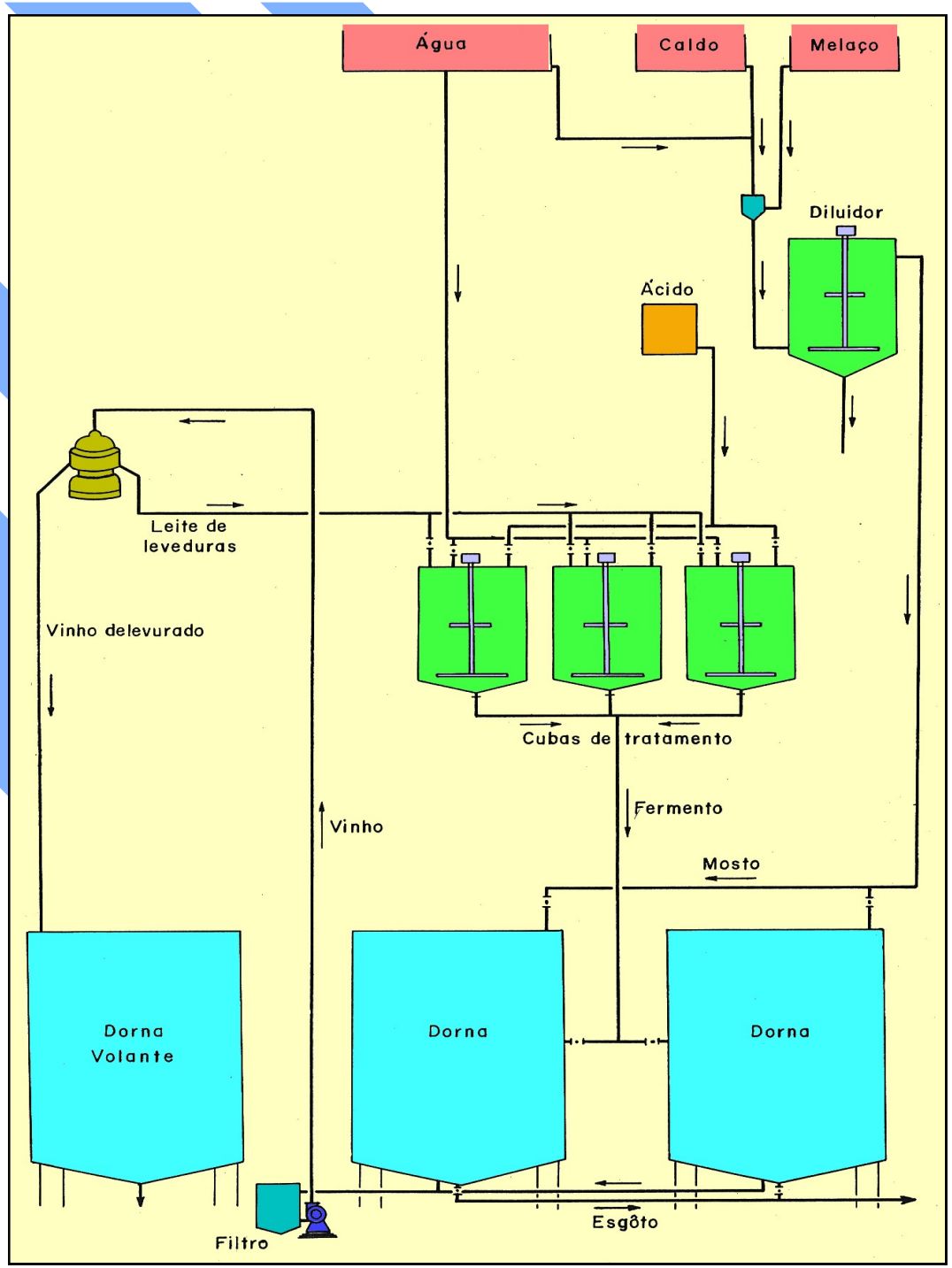
- Processos contínuos } - com reciclo de células
- Processos descontínuos } - sem reciclo de células

BRASIL:

- **Predomina** processos de fermentação **em batelada alimentada**, com reciclo de células.

- Os processos contínuos de fermentação, existentes no país, também usam reciclo de células.

- **Processo de Melle-Boinot (década 30)**



Batelada Alimentada: Processo Melle-Boinot

(1) Alta eficiência na fermentação: conversão de açúcar em álcool (88 a 92 %);

(2) Simplicidade, rapidez, alta pureza;

(3) Produtividade : 7,5 g de etanol/L de vinho/h;

(4) Menor consumo de insumos do que a contínua;

(5) Melhor uso das dornas do que a batelada simples.

Processos industriais de condução da fermentação

- ***Cuidados técnicos***:

- 1) Teores alcoólicos no vinho de 8 a 10 %, com tempo de fermentação de 4 a 8 horas;
- 2) Adequado pré-tratamento do mosto – peneiragem / caleagem (pH-5,6 a 5,8) / aquecimento/ decantação/ resfriamento;
- 3) Assepsia de processo e de tubulações (moenda até dorna);

Processos industriais de condução da fermentação

- ***CUIDADOS TÉCNICOS***:

- 4) Tempo de tratamento ácido do fermento - 2 a 3 h e pH na faixa de 2,5 -2,8 (controle de contaminantes);

- 5) Contaminação intensa na fermentação apenas o tratamento ácido e uma centrifugação podem não ser suficientes. Há casos de haver necessidade do uso de antibiótico após a centrifugação ou até eventualmente uma nova centrifugação.

3.2. PROCESSOS CONTÍNUOS

Pesquisa: 45 a 55 anos
Indústria: 35 anos

Cuidados e conceitos técnicos

1) Adaptação das atuais dornas (batelada) unidas por tubulações saindo do fundo p/ cima da seguinte.

2) 1as dornas executam 70% da fermentação e as últimas como segurança (evitar perdas de ART);

3) Resfriamento do mosto - trocadores de calor a placa, externos à dorna e também agitação por circulação forçada na lateral ao fundo;

3.2. PROCESSOS CONTÍNUOS

Cuidados e conceitos técnicos

4) Recirculação do fermento tratado c/ abaixamento de pH em cascata (controle de infecção);

5) Conhecimentos cinéticos da fermentação p/ otimização e redução do volume e tempo;

6) Evitar acúmulo de sólidos, c/ formação de grandes depósitos;

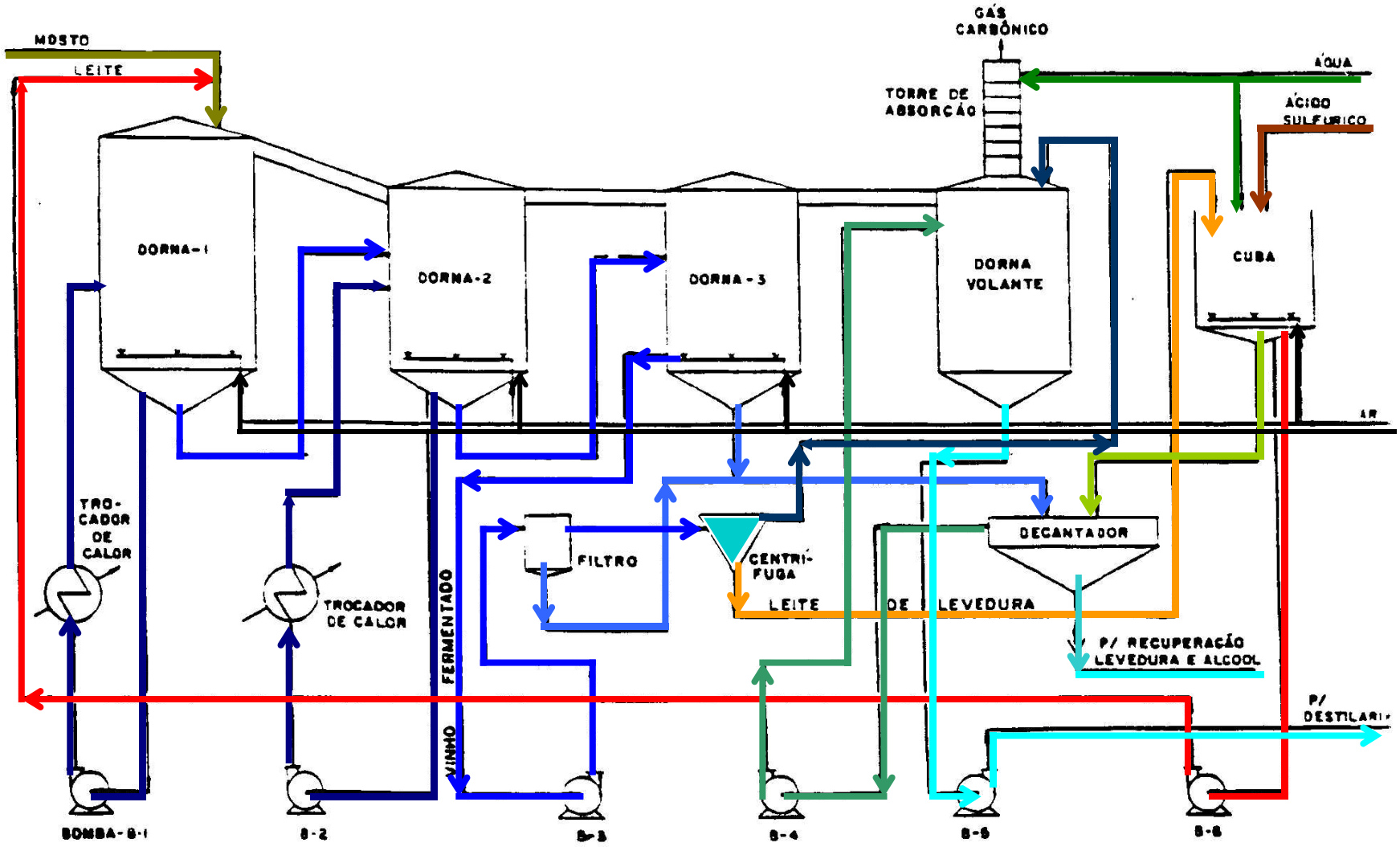


Figura 4 - Fluxograma do processo de fermentação contínua

3.2. PROCESSOS CONTÍNUOS

Vantagens dos processos contínuos

- **Rendimento industrial igual ao Melle-Boinot;**

- **Maior produtividade do que a batelada alimentada;**

- **Menor volume de dornas, redução dos equipamentos em geral;**

- **Amplas possibilidades de automação ou grande parte automatizadas e informatizadas;**

3.2. PROCESSOS CONTÍNUOS

Vantagens dos processos contínuos

-Redução ampla de operações como limpeza, enchimento, esvaziamento, transferência de fermento, resultando em redução de mão-de-obra e tempo de operação;

- É um avanço tecnológico.

3.2. PROCESSOS CONTÍNUOS

Desvantagens do processo contínuo

✓ O processo exige uma indústria que possua um adequado sistema de tratamento de caldo para a destilaria ou que trabalhe apenas com diluição de xarope e méis para garantir a homogeneidade de mosto, uma vez que o processo possui dimensionamento crítico e adapta-se à faixas estreitas de variações de mosto;

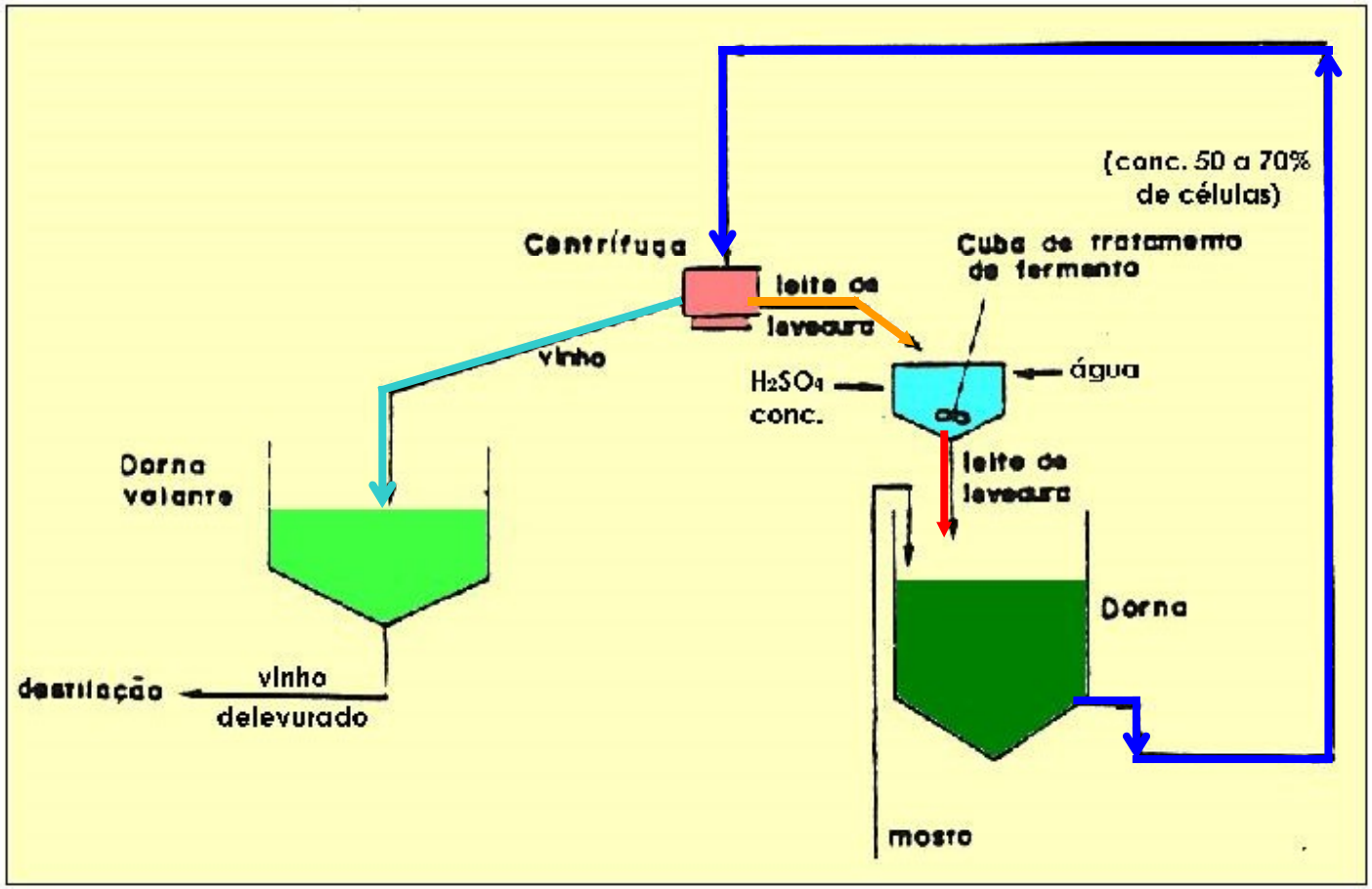
3.2. PROCESSOS CONTÍNUOS

Desvantagens do processo contínuo

- ✓ *Exige um bom gerenciamento dos processos e sistemas anteriores a fermentação para que possam manter fluxos e qualidade estáveis ao processo.*



3.3. RECUPERAÇÃO DO FERMENTO



3.3. RECUPERAÇÃO DO FERMENTO



Centrifuga separadora do levedo do vinho
- saída do vinho por pressão pelo centro superior -

Microrganismos: 0,5 a 20 μm.
Será que entram por esta abertura "tão pequena" ??!!



3.3. RECUPERAÇÃO DO FERMENTO

Tratamento ácido:

✓ Diluição do leite de levedura com água (proporção – 1:1), homogeneização e adição de ácido sulfúrico (pH 2,5 a 2,8). Tempo de exposição de 2 a 3 horas.

Efeitos do tratamento ácido

1) Latência de bactérias láticas.
2) Redução de contaminantes.
3) Limpeza química da superfície celular das leveduras.
4) Reduz a contaminação bacteriana pelo abaixamento de pH.

3.3. Recuperação do Fermento

Vantagens:

1) Elevado rendimento alcoólico na fermentação;
2) Maior rapidez de fermentação pelo maior teor de levedo recuperado;
3) Facilita a obtenção de etanol de melhor qualidade;
4) Diminuição das incrustações nos aparelhos de destilação.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

✓ A produção de etanol por via fermentativa é feita exclusivamente com uso de leveduras, da espécie *Saccharomyces cerevisiae;*

✓ O teor de açúcar no mosto é muito importante para definir a rota metabólica de degradação do açúcar adotada pela levedura;

✓ O preparo do fermento pode ser feito de três formas: cultura pura, fermento prensado e aproveitamento de reciclos de outros processos. Esta prática deve anteceder o início da colheita a cana de 7 a 30 dias.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ Após o preparo do inóculo e do mosto se procede a condução da fermentação. Este processo para a produção de etanol, em geral, é realizado em batelada alimentada ou em processo contínuo;
- ✓ O processo de fermentação em batelada alimentada é o mais usando na indústria de etanol brasileira;

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ No futuro, com a melhoria do padrão tecnológico das usinas, espera-se que a fermentação contínua ganhe mais espaço nas usinas do Brasil;
- ✓ O tratamento ácido é importante porque pode garantir o reciclo das leveduras com baixa taxa de contaminação e permite melhorar a produtividade na indústria.

Processos industriais de condução da fermentação

Referências

1 - PAYNE, J.H. **Operações unitárias na produção de cana-de-açúcar**. São Paulo: NOBEL, 1989. 245p.

2 - RIBEIRO, C., BLUMER, S., HORII. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira: tecnologia do açúcar.** Piracicaba: ESALQ/Depto de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, V.2, 1999. 66p.

3 - USHIMA, A.K., RIBEIRO, A.M.M., SOUZA, M.E.P., SANTOS N.F. **Conservação de energia na indústria do açúcar e do álcool.** São Paulo, IPT, 1990. 796p.

4 - BORZANI, W., SCHIMIDELL, W., LIMA, U.A., AQUARONE, E. **Biotecnoliga Industrial**. Edgard Blücher:São Paulo, 2001. 540p. vol.II.

5 - COPERSUCAR. Centro de Tecnologia. **Divisão Industrial - *Fermentação***. 434p., 1987.

6 - ROSE, A.H. & HARRISON, J.S. ***The yeasts***. 2 nd ed. Academic Press, London, 1987, vol. 2 nd. 309 p.