

USP - Escola de Engenharia de Lorena

# OPERAÇÕES UNITÁRIAS I

## MISTURAÇÃO

Prof. Antonio Carlos da Silva

1

# MISTURAÇÃO

- **FINALIDADE:**
  - Preparar uma combinação uniforme de dois ou mais materiais.
- **COMBINAÇÕES:**
  - Dois ou mais sólidos
  - Dois ou mais líquidos
  - Um líquido e um sólido
  - Um líquido e um gás

2

# MISTURAÇÃO

- **PRODUTO:**
  - **HOMOGENEO** – Desligado o misturador, a mistura permanece homogênea.
    - Exemplos: mistura de líquidos miscíveis, dissolução de sólidos, absorção de gases em líquidos
  - **HETEROGENEO** – Desligado o misturador, as substâncias se separam.
    - Exemplos: suspensão de sólidos, mistura de líquidos imiscíveis

3

# MISTURAÇÃO

- **CONSTITUIÇÃO:**
  - Fase Contínua e Fase Dispersa.
  - Solvente (líquido) e soluto.
- **TIPOS DE MATERIAIS:**
  - Líquidos de baixa ou moderada viscosidade
  - Líquidos altamente viscosos
  - Sólidos plásticos deformáveis (pastas)
  - Pós secos de escoamento livre

4

# MISTURAÇÃO

- **TIPOS DE MISTURADORES:**

- **Impulsores para líquidos - Agitadores**
- **Misturadores para pastas e sólidos plásticos**
- **Misturadores para pós secos**

5

# IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

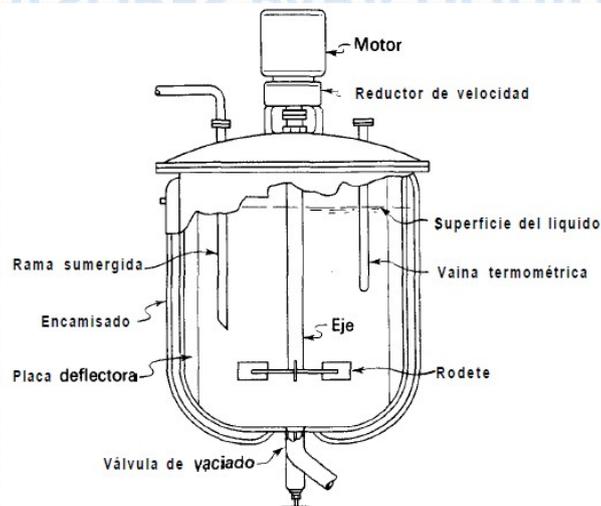
6

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Utilizam pás, turbinas e hélices para aplicar energia mecânica aos líquidos
- Os dispositivos são ligados a um eixo que gira em um reservatório
- O rendimento dos impulsores dependem da criação de correntes que atinjam todos os pontos do reservatório, com turbulência
- A ação de mistura ocorre em regiões afastadas do impulsor, onde ocorre a misturação de correntes
- O tanque não atua na misturação

7

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS



8

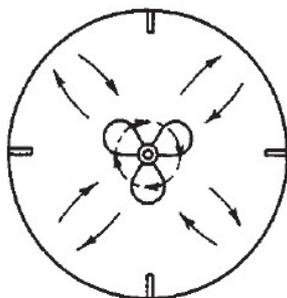
## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- O tipo de fluxo criado pelo impulsor depende:
  - do tipo de impulsor
  - das características do fluido
  - do tamanho e das proporções do tanque
  - da existência de placas defletoras

9

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

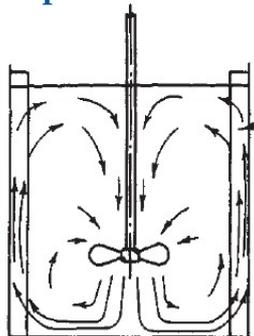
- Componentes da velocidade do líquido:
  - **RADIAL:** perpendicular ao eixo do impulsor



10

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

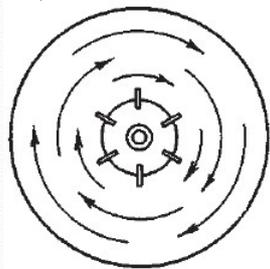
- Componentes da velocidade do líquido:
  - LONGITUDINAL: paralela ao eixo do impulsor



11

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Componentes da velocidade do líquido:
  - TANGENCIAL ou ROTACIONAL: tangencial ao caminho circular, ao redor do eixo



12

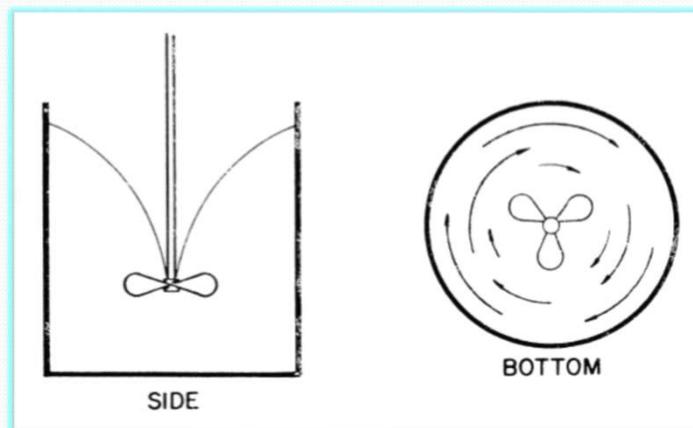
## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Componentes da velocidade do líquido:
  - Os fluxos Longitudinal e Radial são os que mais contribuem com a mistura. São os fluxos que fazem com que correntes oriundas de localizações diferentes se encontrem.
  - O fluxo tangencial pouco contribui para a mistura.
  - O fluxo tangencial provoca a formação de vórtices ou redemoinhos.

13

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

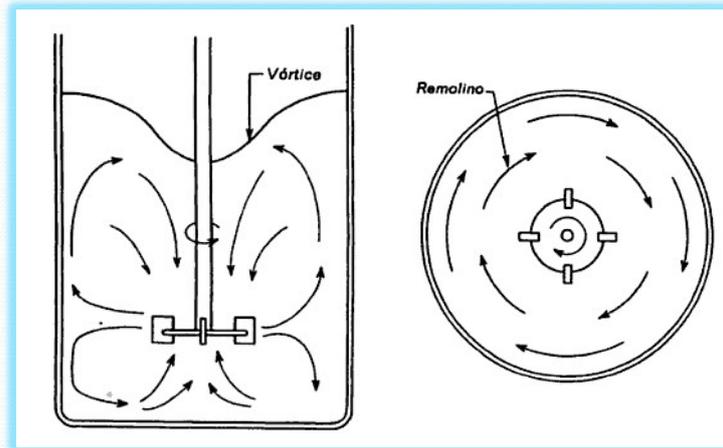
- Vórtices:



14

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Vórtices:

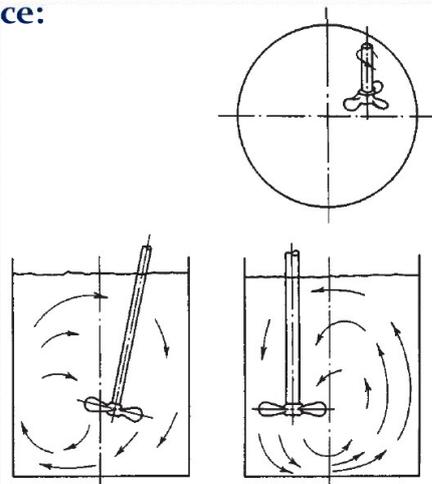


15

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Métodos para evitar vórtice:

- Em tanques pequenos:  
eixo fora do centro



16

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Métodos para evitar vórtice:

- Em tanques pequenos:  
eixo fora do centro

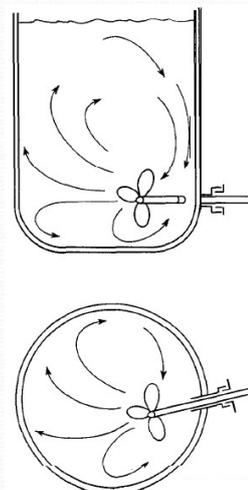


17

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Métodos para evitar vórtice:

- Em tanques grandes:  
entrada lateral do  
agitador



18

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Métodos para evitar vórtice:

- Em tanques grandes:  
entrada lateral do  
agitador

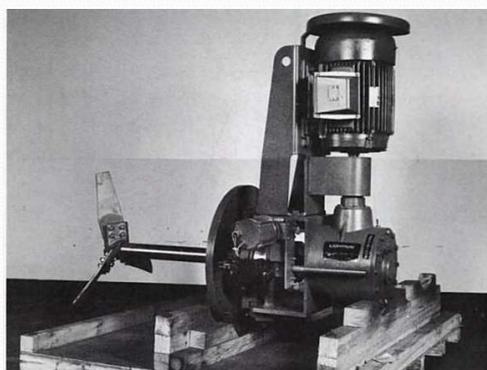


19

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Métodos para evitar vórtice:

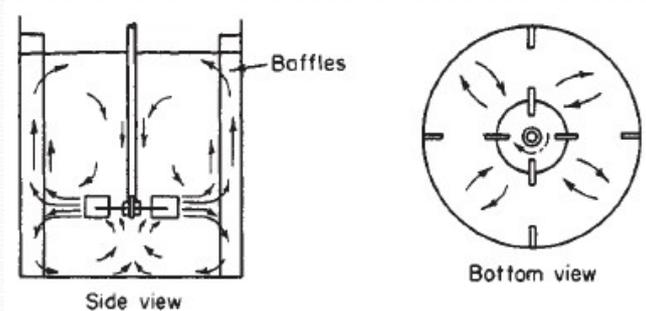
- Em tanques grandes:  
entrada lateral do  
agitador



20

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Métodos para evitar vórtice:
  - Agitadores verticais: placas deflectoras (chicanas)



21

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

- Tipos de impulsores:
  - Pás
  - Turbinas
  - Propulsores (hélices)

22

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

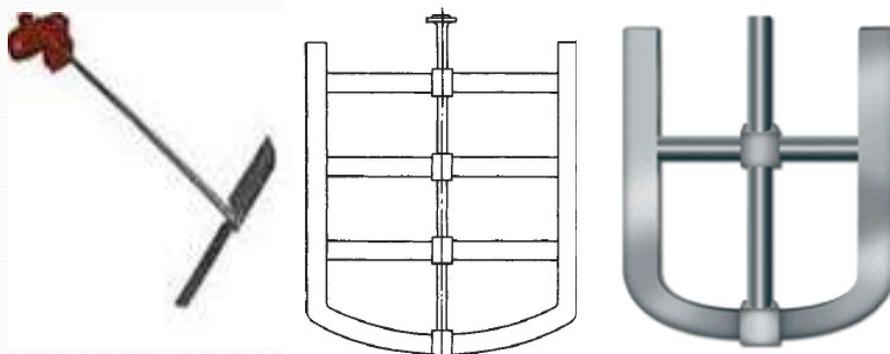
### PÁS

- Uma ou várias pás, dispostas ao longo do eixo em um mesmo plano.
- Rotações baixas – baixa turbulência.
- Têm tamanho próximo ao diâmetro do tanque.
- Forte escoamento rotacional.
- Indicado para esvaziamento de tanques de suspensões.

23

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

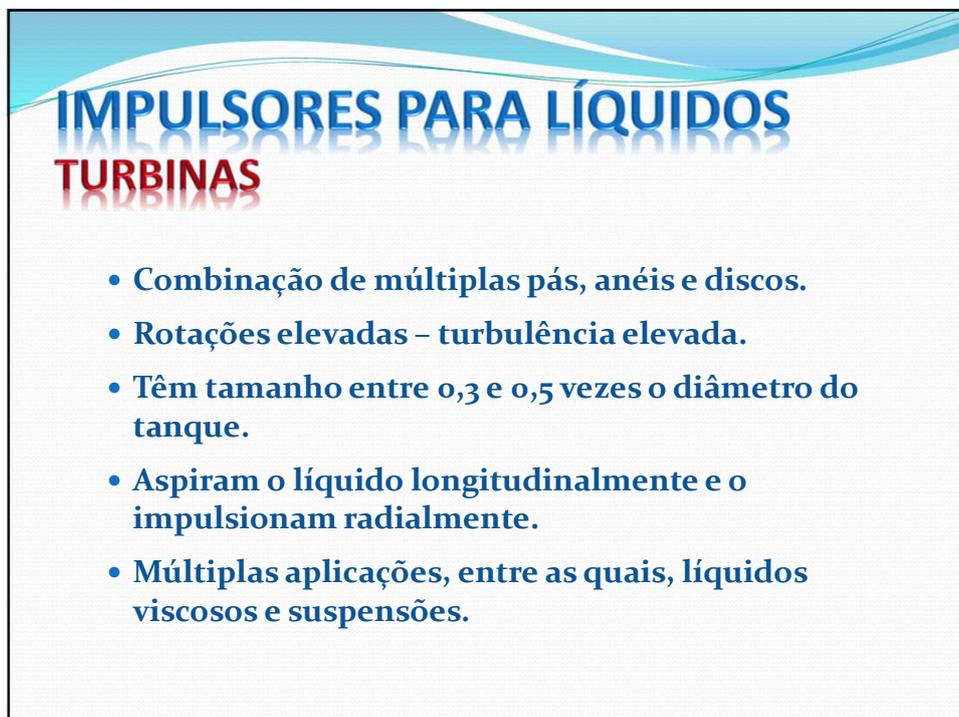
### PÁS



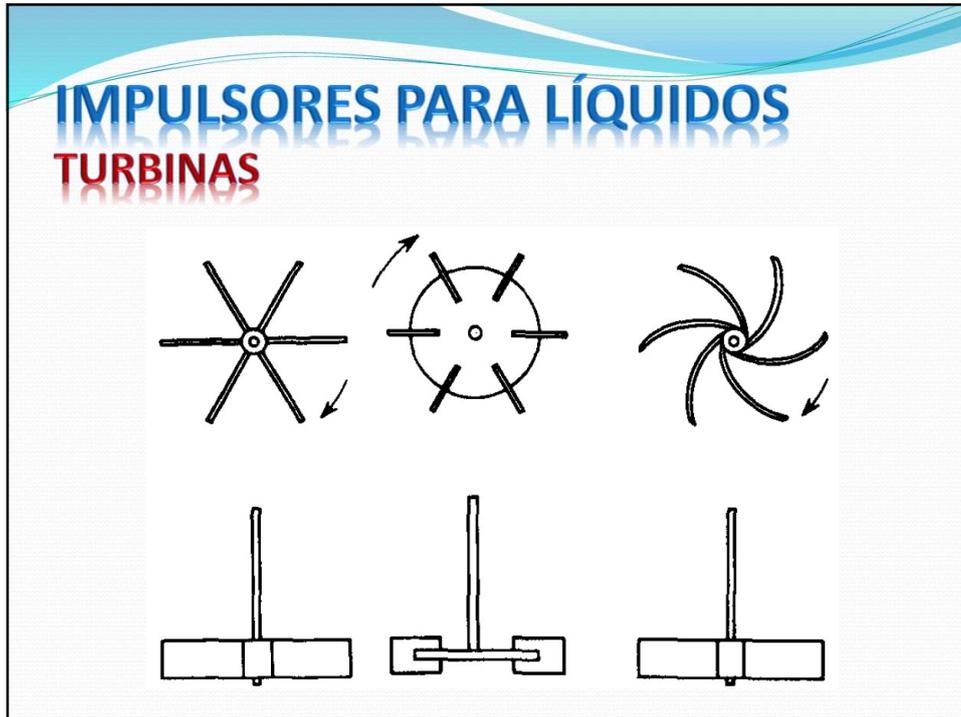
24



25



26



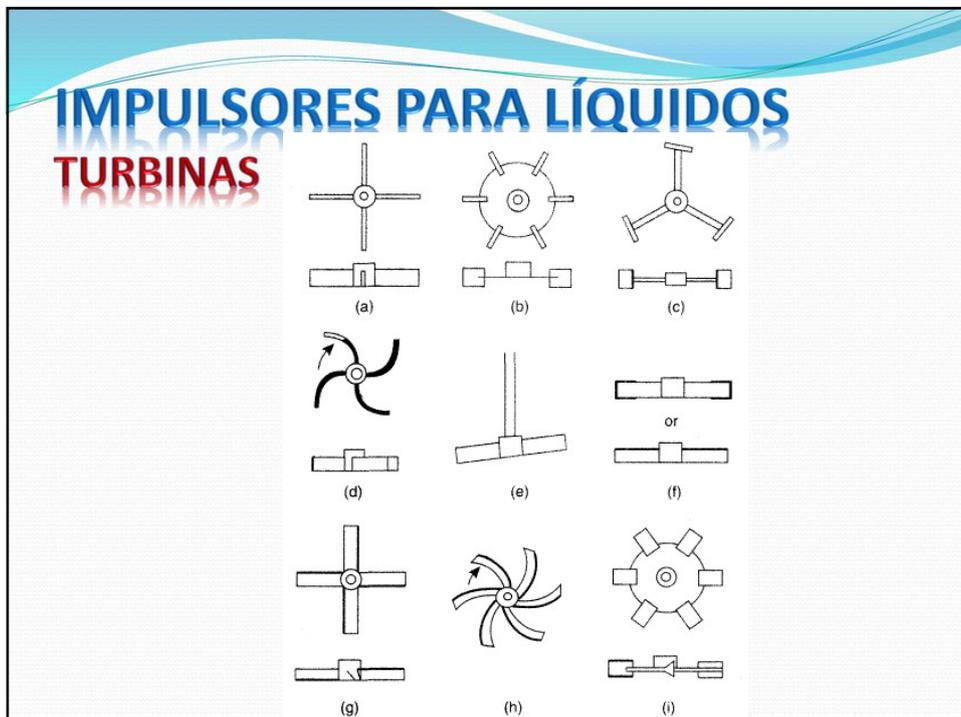
27



28



29



30



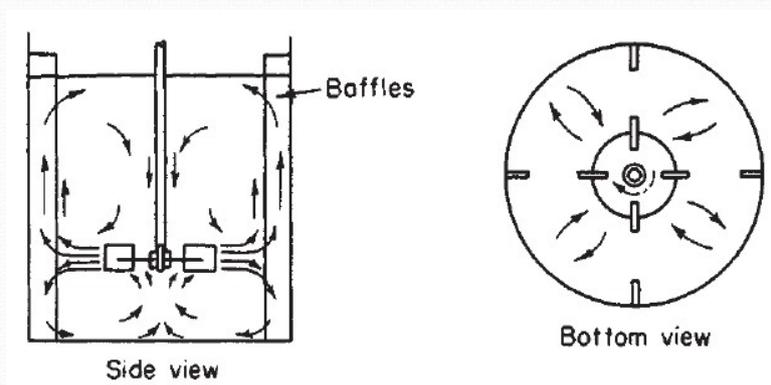
31



32

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

### TURBINAS



33

## IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

### PROPULSORES

- Hélices, 2 a 4 pás.
- Assemelham-se ao propulsor de embarcações.
- Rotações elevadas – turbulência elevada.
- Têm tamanho aproximadamente de 0,3 vezes o diâmetro do tanque.
- Aspiram o líquido longitudinalmente e o impulsionam também longitudinalmente.
- Múltiplas aplicações.

34



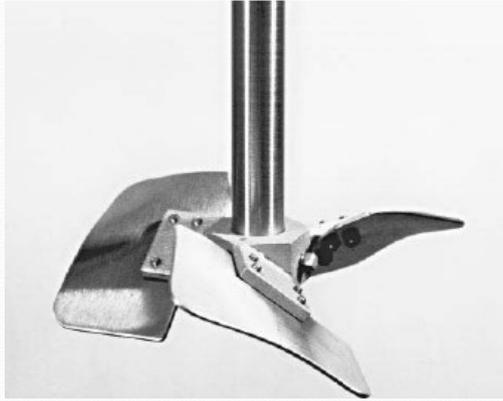
35



36

# IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

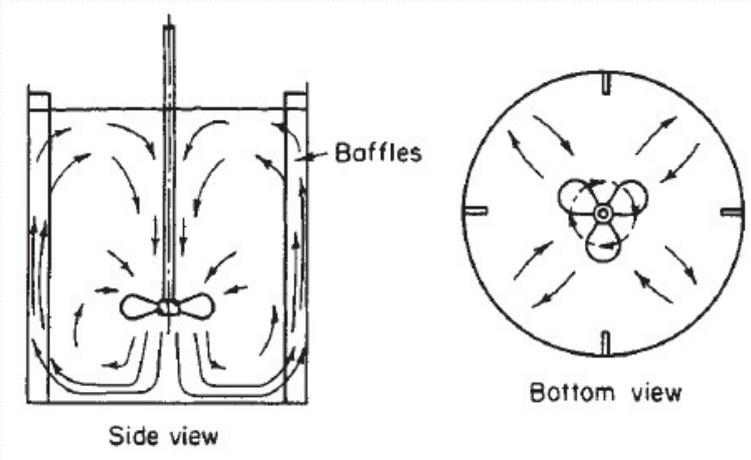
## PROPULSORES



37

# IMPULSORES PARA LÍQUIDOS

## PROPULSORES



38

# MISTURADORES PARA PASTAS

39

# MISTURADORES PARA PASTAS

- **Utilizam dois eixos com pás ou dispositivos para arrastar a massa**
- **Os dois eixos giram em sentidos opostos, arrastando porções da massa para a região entre eles, onde ocorre a mistura**
- **Desenvolvem tensões elevadas, necessitando de paredes espessas.**

40



41



42

# MISTURADORES PARA PASTAS



MISTURADORES SIGMA

43

# MISTURADORES PARA PASTAS



MISTURADORES SIGMA

44

## MISTURADORES PARA PASTAS



MISTURADORES SIGMA

45

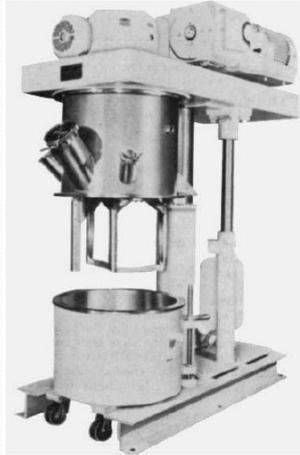
## MISTURADORES PARA PASTAS



MISTURADORES PLANETÁRIOS

46

# MISTURADORES PARA PASTAS



MISTURADORES PLANETÁRIOS

47

# MISTURADORES PARA PASTAS

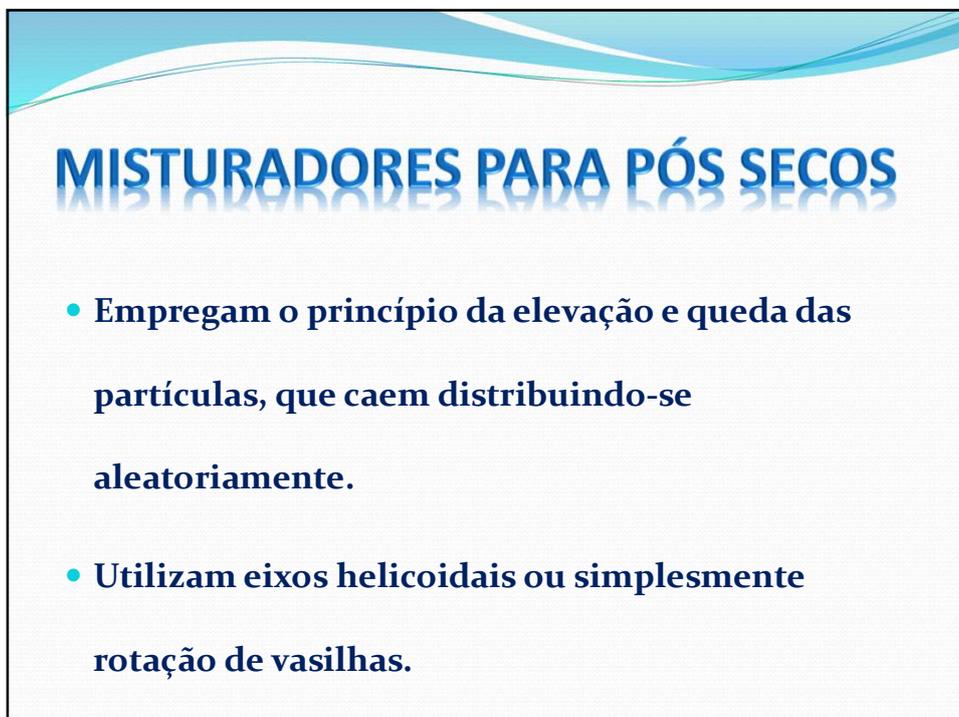


MISTURADORES PLANETÁRIOS

48

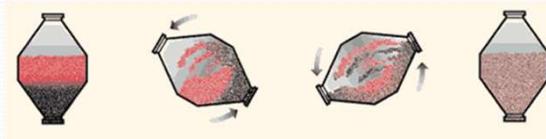
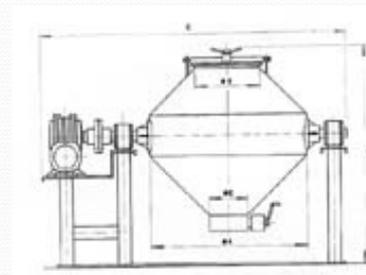


49



50

## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES DUPLO CONE

51

## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES MUDANÇA DE VASILHA

52

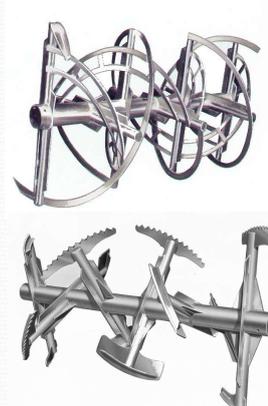
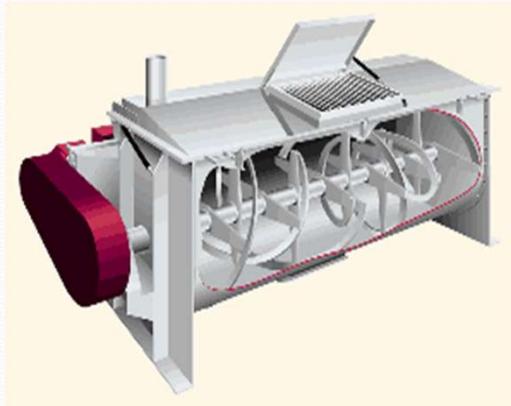
## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES ROTATIVOS

53

## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES DE CINTAS  
(RIBBON BLENDER)

54

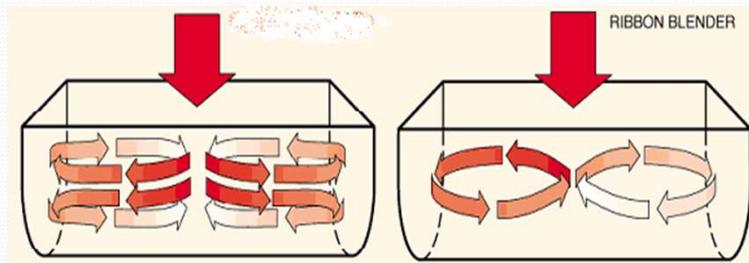
## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES DE CINTAS  
(RIBBON BLENDER)

55

## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES DE CINTAS  
(RIBBON BLENDER)

56

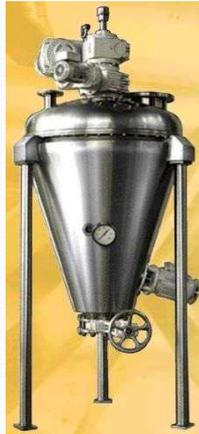
## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES DE CÔNICOS  
DE PARAFUSO OU FITA

57

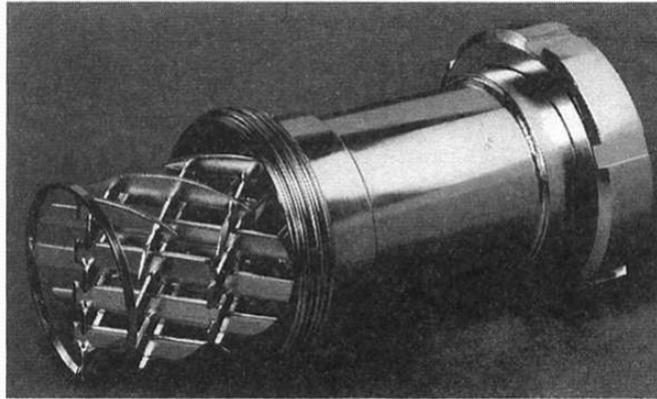
## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES DE CÔNICOS  
DE PARAFUSO OU FITA

58

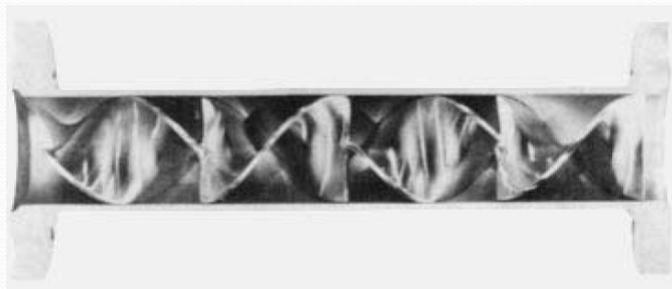
## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES ESTÁTICOS

59

## MISTURADORES PARA PÓS SECOS



MISTURADORES ESTÁTICOS

60



61



62



63