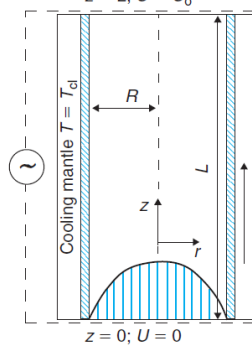


# **PROCESSAMENTO POR AQUECIMENTO ÔHMICO**

**Profa. Dra. Cynthia Ditchfield**

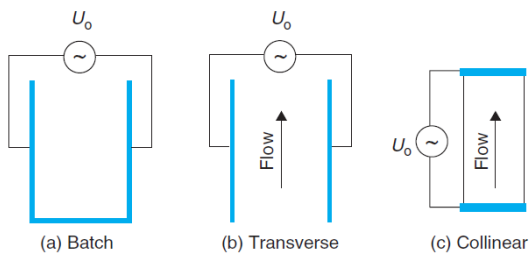
# PROCESSAMENTO POR AQUECIMENTO ÔHMICO



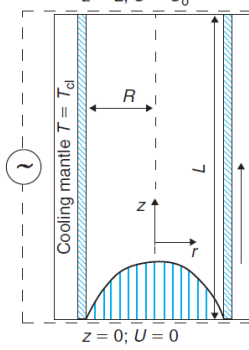
➤ Conceitos

➤ Equipamentos

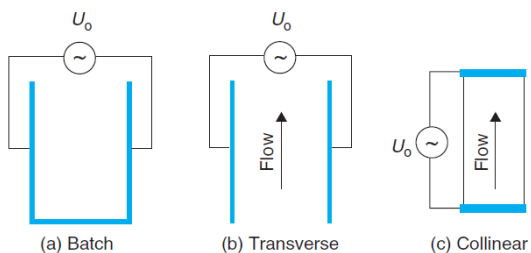
➤ Aplicações



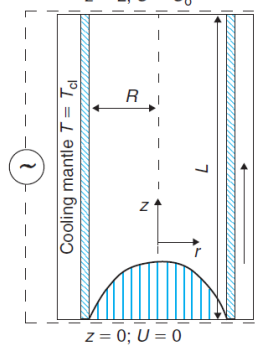
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



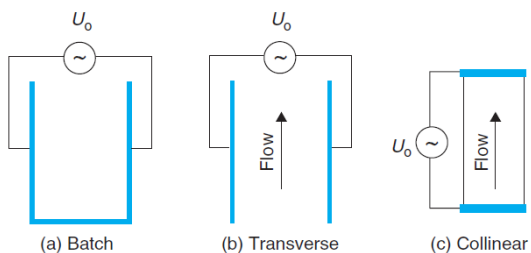
- Aplicação direta de corrente elétrica alternada ao alimento
- Geração interna de calor volumétrica pela passagem da corrente elétrica
- Efeito *Joule* – dissipação da energia elétrica como calor em um condutor elétrico



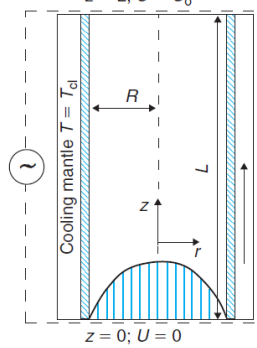
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



- Indepe<sup>n</sup>de da transfer<sup>ê</sup>ncia de calor
- Aplicável para condutividade elétrica ( $\sigma$ ) entre (0,01 e 10) S/m
- Também conhecido como aquecimento *Joule*, aquecimento elétrico ou aquecimento eletrocondutivo



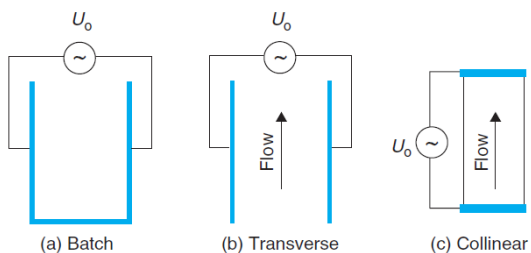
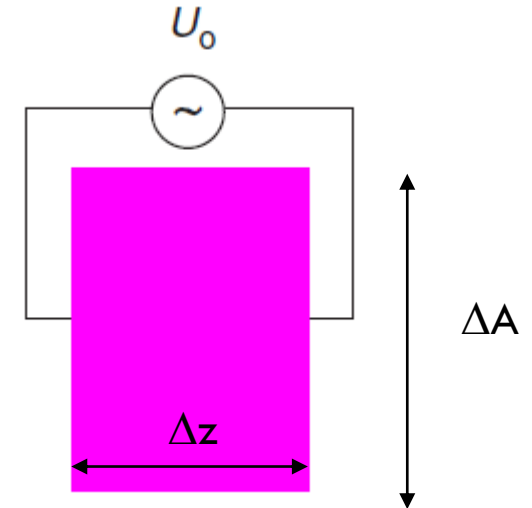
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



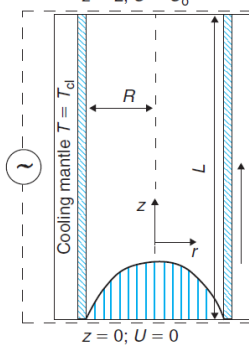
- Geração de calor proporcional ao quadrado da potência do campo elétrico e à condutividade elétrica

$$\Delta P = \frac{\Delta U^2}{\Delta \Omega} = \sigma E^2 \Delta A \Delta z = \sigma E^2 \Delta V$$

- ✓ Em que:  $P$  é a potência do campo elétrico (W),  $U$  é a diferença de voltagem (V),  $\Omega$  é a resistência do meio (Ohms),  $\sigma$  é a condutividade elétrica (S/m),  $E$  é a força do campo elétrico (V/m),  $A$  é a área perpendicular à aplicação do campo (m<sup>2</sup>),  $z$  é o comprimento (m) e  $V$  é o volume do alimento (m<sup>3</sup>)



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



➤ O calor gerado por unidade de volume ( $G$  em  $W/m^3$ ) é

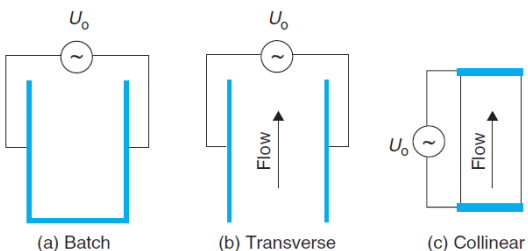
dado por 
$$G = \sigma E^2$$

➤ Para um meio condutivo sólido a temperatura local será

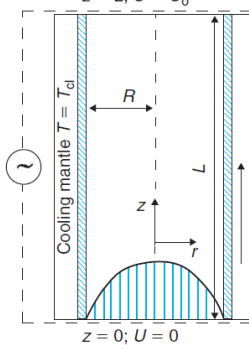
dada por

$$\frac{\partial \rho C_p T}{\partial t} = \nabla(\lambda \nabla T) + G$$

✓ Em que:  $\rho$  é a densidade ( $kg/m^3$ ),  $C_p$  é calor específico ( $J/kg.K$ ),  $T$  é a temperatura ( $K$ ),  $t$  é o tempo ( $s$ ),  $\lambda$  é a condutividade térmica ( $W/m.K$ ),  $G$  é o calor gerado por unidade de volume ( $W/m^3$ )

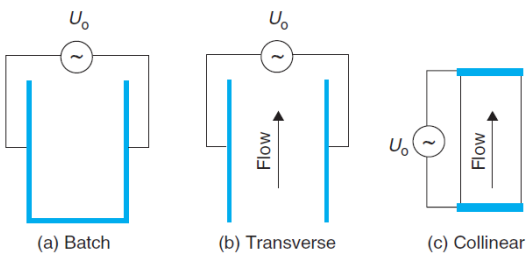


# Processamento por Aquecimento Ôhmico

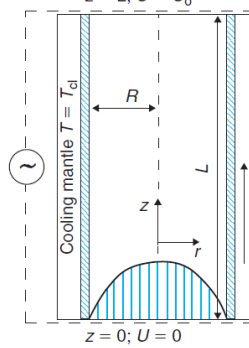


➤ Desprezando a condutividade térmica e se as propriedades físicas forem constantes

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = E^2 \frac{\sigma}{\rho C_p}$$



# Processamento por Aquecimento Ôhmico

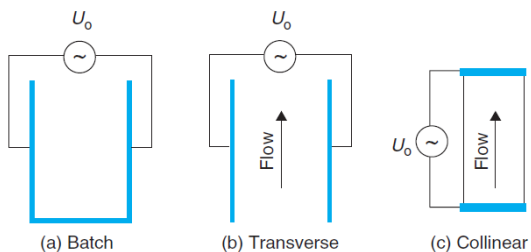


➤ Para um meio convectivo a temperatura local será dada

por

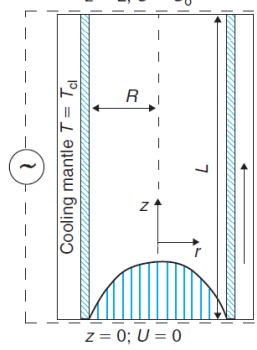
$$\frac{D}{Dt} \rho C_p T = \nabla(\lambda \nabla T) - T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_\rho \nabla v + S$$

- ✓ Em que:  $\rho$  é a densidade ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $C_p$  é calor específico ( $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ),  $T$  é a temperatura (K),  $t$  é o tempo (s),  $\lambda$  é a condutividade térmica ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ),  $p$  é a pressão absoluta (Pa),  $v$  é a velocidade axial ( $\text{m}/\text{s}$ ) e  $S$  é a fonte de calor ( $\text{W}/\text{m}^3$ )

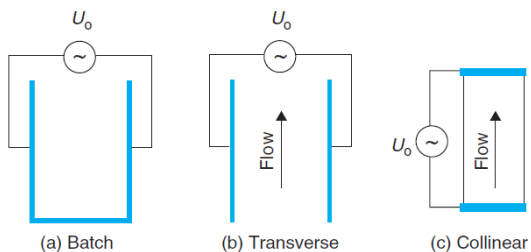




# Processamento por Aquecimento Ôhmico



- Qualidade do tratamento: geração de calor (condutividade elétrica) e distribuição do tempo de residência
- Condutividade Elétrica
  - ✓ Principal parâmetro que define a taxa de aquecimento no processamento por aquecimento ôhmico

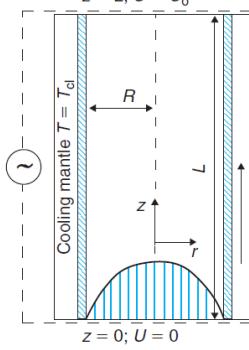


(a) Batch

(b) Transverse

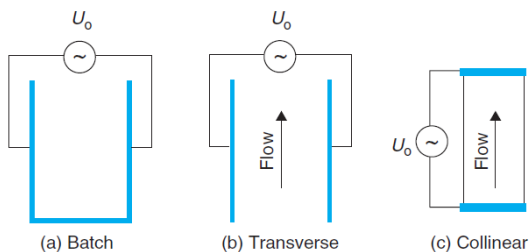
(c) Collinear

# Processamento por Aquecimento Ôhmico

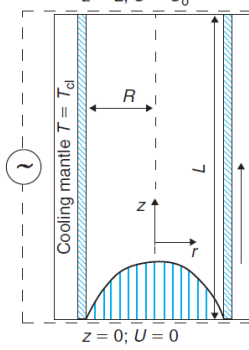


## ➤ Condutividade Elétrica

- ✓ Quantidade de eletricidade transferida através de uma área unitária por unidade de gradiente de potencial e por unidade de tempo
- ✓ Materiais biológicos em geral possuem baixa condutividade elétrica
- ✓ Alimentos são misturas complexas de componentes iônicos e isolantes

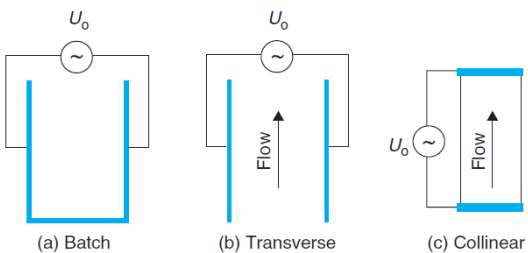


# Processamento por Aquecimento Ôhmico

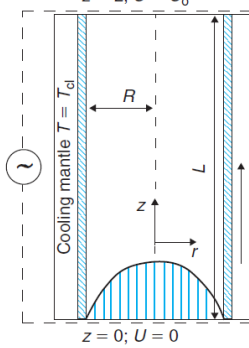


## ➤ Condutividade Elétrica

- ✓ Modelos de soma de resistências em série e paralelo para obter a condutividade média
- ✓ Pode gerar aquecimento não uniforme

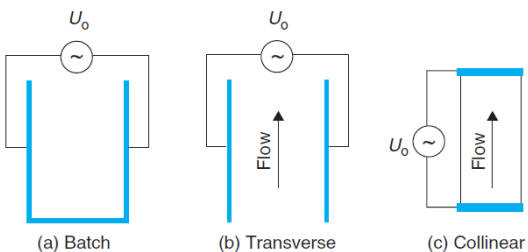


# Processamento por Aquecimento Ôhmico



## ➤ Condutividade Elétrica dos Alimentos

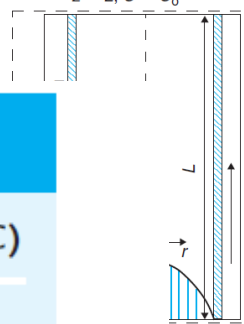
- ✓  $\sigma > 0,05 \text{ S/m}$  alta condutividade: condimentos, ovos, iogurte, sobremesas lácteas, sucos de fruta, vinho, gelatina, hidrocoloides, etc.
- ✓  $0,005 < \sigma < 0,05 \text{ S/m}$  baixa condutividade, requer alta intensidade do campo elétrico: margarina, geleia, pós, etc.
- ✓  $\sigma < 0,005 \text{ S/m}$  condutividade muito baixa requer campo elétrico muito intenso e é muito difícil de processar por aquecimento ôhmico: alimentos congelados, espumas, gordura, xaropes, etc.



(a) Batch

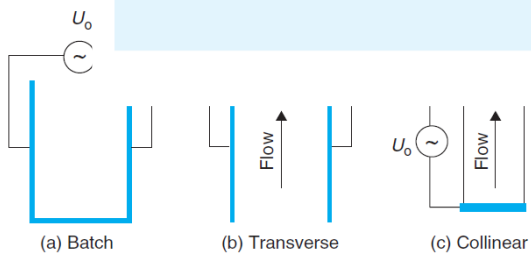
(b) Transverse

(c) Collinear

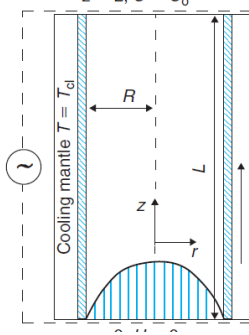


**Table 18.2** Electrical conductivity of vegetables and mixtures

Product	Conductivity (S/m)	Temperature (°C)
Brine 0.5 g NaCl/l	0.42	22
Potato Bintje	0.05	40
	0.07	45
	0.09	50
	0.10	55
Potato cubes (40%vol) + tap water (60%vol)	0.19	22
Potato cubes blanched in brine (5 g NaCl/l, 95°C, 40%vol) + tap water (60%vol)	0.33	21
Potato cubes precooked in brine (28 g NaCl/l, 55°C, 40%vol) + salted water (0.5 g/l, 60%vol)	0.44	22
Cauliflower florets precooked in brine (80 g NaCl/l, 55°C, 70%vol) + salted water (5 g/l, 30%vol)	0.44	30
French beans	0.013	22
French beans (70%vol) + tap water (30%vol)	0.032	20
French beans (70%vol) + salted water (10 g/l, 30%vol)	0.74	22
Cocktail tomatoes (60%vol) + tap water (40%vol)	0.015	22
	0.049	65



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



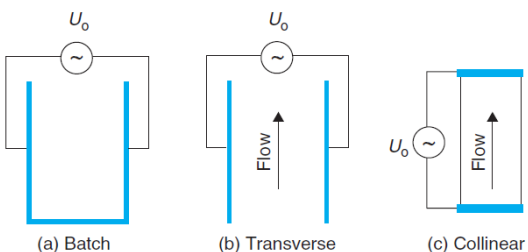
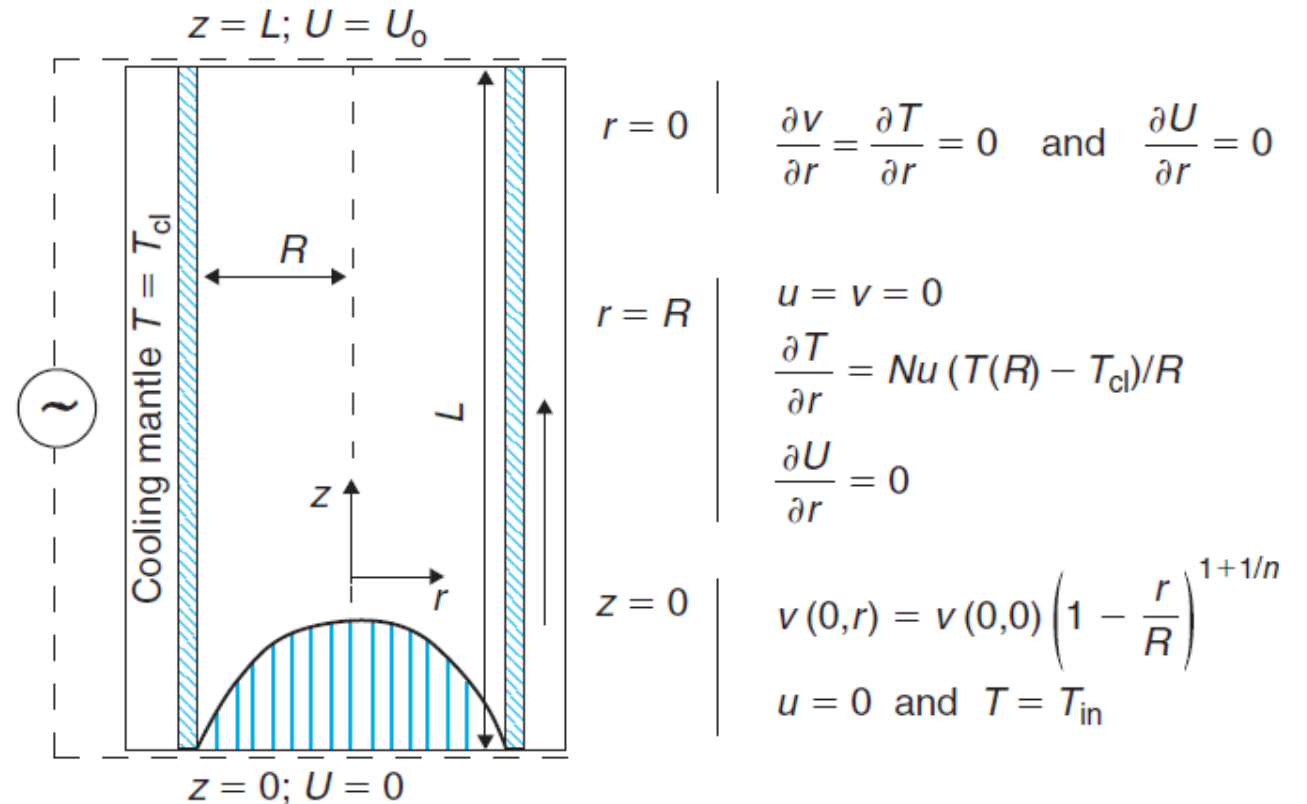
➤ Modelo para tratamento de um fluido não Newtoniano

✓ Campo elétrico entre os eletrodos  
(Equação de Laplace):

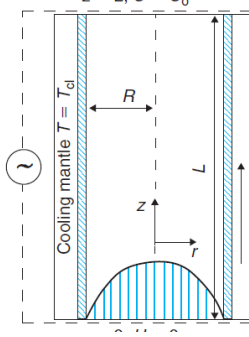
$$\checkmark \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \sigma r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \sigma \frac{\partial U}{\partial z} \right) = 0 \quad (1)$$

✓ Condições de contorno:

- Simetria Axial
- Parede isolante
- Potencial fixo no topo e no fundo



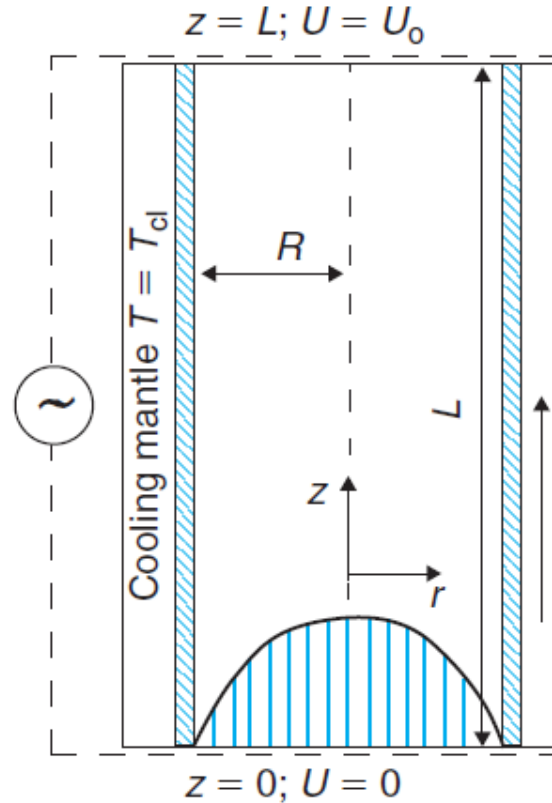
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



➤ Modelo para tratamento de um fluido não Newtoniano

✓ Geração de calor volumétrica:

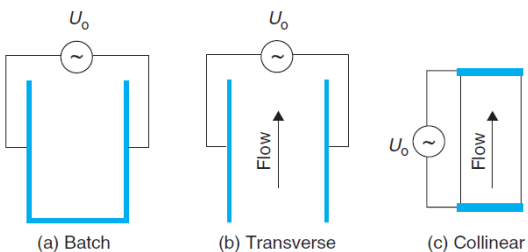
$$G = \sigma \left[ \left( \frac{\partial U}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 \right] \quad (2)$$



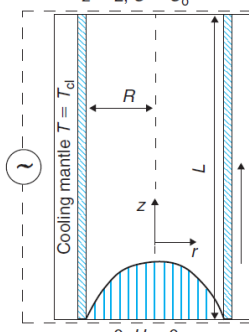
$$r = 0 \quad \left| \quad \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{\partial T}{\partial r} = 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial U}{\partial r} = 0 \right.$$

$$r = R \quad \left| \quad \begin{aligned} u = v = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial r} = Nu (T(R) - T_{cl})/R \\ \frac{\partial U}{\partial r} = 0 \end{aligned} \right.$$

$$z = 0 \quad \left| \quad \begin{aligned} v(0,r) = v(0,0) \left( 1 - \frac{r}{R} \right)^{1+1/n} \\ u = 0 \quad \text{and} \quad T = T_{in} \end{aligned} \right.$$



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



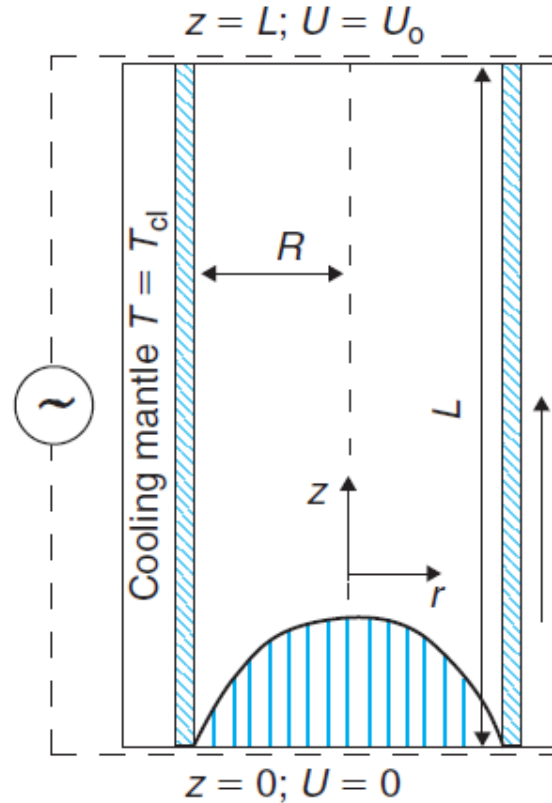
➤ Modelo para tratamento de um fluido não Newtoniano

✓ Transferência de calor no líquido  
(Equação de *Fourier*)

$$\checkmark \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + G = \rho C_p v \nabla T \quad (3)$$

✓ Condições de contorno:

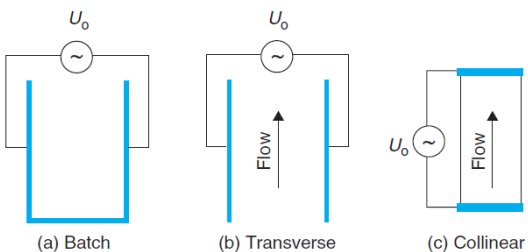
- Temperatura de Entrada Constante
- Simetria Axial
- Parede não adiabática



$$r = 0 \quad \left| \quad \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{\partial T}{\partial r} = 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial U}{\partial r} = 0 \right.$$

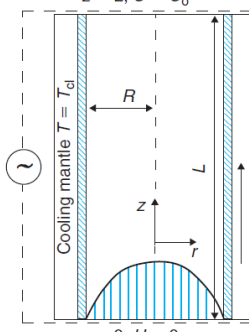
$$r = R \quad \left| \quad \begin{aligned} u = v = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial r} = Nu (T(R) - T_{cl})/R \\ \frac{\partial U}{\partial r} = 0 \end{aligned} \right.$$

$$z = 0 \quad \left| \quad \begin{aligned} v(0,r) = v(0,0) \left( 1 - \frac{r}{R} \right)^{1+1/n} \\ u = 0 \quad \text{and} \quad T = T_{in} \end{aligned} \right.$$





# Processamento por Aquecimento Ôhmico



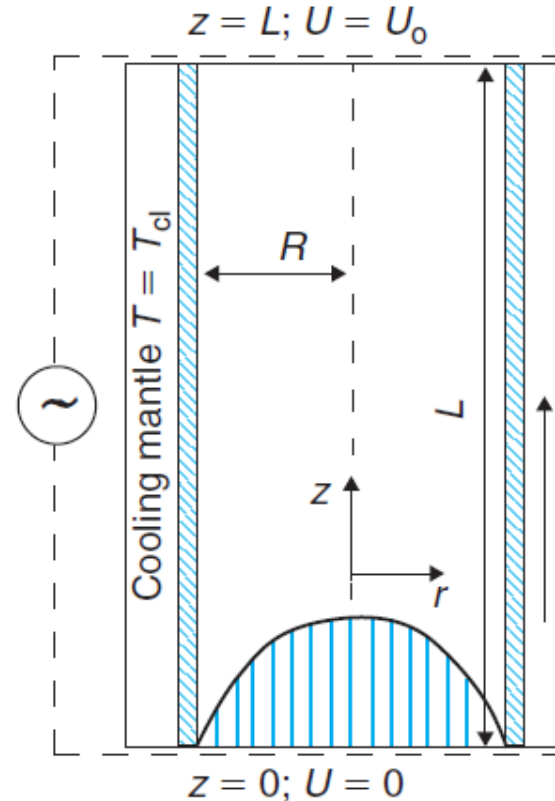
➤ Modelo para tratamento de um fluido não Newtoniano

✓ Quantidade de movimento fluido não Newtoniano (Lei da Potência)

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( rK \left( \frac{\partial v}{\partial r} \right)^n \right) - \frac{\partial p}{\partial z} - g\rho(1 - \beta(T - \langle T \rangle)) = \rho \bar{v} \nabla v \quad (4)$$

✓ Condições de contorno:

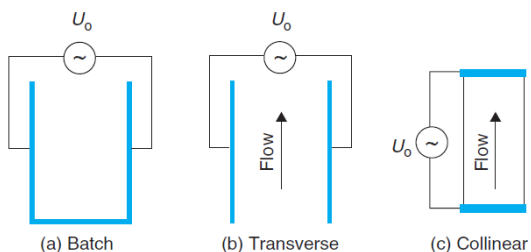
- Simetria Axial
- Velocidade na parede = 0
- escoamento plenamente desenvolvido na entrada do tubo



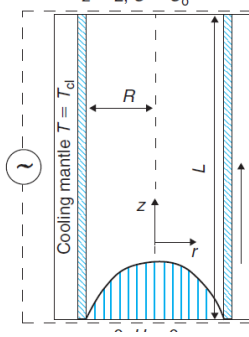
$$r = 0 \quad \left| \quad \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{\partial T}{\partial r} = 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial U}{\partial r} = 0 \right.$$

$$r = R \quad \left| \quad \begin{aligned} u = v = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial r} = Nu (T(R) - T_{cl})/R \\ \frac{\partial U}{\partial r} = 0 \end{aligned} \right.$$

$$z = 0 \quad \left| \quad \begin{aligned} v(0, r) = v(0, 0) \left( 1 - \frac{r}{R} \right)^{1+1/n} \\ u = 0 \quad \text{and} \quad T = T_{in} \end{aligned} \right.$$



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



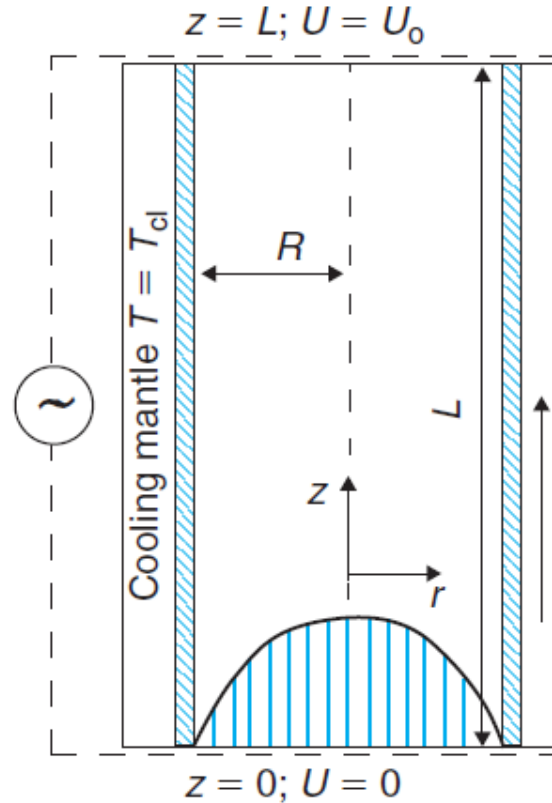
➤ Modelo para tratamento de um fluido não Newtoniano

✓ Velocidade radial (Equação da Continuidade)

$$\checkmark \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{\partial(ru)}{\partial r} \right) = 0 \quad (5)$$

✓ Condições de contorno:

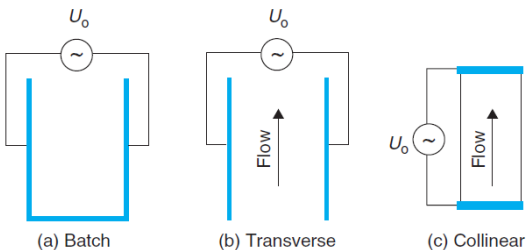
- Velocidade na parede = 0
- Na entrada do tubo a velocidade radial ( $u$ ) = 0



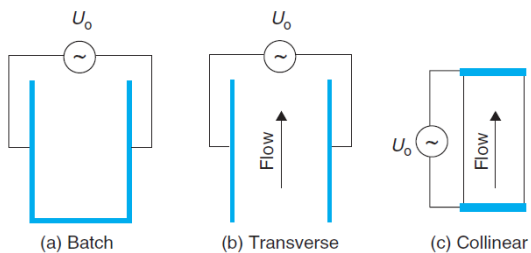
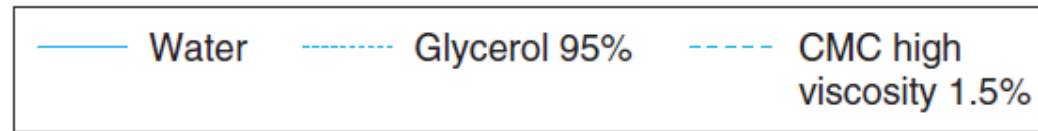
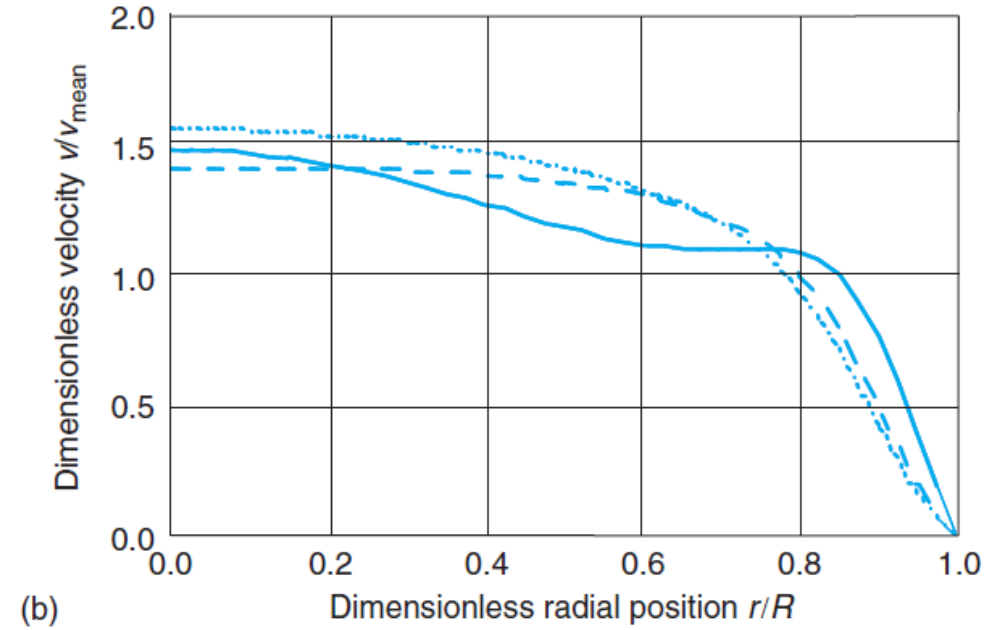
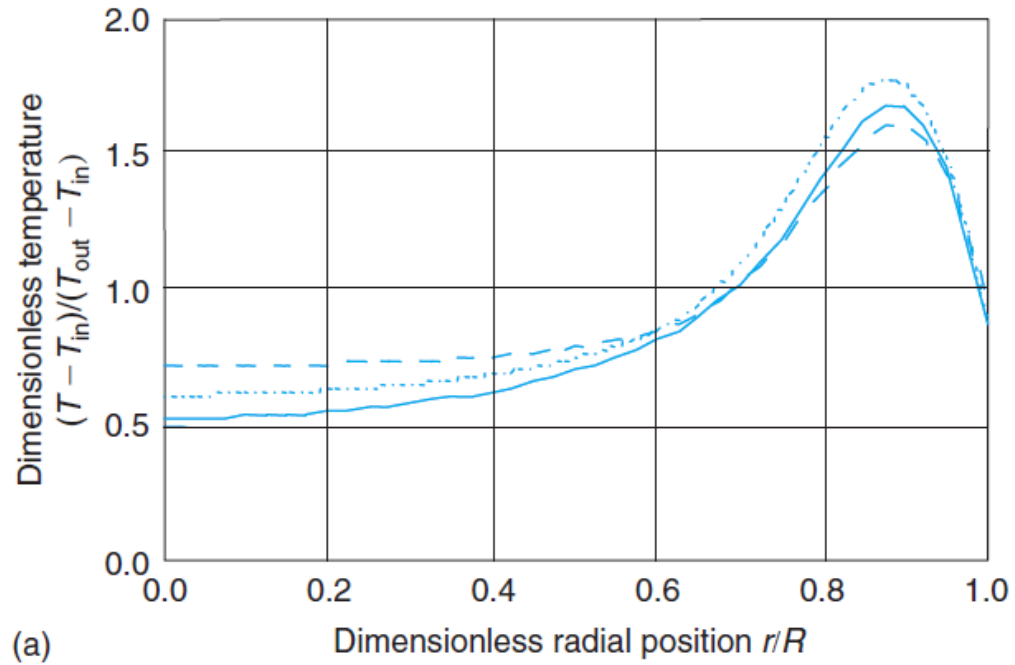
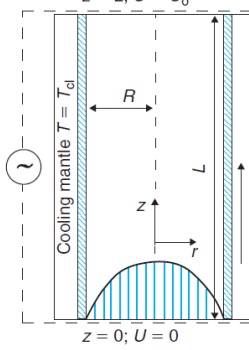
$$r = 0 \quad \left| \quad \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{\partial T}{\partial r} = 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial U}{\partial r} = 0 \right.$$

$$r = R \quad \left| \quad \begin{aligned} u = v = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial r} = Nu (T(R) - T_{cl})/R \\ \frac{\partial U}{\partial r} = 0 \end{aligned} \right.$$

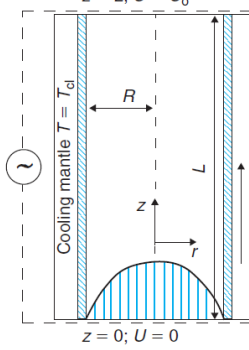
$$z = 0 \quad \left| \quad \begin{aligned} v(0,r) = v(0,0) \left( 1 - \frac{r}{R} \right)^{1+1/n} \\ u = 0 \quad \text{and} \quad T = T_{in} \end{aligned} \right.$$



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



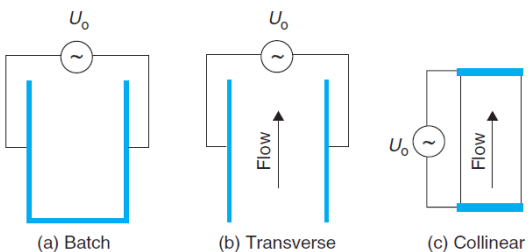
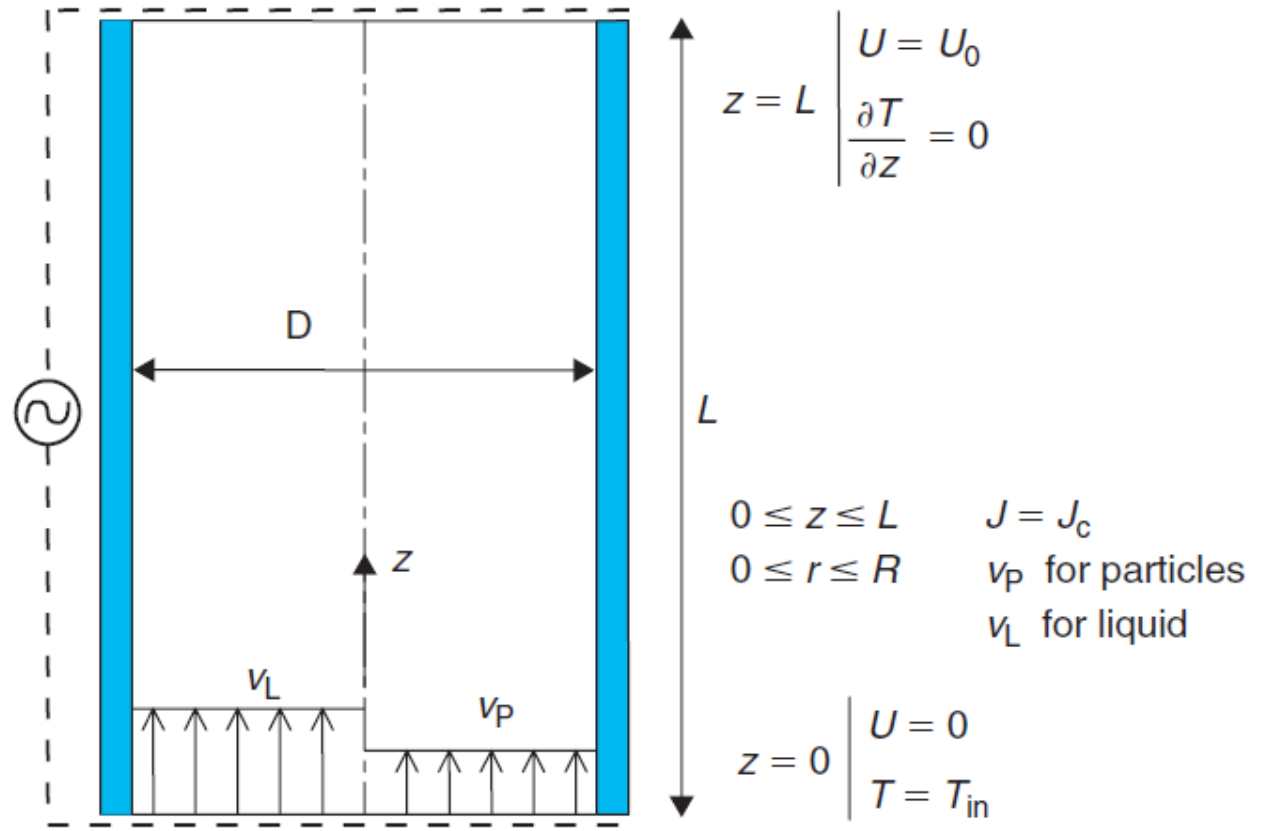
➤ Modelo para tratamento de misturas Sólido/Líquido

✓ Conservação de massa

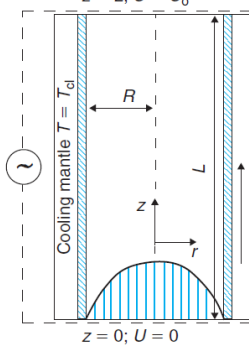
$$✓ \dot{m}_m = \dot{m}_p + \dot{m}_L \quad (1)$$

$$✓ v_p^* = \frac{v_p}{v_m} \text{ e } v_L^* = \frac{v_L}{v_m}$$

$$✓ v_{escorregamento}^* = v_L^* - v_p^* = \frac{v_{esc}}{v_m}$$



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



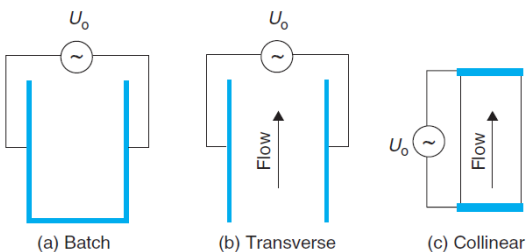
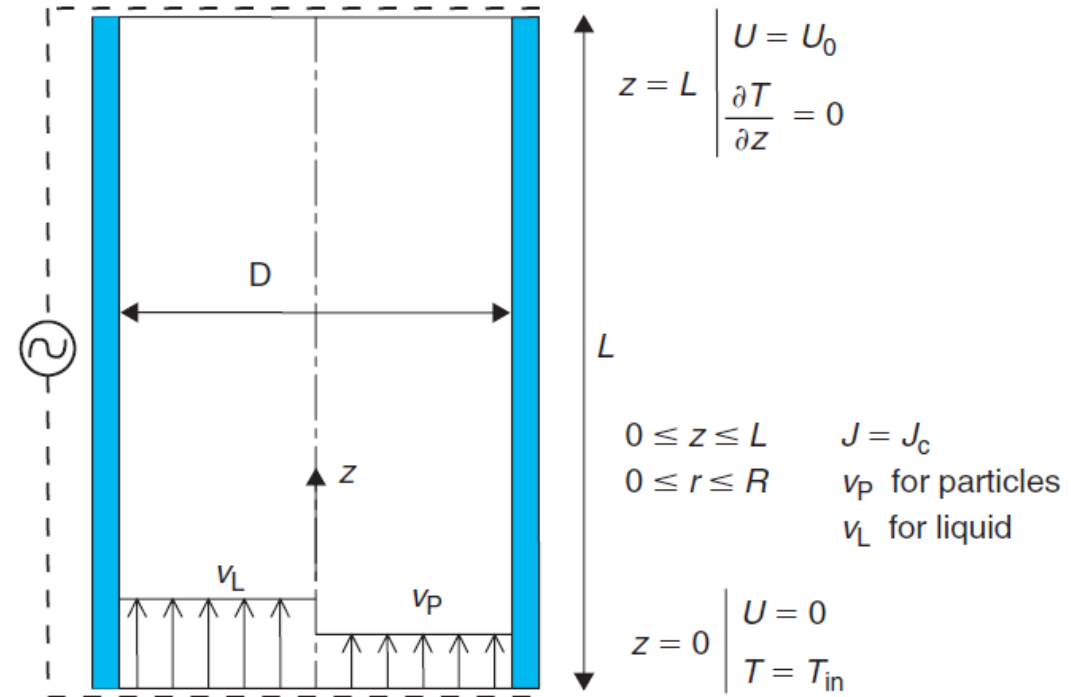
## ➤ Modelo para tratamento de misturas Sólido/Líquido

✓ Conservação de massa

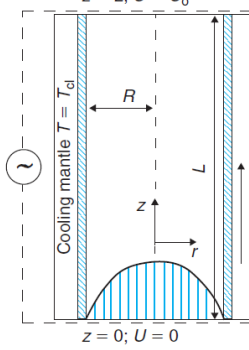
$$✓ v_p^* = \frac{1}{2} \left[ (1 - v_{esc}^*) + \sqrt{(1 - v_{esc}^*)^2 + 4\phi_{ini}v_{esc}^*} \right] \quad (2)$$

$$✓ v_L^* = \frac{1}{2} \left[ (1 + v_{esc}^*) + \sqrt{(1 + v_{esc}^*)^2 + 4(1 - \phi_{ini})v_{esc}^*} \right] \quad (3)$$

$$✓ \phi_{loc} = \frac{1}{2v_{esc}^*} \left[ (v_{esc}^* - 1) + \sqrt{(1 - v_{esc}^*)^2 + 4\phi_{ini}v_{esc}^*} \right] \quad (4)$$



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



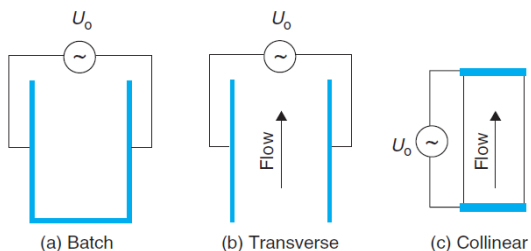
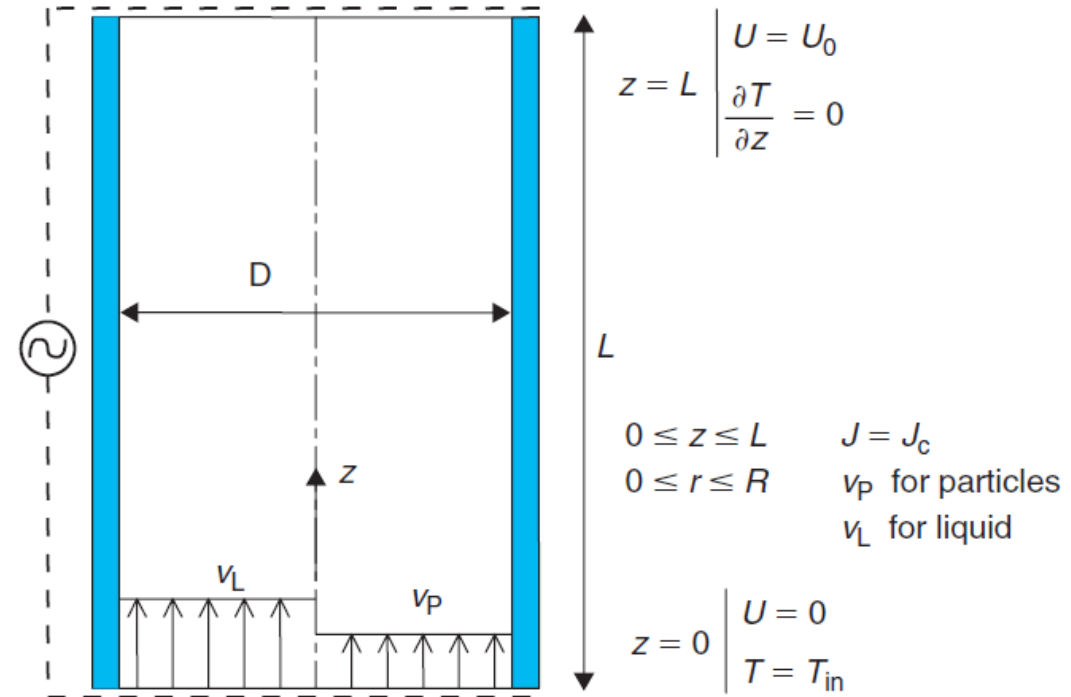
## ➤ Modelo para tratamento de misturas Sólido/Líquido

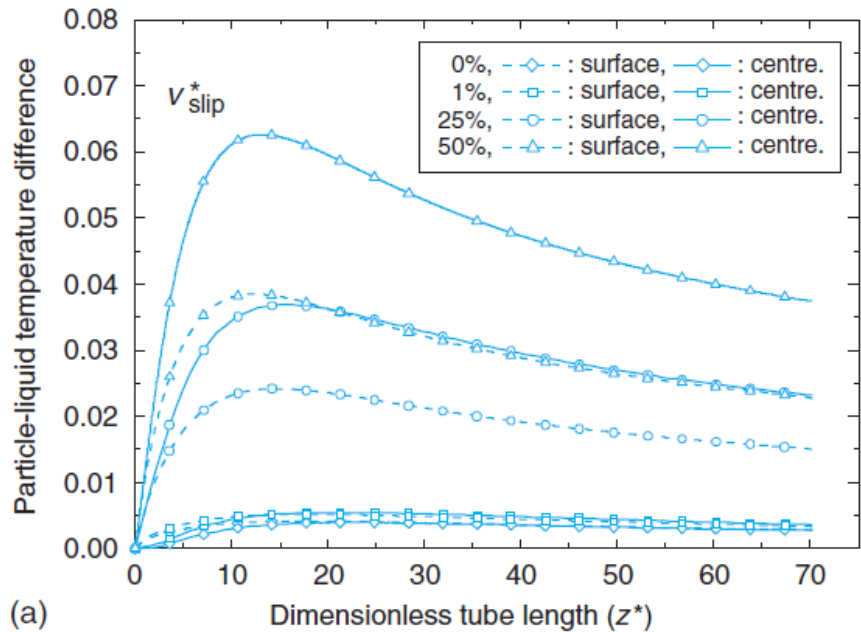
✓ Transferência de Calor

$$v_L \frac{\partial T_L}{\partial z} = \left( \frac{\lambda}{\rho C_p} \right)_L \frac{\partial^2 T_L}{\partial z^2} + S_L \quad (5)$$

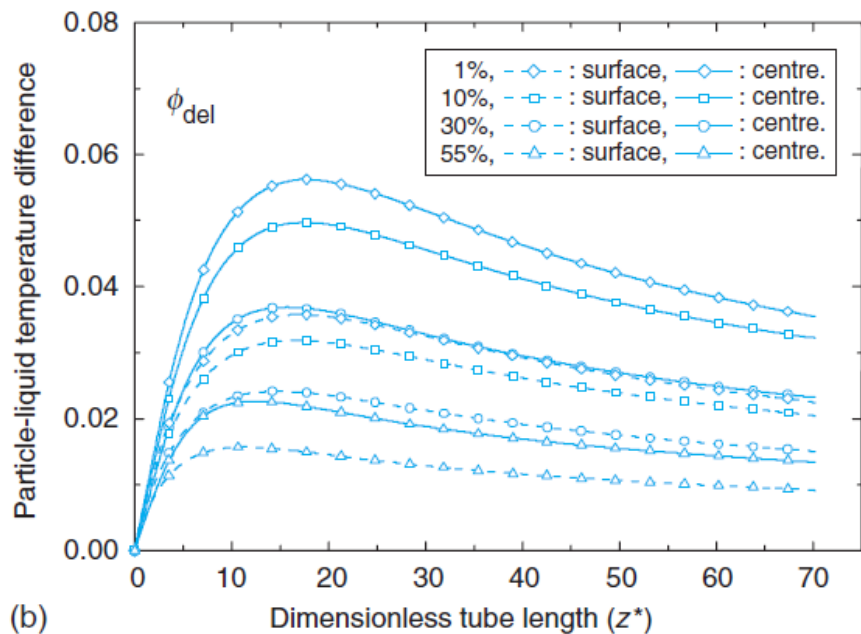
$$v_p \frac{\partial T_p}{\partial z} = \left( \frac{\lambda}{\rho C_p} \right)_p \left( \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial T_p}{\partial r} \right) \right) + S_p \quad (6)$$

$$S_L = (1 - \phi_{loc}) G_L + ah_p (T_p - T_L) \text{ e } S_p = G_p \quad (7)$$

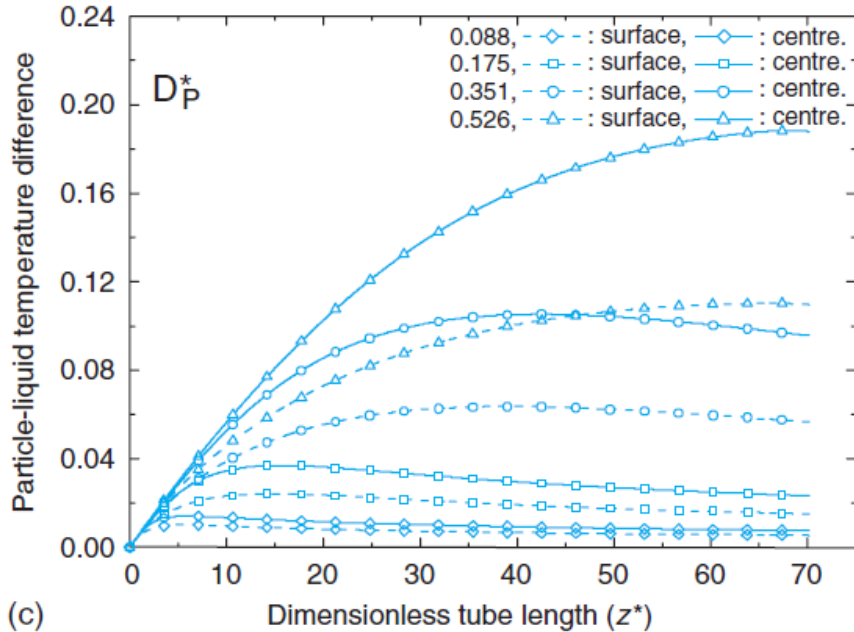




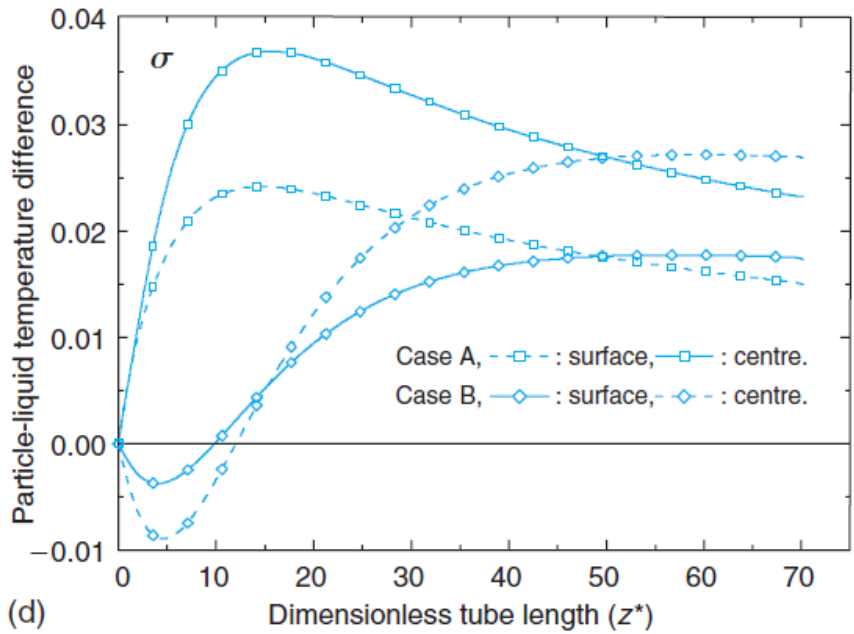
(a)



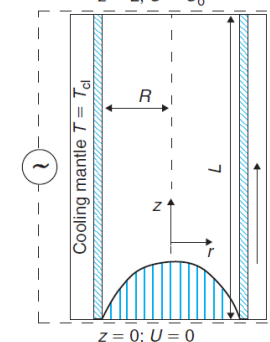
(b)



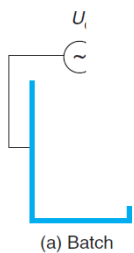
(c)



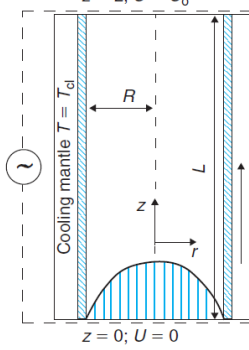
(d)



$V_{slip}^*$  – velocidade de escorregamento entre partícula e fluido  
 $\Phi_{del}$  – fração volumétrica entrada  
 $D_p^*$  – diâmetro de partícula  
 $\sigma$  – condutividade elétrica da partícula  
 Caso A – similar ao do líquido. Caso B - muito diferente do líquido.



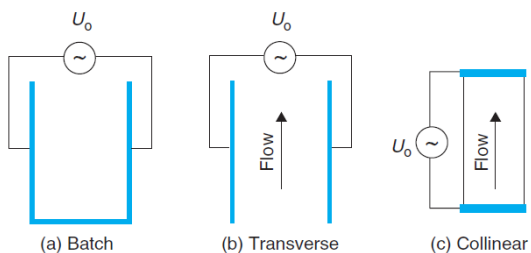
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



## ➤ Equipamentos de Processo

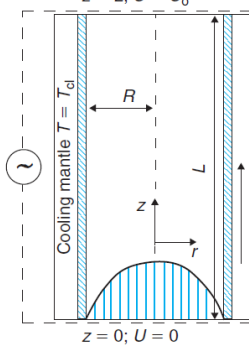
### ✓ Considerações Técnicas

- Contato do eletrodo com o alimento (evitar corrosão)
- Corrente alternada simétrica e bipolar
- Baixa frequência: eletrólise parcial da solução e corrosão do eletrodo
- Fatores que agravam: sinal periódico de baixa frequência, alta densidade de corrente, material do eletrodo, alta temperatura, produto agressivo





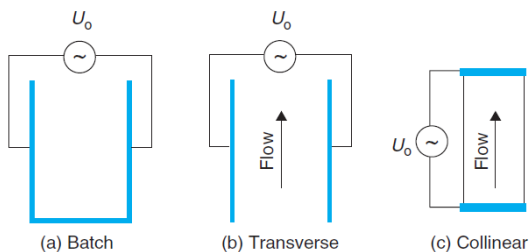
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



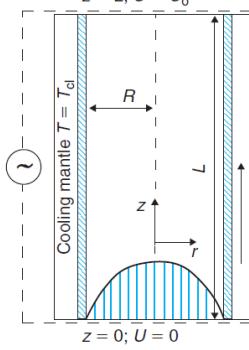
## ➤ Equipamentos de Processo

### ✓ Considerações Técnicas

- Eletrodos de Titânio recobertos com Platina ou Rutênio mas com transformador convencional (50 ou 60) Hz
- Alta frequência (100 kHz) com eletrodos de aço inoxidável ou grafite e eletrólito entre o eletrodo e o produto



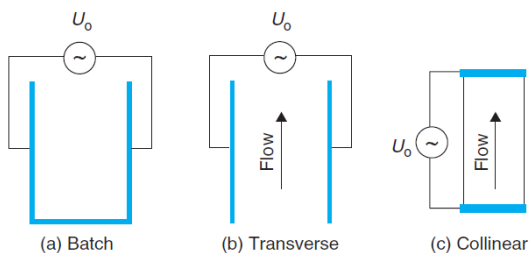
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



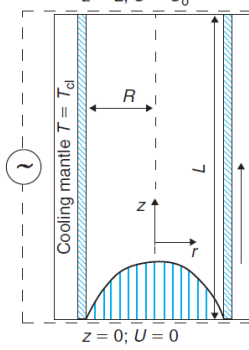
## ➤ Equipamentos de Processo

### ✓ Configurações de Equipamentos

- Fonte de energia elétrica
- Eletrodos sólidos em contato com o produto
- Meio condutivo (produto sólido, líquido ou misto)



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



## ➤ Equipamentos de Processo

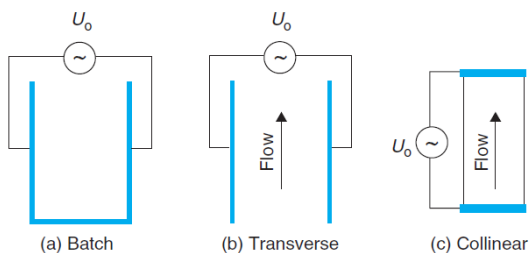
### ✓ Configurações de Equipamentos

- Três tipos principais:

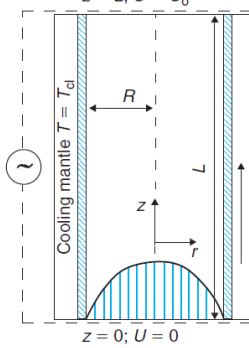
– Batelada

– Configuração transversa (campo elétrico constante)

– Configuração colinear (densidade de corrente constante)



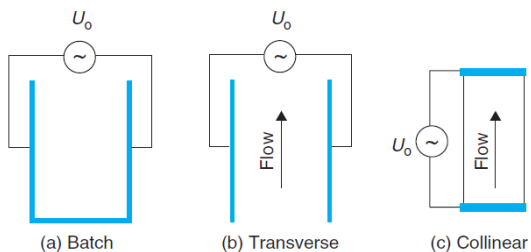
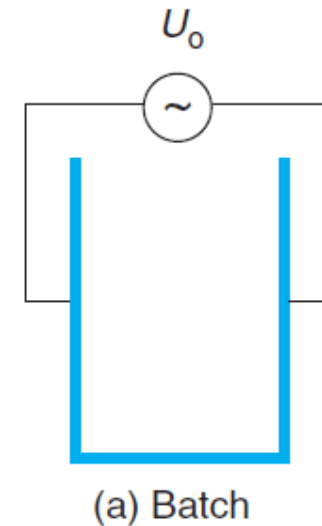
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



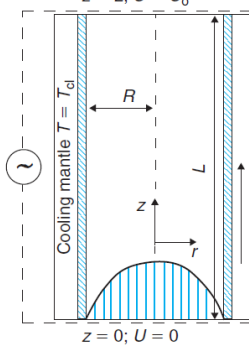
## ➤ Equipamento em batelada

✓ Variação da temperatura

$$T(t) - T_{in} = \frac{1}{m} [\exp(\alpha t) - 1] \quad (1) \quad \text{e} \quad \alpha = E^2 \frac{m \sigma_{in}}{\rho C_p} \quad (2)$$



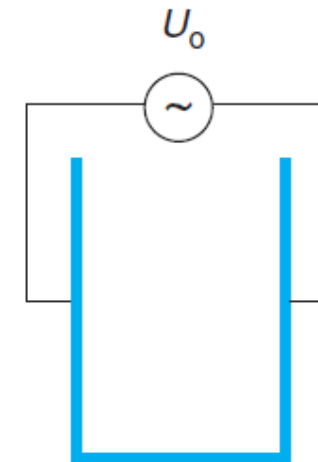
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



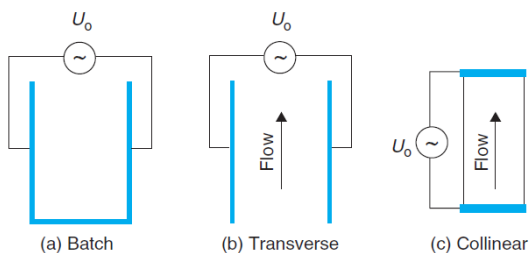
## ➤ Equipamento em batelada

- ✓ Sistema estático em batelada, isolamento térmico e elétrico, desprezando a condução térmica e a convecção natural, variação linear da condutividade elétrica com a temperatura

✓ Taxa de aquecimento:  $\frac{\partial T}{\partial t} \alpha = \frac{E^2 \sigma_{in}}{\rho C_p} \exp(\alpha t)$  (3)



(a) Batch

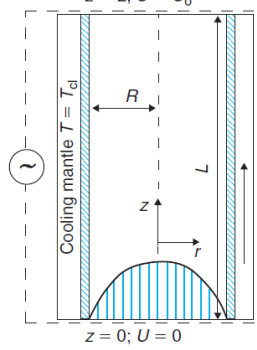


(a) Batch

(b) Transverse

(c) Collinear

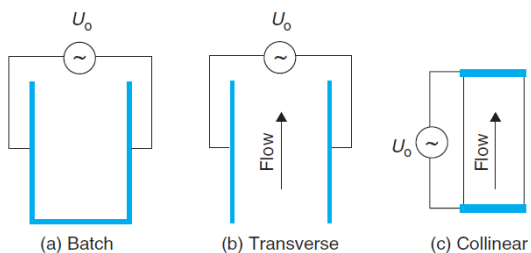
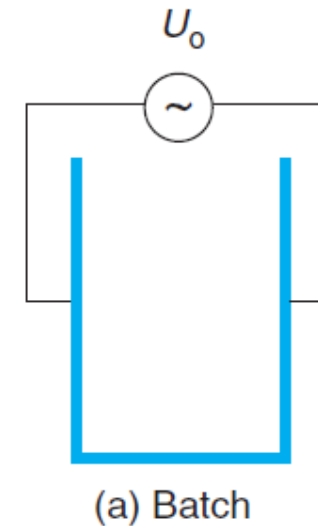
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



## ➤ Equipamento em batelada

### ✓ Utilização

- Observação e validação de modelos de amostras sólidas e líquidas ou mistas e do comportamento quando submetidas ao processo de aquecimento
- Ajustes de formulação
- Simulação de processos HTST

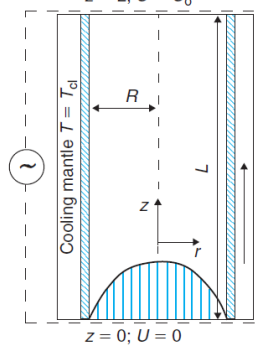


(a) Batch

(b) Transverse

(c) Collinear

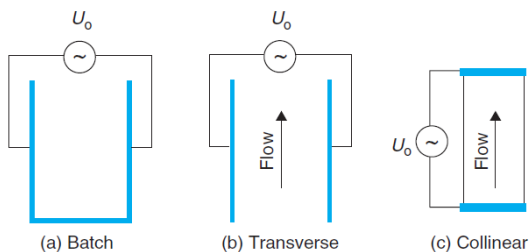
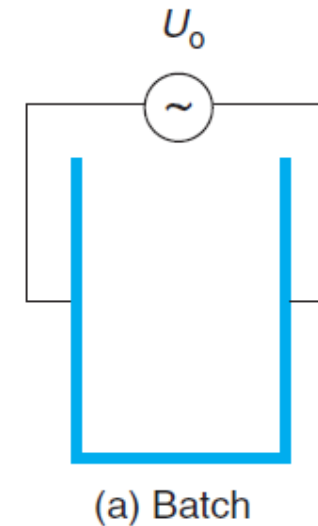
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



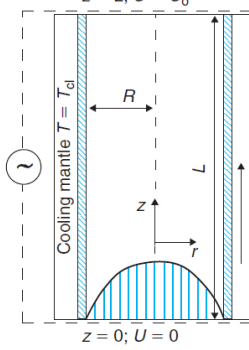
## ➤ Equipamento em batelada

### ✓ Utilização

- Cálculo de parâmetros fundamentais: condutividade elétrica dos produtos, tempo de aquecimento e homogeneidade dos produtos
- Baixa quantidade de produto, simplicidade de aplicação e capacidade de tratar itens grandes
- Industrialmente é limitado descongelamento de carne e peixe



# Processamento por Aquecimento Ôhmico

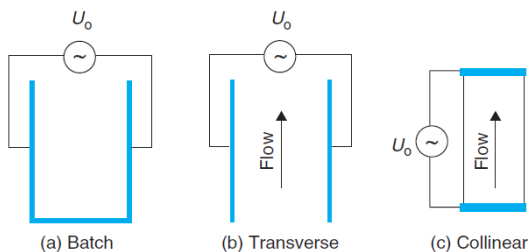
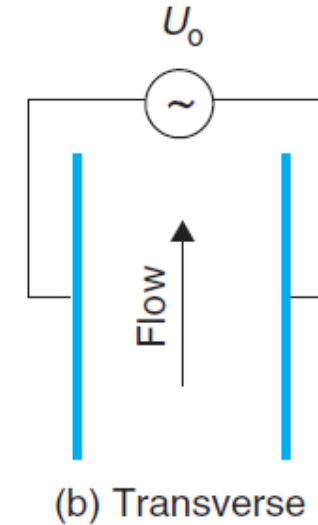


➤ Equipamento Transverso (campo elétrico constante)

✓ Variação da temperatura

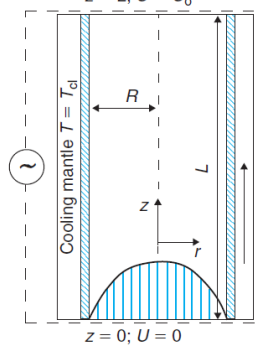
$$T(z) - T_{in} = \frac{1}{m} [\exp(\alpha''z) - 1] \quad (1) \quad \text{e} \quad \alpha'' = E_c^2 \frac{m\sigma_{in}\tau}{\rho C_p L} \quad (2)$$

✓ Fluxo de corrente e campo elétrico perpendiculares ao escoamento



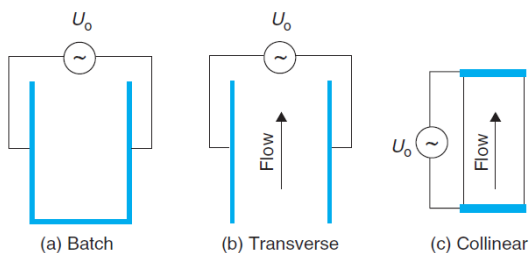
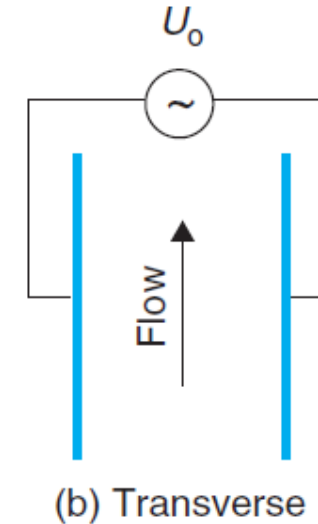


# Processamento por Aquecimento Ôhmico

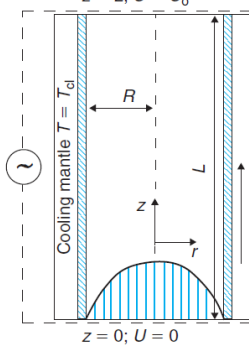


➤ Equipamento Transverso (campo elétrico constante)

- ✓ Baixa voltagem e grande área de contato dos eletrodos com o produto e portanto alta corrente
- ✓ Sobreaquecimento, ebulição e corrosão dos eletrodos
- ✓ Líquidos sem partículas: leite e outras bebidas



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



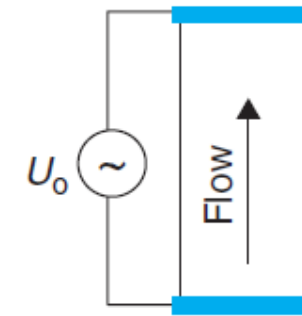
➤ Equipamento Colinear (densidade de corrente constante)

✓ Variação da temperatura

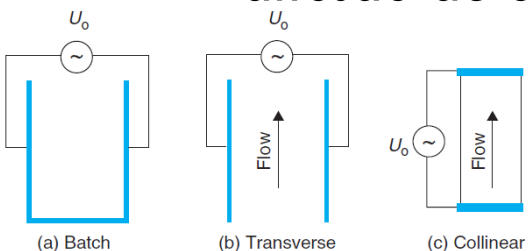
$$T(z) - T_{in} = \frac{1}{m} \left[ \sqrt{1 + 2\alpha'z} - 1 \right] \quad (1) \quad \text{e} \quad \alpha' = \frac{J_c^2}{\sigma_{in}} \frac{m}{\rho C_p L} \quad (2)$$

✓ Fluxo de corrente e campo elétrico paralelos ao escoamento

✓ Produto isotrópico, tubo isolado termicamente, desprezando a difusão de calor axial e a convecção livre



(c) Collinear

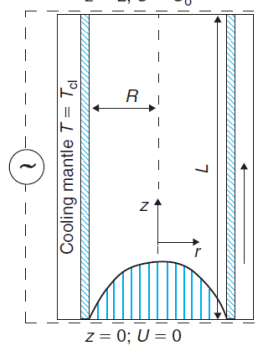


(a) Batch

(b) Transverse

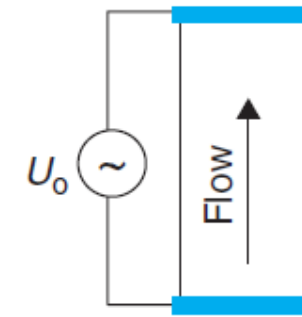
(c) Collinear

# Processamento por Aquecimento Ôhmico

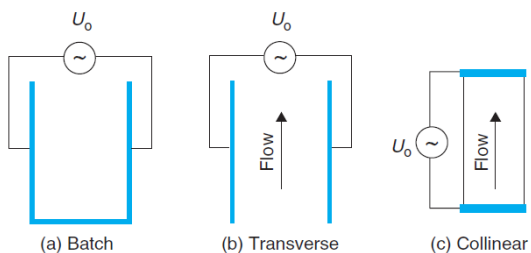


➤ Equipamento Colinear (densidade de corrente constante)

- ✓ Menor temperatura para uma mesma geração de calor em relação à configuração transversa
- ✓ Alta voltagem e pequena área de contato dos eletrodos com o produto e portanto baixa corrente



(c) Collinear

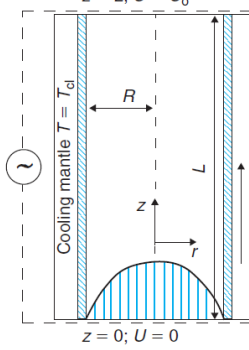


(a) Batch

(b) Transverse

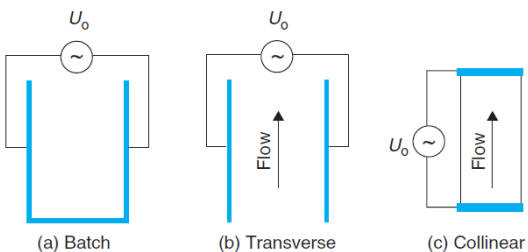
(c) Collinear

# Processamento por Aquecimento Ôhmico

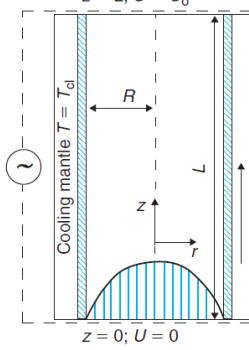


## ➤ Aplicações

- ✓ Produtos viscosos
- ✓ Produtos contendo particulados, principalmente grandes partículas
- ✓ Condutividade elétrica das fases o mais próximo possível
- ✓ Pré-tratamento com água salgada

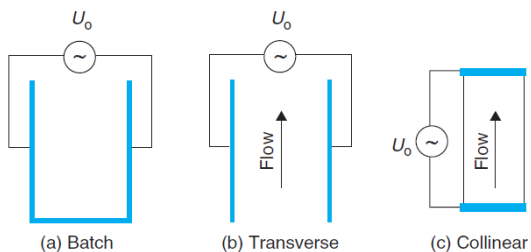


# Processamento por Aquecimento Ôhmico

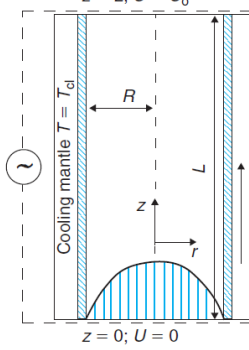


➤ Tratamento térmico (pasteurização e esterilização)

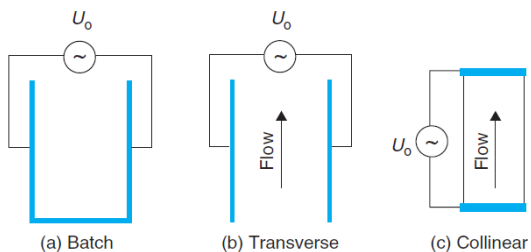
- ✓ Produtos contendo particulados
- ✓ Letalidade semelhante ao processo térmico convencional
- ✓ Em esporos efeito maior que o do processo convencional



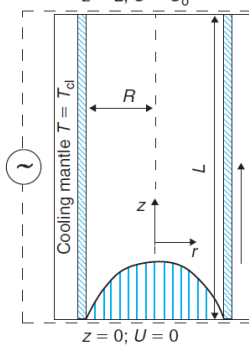
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



- Tratamento térmico (pasteurização e esterilização)
  - ✓ Formação de poros na membrana celular pela diferença de potencial induzida pela eletricidade
  - ✓ Aumento da permeabilidade e vazamento de material celular

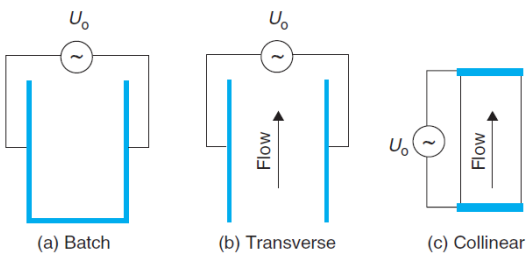


# Processamento por Aquecimento Ôhmico

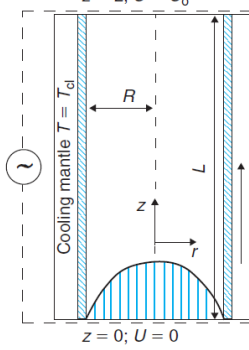


## ➤ Cozimento

- ✓ *Fast food* e acampamentos militares
- ✓ Cozimento de hambúrgueres

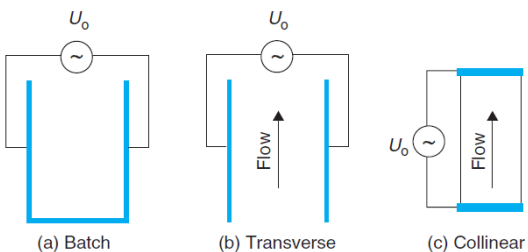


# Processamento por Aquecimento Ôhmico



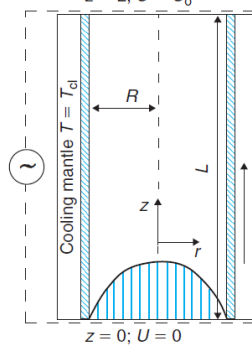
## ➤ Descongelamento

- ✓ Pode ocorrer aquecimento não uniforme
- ✓ Condutividade elétrica aumenta com a temperatura e é aproximadamente 100 X maior para alimentos não congelados em relação aos congelados
- ✓ Uso de um fluido condutor (salmoura) e maior área superficial da amostra perpendicular ao campo elétrico



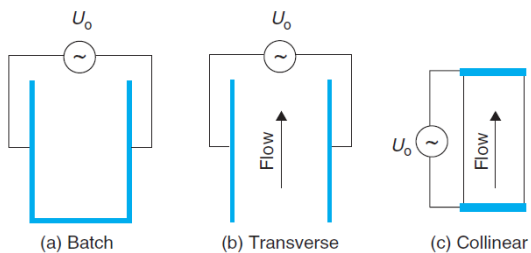


# Processamento por Aquecimento Ôhmico

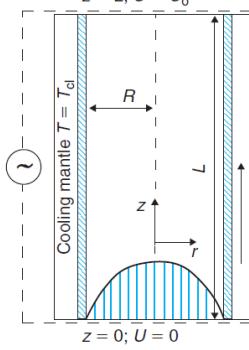


## ➤ Branqueamento

- ✓ Vegetais imersos em água ou salmoura
- ✓ Aquecimento direto sem água

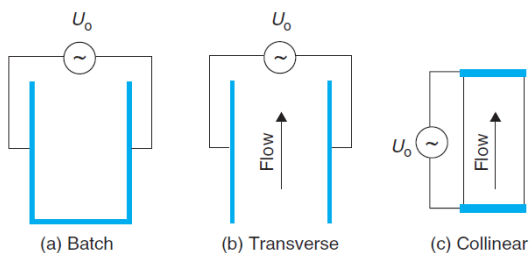


# Processamento por Aquecimento Ôhmico

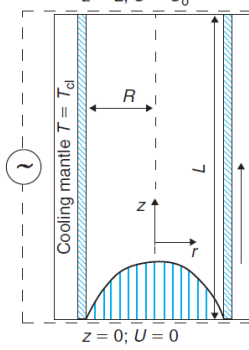


## ➤ Evaporação e Concentração

- ✓ Concentração a vácuo de suco de laranja
- ✓ Mais eficiente na remoção de umidade
- ✓ Produto com cor, aroma e propriedades organolépticas e nutricionais melhores



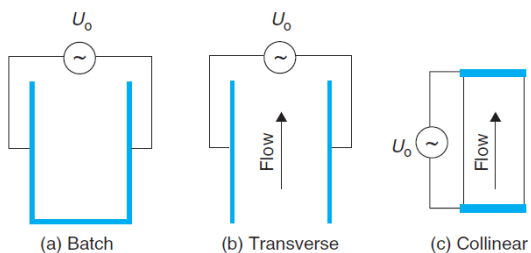
# Processamento por Aquecimento Ôhmico



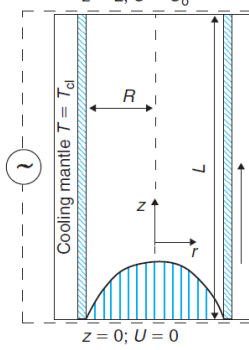
➤ Pré-tratamento em operações de transferência de massa

✓ Difusão e Extração

- Baixa frequência: desnaturação térmica e formação de poros na membrana celular
- Extração de suco de maçã, menta, lipídios de casca de arroz, componentes termolábeis



# Processamento por Aquecimento Ôhmico



➤ Pré-tratamento em operações de transferência de massa

✓ Secagem

- Redução do tempo de secagem pela remoção prévia de umidade
- Melhora da qualidade do produto

