

# Matérias-primas

Classificação geral:

- Cerâmicas
- Vidros
- Vitro-cerâmicos

 Matérias-primas : materiais particulados utilizados na formulação de peças cerâmicas.

O processamento de cerâmicas, ao contrário de processo de fabricação de produtos metálicos, não apresenta etapas intermediárias de purificação e refinamento. Por isso, as características das matérias-primas iniciais exercem uma influência grande sobre as características do produto final.

# Cerâmica tradicional x avançada

---

<b>Cerâmica</b>	<b>Matérias-primas</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Propriedades</b>	<b>Processamento</b>	<b>Aplicações</b>
<b>Tradicional (silicatos)</b>	naturais, minerais industriais (<98% pureza)	não-uniforme, porosa	mecânica, estética	olaria, colagem, prensagem, extrusão, queima	construção, produtos domésticos
<b>Avançada (alto desempenho, alta tecnologia)</b>	produtos químicos industriais (>98% pureza)	homogênea, menos porosa	elétrica, magnética, nuclear, ótica, mecânica, térmica, química, biológica	prensagem isostática, moldagem por injeção, sinterização, ligação por reação	eletrônica, estrutural, química, refratários

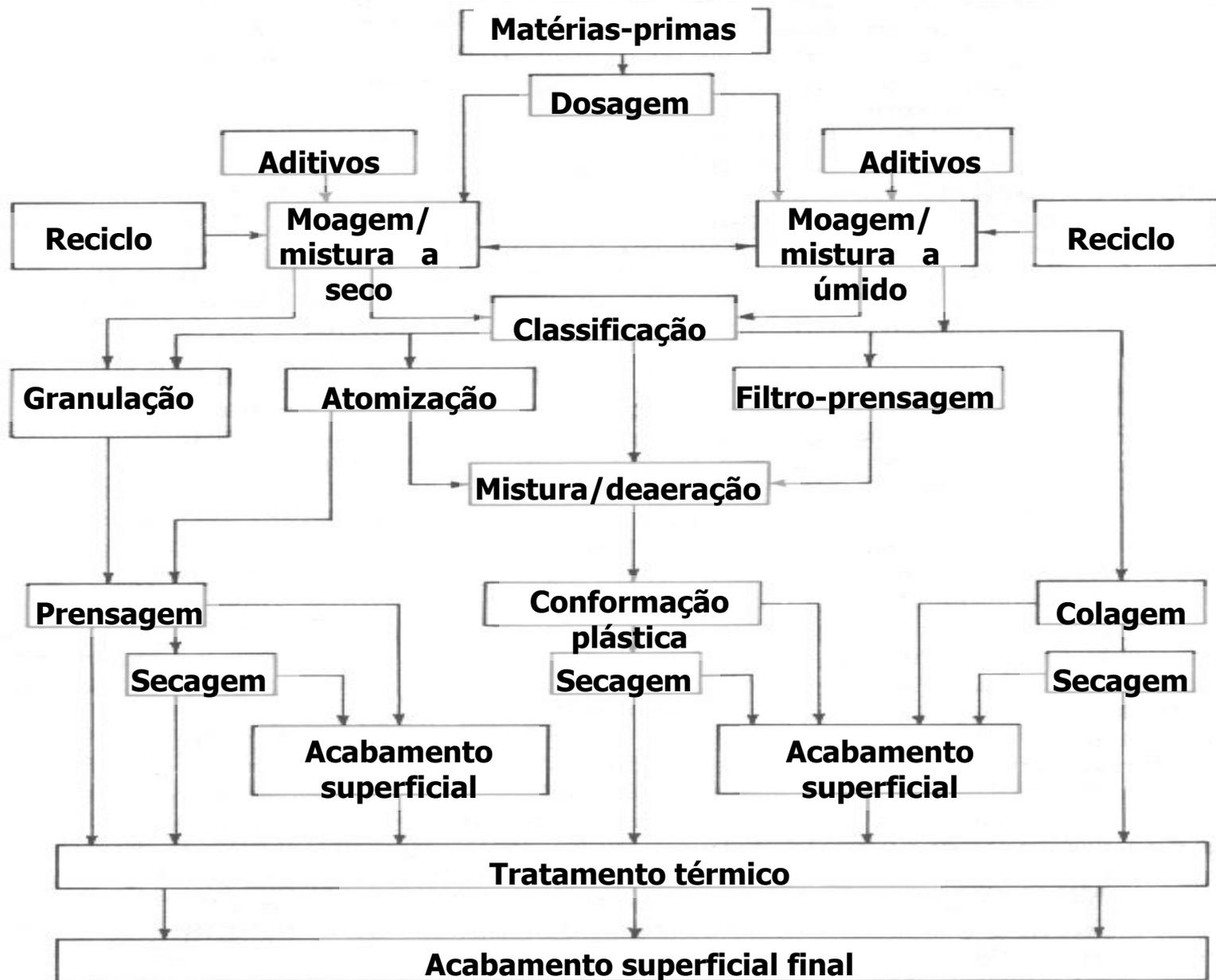
---

# Classificação de Matérias-primas

[Ring, 1996:27]

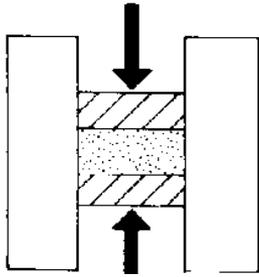
- Naturais: obtidos através de operações físicas
  - Argila, feldspato...
- Sintéticas: obtidos através de processos químicos, a partir de
  - Matérias-primas naturais (magnesita, calcita...)
  - Outras matérias-primas sintéticas (alumina, zircônia...)

# Fluxograma fabricação de cerâmicas

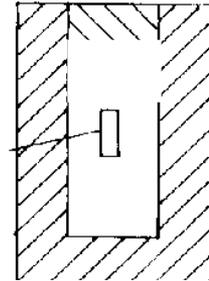


# Conformação: prensagem

[Lee, 1994:29]



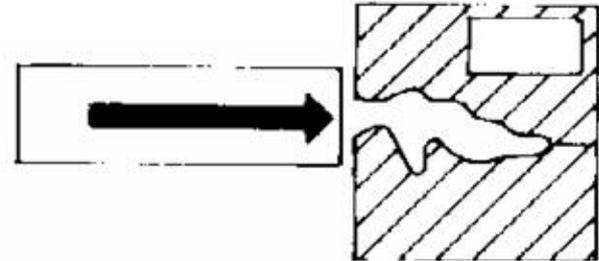
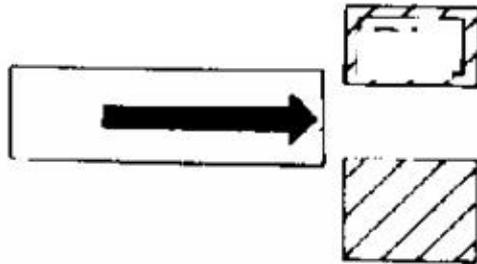
Prensagem uniaxial



Prensagem isostática

# Conformação plástica

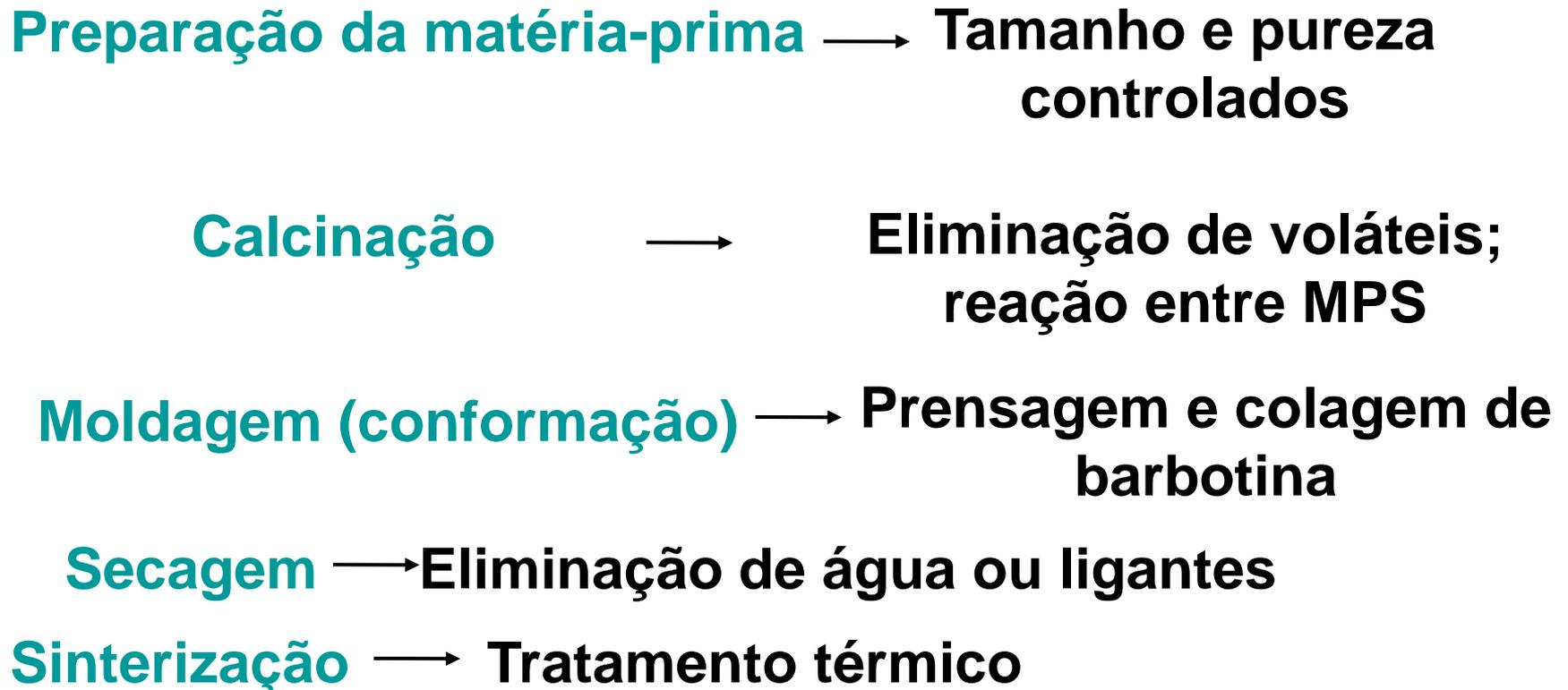
[Lee, 1994:29]



**■ Extrusão      ■ Moldagem por injeção**

O processamento de materiais cerâmicos à base de argila é feito a partir da compactação de pós ou partículas e aquecimento à temperaturas apropriadas.

Principais etapas:



# Matérias-Primas naturais

- Propriedades cerâmicas das matérias-primas

 influência no processo de fabricação

Propriedades de conformação, resistência mecânica a verde

 influência nas propriedades do produto final

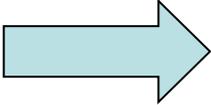
Sinterabilidade, retração de queima, reatividade, formação de eutético com outras MPs, propriedades específicas, de interesse para o produto (elétrica, magnética, tenacificação)

# Características mais importantes

- Composição química
- Composição mineralógica
- Textura e características físicas das partículas: **distribuição de tamanhos de partículas**
- Estado de consolidação (**presença de aglomerados/agregados**)
- Propriedades de superfície e **capacidade de troca de cátions**

A quantidade de propriedades e variáveis de uma MP é muito grande

 **Desafio:** selecionar o conjunto de propriedades a serem determinadas para cada MP e processamento, afim de avaliar o efeito dessas propriedades no produto final

 **Importante:** método de amostragem adequado

- Quanto mais **específicas** as propriedades desejadas para o produto final
- Quanto **maior a produtividade** do processo de fabricação (automação, velocidade de queima)
- Quanto maior a **exigência de controle dimensional**

**MAIOR A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DAS CARACTERÍSTICAS DAS MPs e NECESSIDADE DE TRATAMENTO E BENEFICIAMENTO**

# CLASSIFICAÇÃO

De acordo com a função

- Formadoras de esqueleto ou carga: constituintes principais
- Formadores de fase líquida (vítrea) e agentes ligantes
- Fundentes
- MPs que produzem ou modificam propriedades: cor, trabalhabilidade, isolamento elétrico ou térmico, constante dielétrica, propriedades nuclear

- Aditivos de processamento e fabricação: água, óleo, defloculantes, aditivos de prensagem
- Condicionadores ambientais e de fabricação: atmosfera do forno (reduzora, oxidante, inerte), vapor de cloreto de sódio na atmosfera do forno para produzir vidrado

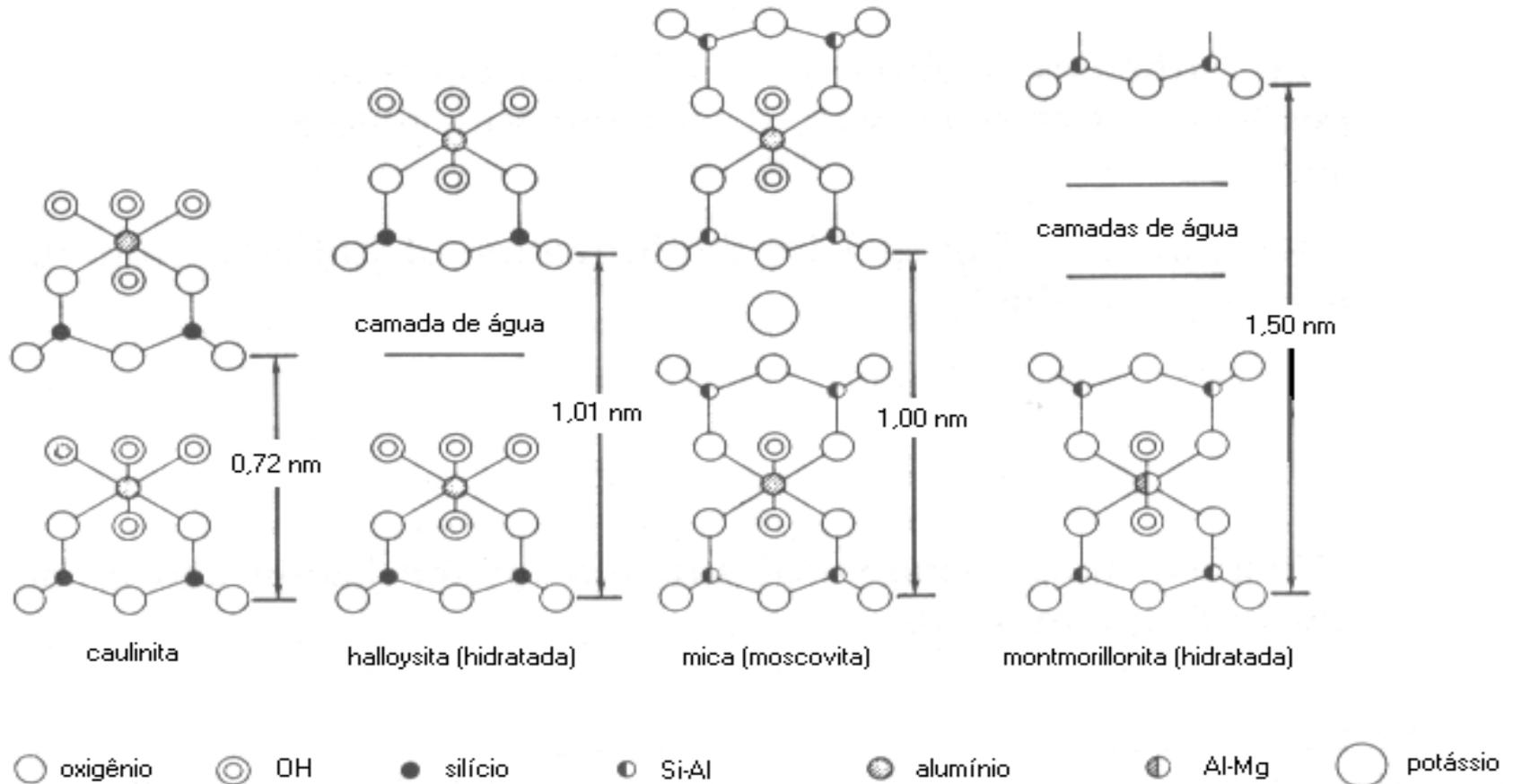
# Silicatos

[Callister, 1997:383]

- Silicatos: materiais compostos primariamente de silício e oxigênio
  - Silicatos simples, fórmula unitária  $\text{SiO}_4^{-4}$ , p. ex. forsterita ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ )
  - Silicatos em camada, fórmula unitária  $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$ , p. ex. argilominerais

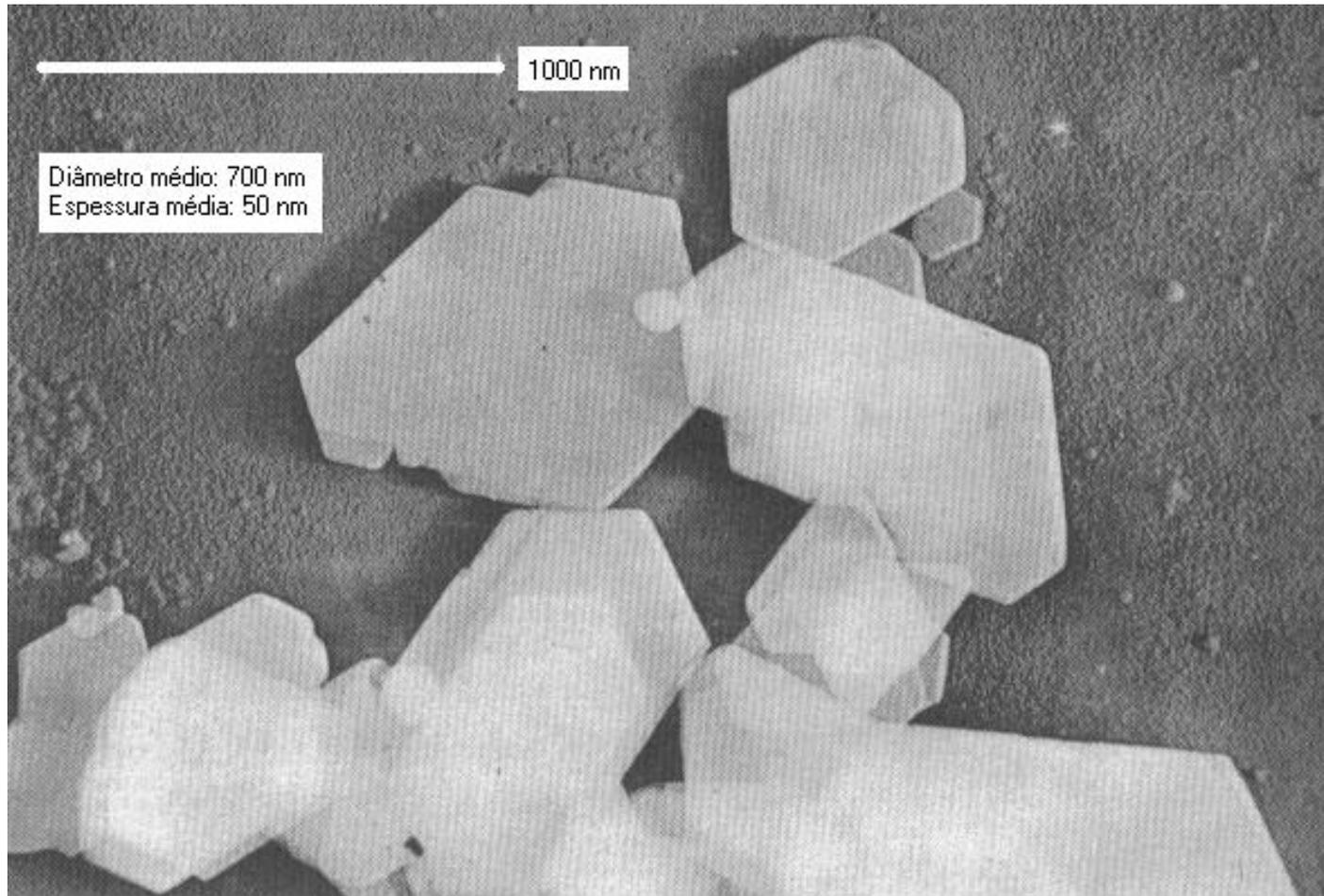
# Argilominerais

[Reed, 1995:52]



# Caulinita: microestrutura

[Norton, 1952:8]



# Caulinita

[Norton, 1952:131]

- Tipo: Silicato de alumínio hidratado de estrutura lamelar, argilomineral
- Composição:  $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$
- Reações:
  - $>500^\circ\text{C}$  se decompõe em metacaulinita,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
  - $>900^\circ\text{C}$  forma mulita,  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
  - $>1150^\circ\text{C}$  forma cristobalita
- Propriedades e aplicação:
  - Plasticidade na etapa de conformação

# Talco

[Ring, 1996:31]

- Tipo: Silicato de magnésio hidratado de estrutura lamelar, similar a argilomineral
- Composição:  $Mg_3(Si_2O_5)_2(OH)_2$
- Reações:
  - 1000°C se decompõe em protoenstatita,  $MgSiO_3$ , e enstatita,  $MgO \cdot SiO_2$
  - 1547°C se funde
- Propriedades e aplicação:
  - Alto coeficiente de expansão térmica, usado na formulação de azulejos e esmaltes

# Feldspatos

[Ring, 1996:31]

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula química (estrutural ou em óxidos)</b>
Ortoclásio	$K(\text{AlSi}_3)\text{O}_8$ ou $1/2\text{K}_2\text{O} \cdot 1/2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$
Albita	$\text{Na}(\text{AlSi}_3)\text{O}_8$ ou $1/2\text{Na}_2\text{O} \cdot 1/2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$
Anortita	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_8$ ou $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$

# Feldspatos

[Ring, 1996:31]

- Tipo: Silicatos de alumínio anidros
- Composição:
  - $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$  (ortoclásio)  $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$  (albita),  $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$  (anortita)
- Reações:
  - 800-1000°C apresenta uma composição próxima do eutético (ortoclásio, feldspato potássico)
- Propriedades e aplicação:
  - Fundentes, insolúveis em água, formadores de fase vítrea em corpos cerâmicos e esmaltes

# Argilas e argilominerais

[Ring, 1996:27]

- Argila: matéria-prima natural constituída principalmente de argilominerais, tendo outros minerais como impurezas
- Argilominerais: aluminossilicatos hidratados que podem ser dispersos em partículas finas e desenvolvem plasticidade quando misturados com água
  - Exemplos: caulinita, halloysita, pirofilita, montmorillonita, mica, illita

# Argilas

- Rocha de granulometria fina, constituída basicamente por argilo-minerais, podendo conter minerais (calcita, quartzo), matéria orgânica e outras impurezas
- Podem ser residuais e sedimentares

- **Argilas residuais:** também chamadas de primárias, são aquelas localizadas nos mesmos locais das rochas que as originaram.
- **Argilas sedimentares:** Localizam-se em lugares distantes do local de formação, sendo encontradas normalmente em fundos de lagos e lagoas. Normalmente, apresentam partículas mais finas e contém uma quantidade muito menor de impurezas, pois na lavagem e durante o transporte, ocorre uma classificação natural, chegando ao depósito apenas as frações mais finas. Além disso, apresentam alto teor de matéria orgânica.

# Propriedades

- a) possuem elevado teor de partículas com diâmetro equivalente inferior a  $2\mu\text{m}$ ;
- b) Quando pulverizadas e umedecidas, tornam-se **plásticas**, em consequência do baixo tamanho de partículas e da morfologia lamelar dessas partículas.

Após secagem são duras, podendo ser facilmente manuseadas. Após queima em temperaturas elevadas, adquirem alta dureza.

- c) Dependendo da composição mineralógica, Possuem alta **capacidade de troca de cátions**.
- d) As partículas apresentam formato lamelar.

# Classificação

- **Argilas ball-clay** : são de origem sedimentar e apresentam grande quantidade de matéria orgânica. Apresentam cor clara. Ex: argila São Simão.
- **Folhelhos argilosos**: são de origem sedimentar e apresentam alto teor de minerais de ferro.
- **Caulins** : podem ser de natureza residual ou sedimentar, puros e de baixa plasticidade. São amplamente usados na fabricação de cerâmica branca e refratários.

# CLASSIFICAÇÃO

## . Argilas refratárias:

1. Tipo flint: altamente aluminosa, apresenta pouca plasticidade.
2. Argila plástica: alto teor de fundentes.
3. Com alto teor de alumina : produção de refratários para uso em temperaturas elevadas.

- . Argilas para cerâmica vermelha: normalmente, são argilas sedimentares, encontradas em várzeas e rios e possuem alto teor de fundentes e de ferro.

# Plasticidade

- Capacidade de sofrer grandes deformações sem se romper, quando misturada com água e ainda, de manter essa deformação quando da retirada da força.
- Quanto mais fina a granulometria, maior a plasticidade
- A plasticidade é favorecida pela presença de montmorilonita e matéria orgânica

# Outros fatores influenciados pela granulometria

- Alta resistência a verde
- Possibilidade de formar suspensões coloidais de alta estabilidade
- Facilidade com que os eletrólitos dispersantes podem atuar (cátions trocáveis e ligações quebradas nas arestas)

# Desvantagem

- Altas retrações de secagem e de queima :  
perda de água estrutural
- Dificuldade de controle dimensional

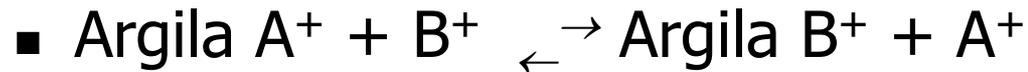
# Influência das características das argilas na queima

- A baixa granulometria aumenta a sinterabilidade
- Composição química: aumenta a faixa de temperatura de aparecimento da fase líquida
- Cor após a queima: é influenciada pela composição química

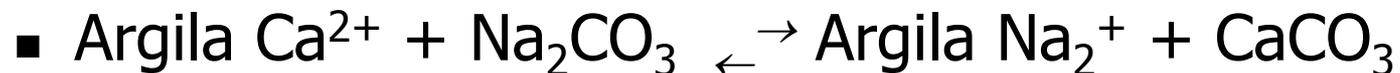
# Troca iônica em argilas

[Navarro, 1985/2:169]

◆ Argila com cátions adsorvidos  $A^+$  tratado com um sal solúvel, ácido ou base  $B^+$ :

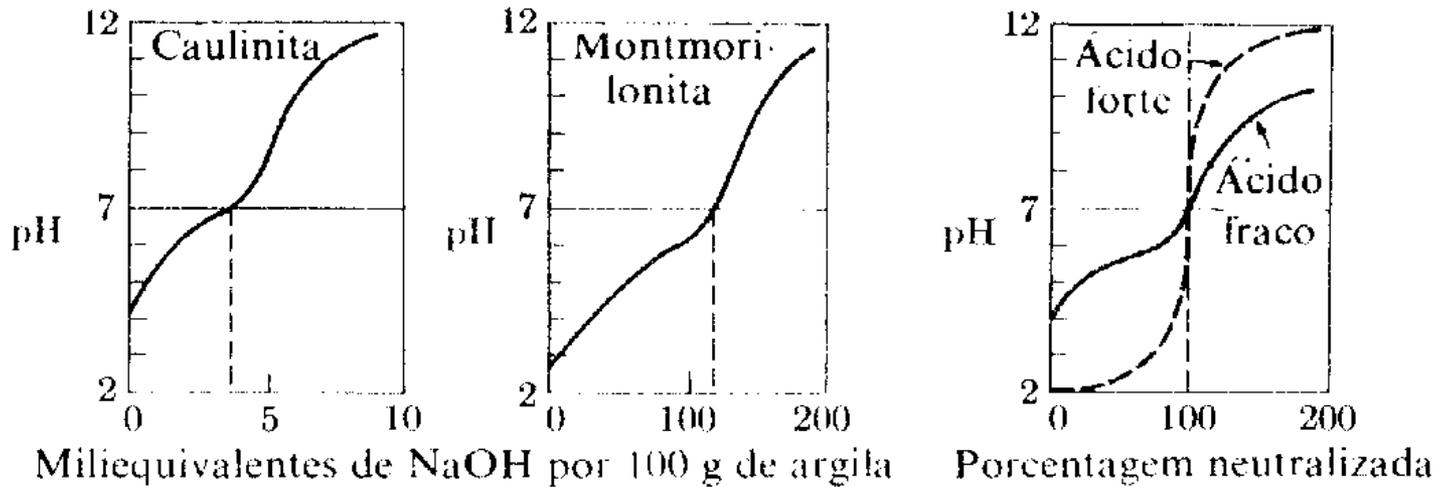


◆ Exemplos:



# Capacidade de troca catiônica

[Van Vlack, 1973:72]



- ◆ Capacidade de troca catiônica (CTC):  
número de meq necessários para neutralizar os íons trocáveis adsorvidos em 100 g de um material

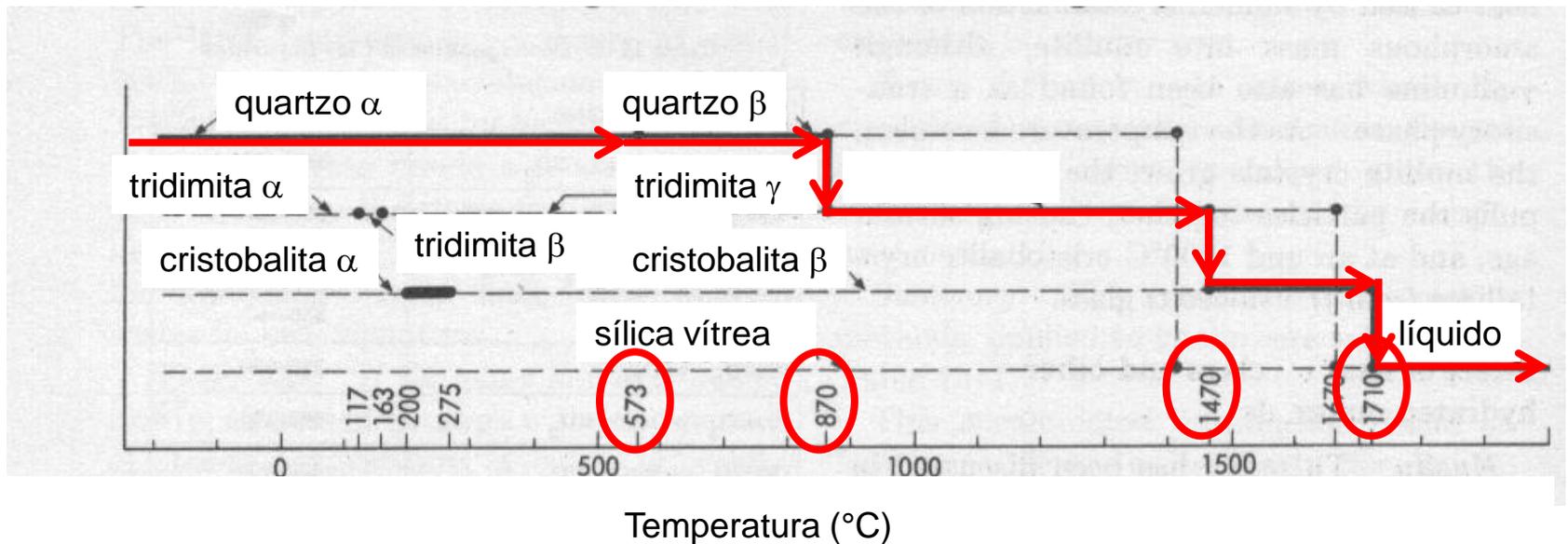
# Sílica: formas polimórficas

[Van Vlack, 1964:40]

<b>Mineral</b>	<b>Observação</b>
Quartzo	Forma mais comum
Cristobalita	Menos comum, mais impura que quartzo
Tridimita	Rara na natureza
Sílica vítrea	Rara na natureza, importante produto manufaturado

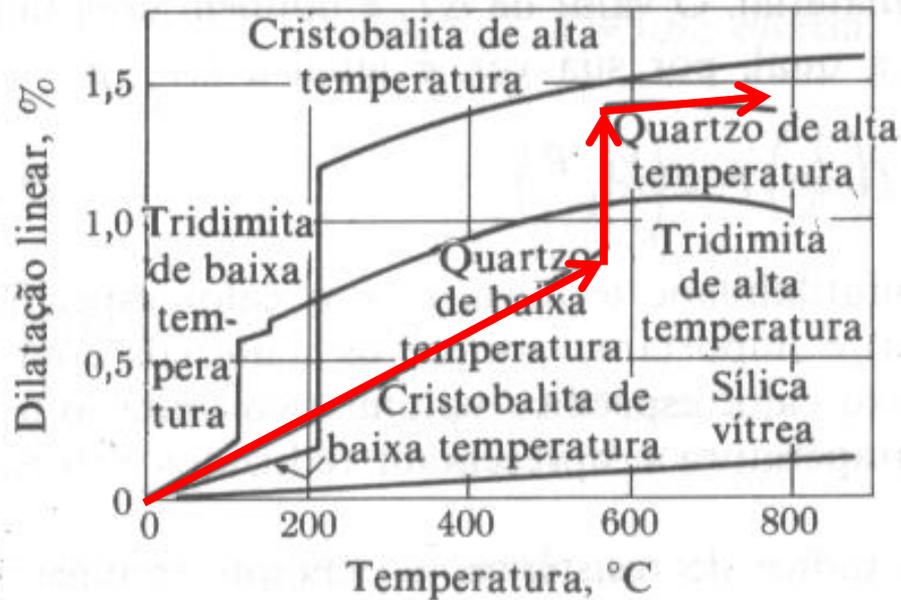
# Sílica: transformação de fases

[Norton, 1952:132]



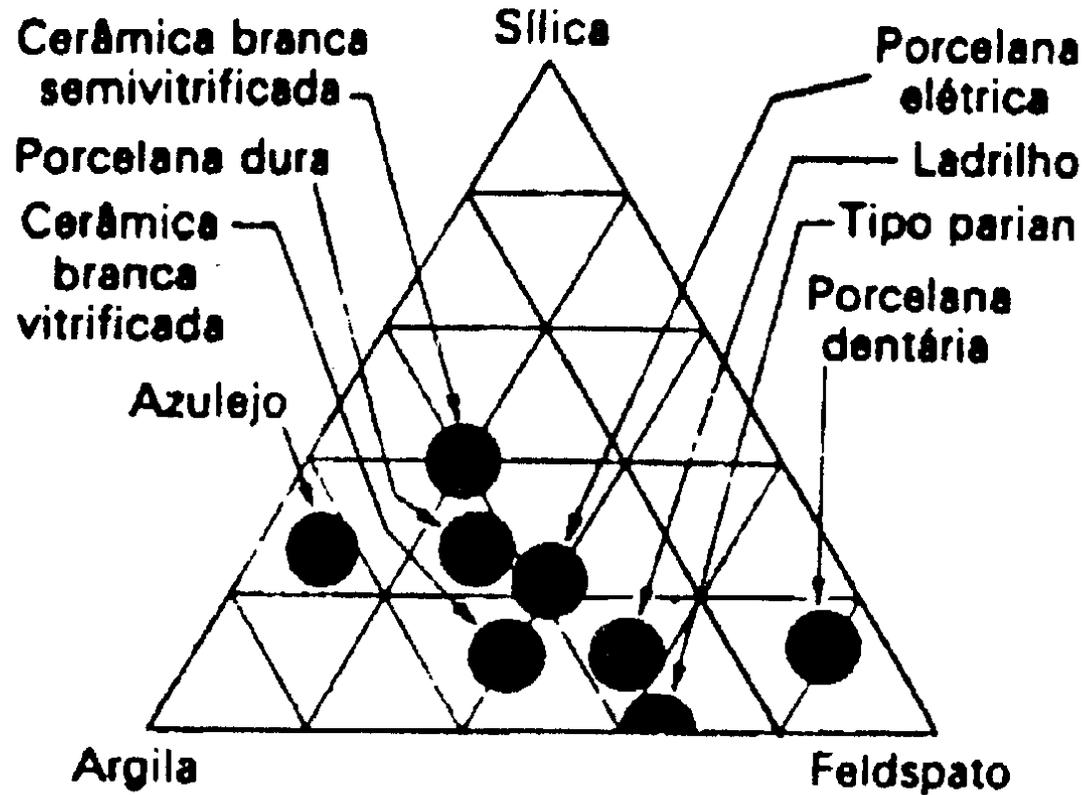
# Sílica: dilatação de fases

[Van Vlack, 1964:141]



# Triaxial cerâmico

[Norton, 1952:15]



# Funções dos componentes

- Argilomineral: plasticidade
  - caulinita, illita, montmorilonita
- Silica: estabilidade dimensional
  - quartzo
- Feldspato: fusibilidade
  - ortoclásio, albita