



# Materials 1

**Tiago Cruz**  
**tiagoitajai@gmail.com**

**Desafio**



**Como é feito?!**

**Cerâmicas**

As cerâmicas surgiram há mais de **9.000 anos**

- A palavra “**cerâmica**” se origina da palavra grega “**keramikos**”, que significa **material queimado**

**Histórico**

**Materiais Cerâmicos** são todos os **materiais** obtidos por cozedura a altas temperaturas de matérias-primas naturais (ou artificiais) **constituídos principalmente por argilas** (silicatos de alumínio hidratado)

**Definição**

São **rochas** formadas por **minerais argilosos** resultantes da desagregação de feldspatos das rochas ígneas; partículas lamelares e de pequenas dimensões; rochas sedimentares detríticas

**Argilas**

O solo para fabricação da cerâmica deve conter uma fração de argila, juntamente com silte e areia, de modo a conformar as desejáveis características de plasticidade, bem como de não trincamento e retração, de vitrificação, etc

| Fração |        | Dimensões (mm)  |
|--------|--------|-----------------|
| Areia  | Grossa | 2 - 0,6         |
|        | Média  | 0,6 - 0,2       |
|        | Fina   | 0,2 - 0,06      |
| Silte  | Grosso | 0,06 - 0,02     |
|        | Médio  | 0,02 - 0,006    |
|        | Fino   | 0,006 - 0,002   |
| Argila | ---    | menor que 0,002 |

# Granulometria de Solos

## **Puras:**

Caulino > 80% (cor branca) – azulejos, porcelana, sanitários (refratárias)

Refratárias – resistência a altas temperaturas; algumas impurezas

## **Impuras:**

Cerâmicas estruturais (exigência de uma certa resistência)

Produtos de barro vermelho (óxido de ferro)

Produtos de grés (maior % de sílica – menor retração, mais vidro)

# **Tipos de Argilas**

Constituídos de elementos

**metálicos e não metálicos**, ligados por ligações de caráter misto iônico-covalente

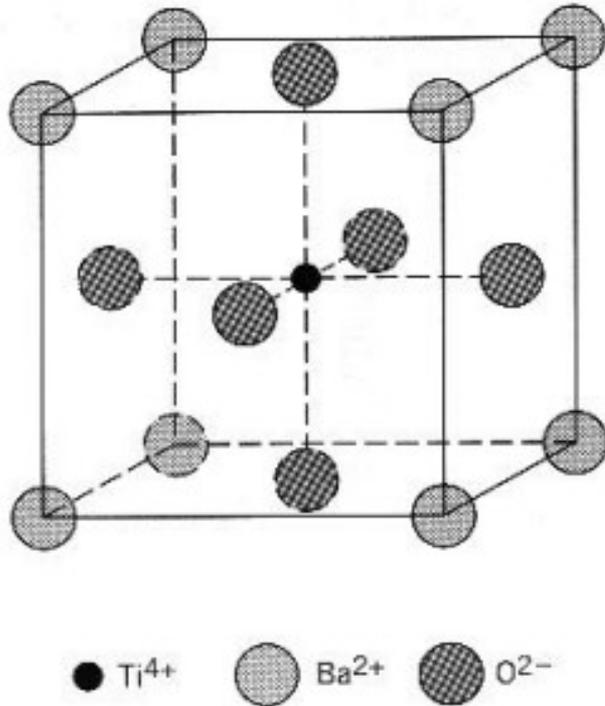
Alto ponto de fusão a **altas temperaturas**  
(1400-1800° C)

**Mistura:** Argila + Feldspato + Quartzo +  
Alumina

**Características**

# Cerâmicas Cristalinas

Em geral, a estrutura cristalina dos materiais cerâmicos é **mais complexa que a dos metais**, uma vez que eles são compostos **pelo menos por dois elementos**, em que cada tipo de átomo ocupa **posições determinadas no reticulado cristalino**.



*Exemplo : Titanato de Bário ( $\text{BaTiO}_3$ )*

*Material Piezoelétrico*

*Estrutura tipo  $A_m B_n X_p$*

# Estrutura

1. Extremamente **duras e frágeis**
2. Resistentes à **compressão**
3. Resistentes à **corrosão química**
4. Isolantes **elétricos\***, **térmicos e radioativos**
5. Suportam **altas temperaturas**
6. Sensíveis ao **impacto**
7. Superfície **porosa**
8. Baixa resistência à **tração**
9. Matéria prima de **custo baixo**

**Carac. Físicas**

Podem existir **materiais cerâmicos semicondutoras, condutores e até mesmo supercondutores** (estes dois últimos, em faixas específicas de temperatura)

**\*Cerâmicas condutoras**

CERÂMICAS TRADICIONAIS

TIJOLOS  
TELHAS  
LOUÇAS  
AZULEJOS  
VIDROS

JOIAS  
ARTIFICIAIS  
PEDRAS  
SINTÉTICAS  
DIAMANTE  
ARTIFICIAL

MATERIAIS PARA  
POLIMENTO  
MATERIAIS  
ABRASIVOS  
MATERIAIS PARA  
CORTE E  
USINAGEM

OSSOS  
ARTIFICIAIS  
DENTES  
ARTICULAÇÕES

COMPONENTES  
PARA SISTEMAS  
NUCLEARES  
SUPERCONDUTORES

MOTORES DE  
AUTOS  
TURBINAS A GÁS  
TURBO-  
COMPRESSORES

FIBRAS ÓPTICAS  
MONITORES  
LÂMPADAS

SENSORES  
SEMICONDUTORES  
CIRCUITOS  
INTEGRADOS  
OSCILADORES  
CAPACITORES  
BATERIAIS

CERÂMICAS AVANÇADAS



TECNOLOGIA

# Evolução Tecnológica

1. **Cerâmica Vermelha**
2. **Materiais de Revestimento**
3. **Cerâmica Branca**
4. **Refratários**
5. **Isolantes Térmicos**
6. **“Cerâmicas Avançadas”**
7. **Vidros**

# **Materiais Cerâmicos**

**Tijolos, telhas,  
argamassas...**



**Cerâmica Vermelha**

**Lajotas, azulejos,  
porcelanatos...**



**Mat. de Revestimiento**

**Porcelanas, vasos  
sanitários...**



**Cerâmica Branca**

**Blocos, tijolos,  
argilas isolantes...**



**Refratários**

**Fibras utilizadas em  
fornos e  
motores...**



**Isolantes Térmicos**

Utilizadas em  
produtos de alta  
tecnologia...



**Cerâmicas Avançadas**

**Cerâmicas mais comuns  
para o Design**



**Cerâmica Vermelha**

# Argilas

## Vermelho = Óxido de Ferro

### Tipos

1. **Magras:** Mais Quartzo: baixa plasticidade
2. **Gordas:** Mais umidade: alta plasticidade

**Alta porosidade, absorção de água, baixa resistência ao impacto, boa resistência á compressão, alta resistência a choques térmicos, baixa expansão térmica, alta elasticidade, elevada resistência química, bom isolamento elétrico**

# Cerâmica Vermelha



**Cerâmica Branca**

# Grês sanitários e porcelanas

## Tipos pelo tipo de queima

- 1. Porcelanas:** menor porosidade e aparência vitrificada  
Alta **dureza**, resistência a **altas temperaturas**, bom **isolante elétrico**, baixa **expansão térmica** e alta **resistência a choques térmicos**
- 2. Grês:** baixa absorção, e pode receber tratamento superficial para aparência  
Relativa **resistência ao impacto** e alta **resistência química**
- 3. Louças:** maior porosidade, queima curta e tratamento superficial para aparência  
Alta **resistência a altas temperaturas**, alta **resistência a choques térmicos**, baixa **expansão térmica**

# Cerâmica Branca

**Indústria**

**Matéria prima abundante**



**No Brasil**

**+ Energia**



**No Brasil**

**Matéria prima abundante + Energia**

A tall, cylindrical industrial chimney made of brick or concrete stands on the left side of the image. It is emitting a thick plume of dark smoke that drifts to the right across a clear blue sky. In the background, there are some green trees and a utility pole with wires. The overall scene is an industrial facility.

**No Brasil**

**Processos**

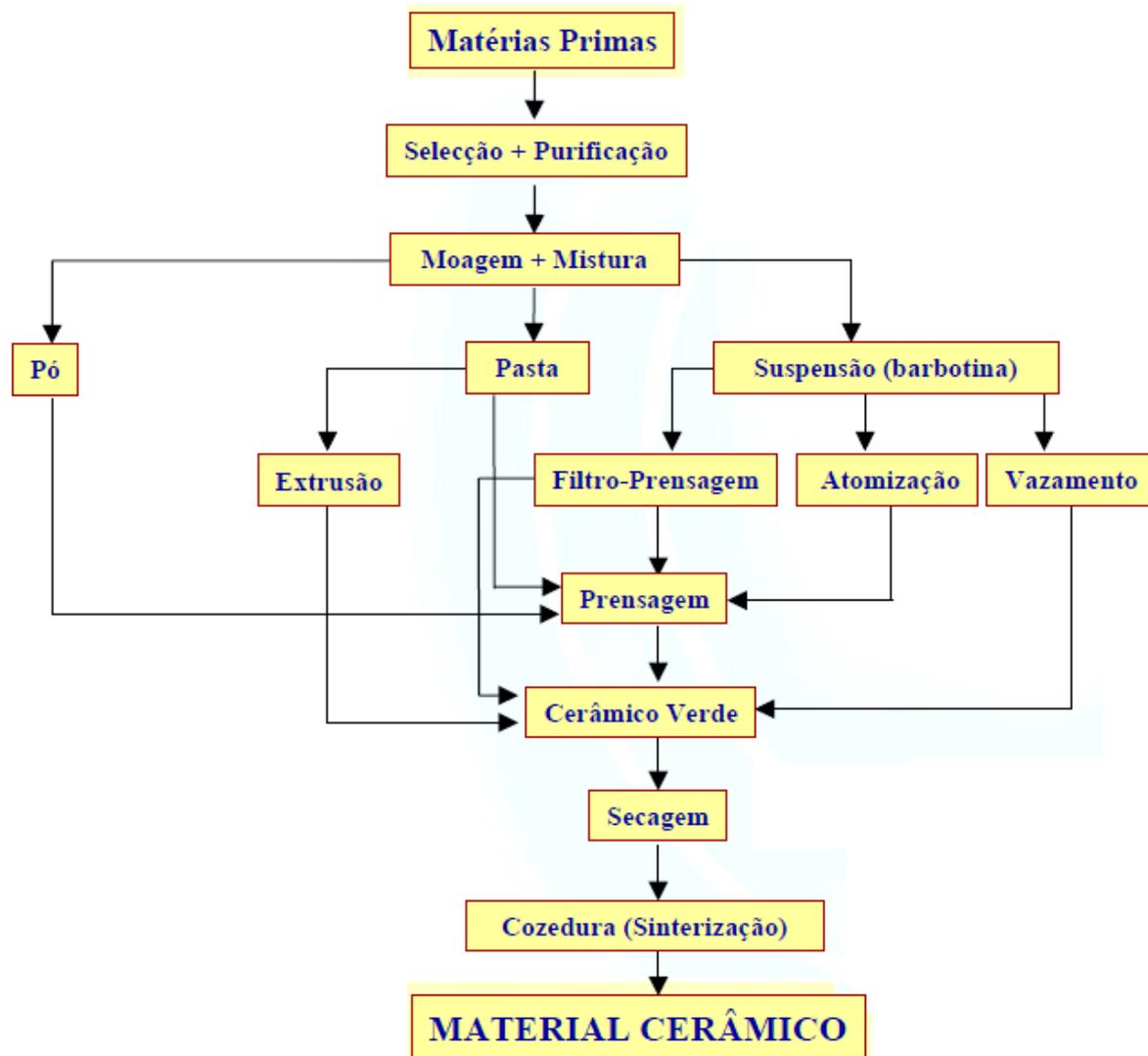
1. Extração
2. Depuração
3. Divisão
4. Homogeneização
5. Controle de Umidade

1. Secada
2. Umedecida
3. Misturada



1. Conformada
2. Secada
3. Queimada
4. Acabamento

**Macro**



# Produção

# Matérias primas

## 1. Plásticas

- Maleabilidade
- Argilas e Caulins
- Facilidade na modelagem, moldagem ou conformação
- Desempenho mecânico antes e depois da queima

## 2. Não Plásticas

- Impermeabilidade
- Acabamento
- Filitos (aparência de vidro), Feldspato (reduz ponto de fusão) e Quartzo (favorece a queima)
- Controle de transformações na secagem e queima

**Adições**

# **Pós cerâmicos**

Importante ter em atenção o grau de pureza (( $\$$ ) extremamente importante nas cerâmicas técnicas, caso da alumina) e a distribuição granulométrica

**Ligantes**

**Lubrificantes**

**Desfloculantes**

**Ajudantes de sinterização**

**Preparação de Materiais**

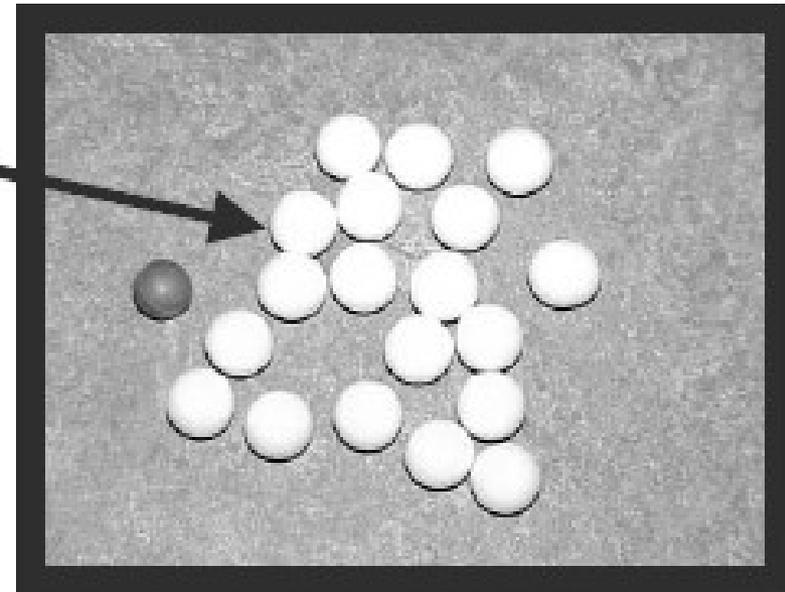
Cilindro com  
tampa amovível

Esferas de moagem

Barbotina contendo  
em suspensão as  
partículas a moer

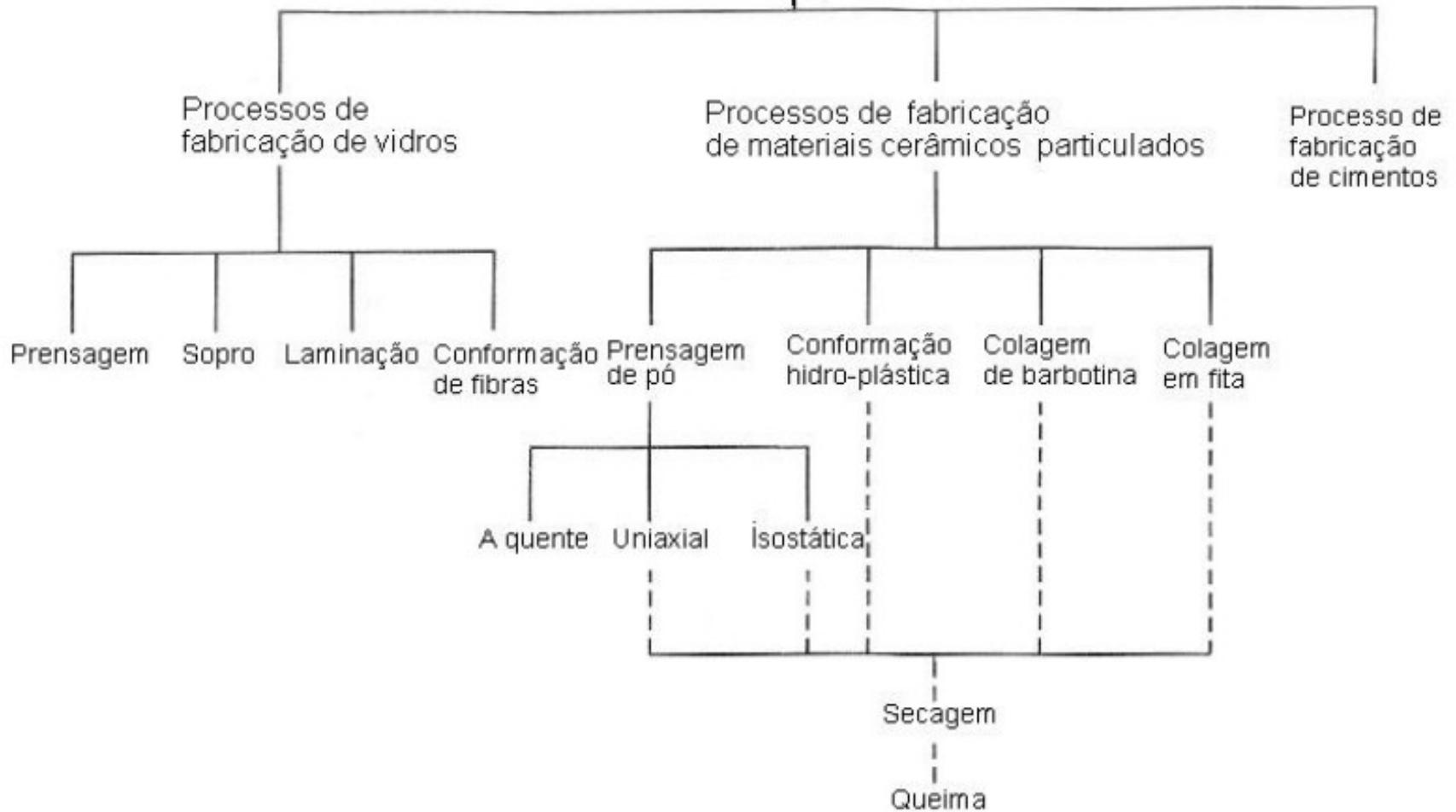
Revestimento  
resistente ao desgaste

Rolos revestidos com borracha ligados  
por uma correia a um motor



# Moagem e mistura

# Técnicas de fabricação de cerâmicas



# Técnicas de Fabricação

O **processamento** é feito pela **compactação** de **pós** ou **partículas** e **aquecido** a temperaturas apropriadas

Na **preparação** do material,,, a matéria-prima deve ter **tamanho** de **partícula** controlado

A **moldagem** pode ser feita a **seco**, a **úmido** ou **plástica**

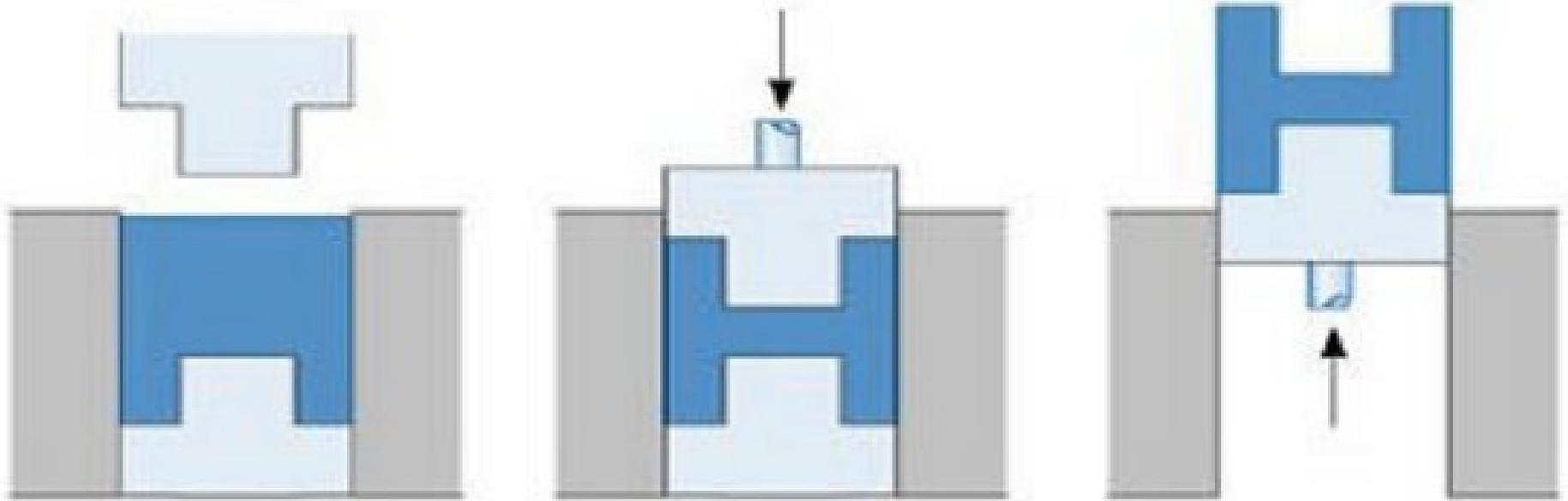
# **Processamento**

O produto conformado é submetido,, à **secagem**  
para **eliminação** de **água** e/ou **ligantes**

Na **sinterização** o produto conformado é  
submetido a **tratamento térmico** para  
**densificação**

**Processamento**

A mistura é prensada uniaxialmente num molde com a forma da peça a obter (tem que se ter em conta contrações, contra-saídas, etc.).



**Prensagem Uniaxial**



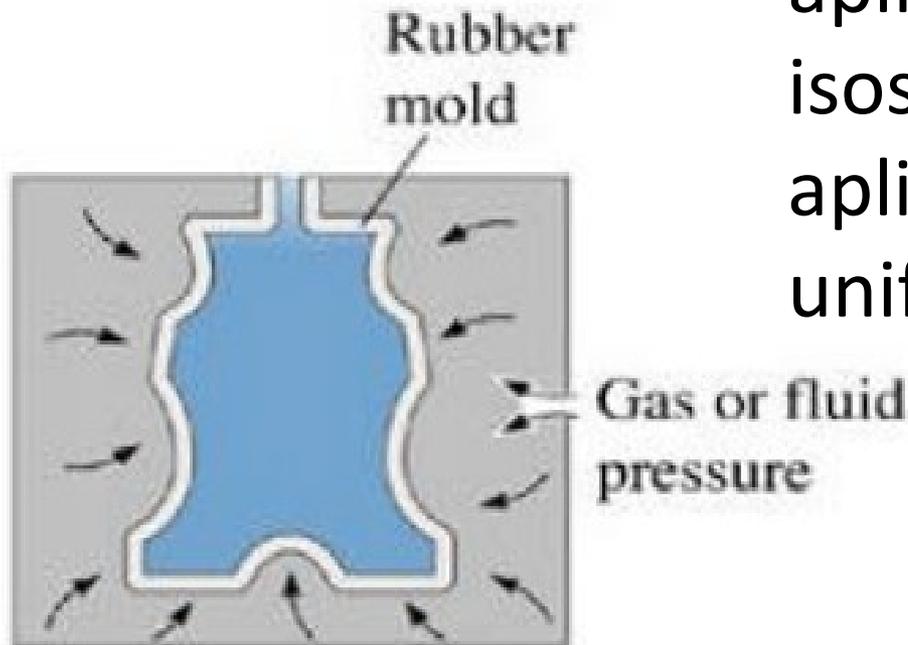
# **Prensagem Uniaxial**



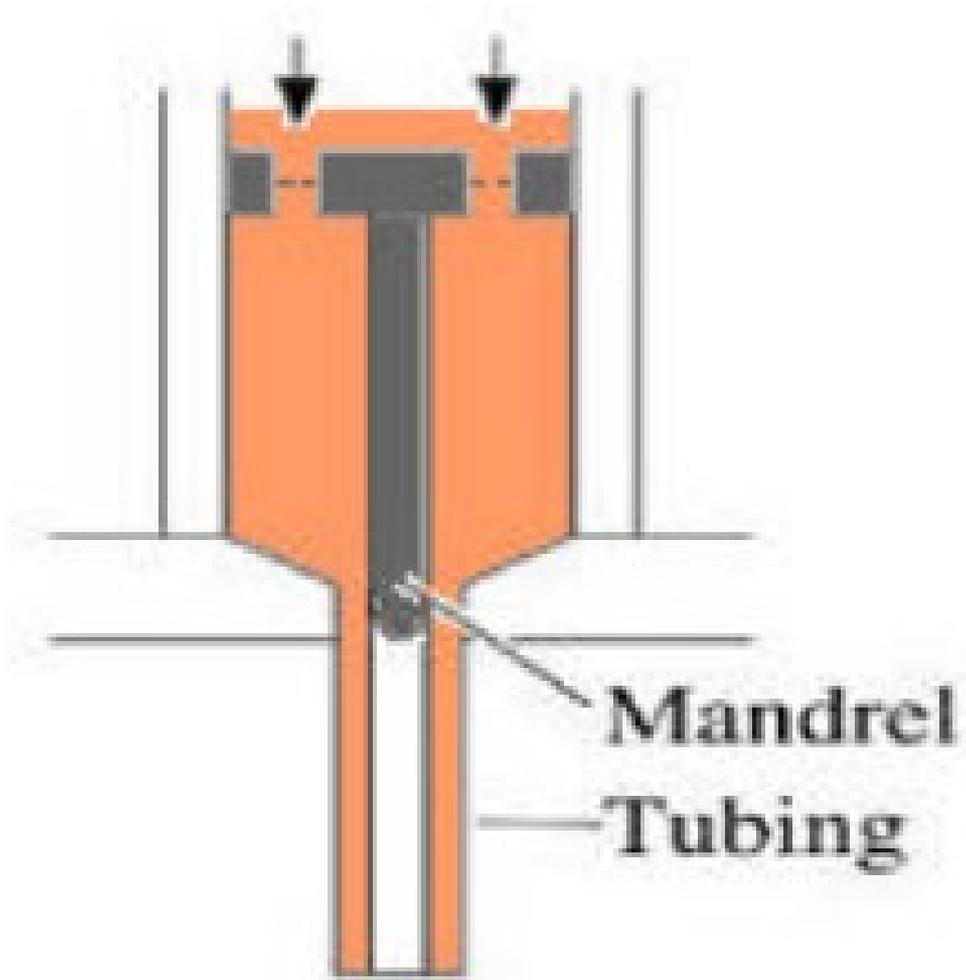
**Prensagem Uniaxial**

O cerâmico (pré-forma ou pó) é colocado num molde flexível (geralmente borracha) dentro de uma câmara com um fluido hidráulico ao qual é

aplicado uma pressão isostática. A pressão aplicada compacta uniformemente o pó ou pré-forma em todas as direções.



# Prensagem Isostática



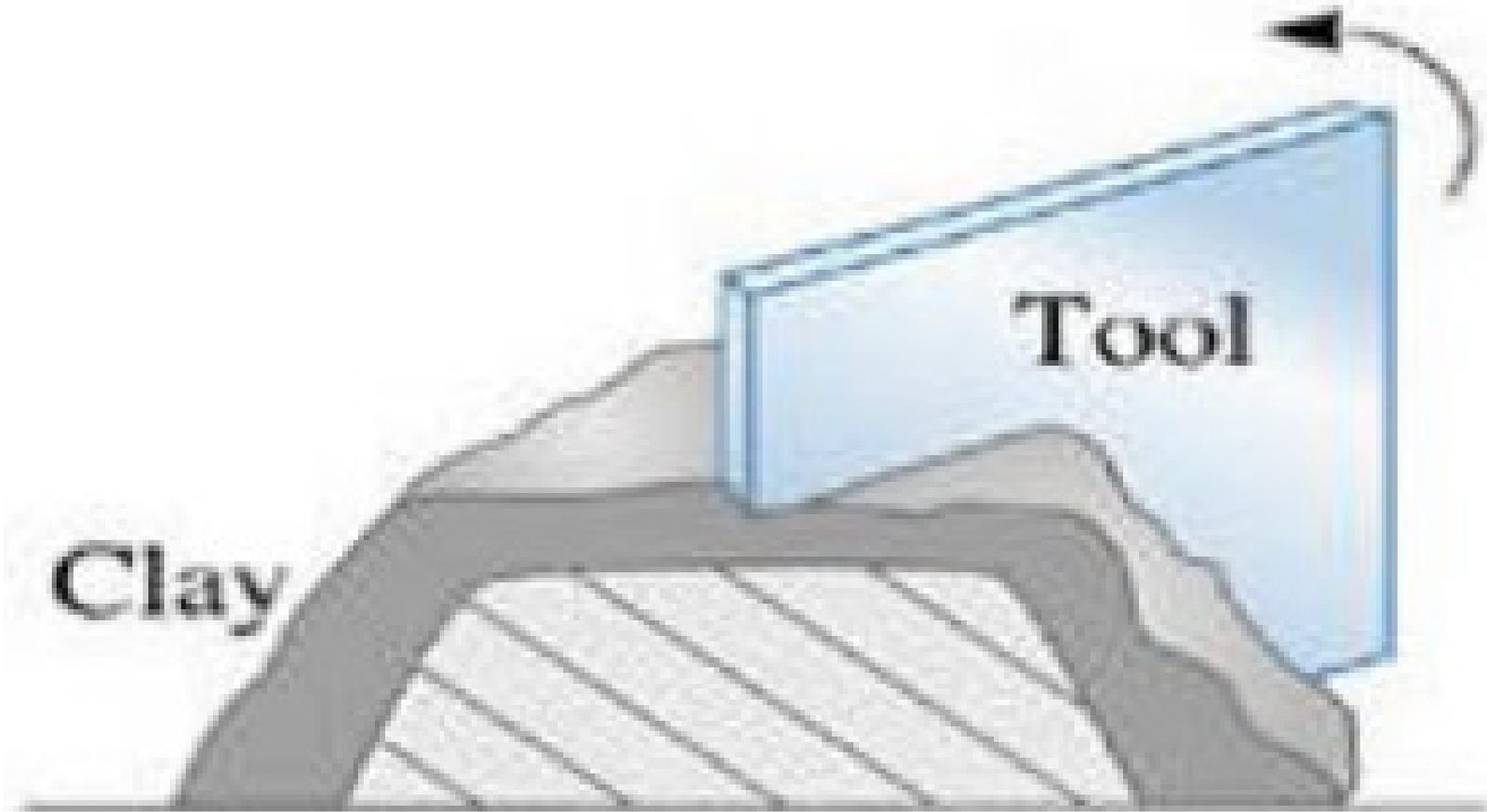
**Extrusão**



**Extrusão**



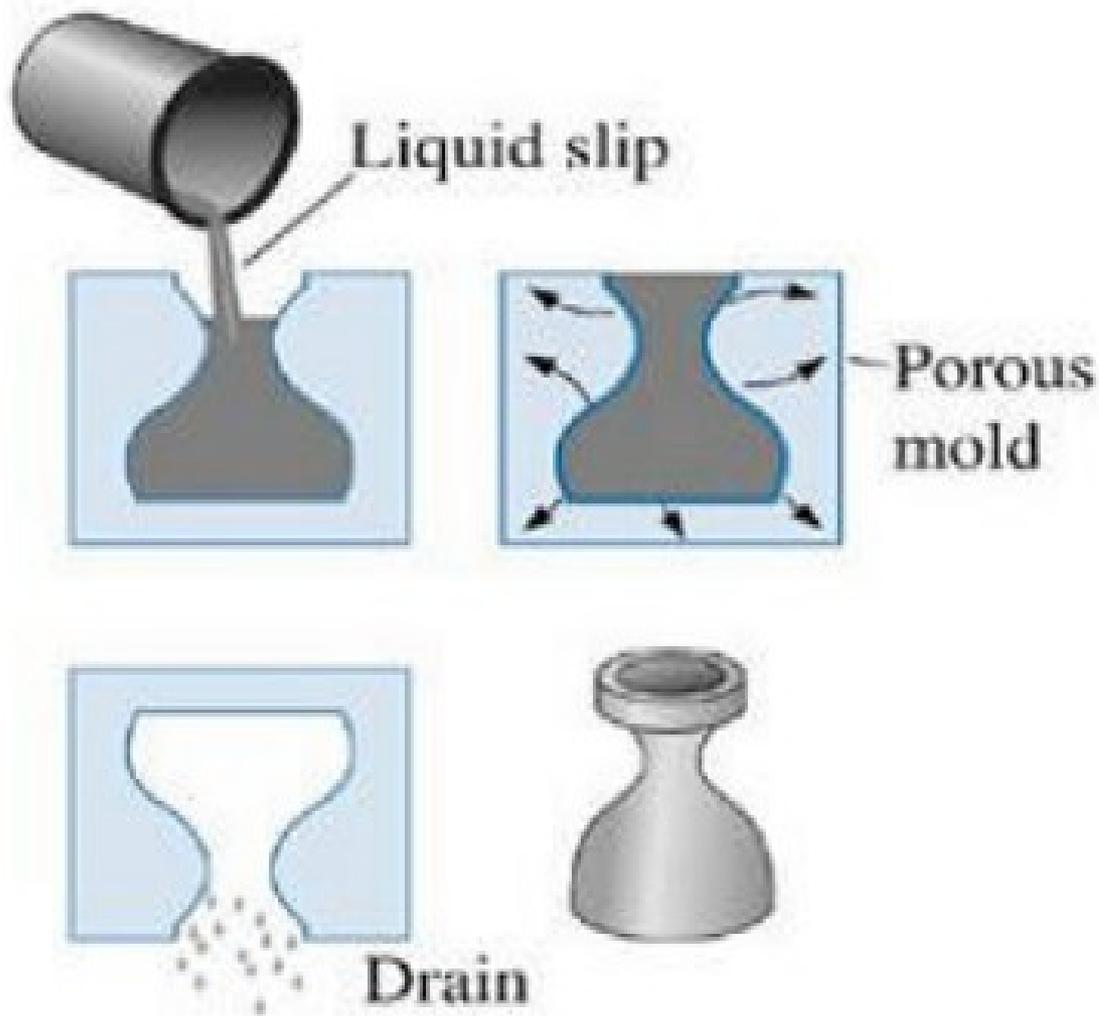
**Extrusão**



**Torneamento**



**Torneamento**



# Colagem de Barbotina

Preparação (pesagem, moagem, etc.) de uma suspensão estável (partículas cerâmicas + água + aditivos)



**Colagem de Barbotina**

Vazamento num molde poroso (normalmente gesso)  
Controle T, e t por forma a obter a espessura de  
cerâmico desejada, removendo-se a restante suspensão



**Colagem de Barbotina**

Secagem do material moldado, retirar dos moldes  
Preparação e pré-cozedura a 900°C



**Colagem de Barbotina**

Preparação e pré-cozedura a 900°C



**Colagem de Barbotina**

# Pintura, aplicação do vidrado e cozedura

As peças podem ir diversas vezes ao forno porque as diferentes cores não podem ser aplicadas de uma única vez. Há casos em que as pinturas são aplicadas por cima do vidrado (suspensão rica em quartzo, previamente misturado com sais de sódio (carbonatos, bicarbonatos, sulfatos ou cloretos) e/ou outros aditivos).



**Colagem de Barbotina**



**Colagem de Barbotina**



# Colagem de Barbotina

**Prensagem simples:** pisos e azulejos

**Prensagem isostática:** vela do carro

**Extrusão:** tubos e capilares, tijolos baianos

**Injeção:** pequenas peças com formas complexas e rotor de turbinas

**Colagem de barbotina:** sanitários, pias, vasos, artesanato

**Torneamento:** xícaras e pratos

**Exemplos**



**Extrusão (principal), prensagem úmida, tornearia de vasos**



**Prensagem seca e úmida, extrusão, colagem, modelagem artística**

**Mais indicados**

Na secagem ocorre **perda de massa** e retração pela **remoção gradativa de umidade**

A peça seca pode passar por uma etapa de acabamento:

- acabamento **superficial** e montagem das peças (por exemplo, asas das xícaras)
- aplicação de **esmaltes** ou vidrados

# **Secagem das Peças**

**Secagem** remove água (< **100°C**) 24 h em peças grandes

**Ligantes** em temperaturas mais elevadas (**200-300°C**) para alguns hidrocarbonetos

Impurezas tais como o C e S combinam-se com o oxigénio (CO / CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>) e difundem-se para o exterior na **Calcinação**. Sem esta fase do tratamento térmico as peças podem inchar devido a formar-se inicialmente uma película exterior (primeira a sinterizar) dura e não porosa que impede a difusão dos gases para o exterior

# Secagem das Peças



**Secagem das Peças**

As peças são **queimadas** geralmente entre **900°C e 1400°C**. Esta temperatura depende da **composição da peça** e das **propriedades desejadas**

Durante a queima ocorre um **aumento da densidade** e da **resistência mecânica**

# **Queima das Peças**



# Queima das Peças

## **Eliminação do material orgânico**

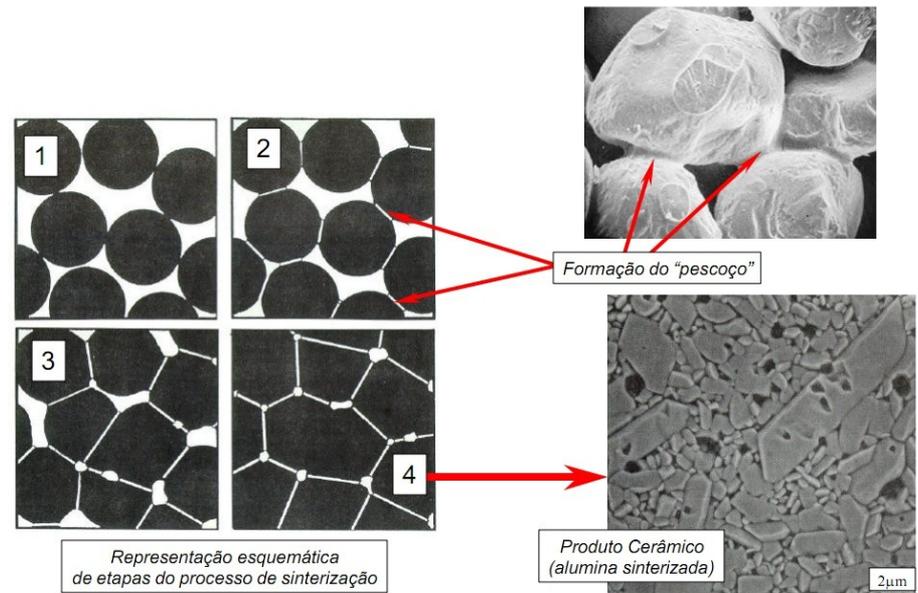
(dispersantes, ligantes, material orgânico nas argilas)

Decomposição e **formação de novas fases** de acordo com o diagrama de fases (formação de alumina, mulita e vidro a partir das argilas)

**Sinterização** (eliminação da porosidade e densificação)

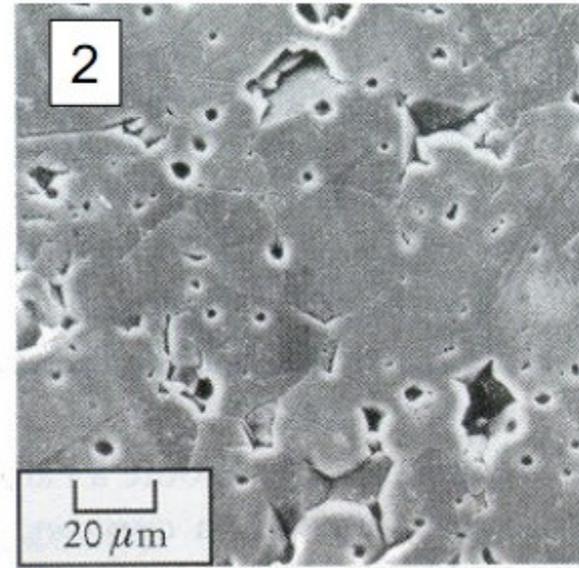
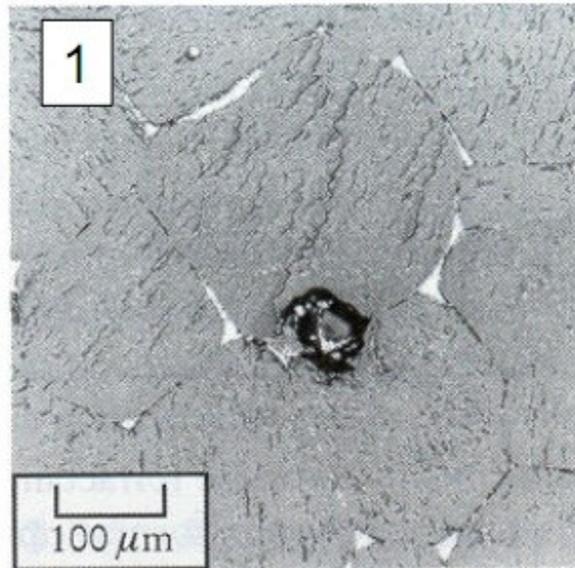
# **Fenômenos na Queima**

Processo pelo qual **pequenas partículas** de material são **ligadas** umas às outras por **difusão** no estado sólido  
O potencial para a sinterização é a **diminuição da quantidade de superfície** por unidade de volume



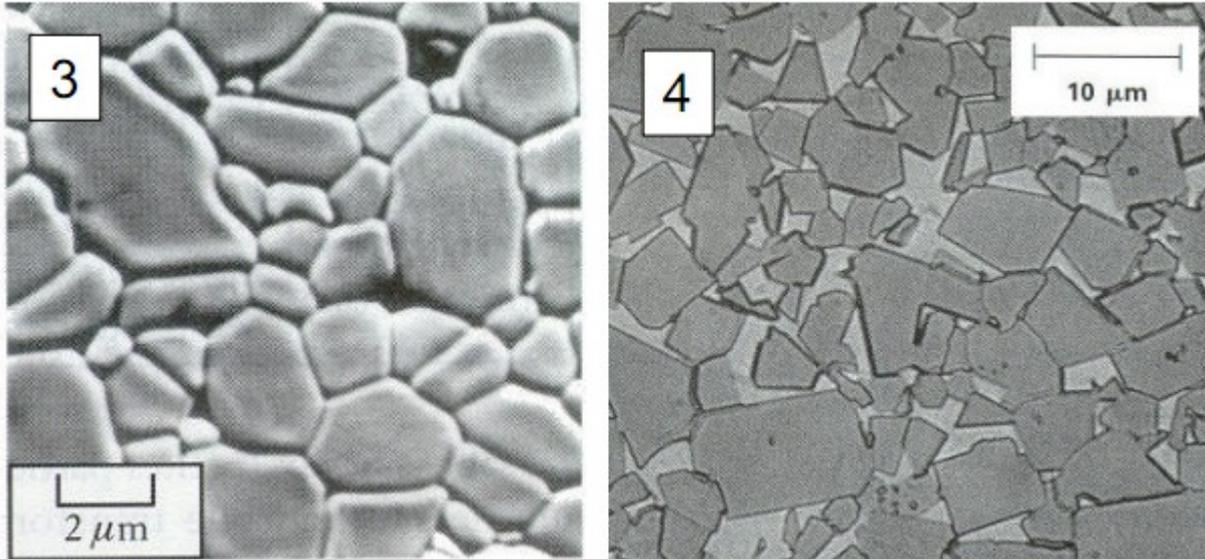
# Sinterização

1. Tijolo refratário. Podem ser observados: entre os grãos, a presença de fase vítrea; um poro, no meio da foto
2. Alumina (98%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) utilizada como isolante elétrico. Os poros na microestrutura podem ser observados



# Microestruturas

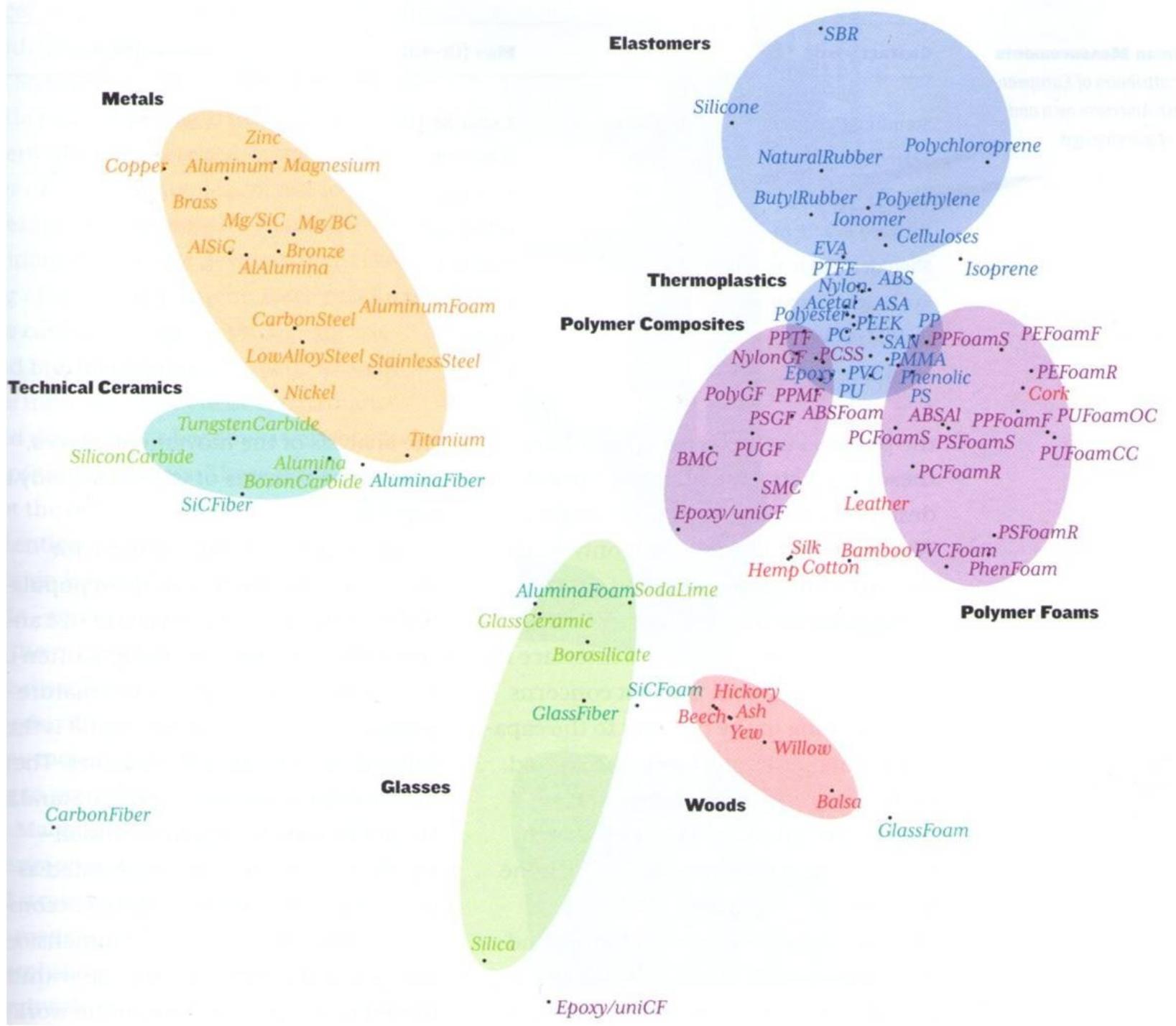
3. Alumina densa (99,7%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), com grãos finos
4. Peça para uso em alta temperatura e condição de alta resistência ao desgaste, em WC-Co, mostrando a presença de fase líquida entre os grãos



# Microestruturas

# **Cerâmicas Avançadas**

# Classificação



| CARACTERÍSTICA | AVANÇADAS              | TRADICIONAIS              |
|----------------|------------------------|---------------------------|
| MATÉRIA PRIMA  | SINTÉTICA              | NATURAL                   |
| PARTÍCULAS     | 1,0 $\mu\text{m}$      | 0,5 – 1.000 $\mu\text{m}$ |
| TIPO DE PÓ     | ALTAMENTE CONTROLADO   | POUCO CONTROLADO          |
| CONFORMAÇÃO    | ALTAMENTE CONTROLADA   | POUCO CONTROLADA          |
| SINTERIZAÇÃO   | SEM FASE VÍTREA        | COM FASE VÍTREA           |
| ANÁLISE        | MICROSCOPIA ELETRÔNICA | MICROSCOPIA ÓPTICA        |
| RESISTÊNCIA    | 1 – 1.000              | 1                         |
| CUSTO          | 10 – 10.000            | 1                         |

**Avançadas x Trad.**

As **matérias primas** são **muito mais caras**, porque tem **qualidade** muito melhor controlada (**controle** do nível de impurezas é **crítico**)

Os **processos** de fabricação desses materiais **podem diferir muito** daqueles das cerâmicas **tradicionais**

As **aplicações** são baseadas em **propriedades** mais **específicas**

# Características

**Alta resistência**

**Alta leveza**

**Resistência a corrosão**

**Resistência em altas  
temperaturas**

**Características especiais**

**Características**

# Elétricas

sensores de temperatura (NTC, PTC)

ferroelétricos (capacitores, piezoelétricos)

varistores (resistores não lineares)

dielétricos (isolantes)

# Mecânicas e térmicas

**Químicas** (sensores de gases e vapores)

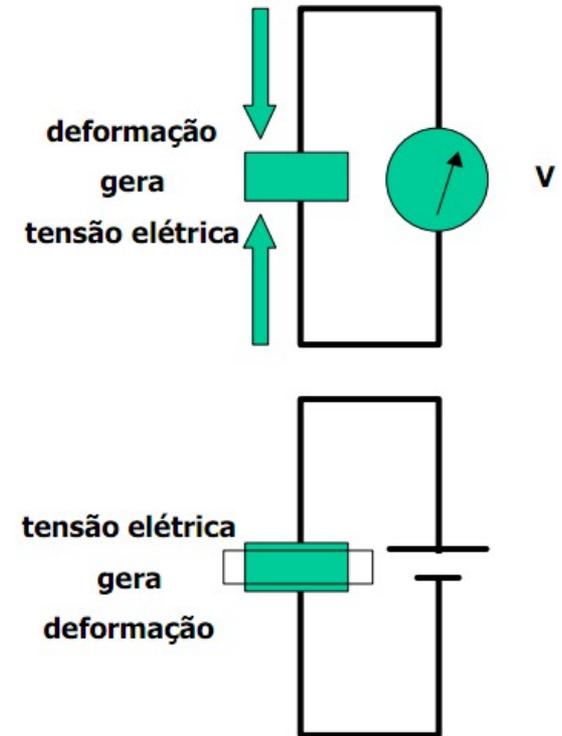
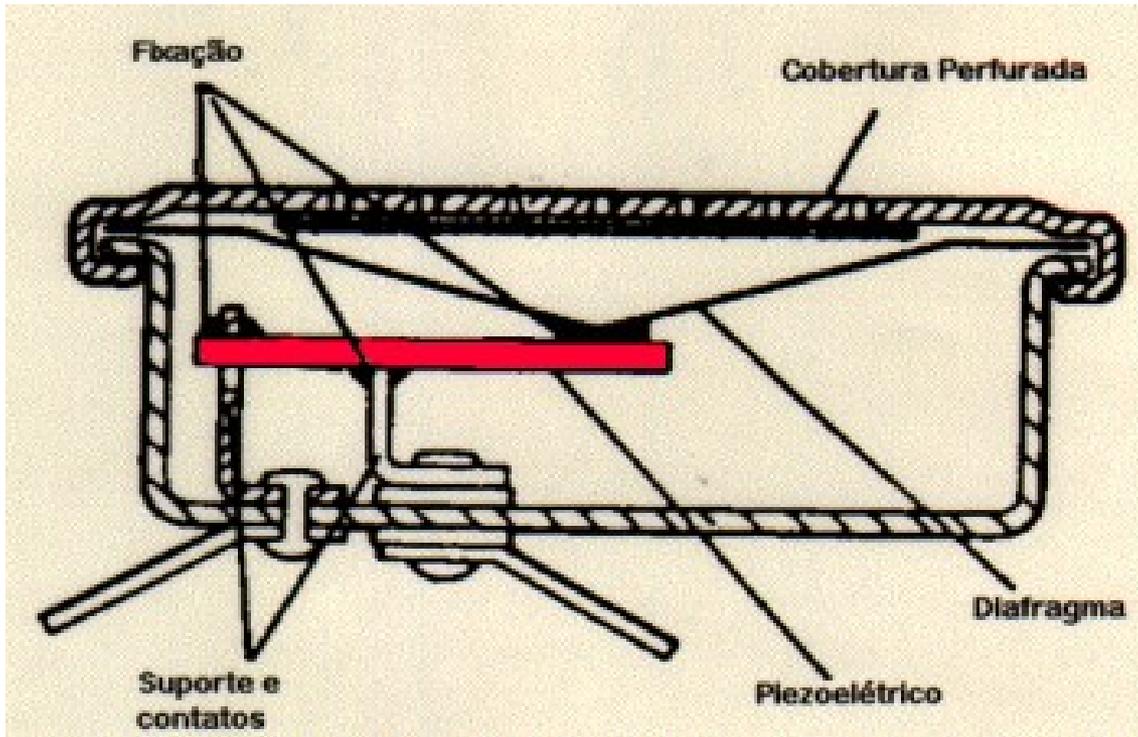
**Magnéticas**

**Ópticas**

**Biológicas**

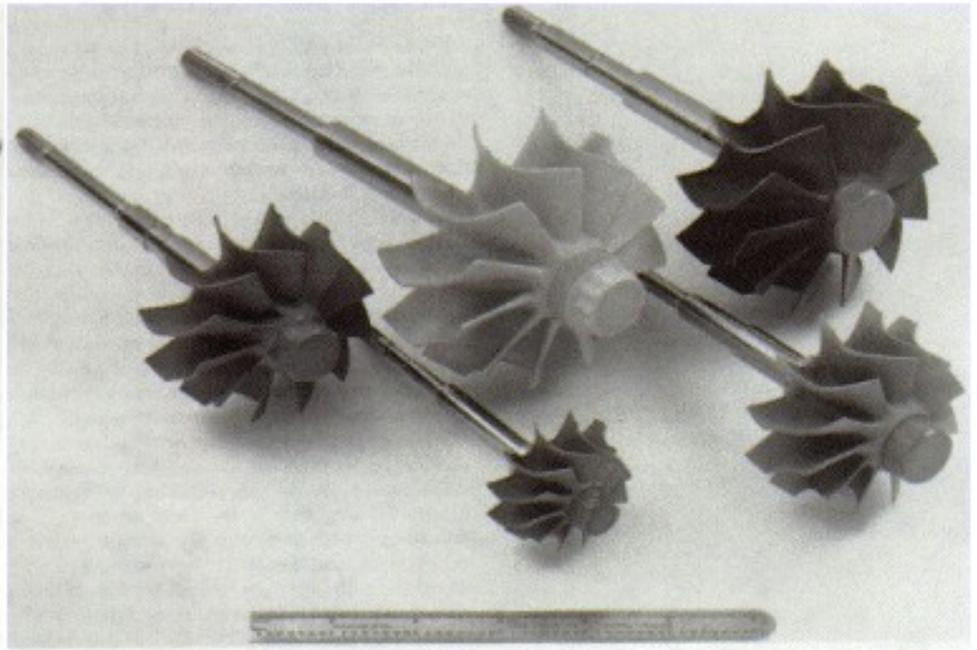
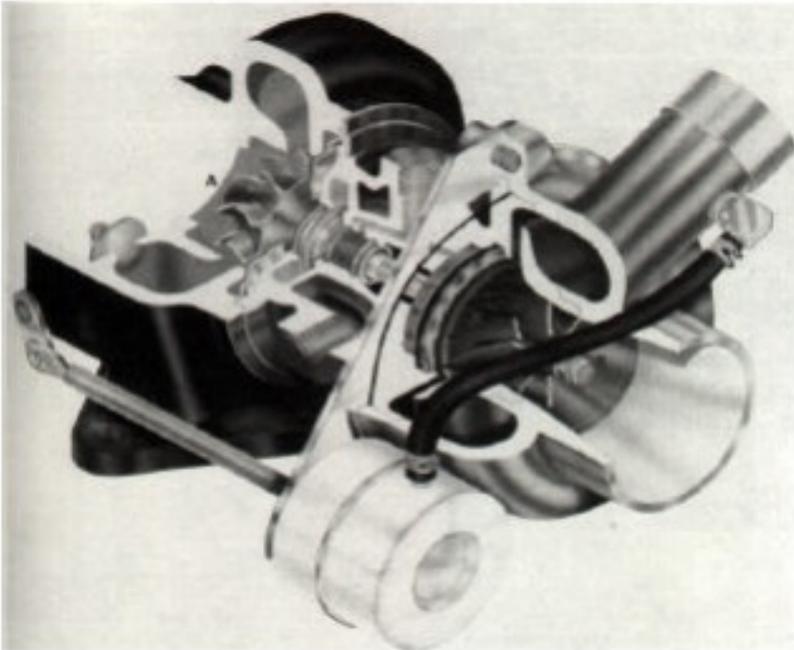
# Aplicações

# Função Elétrica: Material Piezoelétrico - Microfone



# Exemplo

# Função Mecânica e Térmica: Ferramentas de corte



**Exemplo**

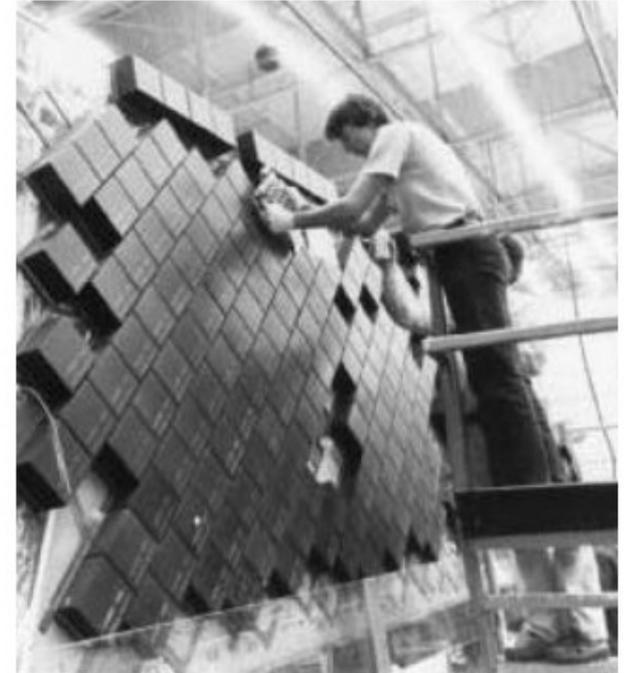
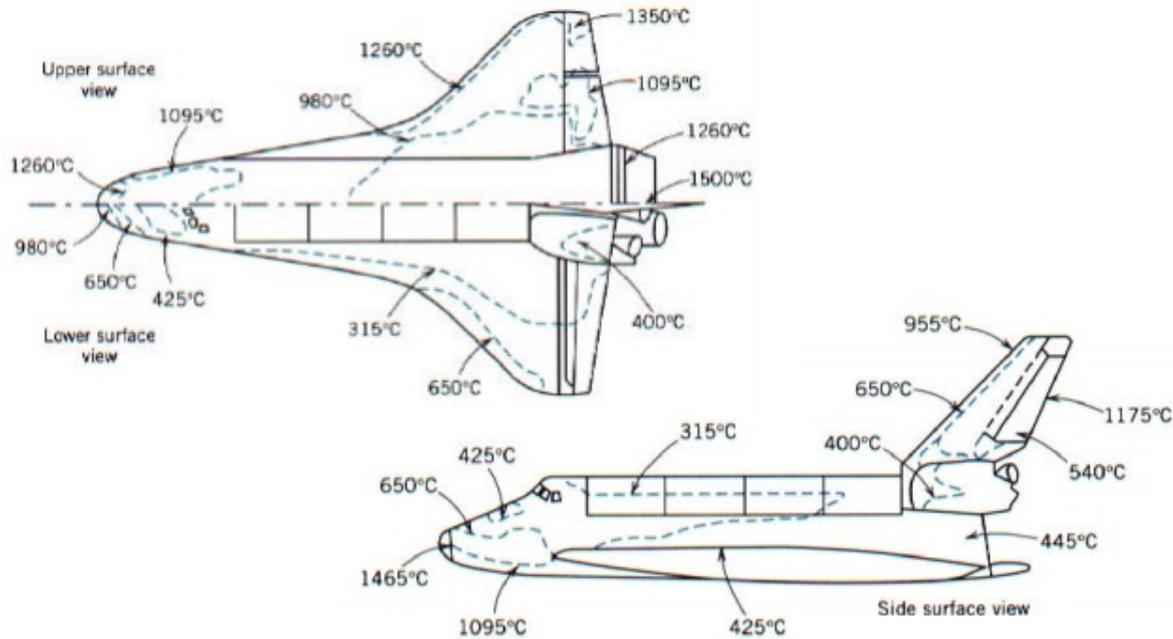
# Função Mecânica e Térmica: Resistência Mecânica



**Exemplo**

# Função Mecânica e Térmica:

Materiais resistentes em temperaturas elevadas



# Exemplo

## Função Mecânica e Térmica:

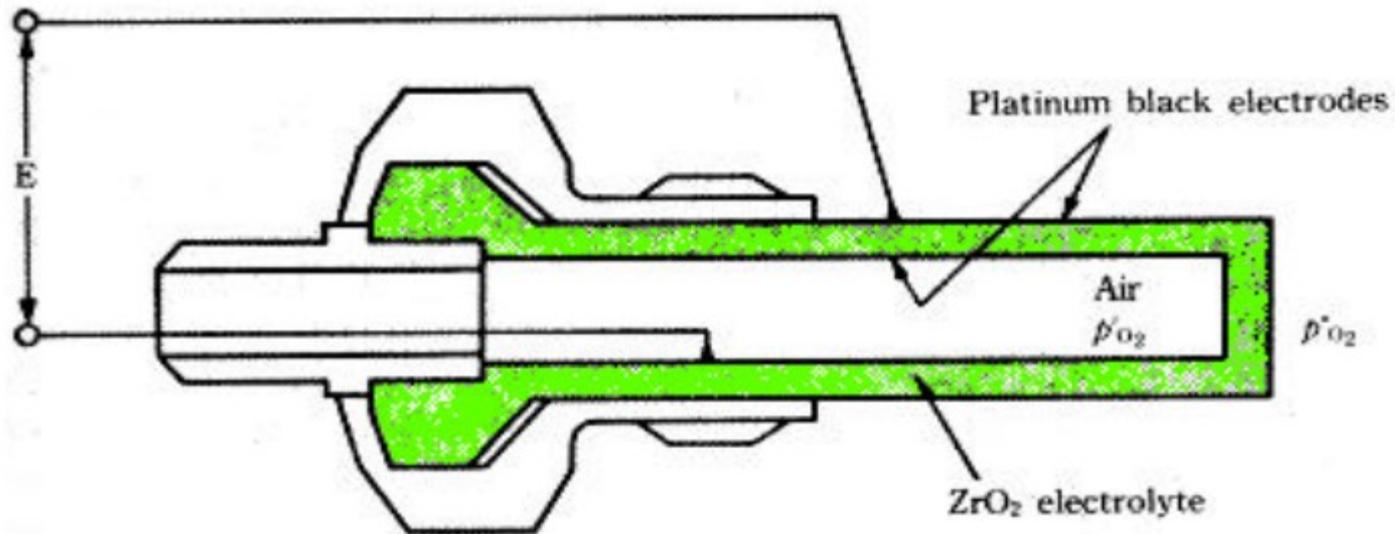
Materiais resistentes em temperaturas elevadas



**Exemplo**

# Função Química:

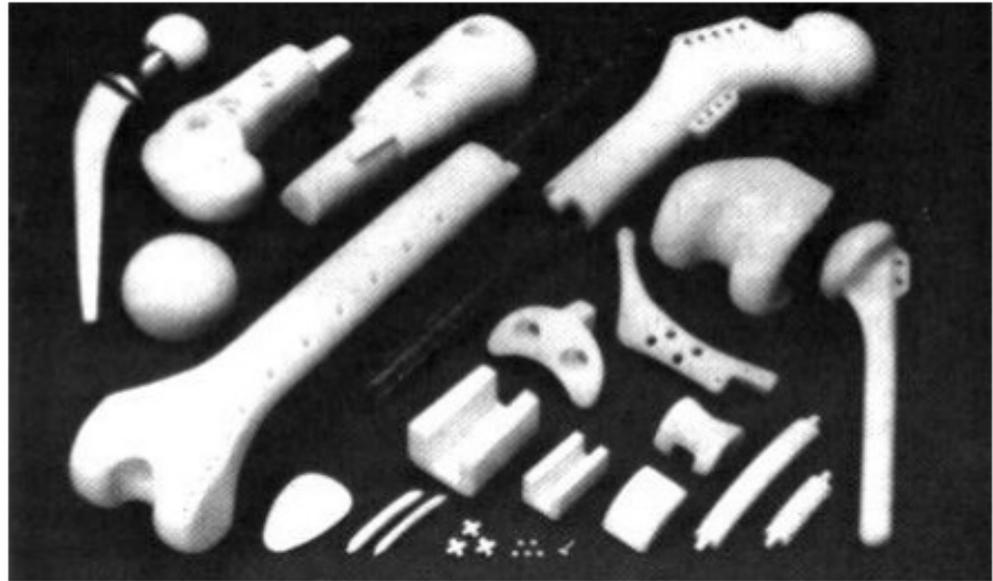
## Sensores de gases



**Exemplo**

## Função Biológica:

Ossos artificiais, dentes e juntas:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (bio-inerte) e hidroxiapatita (bio-ativa)



**Exemplo**



**BERU**



**Rado**



**Kyocera**

Possui excelente transmissão de luz e elevada resistência à corrosão e foi patenteada em 1961 pela General Electric. Dentro do invólucro encontrava-se vapor de sódio a elevada pressão, o qual, naquela altura, possuía **maior eficácia na produção de luz (105 lumens/watt)** do que qualquer outra lâmpada do espectro (**18 lumens/watt para uma lâmpada normal**)



**Lucalox**



**Kyocera**



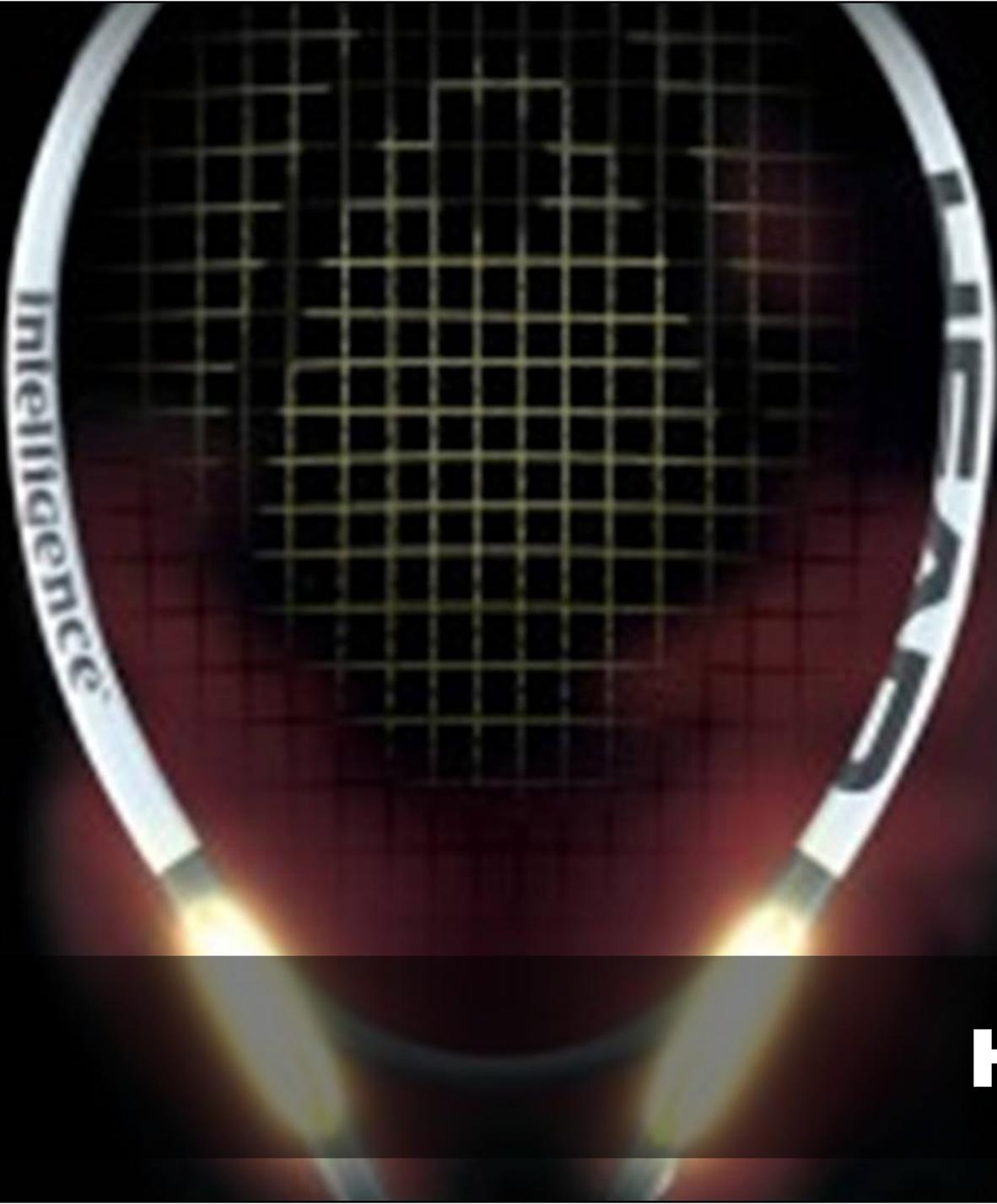
**Kyocera**



**Slice**



**Kuppertsbusch**



**Head**

A close-up photograph of a mechanical assembly, likely a bearing or gear set. The components are coated with a white, textured material, identified as Silicon Nitride. The background is a metallic surface with various circular features and a small black knob. The text is overlaid on a white box in the lower right quadrant.

Em comparação ao aço:  
80% menos fricção  
3x mais duro  
60% mais leve

**Silicon Nitride**

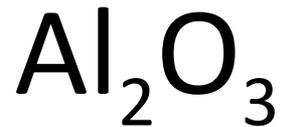
**Vidros**

**Material cerâmico** transparente  
geralmente obtido com o  
resfriamento de uma massa líquida  
à base de **sílica**. São considerados  
líquidos super resfriados

**Definição**

**Principal óxido:**  $\text{SiO}_2$  (óxido de silício)

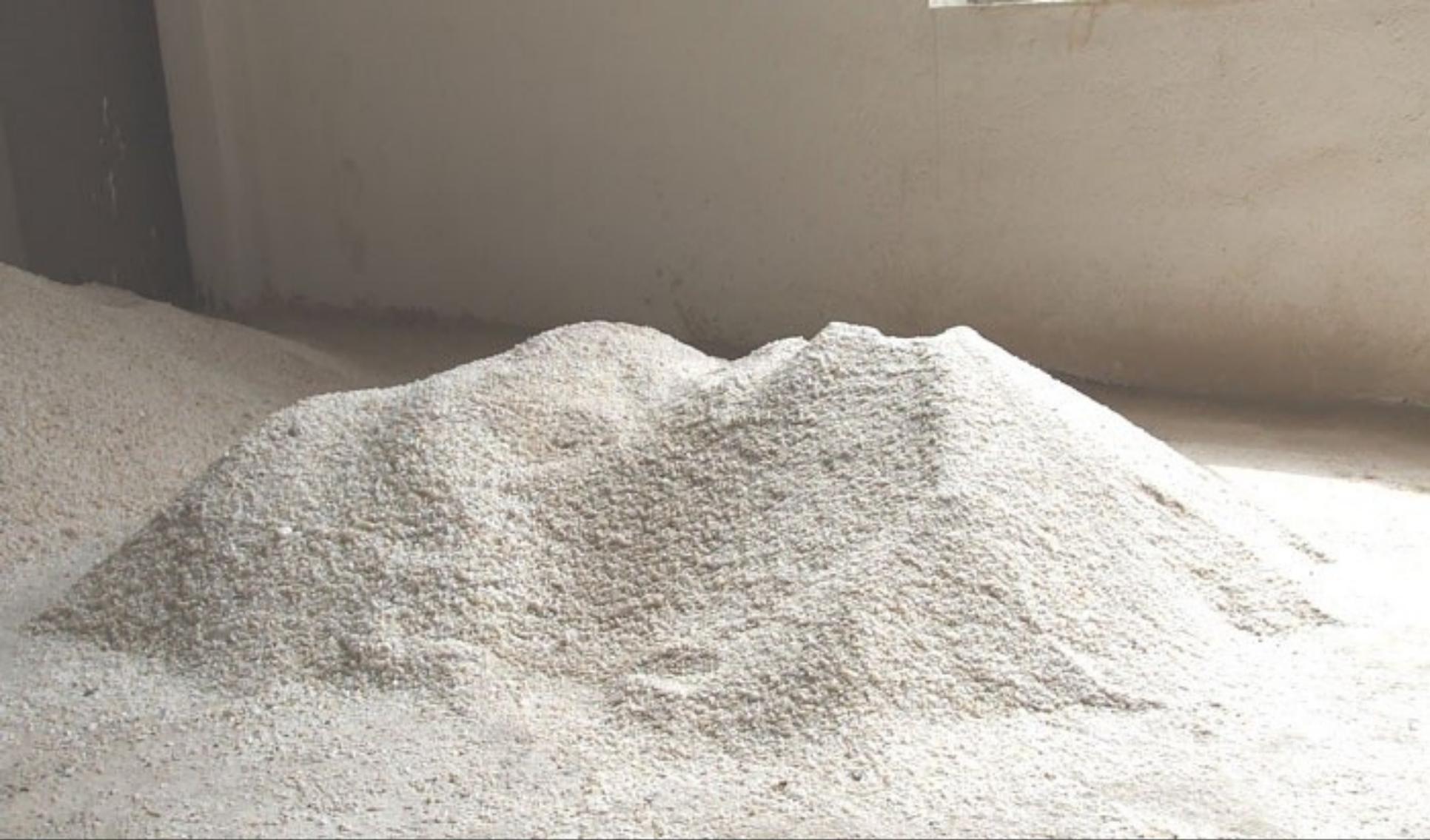
**Outros óxidos:**  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e



**Composição Química**

É o óxido de silício (**SiO<sub>2</sub>**). Em seu estado natural, principal componente da **areia**, pode ser encontrado em 17 formas cristalinas distintas, entre elas o **quartzo**, o **topázio** e a **ametista**

**Sílica**



**Sílica**

**Não ocorre cristalização** (ordenação dos íons em uma estrutura cristalina) durante o resfriamento

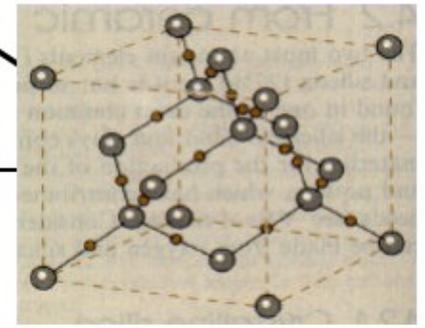
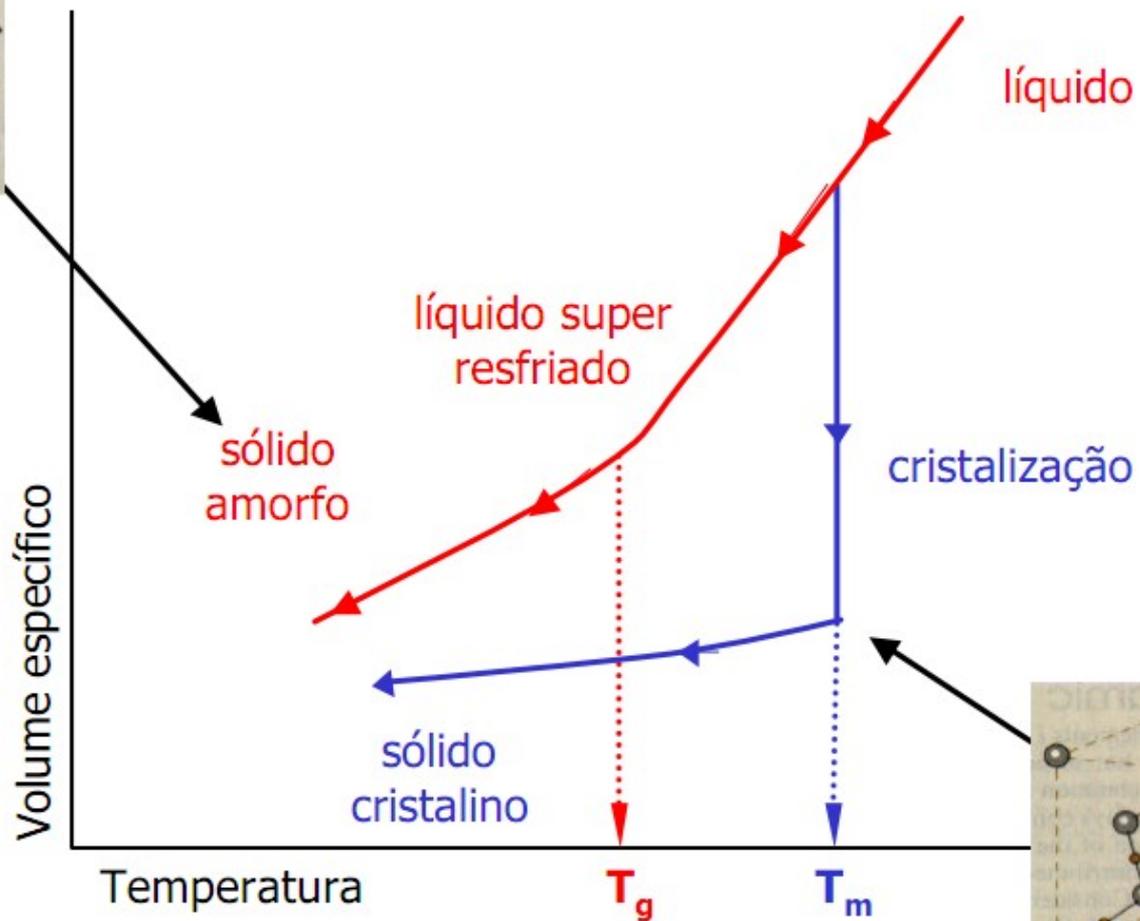
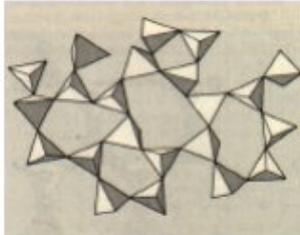
Quando o líquido é **resfriado**, aumenta a sua **viscosidade** (e diminui o seu **volume**) até que a viscosidade aumente tanto que o material começa a apresentar o comportamento mecânico de um **sólido**

**Não** existe uma temperatura de **fusão cristalina**, mas uma **temperatura de transição vítrea** ( $T_g$ )

**Propriedades**

A **temperatura de transição vítrea** é definida como a temperatura (cerca de  $1.300^{\circ}\text{C}$ ) que separa o comportamento **sólido** do **líquido** em um sólido amorfo como o vidro

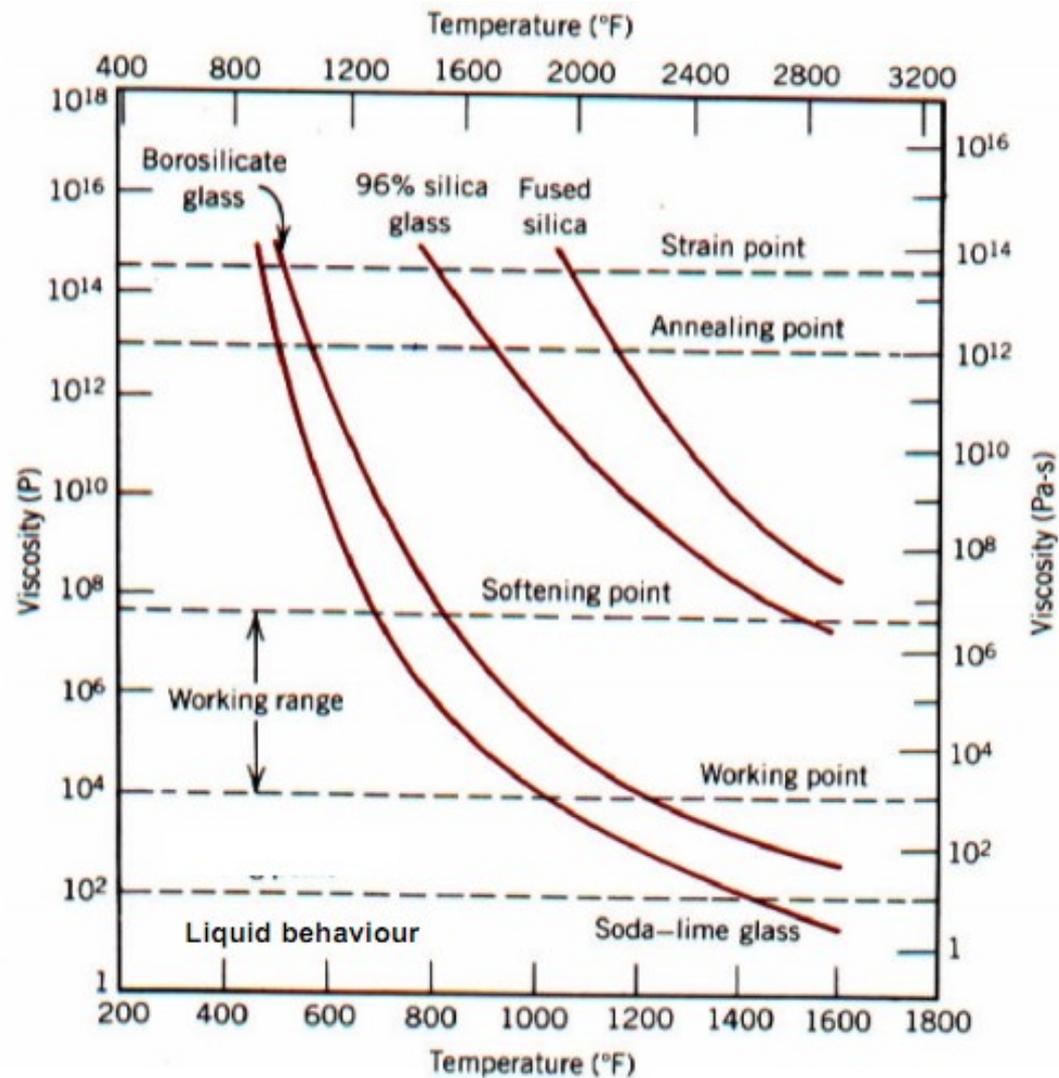
**Temp. de transição**



$T_g$   $\Rightarrow$  temperatura de transição vítrea

$T_m$   $\Rightarrow$  temperatura de fusão cristalina

**Volume específico = f(T)**



**Viscosidade x Temp.**

- 1. Reciclabilidade**
- 2. Menor** resistência a altas **temperaturas** que as outras cerâmicas (de 300 a 400° C)
- 3. Transparência** (permeável à luz)
- 4. Dureza e Fragilidade**
- 5. Ótimo isolante elétrico**
- 6. Baixa** condutividade **térmica e elétrica**
- 7. Recursos** abundantes na **natureza**
- 8. Durabilidade**
- 9. Inerte** quimicamente
- 10. Impermeável**

**Carac. Físicas**

A maior parte dos vidros industriais comuns são compostos de:

**72% de Areia** (óxidos e carbonatos de silício, cálcio e sódio)

**11% Calcário**

**14% Carbonato de sódio** (barrilha ou soda)

**2% Alumina**

**1% Corantes**

**Matéria-prima**

De **puro incolor** até em **infinitas cores**  
Desde uma **leve tonalidade** até a **total**  
**opacidade**

O vidro é o **único material** que possibilita a  
**visualização** do produto que ele contém,  
ao mesmo tempo em que o **protege**  
**contra radiações** que o deteriorariam

**Cor do Vidro**

Além da **função estética**, a cor do vidro tem também uma **função utilitária**.

Dependendo dos elementos na composição do vidro, este **filtra a luz**, deixando passar alguns raios e retendo outros. Ex: **garrafas âmbar** para **cerveja** ou **verde** para o **vinho**, pois estes vidros impedem a passagem de certas radiações (ultravioleta), que estragariam os produtos

# Cor do Vidro

**Sílica + CaO e carbonato de sódio**

**Sílica + óxido de boro**

**Sílica de alta pureza**

**Sílica + óxido de chumbo**

**Matéria-prima**

# **Sílica-Cal-Soda:**

Baixa temperatura de derretimento

Facilidade de sopro e molde

Baixo custo

Ópticamente puro (não se verde ou marron...)

**Sílica-Cal-Soda**



**Sílica-Cal-Soda**

# **Boro-silicato:**

CaO substituído B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Ponto de derretimento mais alto

Maior dificuldade de se trabalhar

Menor coeficiente de expansão

Maior resistência ao choque térmico

Nome comercial: pirex

**Boro-silicato**



**Boro-silicato**



**Boro-silicato**

# “Silica Glass”

Alta **transparência**

Quase **SiO<sub>2</sub> puro**

Muito **alta temperatura de derretimento**

**Dificuldade** de se **trabalhar**

Muito **mais resistência** ao **choque térmico**  
e a altas **temperaturas**

**Sílica de alta pureza**



**Sílica de alta pureza**

| tipo de vidro         | composição (% em massa) |                   |     |                                |                               |                             | características e aplicações  |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|-----|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|
|                       | SiO <sub>2</sub>        | Na <sub>2</sub> O | CaO | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | outros                      |   |
| sílica fundida        | > 99,5                  |                   |     |                                |                               |                             | alta temperatura de fusão, baixo coeficiente de expansão térmica (resistente ao choque térmico) |
| 96% de sílica (Vycor) | 96                      |                   |     |                                | 4                             |                             | resistente ao choque térmico e ao ataque químico - material de laboratório                      |
| borosilicatos (Pyrex) | 81                      | 3,5               |     | 2,5                            | 13,0                          |                             | resistente ao choque térmico e ao ataque químico - artigos de cozinha                           |
| embalagem             | 74                      | 16                | 5   | 1                              |                               | 4 MgO                       | baixo ponto de fusão, facilmente moldado, durável   |
| fibra de vidro        | 55                      |                   | 16  | 15                             | 14                            | 4 MgO                       | facilmente transformado em fibras- compostos polímeros - fibras de vidro                        |
| vidro óptico (flint)  | 54                      | 1                 |     |                                |                               | 37PbO<br>8 K <sub>2</sub> O | facilmente fabricado, resistente ao choque térmico, artigos de cozinha                          |

# Tipos de Vidros



**Vidro x Cristal**

**Vidro ≠ Vidro cristal ≠ Cristal mineral natural**  
(diamante e quartzo)

A **estrutura** molecular de ambos os materiais tem o **mesmo desenho**. O principal componente dos dois é a **areia**, ou **sílica** ( $\text{SiO}_2$ ). Os **outros ingredientes** é que variam

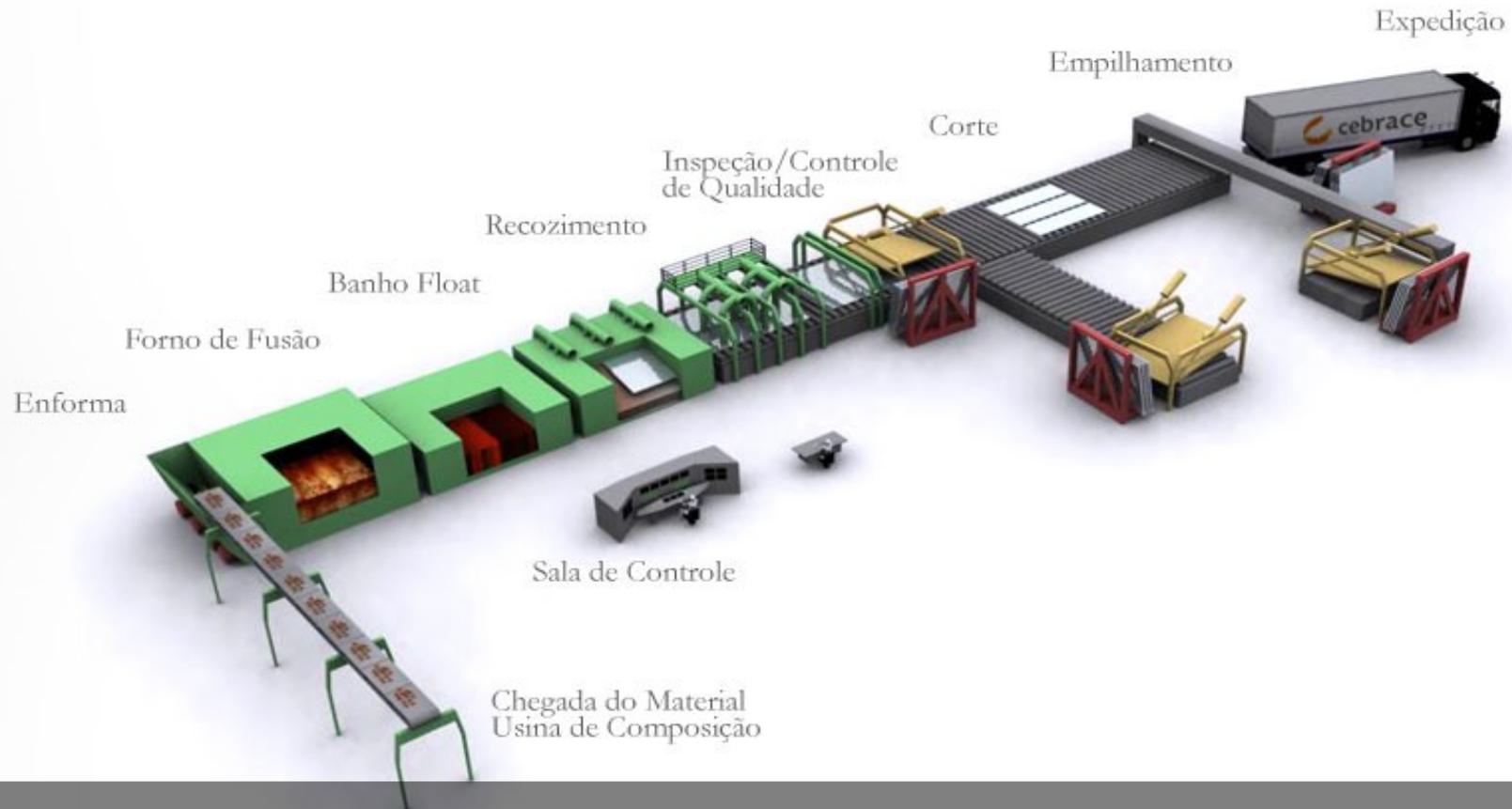
O **vidro comum** combina a **sílica** com **óxido de sódio** ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), **óxido de cálcio** ( $\text{CaO}$ ) e **óxido de alumínio** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). O **cristal** acresce à sílica apenas o **óxido de chumbo** ( $\text{Pb}_2\text{O}_3$ )

**Vidro x Cristal**

- 1. Recozido:** recozido refletivo
- 2. Temperado:** processo de **têmpera** que estabelece tensões nas zonas superficiais e correspondentes a altas tensões no centro (**externamente em compressão e internamente em expansão**)
- 3. Laminado:** um ou mais vidros intercalados com **polivinil butiral**

## **Classificação**

Processo pelo qual o vidro passa para alívio das tensões de processamento no final da sua fabricação.



# Vidro Recozido

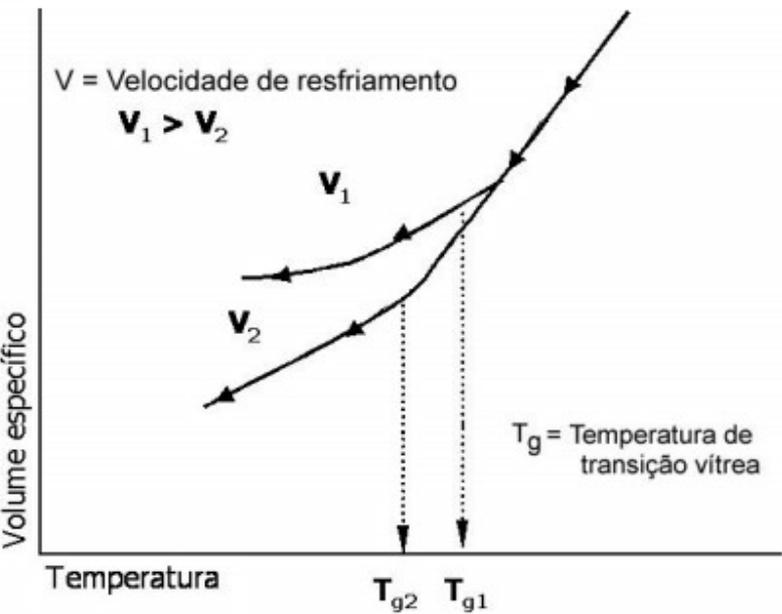
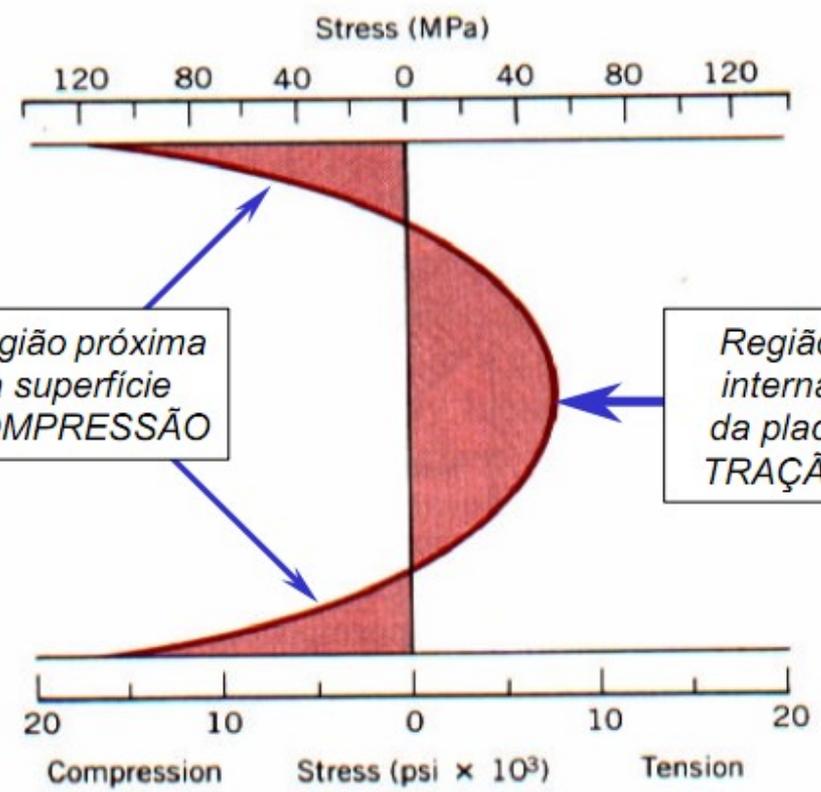
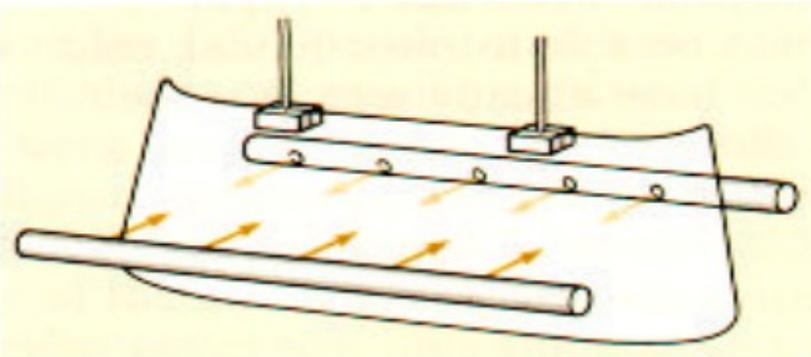
Processo de aquecimento e resfriamento graduais para  
**aumento** da resistência a **altas temperaturas**

O vidro temperado quando **fraturado** se fragmenta em  
**pequenos pedaços**, com arestas **menos cortantes**  
que o vidro comum

Tem resistência mecânica cerca de **quatro a cinco vezes**  
**superior** à do vidro comum

**Depois** de acabado, **não permite novos**  
processamentos de cortes, furos ou recortes

# Têmpera



*Distribuição de tensões residuais na seção transversal de uma chapa de vidro temperada em decorrência das diferentes velocidades de resfriamento da superfície e o núcleo*

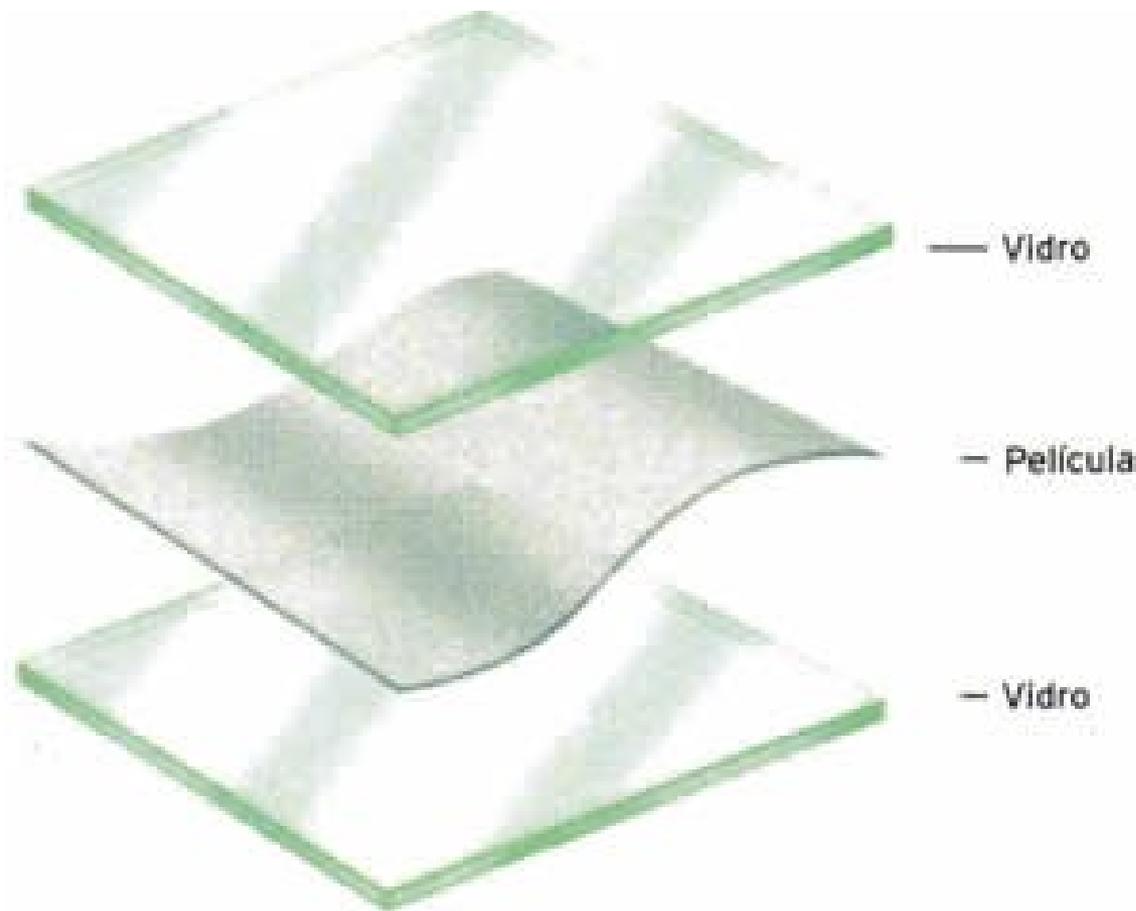
# Exemplo de Têmpera



**Vidro Temperado**



**Vidro Temperado**



# Vidro Laminado



**Vidro Laminado**

Uma das **matérias-primas** utilizadas na  
fabricação de **vidro laminado**

**Película plástica e elástica** aplicada **entre**  
**as chapas** de vidro

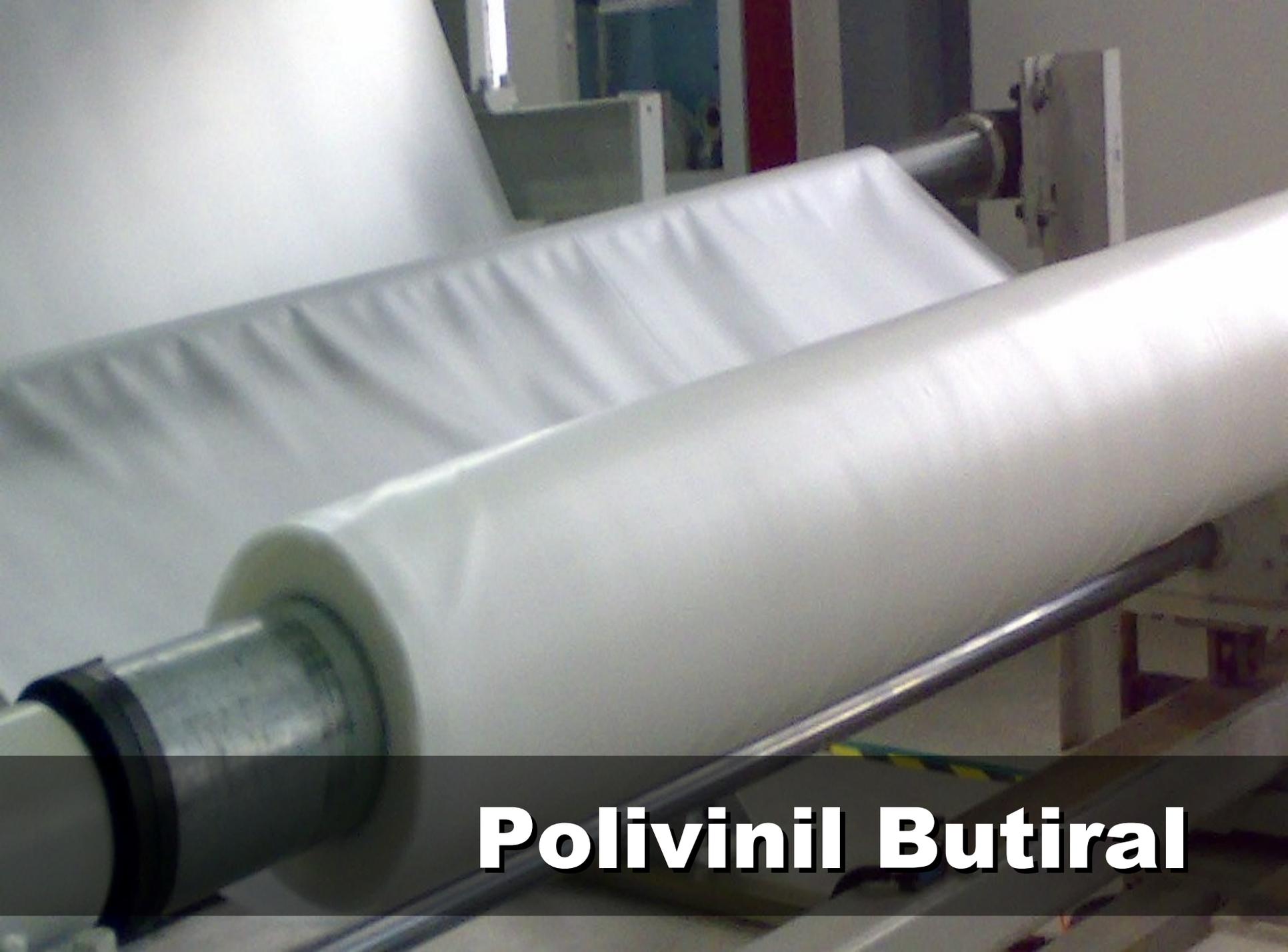
Em caso de quebra, **os cacos de vidro ficam**  
**presos ao PVB**, aumentando a segurança

Disponível em **diversas cores** e **impressões**

**PVB (polivinil butiral)**



**PVB (polivinil butiral)**



**Polivinil Butiral**

**Melhor isolamento acústico,**  
devido ao efeito amortecimento  
entre as placas de vidro,  
**Bloqueio de 99%** dos  
**raios UV** transmitidos

**Vidro Laminado**

**Reciclagem**



# Reciclagem

**Derretimento**

**Moagem**

**Processos Básicos**

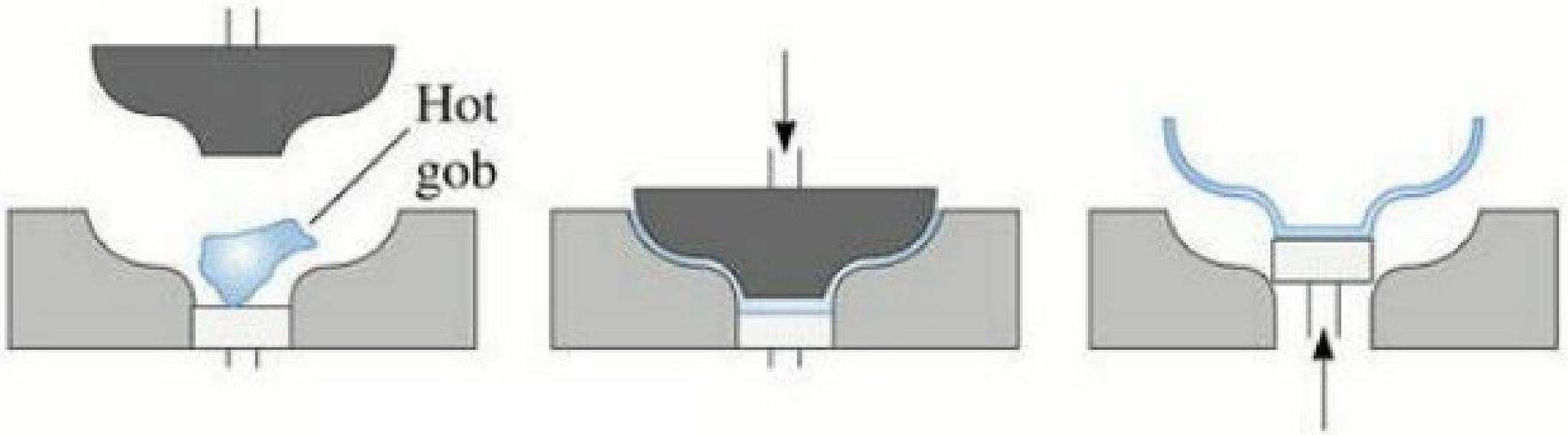
Processo mais comum e mais conhecido, requer menor energia para a fundição. Nesse processo o vidro é **rederretido** e é muito utilizado em escala industrial

**Derretimento**

Na moagem o vidro moído pode ser **adicionado ao cimento** como reforço, eliminando a necessidade de adição de componentes agregados. Nesse processo, o vidro é moído ou quebrado em cacos. Porém, sua utilização no cimento tem exigido maiores **pesquisas** para determinar o grau da reação álcali-agregado, pois o vidro é composto por sílica que pode reagir ao cimento em meio aquoso, comprometendo a **qualidade do concreto**

# Moagem

**Processos**



# Prensagem



**Prensagem**



**Prensagem**



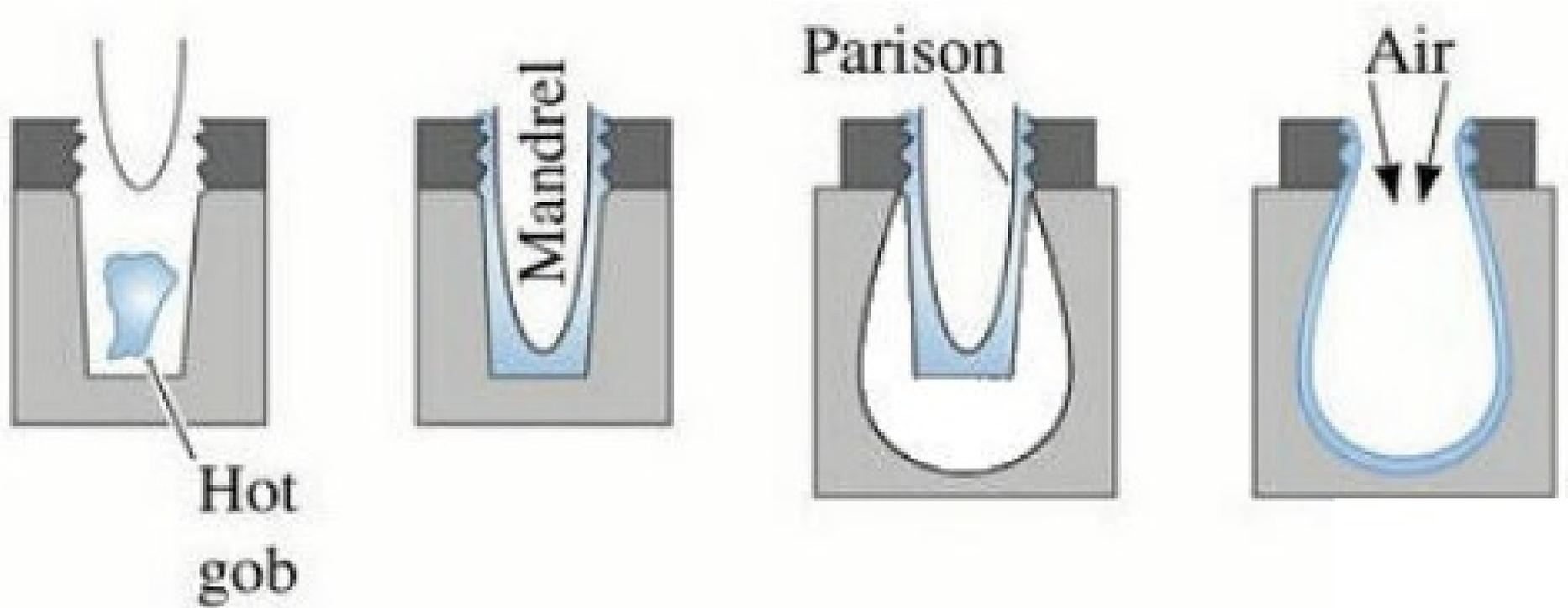
**Prensagem**



**Prensagem**



**Prensagem**



# Prensagem + Sopro



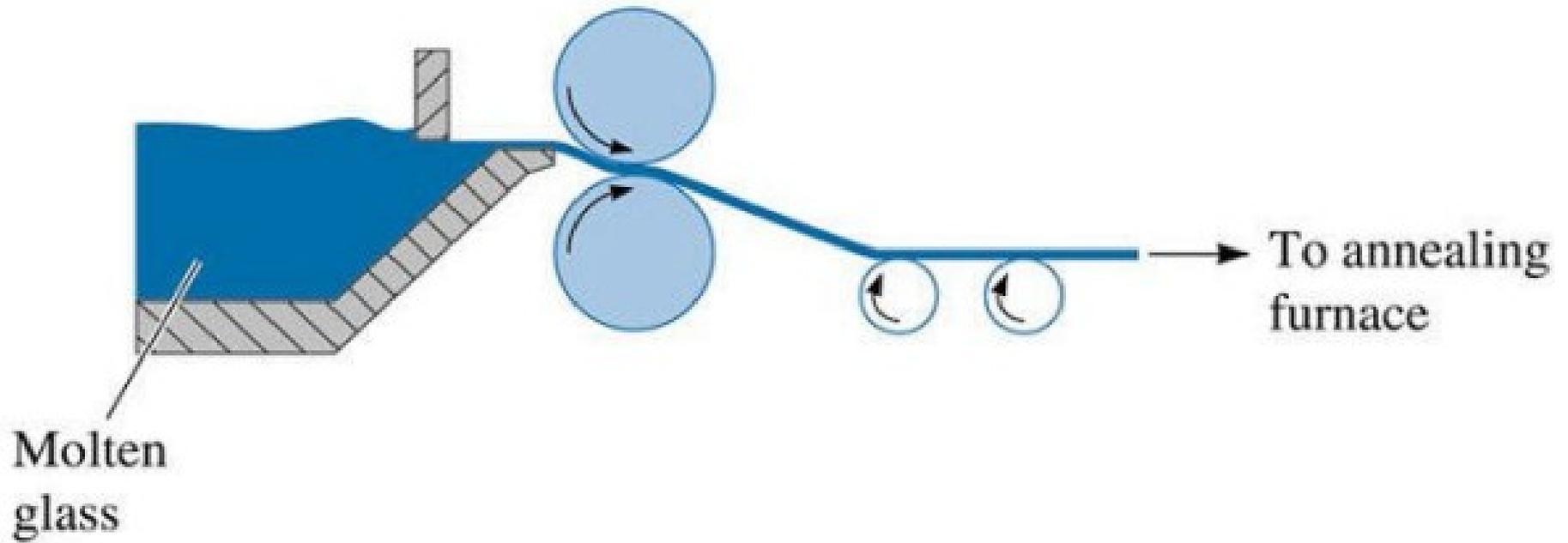
**Sopro**



**Prensagem + Sopro**

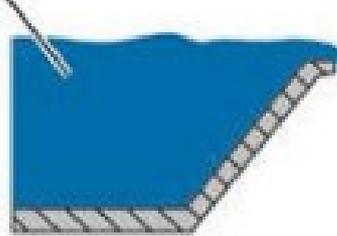


**Prensagem + Sopro**

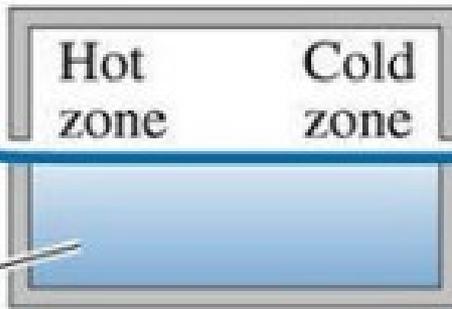


# Laminação

Molten glass



Liquid tin



To annealing furnace

# Float Glass

**Flutuar vidro derretido em estanho** também **derretido** consegue produzir vidro quase **tão plano** quanto suas placas prensadas e polidas, a uma **espessura econômica** e em **grandes quantidades**, em um **processo contínuo**

Pode produzir **folhas delgadas, sem irregularidades na superfície**, e ainda, **chapas mais grossas com melhor acabamento** do que o produto desgastado

**Float Glass**



**Float Glass**

# **Fibra de Vidro**

Pode tanto referir-se à **própria fibra** como ao **material compósito polímero reforçado com fibra de vidro** (PRFV), que é popularmente conhecido pelo mesmo nome. É um **material composto** da **aglomeração de finíssimos filamentos de vidro**, que não são rígidos, **altamente flexíveis** e **resina poliéster** (ou outro tipo de resina

# Fibra de Vidro

A indústria produz e utiliza **dois tipos básicos** de Fibras de Vidro:

- 1. Lã de Vidro** com aplicações como **isolante térmico e acústico**
- 2. Fiberglass** que é constituído de filamentos de pequenos diâmetros, é da maior importância industrial como **elemento de reforço** de resinas plásticas, originando uma nova família de materiais de engenharia

# Tipos de Fibra de Vidro

**Baixo custo** de ferramental e equipamentos

**Alta resistência** à tração, flexão e impacto,  
sendo muito empregados em aplicações  
estruturais

**Não conduz corrente elétrica**, sendo  
utilizado também como **isolante estrutural**

**Propriedades**

**Não enferruja** e tem excepcional **resistência a ambientes** altamente agressivos aos materiais convencionais

A **resistência química** é determinada pela **resina e construção** do laminado

**Custos de manutenção baixos** devido à alta inércia química e resistência às intempéries

**Propriedades**

Grande resistência o **corrosão**

Podem-se dimensionar peças em **vários**

**tamanhos**, sem emendas aparentes, **com**

**grande estabilidade**, com **contornos**

**variados e complexos**

Pode **substituir** várias peças de outros materiais

**Leve**, o peso específico do laminado é  $\pm 1,5\text{g/cm}^3$

# Propriedades



# **Tipos de Fibra de Vidro**

# Roving:

Pode ser usado na  
fabricação de Piscinas,  
Banheiras, Telhas,  
Caixas D'Água,  
Tubulações, Tanques,  
Perfis Estruturais



## Tipos de Fibra de Vidro

# Manta:

Utilizada na fabricação de Embarcações, Peças, Automobilísticas, Perfis, etc.



**Tipos de Fibra de Vidro**

# Fibra Picada:

Utilizada na fabricação de Termoplásticos e termofixos reforçados em geral



# Tipos de Fibra de Vidro

# Tecido:

Utilizado para fabricação  
de Embarcações,  
Tanques, Peças  
Automobilísticas, Perfis,  
etc



**Tipos de Fibra de Vidro**

Têm como **principal função colar e encapsular as fibras**, permitindo assim a **transferência de esforços** de uma fibra à outra

Servem também para **proteger as fibras da degradação** devido à exposição ao meio ambiente (umidade, radiação ultravioleta, ataque químico, abrasão e impactos)

**Resinas (ou Matrizes)**

Em um material compósito as resinas possuem as seguintes **propriedades estruturais** dominantes: **compressão, cisalhamento interlaminar e temperatura** de serviço

As resinas utilizadas nos materiais compósitos são classificadas em duas **categorias: termofixas e termoplásticas.**

**Resinas (ou Matrizes)**



**Resinas (ou Matrizes)**

A microscopic image showing a dense network of thin, tangled glass fibers. The fibers are light blue and appear as a complex web of fine, intersecting lines. The background is a darker, textured blue. At the bottom, there is a dark blue horizontal bar containing the text 'Fibra de Vidro' in white.

# **Fibra de Vidro**



# Fibra de Vidro

A modern, sculptural chair with a yellow upper shell and a green lower shell, made of fiberglass. It is positioned on a dark, textured floor with a metal grid structure in the background.

**Fibra de Vidro**



**Fibra de Vidro**



# Fibra de Vidro

| Fibra                                   | Tipo                     | Densidade g/cm <sup>3</sup> | Máxima Tensão MPa | Módulo de Young GPa | Alongamento até a falha % | Temp. de decomposição oC |
|---|--------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Vidro</b>                            | E-glass                  | 2,54                        | 3,0 - 3,8         | 75,8 - 80,7         | 4,5 - 4,9                 | 730                      |
|   | S-2 glass                | 2,48                        | 4,3 - 4,6         | 88,3 - 91,0         | 5,4 - 5,8                 | 850                      |
| <b>Carbono</b>                          | PAN-SM*                  | 1,8                         | 3,4 - 4,8         | 221 - 241           | 1,5 - 2,2                 | 3500                     |
|   | PAN-IM*                  | 1,8                         | 4,1 - 6,2         | 290 - 297           | 1,3 - 2,0                 |                          |
|   | PAN-HM*                  | 1,9                         | 4,1 - 5,5         | 345 - 448           | 0,7 - 1,0                 |                          |
|   | Pitch-LM*                | 1,9                         | 1,4 - 3,1         | 172 - 241           | 0,9                       | 3500                     |
|   | Pitch-HM*                | 2,0                         | 1,9 - 2,8         | 379 - 621           | 0,5                       |                          |
|   | Pitch-UHM*               | 3,8                         | 2,4               | 690 - 965           | 0,3 - 0,4                 |                          |
| <b>Aramida</b>                          | Twaron 1000              | 1,45                        | 3,1               | 121,3               | 3,7                       | 450                      |
|   | Kevlar 29                | 1,44                        | 3,6               | 82,7                | 4,0                       |                          |
|   | Kevlar 49                | 2,49                        | 3,6               | 130,3               | 2,8                       |                          |
|   | Kevlar 149               | 2,54                        | 3,5               | 185,5               | 2,0                       |                          |
| <b>Polietileno PE</b>                   | Spectra 900              | 0,97                        | 2,6               | 79,3                | 3,6                       | 150                      |
|   | 1000                     |                             | 3,1               | 100,7               | 3,3                       |                          |
|   | 2000                     |                             | 3,3               | 124,1               | 2,8                       |                          |
| <b>Polifenileno Benzobisoxazole PBO</b> | Zylon AS                 | 1,54                        | 5,8               | 180,0               | 3,5                       | 650                      |
|   | HM                       | 1,56                        | 3,6               | 270,3               | 2,5                       |                          |
| <b>Outras fibras cerâmicas</b>          | Boro                     | 2,58                        | 3,6               | 400                 | -                         | 2076                     |
|   | Carbeto de Silício (SiC) | 2,5 - 3,0                   | 2,5 - 6,2         | 186 - 428           | 0,7 - 2,2                 | 2300                     |
|   | Alumina-silica           | 3,05                        | 1,7 - 2,0         | 152 - 193           | 0,8 - 2,0                 | 760                      |
|   | α-alumina                | 3,4 - 4,1                   | 1,8 - 3,5         | 262 462             | -                         | 982                      |
|   | Quatzo                   | 2,17                        | 3,4               | 68,9                | 5,0                       | 1050                     |

SM = Standard Modulus  
LM = Low Modulus  
IM = Intermediate Modulus  
HM = High Modulus  
UHM = Ultra High Modulus

# Comparação de Fibras

