

Materiais Cerâmicos

- Cerâmicos – definição
- Classificação
- História dos cerâmicos
- Aplicações
- Processos de Fabrico

Materiais Cerâmicos - definição

Elementos metálicos e não-metálicos ligados por ligações covalentes e/ou iónicas. Podem ser compostos simples ou complexos

São geralmente:

- Duros
- Frágeis
- Isolantes térmicos/eléctricos
- Têm temperaturas de fusão altas
- Têm elevada estabilidade química
- Refractários
- Inorgânicos
- Não-metálicos

Classificação

Cerâmicos tradicionais:

- baseados em argila (plasticidade, moldagem), sílica (refractareidade) e feldspato (união dos diversos componentes)
- Cerâmicos estruturais (tijolos, telhas, etc.)
 - Louças e azulejos.
 - Refractários (revestimentos de fornos, etc.)

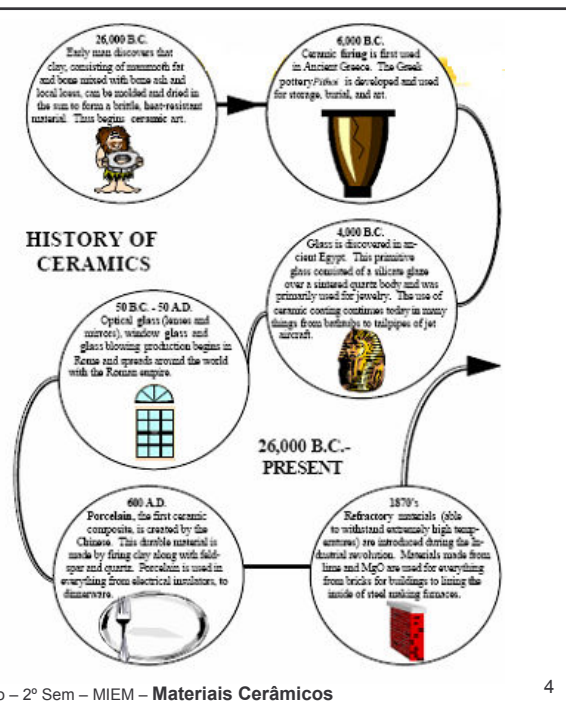
Cerâmicos técnicos (avançados):

- baseados em compostos puros – óxidos, nitretos, carbonetos, etc
- Aplicações muito diversas

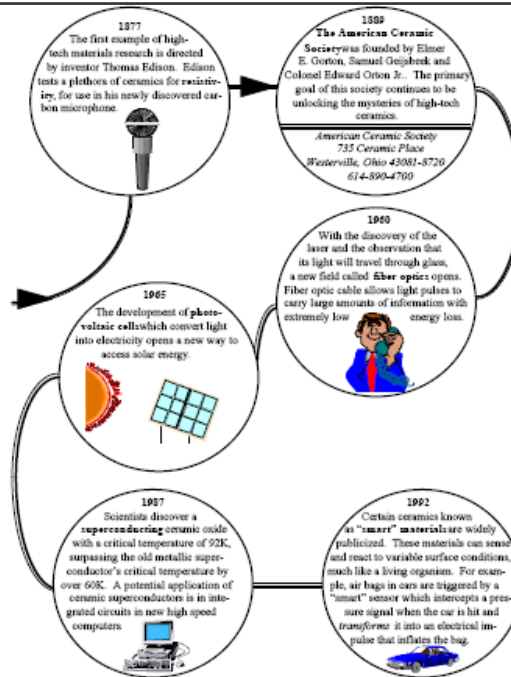
Vidros

- baseados em Sílica – SiO_2
- Aplicações muito diversas

História dos Materiais Cerâmicos



História dos Materiais Cerâmicos



Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **materiais Cerâmicos**

5

Aplicações genéricas

- Indústria aeroespacial
- Consumo
- Indústria automóvel
- Medicina
- Militar
- Computadores
- Telecomunicações



Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

6

Aplicações

Cerâmicos tradicionais



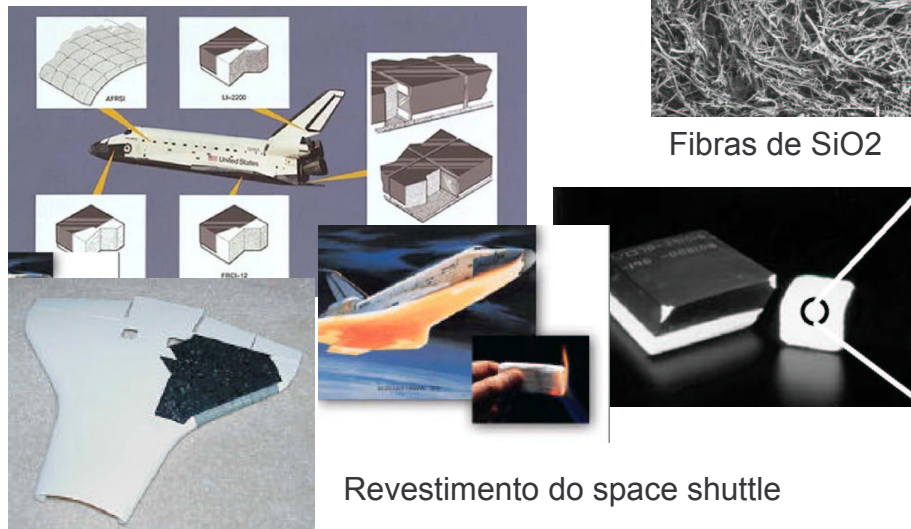
Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

7

Aplicações

Cerâmicos técnicos



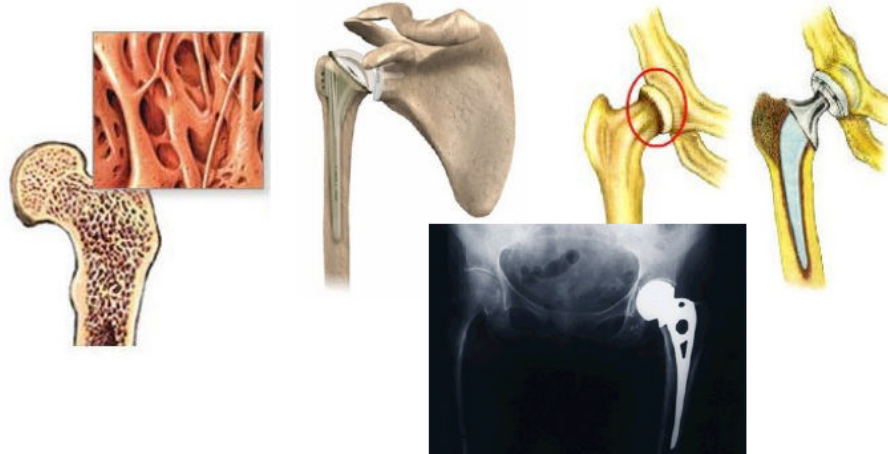
Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

8

Aplicações

Cerâmicos técnicos - Biomateriais



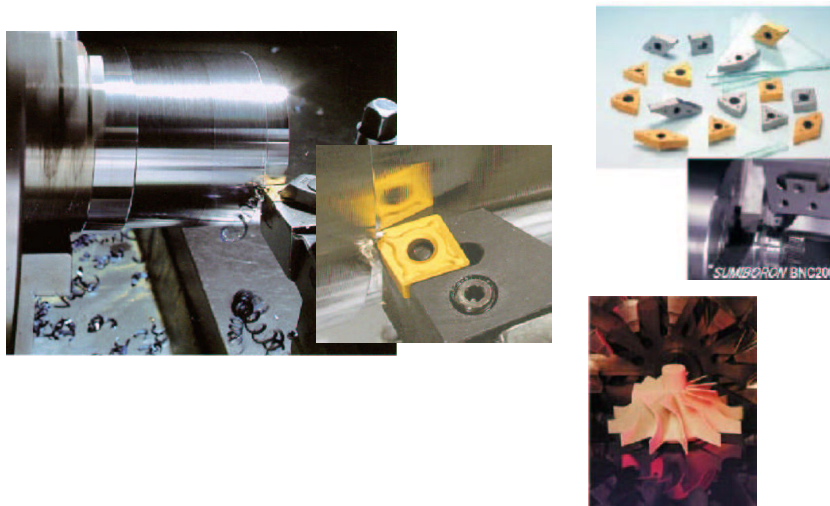
Teresa Duarte

CEM - 1ºAno - 2º Sem - MIEM - **Materiais Cerâmicos**

9

Aplicações

Cerâmicos técnicos - Ferramentas de corte



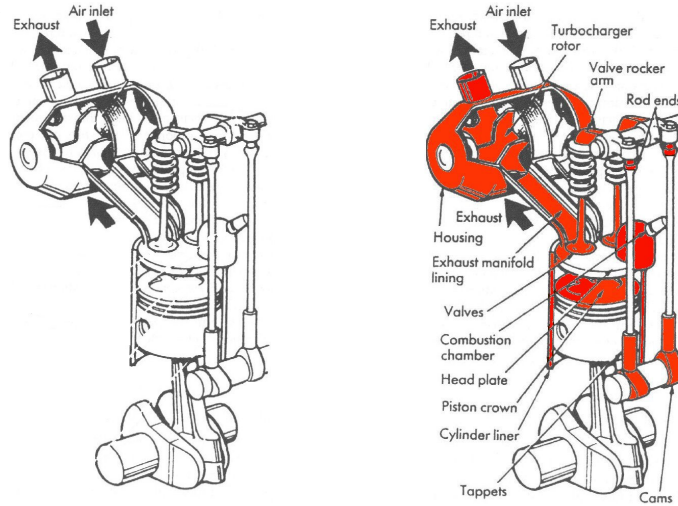
Teresa Duarte

CEM - 1ºAno - 2º Sem - MIEM - **Materiais Cerâmicos**

10

Aplicações

Utilização potencial de cerâmicos em motores de combustão interna

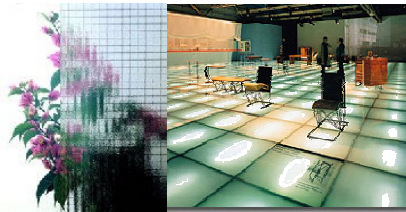


Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

11

Aplicações Vidro



Teresa Duarte

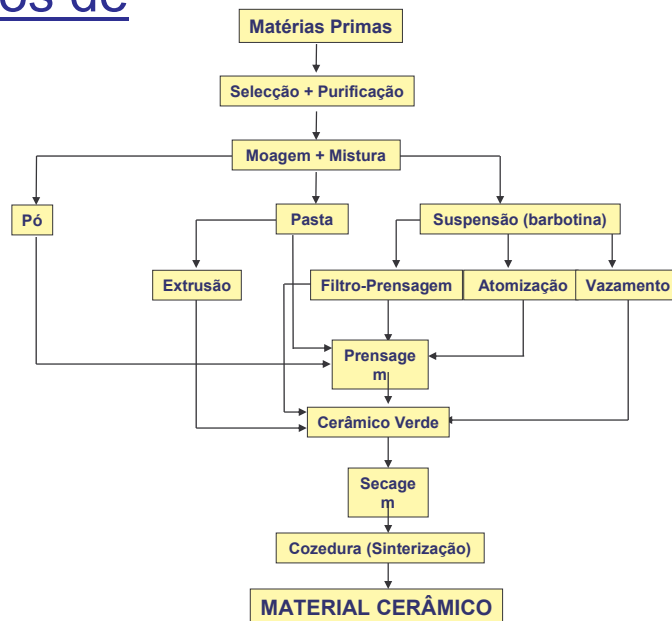
CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

12

Processos de Fabrico

1. Preparação dos materiais
2. Conformação/vazamento
3. Tratamento térmico
4. Acabamento (se necessário)

Processos de Fabrico



Processos de Fabrico

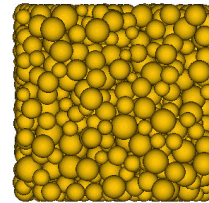
Preparação das matérias primas

Aglomeração de partículas

Ligantes (massas de ligação entre partículas)

Lubrificantes (permitem a conformação)

Mistura: húmida ou seca



Pós



Pastas



Suspensões

Processos de Fabrico

Conformação

Métodos:

- Seco
- Plástico
- Líquido

Tipos de conformação:

- Prensagem
- Vazamento
- Extrusão

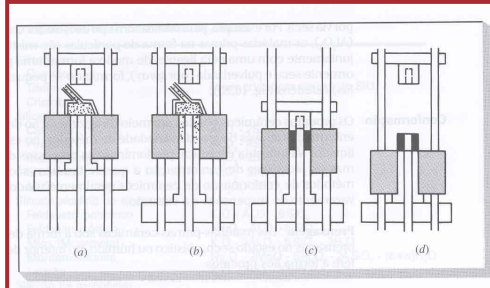
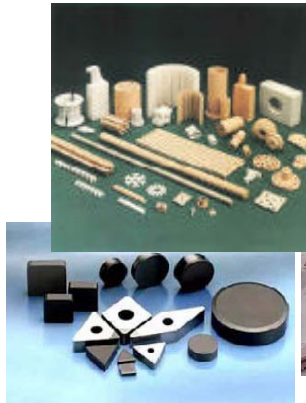
Temperatura:

- A frio (mais utilizado na indústria)
- A quente

Processos de Fabrico

Conformação - Prensagem unidireccional a frio

Refractários estruturais
Componentes cerâmicos
para electrónica



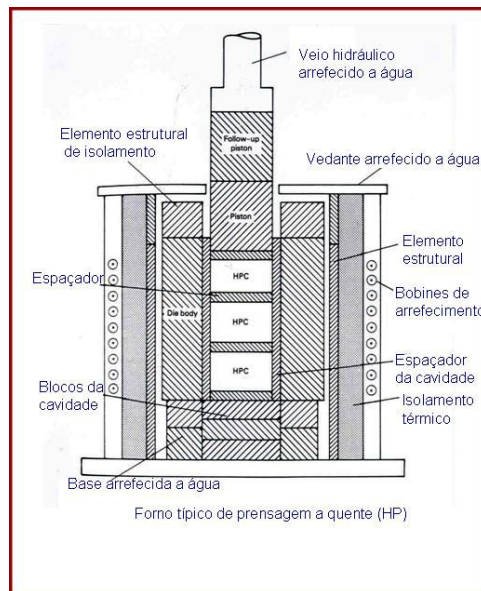
Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

17

Processos de Fabrico

Conformação - Prensagem unidireccional a quente



Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

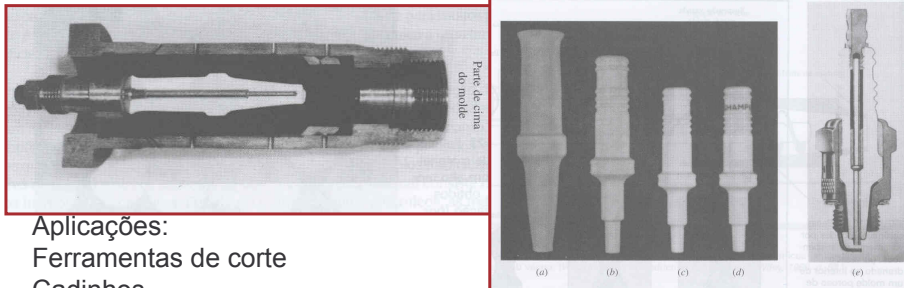
18

Processos de Fabrico

Conformação - Prensagem isostática a frio

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 direcções.



Aplicações:
Ferramentas de corte
Cadinhos
Velas de ignição

Teresa Duarte

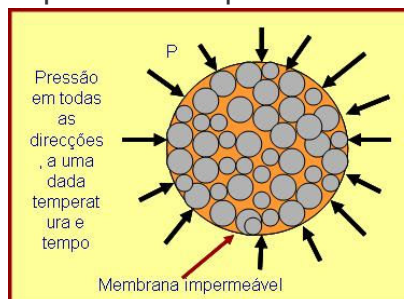
CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

19

Processos de Fabrico

Conformação - Prensagem isostática a quente

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 direcções.

Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

20

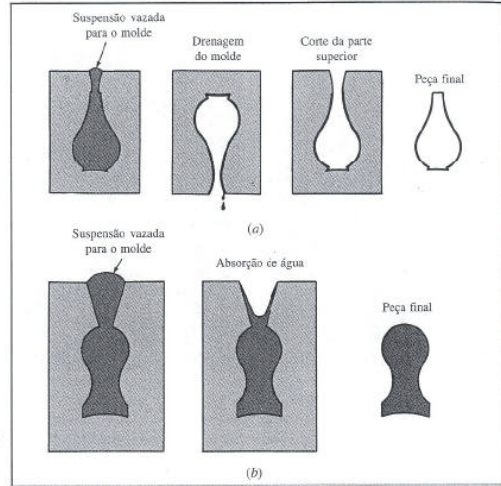
Processos de Fabrico

Conformação – Vazamento de uma barbotina (Slip casting)

Vantagens:

Obtenção de paredes finas e formas complicadas de espessura uniforme
Desenvolvimento de protótipos e obtenção de pequenas séries

1. Mistura do material cerâmico em pó com um líquido, formando uma suspensão.
2. Vazamento para o interior de um molde absorvente.
3. Interrupção do processo por remoção do líquido de suspensão remanescente



Processos de Fabrico

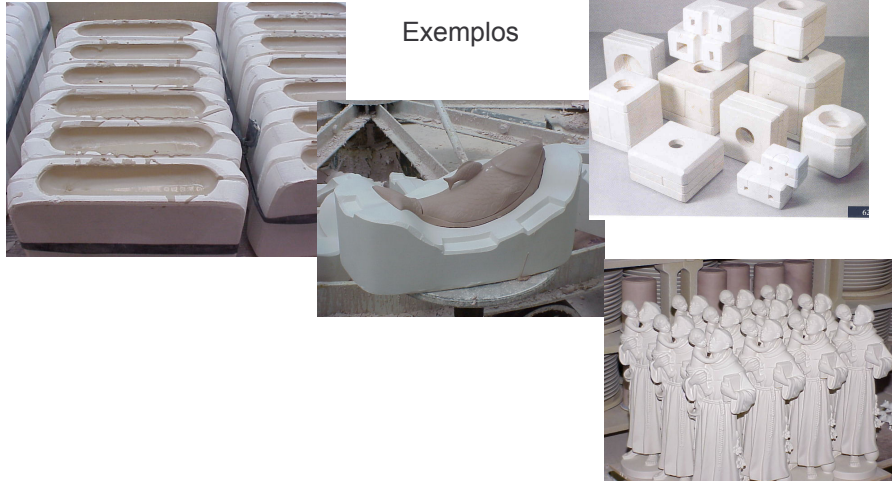
Conformação – Vazamento de uma barbotina (Slip casting)



Evolução do processo

Processos de Fabrico

Conformação – Vazamento de uma barbotina (Slip casting)



Teresa Duarte

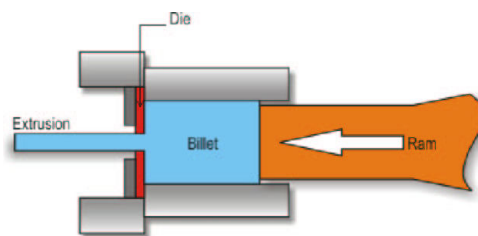
CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

23

Processos de Fabrico

Conformação – Extrusão

Material no estado plástico



Exemplos: tijolos, telhas, cerâmicos técnicos, isolantes

Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

24

Processos de Fabrico

Tratamento térmico

1 - Secagem ($T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) e remoção do ligante ($T < 200\text{-}300\text{ }^{\circ}\text{C}$)
remoção de água; remoção de ligantes orgânicos

2 - Vitrificação ou sinterização com fase líquida (se existir)
ligação entre partículas por meio de uma fase vítrea, líquida a altas temperaturas

3 - Sinterização no estado sólido
(T elevadas)
ligação entre partículas por interdifusão sólida



Teresa Duarte

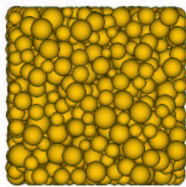
CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

25

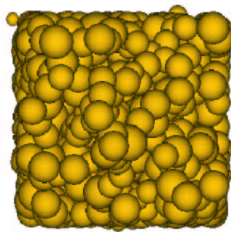
Processos de Fabrico

Tratamento térmico

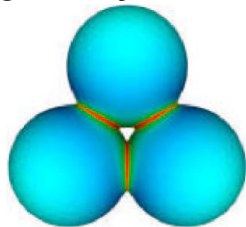
Processo de sinterização no estado sólido:



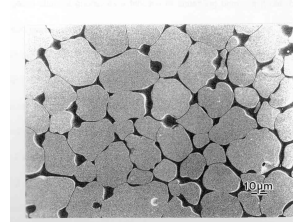
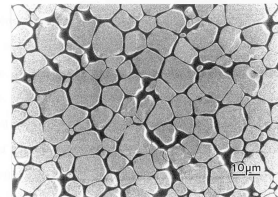
Aglomeração



Coalescência



Formação de “pescoços”



Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

26

Processos de Fabrico

Tratamento térmico

Evolução de um cerâmico

História da vida de um corpo cerâmico com os três componentes básicos

Temperatura (°C)	Reacções
Até 100	Perda de humidade
100–200	Remoção da água absorvida
450	Perda dos grupos hidroxílicos
500	Oxidação da matéria orgânica
573	Inversão do quartzo para a forma estável a altas temperaturas; pequena deterioração do corpo
980	Formação da espinela a partir da argila; início da contracção
1000	Início da formação da mulite
1050–1100	Formação de fase vítrea a partir do feldspato, a mulite cresce e a contracção prossegue
1200	Mais fase vítrea, a mulite cresce, os poros vão-se fechando e alguma dissolução do quartzo
1250	60% de fase vítrea, 21% de mulite, 19% de quartzo; percentagem de porosidade mínima

Fonte: F. Norton, "Elements of Ceramics", 2.^a ed., Addison-Wesley, 1974, p.140.

Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – Materiais Cerâmicos

27

Processos de Fabrico - Vidros

Matérias Primas

- Areia (SiO_2) - vitrificante
- Calcário (CaO) - estabilizante
- Dolomite (MgO) - estabilizante
- Carbonato de sódio (Ca_3Na_2) - fundente
- Corantes (FeO , Fe_2O_3 , Ca_2O_3)
- Afinantes (F , Na_2 , SO_4)- diminuem a viscosidade

Exemplos:

Vidro clássico (soda-cal)

janelas, garrafas, lâmpadas, utensílios de laboratório

70% SiO_2 , 10% CaO , 15% Na_2O

Pirex (borosilicato)

tabuleiros para fornos, equipamento de laboratório

80% SiO_2 , 15% B_2O_3 , 5% Na_2O

Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – Materiais Cerâmicos

28

Processos de Fabrico - Vidros

Vidro	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Outros	Notas
1. Silica (fundida)	99,5+							Difícil de fundir e de fabricar mas utilizável até 1000°C. Muito baixa expansão e grande resistência ao choque térmico.
2. 96% silica	96,3	<0,2	<0,2		2,9	0,4		Fabricado a partir de vidros de boro-silicato relativamente macios; aquecimento para separar as fases SiO ₂ e B ₂ O ₃ ; lixiviação por ácido da fase B ₂ O ₃ ; aquecimento para consolidar os poros.
3. Vidro plano sódico-cálcico	71-73	12-14		10-12		0,5-1,5	MgO, 1-4	Facilmente fabricável. Largamente usado com formulações ligeiramente diferentes, para janelas, recipientes e bolhos eléctricos.
4. Silicato de chumbo: Eléctrico	63	7,6	6	0,3	0,2	0,6	PbO, 21 MgO, 0,2	Facilmente fundível e fabricável com boas propriedades eléctricas. Um alto teor em chumbo absorve os raios-X; com elevado índice de refração é usado em lentes acromáticas. Vidro de cristal decorativo.
5. Alto teor de chumbo	35		7,2				PbO, 58	Baixas perdas dieléctricas.
6. Boro-silicato: Baixa expansão	80,5	3,8	0,4		12,9	2,2		Baixa expansão térmica, boa resistência ao choque térmico e estabilidade química. Largamente usado na indústria química.
7. Baixas perdas eléctricas	70,0		0,5		28,0	1,1	PbO, 1,2	
8. Alumino-boro-silicato: Standard	74,7	6,4	0,5	0,9	9,6	5,6	B ₂ O ₃ , 2,2	Maior teor de alumina e menor teor de dióxido de boro melhoram a durabilidade química.
9. Baixo teor de álcalis (vidro-E)	54,5	0,5		22	8,5	14,5		Largamente usado na forma de fibras em compostos de matriz polimérica
10. Alumino-silicato	57	1,0		5,5	4	20,5	MgO, 12	Resistência a alta temperatura e baixo coeficiente de expansão.
11. Vitrocerâmico	40-70					10-35	MgO, 10-13 TiO ₂ , 7-15	Cerâmico cristalino obtido por desvitrificação do vidro. De fácil fabrico, boas propriedades. Vários vidros e catalisadores.

Teresa Duarte

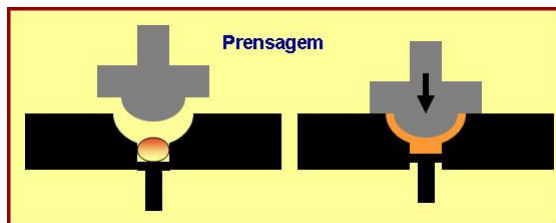
CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – Materiais Cerâmicos

29

Processos de Fabrico - Vidros

ETAPAS DO PROCESSAMENTO

1. Preparação dos materiais
2. Fusão (líquido viscoso)
3. Conformação/arrefecimento rápido

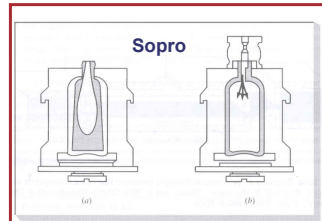


Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – Materiais Cerâmicos

30

Processos de Fabrico - Vidros

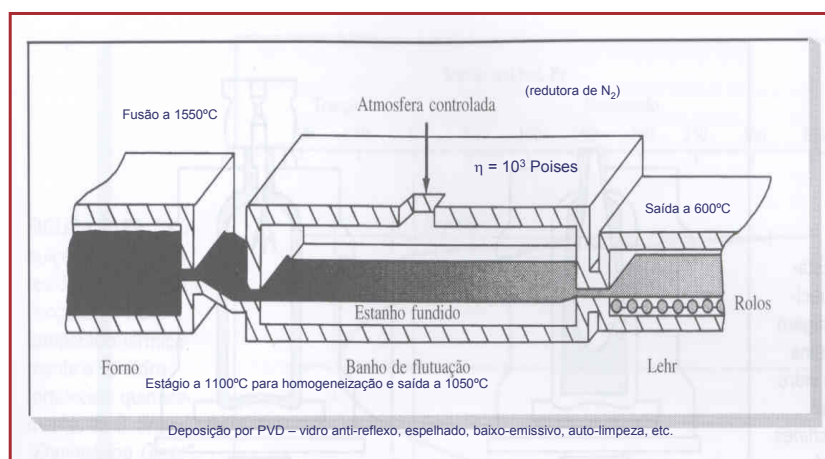


Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

31

Processos de Fabrico - Vidros

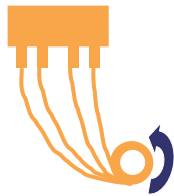


Teresa Duarte

CEM – 1ºAno – 2º Sem – MIEM – **Materiais Cerâmicos**

32

Processos de Fabrico - Vidros



Fibras



Futuro

Reciclagem

Melhoria de propriedades mecânicas

Biocompatibilidade

Novas aplicações (motores...)