



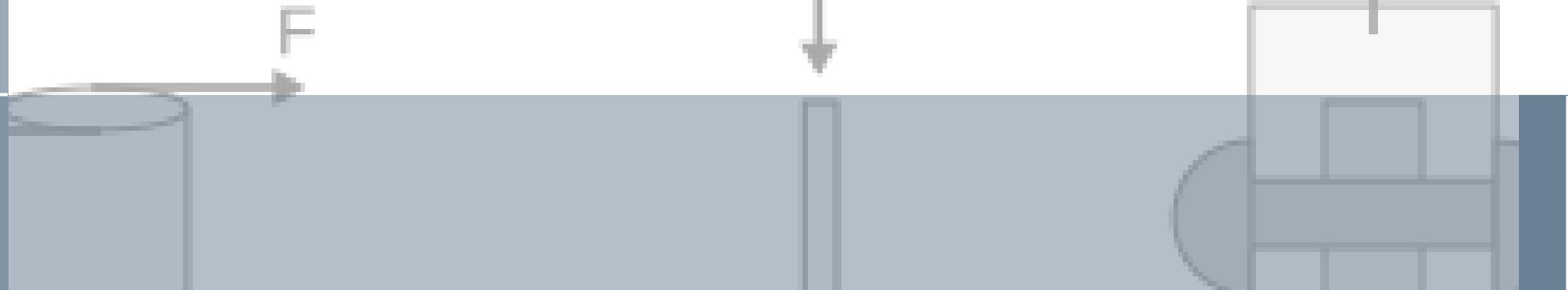
Universidade de São Paulo

(b) Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto  
Departamento de Materiais Dentários e Prótese

(c)

# Torção, Microdureza, Flexão e Compressão

Profa. Dra. Andréa Cândido dos Reis



# Propriedades Mecânicas

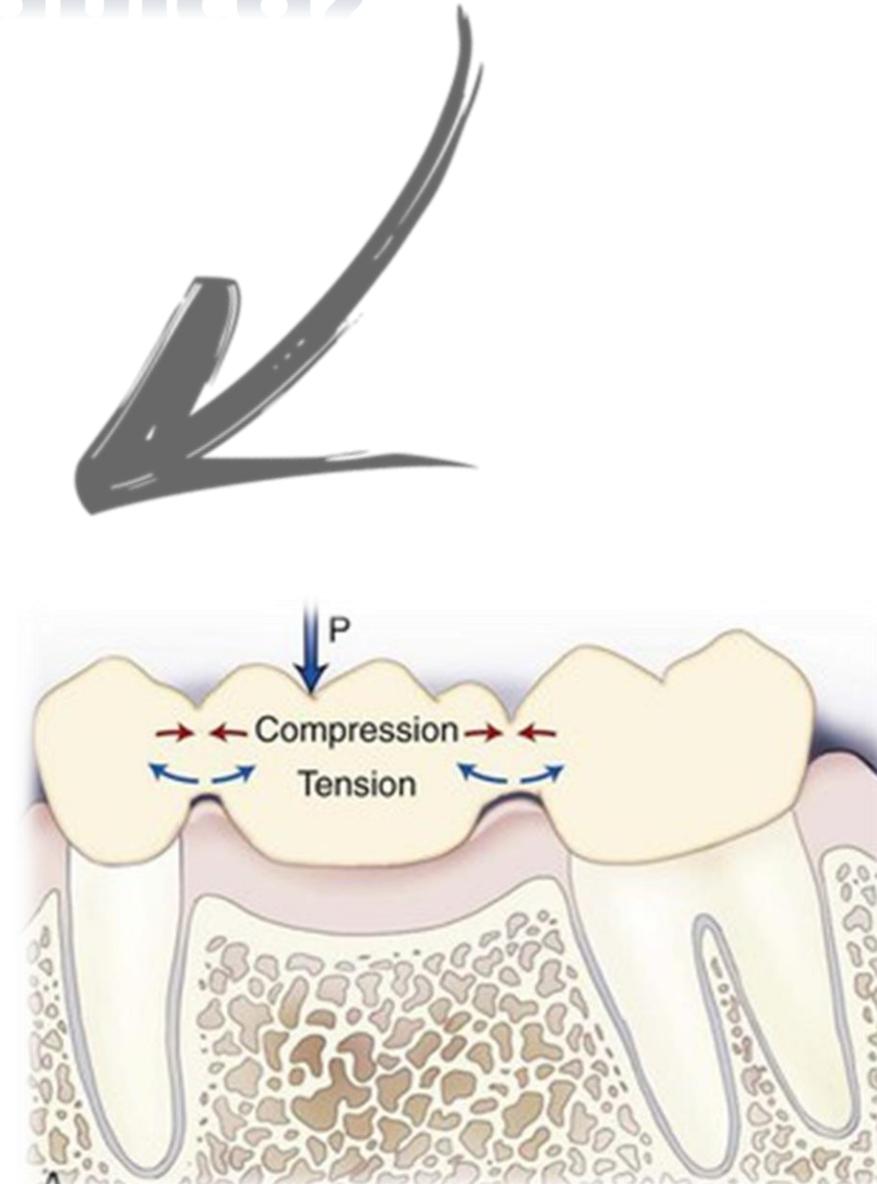
Propriedades Estruturais: seleção e manipulação dos materiais

Características físicas, químicas, mecânicas e biológicas

Propriedades combinadas

Testes laboratoriais e clínicos

Evitar deformações e fraturas



# Propriedades Mecânicas

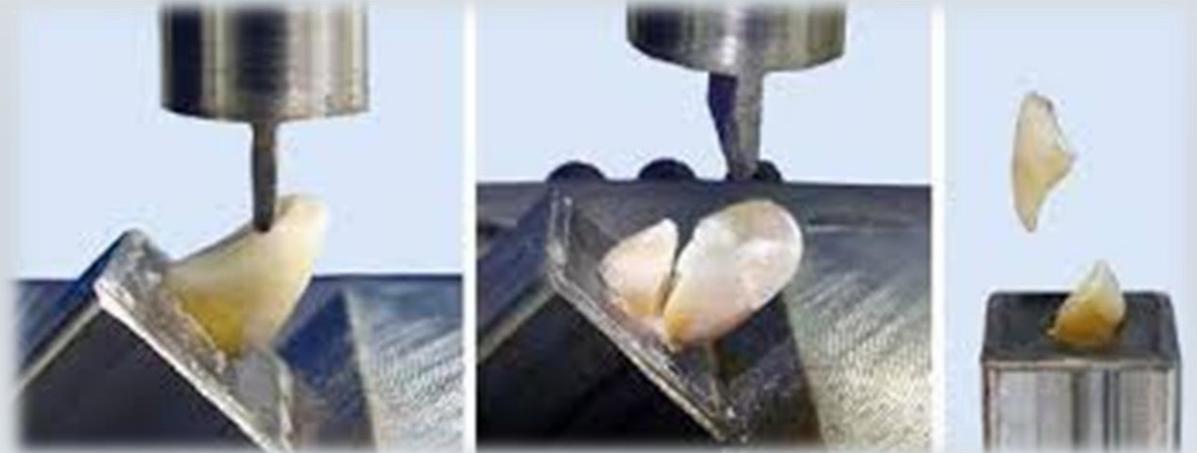
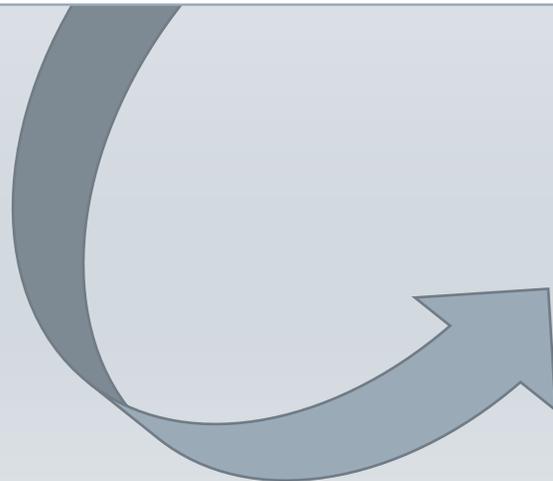
São definidas pelas Leis da Mecânica, ciência física que trata de energia e forças, e de seus efeitos nos corpos

Todas as propriedades mecânicas são medidas da resistência do material à deformação ou fratura sob uma força aplicada

# Resistência

Propriedade mecânica do material que garante que a estrutura atenda às funções para as quais foi desenhada de maneira adequada, segura e por um razoável período.

Capacidade de resistir às tensões induzidas, sem que ocorra deformações permanentes ou fraturas.



# Propriedades Mecânicas

---

Deformação elástica ou reversível

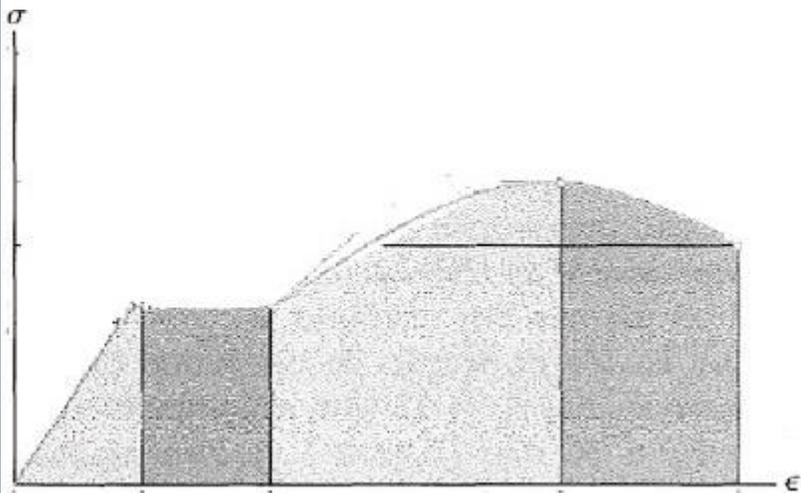
---

Deformação plástica ou irreversível

---

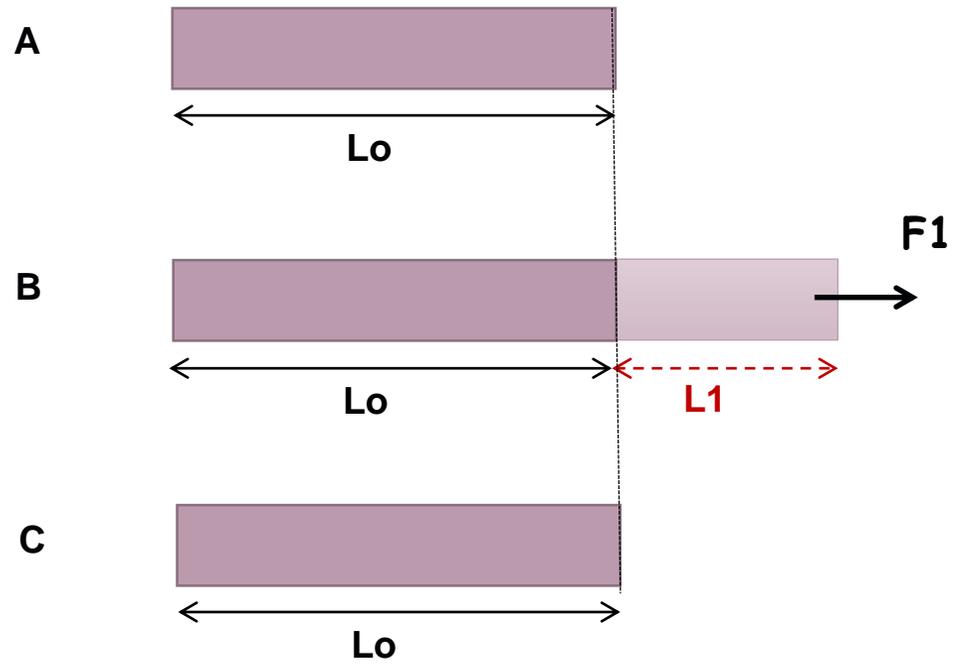
Combinação de Deformação elástica e Deformação plástica

---

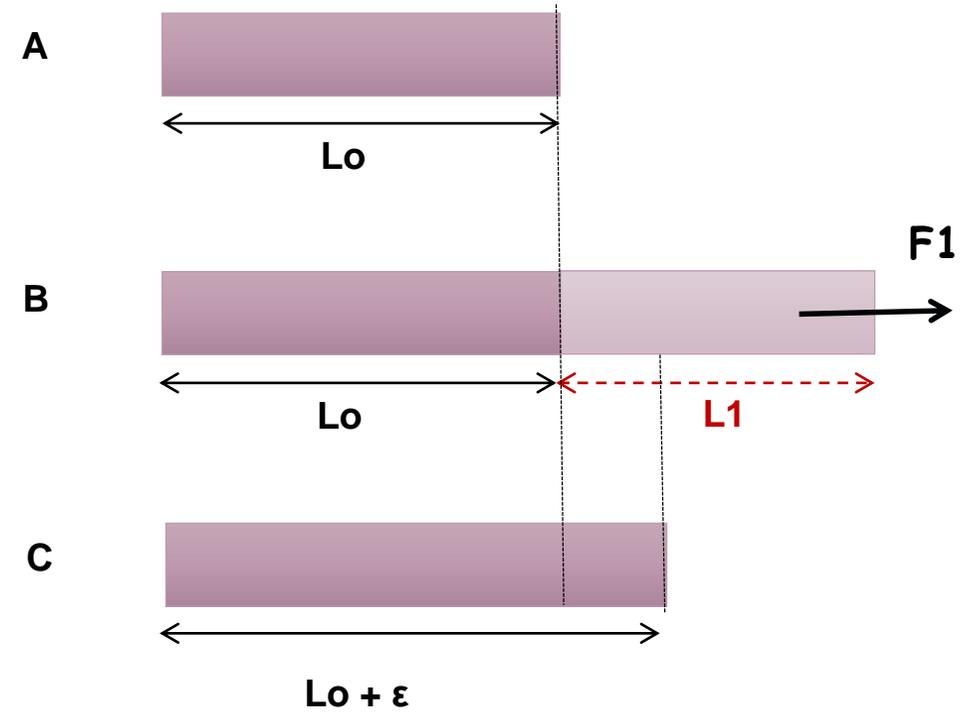


# Deformação

## Elástica

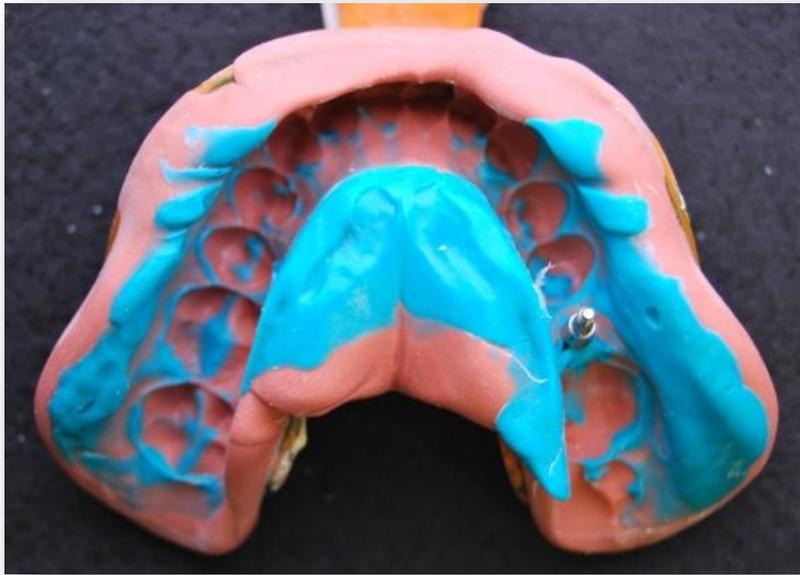


## Plástica



# Deformação

Elástica



Materiais de Moldagem

# Deformação

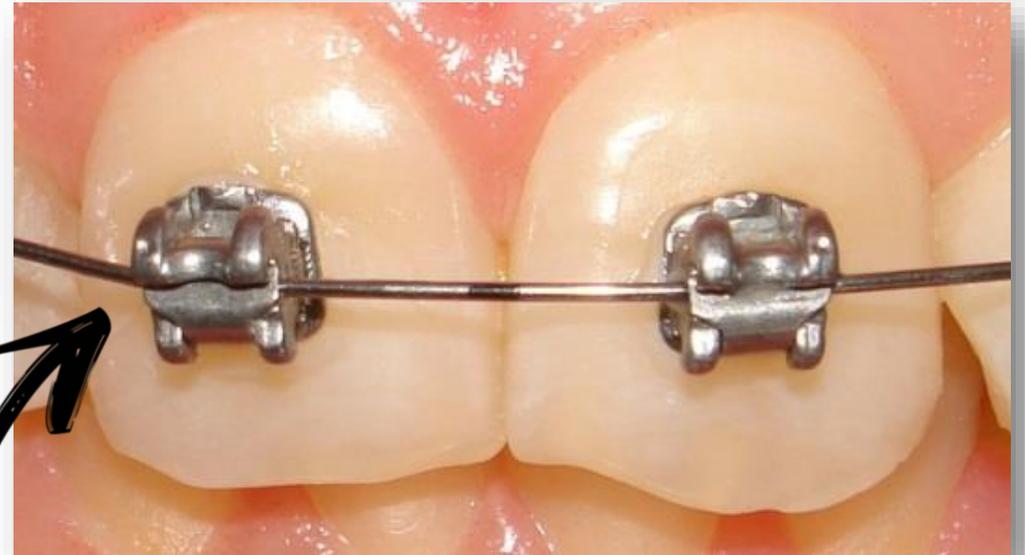
Elástica



Grampos de Prótese Parcial Removível

# Deformação

Plástica



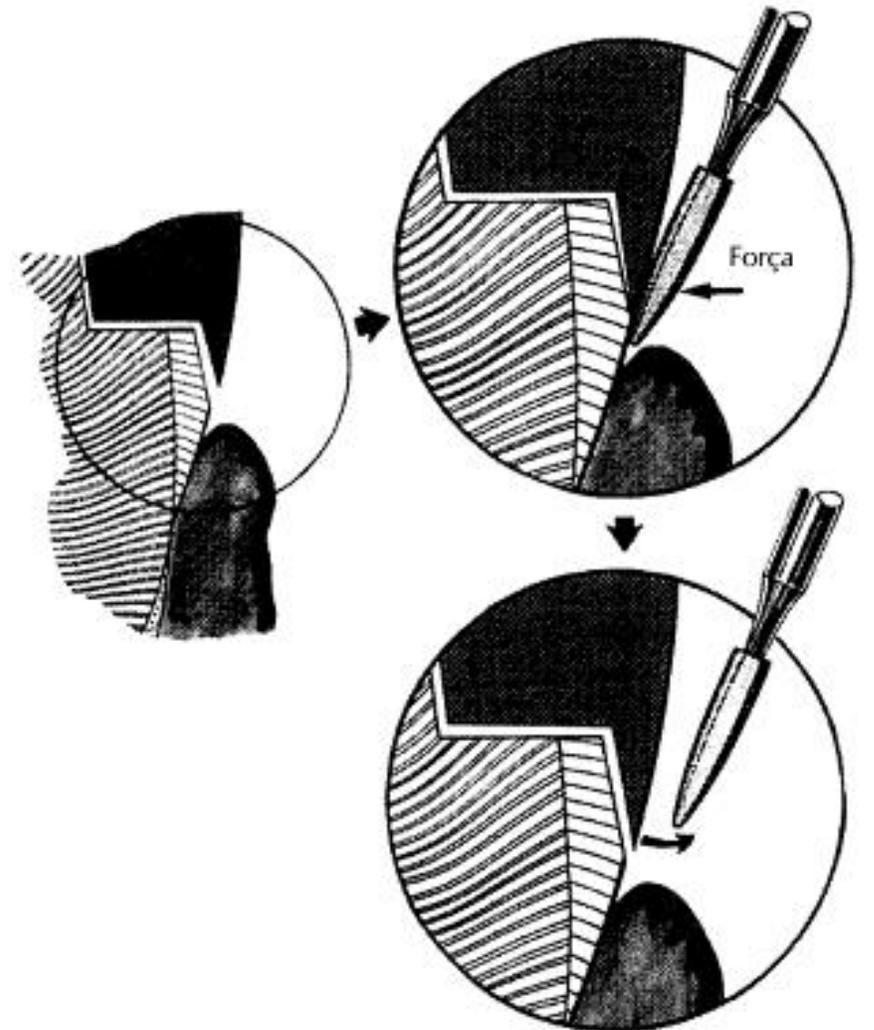
Fios Ortodônticos

# Deformação

## Plástica



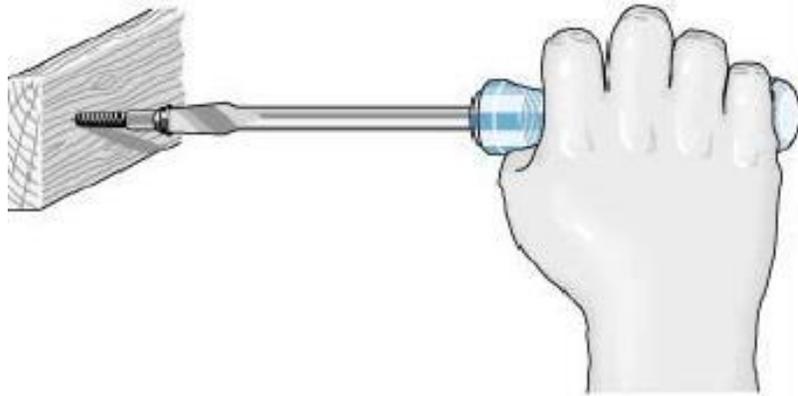
Restaurações Metálicas



# Ensaio de Torção

## DEFINIÇÃO

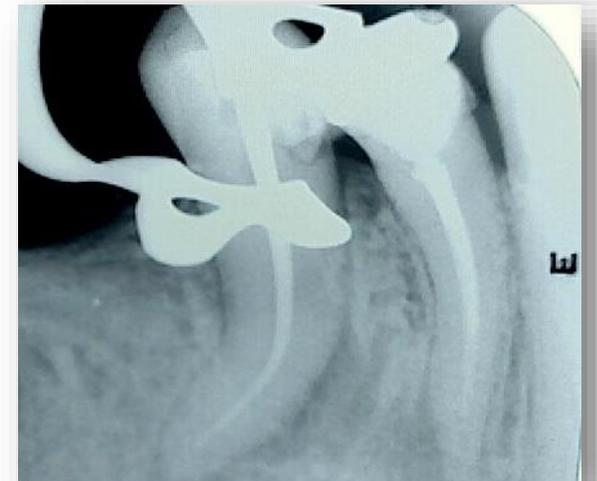
*Aplicação de uma carga rotativa em um corpo de prova geralmente cilíndrico*



O ensaio de Torção é de execução relativamente simples

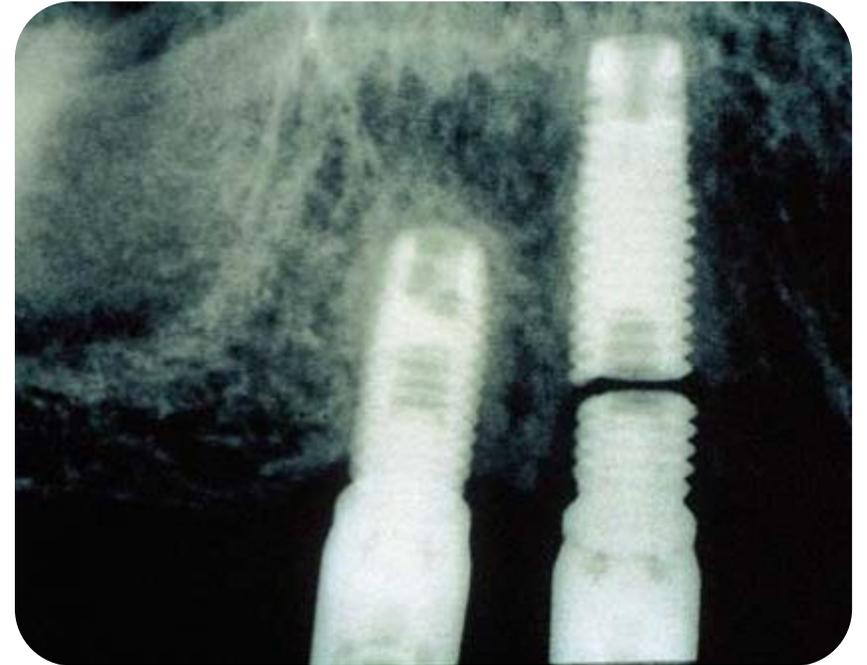
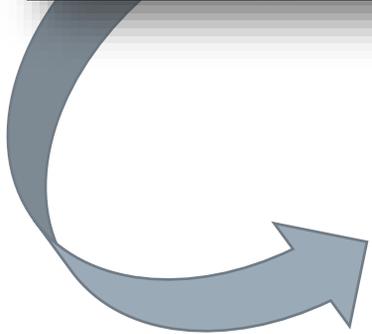
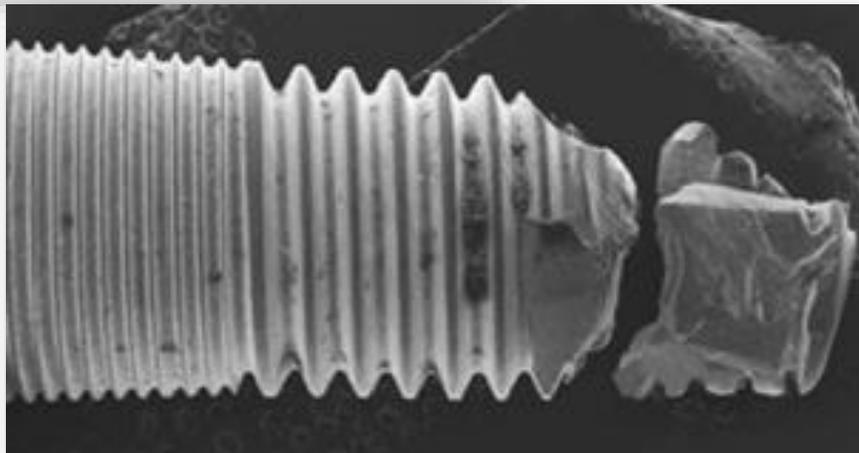
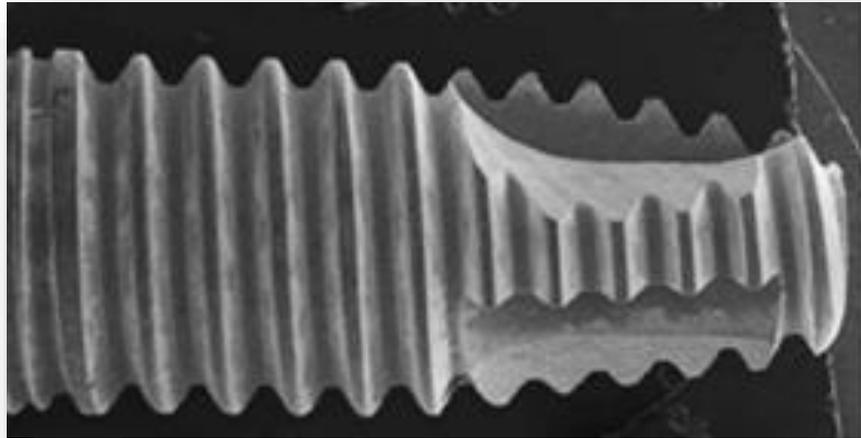
# Na Odontologia...

## Endodontia



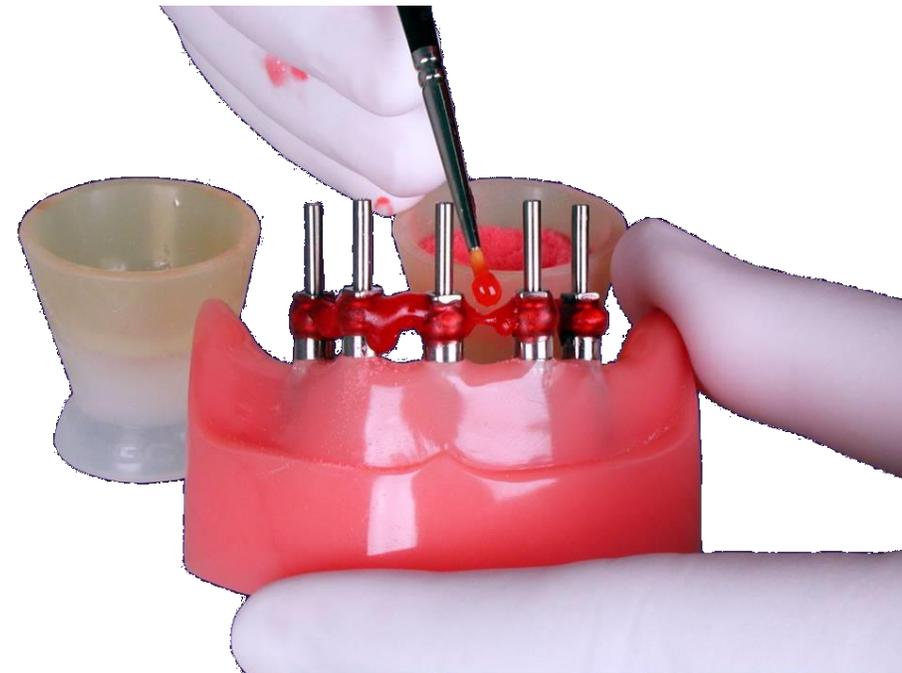
# Na Odontologia...

## Implantodontia



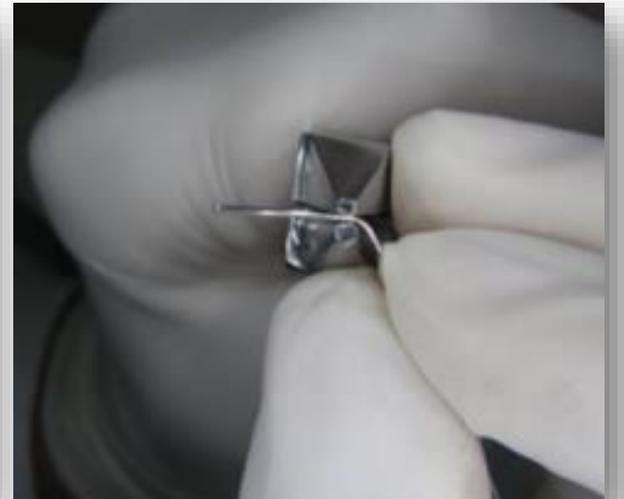
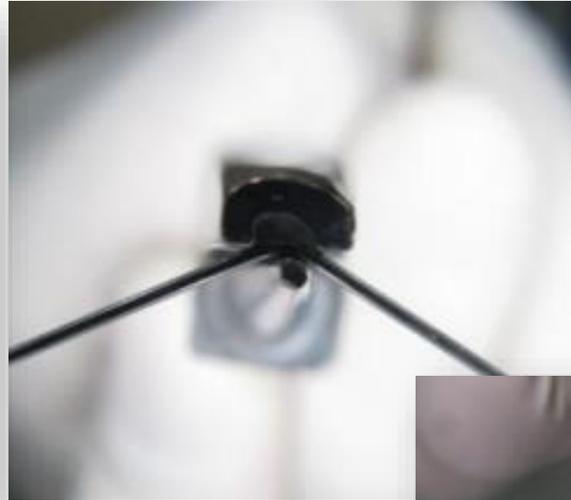
# Na Odontologia...

## Implantodontia



# Na Odontologia...

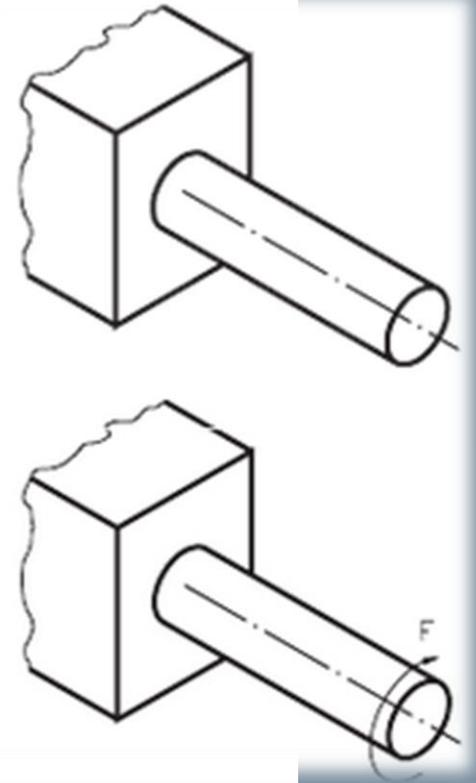
## Ortodontia



# Ensaio de Torção

## ROTAÇÃO E TORÇÃO

- ✓ Corpo cilíndrico preso por uma das extremidades
- ✓ Ação no sentido de rotação na extremidade livre
- ✓ O corpo tenderá a girar no sentido da força e, como a outra extremidade está presa, ele sofrerá uma torção sobre seu próprio eixo.



Se um certo limite de torção for ultrapassado, o corpo se romperá.

# Ensaio de Torção

## MOMENTO TORSOR OU TORQUE

$$\text{Momento de Força} = F \times C$$

Onde:

F = intensidade da Força

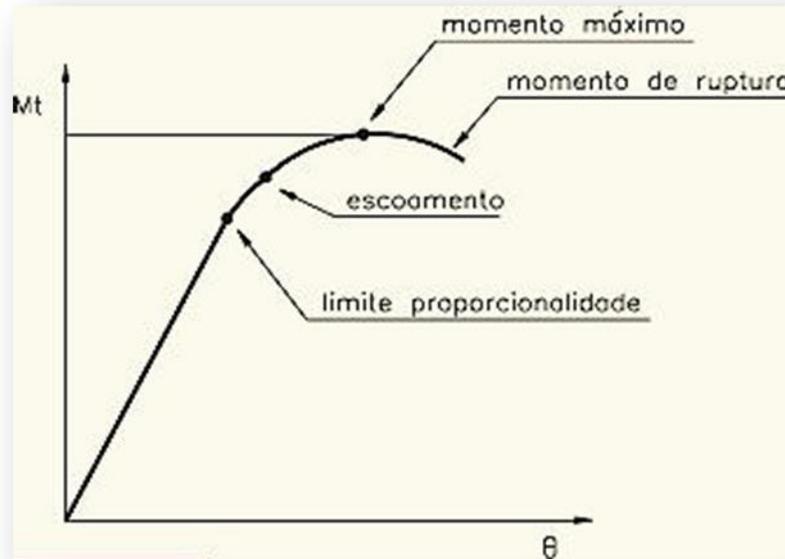
C = distância do ponto de aplicação ao eixo do corpo sobre o qual a força é aplicada

**Unidade: newton metro (Nm)**

Quando se trata de um esforço de torção, o momento de torção, ou momento torsor, é também chamado de **torque**

# Ensaio de Torção

## PROPRIEDADES AVALIADAS



Na especificação dos materiais que serão submetidos a esforços de torção, é necessário levar em conta que o máximo torque que deve ser aplicado a um eixo tem de ser inferior ao momento torsor no limite de proporcionalidade

# Ensaio de Torção

## CORPO DE PROVA

- ✓ Circular
- ✓ Normalmente as dimensões não são padronizadas, pois raramente se escolhe este ensaio como critério de qualidade de um material
- ✓ O comprimento e o diâmetro devem permitir as medições de momentos e ângulos de torção com precisão

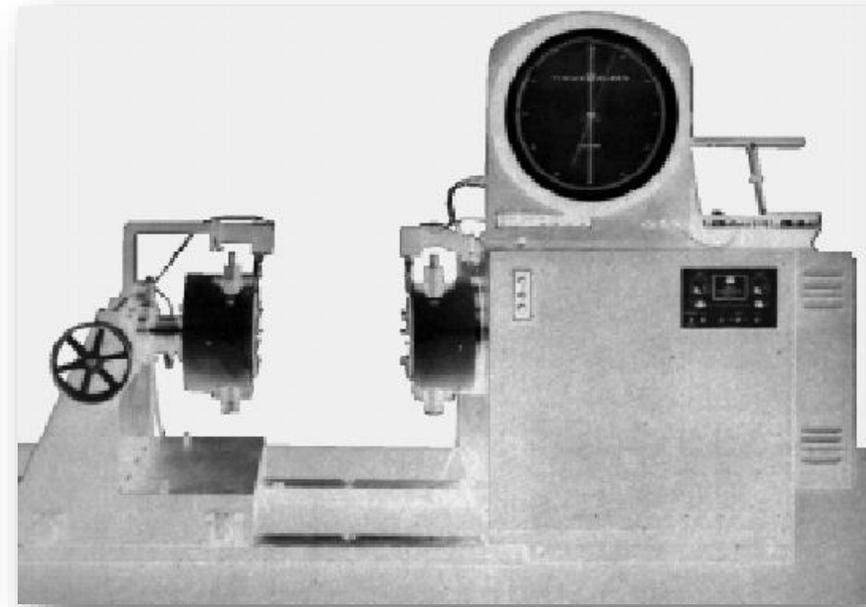
**Importante:** Centralizar de forma precisa o corpo de prova na máquina de ensaio, porque a força deve ser aplicada no centro.

# Ensaio de Torção

## EQUIPAMENTO

### ➤ Máquina de torção

Duas partes às quais o corpo de prova é fixado.



- Porção giratória aplica ao corpo de prova o momento de torção.
- A outra está ligada a um pêndulo que indica, numa escala, o valor do momento aplicado.

# Ensaio de Torção

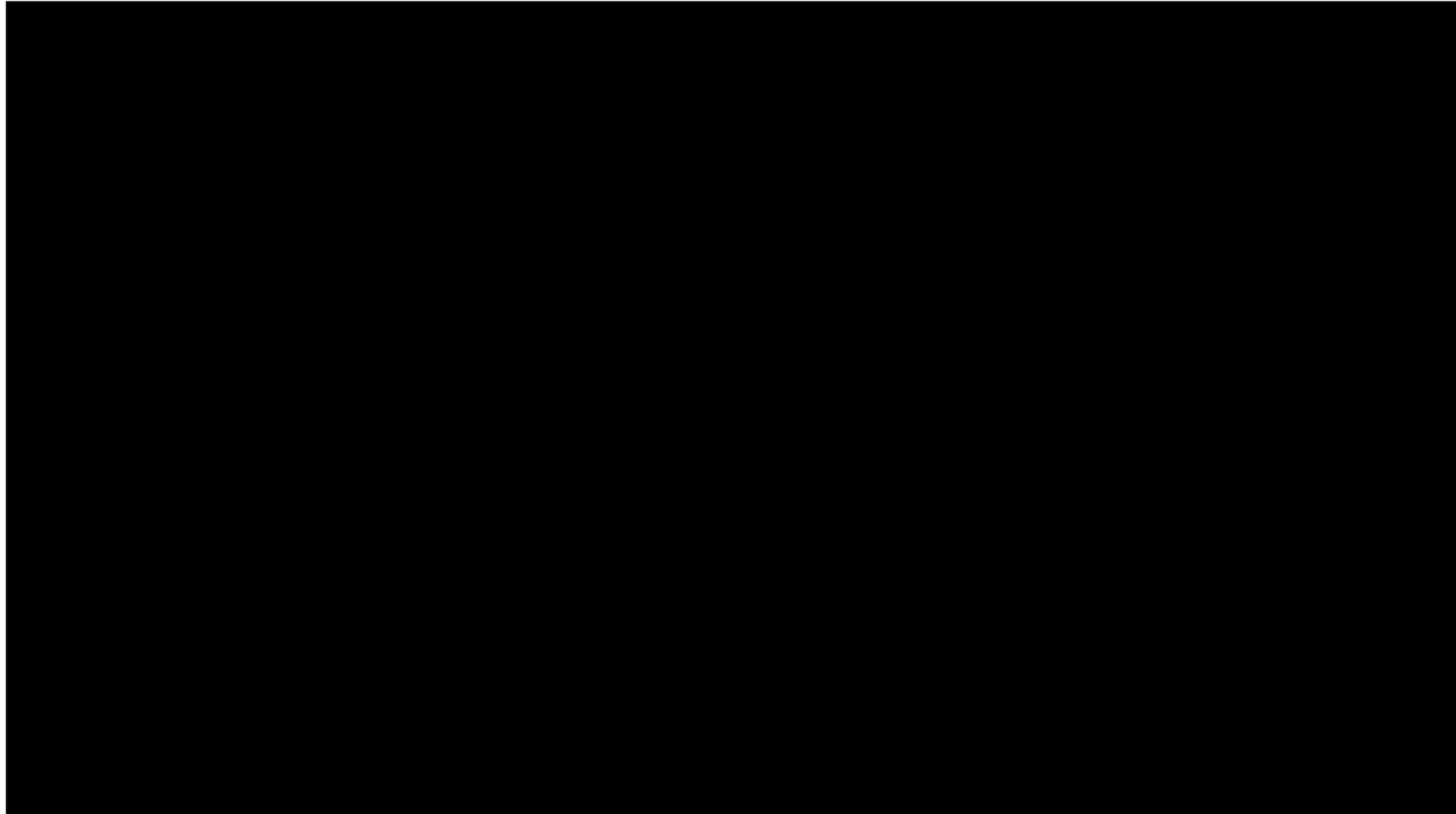
## FRATURAS TÍPICAS

O aspecto das fraturas varia conforme o tipo de material do corpo de prova: dúctil ou frágil.

- Materiais dúcteis: Fratura perpendicular ao eixo longitudinal.
- Materiais frágeis: Fratura não plana,  $45^\circ$  (fratura helicoidal)



# Ensaio de Torção



# Ensaio de Microdureza

## DEFINIÇÃO

Propriedade de um material que permite a ele resistir à deformação plástica, usualmente por penetração.

O termo dureza também pode estar associado à resistência à flexão, risco, abrasão ou corte.



# Ensaio de Microdureza

Por que utilizar este ensaio?

Conhecer a resistência ao desgaste

Controle de qualidade

Prever a durabilidade relativa do material



# Na Odontologia...

## Restaurações



# Na Odontologia...

## Próteses



Dureza Cerâmica > Esmalte



Dureza Cerâmica > Resina

**CUIDADO!!**  
Desgaste dos dentes antagonistas

# Na Odontologia...

Materiais Odontológicos



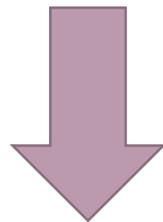
Desgaste Dental



# Ensaio de Microdureza

## DEFINIÇÃO

Consiste na impressão de uma pequena marca (endentação), na superfície do material, pela aplicação de pressão com uma ponta de penetração (endentador)



A medida é dada em função das características da marca de impressão e da carga aplicada



Microdurômetro

# Ensaio de Microdureza

## VANTAGENS

- Rapidez de execução
- Baixo custo dos equipamentos envolvidos

## MÉTODOS DE MEDIÇÃO

- Risco (escala de dureza MOHS)
- Ressalto (método SHORE)
- Penetração (BRINNEL, VICKERS, KNOOP, ROCKWELL)

# Dureza por risco (Dureza MOHS)

- ✓ Mais utilizado na área de mineralogia;
- ✓ Consiste em uma escala de 10 minerais padrões, onde o mais duro é o diamante e risca todos os demais.



# Dureza por rebote (SHORE)

- ✓ Usada para a determinação de dureza de peças grandes.
- ✓ Exemplos: Borrachas, polímeros e elastômeros.



# Dureza por penetração

- ✓ Um pequeno endentador é forçado contra a superfície do material a ser testado;

A profundidade ou tamanho da endentação resultante é medida; quanto mais macio o material mais larga ou profunda é a endentação, e menor o número de dureza

# Dureza Brinell

Empregado para se determinar a dureza dos

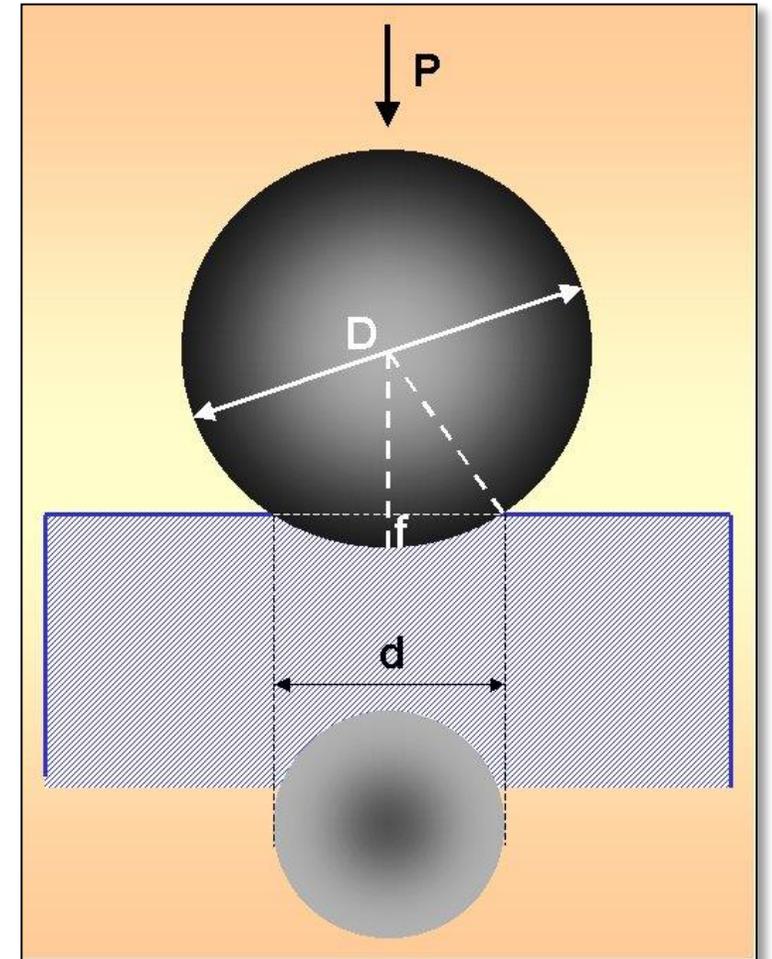
metais



Quanto menor a penetração

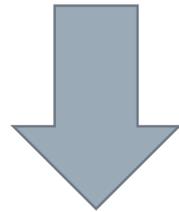


Mais duro o material

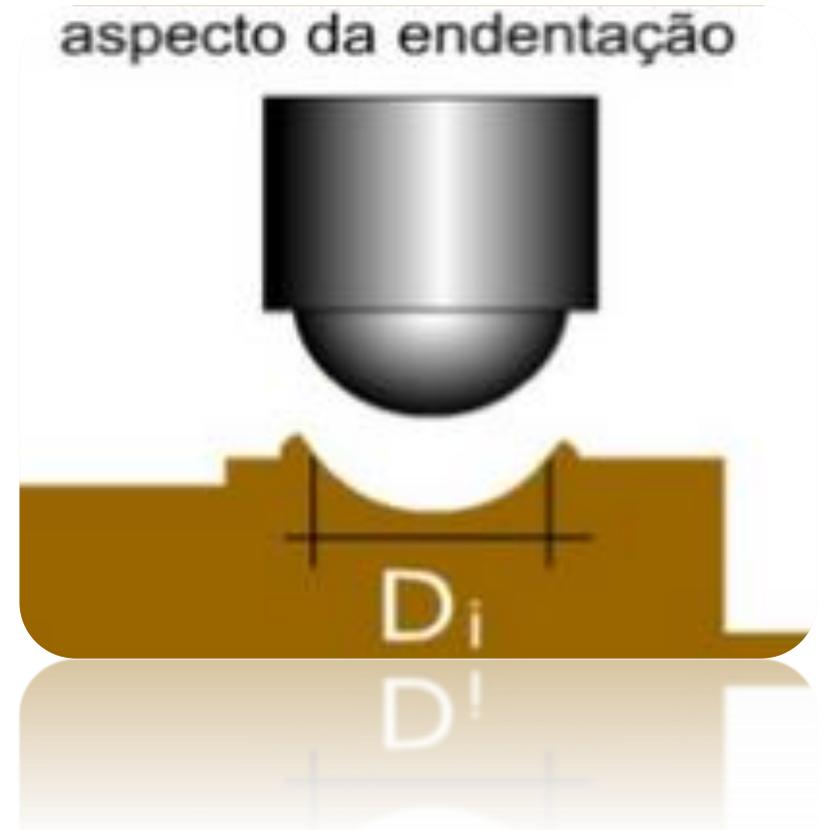


# Dureza Brinell

Devido ao tamanho da impressão formada o ensaio pode ser considerado destrutivo

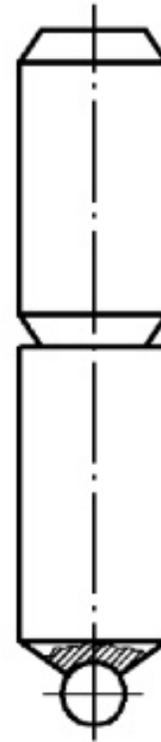


A superfície do corpo de prova deve ser lisa, plana e estar bem apoiada na superfície

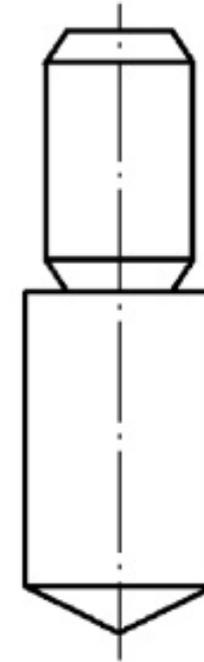


# Dureza Rockwell

- ✓ Uma esfera de aço ou ponta de diamante cônica é usada



Penetrador  
esférico

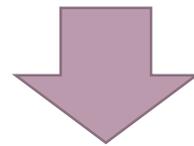


Penetrador  
cônico

# Dureza Rockwell

- ✓ Semelhante à dureza Brinell

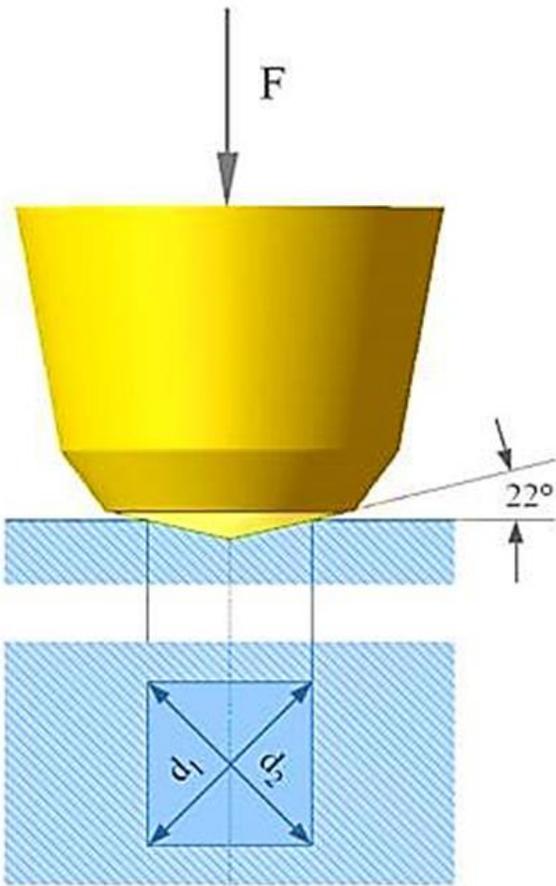
Ao invés de mensurar o diâmetro da penetração, a profundidade é medida



O teste de Brinell, assim como o de Rockwell, não são adequados para materiais frágeis ou friáveis

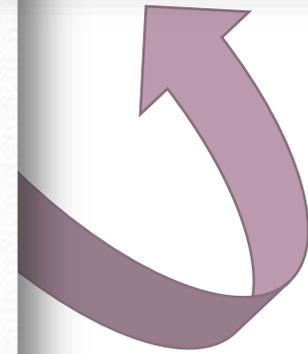
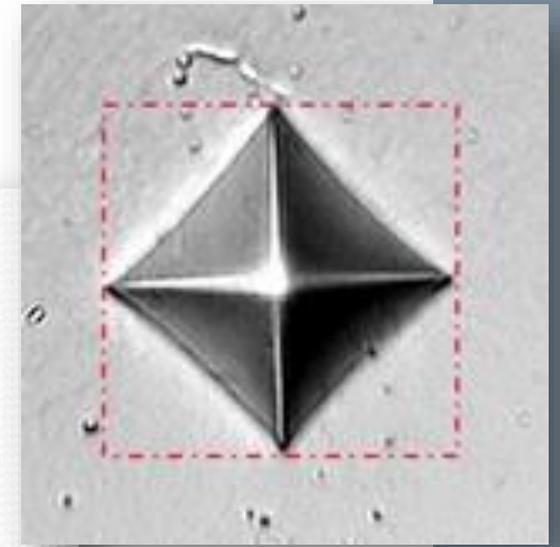
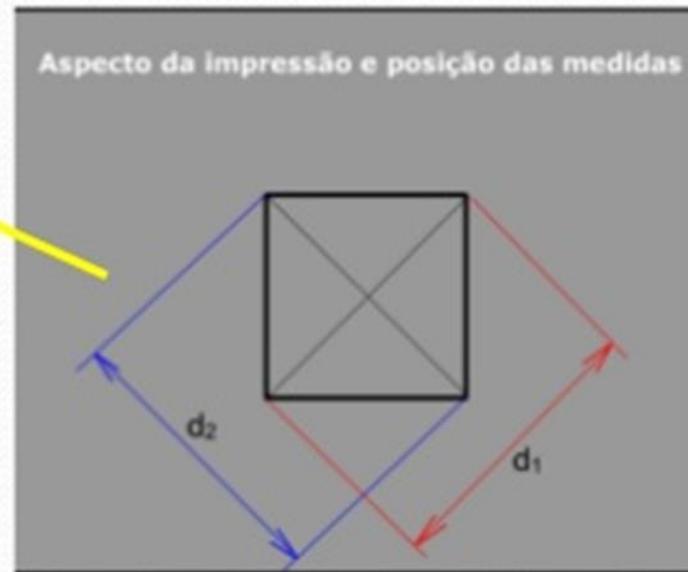
# Dureza Vickers

Relaciona carga aplicada com a área superficial da impressão



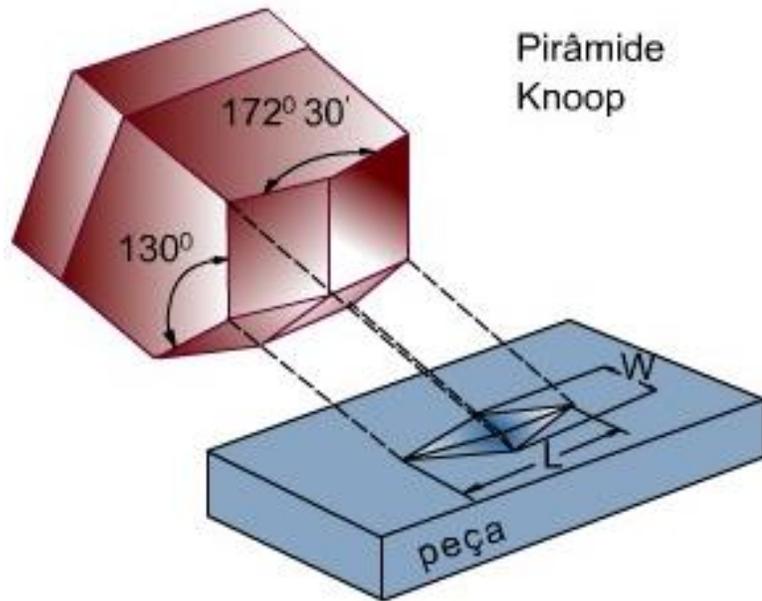
- Penetrador: Pirâmide de diamante de base quadrada
- Carga normalmente aplicada de 10 a 15 segundos
  - Valor: Símbolo HV
- As duas diagonais da endentação deixadas na superfície do material são medidas com uma régua acoplada ao durômetro ou microscópio

# Ensaio Vickers



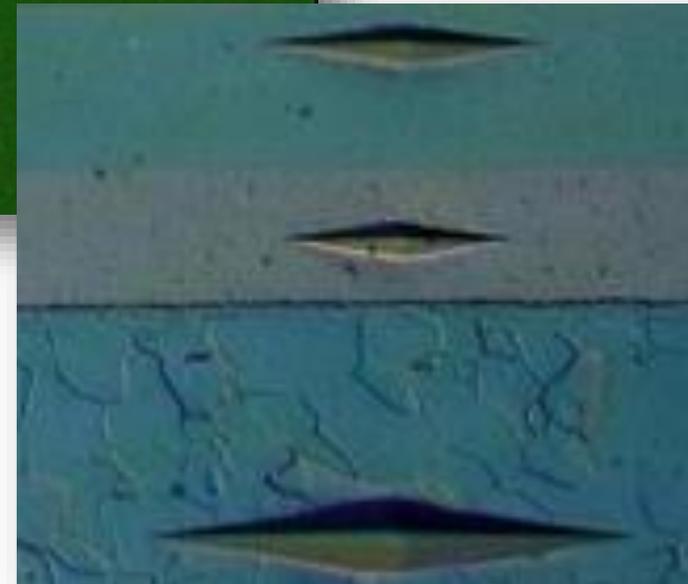
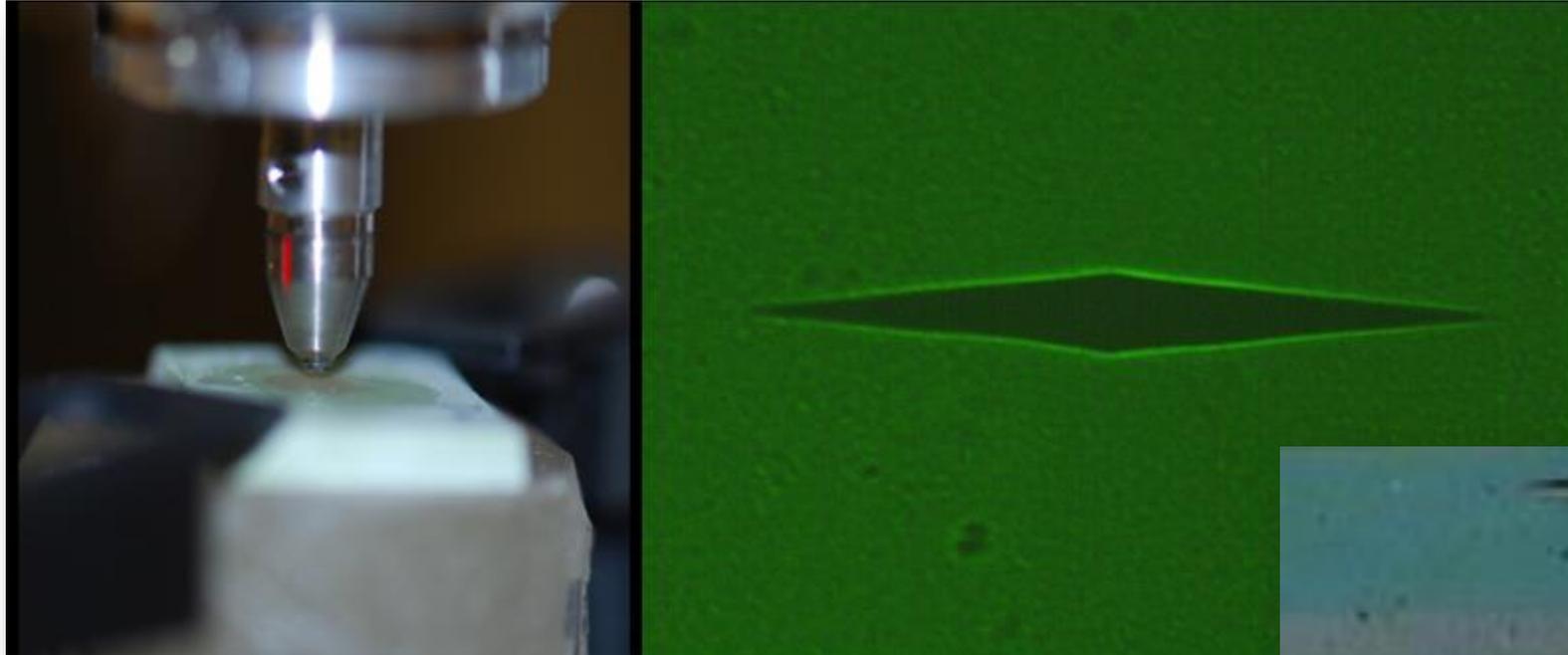
# Dureza Knoop

Relaciona carga aplicada com a área superficial da impressão

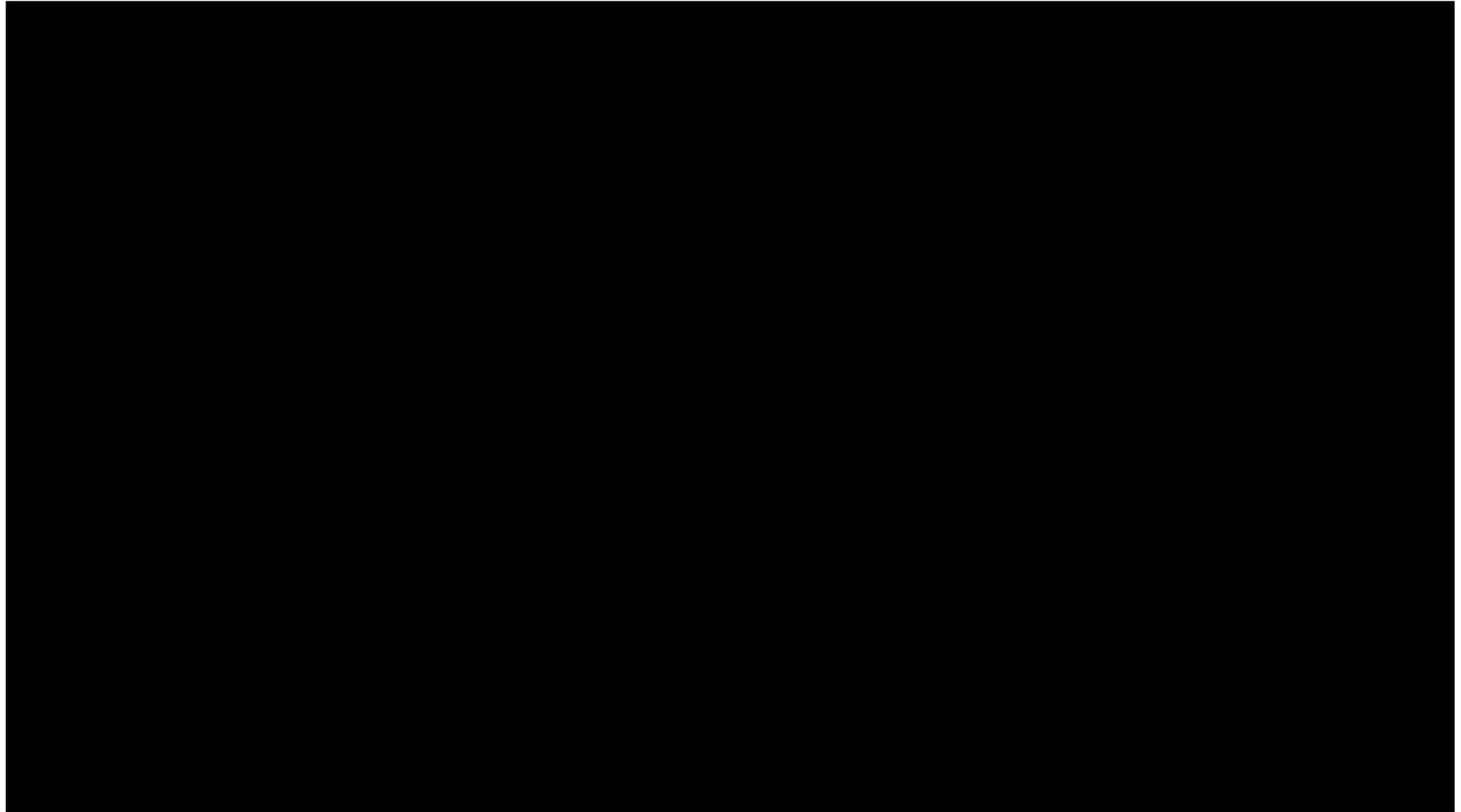


- Penetrador: Pirâmide alongada - losango
- Impressão: diagonal maior e menor apresentam uma relação de 7:1
- Permite a determinação de dureza de materiais muito frágeis

# Ensaio Knoop



# Ensaio de Microdureza

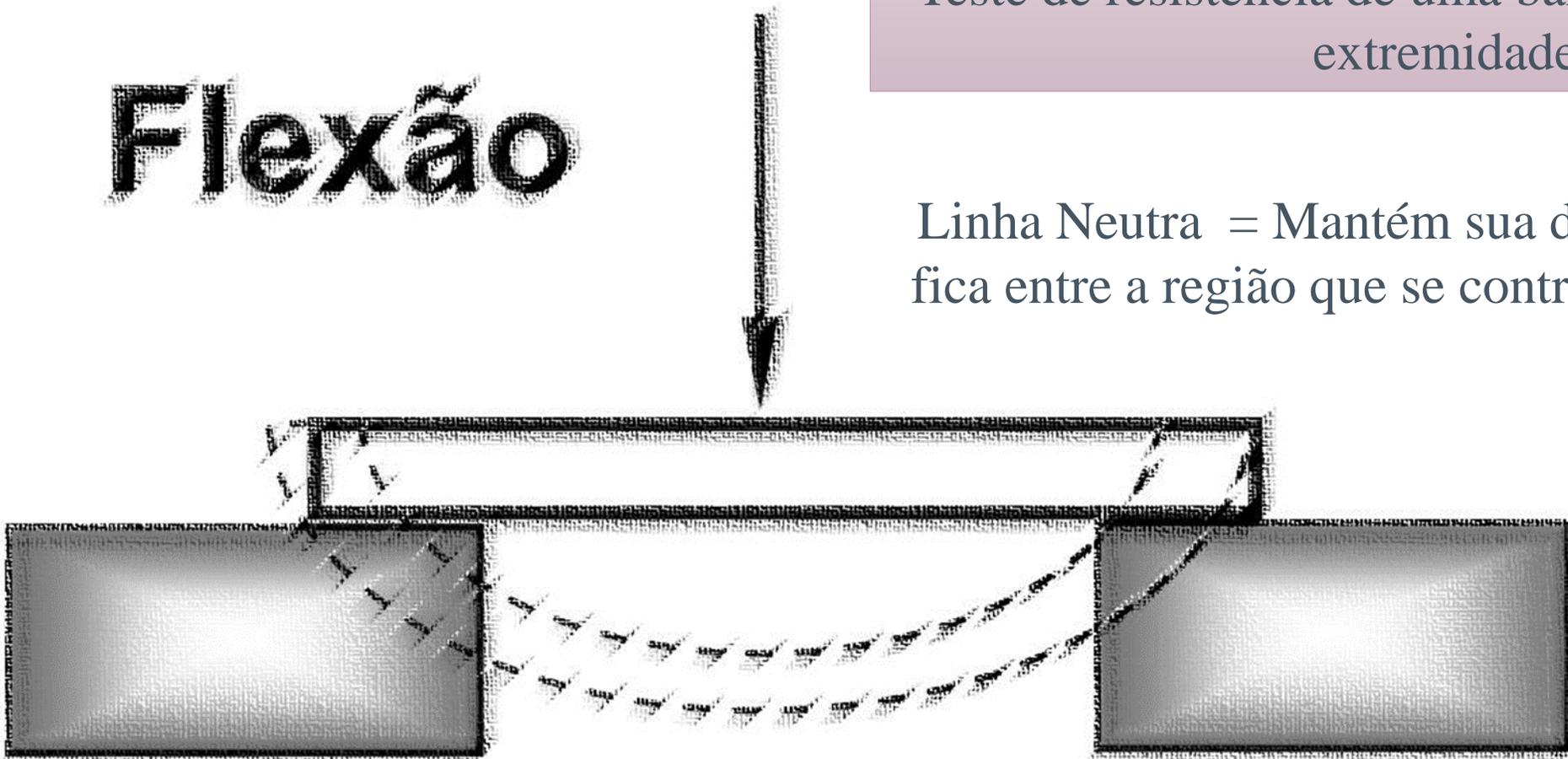


# Ensaio de Flexão

Teste de resistência de uma barra apoiada em duas extremidades

## Flexão

Linha Neutra = Mantém sua dimensão inalterada; fica entre a região que se contrai e a que se alonga.



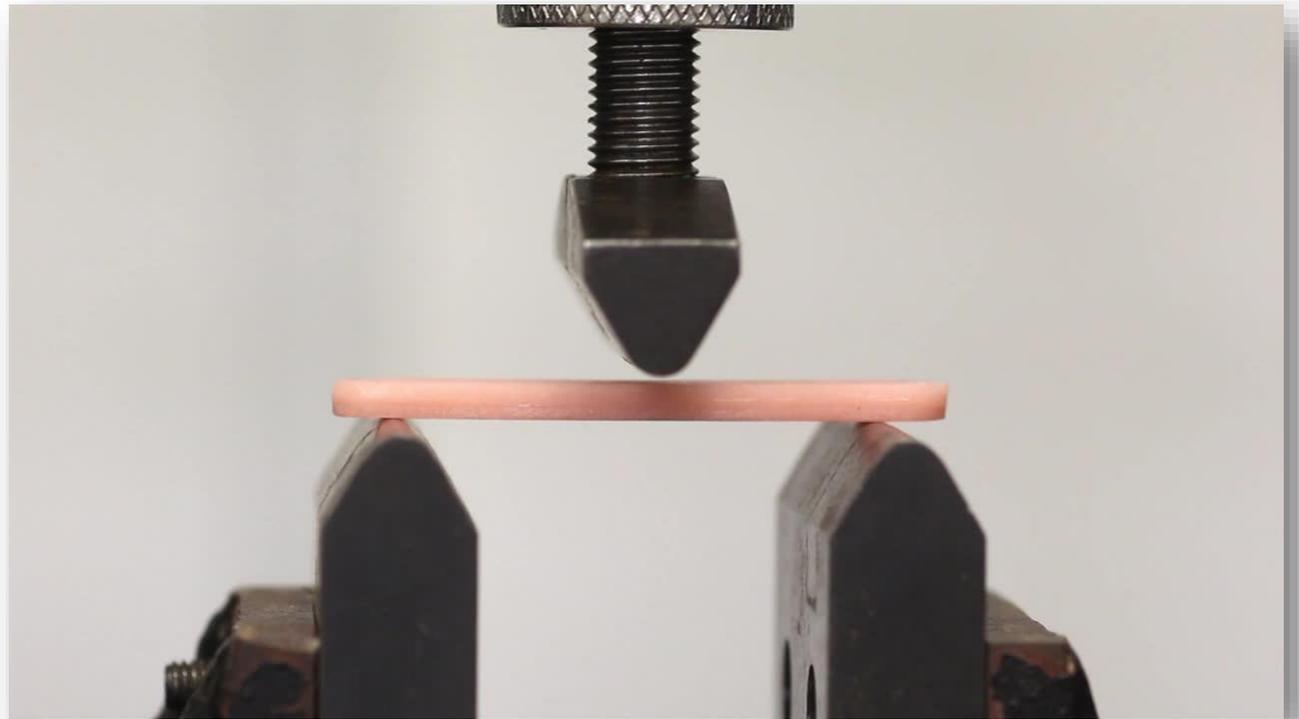
# Na Odontologia...

## Próteses



# Na Odontologia...

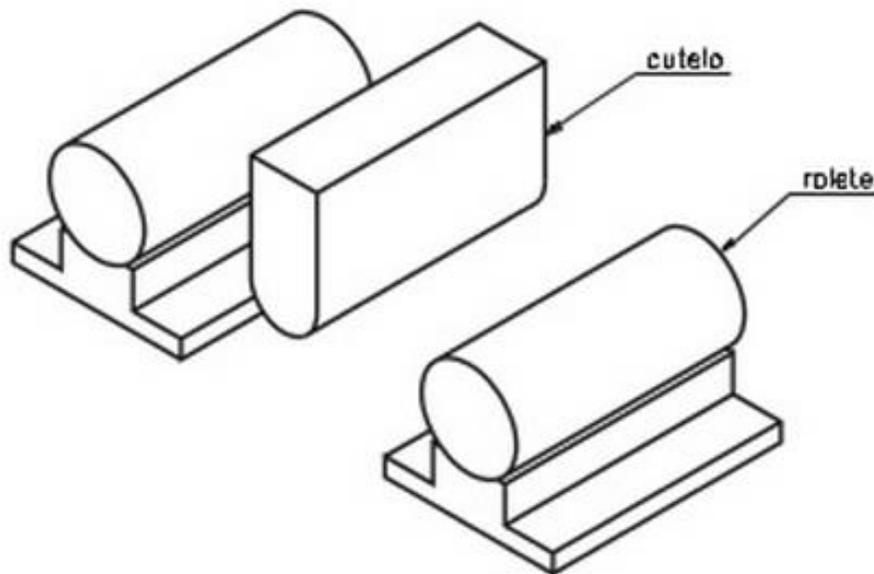
## Próteses



# Ensaio de Flexão

Flexão → Força provoca deformação elástica no material

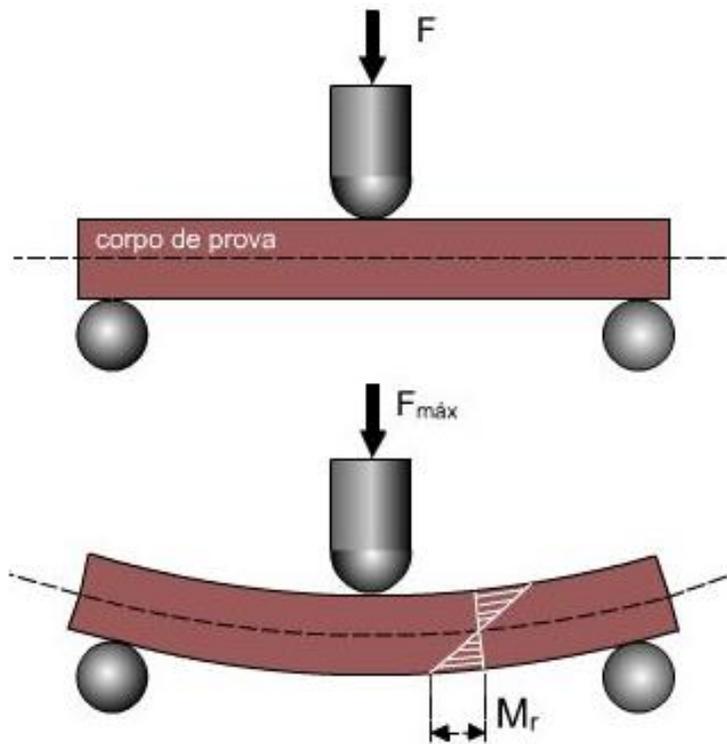
Dobramento → Força provoca deformação plástica no material



Flexão e dobramento:  
Utilizam o mesmo ensaio

# Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão pode ser realizado em materiais frágeis e resistentes.



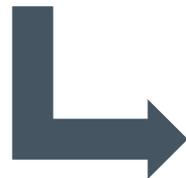
- Nos materiais frágeis a flexão é medida através da carga que é utilizada para provocar a fratura do corpo de prova.

Unidade: Megapascal (Mpa)

# Ensaio de Flexão

## Propriedades Mecânicas Avaliadas

- Uma dessas propriedades é a tensão de flexão



*Momento Fletor*

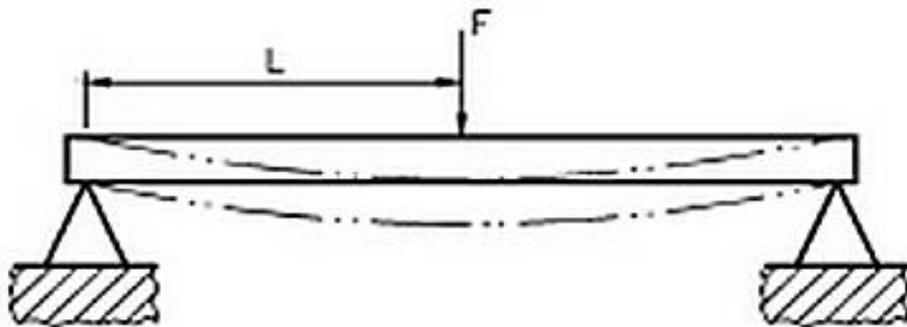
**MOMENTO:** *Produto da força pela distância do ponto de aplicação da força ao ponto de apoio.*

# Ensaio de Flexão

## Momento Fletor



Esforço próximo ao apoio, flexão da barra é pequena

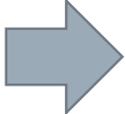
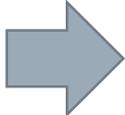


Esforço no ponto central da barra, flexão da barra é máxima

# Ensaio de Flexão

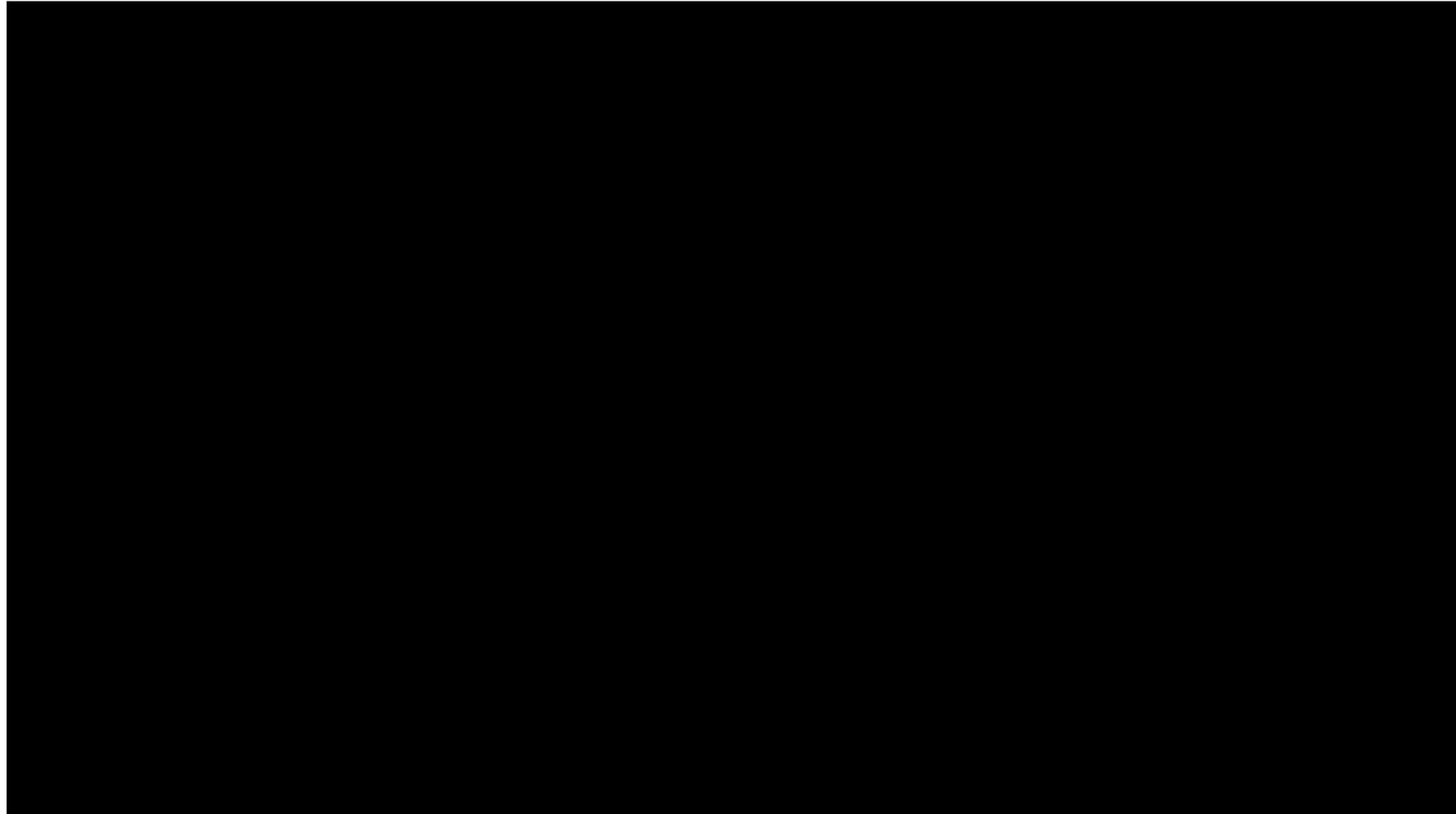
No ensaio de flexão a força é sempre aplicada na região média do corpo de prova e se distribui uniformemente

Para obter a tensão de flexão é necessário calcular o momento fletor:

- Considera-se a metade do valor da força   $F/2$
- E a metade do comprimento útil do corpo de prova   $L/2$

$$\text{Momento Fletor: } M = FL/4$$

# Ensaio de Flexão



# Ensaio de Compressão

## DEFINIÇÃO



- Conjunto de forças aplicadas na mesma direção;
- Sentidos opostos;
- Uma superfície é fixa e a outra é movimentada em direção ao ponto de fixação;

# Na Odontologia...

## Materiais Restauradores

Escolha de um material restaurador

Tecidos de suporte de cavidade bucal

Bruxismo

Fraturas



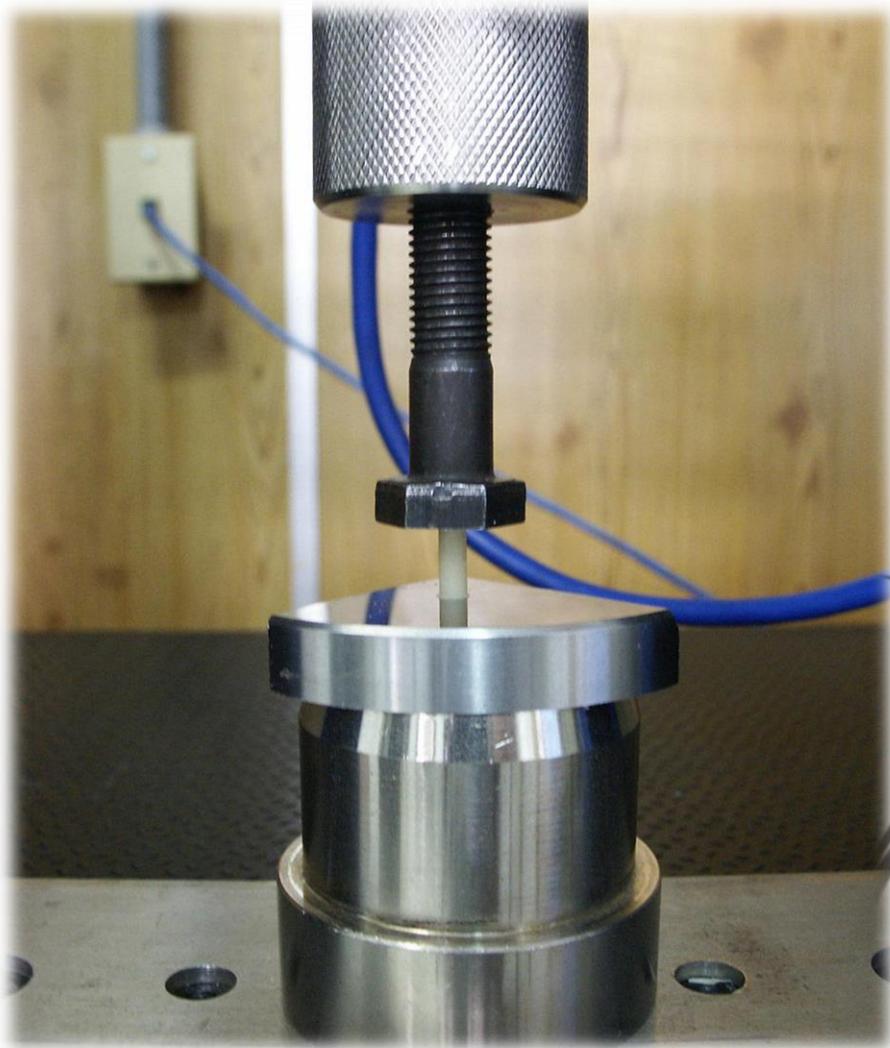
# Na Odontologia...

Revestimentos

Gessos



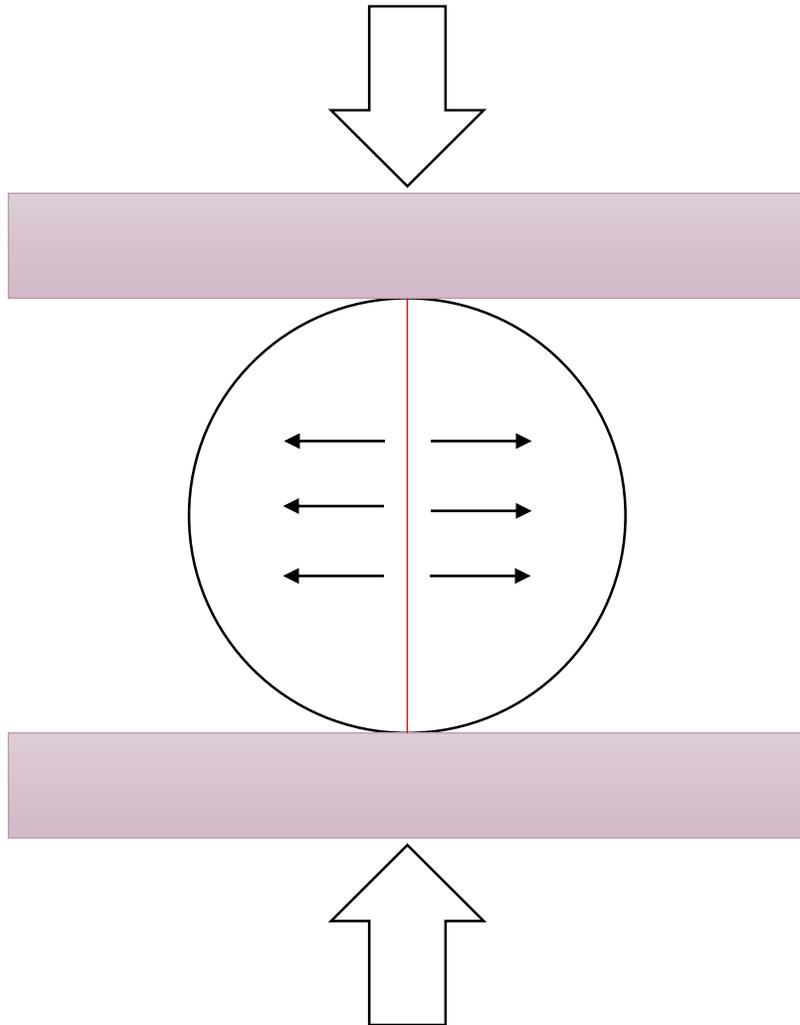
# Ensaio de Compressão



Para calcular a tensão de compressão, a força aplicada deve ser dividida pela área da secção transversal do material, perpendicular ao eixo de aplicação da força.

Máquina Universal de Ensaios

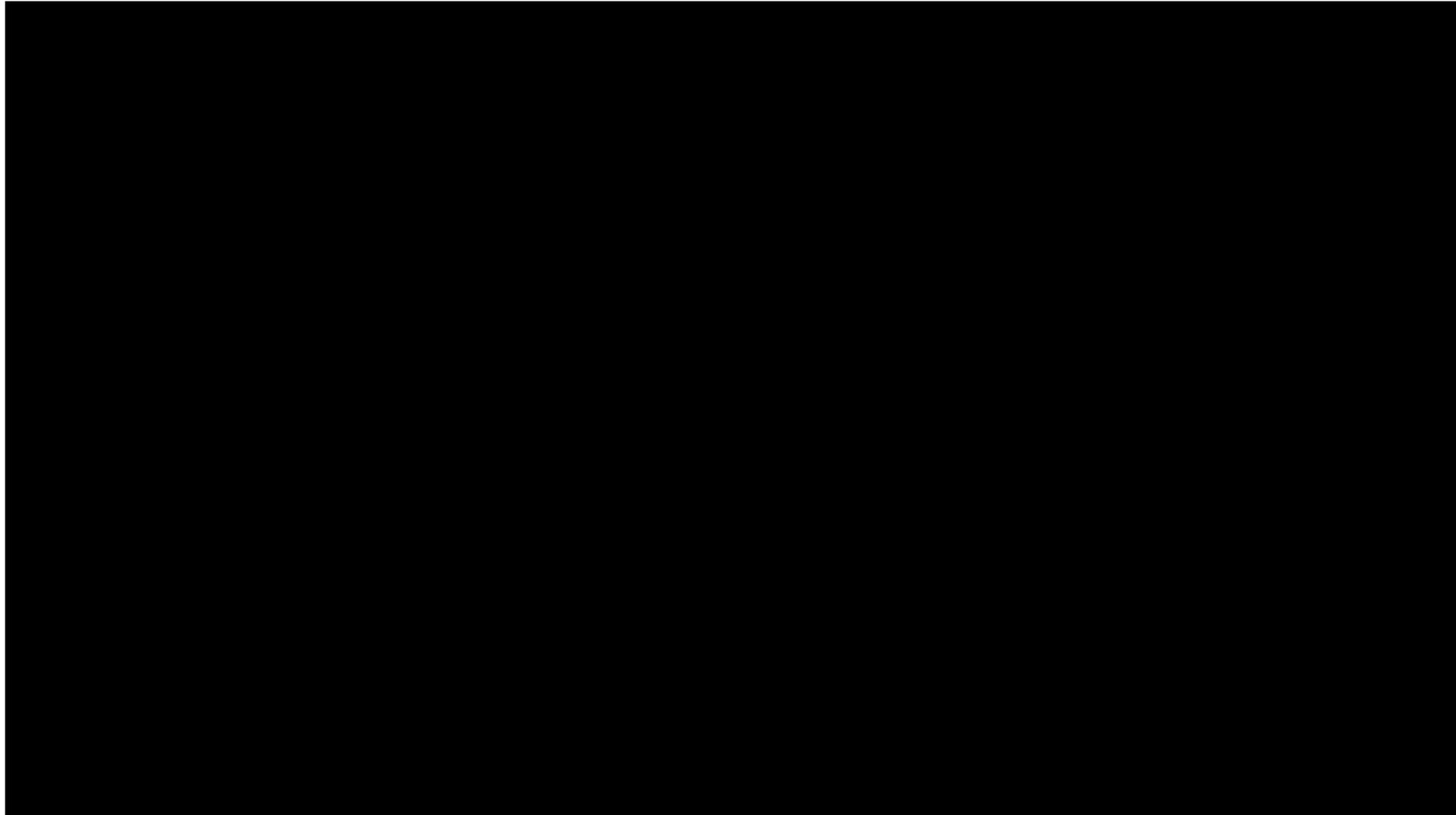
# Ensaio de Compressão



## Compressão Diametral

- Materiais que são frágeis e geralmente pouco resistentes à tração

# Ensaio de Compressão





[mariana.lima.valente@usp.br](mailto:mariana.lima.valente@usp.br)  
[andreare@forp.usp.br](mailto:andreare@forp.usp.br)