

Curso Modular Técnico Mecânica

Ensaio Mecânicos de Materiais Destrutivas

2020 – 1º Semestre

ENSAIO DE TRAÇÃO

- Deformação elástica
 - Young - Proporcional
 - Hooke – Elasticidade
- Escoamento
- Limite de resistência a tração
- Ruptura
- Resiliência
- Ductilidade

TIPOS DE ENSAIOS



Qual tipo de força está sendo submetido o cabo de aço do elevador?

Como podemos medir essa força?



Prof. Sérgio Saragiotto

PROPRIEDADE MECANICA DOS AÇOS



Propriedades mecânicas dos aços nas condições:
laminados a quente: normalizado e recozido.

Qualidade	AISI (1)	Condições	Temperatura de austenitização (°C)	Resist. à tração (MPa)★	Limite de escoamento (MPa)★	Alongamento (%)	Redução de área (%)	Dureza (HB)	Impacto (J)
1015	1015	Laminado	-	420	315	39,0	61	126	111
		Normalizado	925	425	325	37,0	70	121	115
		Recozido	870	385	285	37,0	70	111	115
1020	1020	Laminado	-	450	330	36,0	59	143	87
		Normalizado	870	440	345	35,8	68	131	118
		Recozido	870	395	295	36,5	66	111	123
1030	1030	Laminado	-	550	345	32,0	57	179	75
		Normalizado	925	525	345	32,0	61	149	94
		Recozido	845	460	345	31,2	58	126	69
1040	1040	Laminado	-	620	415	25,0	50	201	49
		Normalizado	900	595	370	28,0	55	170	65
		Recozido	790	520	350	30,2	57	149	45
1050	1050	Laminado	-	525	415	20,0	40	229	31
		Normalizado	900	750	430	20,0	39	217	27
		Recozido	790	525	365	23,7	40	187	18
1060	1060	Laminado	-	815	485	17,0	34	241	18
		Normalizado	900	775	420	18,0	37	229	14
		Recozido	790	625	370	22,5	38	179	11
1084	1084	Laminado	-	965	585	12,0	17	293	7
		Normalizado	900	1015	525	11,0	21	293	7
		Recozido	790	615	380	24,7	45	174	7
1095	1095	Laminado	-	965	570	9,0	18	293	4
		Normalizado	900	1015	505	9,5	14	293	5
		Recozido	790	655	380	13,0	21	192	3

MPa: Equivale à força de 1 N aplicada uniformemente sobre uma superfície de 1 m² (fonte: Igsteel).

Prof. Sérgio Saragiotto

ENSAIO DE TRAÇÃO

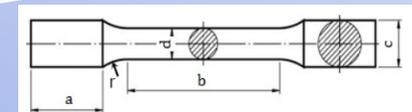
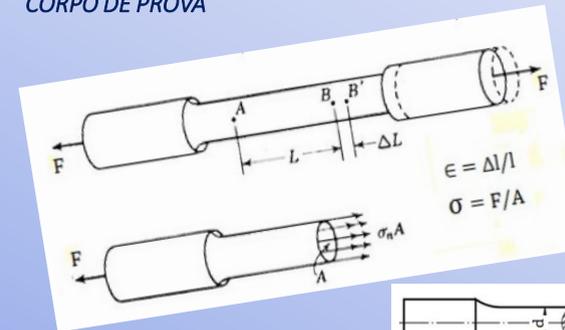


Metodologia: O ensaio de tração consiste em submeter o material a um esforço de tração que tende a alongá-lo até a ruptura.

Conceito: o ensaio de tração permite conhecer como os materiais reagem aos esforços de tração, quais os limites de tração que suportam e a partir de que momento rompem-se.

Prof. Sérgio Sarragiotto

CORPO DE PROVA



Corpo de prova

<http://miscelaneadoconhecimento.com/ResMat/tracao.html>

Prof. Sérgio Sarragiotto

ENSAIO DE TRAÇÃO



Equipamento: é realizado na Máquina Universal de Ensaios.



Prof. Sérgio Sarragiotto

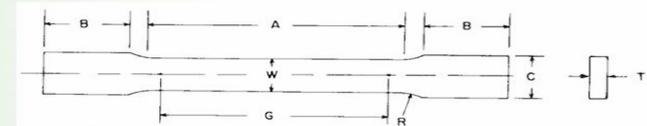
NORMA ABNT PARA CP



Corpo de prova: este ensaio é realizado em corpos de prova **normalizados** de secção retangular ou cilíndrica.



C: 12,5mm
B: 55,0mm
G: 25mm
A: 32mm
R: 6mm
T: 7mm



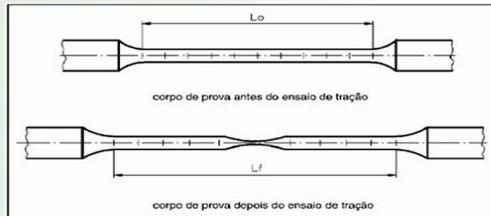
Prof. Sérgio Sarragiotto

ENSAIO DE TRAÇÃO



Alongamento: É a variação do comprimento do corpo de prova.

Quanto maior o alongamento, mais dúctil é o material.



$$\%AL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100$$

Onde:
 %AL= Alongamento percentual
 \$l_f\$= Comprimento na fratura
 \$l_0\$= Comprimento original

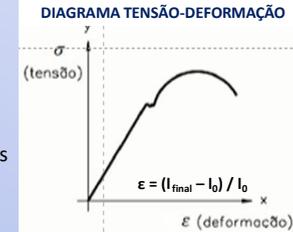
Prof. Sérgio Saragiotto

ENSAIO DE TRAÇÃO



No ensaio de tração convencionou-se que a área da seção utilizada para os cálculos é a da seção inicial (\$S_0\$) do corpo de prova.

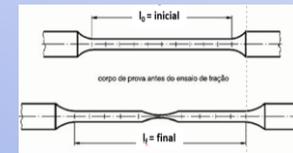
Assim, aplicando a fórmula da tensão pode-se obter os valores de tensão para montar um gráfico que mostre as relações entre tensão e deformação. Este gráfico é conhecido por diagrama tensão-deformação.



Os valores de deformação, representados pela letra grega minúscula \$\epsilon\$ (epsilon), dado pela fórmula:

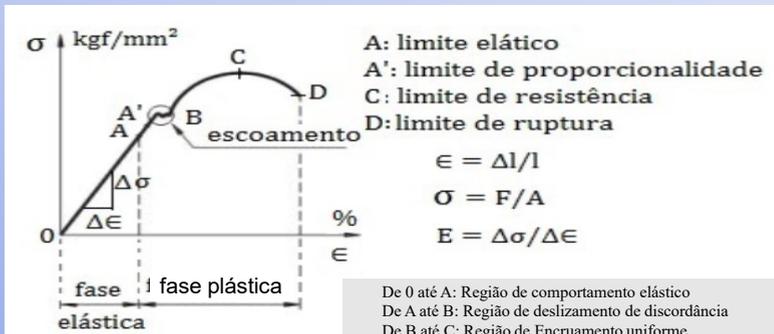
$$\epsilon = (l_{final} - l_0) / l_0 \rightarrow \epsilon = \Delta l / l_0$$

A **deformação** (\$\epsilon\$) no eixo das abscissas (x) e os valores de **tensão** (\$\sigma\$) são indicados no eixo das ordenadas (y).



Prof. Sérgio Saragiotto

Resumo



De 0 até A: Região de comportamento elástico
 De A até B: Região de deslizamento de discordância
 De B até C: Região de Encruamento uniforme
 De C até D: Região de Encruamento não uniforme

Na prática, considera-se que o limite de proporcionalidade e o limite de elasticidade são coincidentes.

Prof. Sérgio Saragiotto

O modulo de Elasticidade



$$\sigma = \frac{F}{A}$$

σ = Tensão
 F = Força
 A = Área

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\epsilon}$$

$$\epsilon = \frac{(l_f - l_0)}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

ϵ = Deformação
 l_f = comprimento final
 l_0 = comprimento inicial

E = Modulo de Elasticidade
 σ = Tensão
 ϵ = Deformação



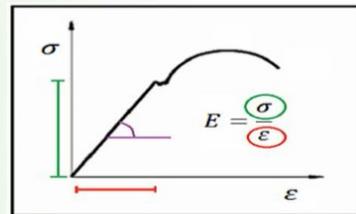
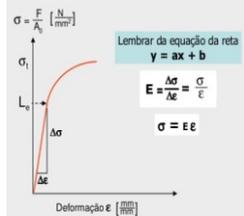
Prof. Sérgio Saragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS - MODULO DE ELASTICIDADE



Módulo de elasticidade: é a medida da rigidez do material.

Quanto maior for o módulo, mais rígido será o material.



Prof. Sérgio Sarragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS NO ENSAIO - DEFORMAÇÃO ELASTICA



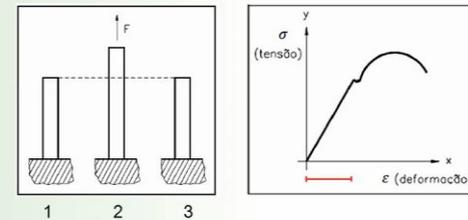
Deformação elástica: não é permanente. Uma vez cessados os esforços, o material volta à sua forma original.

Para a maioria dos materiais metálicos, o regime elástico persiste apenas até deformações de cerca de 0,2% até 0,5%.

À medida que o material é deformado além, desse ponto, a tensão não é mais proporcional à deformação (lei de Hooke).

Lei de Hooke é uma lei da física que determina a **deformação sofrida por um corpo elástico** através de uma força.

Este feito ocorreu em 1660 pelo físico inglês Robert Hooke (1635-1703)

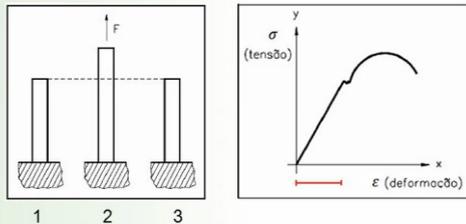


Prof. Sérgio Sarragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS NO ENSAIO - DEFORMAÇÃO ELÁSTICA



Deformação elástica: não é permanente. Uma vez cessados os esforços, o material volta à sua forma original.



O **Módulo de Young** é uma propriedade mecânica que define a relação entre tensão (força por unidade de área) e **deformação (deformação proporcional)** em um material no regime de elasticidade linear de uma deformação uniaxial.

O módulo de Young tem o nome do cientista britânico do século 1810 Thomas Young

Lei Hook deformação elástica.

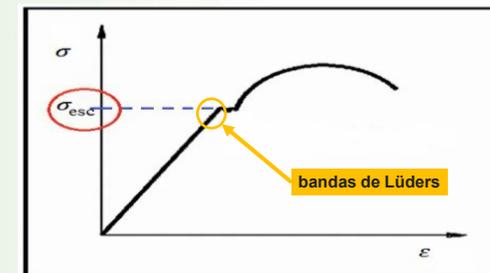
Lei Young : parcela da deformação elástica, que apresenta proporcionalidade entre força de deslocamento

Prof. Sérgio Saragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS NO ENSAIO - ESCOAMENTO



Tensão de escoamento: É o valor da tensão o qual inicia-se o escoamento.



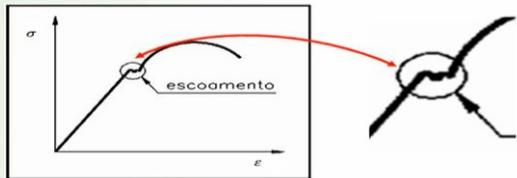
Prof. Sérgio Saragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS NO ENSAIO - ESCOAMENTO



No início da fase plástica ocorre um fenômeno chamado **escoamento**.

O escoamento caracteriza-se por um grande alongamento sem acréscimo de carga.



Prof. Sérgio Sarragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS NO ENSAIO - ESCOAMENTO

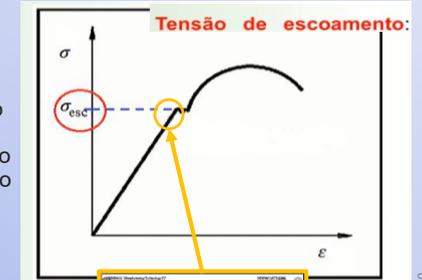


As bandas de Lüders ou bandas de deslizamento

São bandas localizadas antes da deformação plástica em metais que sofrem tensões de tração, comuns a aços de baixo, o mecanismo que estimula sua aparência é conhecido como "envelhecimento dinâmico da tensão".

A formação de uma banda de Lüders é precedida por um ponto de escoamento.

Então a banda aparece como um evento localizado de uma única banda entre material deformado plasticamente. .



Prof. Sérgio Sarragiotto

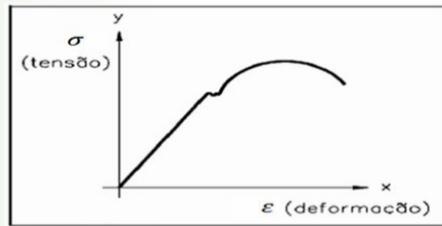
GRAFICO DO ENSAIO DE TRAÇÃO – (TENSÃO DEFORMAÇÃO)



Este gráfico é conhecido por diagrama tensão-deformação. A partir do gráfico e da amostra é possível mensurar uma série de propriedades.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{L_o - L_f}{L_o} \times 100$$

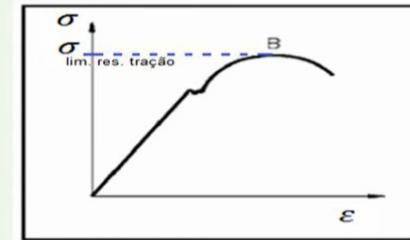


Prof. Sérgio Sarragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS – RESISTENCIA A TRAÇÃO



limite de resistência a tração: é a resistência máxima (tensão máxima) que o material suporta.

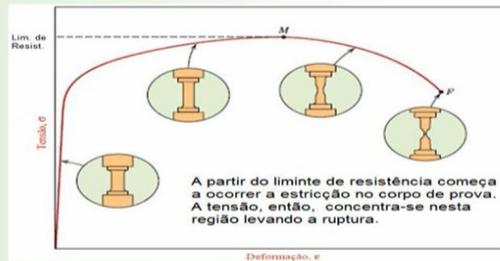


Prof. Sérgio Sarragiotto

ENSAIO DE TRAÇÃO



Estricção: é a redução percentual da área da seção transversal do corpo de prova na região onde vai se localizar a ruptura.

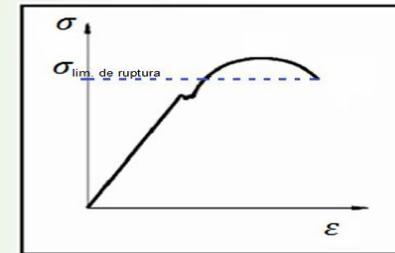


Prof. Sérgio Saragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS NO ENSAIO - LIMITE A RUPTURA



Limite de ruptura: é tensão no qual ocorre ruptura do material.

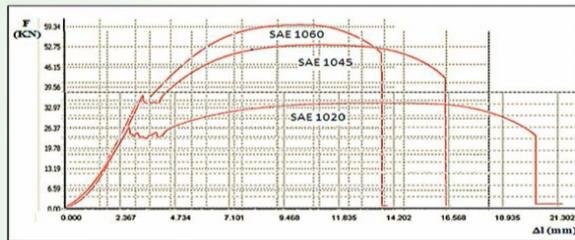


Prof. Sérgio Saragiotto

PROPRIEDADES AVALIADAS NO ENSAIO - ESCOAMENTO



O **escoamento** é nitidamente observado em alguns metais de natureza dúctil, como aços baixo teor de carbono.



Prof. Sérgio Sarragiotto

Ensaio de Tração: Curva Tensão Deformação Convencional

- Tensão Convencional, nominal ou de Engenharia

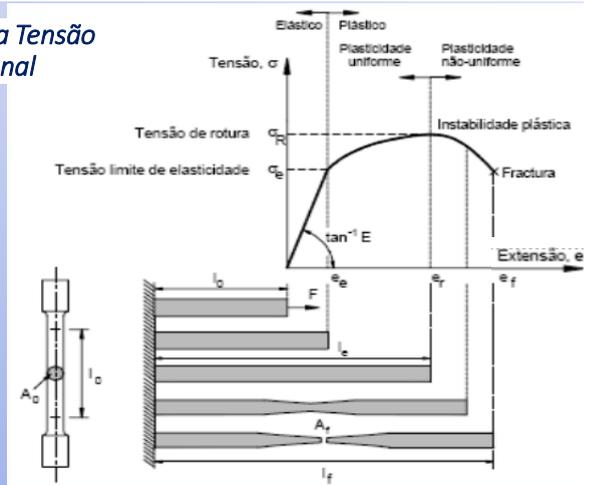
$\sigma_c = \frac{P}{A_0}$

σ_c = tensão
 P = carga aplicada
 A_0 = seção transversal original

- Deformação Convencional, nominal ou de Engenharia

$\epsilon_c = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$

ϵ_c = deformação (adimensional - mm/mm)
 l_0 = comprimento inicial de referência (mm)
 l = comprimento de referência para cada carga (mm)

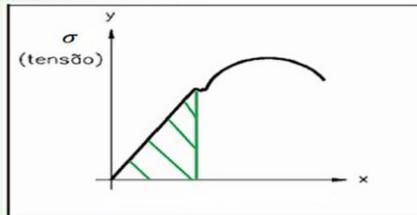


PROPRIEDADES AVALIADAS NO ENSAIO - RESILIÊNCIA



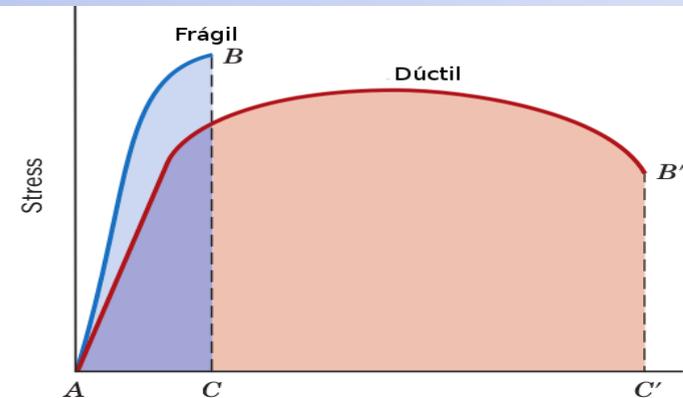
Resiliência: É a capacidade do material absorver e devolver energia sem deformação permanente.

Essa propriedade tem validade no campo elástico.



Prof. Sérgio Sarragiotto

Comparação entre materiais dúctil e frágil

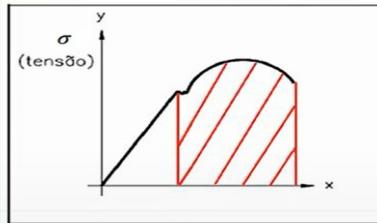


Prof. Sérgio Sarragiotto

ENSAIO DE TRAÇÃO



Ductilidade: é a capacidade que o material apresenta de deformar-se plasticamente ou antes de sua ruptura.



Ductilidade pode ser medida em termos de:

- **Alongamento**
- **Estricção**

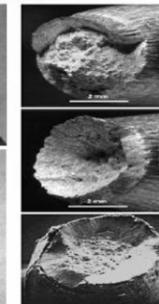
Prof. Sérgio Sarragiotto

ENSAIO DE TRAÇÃO

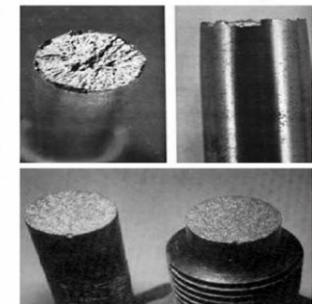


Aspecto do corpo de prova ensaiado.

Material dúctil

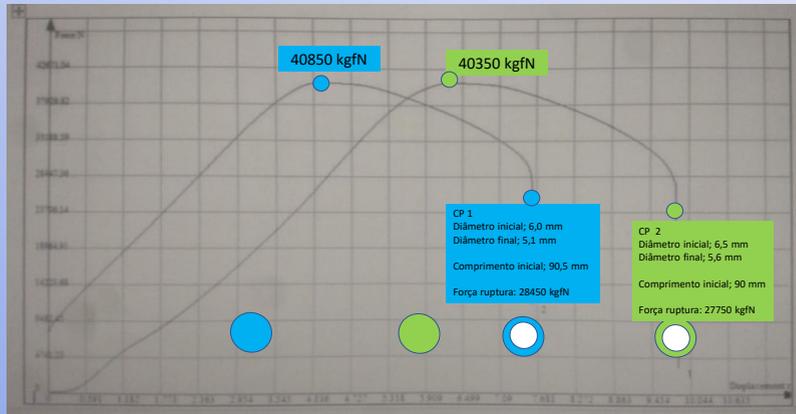


Material Frágil



Prof. Sérgio Sarragiotto

Gráficos resultados do ensaio de tração



ENSAIO DE TRAÇÃO: RELATÓRIO 1

Parte 1 - Inclusão dos dados obtidos no ensaio



Corpo de Prova (CP): **CP1 - Corpo de prova cilíndrico: ϕ 6 mm x 90,5 mm**

Material do CP : **Aço 1035**

Comprimento Inicial : Lo = **90,5** mm

Diâmetro inicial : Do = **6,0** mm

Força de Resistência : F res = **40850** Kgf - N

Força de Ruptura : F rup = **28450** Kgf - N

Comprimento Final : L = **97,9** mm

Diâmetro Final : D = **5,1** mm

RESULTADO DO ENSAIO CP1
Dados obtidos no ensaio

Diâmetro Inicial; 6,0 mm
Diâmetro Final; 5,1 mm

Comprimento Inicial; 90,5 mm
Comprimento Final; 97,9 mm

Força de resistência 40850 Kgf.N
Força de ruptura 28450 Kgf.N

ENSAIO DE TRAÇÃO: RELATÓRIO 1 - Parte 2



Cálculos

Área inicial A ₀ :	$A_0 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$A_0 = \frac{\pi \cdot 6^2}{4} = 28,26 \text{ mm}^2$	
Área final A :	$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$A = \frac{\pi \cdot 5,1^2}{4} = 20,42 \text{ mm}^2$	
Alongamento relativo ε :	$\epsilon = \frac{ L - L_0 }{L_0}$	$\epsilon = \frac{97,9 - 90,5}{90,5} = 0,0818$	
Alongamento percentual % :	$\epsilon = \frac{ L - L_0 }{L_0} \times 100$	$\epsilon = \frac{0,0818}{1} \times 100 = 8,2 \%$	
Estricção φ :	$\phi = \frac{ A - A_0 }{A_0} \times 100$	$\phi = \frac{28,26 - 20,42}{28,26} \times 100 = 15,0 \%$	
Limite de Resistência = Tensão de Resistência = σ _{res}	$\sigma_{res} = \frac{F_{res}}{A_0}$	$\sigma_{res} = \frac{40850}{28,26} = 1445,5 \text{ Kgf} \cdot \text{N} / \text{mm}^2$	
Limite de Ruptura = Tensão de Ruptura = σ _{rup}	$\sigma_{rup} = \frac{F_{rup}}{A_0}$	$\sigma_{rup} = \frac{28450}{28,26} = 1006,72 \text{ Kgf} \cdot \text{N} / \text{mm}^2$	

RESULTADO DO ENSAIO
Dados obtidos no ensaio

Diâmetro Inicial; 6,0 mm
Diâmetro Final; 5,1 mm
Comprimento Inicial; 90,5 mm
Comprimento Final; 97,9 mm
Força de resistência 40850 Kgf.N
Força de ruptura 28450 Kgf.N

Ensaio de tração – Exercício



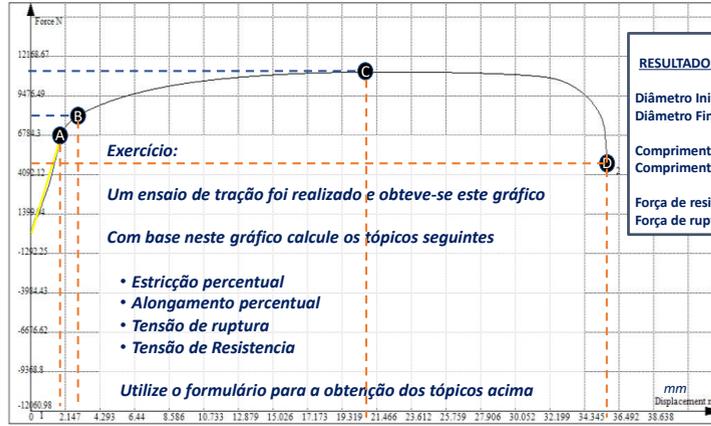
Exercício:

Um ensaio de tração foi realizado e obteve-se este gráfico

Com base neste gráfico calcule os tópicos seguintes

- Estricção percentual
- Alongamento percentual
- Tensão de ruptura
- Tensão de Resistencia

Utilize o formulário para a obtenção dos tópicos acima



RESULTADO DO ENSAIO DO CP1

Diâmetro Inicial; 6,0 mm
Diâmetro Final; 4,7 mm
Comprimento Inicial; 90 mm
Comprimento Final; 125 mm
Força de resistência 11000 Kgf.N
Força de ruptura 4500 Kgf.N

Prof. Sérgio Sarragiotto