

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
NÚCLEO DE ENSAIOS MECÂNICOS E ANÁLISE DE FALHAS**



Disciplina SMM-0342 – Introdução ao Ensaio Mecânico de Materiais

Professor: Cassius Olívio Figueiredo Terra Ruchert (cassius@sc.usp.br)

Monitor: Lucas Gouvea Silva (lucas.gouvea.silva@outlook.com)

Monitor: **Raimundo Gomes de Amorim Neto** (raimundoamorim@yahoo.com.br)

São Carlos-SP
Setembro de 2015

Lista 04

Q11 – Os dados a seguir foram obtidos com uma série de ensaios de impacto Charpy em quatro tipos de aço, cada um deles com um teor de manganês distinto. Trace o gráfico utilizando papel milimetrado de energia absorvida-temperatura e determine:

- a temperatura de transição em função do teor de manganês definida pela média das energias absorvidas nas regiões dúctil e frágil;
- a temperatura de transição em função do teor de manganês definida como a temperatura correspondente a 50 J de energia absorvida.
- Qual seria o teor mínimo de manganês para que o aço pudesse ser empregado em uma peça usada a 0°C?

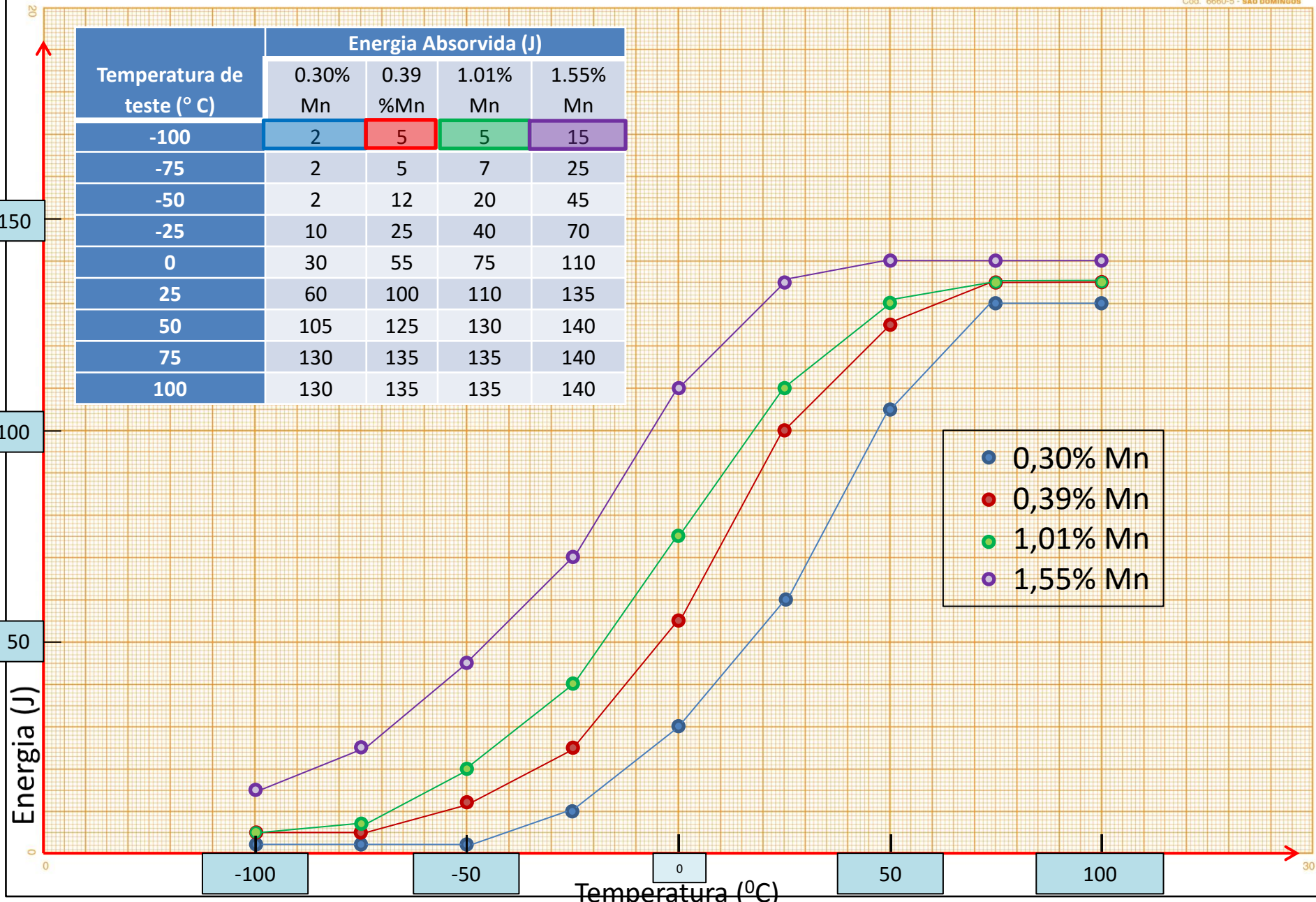
Tabela 2 – Energia absorvida de um aço para diferentes teores de Mn.

Temperatura de teste (° C)	Energia Absorvida (J)			
	0.30%Mn	0.39%Mn	1.01%Mn	1.55%Mn
-100	2	5	5	15
-75	2	5	7	25
-50	2	12	20	45
-25	10	25	40	70
0	30	55	75	110
25	60	100	110	135
50	105	125	130	140
75	130	135	135	140
100	130	135	135	140

Lista 04

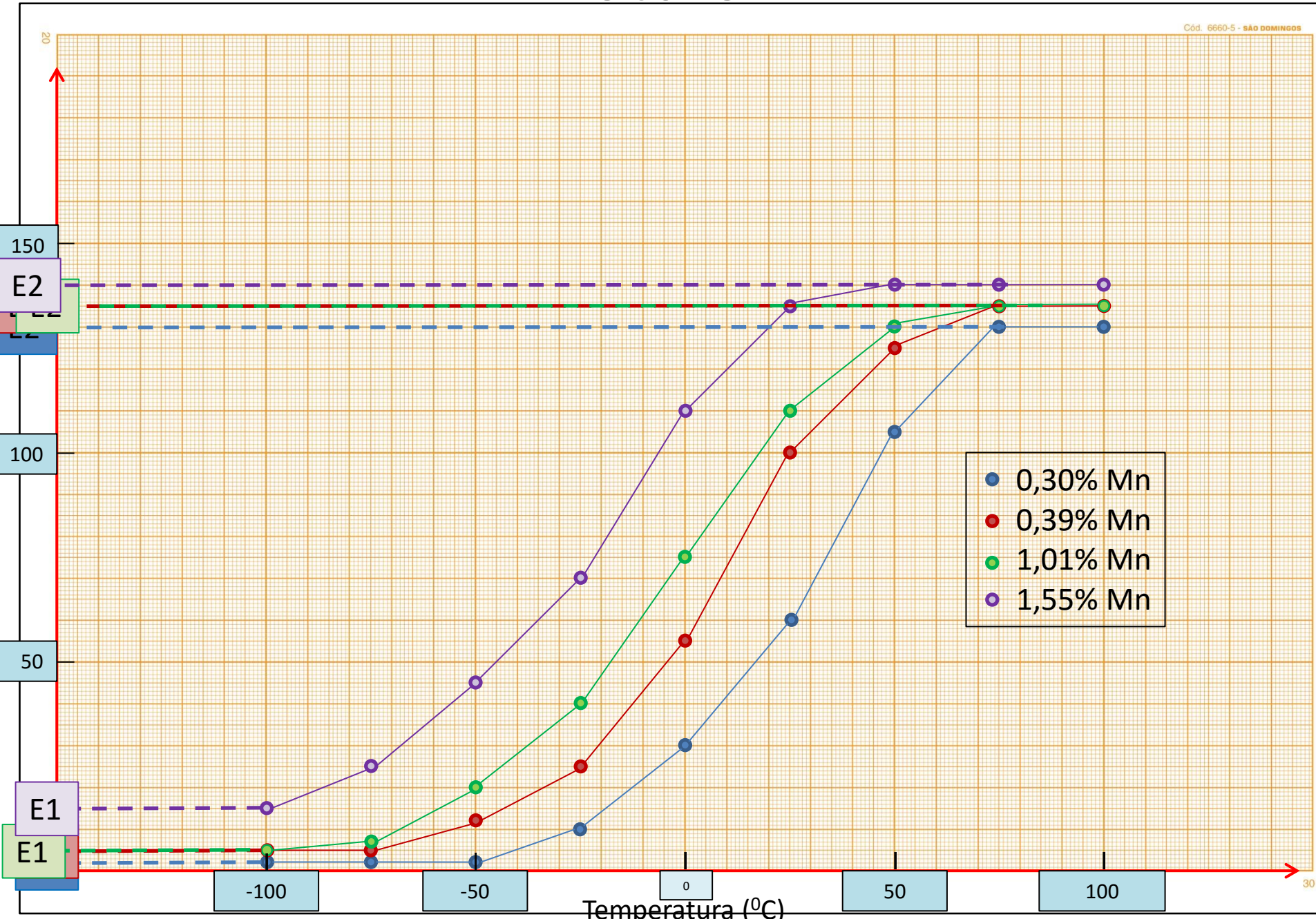
Cód. 6660-5 - SÃO DOMINGOS

Temperatura de teste (° C)	Energia Absorvida (J)			
	0.30% Mn	0.39 %Mn	1.01% Mn	1.55% Mn
-100	2	5	5	15
-75	2	5	7	25
-50	2	12	20	45
-25	10	25	40	70
0	30	55	75	110
25	60	100	110	135
50	105	125	130	140
75	130	135	135	140
100	130	135	135	140



Lista 04

Cód. 6660-5 - SÃO DOMINGOS



Lista 04

$$E_{trans} = \frac{E2 + E1}{2} + E1$$

• 0,30% Mn

E1= 2 J

E2= 130 J

$$E_{trans} = \frac{2 + 130}{2} + 2$$

$$E_{trans} = 68 J$$

• 0,39% Mn

E1= 5J

E2= 135 J

$$E_{trans} = \frac{5 + 135}{2} + 5$$

$$E_{trans} = 75 J$$

• 1,01% Mn

E1= 5 J

E2= 135 J

$$E_{trans} = \frac{5 + 135}{2} + 5$$

$$E_{trans} = 75 J$$

• 1,55% Mn

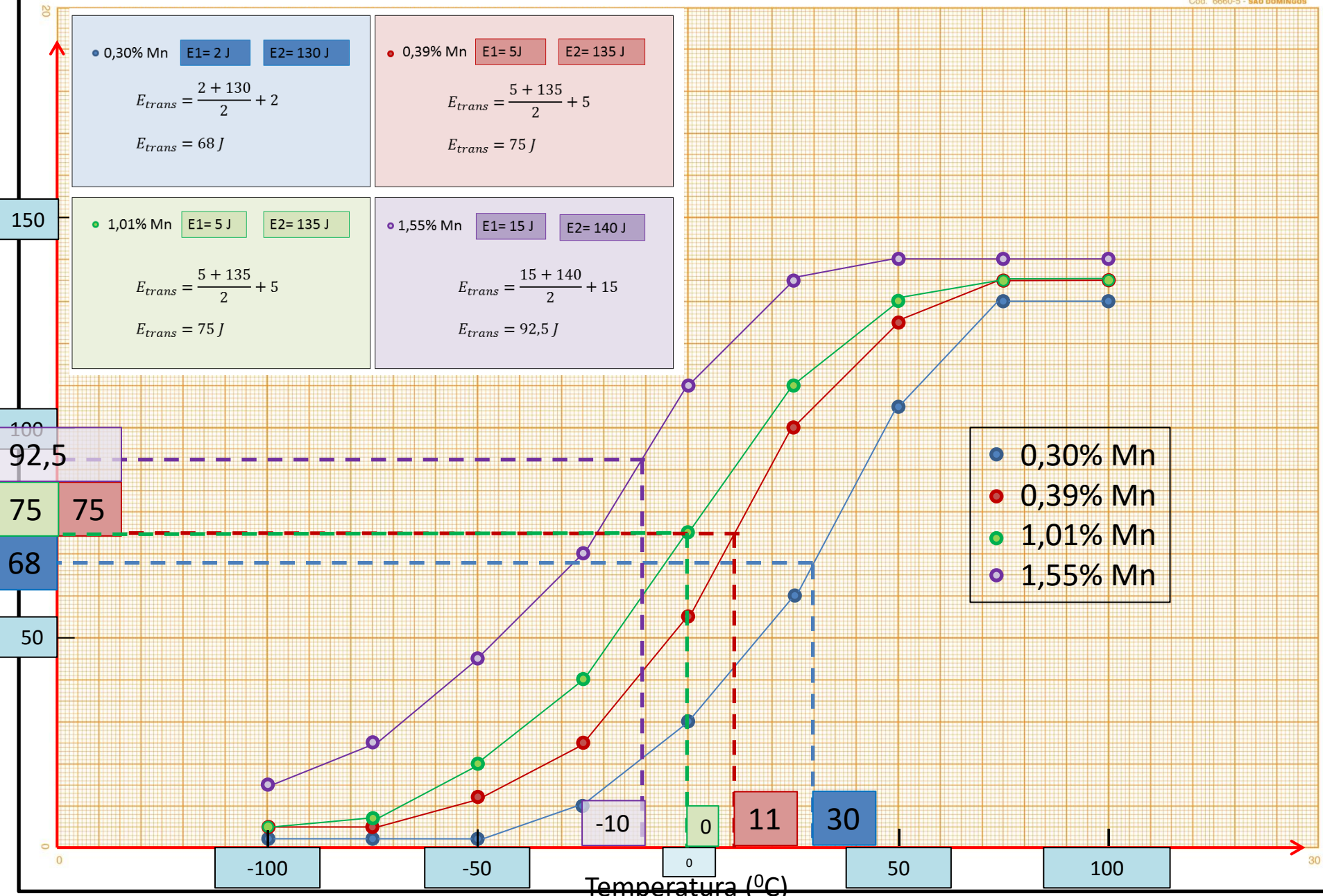
E1= 15 J

E2= 140 J

$$E_{trans} = \frac{15 + 140}{2} + 15$$

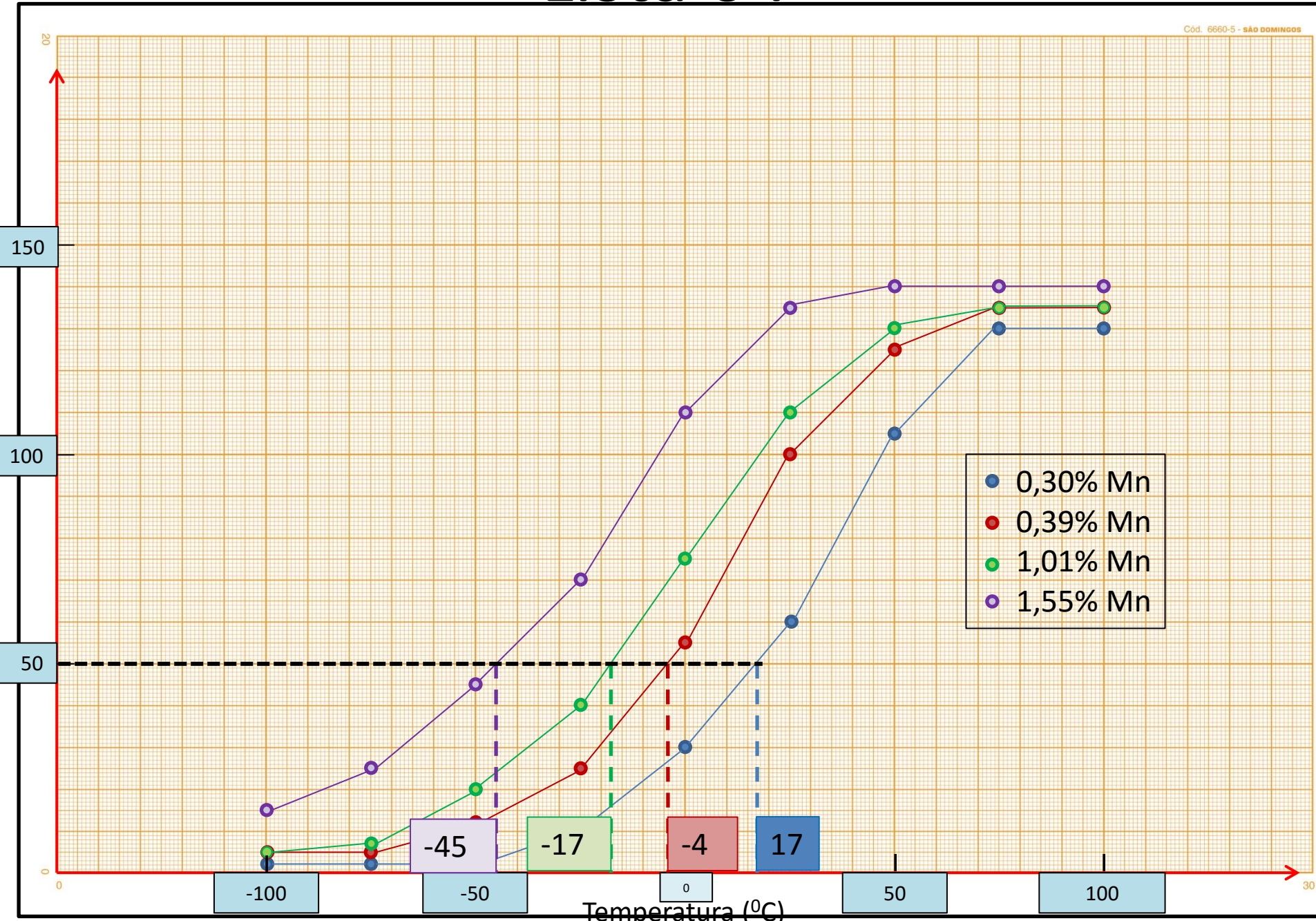
$$E_{trans} = 92,5 J$$

Lista 04



Lista 04

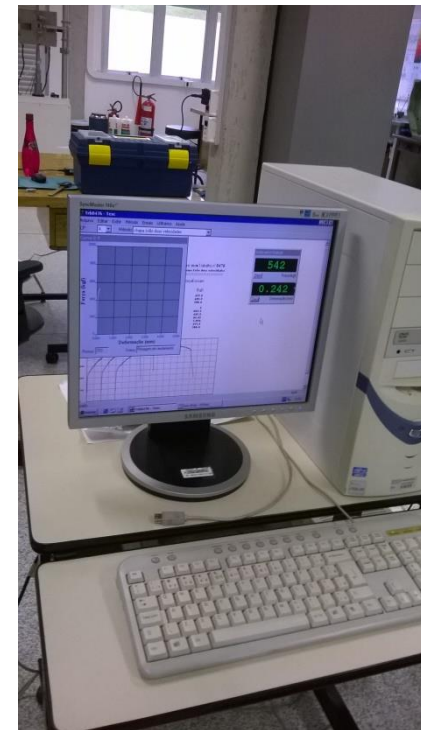
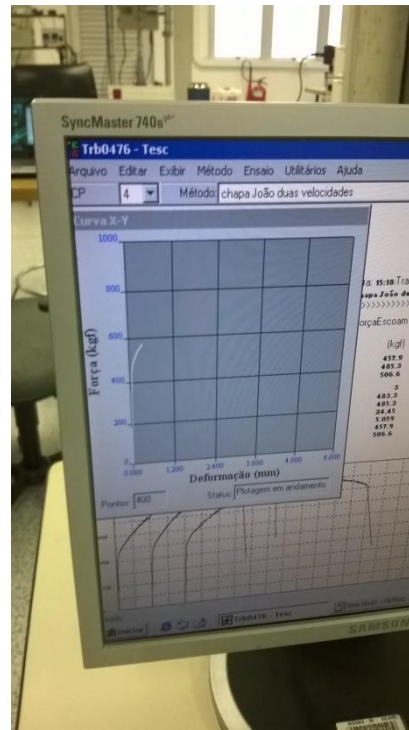
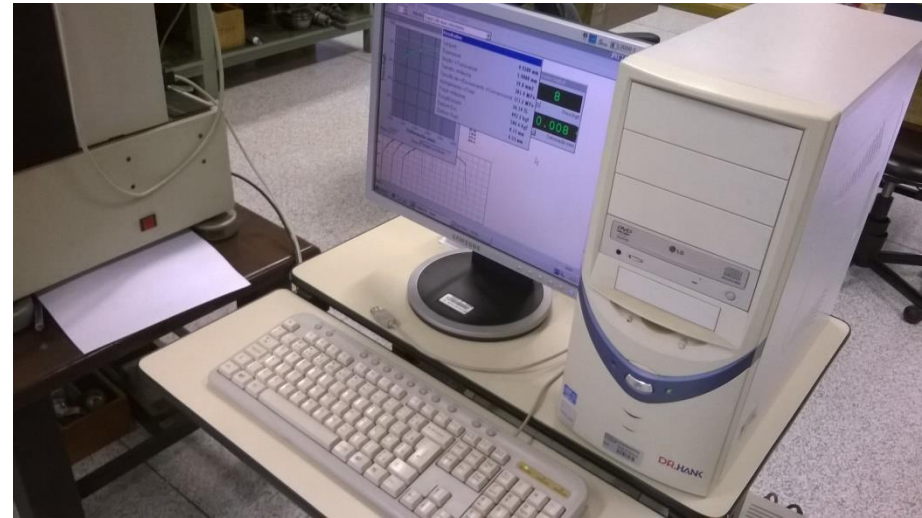
Cód. 6660-5 - SÃO DOMINGOS



Lista 05



Lista 05



Lista 05

Q7 – Os valores de P e Δl estão dados na tabela abaixo e correspondem a parte inicial do gráfico de ensaio de tração para liga de alumínio 7075 T651. O diâmetro inicial de ensaio foi de 9,07mm e o comprimento inicial L_0 era 58,8mm.

- Desenhe o gráfico tensão-deformação de engenharia e verdadeiro.
- Determine a tensão de escoamento para uma deformação de 0,002.
- Qual a força necessária para causar escoamento para uma barra fabricada com a mesma liga porém com diâmetro inicial de 20 mm. Compare os valores e explique a diferença em função do diâmetro das barras (9,07 e 20mm).

P (N)	Δl (mm)
0	0
7220	0,0839
14340	0,1636
21060	0,241
26800	0,308
31700	0,380
34100	0,484
35000	0,614
36000	0,924
36500	1,279
36900	1,622
37200	1,994

Lista 05

Tensão-deformação de Engenharia (Convencional)

$$\sigma_c = \frac{P}{A_0} \quad \epsilon_c = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Tensão-deformação Verdadeiro (Real)

$$\sigma_R = \sigma_c(1 + \epsilon_c)$$

$$\epsilon_R = \ln(1 + \epsilon_c)$$

Q7 – Os valores de P e Δl estão dados na tabela abaixo e correspondem a parte inicial do gráfico de ensaio de tração para liga de alumínio 7075 T651. O diâmetro inicial de ensaio foi de 9,07mm e o comprimento inicial L_0 era 58,8mm.

$$A_0 = \pi \times \left(\frac{D_o}{2}\right)^2 \quad A_0 = \pi \times \left(\frac{9,07}{2}\right)^2$$

$$A_0 = 64,61 \text{ mm}^2$$

$$l_0 = 58,8 \text{ mm}$$

$$l_0 = 58,8 \text{ mm}$$

Lista 05

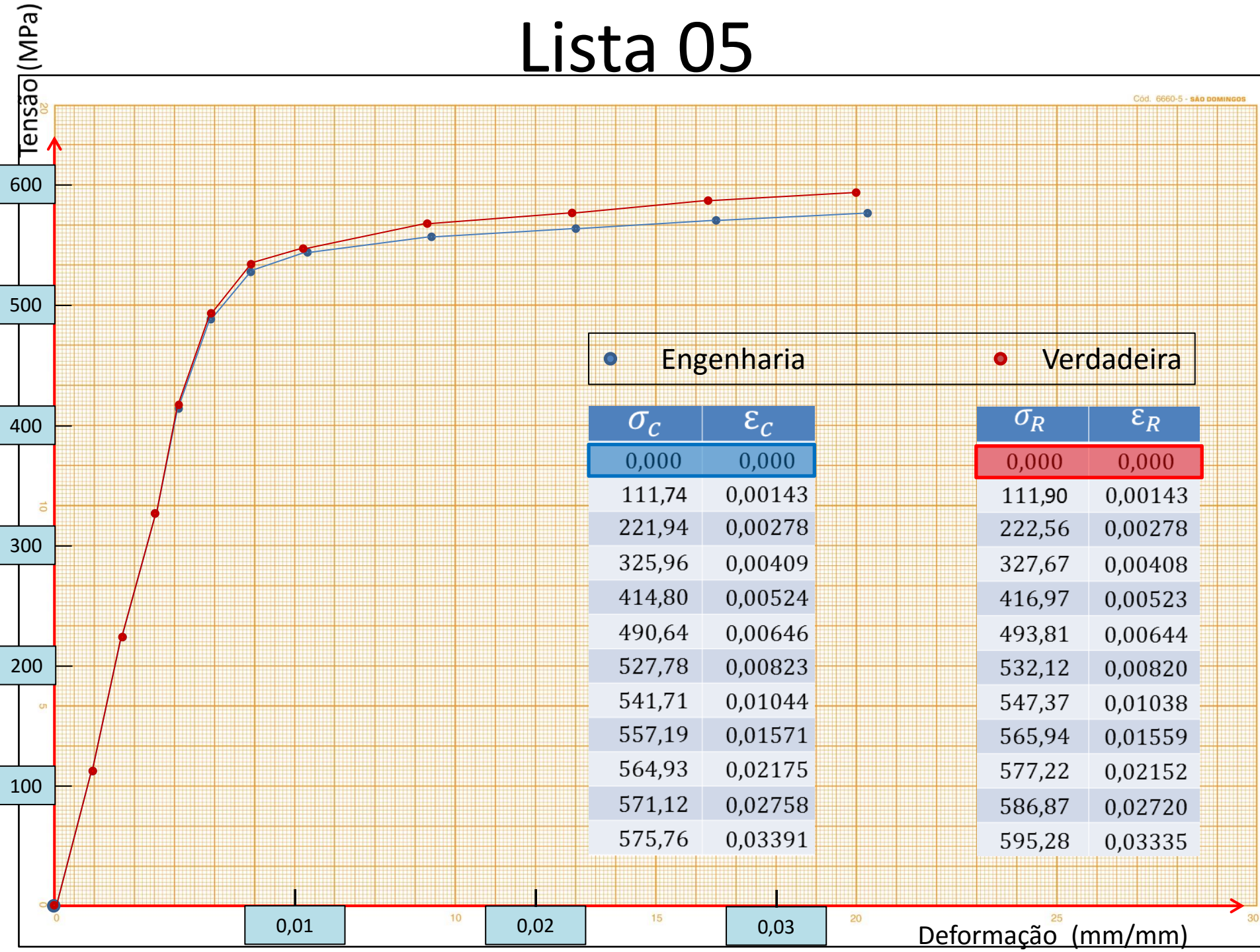
$$A_0 = 64,61 \text{ mm}^2$$

P (N)	Δl (mm)	σ_c	ε_c	$1 + \varepsilon_c$	σ_R	ε_R
0	0	$\sigma_c = 0,0000 \sigma_0$	$\varepsilon_c = 0,0000 \varepsilon_0$	1,00000	$\sigma_R = 0,0000 \sigma_c$	$\varepsilon_R = 0,0000 \varepsilon_c$
7220	0,0839	111,74	0,00143	1,00143	111,90	0,00143
14340	0,1636	221,94	0,00278	1,00278	222,56	0,00278
21060	0,241	325,96	0,00409	1,00409	327,67	0,00408
26800	0,308	414,80	0,00524	1,00524	416,97	0,00523
31700	0,380	490,64	0,00646	1,00646	493,81	0,00644
34100	0,484	527,78	0,00823	1,00823	532,12	0,00820
35000	0,614	541,71	0,01044	1,01044	547,37	0,01038
36000	0,924	557,19	0,01571	1,01571	565,94	0,01559
36500	1,279	564,93	0,02175	1,02175	577,22	0,02152
36900	1,622	571,12	0,02758	1,02758	586,87	0,02720
37200	1,994	575,76	0,03391	1,03391	595,28	0,03335

$$\sigma_c = \frac{P}{A_0} \quad \varepsilon_c = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \sigma_R = \sigma_c(1 + \varepsilon_c) \quad \varepsilon_R = \ln(1 + \varepsilon_c)$$

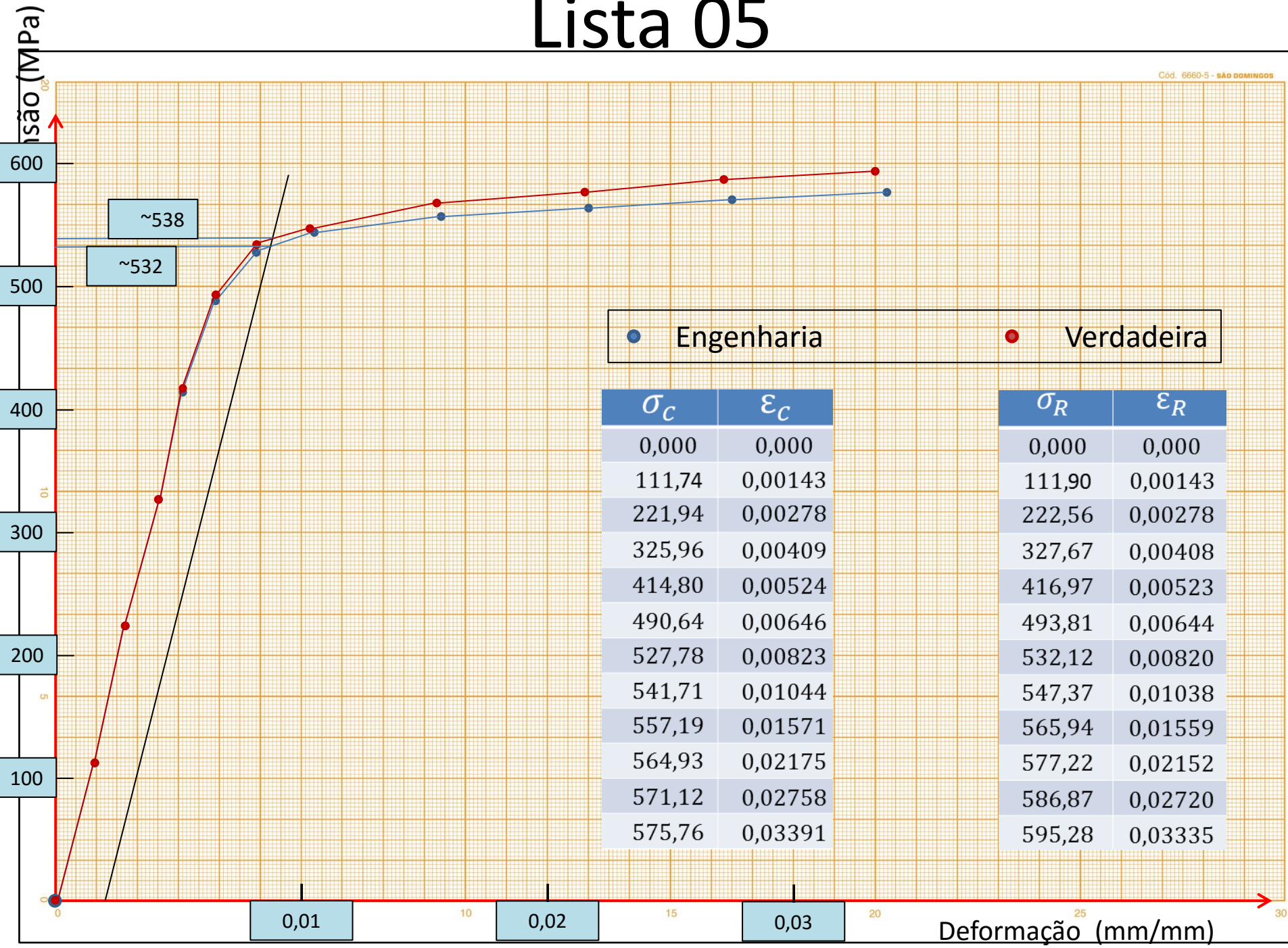
Lista 05

Cód. 6660-5 - SÃO DOMINGOS



Lista 05

Cód. 6660-5 - SÃO DOMINGOS



Lista 05

Cálculo do módulo de Elasticidade (E)

$$E = \tan \alpha = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon}$$

$$E = \frac{414,80 - 0}{0,00524 - 0}$$

$$E = 79\,160,30 \text{ MPa}$$

$$E = 79,16 \text{ GPa}$$

Limite de ruptura

$$\sigma_r = 575,76 \text{ MPa}$$

Módulo de Resiliência

$$U_r = \frac{\sigma_{LP}^2}{2E} = \frac{\sigma_Y^2}{2E}$$

$$U_r = \frac{532^2}{2 \times 79160}$$

$$U_r = 1,78 \text{ N mm/mm}^3$$

Ver Gráfico

Ver Tabela

Lista 05



Alongamento percentual %AL

$$\%AL = 100 \times \frac{L_f - L_0}{L_0} \quad \%AL = 100 \times \frac{60,79 - 58,80}{58,80}$$

$$\%AL = 3,38 \%$$

Redução de área percentual %RA (Adotei Df=8,9mm)

$$\%RA = 100 \times \frac{A_o - A_f}{A_o} \quad \%RA = 100 \times \frac{64,61 - 62,21}{64,61}$$

$$\%RA = 3,71 \%$$

Ver Gráfico

Ver Tabela

Lista 05



Módulo de tenacidade U_t

$$U_t = \frac{\sigma_Y + \sigma_r}{2} \times \varepsilon_f \quad U_t = \frac{532 + 575,76}{2} \times 0,03391$$

$$U_t = 18,78 \text{ Nmm/mm}^3$$

Parâmetros k e n (região plástica – curva tensão real-deformação real)

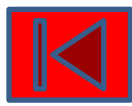
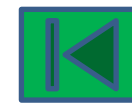
$$\sigma_R = k \varepsilon_R^n \quad \begin{cases} 547,37 = k \times 0,01038^n \\ 595,28 = k \times 0,03335^n \end{cases}$$

$$n \approx 0,072 \quad k \approx 760 \text{ MPa}$$

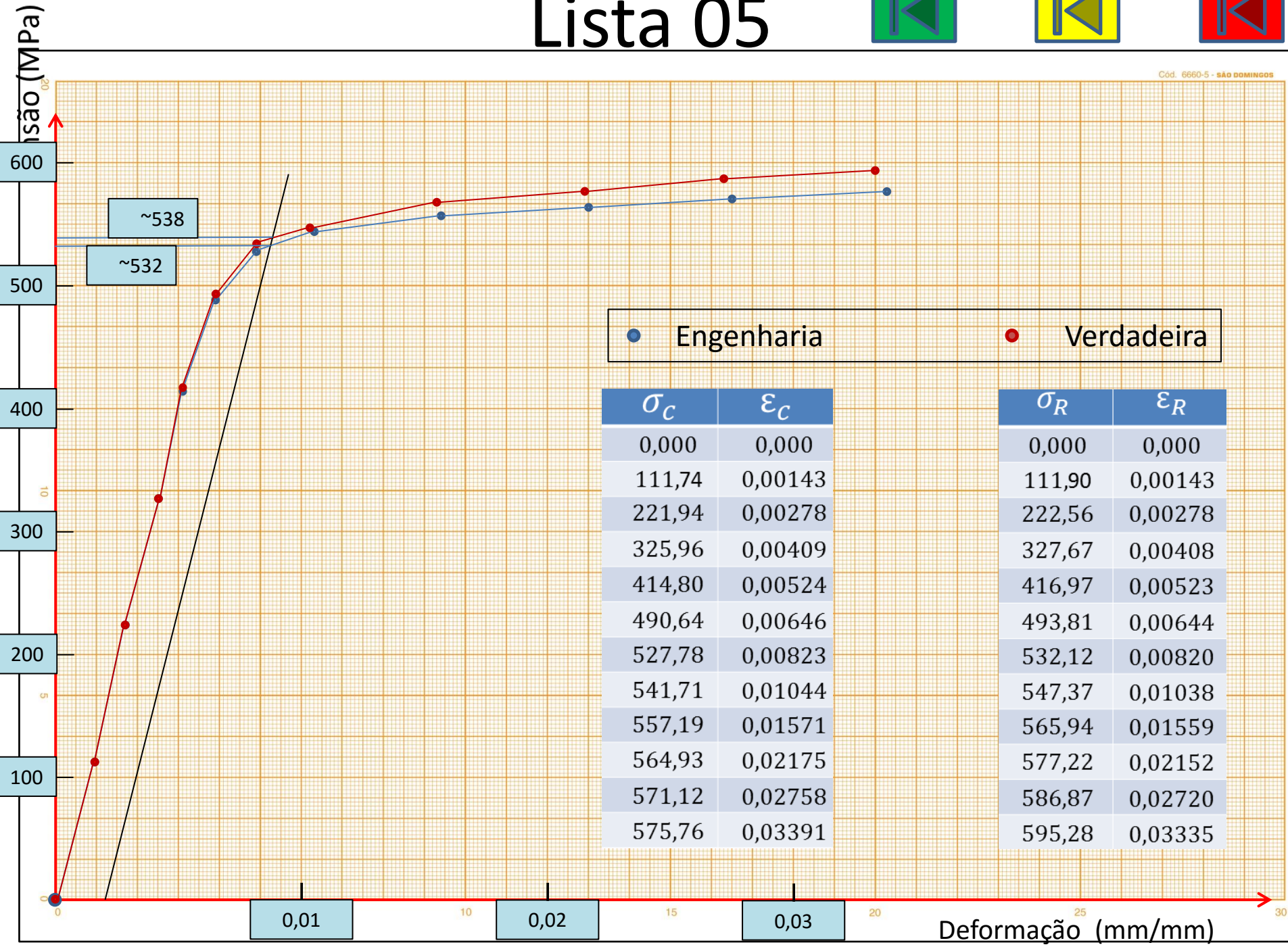
Ver Gráfico

Ver Tabela

Lista 05



Cód. 6660-5 - SÃO DOMINGOS



$$l_0 = 58,8 \text{ mm}$$

Lista 05

$$A_0 = 64,61 \text{ mm}^2$$

P (N)	Δl (mm)	σ_c	ε_c	$1 + \varepsilon_c$	σ_R	ε_R
0	0	0,000	0,000	1,00000	0,000	0,000
7220	0,0839	111,74	0,00143	1,00143	111,90	0,00143
14340	0,1636	221,94	0,00278	1,00278	222,56	0,00278
21060	0,241	325,96	0,00409	1,00409	327,67	0,00408
26800	0,308	414,80	0,00524	1,00524	416,97	0,00523
31700	0,380	490,64	0,00646	1,00646	493,81	0,00644
34100	0,484	527,78	0,00823	1,00823	532,12	0,00820
35000	0,614	541,71	0,01044	1,01044	547,37	0,01038
36000	0,924	557,19	0,01571	1,01571	565,94	0,01559
36500	1,279	564,93	0,02175	1,02175	577,22	0,02152
36900	1,622	571,12	0,02758	1,02758	586,87	0,02720
37200	1,994	575,76	0,03391	1,03391	595,28	0,03335

