

13.5. Refinamento adaptativo de uma malha bidimensional de elementos finitos de equilíbrio

Neste exemplo, analisa-se a consola curta de secção variável, sujeita a uma pressão uniforme no lado superior, representada na figura 13.16.

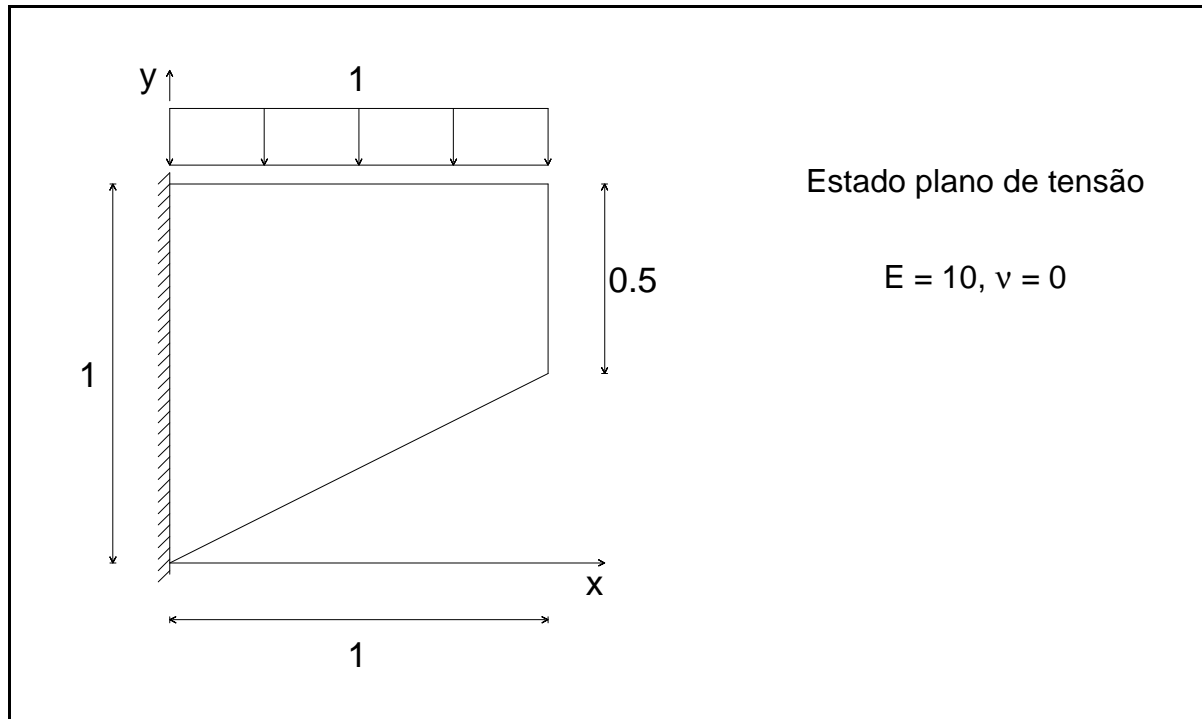


Figura 13.16 - Consola curta de secção variável.

Pretende-se analisar este problema utilizando elementos finitos de equilíbrio de grau dois.

Na figura 13.17, representa-se a malha inicial, quase uniforme, de 12 elementos.

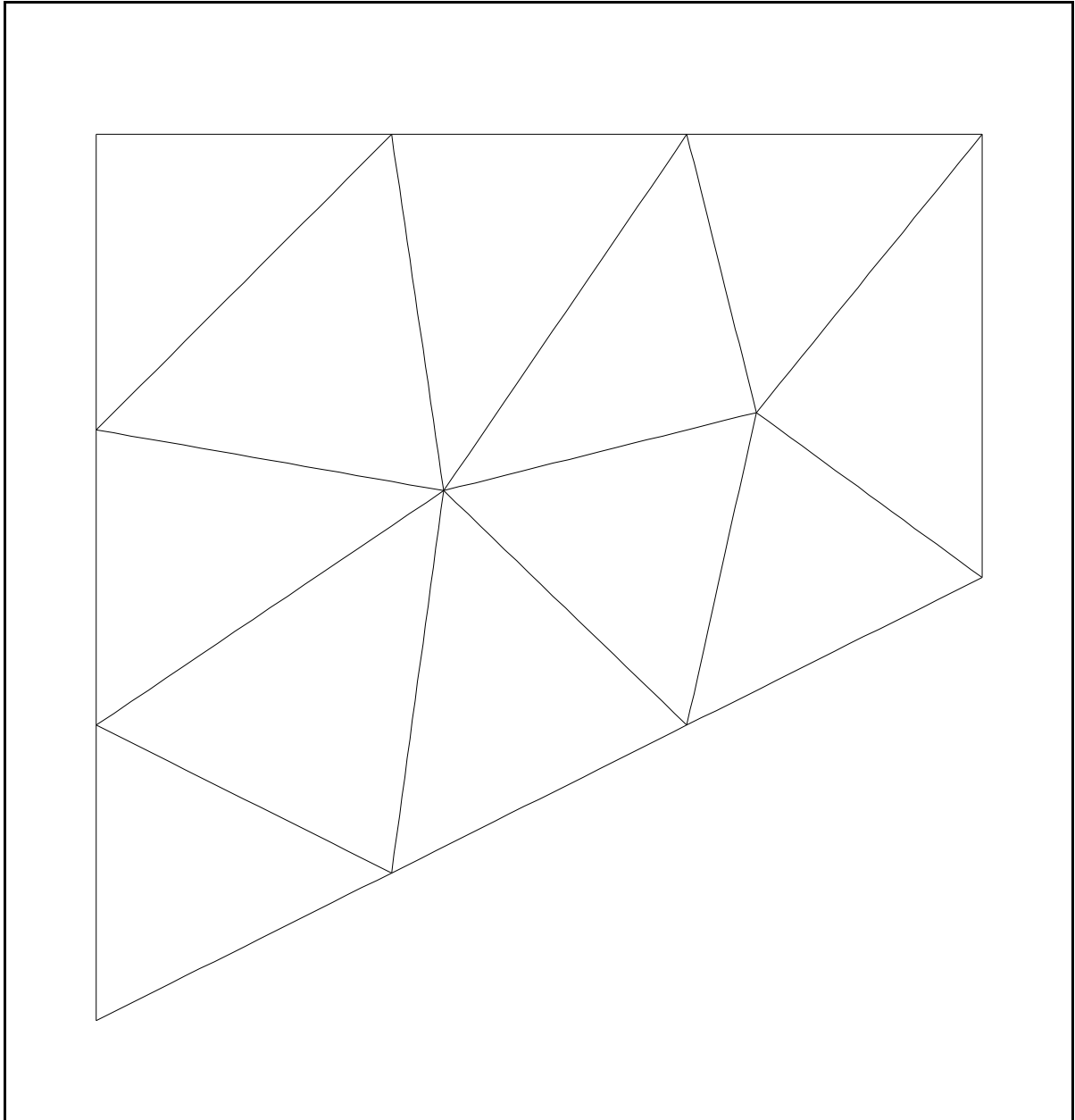


Figura 13.17 - Malha de 12 elementos.

A partir da solução correspondente a esta malha, de (9.27) e de (11.2), obtém-se $\eta_h = 0.116627$. Pretende-se obter $\eta_h \leq \bar{\eta} = 0.01$, utilizando a estratégia de refinamento descrita em 12.3.

A geometria do domínio e as condições de fronteira não apresentam qualquer complexidade. Devido à inclinação do lado inferior, existe apenas uma singularidade, no canto superior esquerdo. Estas circunstâncias facilitam a tarefa de refinamento adaptativo.

A estratégia de refinamento utilizada permitiu atingir a precisão pretendida em duas iterações. Na tabela 13.5, indicam-se, para cada malha: o número de elementos da malha, NE; o estimador do erro relativo, η_h ; o número de iterações

que se estimam necessárias, m ; o erro relativo que se pretende obter na malha seguinte, $k\bar{\eta}$; o número de elementos que se prevê serem necessários nessa malha, M .

Malha	NE	η_h	m	$k\bar{\eta}$	M
1	12	0.116627	2	0.034151	41
2	30	0.036426	1	0.01	110
3	108	0.007494	-	-	-

Tabela 13.5 - Refinamento adaptativo.

Na tabela 13.6, indicam-se os valores da energia de deformação correspondentes a cada uma das soluções.

Malha	$U(\sigma_e)$
1	0.101157
2	0.100494
3	0.100367

Tabela 13.6 - Energia de deformação.

Nas figuras 13.18 e 13.19 representam-se, respectivamente, as malhas 2 e 3.

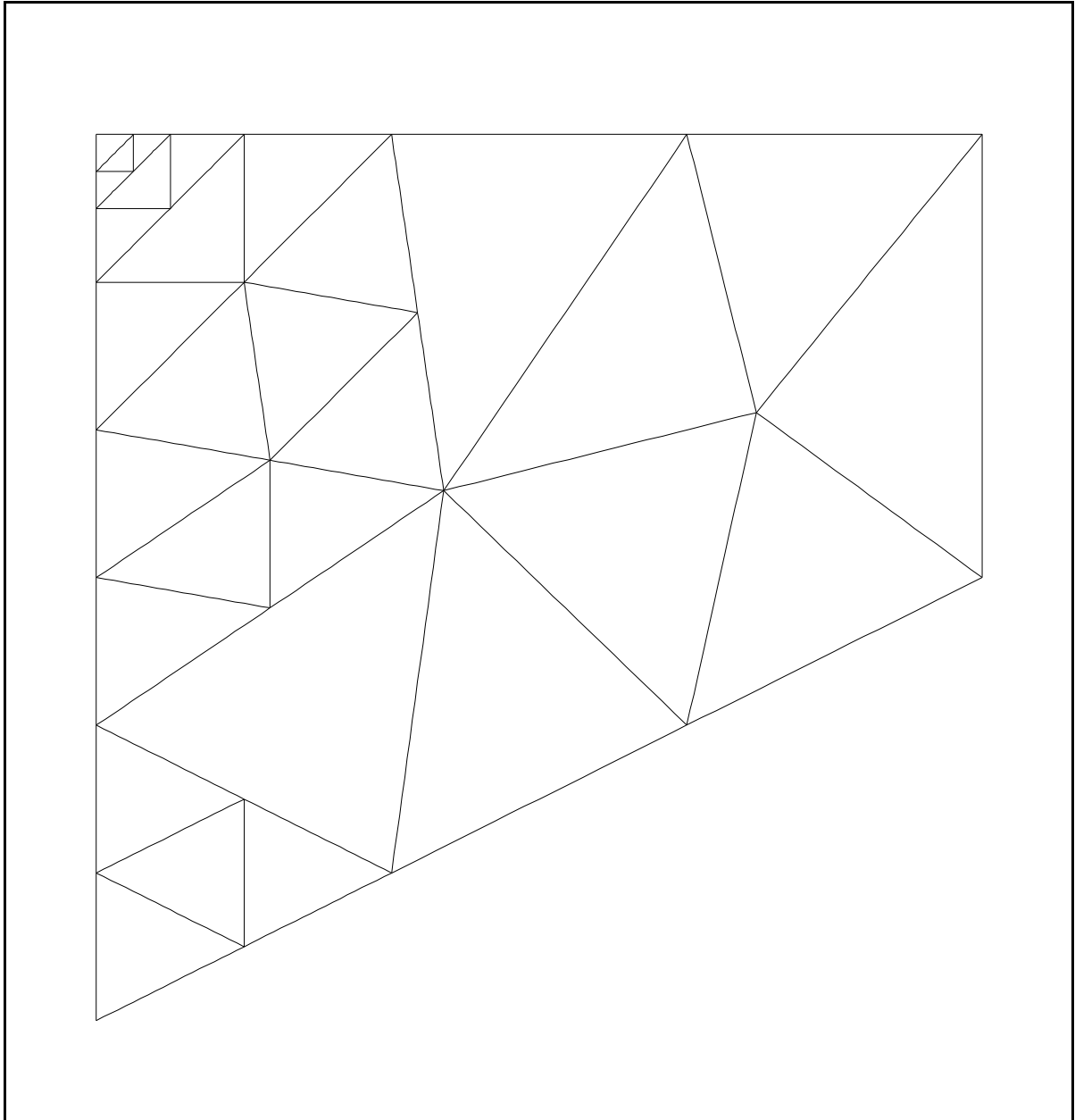


Figura 13.18 - Malha de 30 elementos.

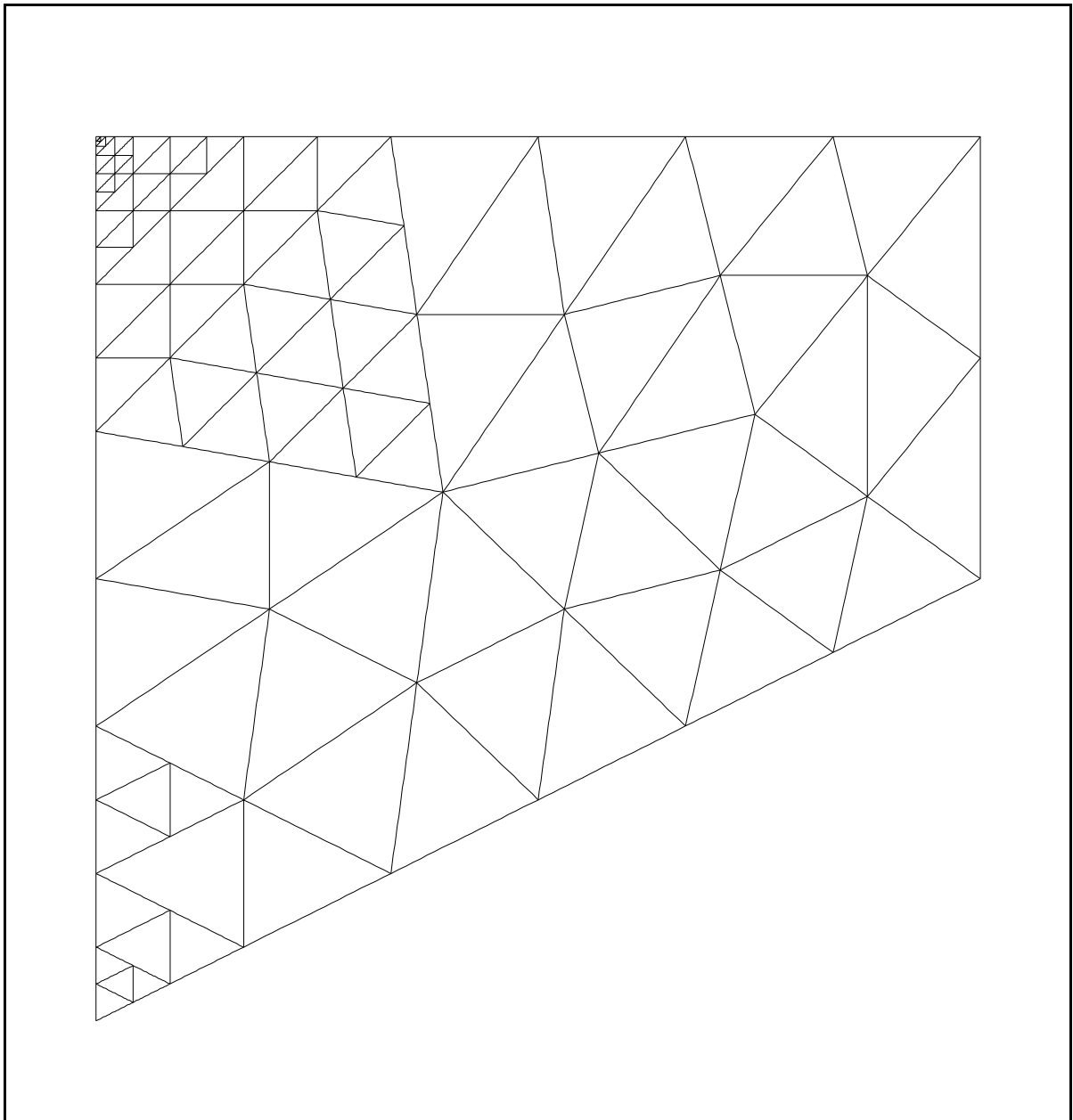


Figura 13.19 - Malha de 108 elementos.

Na figura 13.20, apresenta-se um gráfico da variação, com o número de elementos, do erro relativo real e do estimador do erro relativo. O valor "exacto" da energia de deformação, $U = 0.100361948$, foi estimado utilizando elementos de grau quatro, refinamento adaptativo de malhas duais e o método de extrapolação dual descrito em 7.5.