

Figura 13.20 - Variação do erro relativo com o número de elementos.

A partir da tabela 13.5 e da figura 13.20, verifica-se que a taxa de convergência em relação ao número de elementos é sempre sensivelmente igual à óptima.

Na figura 13.20, observa-se que a taxa de convergência do estimador do erro é praticamente igual à do próprio erro. Além disto, os valores propriamente ditos são semelhantes.

Na figura 13.21, compara-se a variação, com o número de elementos, do erro relativo, para as malhas das figuras 13.17 a 13.19 (estratégia 1), para malhas obtidas sem efectuar uma detecção das singularidades (estratégia 2), para malhas obtidas tentando atingir a precisão pretendida numa única iteração (estratégia 3) e para malhas uniformes.

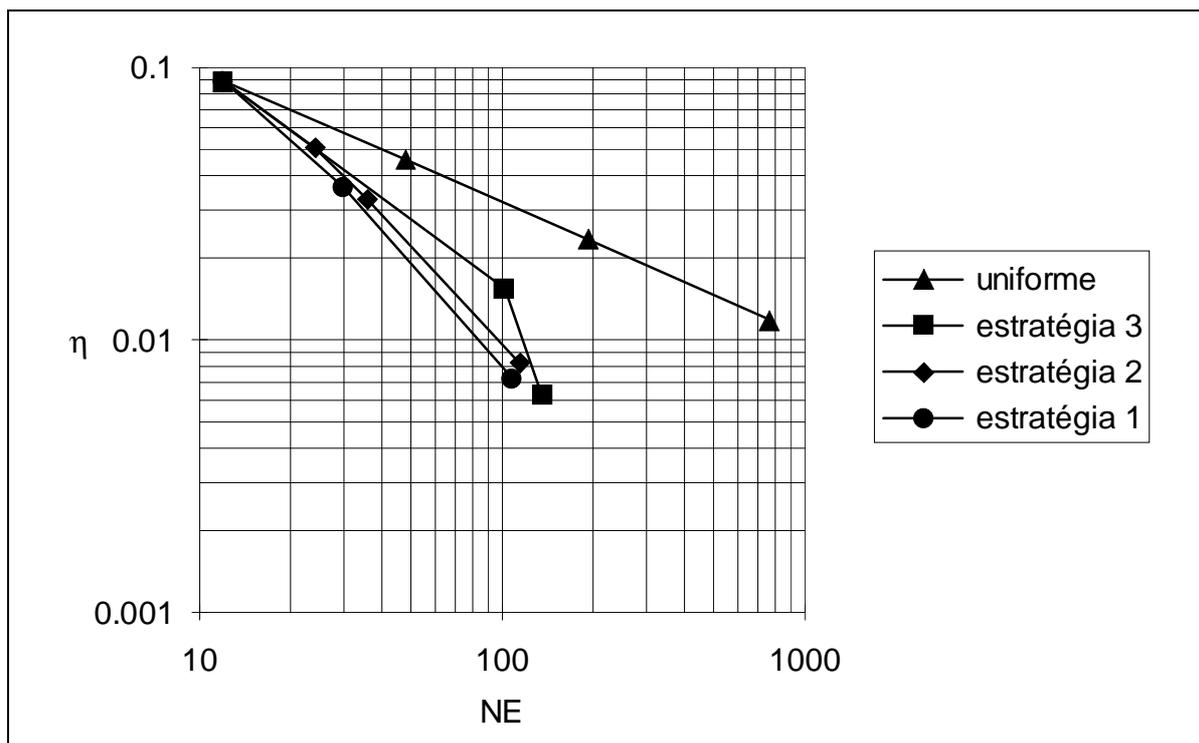


Figura 13.21 - Variação do erro relativo com o número de elementos.

A figura 13.21 mostra que, no refinamento não adaptativo, a taxa de convergência é condicionada pelas singularidades enquanto, no refinamento adaptativo, é possível obter a taxa de convergência correspondente ao grau dos elementos.

Verifica-se, também, neste problema, que tentar diminuir o número de iterações leva a um aumento do custo total. Os indicadores de erro elementares não são suficientemente bons para obter a taxa de convergência óptima num passo muito longo, o que dá origem a mais malhas com um número de elementos elevado.

Verifica-se igualmente, como seria de esperar, que não ter em conta a existência das singularidades diminui a taxa de convergência e aumenta o número de iterações.

13.6. Comparação entre os tempos gastos em cada iteração

Neste exemplo, analisa-se a placa representada na figura 13.22, sujeita ao carregamento indicado na mesma figura. Esta placa corresponde à simplificação de simetria de uma placa quadrada com uma fenda.

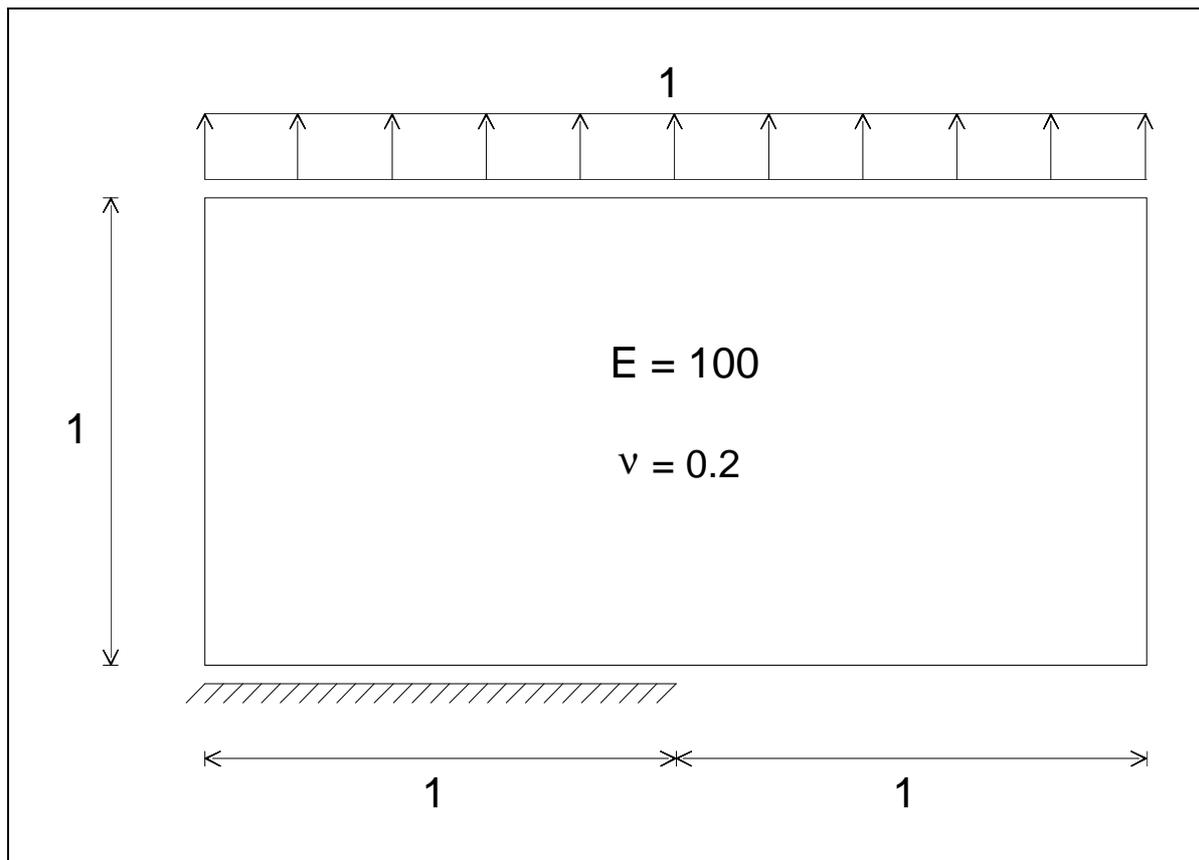


Figura 13.22 - Placa.

Pretende-se comparar o tempo de CPU necessário para analisar este problema utilizando malhas duais de elementos finitos de grau dois e malhas duais de elementos finitos de grau três.

Na figura 13.23, representa-se a malha inicial, uniforme, de 4 elementos.

Utilizando elementos de grau dois, obtém-se um majorante do erro relativo $\eta_h = 1.04091$. Com elementos de grau três, obtém-se um majorante do erro relativo $\eta_h = 0.680904$. Pretende-se obter $\eta_h \leq \bar{\eta} = 0.05$, utilizando a estratégia de refinamento descrita em 12.3.

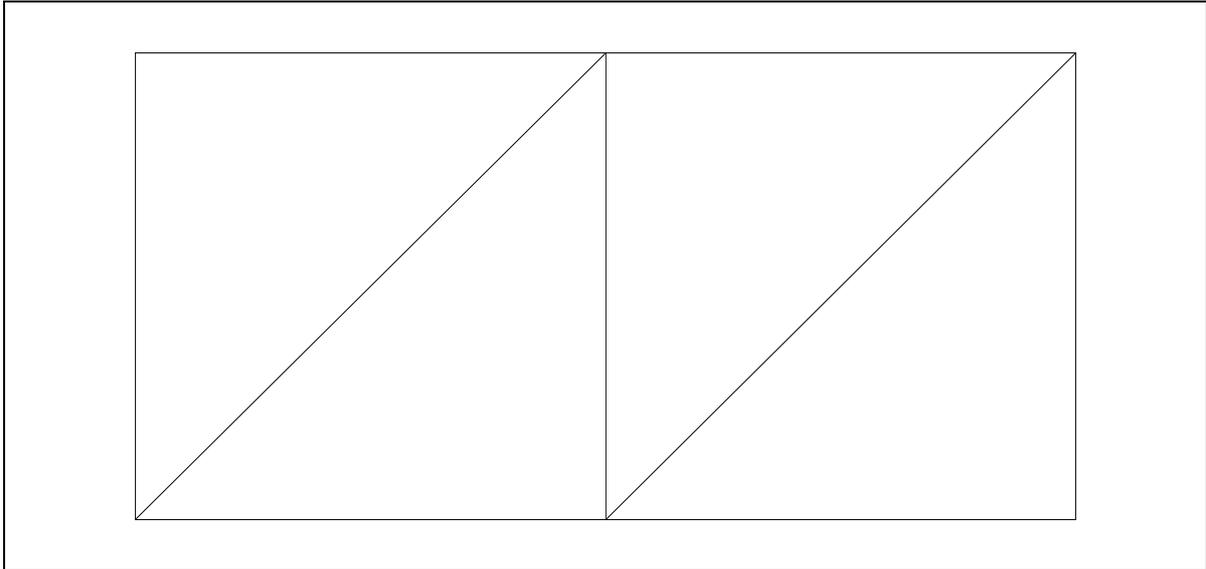


Figura 13.23 - Malha de 4 elementos.

Utilizando elementos de grau dois, obteve-se a precisão pretendida em quatro iterações. Na tabela 13.7, indicam-se, para cada malha: o número de elementos, o majorante do erro relativo e o número de equações dos sistemas algébricos (3.39) e (3.25). Na tabela 13.8, indicam-se, para cada malha, os tempos de CPU gastos na formação e na resolução dos sistemas algébricos e o tempo de CPU gasto no refinamento. Os cálculos foram realizados num computador IBM RS6000/550.

Malha	NE	η_h	Equações	
			Elementos de equilíbrio	Elementos compatíveis
1	4	1.04091	99	69
2	25	0.437567	564	501
3	76	0.179768	1692	1602
4	286	0.055393	6288	6090
5	346	0.043137	7626	7380

Tabela 13.7 - Erro e número de equações, para elementos de grau dois.