

5 Conclusões e Sugestões

5.1. Conclusões

- Dos exemplos estudados no capítulo 4, observou-se que os valores de carga crítica obtidas através dos métodos I e II parecem ser sempre menores que os obtidos através do método III.
- Os métodos I e II não garantem uma variação de cima para baixo ou de baixo para cima dos valores de carga crítica, tornando os métodos não muito confiáveis por não ter certeza no lado do erro em relação ao valor obtido numa análise não linear completa.
- As cargas críticas e modos de colapso obtidos a partir de uma análise incremental da carga crítica convergem para valores de carga e configurações deformadas próximas das obtidas numa análise não linear completa.
- Nos exemplos da seção 4.2 foram empregados materiais com comportamento elastoplástico. Nos resultados obtidos observou-se uma redução do valor da carga crítica e uma perda de rigidez da estrutura, pelo fato dos elementos deformáveis comprimidos terem entrado em um regime plástico.
- Os modos de colapso obtidos a partir de uma análise linearizada da carga crítica podem resultar às vezes em configurações deformadas diferentes das obtidas numa análise incremental da carga crítica e uma análise não linear completa. O caso mais representativo foi observado no exemplo do arco abatido, onde o modo de colapso assimétrico obtido na análise linearizada da carga crítica foi totalmente diferente das obtidas nas outras técnicas.

- A avaliação de pontos de bifurcação na trajetória de equilíbrio fundamental é necessária para poder traçar as trajetórias de equilíbrio secundárias. Estas trajetórias podem apresentar pontos limites menores que o obtido na trajetória de equilíbrio fundamental, como o caso mostrado no exemplo do arco elevado.
- As cargas críticas calculadas a partir da análise linear da carga crítica apresentam valores maiores aos obtidos das outras técnicas, devido às limitações da técnica em lidar com uma acentuada não linearidade no estado pré-crítico. Quando este fenômeno acontece não pode ser considerado que a distribuição das tensões permanece inalterada e que os valores das tensões mudam somente com o fator de carga. Isto pode ser constatado na distribuição das tensões equivalentes de Von Mises obtidas nos exemplos numéricos, as quais são mostradas no Apêndice B.
- A formulação lagrangeana total empregada em elementos bidimensionais permitiu lidar com grandes deslocamentos e rotações nos elementos das estruturas sem causar deformações errôneas quando ocorrem movimentos de corpo rígido. O uso destes elementos nesta formulação permitiu também lidar com grandes deformações nos elementos pelo fato de empregar um tensor de deformação completo onde termos de alta ordem não foram desprezados.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

- Sugere-se implementar algoritmos que permitam considerar cargas dependentes dos deslocamentos na análise, como o caso de cargas seguidoras e cargas dirigidas para um ponto.
- Seria importante estudar a não linearidade geométrica considerando outras formulações, empregadas na descrição cinemática da deformação, como a formulação lagrangeana atualizada ou formulação co-rotacional.

- Sugere-se também implementar uma formulação hierárquica nas funções de interpolação dos elementos bidimensionais para poder lidar com as altas não linearidades das curvaturas presentes nos elementos, empregando um número menor de elementos bidimensionais na análise.
- Seria importante também incluir técnicas que permitissem avaliar pontos de bifurcação sem a necessidade de empregar pequenas imperfeições iniciais na geometria, devido à dificuldade na escolha da forma e magnitude das imperfeições quando se analisa sistemas estruturais mais complexos.
- Sugere-se estudar problemas de instabilidade que incluíssem cargas distribuídas como o peso próprio da estrutura.