

INFLUÊNCIA DA CURVATURA E DAS CONDIÇÕES DE APOIO NOS ESFORÇOS DE UMA CASCA CONOIDAL

ALVES, Rafael Henrique Claudino Peres

SOARES, Renata Machado

rafaelhenrique.cpa@gmail.com

renatasoares@ufg.br

Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, UFG

Av. Universitária, 1488, Setor Universitário, 74605-200, Goiânia, GO, Brasil

Abstract. The structural elements of the shell type are a good technical and aesthetic solution for application in different types of construction works. In general, the shells can be used as cover, they have a structural function and, in this situation, the knowledge of the influence of their contour conditions and their curvature on the behavior of the structure assists in the execution of structural projects. Thus, this paper studies the influence of curvature and boundary conditions on the behavior of a conoidal shell of parabolic curvature when subjected to a uniformly distributed transverse load on its surface. The solution of the problem is done by means of the finite element method (MEF), using the commercial software Abaqus® and one obtains the relation of the displacements, moment bending and normal stress with the variation of the magnitude of the applied load. It is observed that the increase of the height of the curvature and change of the conditions of support in the bark influence in the magnitude and the distribution of the efforts of flexion and of membrane. In addition, a greater non-linearity of responses is observed for certain combinations of curvature height and support conditions.

Keywords: Conical Shells; Finite Element Method; Flexural exertion; Membrane stresses.

1 Introdução

As estruturas do tipo casca são formadas por elemento de placa curva e fina que geralmente são aplicadas em coberturas de edificações, pois a sua forma permite vencer grandes vãos e sustentar grandes carregamentos uniformemente distribuídos, desempenhando função estrutural com o restante da edificação.

Dentre os estudos sobre análise numérica de cascas conoidais, em 2017, Morais [1] fez uma análise paramétrica não-linear das cargas críticas e modos de flambagem uma casca conoidal onde verificou que a variação das alturas das bordas curvas das cascas conoidais apoiadas nas quatro bordas e a consideração das não linearidades geométricas promoveram caminhos não lineares diferenciados para os efeitos de membrana e de momentos,

Como objetivo específico esse trabalho busca a partir de resultados da análise paramétrica encontra deslocamento nodais na direção transversal Z e esforços de momento fletor nas direções do plano X e Y para uma variação de curvatura da casca conoidal apresentada na Fig. 1 avaliando seus valores máximos e das suas condições de apoio avaliando nos pontos da Fig. 2.

Figura 1. Casca conoidal estudada

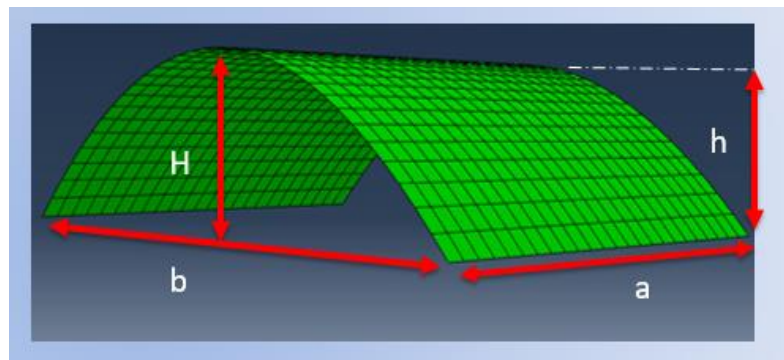
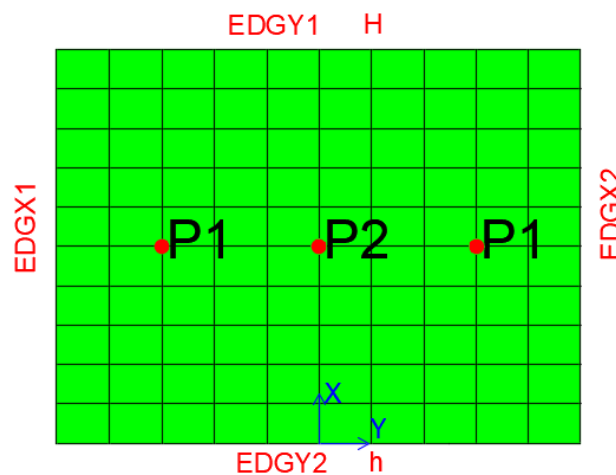


Figura 2. Pontos da estrutura analisados na variação das condições de apoio



2 Metodologia

A estrutura analisada nesse trabalho é a ilustrada na Fig. 1 sendo que os parâmetros a e b valem, respectivamente, 6,00 e 8,00 m. A altura H vale 1,50 m e a altura h varia de 0,00 à 2,00 m na primeira análise paramétrica que varia a altura da casca e analisa os resultados no ponto de maior deslocamento,

e valem $0,50\text{ m}$ na segunda análise paramétrica que varia as condições de apoio e analisa os resultados nos pontos P1 e P2. É adotado um peso específico de 2500 kg/m^3 , um módulo de elasticidade de 14 GPa e um coeficiente de Poisson de $0,3$. A análise estrutural será realizada considerando os efeitos de não linearidade geométrica e linearidade física.

Para solução do problema utiliza-se o método dos elementos finitos por meio do programa Abaqus®, fazendo primeiramente a modelagem da estrutura utilizando elementos de casca com quatro nós, sendo três graus de liberdade de translação e três de rotação em cada nó. Em seguida é realizado uma análise de convergência de malha onde a estrutura é inicialmente subdividida em 48 elementos e sequencialmente refinada de forma que cada elemento é subdividido em 4 novos. Para cada malha obtêm-se a carga crítica pela solução de um problema de autovalor e a Tab. 1 mostra a evolução do refinamento da malha bem como a carga crítica e sua diferença em porcentagem de uma malha para outra. A malha adotada foi a de 768 elementos que proporciona uma precisão abaixo de 2%.

Tabela 1. Análise de convergência de malha

| MALHA | CARGA CRÍTICA (N.m) | DIFERENÇA (%) |
|-------|---------------------|---------------|
| 48 | -123900,00 | - |
| 192 | -102302,00 | 17,43 |
| 768 | -97536,00 | 1,23 |
| 3072 | -96964,0 | 0,58 |

Posteriormente, realiza-se as análises paramétricas que consiste em variar a altura da borda curva h e a condições de apoio conforme a Tab. 2 sendo que nessa análise $h = 0.5\text{ m}$.

Tabela 2. Análise paramétrica de condição de apoio

| COMBINAÇÃO | EDGX1 | EDGX2 | EDGY1 | EDGY2 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| AAAA | APOIADO | APOIADO | APOIADO | APOIADO |
| AAAL | APOIADO | APOIADO | APOIADO | LIVRE |
| AAEL | APOIADO | APOIADO | ENGASTADO | LIVRE |
| EEEE | ENGASTADO | ENGASTADO | ENGASTADO | ENGASTADO |
| EEEL | ENGASTADO | ENGASTADO | ENGASTADO | LIVRE |
| EELL | ENGASTADO | ENGASTADO | LIVRE | LIVRE |

3 Resultados

Na Fig. 3 são apresentados os resultados da forma deslocada que ocorrem na casca na primeira análise paramétrica para um nível de carregamento de 1500 N/m^2 , sendo na região em vermelho os máximos deslocamentos. Os resultados da Fig. 4 que mostram os momentos fletores e o deslocamento transversal da casca obtidos no ponto de máximo deslocamento. Observa-se, a partir das Fig. 3 e 4, um comportamento linear até esse nível de carregamento e que para a placa ($h = 0,0$) têm-se os máximos resultados, comprovando que a inserção da curvatura ($h \neq 0$) aumenta a rigidez da casca. Além disso, percebe-se que o aumento da altura da borda curva h , provoca uma diminuição dos valores de deslocamento e momentos e que essa diminuição não é proporcional ao valor de h .

A Figura 5 mostra os resultados de deslocamento transversal da casca para a variação das condições de apoio da estrutura, mostrando que no ponto P2 os deslocamentos são sempre positivos independente da condição de contorno, enquanto que para o ponto P1 ocorre deslocamento negativo para todas as combinações exceto para a EELL. Por fim a Figura 6 mostra os momentos fletores que ocorrem na estrutura na análise paramétrica de condição de apoio, mostrando que os momentos absolutos são menores na combinação EELL e são máximos na combinação AAAL

Figura 3. Forma deslocada da análise paramétrica de condição de contorno

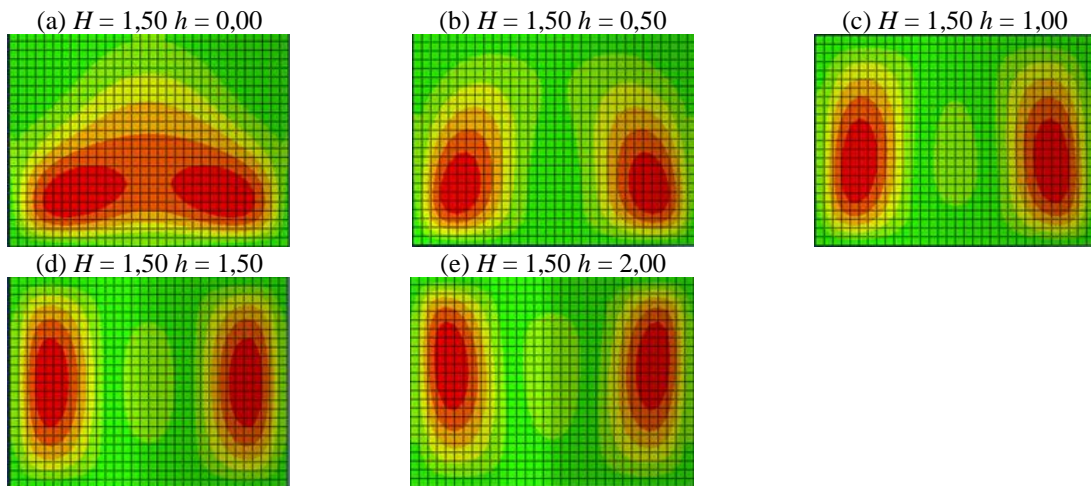


Figura 4. Deslocamento e Momentos fletores da análise paramétrica da altura da curvatura

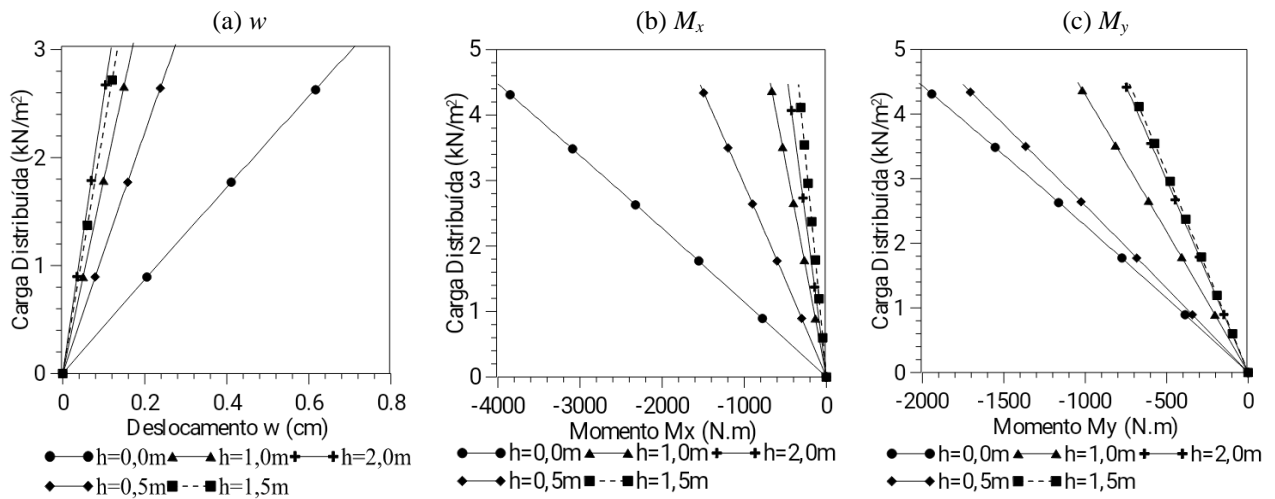


Figura 5. Deslocamentos da análise paramétrica de condição de contorno

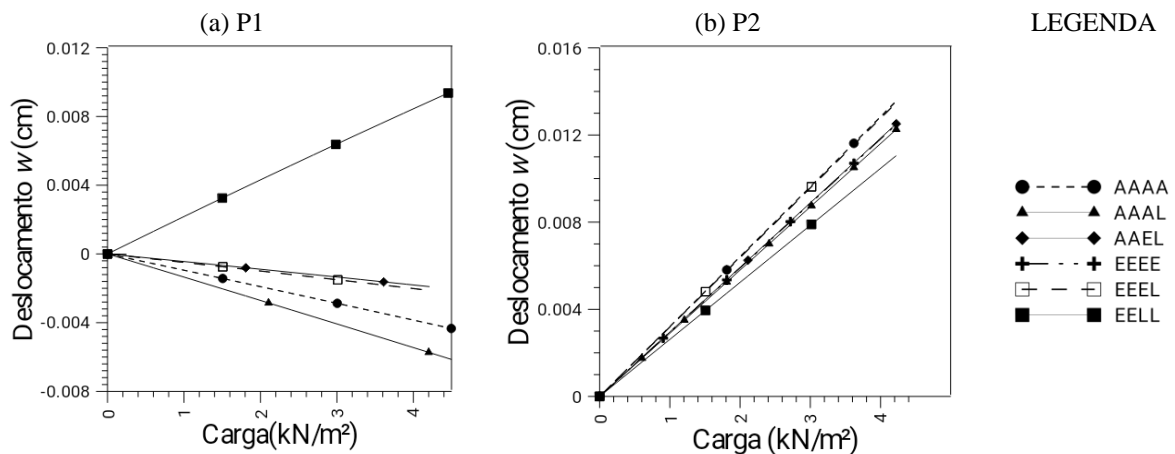
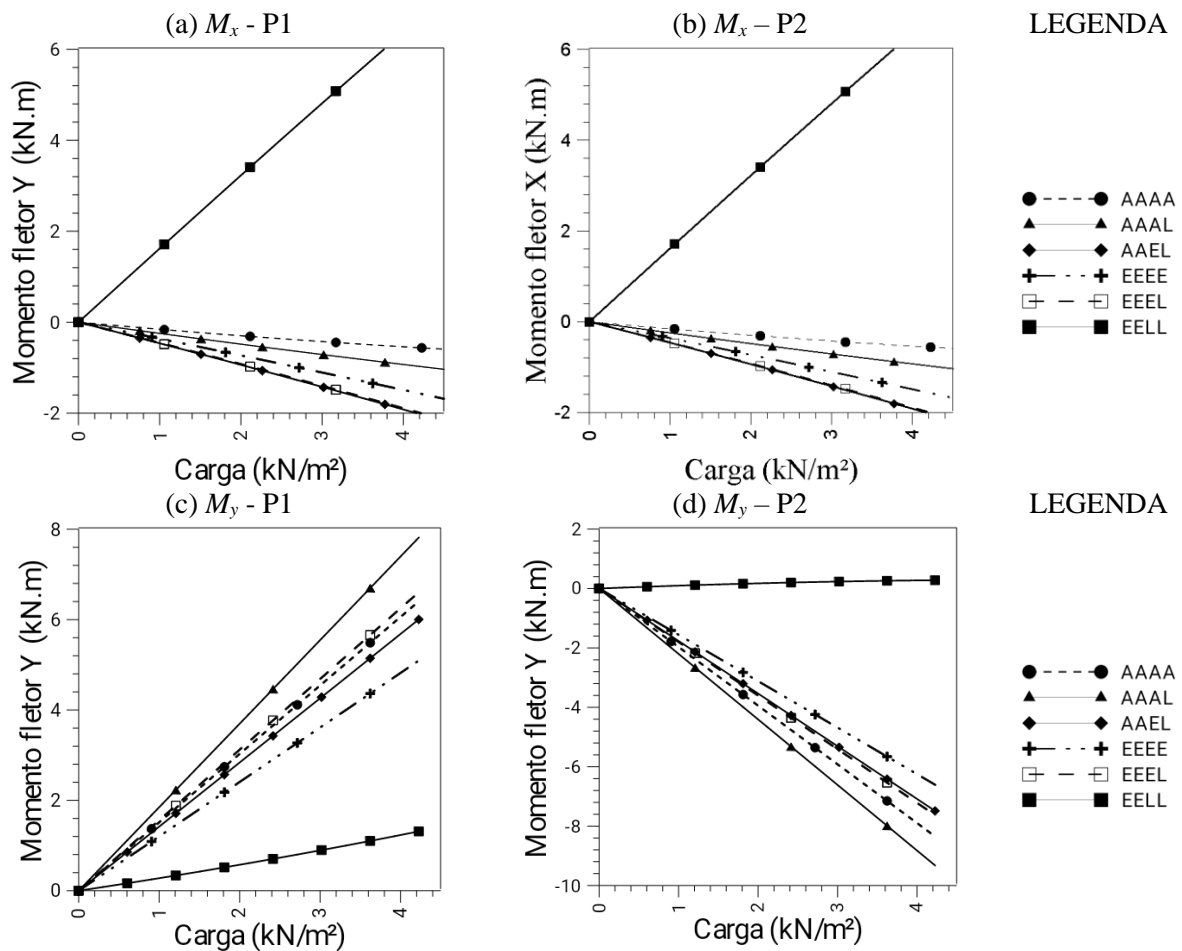


Figura 6. Momentos fletores da análise paramétrica de condição de contorno



4 Conclusão

Na análise paramétrica de variação da altura da curvatura da casca conoidal conclui-se que, dos resultados da forma deslocada da estrutura, ao acrescentar curvatura à estrutura os deslocamentos máximos se dividem em duas regiões afastadas do centro da casca, e, que dos resultados quantitativos, que com o aumento da curvatura ocorre diminuição de deslocamento máximo e que esse comportamento é semelhante para os momentos fletores sendo que o menor momento ocorre quando a curvatura da casca é igual em ambos os lados, ou seja, $H = h = 1,5$ m. Na análise paramétrica de variação das condições de apoio é constatado que para a combinação de condição de apoio EELL a casca apresenta um comportamento distinto das outras condições de apoio que apresentam comportamento semelhante mostrando que não ocorre grandes diferenças no comportamento da casca quando se muda a condição de apoio para engaste para essa condição de carregamento, sendo que os valores máximo em módulo dos deslocamento e momentos fletores ocorrem na combinação AAAL.

Referências

- [1] D. L. A. MORAIS. *Análise Estática Não-Linear de Cascas Conoidais*, Dissertação de Pós-Graduação, Universidade Federal de Goiás, 2017.
- [2] L. V. CAVALCANTI. *Análise Dinâmica, Vibração e Estabilidade de Cascas Conoidais Abatidas*, Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.