



# I Congresso Geral de Energia Nuclear

Rio de Janeiro, 17 e 20 de Março de 1986

ANAIS - PROCEEDINGS

## ELEMENTO FINITO DE TRANSIÇÃO SÓLIDO - CASCA AXISIMÉTRICO

Oscar Brito Augusto

Diretoria de Pesquisas de Reatores

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - SP

*Handwritten notes:*  
L.S.  
pa a dig. de anal.  
para o caso  
de...

### Sumário

Este trabalho mostra um elemento finito de transição entre o sólido axissimétrico (2 graus de liberdade por nó) e um elemento de casca axisimétrica (3 graus de liberdade por nó). O cálculo da matriz de rigidez e vetor de cargas nodais consistentes para o elemento em questão é obtido por transformação de coordenadas aplicada à matriz de rigidez e vetor de cargas consistentes calculados para um elemento de casca.

### Abstract

An axisymmetric solid-shell transition finite element is proposed. The stiffness and consistent load vector are obtained by coordinates transformation of a basic shell stiffness and load vector.

## 1. INTRODUÇÃO

É comum encontrar-se na prática, estruturas axissimétricas geralmente vasos de pressão, cujas paredes possuem trechos distintos, classificáveis como de parede fina e outros de parede grossa. Numa análise estrutural deste vaso poder-se-ia modelar toda sua estrutura com um único tipo de elemento, o sólido axissimétrico. Uma segunda alternativa que reduziria sensivelmente a quantidade de elementos, número de nós e conseqüente redução do número de graus de liberdade, seria modelar o vaso na região classificada como de casca fina, por elementos de casca axissimétrica. Porém, na interface grossa/fina, há uma incompatibilidade entre os elementos, pois o elemento de casca axissimétrica possui no mínimo três graus de liberdade por nó e o elemento sólido axissimétrico apenas dois.

O que pretende-se mostrar neste trabalho é a compatibilização destes elementos, através de um elemento de transição.

## 2. O ELEMENTO DE TRANSIÇÃO

Suponha que se deseje acoplar os dois elementos mostrados na figura 1(a), conforme a figura 1(b). Os nós  $ijk$  pertencem ao elemento sólido e os nós  $mn$  ao elemento de casca.

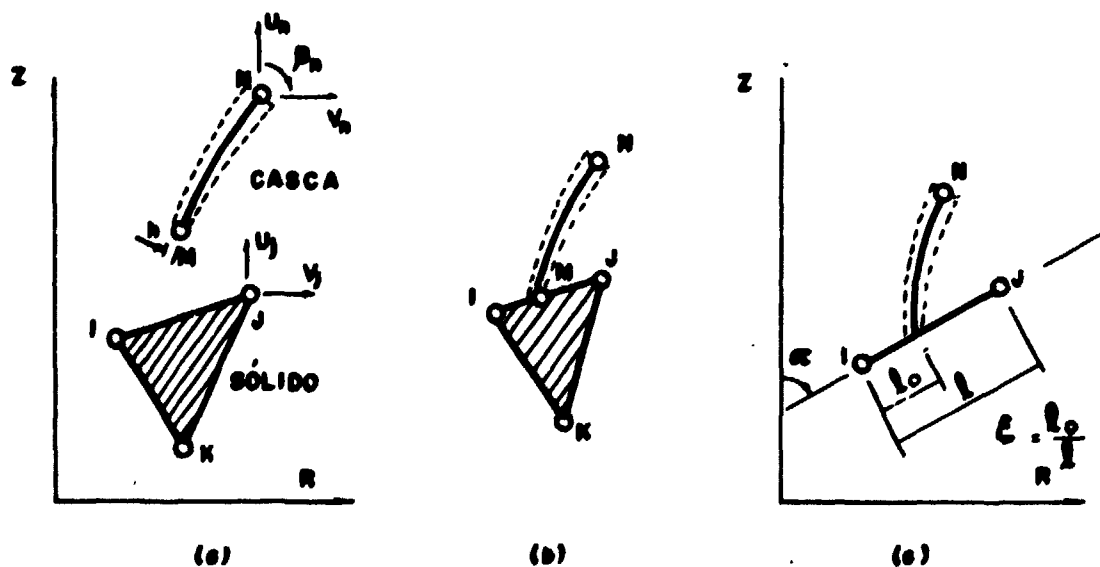


FIGURA 1 : a) elementos axissimétricos, b) ligação dos elementos, c) elemento de transição

A idéia básica seria a de converter os deslocamentos dos nós  $i$  e  $j$  (translações) em deslocamentos do nó  $m$  (2 translações e 1 rotação) gerando o elemento de transição da figura (1c). Chamando de  $\delta$  o vetor de deslocamentos de um nó, tem-se:

$$\delta_m = t \delta_{ij} \quad (1)$$

$$\delta_m^T = \{u_m \ v_m \ \theta_m\} \quad (2)$$

$$\delta_{ij}^T = \{u_i \ v_i \ u_j \ v_j\} \quad (3)$$

$$t = \begin{bmatrix} (1-\xi) & 0 & \xi & 0 \\ 0 & (1-\xi) & 0 & \xi \\ \frac{\text{sena}}{l} & -\frac{\text{cosa}}{l} & -\frac{\text{sena}}{l} & \frac{\text{cosa}}{l} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Logo os deslocamentos nodais,  $\bar{u}$  do elemento de casca (mn) podem ser escritas em função dos deslocamentos dos nós  $ij$  e  $n$ ,  $u$

$$\bar{u} = T u \quad (5)$$

onde  $u^T = \{\delta_m \ \delta_n\} \quad (6)$

$$u^T = \{u_i \ v_i \ u_j \ v_j \ u_n \ v_n \ \theta_n\} \quad (7)$$

$$T = \begin{bmatrix} t & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} \quad (8)$$

e o elemento de transição possui como base o elemento de casca mn, o que torna simples o cálculo de sua matriz de rigidez e vetor de cargas consistentes. Sendo  $K_c$  e  $P_c$  a matriz de rigidez e o vetor de cargas consistentes para o elemento de casca mn, pode-se demonstrar<sup>1</sup> que a matriz de rigidez e vetor de cargas para o elemento de transição é obtido de  $K_c$  e  $P_c$  por transformação de coordenadas ou seja, pode-se demonstrar que

$$K_{trans} = T^T K_c T \quad (9)$$

$$P_{trans} = T^T P_c \quad (10)$$

### 3. CONCLUSÕES

Devido as características da matriz de transformação  $T$ , relação (4), o ângulo formado entre o traço da superfície neutra da casca e o lado  $ij$  do elemento sólido permanece constante durante a deformação. Além disto, a transição po de ser feita utilizando-se qualquer elemento de casca com 3 graus de liberdade' por nó, seja ele de geratriz reta ou curva.

### 4. BIBLIOGRAFIA

/1/ ZIENCKIEWICZ, O.C. The Finite Element Method, 3<sup>rd</sup> Edition, 1977.

/2/ AUGUSTO, O.B.; MATTAR NETO, M. NAVSUB Programa de Elementos Finitos para Análise de Cascas, 1985, CNEN-SP.

/3/ DE SALVO, G. ; SWANSON, J. ANSYS Engineering Analysis System, 1979, USA.