



Modelagem 3D da deformação flexural em margens continentais

3D Modeling of flexural deformation in continental margins

Victor Sacek | Naomi Ussami

resumo

O objetivo deste trabalho é obter a solução numérica pelo método dos elementos finitos (*finite element method*: FEM) do campo de deformação tridimensional (3D) da placa elástica fina em função das variações temporais e espaciais das cargas sedimentares. No presente estudo, a placa elástica fina é representada pela América do Sul e as cargas sedimentares são representadas pelos preenchimentos das bacias subandinas. Pretende-se efetuar testes de sensibilidade dos parâmetros geométricos e mecânicos do modelo sobre a distribuição 3D das deformações na placa devido ao carregamento de sedimentos nas bacias. Serão mapeadas as áreas na margem continental emergida que sofreram soerguimento e posterior erosão, concomitantes à subsidência térmica e preenchimento das bacias marginais. Os *softwares* utilizados para a modelagem pelo FEM

foram os MSC Patran/Nastran versão 2005 em plataforma Windows. O presente projeto segue os resultados preliminares da modelagem da deformação no sistema de empurrão e bacias subandinas. Estes resultados mostraram que as áreas de soerguimento e erosão previstas na modelagem 3D diferem substancialmente dos resultados previstos pela modelagem 2D, em função da distribuição geométrica e temporal das cargas, bem como das propriedades termo-mecânicas da placa. A contribuição principal do método é a previsão quantitativa sobre a localização das áreas-fontes além da contribuição para um melhor entendimento dos processos de subsidência das bacias subandinas.

(originais recebidos em 10.10.2006)

Palavras-chave: método dos elementos finitos | flexura da litosfera
| bacias marginais

abstract

The purpose of this project is to obtain a numerical solution for the 3D strain field of a thin elastic plate using the finite element method (FEM). This plate represents the effect of temporal and spatial variation of sedimentary loads that fill-in Subandean basins of the South American plate. The sensitivity of the plate geometrical and mechanical parameters loaded by the sedimentary basins will be tested. The continental regions along the margins where uplift and erosion occurred will be mapped. The software used for the FEM modeling is the MSC Patran/Nastran version 2005 for Windows platform. The present project follows the preliminary results of the lithosphere flexure modeling caused by sub-Andean thrusts and basins. These results show that the position of the uplift regions obtained using a 3D model differs significantly from 2D models due to the geometrical distribution of the loads, the thermo-mechanical properties of the plate and the shape of the plate limit. The main contribution of this method is to provide a quantitative forecast of the position of the sediments source areas, thus contributing to a better understanding of the history of subsidence of foreland subandean basins.

(expanded abstract available at the end of the paper)

Keywords: *finite element method | flexure of the lithosphere | marginal basins*

introdução

A análise de bacias é uma etapa fundamental na avaliação do potencial petrolífero de uma área. A compreensão da distribuição e da evolução das seqüências deposicionais e suas fácies permitem diagnósticos racionais e realistas sobre a localização das rochas geradoras, rochas-reservatório e rochas capeadoras de petróleo. A localização e a forma das principais seqüências deposicionais dependem dos processos mecânicos que levaram à formação da bacia (Allen e Allen, 1990). O mecanismo de abertura do Atlântico Sul, sob um estiramento da litosfera, subsidência inicial (rifteamento) e subsequente subsidência

térmica, tem sido utilizado no estudo e na análise das bacias marginais do Brasil e oeste da África (Chang *et al.* 1992; Mohriak e Talwani, 2000).

Levando em consideração a diferença marcante existente entre as histórias de subsidência das bacias sedimentares, diversos estudos recentes mostraram que modelos bidimensionais (2D) simples (McKenzie, 1978) não conseguem prever todas as feições geológicas. Um dos fatores mais difíceis de serem quantificados é a subsidência flexural em três dimensões. A modelagem flexural 2D tem sido utilizada em bacias do tipo antepaís situadas defronte a frentes de empurrão, como no caso das bacias subandinas (Ussami *et al.* 1999). Entretanto, os estudos recentes de Daró (2002) demonstram que a geometria da placa e das cargas, bem como a variação lateral das propriedades elásticas da placa, diferem substancialmente dos resultados obtidos utilizando aproximações numéricas bidimensionais e sem variação lateral das propriedades mecânicas da placa. Desta forma, pretende-se resolver numericamente a deformação flexural 3D ao longo da margem convergente da América do Sul.

modelo FEM 3D da Placa Sul-Americana: análise de bacias subandinas

criação do modelo da Placa da América do Sul

Este modelo para o estudo das bacias subandinas foi criado baseando-se no modelo gerado por Daró (2002). Foram utilizados os *softwares* MSC.Patran (pré e pós-processador) e o MSC.Nastran (processador) na construção do modelo.

No trabalho de Daró (2002), a construção da placa foi feita em coordenadas esféricas com a origem no centro da Terra. Os elementos finitos escolhidos foram sólidos pentaédricos lineares, em que suas faces triangulares preenchiam toda a superfície da placa. Neste modelo, a reação de empuxo exercido na placa litosférica é substituída pe-



la reação de uma fundação elástica. Em ambos os casos a reação é proporcional ao deslocamento flexural w da placa provocada pela carga normal q . Os materiais escolhidos para o modelo da placa são assumidos como homogêneos e isotrópicos para a análise estática linear.

A primeira fase da construção do modelo da Placa Sul-Americana (fig. 1) foi a definição de sua geometria. O arquivo usado para a construção desse modelo no *software* MSC.Patran tem a extensão (*.db) (MSC.Patran DataBase), que define a geometria e os elementos finitos do modelo, assim como o tipo de análise. Os dados da posição geográfica do contorno da placa continental foram obtidos no *site* da Universidade de Brest (DIGITAL..., 2006).

Para introduzir esses dados no pré-processador MSC.Patran foi criado um sistema de coordenadas esféricas de tal forma que a origem das coordenadas representa geometricamente o centro da Terra. Os respectivos valores das coordenadas geográficas foram transcritos para serem lidos como coordenadas esféricas de pontos, acrescentando-se o valor arbitrário para o raio usando-se um programa escrito na linguagem C.

Esses pontos dados pelo sistema de coordenadas foram unidos por segmentos de retas, formando uma curva fechada que representa aproximadamente o contorno da placa. O valor do raio é arbitrário neste estágio do modelo; posteriormente, os segmentos de retas foram projetados numa superfície esférica de raio 6 400 m (valor usado para o raio da Terra neste modelo). Para a construção geométrica da carga dos Andes, foi utilizado o banco de dados topográfico ETOPO5 (INDEX..., 2006).

Para cada conjunto de dados, foram plotados os pontos no pré-processador MSC.Patran e em seguida foram contornados por segmentos de retas, formando assim curvas isométricas de 1 000 em 1 000 m dos Andes.

Sob uma superfície esférica de raio $R = 6\,400$ m, foram projetadas as curvas que representam o contorno da placa continental e as curvas isométricas. A região delimitada por essas curvas foi dividida em 13 superfícies esféricas (fig. 2):

- Superfícies 10, 11, 12 e 13: continente sem os Andes.

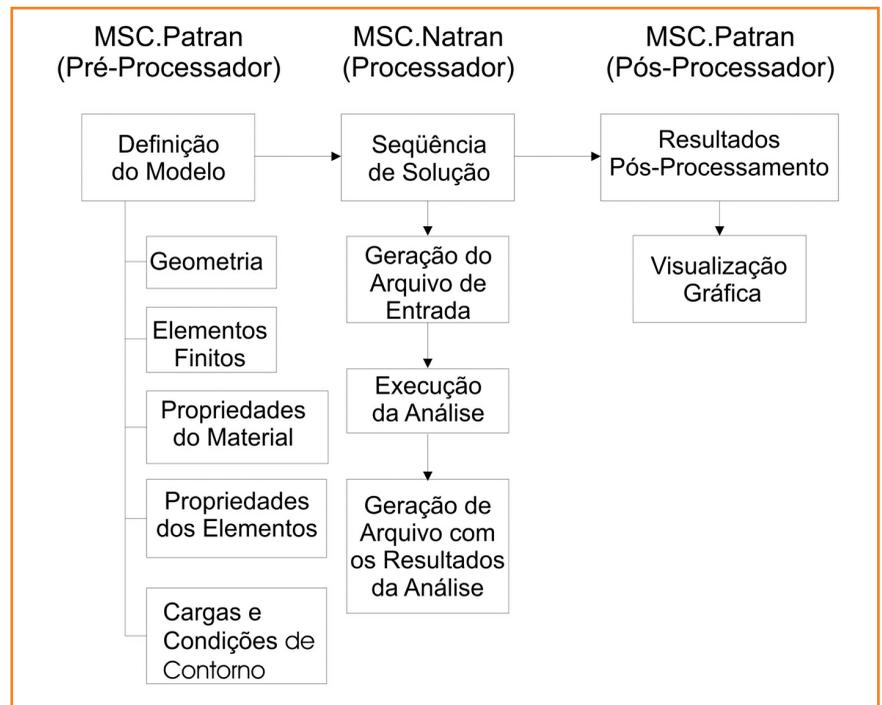


Figura 1

Esquema da construção do modelo de elementos finitos.

Figure 1

Scheme to build the finite elements model.

- Superfície 5: região dos Andes entre 1 000 m e 2 000 m.
- Superfícies 2, 3 e 4: região dos Andes entre 2 000 m e 3 000 m.
- Superfícies 1 e 9: região dos Andes entre 3 000 m e 4 000 m.
- Superfícies 6, 7 e 8: região dos Andes acima de 4 000 m.

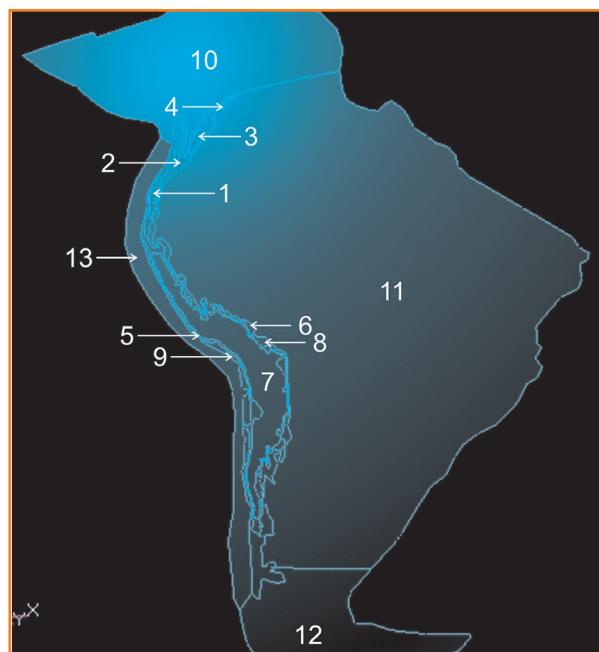


Figura 2

Superfícies geradas para servir de modelo geométrico para a criação da malha de elementos finitos.

Figure 2

Surfaces generated as geometrical models to create the finite elements mesh.

Figura 3

Malha de elementos triangulares criados sobre as 13 superfícies

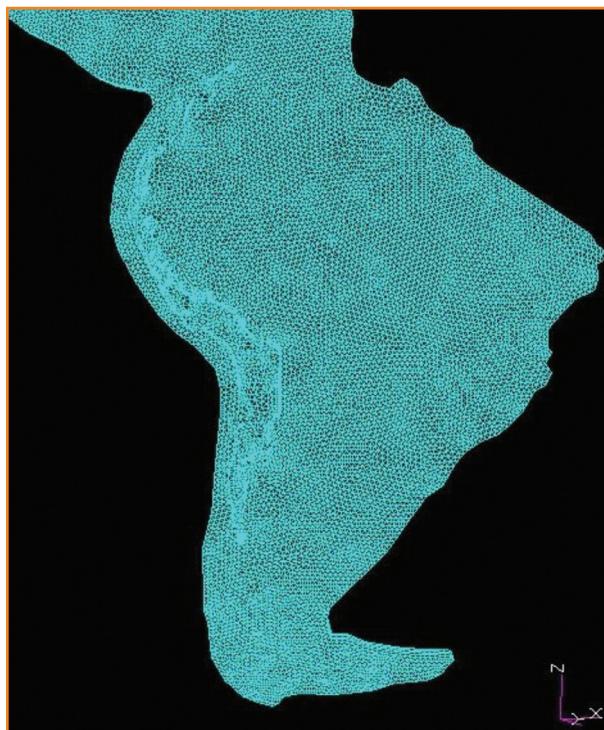


Figure 3

Triangular elements mesh created over the 13 surfaces

Tabela 1

Número de elementos triangulares sob cada região formada pelas 13 superfícies.

Table 1

Number of triangular elements under each region formed by 13 surfaces.

Regiões		nº de elementos por região
Continente (Sem os Andes)		18 299
Andes	Entre 1 000 m e 2 000m	919
	Entre 2 000 m e 3 000m	625
	Entre 3 000 m e 4 000m	621
	Acima de 4 000 m	352

Figura 4

Região destacada mostrando os elementos que representam os Andes. Em verde, faixa isométrica entre 1 000 m e 2 000 m; em amarelo, faixa entre 2 000 m e 3 000 m; em laranja, faixa isométrica entre 3 000 m e 4 000 m; e em vermelho, faixa acima de 4 000 m.

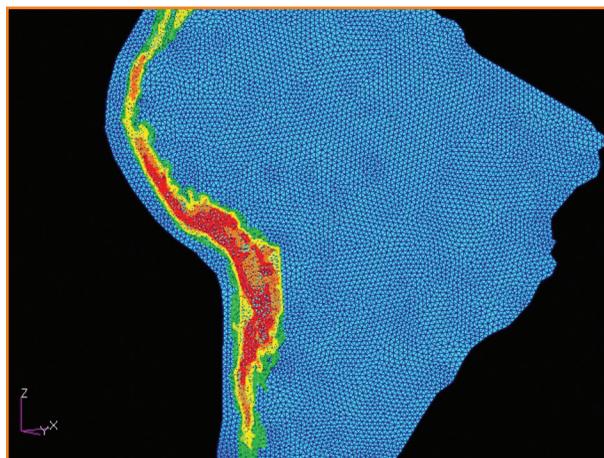


Figure 4

Highlighted region showing the elements that represent the Andes. Isometric range from 1,000 m to 2,000 m in green; from 2,000 m to 3,000 m range in yellow; from 3,000 m to 4,000 m in orange; and above 4,000 m in red.

O passo seguinte foi a geração da malha de elementos finitos. Sobre as 13 superfícies, foi criada uma malha de elementos triangulares com três nós em cada elemento, definida como Tria3 pela biblioteca de elementos do MSC.Patran (figs. 3 e 4).

O comprimento médio das arestas dos elementos foi de 55 km (~ 0,5°). Ao todo, foram

criados 20 816 elementos triangulares (tabela 1).

Por meio do comando *sweep*, os elementos foram extrudados na direção radial, formando elementos pentaédricos (fig. 5), divididos em quatro camadas. No total, foram gerados 83 264 elementos que compõem as quatro camadas.

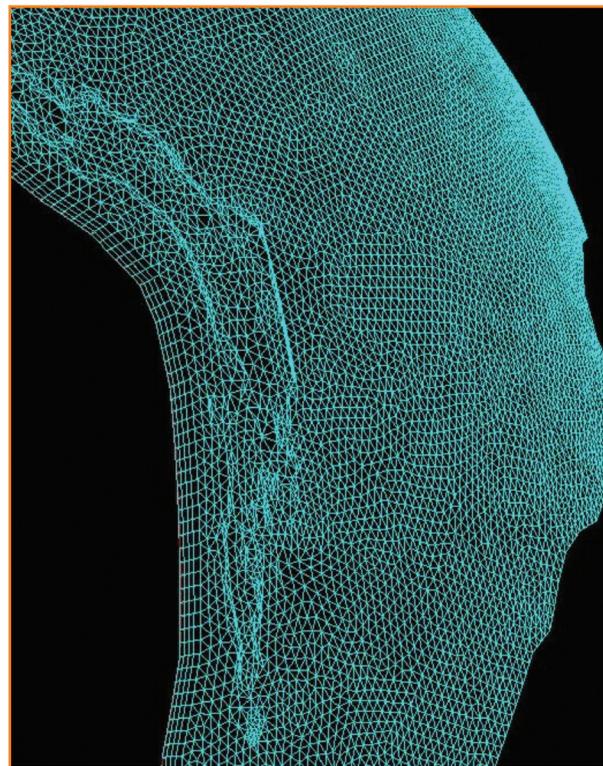


Figura 5 – Vista lateral do Oróclino da Bolívia mostrando as quatro camadas de elementos pentaédricos.

Figure 5 – Side view of the Bolivian orocline showing the four layers of pentahedral elements.

As três primeiras camadas representam a placa litosférica com propriedades elásticas. A primeira camada corresponde à crosta e a segunda e a terceira correspondem ao manto superior. A quarta camada é a astenosfera que representa, no modelo, a fundação elástica. Foram criados dois modelos com valores diferentes de espessura da camada que corresponde à litosfera. O primeiro modelo com $T_e = 100$ km e o segundo com $T_e = 150$ km (tabela 2). Para cada camada, foram especificados valores para as propriedades de cada material (tabela 3).

O próximo passo foi determinar as condições de contorno. A única restrição feita foi que os mo-



		Espessura (km)	
		Modelo 1	Modelo 2
Crosta	1ª Camada	40,0	40,0
Manto Superior	2ª Camada	30,0	55,0
	3ª Camada	30,0	55,0
Astenosfera	4ª Camada	25,0	25,0

Tabela 2 – Valores das espessuras das camadas para os dois modelos.

Table 2 – Layers thickness values of both models.

		Densidade ρ (Kg/m ³)	Coefficiente de Poisson ν	Módulo de Young E (Pa)	Espessura (m)
Crosta	1ª Camada	2 800	0,25	1,0 E + 11	4,0 E + 4
Manto Superior	2ª Camada	3 300	0,25	1,0 E + 11	3,0 E + 4
	3ª Camada	3 300	0,25	1,0 E + 11	3,0 E + 4
Astenosfera	4ª Camada	3 300	0,25	1,0 E + 8	2,5 E + 4

Tabela 3 – Propriedades das camadas de elementos pentaédricos.

Table 3 – Properties of the layers of the pentahedral elements.

vimentos de translação dos nós que constituem a base da quarta camada (astenosfera) fossem restringidos nos três eixos ($u, v, w = 0$), ao contrário do modelo feito por Daró (2002) em que, além dessa restrição, os nós que constituem a borda lateral da placa poderiam fazer apenas deslocamentos na direção radial.

Sobre os Andes, foi aplicada uma carga distribuída q , com direção radial e sentido para a origem das coordenadas esféricas, dada pela equação 1:

$$q = \rho \cdot h \cdot g \quad (1)$$

em que ρ é a densidade do material, h é a espessura da faixa que corresponde às faixas isométricas dos Andes e g é a aceleração gravitacional.

O valor de ρ foi o mesmo escolhido para a primeira camada dos elementos pentaédricos dado na tabela 2. O valor de g escolhido foi de $9,8 \text{ m/s}^2$ (figs. 6 e 7).

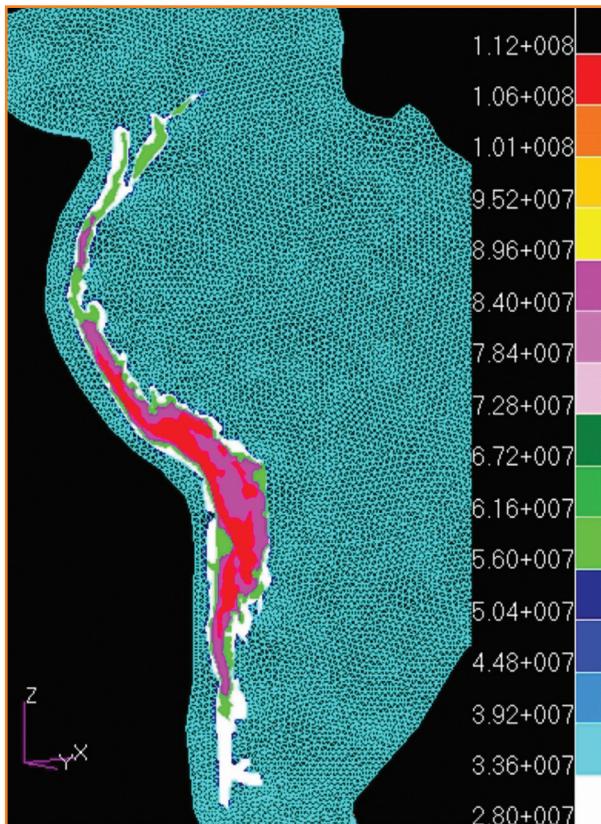


Figura 6 – Imagem dos Andes e os respectivos valores de carga distribuída em N/m^2 .

Figure 6 – Image of the Andes and the respective distributed load values in N/m^2 .

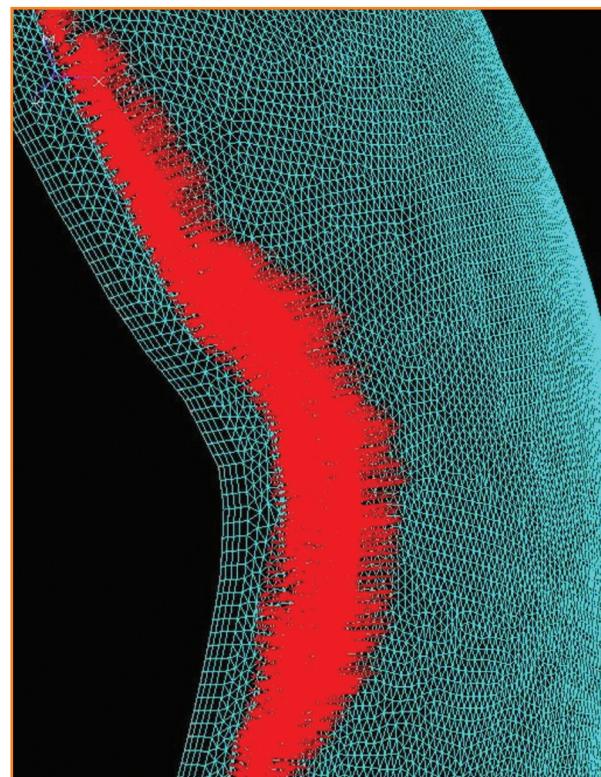


Figura 7

Em vermelho estão indicados os vetores radiais que representam a carga sobre os Andes.

Figure 7

Radial vectors that represent the load over the Andes are marked in red.

Após a construção do modelo no pré-processador MSC.Patran, escolhe-se o tipo de análise feita pelo processador. Neste modelo o tipo de análise foi estrutural: estático linear. Após a análise, o MSC.Patran cria um arquivo (*.bdf) (MSC. Nastran Analysis Input File) para ser processado pelo MSC.Nastran. Nele são determinados os deslocamentos nodais a partir da geometria do modelo, das suas propriedades elásticas e das cargas e condições de contorno aplicados sobre ele. Com os valores dos deslocamentos nodais, o processador pode determinar outros parâmetros elásticos, como o estado de deformações e de tensões.

Após o processamento, o MSC.Nastran cria um arquivo (*.xdb) (MSC Access DataBase) para ser usado com o pós-processador MSC.Patran na visualização gráfica dos resultados.

análise dos resultados obtidos para os Andes

Nas figuras 8 a 11 são apresentadas as imagens produzidas no pós-processador MSC.Patran que mostram o deslocamento radial da placa (flexura).

Pode-se observar a existência de um ponto de flexão negativa máxima (subsidência) no Oróclino da Bolívia e dois pontos de flexão positiva máxima (ombreira flexural) ao norte do Pantanal e ao sul do Pantanal. Entre esses dois pontos, sobre o Pantanal, a ombreira flexural tem a menor flexão positiva.

Como os nós dos elementos contidos na borda da placa dos modelos apresentados neste estudo não possuem restrições com relação à liberdade de translação, surgiram valores para a flexão da placa ao oeste da Placa do Caribe e ao sul da América do Sul com amplitudes superiores a 100 m, feições não presentes no modelo criado por Daró (2002) devido à restrição do movimento desses nós na direção radial.

Na tabela 4 são apresentados os valores máximo e mínimo para a flexão da placa, comparados com os resultados obtidos por Daró (2002).

Na tabela 5 são exibidos os valores da amplitude da ombreira flexural sobre o Pantanal, ao norte do Pantanal e ao sul do Pantanal, compa-

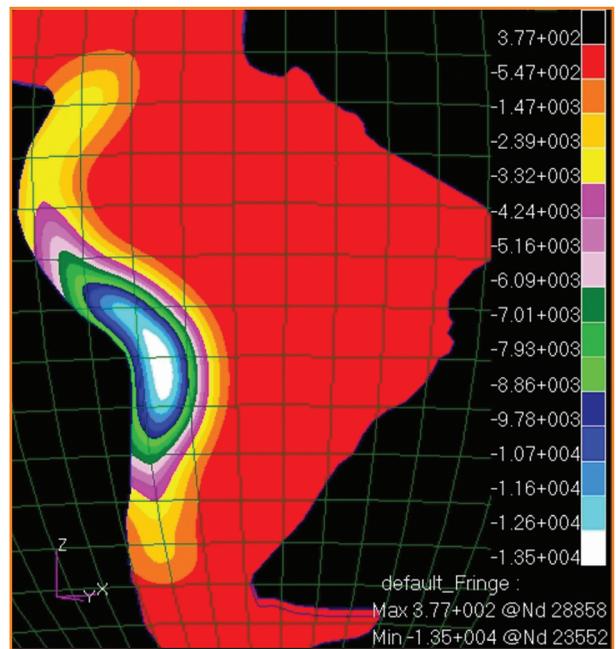


Figura 8 – Deslocamento radial da placa (m) para o modelo com $T_e = 100$ km.

Figure 8 – Radial displacement of the plate (m) for the model with $T_e = 100$ km.

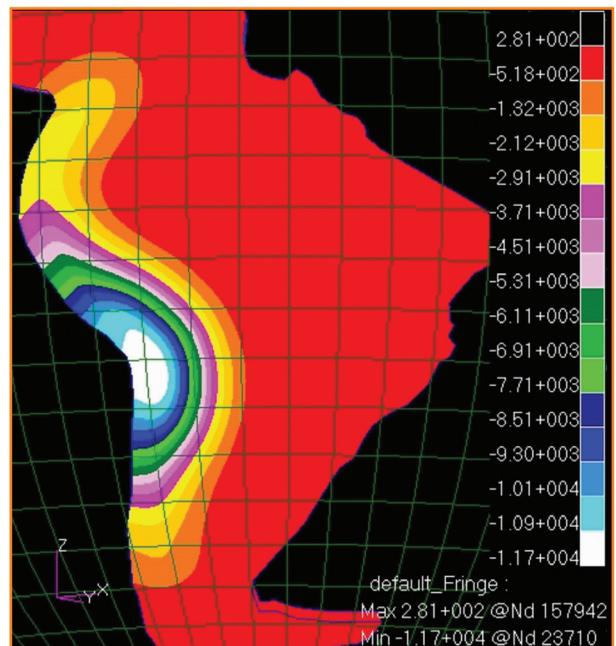


Figura 9 – Deslocamento radial da placa (m) para o modelo com $T_e = 150$ km.

Figure 9 – Radial displacement of the plate (m) for the model with $T_e = 150$ km.

rados com os valores obtidos por Daró (2002).

Observando-se os resultados mostrados na tabela 4, vê-se que há boa concordância quantitativa entre os modelos com mesma espessura elástica efetiva da litosfera (T_e) para a localização geográfica da flexão máxima e mínima da placa

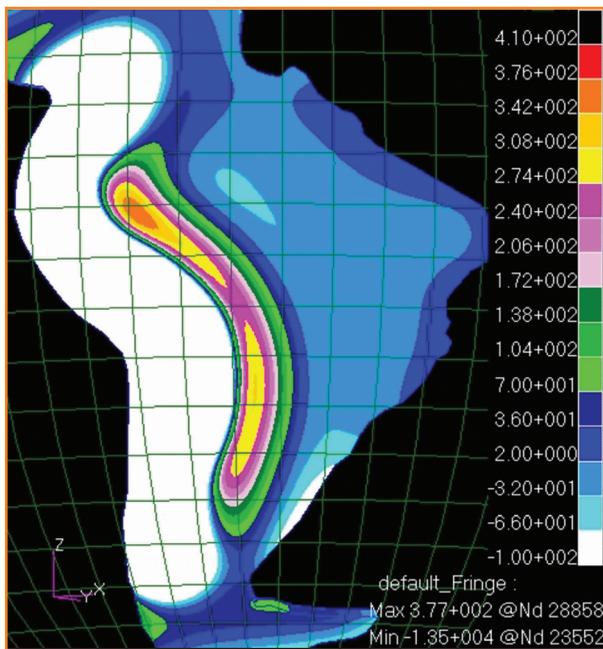


Figura 10 – Deslocamento radial da placa (m) para o modelo com $T_e = 100$ km, destacando-se as ombreiras flexurais.

Figure 10 – Radial displacement of the plate (m) for the model with $T_e = 100$ km, emphasis on flexural shoulders.

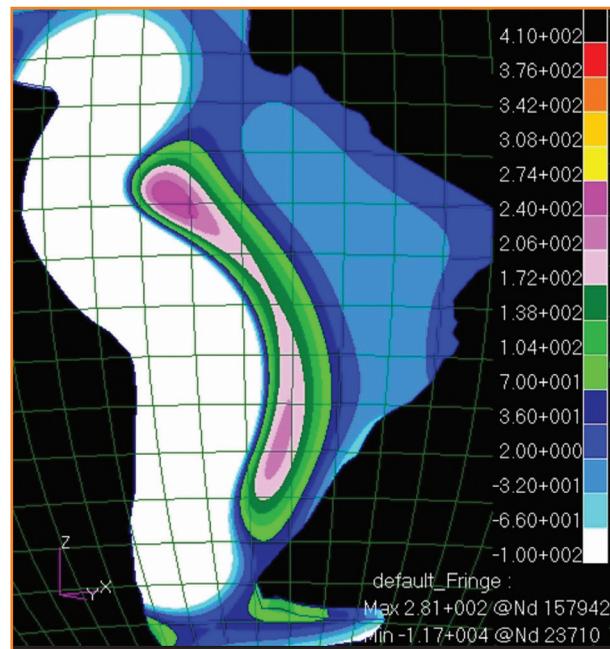


Figura 11 – Deslocamento radial da placa (m) para o modelo com $T_e = 150$ km, destacando-se as ombreiras flexurais.

Figure 11 – Radial displacement of the plate (m) for the model with $T_e = 150$ km, with emphasis on flexural shoulders.

Tabela 4

Valores para a flexão da Placa Litosférica Sul-Americana.

Table 4

Values of the flexure of the South American Lithosphere Plate.

litosférica, tendo um valor de máxima subsidência no Oróclino da Bolívia e de máximo soerguimento ao norte do Pantanal. Porém, percebe-se que há uma sensível variação na amplitude (para os modelos de mesmo $T_e = 100$ km, a razão entre as amplitudes de máxima flexão é 1,52 e para os modelos de mesmo $T_e = 150$ km, a razão é 1,91). Isso mostra como a escolha das condições de contorno para a borda lateral da placa influencia significativamente na determinação da amplitude da flexão, embora não tenha grande influência na posição geográfica dos mesmos.

Tanto nos modelos do presente estudo (Sacek *et al.* 2004) como nos modelos feitos por Daró (2002), observa-se que quanto menor a espessura da placa, a ombreira flexural e a subsidência aumentam de amplitude, a ombreira flexural diminui de comprimento e de distância à carga aplicada.

comparação com outros modelos

O modelo flexural 2D da litosfera de Ussami *et al.* (1999), usando o método numérico das diferenças finitas, apresenta uma análise em ape-

Modelo	T_e (km)	Máximo		Mínimo			
		Valor (m)	Posição do nó		Valor (m)	Posição do nó	
			La (°)	Lo (°)		La (°)	Lo (°)
Sacek (2004)	100	3,78E+02	-5,60	-69,51	-1,35E+04	-21,25	-67,83
	150	2,81E+02	-4,42	-66,60	-1,17E+04	-21,00	-69,00
Daró (2002)	100	5,75E+02	-5,67	-69,04	-1,28E+04	-21,40	-67,73
	150	5,6E+02	-4,52	-66,38	-1,06E+04	-21,00	-68,48

Amplitude da Ombreira Flexural					
Modelo	posição da Ombreira	T_e (km)	Valor (m)	Posição do nó	
				La (°)	Lo (°)
Sacek (2004)	no Pantanal	100	2,76E+02	-14,82	-59,62
		150	1,74E+02	-14,34	-56,87
	ao norte do Pantanal	100	3,78E+02	-5,59	-69,51
		150	2,81E+02	-4,43	-66,6
ao sul do Pantanal	100	3,17E+02	-23,93	-57,91	
	150	2,22E+02	-30,99	-56,53	
Daró (2002)	no Pantanal	100	4,38E+02	-14,97	-59,34
		150	4,10E+02	-16,06	-56,95
Sacek (2004)	ao norte do Pantanal	100	5,75E+02	-5,67	-69,04
Sacek (2004)	ao sul do Pantanal	100	5,36E+02	-4,52	-66,38
		150	4,80E+02	-30,58	-60,24
		150	4,47E+02	-29,72	-57,16

Tabela 5 – Valores da amplitude para a ombreira flexural no Pantanal, ao sul do Pantanal e ao norte do Pantanal.

Table 5 – Values of the flexural shoulder amplitude in Pantanal, to the South of Pantanal and to the North of Pantanal.

nas uma latitude (18°30'S: latitude do Oróclino da Bolívia, onde a carga topográfica é maior), não sendo sensível a variações latitudinais das cargas topográficas. Assim, nesse tipo de modelo, o maior soerguimento flexural ocorre na latitude onde a carga topográfica dos Andes é maior, ou seja, na latitude do Oróclino da Bolívia, ao contrário dos resultados obtidos nos modelos 3D de Daró (2002) e Sacek *et al.* (2004) onde os maiores soerguimentos flexurais ocorrem ao norte e ao sul do Pantanal, separados por um ponto de sela. Isto mostra como modelos 3D são sensíveis a singularidades geográficas, como ocorre no oróclino da Bolívia, pois esses tipos de feições agem como concentradores de tensão, influenciando no padrão geográfico das ombreiras flexurais.

A estimativa nos modelos 2D de placa semi-infinita de Stewart e Watts (1997) e de Watts (2001), para os valores da rigidez flexural da placa litosférica da América do Sul, indicam valores subestimados para a espessura elástica efetiva ($T_e \sim 50$ km) em relação aos valores obtidos em modelos 3D ($T_e \sim 100$ km). Assim modelos 3D em uma região finita do espaço, que são geometricamente mais realistas em relação a modelos de placas semi-infinitas, apresentam propriedades mecânicas significativamente diferentes em relação aos modelos 2D de placa semi-infinita.

referências bibliográficas

ALLEN, P. A.; ALLEN, J. R. **Basin analysis**: principles and applications. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1990. 451 p.

CHANG, H. K.; KOWSMANN, R. O.; FIGUEIREDO, A. M. F.; BENDER, A. A. Tectonics and stratigraphy of the east Brazil rift system: an overview. **Tectonophysics**, Amsterdam, v. 213, n. 1/2, p. 97-138, 1992.

DARÓ, F. R. **Uso do método dos elementos finitos em caso particular de flexão de placa litosférica**. São Paulo: Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, 2002. 195 p. Dissertação (Mestrado).

DIGITAL agegrid of the ocean floor. Brest: Université de Bretagne Occidentale. Domaines Océaniques, 2006.

Disponível em: <<http://www-sdt.univ-brest.fr/~jyroyer/Agegrid/agegrid.html#anchor1>>. Acesso em: out. 2006.

INDEX of /mgg/global/relief/ETOPO5. Boulder: National Geophysical Data Center, 2006. Disponível em: <<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO5/>>. Acesso em: out. 2006.

MCKENZIE, D. P. Some remarks on the development of sedimentary basins. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v. 40, p. 25-32, 1978.

MOHRIAK, W.; TALWANI, M. (Ed.). **Atlantic rifts and continental margins**. Washington: American Geophysical Union, 2000. 354 p. (Geophysical Monograph Series, 115).

SACEK, V.; USSAMI, N.; DARÓ, F. R. Deformação da placa litosférica: solução por elementos finitos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 12., 2004, São Paulo. [Anais...]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004. 1 CD-ROM.

STEWART, J.; WATTS, A. B. Gravity anomalies and spatial variations of flexural rigidity at mountain ranges. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 102-B, n. 3, p. 5327-5352, Mar. 1997.

USSAMI, N.; SHIRAIWA, S.; DOMINGUEZ, J. M. L. Basement reactivation in a sub-Andean foreland flexural bulge: the Pantanal Wetland, SW Brazil. **Tectonics**, Washington, v. 18, n. 1, p. 25-39, 1999.

WATTS, A. B. **Isostasy and flexure of the lithosphere**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 458 p.



expanded abstract

Basin analysis is a fundamental step in evaluating petroleum potentiality in an area. Understanding the distribution and the evolution of depositional sequences and their facies provides the basis for rational and realistic predictions about the location of source rocks, reservoir rocks and traps. The location and the shape of the main depositional sequences depend on the mechanical process that yielded the basin formation (Allen & Allen, 1990). The opening of the South Atlantic, due to the stretching of the lithosphere, initial subsidence, followed by thermal subsidence has been used in the study and analysis of marginal basins of Brazil and Western Africa (Chang et al., 1992; Mohriak & Talwani, 2000).

However, taking into account that differences in the history of subsidence of these basins, several recent studies showed that simple extensional basin models (McKenzie, 1978) can not predict all the geological observations. One of the most difficult factors to be quantified is the flexural subsidence, especially if lateral variation in thermal-mechanical properties and the 3D geometry of plates and loads have to be considered. The 2D flexural modeling has been used in foreland basins located in front of thrust belts like in the case of the sub-Andes (Ussami et al., 1999). Nevertheless the recent results of Daró (2002) showed that the geometry of the plate and the geometry of the load, as well as lateral variations in the elastic properties of the plate, differ significantly from the results obtained using the two-dimensional approach. Thus, the aim of this project is to numerically solve the three dimensional equation of flexure of a plate caused by vertical loads using the Finite Element Method.

As an example, the flexure of the South American plate has been modeled by the load of the Andean Cordillera based in the model created by Daró (2002). The software used in this project was MSC Patran and MSC Nastran, for linear elastic rheology.

The lithosphere (crust and upper mantle) is geometrically represented by a spherical shell constructed with finite elements with six nodes called "wedge" elements. Each node is given six degrees of freedom: translation in the three axes and rotation around the three axes. The asthenosphere under the lithosphere is replaced by an elastic shell with low rigidity. The topographic load of the Andean Cordillera over the South American plate was constructed based on the topographic data ETOPO5 (INDEX..., 2006).

The model is composed by four layers: The first three layers represent the lithosphere and the fourth layer represents the asthenosphere.

Two models were created considering different thickness values (T_e) of the lithosphere: the first model with $T_e = 100$ km and the second with $T_e = 150$ km.

Both models presented maximum uplift of the lithosphere to the north and to the south of the Bolivian Orocline where the topographic load is larger than at other regions of the Andean Cordillera. This result differs from the one obtained using 2D models (Ussami et al.), in which the maximum uplift occurs at the latitude of maximum topographic load. Thus 3D models of lithosphere flexure - which are geometrically more realistic - provided different results from the ones obtained using 2D models commonly used.

autor principal



Victor Sacek

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG)

Departamento de Geofísica

Universidade de São Paulo

e-mail: victor@iag.usp.br

Victor Sacek é aluno de graduação do curso de bacharelado em Geofísica da Universidade de São Paulo (USP). Recebeu o 3º lugar na categoria Tecnologia de Exploração da 1ª edição do Prêmio Petrobras de Tecnologia em 2005. Ele também é bolsista do Programa de Recursos Humanos PRH-19 da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Áreas de interesse: Tectonofísica e Modelagem Numérica.