

Uso do CBERS-2B/HRC para a interpretação geológica-estrutural da cratera meteorítica da Serra da Cangalha, Tocantins

Marcos Alberto Rodrigues Vasconcelos¹
Alvaro Penteado Crósta¹

¹Universidade de Campinas - UNICAMP
Rua João Pandiá Calógeras, 51 CEP: 13083-870
vasconcelos@ige.unicamp.br
alvaro@ige.unicamp.br

Abstract. The Serra da Cangalha structure, located in the northeastern part of Tocantins State, is a meteoritic crater formed in sediments of the Parnaíba Basin. It is approximately 13 km in diameter and its central uplift is about 5.8 km in diameter, according to recent studies. Its well preserved and defined collar in the central portion of the structure, associated with an elevated rim which marks its external limits, allow to accomplish a detailed geological study using available remote sensing data. Previous studies of Serra da Cangalha were supported by remote sensing images, having characterized its general structure. CBERS-2B, the third satellite on the China-Brazil remote sensing program for Earth resources, introduced an innovation with a high spatial resolution panchromatic camera (HRC) with 2.7 meters. Using this panchromatic image Serra da Cangalha was characterized in much more detail regarding its main geologic-structural features, in relation to previous studies. The results show that HRC is a valuable data source for structural studies, allowing to interpret the key structural features of the impact crater, and to define the two inner ring-like lineaments exhibited by Serra da Cangalha. The main trend observed shows that the crater was formed using the regional deformation trend previously existent in the Parnaíba Basin.

Palavras-chave: Impact crater, Serra da Cangalha, CBERS-2B/HRC, high resolution, structural interpretation.

1. Introdução

O número atual de estruturas de impacto conhecidas na Terra, de todas as dimensões, é de 174 (<http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/index.html>). Destas, 29 estruturas (representando 17% do total) estão localizadas no Canadá, 26 (15%) nos Estados Unidos, 24 (14%) na Austrália e 19 (11%) na Rússia, ao passo que as restantes espalham-se por diferentes países. Oito delas encontram-se na América do Sul, sendo apenas seis no Brasil (Crósta, 2004, Crósta et al., 2010). A maior parte dessas estruturas foi identificada inicialmente com o auxílio de imagens de sensoriamento remoto, sendo que a maior parte dessas imagens era de baixa a média resolução espacial. O atual nível de desenvolvimento dos sensores orbitais, principalmente no tocante às crescentes resoluções espaciais, vem permitindo que, além da simples detecção de estruturas desse tipo, elas possam também ser objeto de estudos geológico-estruturais mais detalhados.

A estrutura de impacto de Serra da Cangalha/TO (SdC) (Figura 1), com centro em 8°05'S/46°52'W, possui aproximadamente 13 km em diâmetro (Kenkmann et al., 2010). Suas feições mais características são sua borda externa relativamente bem delimitada e um proeminente núcleo soerguido com aproximadamente 5.8 km em diâmetro, tendo em sua parte mais central um colar com um diâmetro de 2,8km topograficamente proeminente.

O primeiro trabalho de mapeamento regional da estrutura foi realizado na década de 60 pela Petrobrás. Posteriormente, um trabalho de mapeamento mais detalhado e de reconhecimento de feições de impacto foi realizado por McHone (1986). Até o presente, poucos trabalhos de sensoriamento remoto foram desenvolvidos em SdC. Dentre eles está o de Almeida-Filho et al. (2005), que utilizou do sensor ASTER para caracterização das principais feições morfológicas de SdC, e o de Reimold et al. (2006), que com o auxílio de

cenos SRTM associados a imagens Landsat (TM) pôde identificar feições anelares subverticalizadas na forma de anéis interiores.

Em 2004 Brasil e China decidiram construir a terceira versão do satélite CBERS, que foi lançado no ano de 2007 operando até o início do corrente ano. Essa versão, denominada CBERS-2B é muito semelhante aos CBERS-1 e 2, mas o sensor antes IRMSS foi substituído pela HRC - Câmera Pancromática de Alta Resolução (2,7 x 2,7 metros).

Utilizando-se dessa alta resolução do sensor HRC do CBERS-2B, resultados mais detalhados foram obtidos em trabalhos recentes de mapeamento na estrutura de SdC, proporcionando a identificação precisa de suas principais feições morfológicas, o estudo detalhado da geologia estrutural, além de dar suporte na elaboração de um mapa geológico mais detalhado em relação aos trabalhos anteriores.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho é apresentar um quadro geral dos resultados obtidos para o mapeamento geológico-estrutural da cratera meteorítica da Serra da Cangalha, com ênfase na região do seu núcleo soerguido.

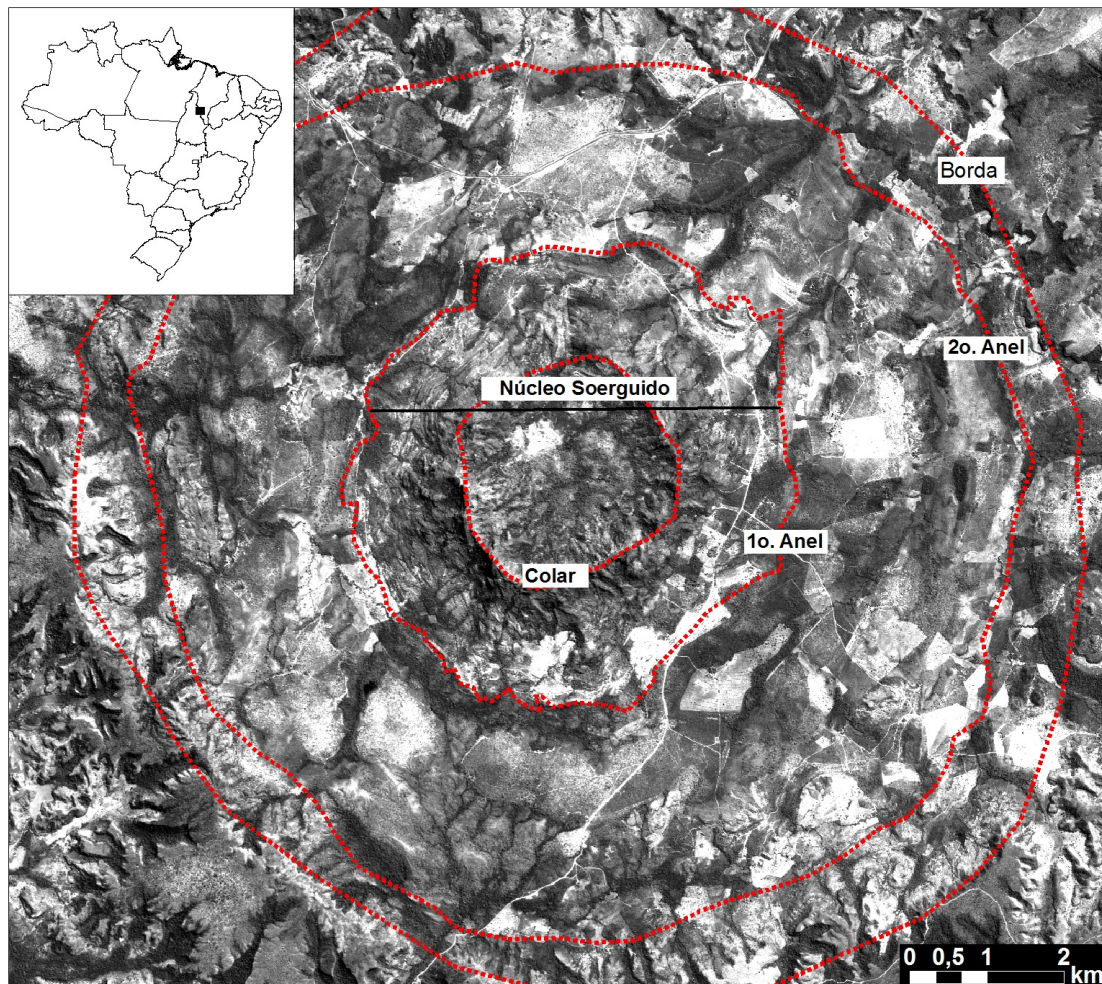


Figura 1-Mapa de localização da estrutura de impacto de Serra da Cangalha/TO mostrando sobre imagem CBERS-2B/HRC (2,7 x2,7 metros de resolução espacial), seus principais elementos morfológicos (núcleo soerguido, feições anelares e borda).

2. Métodos

A metodologia aplicada no trabalho seguiu os seguintes passos:

1. Busca e *download* da melhor cena cobrindo a maior área possível de SdC no catálogo CBERS do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais): <http://www.cbears.com.br/>. A cena pancromática do HRC, cobrindo a faixa espectral 0,50-0,80 μm , e com resolução espacial de 2,7 metros, possui o número de referência “20080819_158_C_109_3” do sensor HRC;
2. Busca e download do modelo de elevação digital –GDEM/ASTER- com 30 metros de resolução espacial no *website*: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/feature.jsp>
3. Checagem da qualidade da imagem;
4. Transformação do sistema de coordenadas com o objetivo de compatibilizá-lo com a base de dados utilizada no projeto (Córrego Alegre, zona 23 Sul);
5. Observou-se um deslocamento de aproximadamente 2,5 km para noroeste na cena HRC (Figura 2), tornando necessária a realização de um registro espacial, tendo como referência uma cena do satélite WorldView-1.
6. Aplicação de técnicas de processamento digital para realce textural, como aumento de contraste linear, para facilitar a extração de lineamentos e outras estruturas geológicas;
7. Extração de informações geológicas utilizando o software ArcGIS;
8. Elaboração de rosetas que indiquem a configuração estrutural de Sdc em diversos setores da cratera.

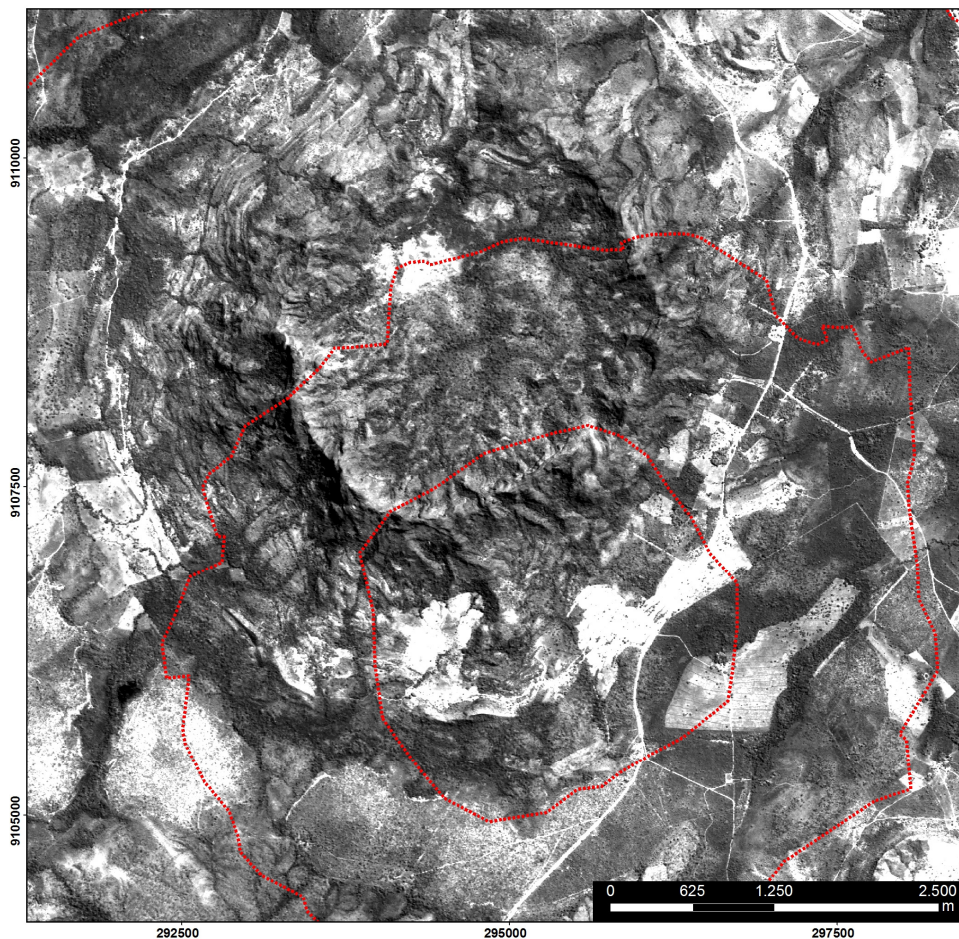


Figura 2- Cena original do CBERS-2B/HRC mostrando a região do núcleo central soerguido da Serra da Cangalha com um deslocamento espacial de aproximadamente 2,5 km para noroeste.

3. Resultados e discussão

3.1. Lineamentos

Juntas e planas falhas foram extraídos de maneira geral para toda a região correspondente ao núcleo soerguido de SdC. Para facilitar o entendimento deformacional das estruturas, a interpretação dos lineamento foi feita separadamente em quatro setores da cratera: norte, leste, sul e oeste. Foram interpretados 988 lineamentos.

Os resultados são apresentados na Figura 3, que mostra que para os dados extraídos no setor norte duas principais tendências direcionais são observadas: 70° e a 119° (Figura 3a). Os gráficos em roseta mostram que os lineamentos não apresentam direção preferencial, o que pode ser atribuído à grande quantidade de estratos dobrados que existem nesta região.

O setor leste (Figura 3b) apresenta as direções 70° e 100° como os principais *trends*, sendo a segunda direção mais bem definida visualmente. O setor sul apresentou, diferentemente do setor norte, a direção de 310° como a mais bem definida (Figura 3c). Por último, o setor leste apresentou a principal tendência ao longo da direção 70°(Figura 3d). De forma geral observa-se que o *trend* NW-SE se apresenta como mais freqüente nos dados de todos os setores.

Kenkmann (2010), utilizando-se do mesmo sensor, mas cobrindo uma área maior que incluiu algumas regiões proximais em domínios fora da cratera, interpretaram mais de 6000 lineamentos,. Em sua análise esses autores observaram dois principais *trends* (ESE-WNW e NNESSW) dentro e fora da cratera, sendo que os trends de 120° e 12° estariam relacionados a estruturas regionais pré-existente em relação ao evento de impacto que formou SdC. Desta maneira, o principal *trend* de lineamentos observado nestre trabalho (NW-SE), estaria relacionado ao mesmo trend observado por Kenkmann (2010), correlacionável portanto a estruturas pré-existentes. Esse mesmo sistema de fraturamentos teria favorecido, segundo o autor, o desenvolvimento da deformação dos estratos sedimentares no processo de deformação decorrente do impacto.

3.1. Anéis de Serra da Cangalha

A estrutura de impacto de SdC apresenta um núcleo soerguido de mais de 360 metros de desnível em relação à superfície circundante e uma borda externa aparentemente bem marcada, que compreende platôs com estratos horizontalizados. No interior da estrutura, na região entre a borda e o núcleo soerguido, há dois alinhamentos de cristas relativamente bem marcados, por vezes seccionados, que definem dois anéis interiores. Reimold et al. (2006) já haviam notado a existência desses múltiplos anéis com o auxílio da imagem ASTER associado ao SRTM.

A imagem CBERS-2B (resolução espacial de 2,7 metros) utilizada neste trabalho combinada com o modelo digital de elevação (GDEM-resolução espacial de 30 metros), esses anéis podem ser melhor delimitados e mapeados. O 1°.anel (distante cerca de 2,8 km do centro) é mais bem preservado da erosão e marca o limite entre o núcleo soerguido e à bacia anelar (Figura 4). Além disso, as rochas provenientes dessa região em direção ao centro da cratera concentram a maior parte das micro-deformações observadas (Vasconcelos et al., 2010)

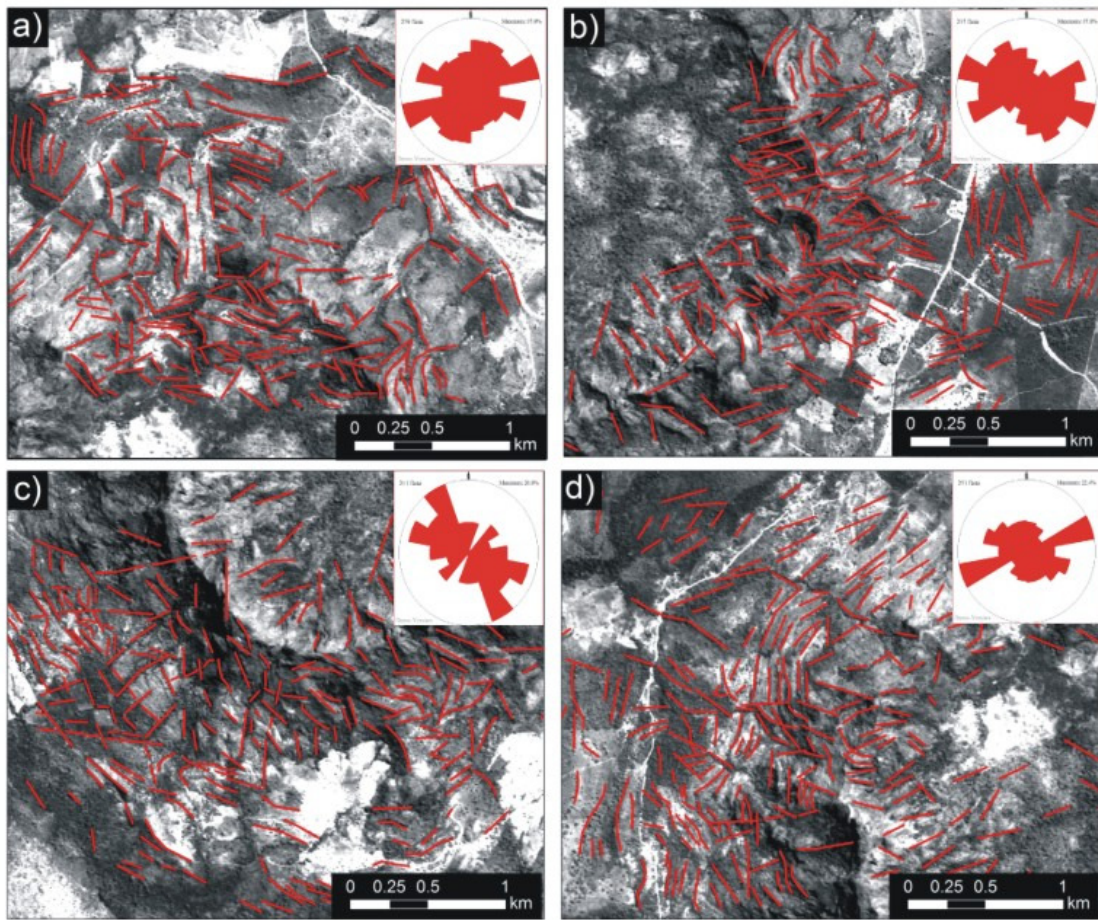


Figura 3- Lineamentos extraídos da cena CBERS-2B para a região do núcleo soerguido de Serra da Cangalha. Os lineamentos foram extraídos em quatro setores: (a) norte; (b) leste; (c) sul e (d) oeste.

O segundo anel está a aproximadamente 5 km distante do centro da estrutura, próximo à borda (Figura 4). Na imagem pôde-se observar que este apresenta-se deformado, expondo estratos dobrados, além de se apresentar pouco contínuo, por ter sido provavelmente mais erodido que o primeiro. Além disso, a estrutura apresenta outras elevações dispersas na bacia anelar que podem estar relacionadas a remanescentes de outros anéis intensamente erodidos, e que podem ser observados na cena CBERS-2B.

Serra da Cangalha, contudo, não é uma cratera multi-anelar semelhante às observadas em outros corpos planetários. Esses anéis observado em SdC são na verdade feições erosivas, decorrentes da erosão seletiva de rochas menos resistentes.

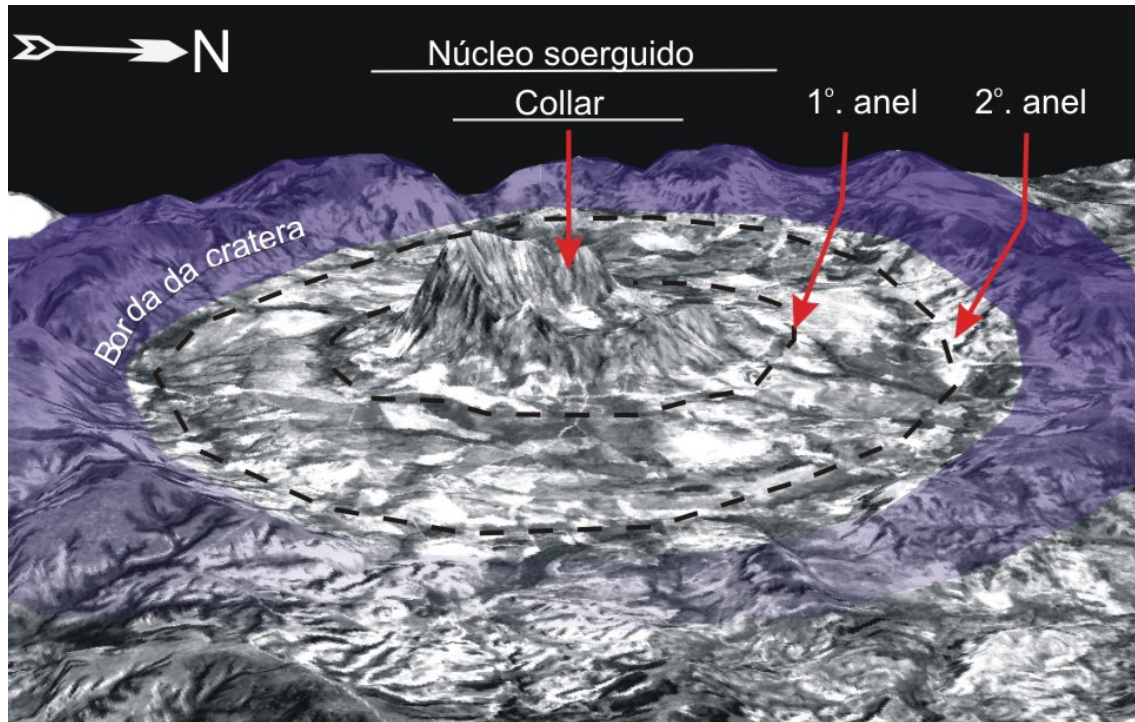


Figura 4- Vista em perspectiva 3D lateral da estrutura de impacto de Serra da Cangalha utilizando a imagem CBERS-2B/HRC juntamente como modelo de elevação digital do terreno GDEM derivados dos dados ASTER. Destaca-se a distribuição anelar da estrutura observada na imagem: bordas e colar com mais elevada expressão topográfica, e dois anéis interiores.

4. Conclusões

O uso da banda pancromática de alta resolução CBERS-2B/HRC proporcionou resultados extremamente significativos do ponto de vista da interpretação geológica/estrutural da cratera de impacto de Serra da Cangalha. A principal tendência de direção dos lineamentos extraídos na região do núcleo soerguido (NW-SE) está em consonância com a direção obtida por Kenkmann et al. (2010) para dentro e fora da estrutura e interpretada pelo mesmo como uma direção regional pré-impacto. As demais direções distribuem-se espacialmente de forma radial e anelar por todas as direções, o que é compatível com o tipo de deformação decorrente da formação de crateras complexas de impacto meteorítico causado, por sua vez, por ondas de choque de natureza hemisférica. Além disso, a imagem CBERS-2B/HRC mostrou-se eficiente para a caracterização da compartimentação de Serra da Cangalha no que diz respeito à elevação de sua borda, mapeamento dos anéis interiores e núcleo soerguido, todas as estruturas observadas em trabalho de campo.

5. Referências Bibliográficas

- Almeida-Filho R., Moreira F. R. S., and Beisl C. H. 2005. The Serra da Cangalha astrobleme as revealed by ASTER and SRTM orbital data. **International Journal of Remote Sensing** 26:833– 838.
- Crósta A. P. 2004. Impact craters in Brazil: How far we've gotten. **Meteoritics & Planetary Science** 39: Supplement: A27
- Crósta, A.P., Lourenço, F.S., and Priebe, G.H., 2010, Cerro do Jarau, Rio Grande do Sul: A possible new impact structure in southern Brazil, in Gibson, R.L., and Reimold, W.U., eds., **Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution IV**: Geological Society of America Special Paper 465, p. 173–190.

Download de imagens CBERS-2B. Disponível em:

<<http://www.cbers.com.br/>>. Acesso em: 28.outubro.2010

Download de GDEM/CBERS. Disponível em:

<<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/feature.jsp/>>. Acesso em: 01. outubro.2009

Earth Impact Database. Disponível em:

< <http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/index.html> />. Acesso em: 09.novembro.2010.

Kenkmann T., Vasconcelos M. A. R., Crosta A. P., and Reimold W. U. 2010a. Serra da Cangalha, Tocantins, Brazil: insights into the structure of a complex impact crater with an overturned central uplift. 41 Lunar and Planetary Science Conference. March/2010. The Woodlands, Texas 41: CD-Rom #1237.

McHone, J. F. JR.1986. Terrestrial impact structures: their detection and verification with two new examples from Brasil. **PhD thesis**. University of Illinois at Urbana-Champaign.

Reimold, W.U., Cooper, G.R.J., Romano, R., Cowan, D.R., Koeberl, C. 2006. Investigation of shuttle radar topography mission data of the possible impact structure at Serra da Cangalha, Brazil. **Meteoritics & Planetary Science** 41: 237.

Vasconcelos, M.A. R., Crósta, A.P., Reimold, W.U., Kenkmann, T. 2010. Diagnostic shock features of the Serra da Cangalha impact structure, northeastern Brazil: preliminary analysis. The 10th general meeting of the international mineralogical association- August/2010. Budapest.