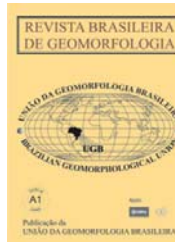




www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 16, nº 1 (2015)



# LINEAMENTOS MORFOESTRUTURAIS COM BASE EM DERIVAÇÕES DE MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE-SRTM – SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION) NA DEPRESSÃO DO PIRAÍ, ESTADO DO PARANÁ, SUL DO BRASIL

## MORPHOSTRUCTURAL LINEAMENTS BASED ON DEM-SRTM DERIVATIONS IN THE PIRAÍ DEPRESSION, STATE OF PARANÁ, SOUTHERN BRAZIL

**Mário Sérgio de Melo**

*Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Av. General Carlos Cavalcanti 4748. Ponta Grossa, Paraná, CEP 84.030-900, Brasil  
Email: msmelo@uepg.br*

**Dilce de Fátima Rossetti**

*Divisão de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Rua dos Astronautas 1758, São José dos Campos, CEP 12.245-970, Brasil  
Email: rossetti@dsr.inpe.br*

### Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:  
24/09/2014  
Data de Aprovação:  
02/01/2015

### Palavras-chave:

Depressão do Piraí;  
Lineamentos Morfoestruturais;  
Análise estrutural; Dados  
TOPODATA.

### Keywords:

Piraí Depression;  
Morphostructural Lineaments;  
Structural Analysis;  
TOPODATA Database.

### Resumo:

Os estudos realizados visaram extrair lineamentos morfoestruturais de diferentes derivações de modelo digital de elevação (MDE) do banco de dados TOPODATA, adquirido pela *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM. Os resultados foram integrados entre si e com dados de estudos precedentes que envolveram também imagens Landsat 7, objetivando comparar a eficiência dos métodos de extração de lineamentos com base em dados de sensoriamento remoto. Utilizou-se como área teste a região da Depressão do Piraí, situada no Primeiro Planalto do Paraná, que está inserida no contexto do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil. A evolução dessa depressão está relacionada a estruturas rúpteis nas direções principais NE-SW, NW-SE e, subordinadamente, E-W, todas reativadas no Cenozoico. Os estudos precedentes haviam indicado a composição R (*Red*), G (*Green*), B (*Blue*) aplicada, respectivamente, sobre imagem I (transformada IHS *intensity, hue, e saturation*) e as bandas 7 e 5 do Landsat 7 como mais eficaz para o realce de lineamentos. Dando continuidade a esses trabalhos, comparou-se a eficácia de derivações geomorfométricas do SRTM do banco TOPODATA, incluindo as variáveis altimetria, orientação de vertentes e curvatura horizontal. Os resultados mostraram que o uso da variável morfométrica altimetria adequadamente sombreada permite reconhecimento de maior número de lineamentos estruturais. Principalmente quando do uso da variável morfométrica curvatura horizontal, os testes em áreas selecionadas mostraram ainda realce da direção N-S, antes não detectada, possivelmente em decorrência de fatores como escala e geologia local.

## Abstract:

This study aimed to compare the efficiency of extracting morphostructural lineaments based on derivations of the digital elevation model from the TOPODATA database, acquired by the Shuttle Radar Topography Mission-SRTM. The results were compared with each other and with data from previous studies involving also Landsat 7 images. The region of the Piraí Depression in the context of the Southeastern Brazilian Cenozoic Rift System was selected as test area. The evolution of this depression is related to NE-SW, NW-SE and E-W trending brittle structures, all of them reactivated during the Cenozoic. Previous studies indicated that the most effective method for lineament extraction was the composition R (red), G (green), B (blue) applied respectively on the image I (transformed IHS intensity, hue, and saturation), as well as bands 7 and 5 of Landsat 7. Continuing these works, the present investigation compared the efficiency of geomorphometric variables derived from the TOPODATA database, including altimetry, slope direction and plan curvature. The results showed that the use of the variable altimetry, when properly shaded, allows the recognition a greater number of structural lineaments. Especially when using the variable plan curvature, the tests on selected areas showed N-S lineaments not detected before, possibly because of factors such as scale and local geology.

## 1 Introdução

A análise estrutural em áreas caracterizadas por escassez de afloramentos é geralmente problemática. Em tais situações, a análise de lineamentos morfoestruturais, feições lineares mapeáveis, retilíneas ou levemente encurvadas, que provavelmente refletem estruturas geológicas (O'LEARY *et al.*, 1976), pode representar uma importante ferramenta para o reconhecimento de elementos estruturais.

A extração de lineamentos morfoestruturais morfoestruturais tem sido cada vez mais facilitada pela disponibilização de novos produtos de sensores remotos. Porém, esses demandam experimentos para se identificar os procedimentos mais eficientes para este tipo de extração.

Dando continuidade a estudos precedentes (MELO & ROSSETTI, 2013), o presente trabalho visou comparar a eficiência da extração de lineamentos morfoestruturais utilizando os dados de altimetria (GRD) e suas derivações morfométricas, incluindo orientação de vertentes (ON) e curvatura horizontal (HN) disponíveis no banco de dados topográficos TOPODATA (VALERIANO, 2008). O objetivo principal foi testar a eficiência dos diferentes dados derivados do modelo digital de elevação MDE-SRTM no reconhecimento de lineamentos estruturais, de modo a identificar técnicas adequadas para o apoio à análise estrutural de áreas geologicamente similares.

Para isto, utilizou-se como área teste a região da Depressão do Piraí, situada no Primeiro Planalto do Paraná (Figura 1). O relevo no local é bastante acidentado, com desníveis que alcançam 230 m entre a depressão

e áreas de seu entorno. Morfoestruturas como cristas, vales e escarpas alongadas são visíveis em imagens de satélite, radar e em fotografias aéreas. Entretanto, bons afloramentos são escassos. Nestas condições, o uso de dados de sensores remotos tem grande potencial para a identificação de lineamentos morfoestruturais que possam contribuir para a seleção de áreas de interesse para estudos de detalhe visando o entendimento da evolução tectônica da depressão.

## 2 Contexto geológico

A Depressão do Piraí tem sido incluída no Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (SRCSB), definido por Zalán & Oliveira, 2005 (Figura 1). Este conjunto de depressões fora antes denominado Sistema de Riftes da Serra do Mar (ALMEIDA, 1976), Sistema de Bacias Tafrogênicas Continentais do Sudeste do Brasil (MELO *et al.*, 1985) ou, ainda, Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989). O SRCSB compreende blocos de falha que se estendem da região litorânea à plataforma continental das regiões sul e sudeste do Brasil.

O substrato geológico da Depressão do Piraí compreende rochas do Complexo Granítico Cunhaporanga (granitos, granitóides e quartzitos do final do Proterozoico), do Grupo Castro (riolitos, andesitos, tufos, ignimbritos, quartzos latitos, brechas, conglomerados polimíticos, arenitos arcoseanos, lamitos e siltitos do limite Proterozoico-Paleozoico), da Formação Furnas (arenitos e conglomerados siluro-devonianos da Bacia do Paraná), além de diques (diabásios, dioritos, dioritos pórfiros cretáceos) associados ao Magmatismo Serra Geral (MINEROPAR, 2001 e 2005).

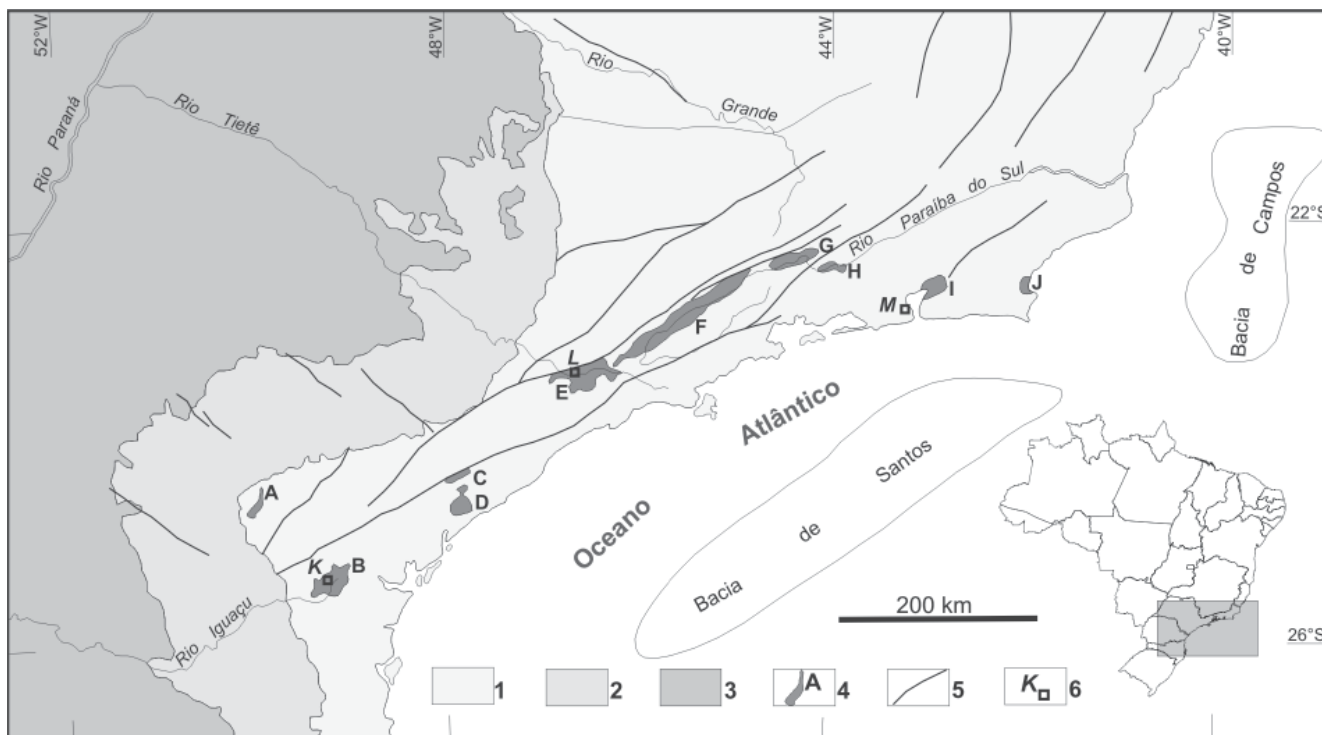


Figura 1 - Localização da Depressão do Pirai no Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil. 1) embasamento pré-cambriano; 2) rochas sedimentares paleozoicas e mesozoicas da Bacia do Paraná; 3) derrames da Formação Serra Geral e coberturas cretáceas; 4) principais bacias sedimentares cenozoicas: A) Depressão do Pirai; B) Bacia de Curitiba; C) Gráben de Sete Barras; D) Formação Pariquera-Açu; E) Bacia de São Paulo; F) Bacia de Taubaté; G) Bacia de Resende; H) Bacia de Volta Redonda; I) Formação Macacu (Gráben da Guanabara); J) Gráben de São João; 5) falhas principais; 6) cidades principais: K) Curitiba; L) São Paulo; M) Rio de Janeiro (baseado em ALMEIDA, 1976; MELO *et al.*, 1985; RICCOMINI *et al.*, 2004; ZALÁN & OLIVEIRA, 2005; MELO *et al.*, 2010).

A Depressão do Pirai aparece na forma de compartimento de relevo suavizado e rebaixado, que contrasta com o relevo montanhoso próximo. O setor principal deste compartimento, alongado na direção NE-SW, tem cerca de 15 km de extensão e 5 km de largura (Figura 2).

Estudos precedentes (MELO & ROSSETTI, 2013) testaram o uso do sensoriamento remoto na extração de lineamentos morfoestruturais, visando apoiar a análise das estruturas rúpteis na Depressão do Pirai. Esses estudos compararam lineamentos extraídos de diferentes produtos: mapa geológico em escala 1:250.000 (MINEROPAR, 2005), imagem TOPODATA GRD (altimetria do modelo digital do relevo krigeado para 30 m com sombreamento), banda 5 do Landsat 7 e transformação IHS utilizando as bandas 3, 4, 5 e 7 de imagens do Landsat 7.

Os resultados desses estudos indicaram que a transformação IHS foi a mais eficiente na identificação

de lineamentos morfoestruturais, levando-se em conta a frequência (número) e a densidade (comprimento acumulado). As três principais direções de lineamentos identificadas já haviam sido relatadas em trabalhos anteriores (FÚLFARO *et al.*, 1982; ZALÁN *et al.*, 1990; MELO & GIANNINI, 2007), conforme segue:

- a) NW–SE: associadas com a ruptura do Gondwana na região, e com o Arco de Ponta Grossa, com paroxismo no Mesozoico;
- b) NE–SW: paralelas a estruturas do embasamento proterozoico a eopaleozoico;
- c) E–W: paralelas a fraturas oceânicas desenvolvidas durante a deriva continental.

### 3 Materiais e métodos

A Figura 3 sintetiza os materiais utilizados e procedimentos realizados no presente estudo. O Quadro 1 descreve os procedimentos apresentados na Figura 3.

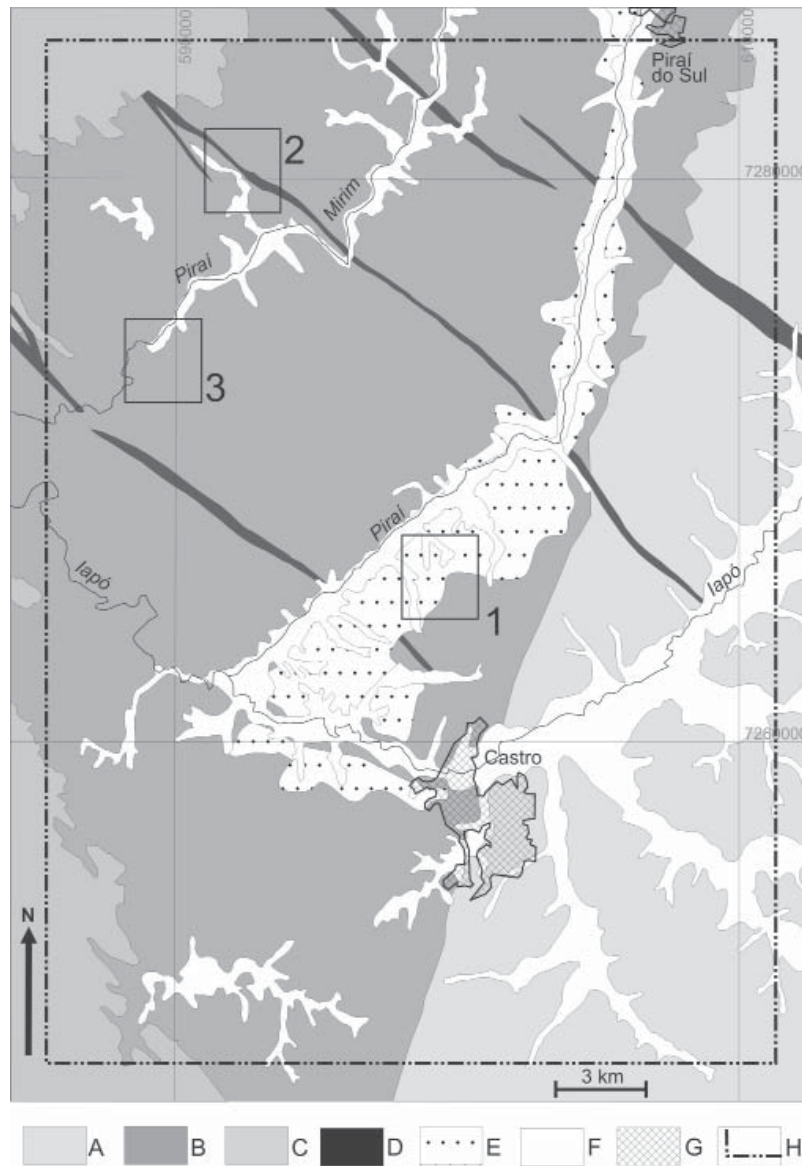


Figura 2 - Mapa geológico simplificado da Depressão do Pirai e seu entorno. A) Complexo Granítico Cunhaporanga; B) Grupo Castro; C) Formação Furnas; D) principais diques relacionados ao Magmatismo Serra Geral; E) depósitos cenozoicos da Depressão do Pirai; F) aluviões quaternários; G) áreas urbanas; H) limites da área maior de análise dos lineamentos (ver Figura 5); 1, 2 e 3: áreas de detalhe de análise dos lineamentos (ver Figuras 7, 8 e 9) (modificado de MINEROPAR, 2005 e MELO et al., 2010).

**Quadro 1: documentos e processamentos realizados para análise de lineamentos na área da Depressão do Pirai.**

DOCUMENTO	PROCESSAMENTO
Imagem Landsat 7 bandas 3, 4, 5 e 7.	Recorte, realce por ajuste de histograma, transformação IHS, composição colorida, vetorização de lineamentos, análise de lineamentos.
Altimetria (GRD) de imagem TOPODATA e suas derivações orientação de vertentes (ON) e curvatura horizontal (HN).	Sombreamentos, vetorização de lineamentos, análise de lineamentos.

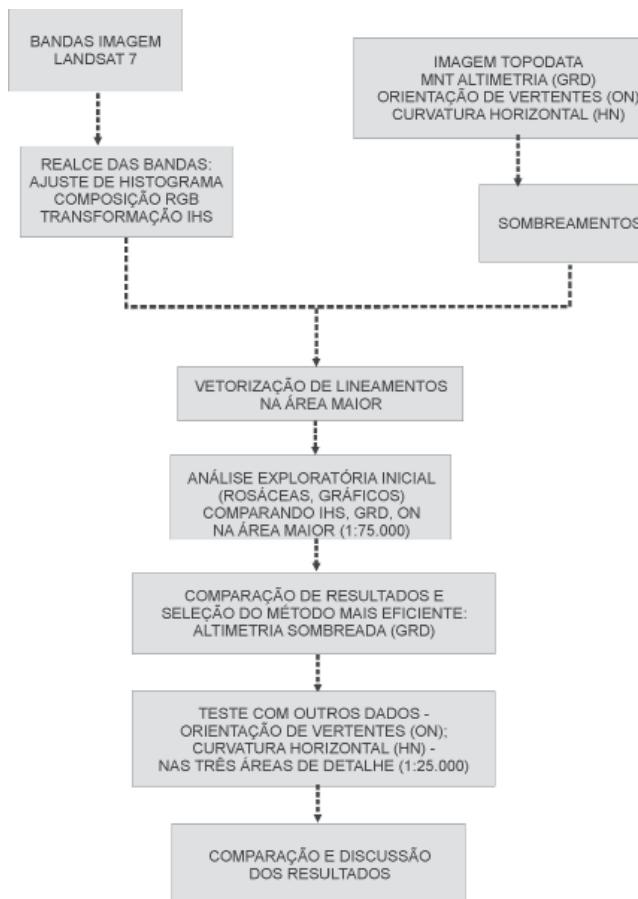


Figura 3 - Esquema dos materiais e procedimentos utilizados na análise de lineamentos da Depressão do Pirai.

### 3.1 Documentação

Foram utilizadas as bandas 3, 4, 5 e 7 do Landsat 7 sensor ETM+, imagem ortorretificada órbita 221 ponto 077 de 11/10/2002, sol com azimute e elevação de 64,26° e 55,97°, respectivamente. Esta imagem, obtida em <http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>, foi selecionada por ser disponível livremente em formato ortorretificado e por não apresentar cobertura de nuvens sobre a área de estudo.

As imagens do TOPODATA utilizadas para a extração de lineamentos foram as identificadas como 24\_51, correspondentes à Folha Telêmaco Borba em escala 1:250.000 (SG-22-X-A), delimitada pelas coordenadas 24°00' a 25°00' de latitude sul e 49°30' a 51°00' de longitude oeste, ou seja, com coordenadas do canto superior esquerdo a 24° de latitude sul e 51° de longitude oeste (24\_51).

Foram utilizadas as imagens com extensão GRD (modelo digital de elevação com dados altimétricos

interpolados para 30 m), disponível no sítio <http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/grd/>, e as imagens com extensão ON (orientação das vertentes) e HN (curvatura horizontal), disponíveis no sítio <http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/bmp/>.

Os significados das imagens utilizadas do banco TOPODATA são (VALERIANO, 2008 e VALERIANO & ALBUQUERQUE, 2010):

a) GRD: modelo digital de elevação com dados altimétricos interpolados para 30 m a partir dos dados do SRTM, através de krigagem;

b) ON: orientação das vertentes, que é o ângulo azimutal do vetor correspondente à maior inclinação do terreno, varia de 0° (norte) a 360°;

c) HN: curvatura horizontal, que expressa a forma da projeção horizontal da vertente, podendo ser convergente, planar ou divergente (Figura 4); é expressa pela diferença de ângulo de orientação da vertente por distância horizontal, normalmente graus por metro.

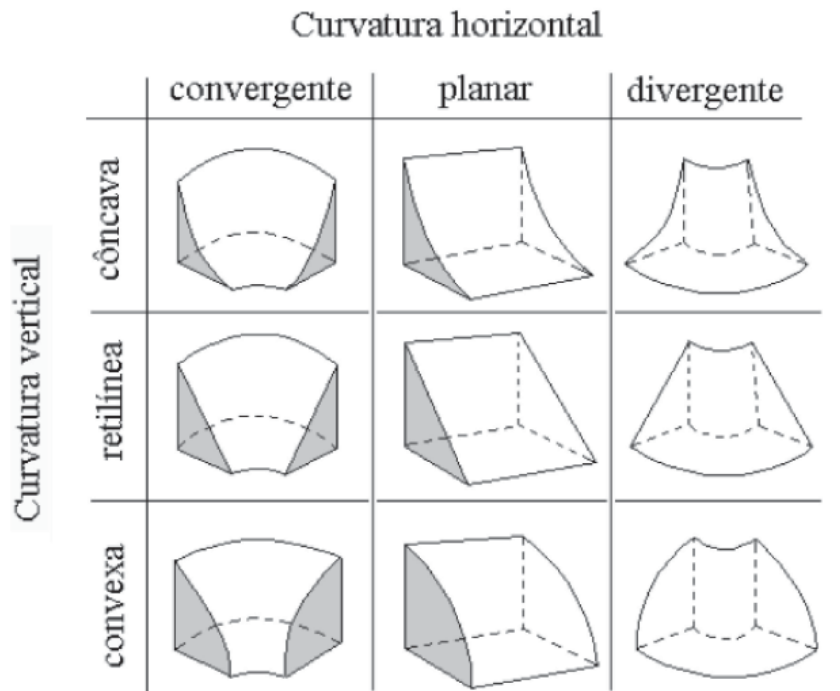


Figura 4 - Tipos de curvaturas horizontais e verticais do terreno (adaptado de DIKAU, 1990 apud VALERIANO, 2008).

### 3.2 Procedimentos para realce dos lineamentos

O uso das imagens de satélite foi o mesmo adotado por Melo & Rossetti (2013). As bandas 3, 4, 5 e 7 da imagem Landsat foram recortadas no aplicativo Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, versão 4.3.3) pelo retângulo maior envolvente do projeto definido (24°32'23.07" a 24°52'31.61" de latitude sul e 49°54'47.11" a 50°09'08.45" de longitude oeste). Nas bandas recortadas, foi realizado aumento linear de contraste pelo ajuste do histograma.

Com as bandas previamente contrastadas, foi realizada composição colorida IR7G5B, com a imagem I resultante da transformação IHS (intensidade, matiz e saturação) sobre as bandas 4R5G7B. Estes procedimentos seguiram relatos de bom desempenho no realce de lineamentos já descritos na literatura (p.ex. ANDRADES FILHO & FONSECA, 2009). A vetorização dos lineamentos nas imagens foi realizada no aplicativo Global Mapper (versão 12.00).

As imagens do TOPODATA (GRD, ON, HN) também foram visualizadas e vetorizadas no aplicativo *Global Mapper* com artifício de sombreamento, utilizando-se iluminação com azimute 355° e elevação 45°. Estes parâmetros foram selecionados com base

nos resultados de estudos precedentes (MELO & ROSSETTI, 2013), que utilizaram sombreamento no modo *slope shader* (sem efeito de iluminação), que revelou o predomínio de lineamentos nas direções NW-SE, NE-SW e E-W.

### 3.3 Vetorização dos lineamentos nas imagens

Na análise exploratória inicial, visando comparar resultados dos trabalhos anteriores com outros métodos de extração de lineamentos, foram vetorizados os lineamentos dentro da área maior de estudo (Figura 2). Nesta etapa, adotaram-se os seguintes critérios: escala de visualização no monitor constante (1:75.000), continuidade maior que 0,5 cm (maior que 375 m); nitidez; linearidade; paralelismo com outros lineamentos; continuidade com outras estruturas; truncamento de outros lineamentos; e traçado só onde é visível, sem generalização (ou interpolação). Utilizaram-se os resultados dos lineamentos extraídos da composição IHS das imagens do Landsat 7 e da imagem GRD do TOPODATA sombreada no modo *slope shader* (ambos resultados de MELO & ROSSETTI, 2013). Esses resultados foram comparados com lineamentos extraídos das imagens GRD e ON do TOPODATA, agora sombreadas no modo *atlas shader*.

### 3.4 Seleção das áreas de detalhe

A escolha das áreas de detalhe baseou-se nos resultados da análise exploratória inicial. Elas foram situadas sobre as principais concentrações simultâneas de todas as direções de lineamentos reconhecidas. Nas três áreas (Figura 2) foram extraídos lineamentos utilizando-se imagens do TOPODATA GRD e ON sombreadas no modo *atlas shader*, e também, para comparação, HN. Nesta etapa, a escala de visualização no monitor para a vetorização foi de 1:25.000.

### 3.5 Comparação dos resultados dos dados de lineamentos

Os dados numéricos e rosáceas dos lineamentos extraídos foram processados no aplicativo Spring (versão 5.1.7), após importação de arquivo no formato *shapefile* gerado no *Global Mapper*. Na planilha Excel

do *Microsoft Office* foram elaborados os gráficos de resultados totais.

## 4 Resultados e discussão

A Figura 5 apresenta os lineamentos vetorizados na área de estudo maior (Figura 2), na etapa de análise exploratória inicial, nos seguintes produtos:

- a) composição IHS (IR7G5B) do Landsat 7, que tinha sido o produto com melhor resultado na extração de lineamentos no trabalho precedente de Melo & Rossetti (2013);
- b) imagem GRD do TOPODATA com sombreamento no modo *slope shader*;
- c) imagem GRD do TOPODATA com sombreamento no modo *atlas shader*;
- d) imagem ON do TOPODATA.

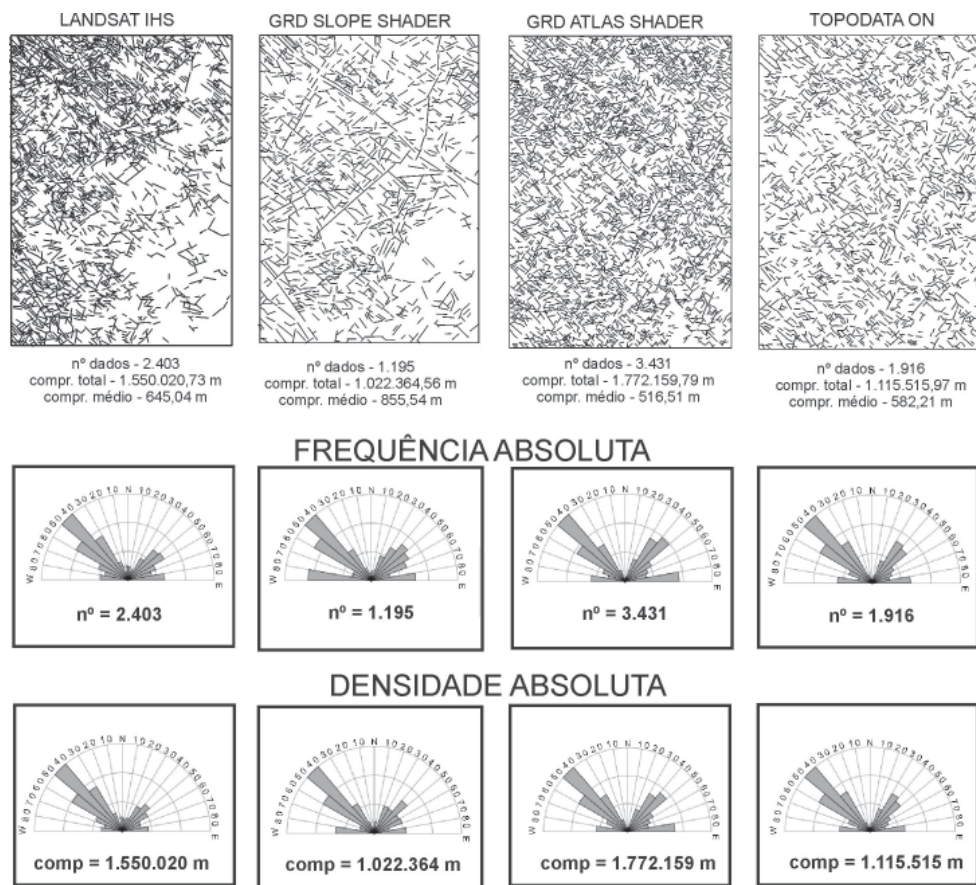


Figura 5 - Lineamentos da análise exploratória inicial (área maior) da região da Depressão do Piraí vetorizados nos diferentes documentos analisados e respectivas rosáceas de frequência absoluta (número de lineamentos) e densidade absoluta (comprimento acumulado). Ver localização, coordenadas e escala na Figura 2.

Do ponto de vista qualitativo (direções dos principais conjuntos de lineamentos visíveis nas rosáceas da Figura 5), pode-se chegar a conclusões semelhantes às do estudo de Melo & Rossetti (2013):

- destacam-se as direções: (1) NW-SE; (2) NE-SW; e (3) E-W, esta menos marcada que as duas anteriores;

- nas três imagens do TOPODATA, a direção E-W aparece com maior destaque que na imagem IHS do Landsat; esta diferença é explicável pelos sombreamentos de realce utilizados no TOPODATA (*slope shader*, sem influência de direção de iluminação, e *atlas shader*, com ângulos de iluminação azimutal e zenital respectivamente 355 e 45°), contrastantes com o azimute do sol na imagem Landsat (64,26°); é de se esperar que o ângulo de iluminação relativamente próximo da direção E-W na imagem IHS Landsat tenha tido efeito

atenuador das estruturas nesta direção e também tenha destacado a direção NW-SE, próxima à perpendicular ao azimute do sol.

A Figura 6 apresenta os dados da Figura 5 na forma de gráfico, para comparação. Nela, é reforçada a constatação de que, dentre os quatro produtos analisados, a imagem GRD do TOPODATA com sombreamento no modo *atlas shader* é a que apresentou maior frequência e densidade de lineamentos. Trabalhos anteriores (ANDRADES FILHO & FONSECA, 2009; ANDRADES FILHO, 2010; ANDRADES FILHO & ROSSETTI, 2012) já haviam concluído a maior eficiência dos produtos do TOPODATA na extração de lineamentos estruturais. Ademais, como destacado por Melo & Rossetti (2013), a utilização da composição IHS do Landsat introduz muitos artefatos (estradas, cercas, limites de talhões, etc.) entre os lineamentos interpretados.

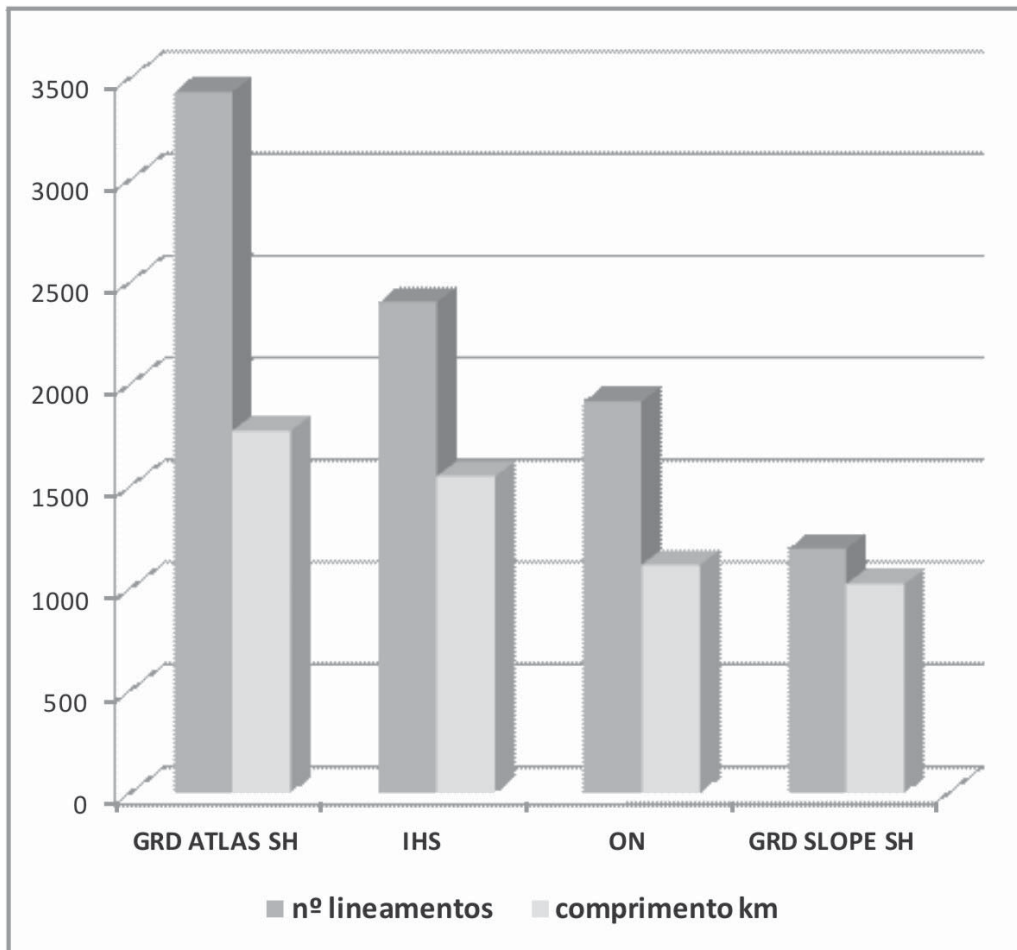


Figura 6 - Comparação dos totais do número de lineamentos e comprimento acumulado nos diversos produtos analisados.



Levando-se em conta estas considerações, selecionou-se as imagens TOPODATA (GRD e ON) para a análise das três áreas de detalhe (Figura 2). Levando em conta os resultados de Andrades Filho & Fonseca (2009), Andrades Filho (2010), Andrades Filho & Rossetti (2012), utilizou-se ainda a imagem HN do TOPODATA, para comparação.

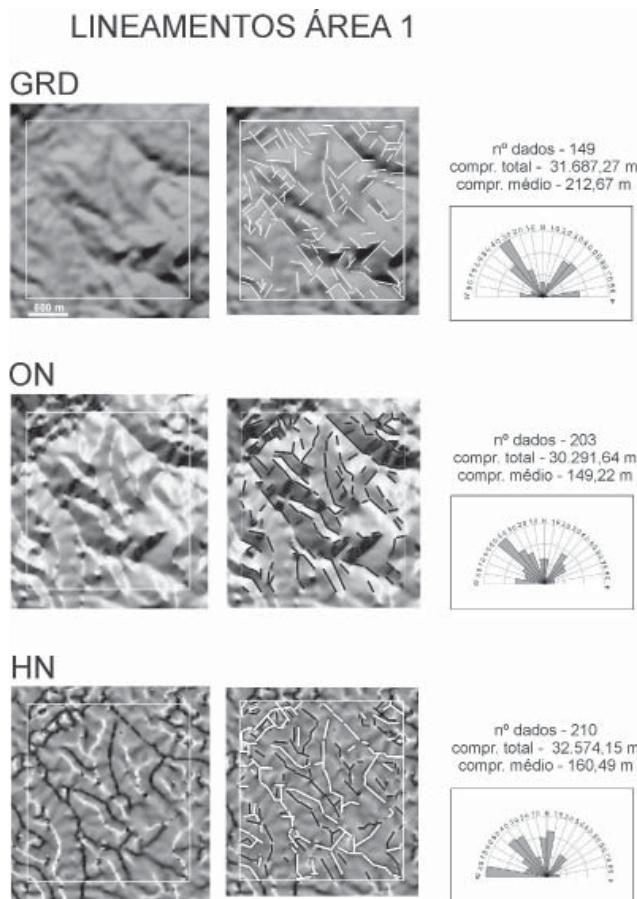


Figura 7 - Lineamentos e respectivas rosáceas de frequência absoluta (número de lineamentos) extraídos na área de detalhe 1 (ver localização na Figura 2) a partir das imagens TOPODATA GRD, ON (sombreadas no modo atlas shader) e HN.

As Figuras 7, 8 e 9 mostram os lineamentos extraídos nas áreas de detalhe 1, 2 e 3, nas imagens TOPODATA GRD, ON (sombreadas no modo atlas shader) e HN. As rosáceas nessas figuras correspondem ao número de lineamentos (frequência absoluta). O gráfico da Figura 10 sintetiza os resultados numéricos dos lineamentos das três áreas.

## LINEAMENTOS ÁREA 2

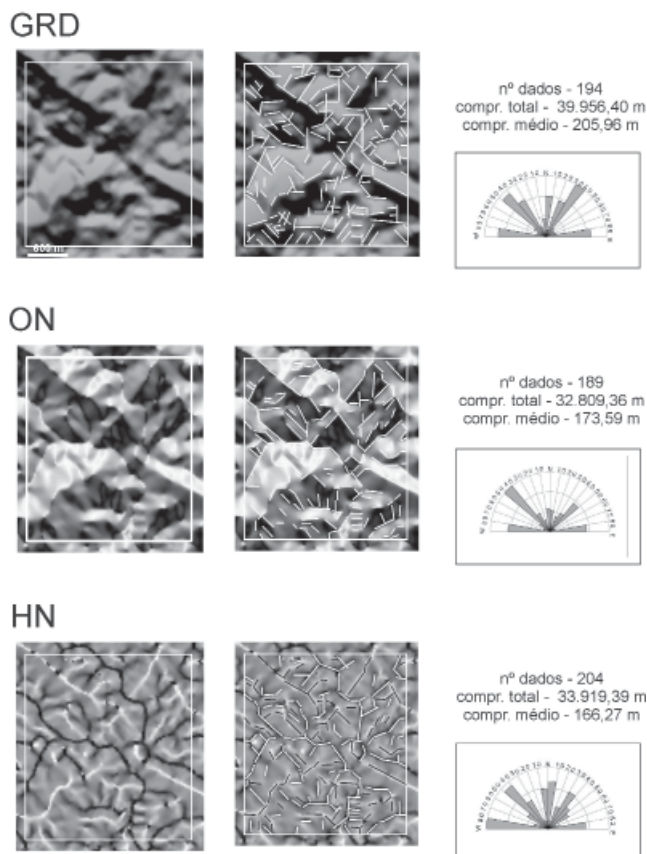


Figura 8 - Lineamentos e respectivas rosáceas de frequência absoluta (número de lineamentos) extraídos na área de detalhe 2 (ver localização na Figura 2) a partir das imagens TOPODATA GRD, ON (sombreadas no modo atlas shader) e HN.

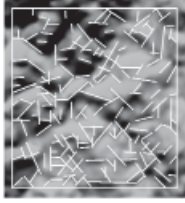
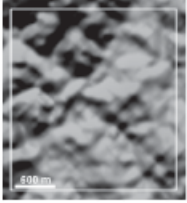
Qualitativamente, esses resultados permitem tecer as seguintes considerações:

a) as três direções principais constatadas anteriormente (NW-SE, NE-SW e E-W) continuam aparecendo em todos os diagramas, embora com pesos relativos diferenciados, o que em parte deve refletir diferenças geológicas locais nas três áreas de detalhe;

b) aparece visivelmente, principalmente nos diagramas das imagens HN das três áreas de detalhe, a direção N-S, que não apareceu nos estudos precedentes; no caso da imagem HN isto pode resultar do fato da não influência do ângulo azimutal de iluminação adotado; no caso das imagens GRD e ON, o aparecimento dos

LINEAMENTOS ÁREA 3

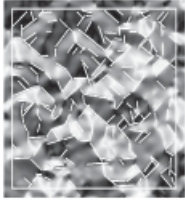
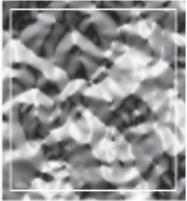
GRD



nº dados - 191  
compr. total - 42.675,91 m  
compr. médio - 223,43 m



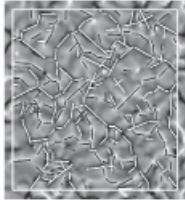
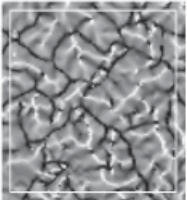
ON



nº dados - 210  
compr. total - 36.830,68 m  
compr. médio - 175,38 m



HN



nº dados - 247  
compr. total - 38.373,37 m  
compr. médio - 155,36 m



Figura 9 - Lineamentos e respectivas rosáceas de frequência absoluta (número de lineamentos) extraídos na área de detalhe 3 (ver localização na Figura 2) a partir das imagens TOPODATA GRD, ON (sombreadas no modo atlas shader) e HN.

lineamentos N-S deve ser atribuído ao fator escala e geologia local das áreas de detalhe, em comparação com a área maior.

Quantitativamente, pode-se tecer as seguintes considerações:

a) embora na área maior (Figura 5) a imagem GRD tenha se mostrado mais profícua para a extração de lineamentos que a imagem ON, nas áreas de detalhe ora uma ora outra é mais profícua; a somatória de resultados apresentada na Figura 10 mostra que nas imagens GRD o comprimento é maior, enquanto nas imagens ON a frequência absoluta é maior (em relação a GRD);

b) no geral, a imagem HN, utilizada para comparação com as anteriores, forneceu maior número de lineamentos, mas com comprimento acumulado menor que para a imagem GRD.

5 Conclusões

As comparações realizadas apontaram que, para a área maior da Depressão do Piraí, a imagem GRD do TOPODATA com sombreado no modo *atlas shader* (iluminação com azimute 355° e elevação 45°) permitiu interpretar maior número e comprimento total de lineamentos estruturais. Na mesma área, estudos precedentes (MELO & ROSSETTI, 2013) haviam indicado a composição IHS de imagens do Landsat 7 como a mais eficaz para a extração de lineamentos, mas com a inclusão de artefatos.

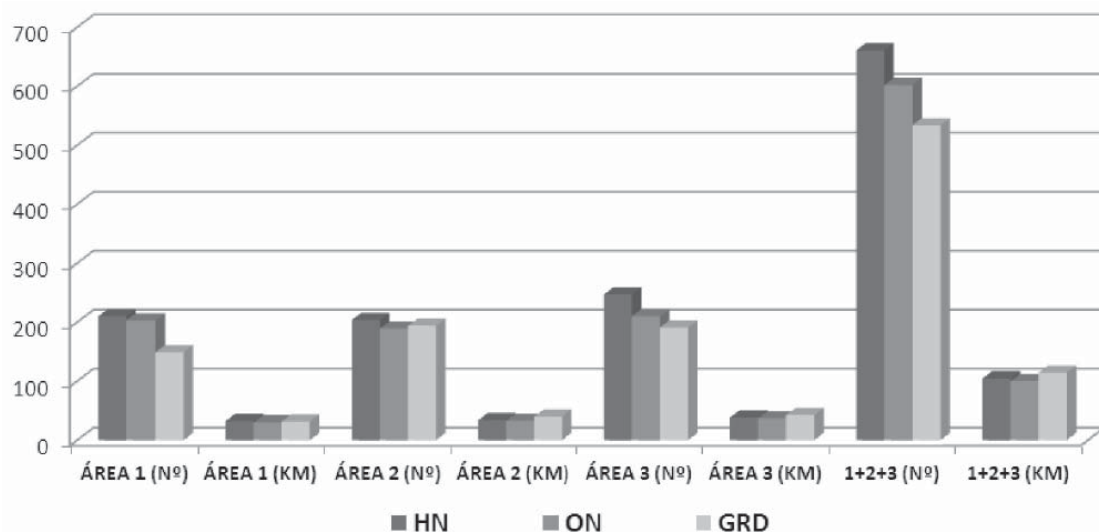


Figura 10 - Comparação dos totais de número de lineamentos (Nº) e comprimento em quilômetros (KM) nas áreas de detalhe 1, 2 e 3 (ver Figura 2), extraídos nos produtos TOPODATA HN, ON e GRD.

A imagem GRD no modo *atlas shader* permitiu identificar muito mais lineamentos que a mesma imagem no modo *slope shader*. O ângulo azimutal e zenital de iluminação foram escolhidos com base nos resultados anteriores, que já haviam permitido identificar as principais direções de lineamentos.

A análise de três áreas de detalhe escolhidas com base nos resultados precedentes mostrou certa equivalência entre os lineamentos interpretados nas imagens TOPODATA GRD e ON. A diferença mais notável apareceu na imagem HN do TOPODATA, onde é realçado um sistema de lineamentos N-S, que não havia aparecido nos estudos anteriores, nem é mencionado em trabalhos precedentes que incluíram levantamentos de campo (ZALÁN *et al.*, 1990 e LIMA & MELO, 2006). Estes lineamentos N-S aparecem também, ainda que discretamente, nas imagens GRD e ON, o que permite deduzir que seu reconhecimento resulte de fatores de escala e de particularidades geológicas locais das três áreas de detalhe estudadas. Entretanto, é provável que os lineamentos N-S que aparecem realçados nas imagens HN resultem, em parte, das derivações dos dados originais do SRTM, e não representem feições de relevo. Estudos subsequentes envolvendo outras fontes de dados (fotografias aéreas em escala de detalhe, trabalhos de campo, etc.) deverão verificar esta hipótese.

O estudo das estruturas rúpteis (falhas, fraturas, diques) relacionadas com a evolução das depressões do SRCBS, como é o caso da Depressão do Piraí, pode auxiliar a melhorar o conhecimento sobre os seguintes aspectos: águas subterrâneas, jazidas sedimentares (argilas, areias), controle da atividade sísmica residual regional e da influência estrutural no comportamento geotécnico e geomórfico dos maciços rochosos. O modelo evolutivo proposto na área emersa pode, ainda, apoiar interpretações nas bacias costeiras da área submersa adjacente, onde ocorrem as bacias petrolíferas de Santos e Campos.

A análise de lineamentos estruturais extraídos de derivações de dados do SRTM, como é o caso do banco TOPODATA, deverá ser capaz de subsidiar estudos de gênese, idade relativa e cinemática das estruturas rúpteis que os originaram. Isto seria particularmente útil nos casos em que dados de campo são escassos, como é o caso da região da Depressão do Piraí.

## Agradecimentos

Agradecimentos A Alfredo da Costa Pereira e Márcio de Morisson Valeriano, que apoiaram diversas etapas dos procedimentos realizados neste trabalho.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.F.M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 15-26, Suplemento, 1976.
- ANDRADES FILHO, C.O. **Análise morfoestrutural da porção central da Bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FDB**. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto), INPE, São José dos Campos, 151p. 2010.
- ANDRADES FILHO, C.O.; FONSECA L.M.G. Lineamentos estruturais a partir de imagem Landsat TM e dados SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009, p. 3151-3158.
- ANDRADES FILHO, C.O.; ROSSETTI, D.F. Effectiveness of SRTM and ALOS-PALSAR data for identifying morphostructural lineaments in northeastern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v.33, p. 1058-1077, 2012.
- FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 590-610, 1982.
- LIMA, F.M.; MELO, M.S. Fases de deformação e estruturas associadas à Depressão do Piraí, PR. In: Encontro Anual de Iniciação Científica do Paraná, 15, 2006, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 2006, 1 CD-ROM.
- MELO, M.S.; GIANNINI, P.C.F. Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, southern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, Chichester, v. 32, p. 2149-2164, 2007.
- MELO, M.S.; ROSSETTI, D.F. Sensoriamento remoto aplicado à análise de estruturas rúpteis da Depressão do Piraí, Estado do Paraná, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 279-285, 2013.
- MELO, M.S.; MELO, T.F.S.; CHINELATTO, A.S.A.; CHINELATTO, A.L.C.; FERNANDES, L.A.; GUIMARÃES, G.B. Caracterização de argilas da Depressão do Piraí e da Bacia de Curitiba, PR. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo,

v. 40, n. 1, p. 138-150, 2010.

MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M.; COIMBRA, A.M. Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 193-201, 1985.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. **Atlas geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, PR, 2001. 116 p.

MINEROPAR - Minerais do Paraná S/A. **Mapa geológico do Estado do Paraná, Folha de Telêmaco Borba**. SG.22-X-A. Curitiba, 2005. 1 mapa. Escala 1:250.000.

O'Leary, D.W.; Friedman, J.D.; Pohn, H. A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **Geological Society of America Bulletin**, v. 87, p. 1463-1469, 1976.

RICCOMINI, C. **O rift continental do Sudeste do Brasil**. (Tese de Doutorado em Geologia), USP/Instituto de Geociências, São Paulo, 256p. 1989.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito-

Neves, B.B. (Org.) **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.

VALERIANO, M.M. **TOPODATA: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. INPE: São José dos Campos, 2008), 73p. Disponível em: <[http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia\\_utilizacao\\_topodata.pdf](http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia_utilizacao_topodata.pdf)>. Acessado em 29/06/2011 (Publicação INPE-15318-RPQ/818

VALERIANO, M.M.; ALBUQUERQUE, P.C.G. **Topodata: processamento dos dados SRTM**. INPE, São José dos Campos, Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-16702-RPQ/854), 79 p. 2010 (Boletim).

ZALÁN, P.V.; OLIVEIRA, J.A.B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.

Zalán, P.V.; Wolff, S.; Conceição, J.C.J.; Marques, A.; Astolfi, M.A.M.; Vieira, I.S.; Appi, V.T.; Zanotto, O.A. Bacia do Paraná. In: Gabaglia, G. P. R.; Milani, E. J. (Org.) **Origem e evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro: Gávea, 1990. p. 135-168 (2ª ed.).