

## Uso de MDE na Extração de Lineamentos para Detecção de Reativações Neotectônicas na Bacia do Rio Preto, Serra do Espinhaço Meridional, MG

Drielly Naamma Fonsêca<sup>1</sup>  
Antonio Carlos de Barros Corrêa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/LGFA  
Av. Prof. Moraes Rego, 1235, 6º andar – 50670420 – Cidade Universitária, Recife – PE,  
Brasil  
driellynaamma@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/LGFA  
Av. Prof. Moraes Rego, 1235, 6º andar – 50670420 – Cidade Universitária, Recife – PE,  
Brasil  
dbiase2001@terra.com.br

**Abstract:** This article aims at analyzing the landform lineaments by means of remote sensing products; digital terrain models (DTM), extracted from SRTM images– *Shuttle Radar Topography Mission*, in order to subsidize the morphostructural characterization of landform compartments in the area of Rio Preto watershed, southern Espinhaço range, MG, based on the extraction of rectilinear sections of the relief, which display the major structural trends of the area. In this context, it was possible to establish correlations between rectilinear topographical features and the morphostructural characterization of the area with possible neotectonic reactivation.

**Keywords:** lineament analysis; morphostructural characterization; Rio Preto watershed; southern Espinhaço range.

### 1. Introdução

Desde 1970 têm sido realizadas inúmeras melhorias no que diz respeito a subsídios para os estudos geológicos e geomorfológicos com o avanço de novas técnicas destinadas à análise da paisagem. Tais ferramentas, como o sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas tornaram-se úteis na pesquisa de geomorfologia através da inter-relação de escalas, fisionomia e processos (Walsh, 1998). Técnicas de cartografia digital, principalmente aquelas voltadas à modelagem numérica do terreno, contribuiu de forma expressiva para as pesquisas no âmbito da geomorfologia aplicada (Vitek, *et al*, 1996; Fernandes *et al*, 2001). Neste sentido, através da extração de lineamentos de relevo a partir dos produtos de sensoriamento remoto torna-se uma ferramenta importante para a caracterização morfoestrutural da área estudada, dando suporte no que tange a observação de eventos tectônicos antigos assim como em eventos recentes (neotectônica).

### 2. Materiais e Métodos

**2.1 Caracterização Fisiográfica e Localização da área** - Inserida na Serra do Espinhaço Meridional, a Bacia do Rio Preto localizada no Estado de Minas Gerais (Figura 1), abrange uma área total de 38930 ha. A área está situada no município de São Gonçalo do Rio Preto, a aproximadamente 350 km da cidade de Belo Horizonte, com altitudes que variam de 750 a 1.620 m. Na cartografia regional a bacia está localizada nas cartas confeccionadas pela COMIG em escala de 1:100. 000: Rio Vermelho SE-23-Z-B-I (1996), Carbonita SE-23-X-D-IV (1996).



falhas de empurrão, e pouco mais a montante do Rio Preto o contato entre os xistos verdes do Supergrupo Espinhaço e o Granito do Rio Itaguaçu.

No que diz respeito à geomorfologia regional, o primeiro trabalho que é digno de interesse no aspecto geomorfológico foi realizado por Brajnokov (1947), no qual o autor responsabiliza a atuação de “uma tectônica de fundo realizada ao ar livre” de caráter compressivo, por conta da inclinação do planalto para leste, cavalgamentos locais, deslocamentos importantes e o arqueamento da bacia do São Francisco sob forma branquianticlinal. Numa segunda fase que, segundo o autor citado foi distensiva, teria interrompido o primeiro ciclo de aplainamento (pliocênico) atualmente localizado a uma cota de 1.200m e gerado o *horst* da Serra do Espinhaço e a “fossa” do vale do Rio das Velhas, com deslocamento vertical de 1.000m. A continuação desse soerguimento durante o Quaternário teria induzido, no Quadrilátero Ferrífero, a formação de quatro terraços escalonados, além do nível da várzea.

A sucessão de eventos denudacionais e deposicionais que caracterizou a evolução da Serra do Espinhaço, no que diz respeito ao caráter geomorfológico, pode ser definida com base na coordenação dos eventos de aplainamentos regionais, ocorridos durante o Mesozóico-Terciário, e dos eventos quaternários de dissecação e entulhamento dos vales (Saadi, 1995). Os eventos denudacionais cenozóicos, que marcam o limite Paleoceno-Eoceno, e os testemunhos mais antigos (Gondwana e Post-Gondwana, proposto por King, 1956), foram definidos a partir de especulações altimétricas e são resumidas a pequenos topos e cristas que ficam evidentes no Planalto Setentrional.

**2.2 Metodologia Utilizada** - Um termo originalmente denominado por Hobbs (1912, *apud* Veneziani, 1987), que caracterizava as relações espaciais de feições, tais como cristas, borda de áreas elevadas, alinhamentos de contatos geológicos ou tipos petrográficos, ravinhas ou vales, e fraturas ou zonas de falhas visíveis como tais. Segundo Veneziani (1987), pode ser empregado para designar feições definidas por alinhamentos de relevo e drenagem, os quais englobam as formas definidas por Hobbs.

A distinção entre lineamentos estruturais e falhamentos, na interpretação de produtos de sensoriamento remoto, é necessária devido aos seguintes fatores (Veneziani, 1987):

- Os lineamentos não se restringem a apenas um tipo de movimento tectônico ao longo de toda sua extensão ou durante o decorrer dos diferentes ciclos ou fases tectônicas que afetaram uma determinada área;
- Uma zona de falha pode dar origem a vários lineamentos paralelos a subparalelos, ou vice-versa, ou seja, várias fraturas associadas a uma zona de falha podem dar origem a apenas um lineamento distinguível nos produtos de sensoriamento remoto.

O conceito de lineamento aqui adotado é o proposto por Etchebehere *et al* (2007), que define lineamentos como “feições lineares topográficas ou tonais observáveis nas imagens fotográficas, que podem representar descontinuidades estruturais”. Tais traços foram anotados com a preocupação de se evitar interferências de extensões ou continuidades no terreno, limitando-se, mais fielmente possível, ao aspecto factual observado nas imagens de sensores remotos, conforme recomendado por diversos autores (Liu, 1984; Riccomini e Crósta, 1988; Taylor, 1988).

Para que se fosse possível identificar as feições retilíneas do relevo foi confeccionado através da imagem SRTM, no programa ArcGis 9.3 (disponível no Laboratório de Geografia Física – DCG/UFPE) um Modelo Digital de Elevação, onde através da técnica de sombreado proposta por (Chiessi, 2004) (Figura 2) foi possível distinguir as feições retilíneas do relevo decorrente de eventos tectônicos antigos e recentes. Na extração dos lineamentos de drenagem, foram demarcados visualmente (também no *software* ArcGis 9.3)

todos os trechos retilíneos da drenagem e as rosáceas de direção e tamanho de lineamentos foram confeccionadas utilizando o *software* Spring 5.1 disponível gratuitamente em (<http://www.dpi.inpe.br/spring>).

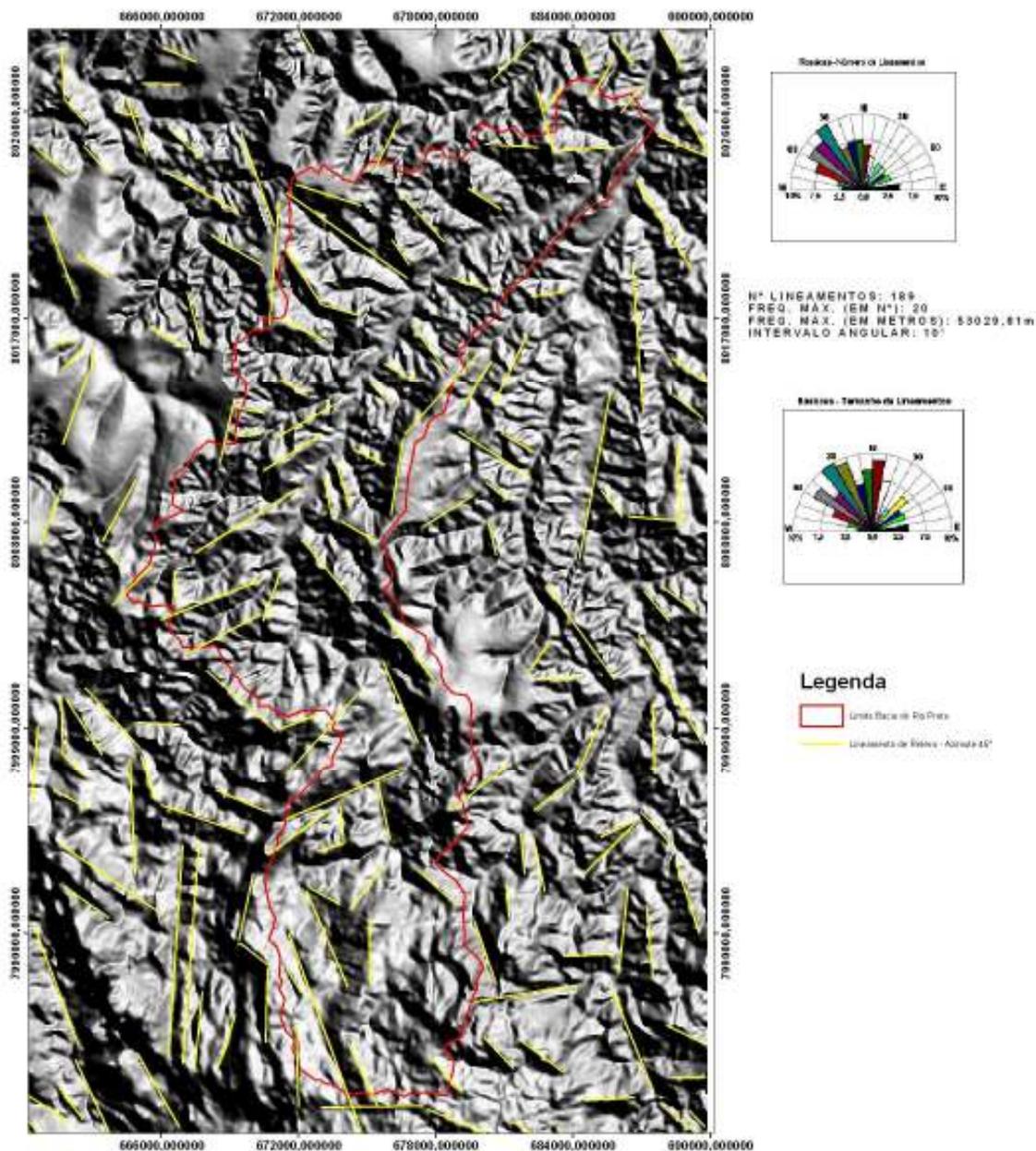


Figura 2 – Exemplo de MDE pela técnica de sombreamento do azimute 45° para extração de feições retilíneas do relevo.

### 3. Resultados e Discussão

O realce diferencial das formas de relevo perpendiculares e paralelas ao azimute de iluminação da imagem analisada é marcante nas Figuras 3 e 4. A Figura 3B, que apresenta azimute de iluminação  $90^\circ$ , são ressaltadas as direções NNW-SSE, NNE-SSW, NE-SW. Para o azimute de iluminação  $45^\circ$ , evidencia a direção N-S, NNW-SSE e NW-SE (Figura 3A). A Figura 4B, por sua vez, por apresentar azimute de iluminação  $360^\circ$ , realça a direção SW-NE. As direções SSW-NNE, SW-NE, N-S e SSE-NNW, são evidenciados pelo azimute de iluminação  $315^\circ$  (Figura 4A).

As direções NNW-SSE e NW-SE são coincidentes com a estruturação regional proterozóica dada pelas foliações metamórficas. Já as direções NNE-SSW e NE-SW podem estar associados a eventos mais recentes. Estas direções, na área estudada, correspondem a vales retilíneos e a alinhamento de cristas e escarpas, sendo visualizados, principalmente, no médio e baixo Rio preto assim como no Rio Araçuaí, que pode estar associado ao dobramento na direção NE.

As direções N-S e W-E marca na porção sul, um conjunto de falhas e fraturas menores, que corresponde às áreas de nascente do Rio Preto e Araçuaí, assim como estas falhas e fraturas podem estar associados também, numa porção mais ao norte e já pertencente à bacia do Rio Jequitinhonha, a deformações causadas por dobramentos na direção N-S. há também que ressaltar a ocorrência desses lineamentos na direção N-S associados à zona de cisalhamento contato entre o granito e xistos na Bacia do Rio Araçuaí. Ao sul, no alto Araçuaí, ocorrem lineamentos na direção W-E que possivelmente está associado a alguns pequenos sistemas de dobras e falhas de cavalgamentos nessa mesma direção.

### 4. Conclusões

Os estudos geomorfológicos têm utilizado cada vez com mais frequência dados obtidos através de produto de sensoriamento remoto, que será utilizado de acordo com a escala de trabalho de modo a se adaptar as diferentes proposições do meio científico.

No presente trabalho, a utilização de imagens SRTM foi de grande importância nas interpretações acerca dos dados morfoestruturais e morfotectônicos ocorridos na área de estudo. Foi possível, através da extração de feições retilíneas do relevo, assim como da extração dos lineamentos de drenagem identificar sob qual regime estrutural, litologia e/ou tectônico, que possivelmente foram reativados.

Os mapas de lineamentos auxiliaram na identificação de sistemas de falhas normais onde geralmente se encaixa os cursos d'água, assim como direção de dissecação das encostas, que serão de grande importância nas interpretações morfoestruturais e geomorfológicas. Os lineamentos retirados da drenagem também contribuíram para a interpretação dos controles estruturais das rochas. Já o mapa de lineamentos de relevo, através da técnica de sombreado, foi possível distinguir a direção preferencial das feições do relevo, seja pela presença de anticlinais ou diferentes sistemas de falhas.

Em suma, no âmbito de uma pesquisa geomorfológica de escala regional, a extração de lineamentos através de dados de sensoriamento remoto são bastante úteis no que concerne a interpretações morfoestruturais e geomorfológicas, pois no caso da área em questão conseguiu-se uma interpretação morfoestrutural fidedigna que seria de certa forma difícil visualizar em campo devido a sua grande extensão e difícil acesso.

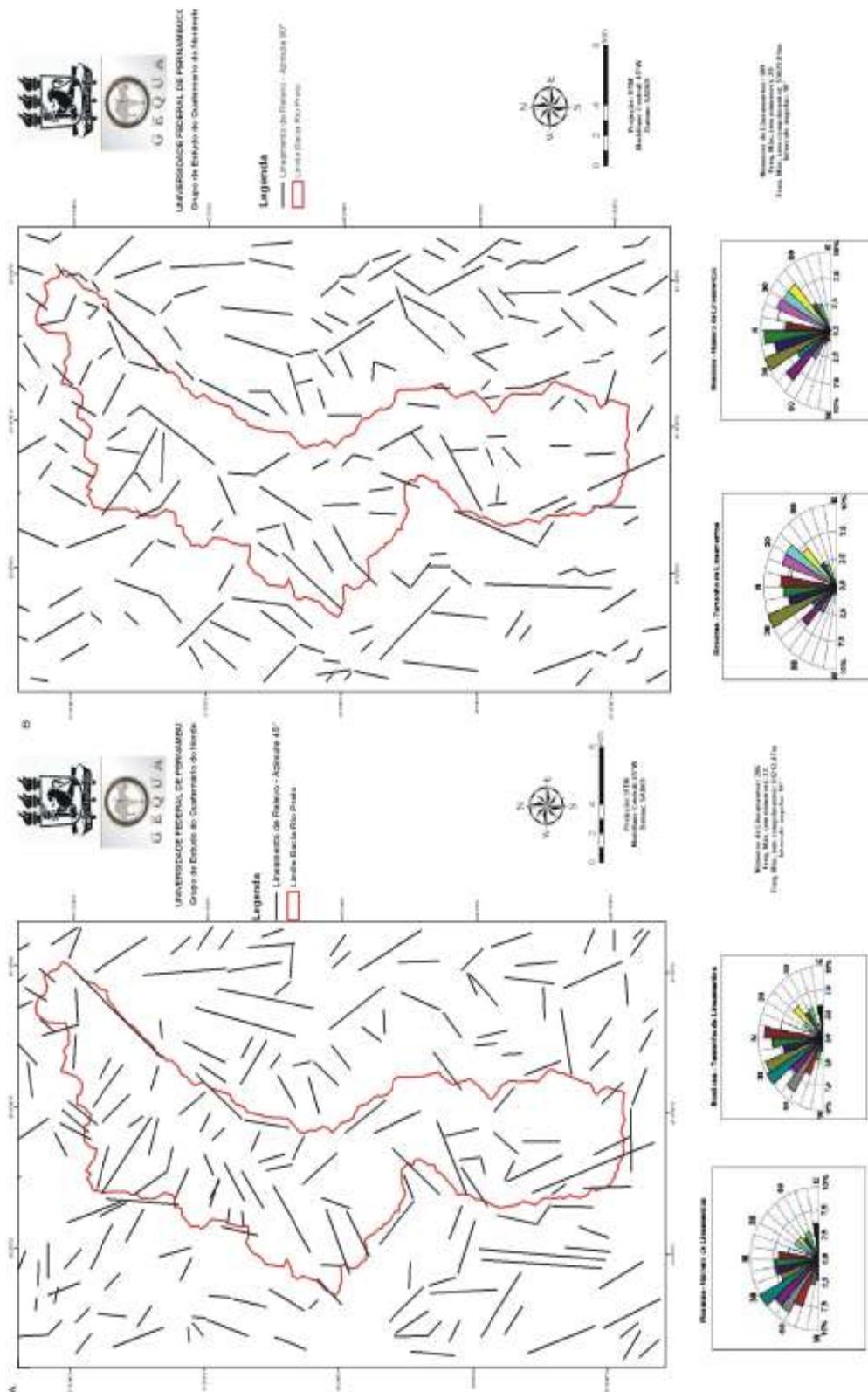


Figura 3 – Lineamentos de relevo azimute de elevação 45° (Figura A) e 90° (Figura B)

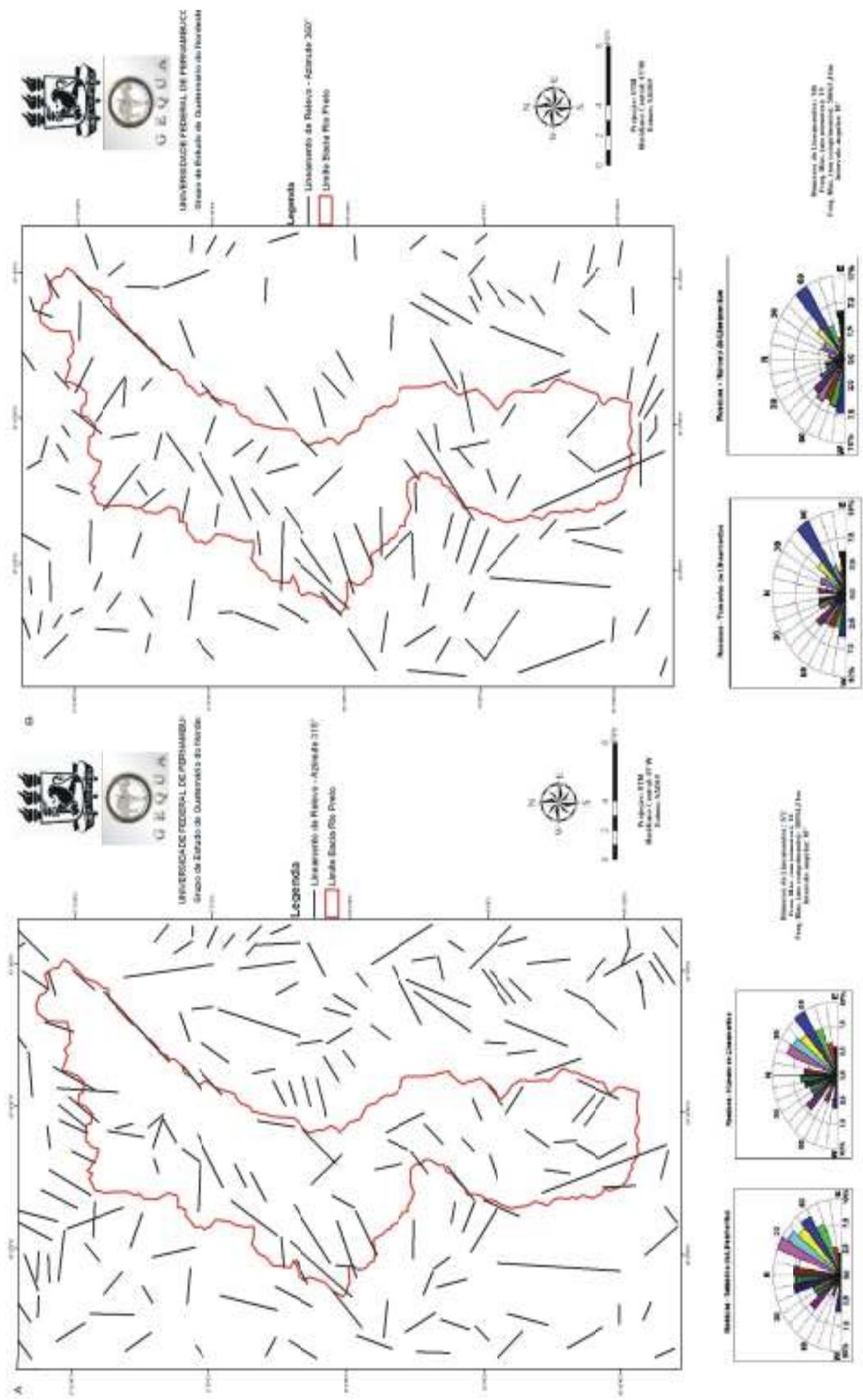


Figura 4 – Lineamentos de relevo azimute de elevação 315° (Figura A) e 360° (Figura B)

## Agradecimentos

Agradecimento à FAPESP pelo financiamento do projeto.

## Referências Bibliográficas

- BRAJNIKOV, B. **Essai sur la tectonique de La région à l'est de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brésil.** Bull. Soc. Géol. de France. V.5(17), p.321-335, 1947.
- CHIESSI, C. M. **Tectônica Cenozóica do Maciço Alcalino do Passa Quatro (SP-MG-RJ).** 2004. 117f. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J. **Análise de bacia aplicada à prospecção de água subterrânea no planalto acidental paulista, SP.** Geociências, São Paulo: UNESP, v.26, n.3, p.229-247, 2007.
- FERNANDES, N. F.; GUIMRÃES, R. F.; GOMES, A. T.; VIEIRA B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. **Condicionantes geomorfológicas dos deslizamentos nas encostas: Avaliação de metodologias e aplicação dos modelos de áreas suscetíveis.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.2, n.1, p.51-71, 2001.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento.** Belo Horizonte: Centro de Pesquisa da Região do Cerrado. 1975. 65p. (Série Técnica).
- KING, L. **Geomorfológica do Brasil Oriental.** Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, v.18, n.2, p.147-266, 1956.
- LIU, C. C. **Análise estrutural de lineamentos em imagens de Sensoriamento Remoto: aplicação do Estado do Rio de Janeiro.** 1984. 175f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- RICCOMINI, C. & CRÓSTA, A. P. **Análise preliminar de lineamentos em imagens em sensores remotos aplicada á prospecção mineral na área dos granitóides Mandira, SP.** Boletim IG – USP, Série Científica, v.19, p.23-37, 1988.
- ROQUE, N.C; NOCE, C. M.; GROSSI-SAD, J. H. Geologia da folha Carbonita (SE-23-X-D-IV). In: GOSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES-FILHO, B. S. (Eds.). **Projeto Espinhaço.** Belo Horizonte: COMIG, 1997. 1 CD-ROM.
- SAADI, A. **A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e suas margens.** Geonomos, Belo Horizonte, v.3(1), p.41-63, 1995.
- SILVA, L. L. **Relação estratigráfica e estrutural entre os grupos Costa Sena e Guinda na região de Diamantina, Minas Gerais.** 2008. 188f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- SILVA, F. R.; CARMO, V. A. **Caracterização das paisagens como subsidio as ações de planejamento do Parque Estadual do Rio Preto – Município de São Gonçalo do Rio Preto – MG.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA, 10., 2003, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2003, p.197-206.
- TAYLOR, G. R. **Image analysis techniques for the interpretation of air photo lineaments, petroleum exploration, Eromanga Basin, Australia.** Geocarto Int., v.3, p.53-60, 1988.
- TUPINAMBÁ, M.; BAARS, F. J.; UHLEIN, A.; GROSSI-SAD, J. H.; KNAUER, L. G. Geologia da Folha Rio Vermelho (SE-23-Z-B-1). In: In: GOSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES-FILHO, B. S. (Eds.). **Projeto Espinhaço.** Belo Horizonte: COMIG, 1997. 1 CD-ROM.
- VENEZIANI, P. **Análise de movimentos de tectônica rúptil e rúptil-dúctil através da interpretação de produtos de sensores remotos na região do Espinhaço Meridional (MG): uma correlação com processos evolutivos.** 1987. 186f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- VITEK, J. D.; GIARDINO, J. R.; FITZGERALD, J. W. **Mapping Geomorphology: A journey from paper maps, through computer mapping to GIS and virtual reality.** Geomorphology, v.16, p.233-249, 1996.
- WALSH, S. J.; BUTLER, D. R.; MALANSON, G. P. **An overview of scale, pattern, process relationships in geomorphology: a remote sensing and GIS perspective.** Geomorphology, v.21, p.183-205, 1998.