

Técnicas de Sensoriamento Remoto com foco na identificação de lineamentos estruturais: aplicação na sub-bacia do rio Siriri, estado de Sergipe

Daniela Dantas de Menezes Ribeiro¹
Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha¹
Antonio Jorge Vasconcellos Garcia²
Wendel Barbosa Araújo²

¹Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
CEP: 44036-900 – Feira de Santana – BA – Brasil
daniela.ribeiro@ig.com.br, francarocha@gmail.com

²Universidade Federal de Sergipe(UFS)
CEP: 49100-000- São Cristóvão- SE- Brasil
garciageo@hotmail.com, wendel_geo@hotmail.com

Abstract. The present work aims to applying Remote Sensing techniques for the identification of structural lineaments in the sub-basin of Siriri river. The lineaments were identified from the images Landsat-TM and ETM+ and shaded relief maps. To develop the work was created a database in GIS (Geographic Information System) with available information (maps, satellite images from Landsat TM and ETM+ and the Digital Terrain Model). The softwares used in the research were the Envi 4.4 and ArcGIS 9.3. The techniques used in the identification of lineaments were combinations of bands and shaded relief from the *Hillshade* tool. The criteria used to identify lineaments were the expressions of topographical features such as straight lines or segments of cliffs, stretches of rivers and elongated depressions. The results show major lineament directions with N40-80E e N50-70W. The maps generated by the shaded relief provided better results than the satellite images, particularly with regard to the more expressive lineaments, which may be associated with structures of greater importance in the tectonic regional context of the sedimentary basin of Sergipe/Alagoas.

Palavras-chave: Digital Terrain Model (MDT), lineaments, satellite images, shaded relief, Modelo Digital do Terreno (MDT), lineamentos, imagens de satélite, sombreamento do relevo.

1. Introdução

A sub-bacia do rio Siriri está inserida na bacia hidrográfica do rio Japarutuba e possui 416km² de extensão (Figura 1). A área de estudo encontra-se em três domínios geológicos: o Pré-Cambriano, o Cretáceo Superior e Inferior e as Coberturas Recentes. Destacam-se na área de estudo a presença de rochas da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas representativas das Formações Riachuelo e Cotinguiba, e as coberturas Cenozóicas pertencentes a Formação Barreiras. Este registro sedimentar contém um hiato erosivo/não deposicional que representa aproximadamente 80 milhões de anos (do topo do Coniaciano a base do Messiniano/Topo do Mioceno).

A Bacia Sergipe-Alagoas subdivide-se em blocos ou compartimentos tectônicos, em geral limitados por grandes falhas. Pode ser dividida em duas sub-bacias, Sergipe e Alagoas, respectivamente adjacentes a Bacia de Jacuípe (a sul) e a Sub-bacia do Cabo (a norte), cada uma com histórias tectonossedimentares e preenchimentos distintos. Na literatura, diversos modelos são propostos para a evolução estrutural da Bacia Sergipe-Alagoas. Em termos gerais o início dos eventos tectônicos formadores da estruturação que hoje se verifica ocorreu com os falhamentos da fase rifte, geradores dos altos e depocentros alinhados N-S e NE-SW, sendo as falhas N-S originadas por transtensão sinistral (modelo de Lana e Milani; 1986), associadas as falhas transcorrentes de direção N30E e N30W, no início da implantação do

Rift. Seguindo este modelo, com o início da segunda fase de deformação, a partir do andar Alagoas, segundo estes autores foram geradas falhas normais de direção NE-SW.

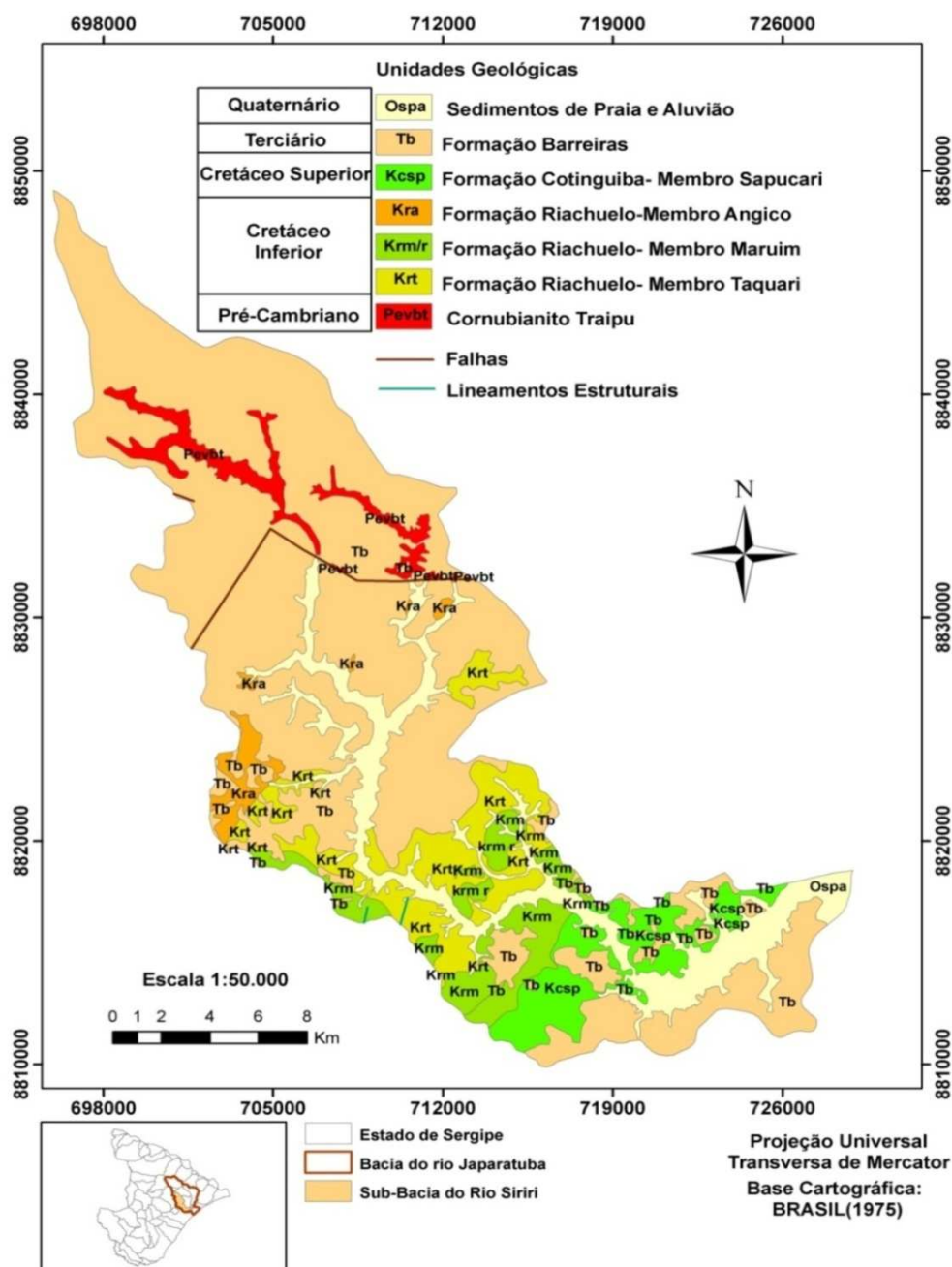


Figura 1. Mapa geológico simplificado da sub-bacia do rio Siriri (modificado das Cartas Geológicas da Bacia Sergipe/Alagoas, Petrobras/DNPM, 1975).

O Mapa Geológico da figura 1 ilustra o “substrato” sobre o qual se instala a sub-bacia hidrográfica do rio Siriri, parte integrante da bacia hidrográfica do rio Japarutuba. Neste mapa fica evidente que a bacia hidrográfica se estabelece sobre dois tipos de terrenos, os depósitos da Bacia Sergipe-Alagoas e o embasamento ígneo-metamórfico, ambos aflorantes pela erosão das litologias da Formação Barreiras na região. Estes terrenos encontram-se individualizados por uma falha de orientação geral NE-SW, situada no setor NW do mapa, a qual representa a borda atual falhada da Bacia Sergipe-Alagoas. Trata-se de uma falha normal, onde o bloco

baixo contém os depósitos sedimentares da bacia ainda preservados parcialmente ao nível erosivo das formações Riachuelo e Cotinguiba, enquanto o bloco alto tem os depósitos da Formação Barreiras diretamente sobre as rochas do embasamento, o que se justifica pela alta erodibilidade certamente sofrida pelo bloco elevado da falha. A presença de depósitos da Formação Barreiras, em ambos os blocos da falha, em contato erosivo sobre litologias de distintas idades, mostra que a preservação dos sedimentos da bacia Sergipe-Alagoas se deu de forma mais expressiva no bloco baixo, tendo no bloco alto sido erodido até ao nível do embasamento, demonstrando assim um grande volume sedimentar sendo erodido e carregado para a plataforma continental.

O presente trabalho apresenta os resultados da identificação e análise dos lineamentos estruturais presentes na sub-bacia do rio Siriri a partir de imagens de satélite e mapas de relevo sombreado. A elaboração de mapas de lineamentos a partir de imagens de satélite e do sombreado do relevo consistem numa importante etapa pré-campo, uma vez que junto com os dados coletados no campo permite o entendimento da geologia estrutural da área de estudo, bem como a melhor compreensão sobre a distribuição dos diferentes tipos litológicos do substrato da bacia.

2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do trabalho foi criado um banco de dados em SIG (Sistema de Informações Geográficas), com as informações disponíveis (mapas e imagens do satélite Landsat TM e ETM+ e o Modelo Digital do Terreno).

A integração dos dados existentes auxiliou na geração de produtos como os mapas de lineamentos, a partir da imagem de satélite e do relevo sombreado. As etapas dos procedimentos realizados são apresentadas no fluxograma da figura 2. Os softwares utilizados na pesquisa foram o Envi 4.4 e o ArcGis 9.3.

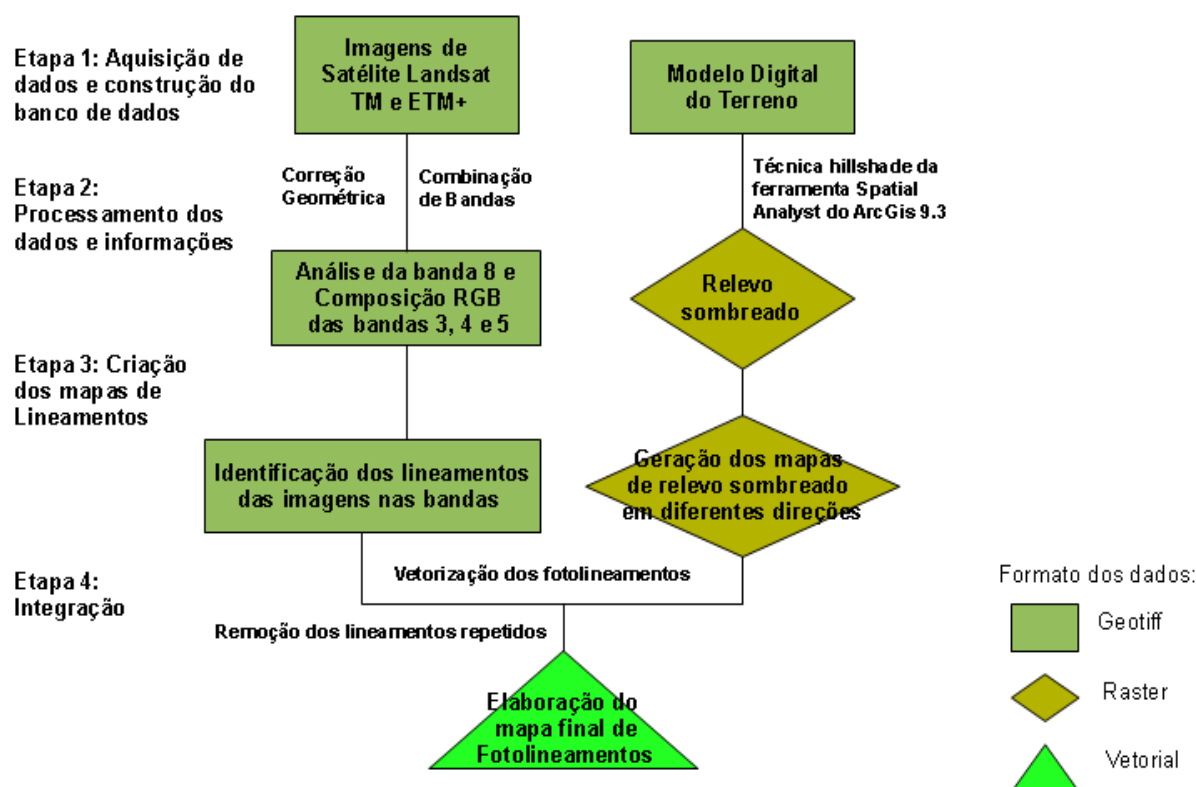


Figura 2. Fluxograma Metodológico

2.1 Modelo Digital do Terreno

O Modelo Digital do Terreno (produto gerado a partir de imagem do projeto SRTM-Shuttle Radar Topographic Mission da Nasa) da área de estudo foi obtido no site da Embrapa, através do projeto Brasil em Relevo (Miranda et al. 2010), que disponibiliza os dados pré-processados do projeto SRTM de todo território nacional, com resolução espacial de 90 metros.

O modelo foi adicionado no banco de dados SIG, e a partir da técnica *Hillshade* da ferramenta Spatial Analyst do ArcGis 9.3, foram elaborados os mapas de relevo sombreado com diferentes fontes azimutais de iluminação a um ângulo de 45°. Os lineamentos identificados foram vetorizados e, para medir o azimute automaticamente de cada lineamento, foi utilizada a ferramenta *Field Calculator* (rotina *polyline_GetAzimute.cal* do pacote EasyCalculate50, disponível no site: <http://www.ian-ko.com>). A estatística das principais direções foi realizada a partir dos comandos *Summarize* da tabela de atributos do shape correspondente aos lineamentos.

2.2 Imagens de Satélite

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 TM (data do imageamento: 03 de abril de 2009), com composições RGB, bandas 3, 4 e 5, e Landsat 7 ETM+ (data do imageamento: 07 de maio de 2001), banda 8 (pan-cromática). Todas as imagens foram adquiridas gratuitamente no site do INPE. Segundo Martini (2002), nos mapeamentos litológicos e estruturais são utilizadas preferencialmente a banda 8, com imagem em preto e branco, que corresponde à banda pancromática do visível do sensor Landsat ETM+.

Os lineamentos identificados nas duas imagens (relevo sombreado e satélite) foram vetorizados em SIG. Os dados dos dois mapas foram integrados para a geração do mapa final.

2.3 Análise dos Fotolineamentos

Os lineamentos são considerados por O'Leary et al (1976) uma feição mapeável na superfície terrestre, linear, retilínea ou suavemente encurvada, que pode ser simples ou composta.

Para Filho e Fonseca (2009, p. 3151),

a utilização de imagens obtidas por sensores orbitais ópticos tem sido fundamental em estudos que envolvem a identificação de lineamentos estruturais. Com base em dados ópticos, há a possibilidade de associação entre feições do relevo e áreas de sombra, devido ao azimute de iluminação solar e aos demais elementos da cena indicativos de lineamentos estruturais, como por exemplo, os padrões de drenagem.

Os critérios aplicados na identificação de lineamentos foram às expressões dos aspectos topográficos retilíneos como linhas ou segmentos de escarpas, trechos de rios e depressões alongadas. Os fotolineamentos foram vetorizados a partir dos mapas de relevo sombreado, obtidos, inicialmente em oito direções distintas de iluminantes (N, S, E, W, NE, NW, SE e SW), todos a um ângulo de 45°. Como também, de imagens do satélite Landsat TM e ETM+ (composição RGB e análise da banda 8 respectivamente). A presença de nuvens nas imagens Landsat dificultou a identificação dos lineamentos em grande parte da área de estudo, como também a aplicação de outras técnicas de Sensoriamento Remoto (filtragens direcionais), devido as falsas interpretações que podem ser geradas a partir da presença de nuvens e outros fatores como a cobertura vegetal e estradas. Assim, foi gerado um mapa contendo os lineamentos das imagens Landsat TM e ETM+ e de relevo sombreado.

Os mapas de relevo sombreado mostraram-se mais adequados na identificação e análise dos lineamentos uma vez que estes apresentam ausência de feições superficiais, como a cobertura da vegetação e as estradas, que influenciam na interpretação. A aplicação do

sombreamento em diferentes direções de iluminação favorece o contraste dos lineamentos. Assim, foram elaborados diagramas de rosáceas com as freqüências, agrupadas em classes de 10°, visando à determinação das orientações preferenciais.

3. Resultados e Discussão

A análise dos mapas de relevo sombreado permitiram a identificação de lineamentos em escala regional (entre 4-8 km), observáveis em escalas menores que 1:250.000. As direções de maiores destaques obtidas através das individualizações das lineações nos mapas de relevo sombreados foram de N40-50E, N70-80E e N60-70W (Figura 3).

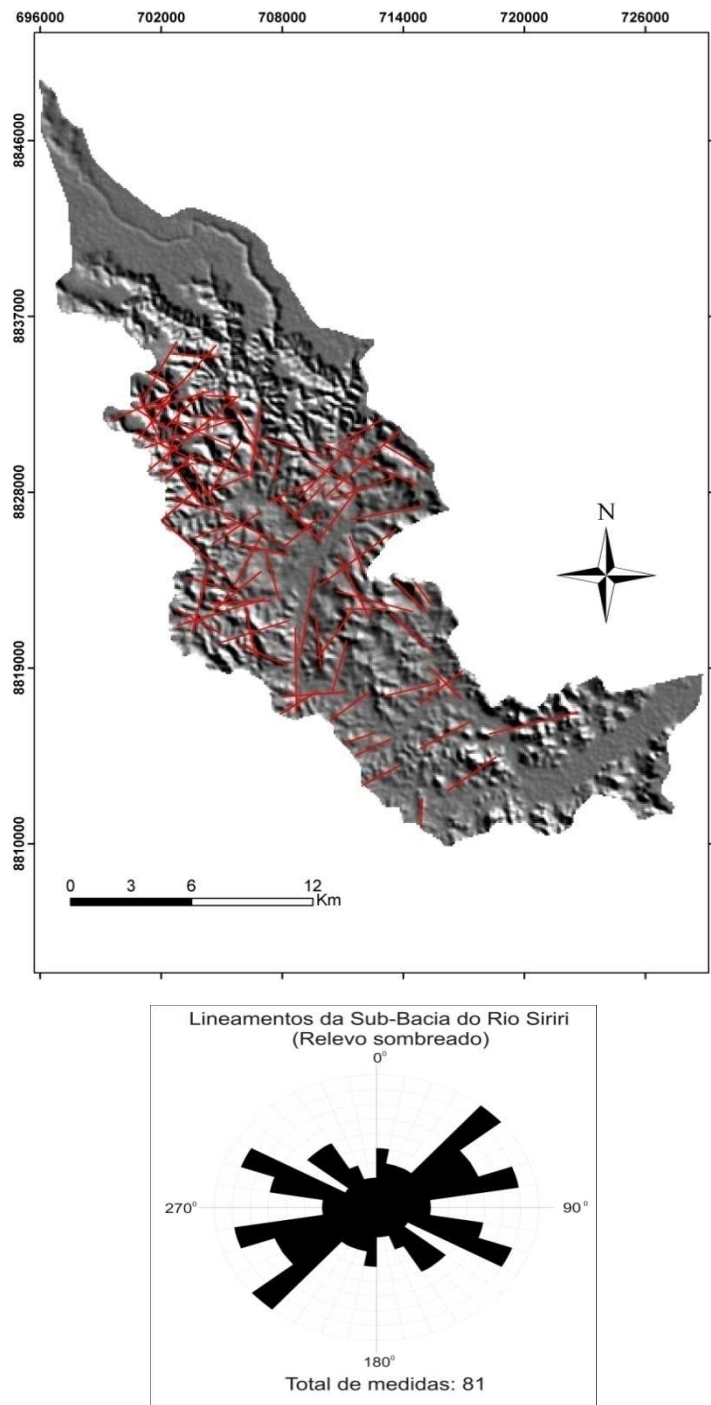


Figura 3. Mapa de lineamentos extraídos dos mapas de relevo sombreado com o diagrama de freqüências acumuladas das direções.

As imagens de satélite ressaltaram os lineamentos menores, porém com um maior grau de dispersão e em menor quantidade, sendo que as direções de maiores destaques obtidas através das individualizações das lineações na imagem Landsat foram de N40-50E e N50-60W (Figura 4).

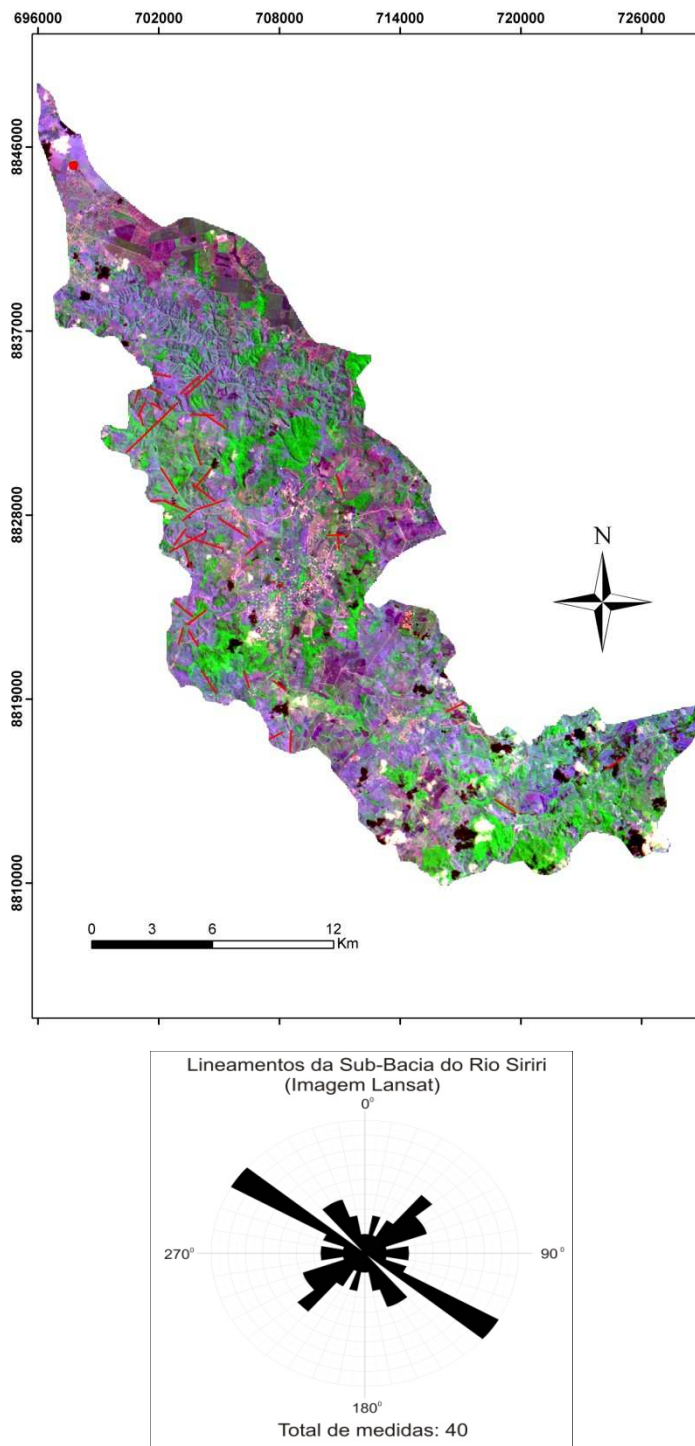


Figura 4. Mapa dos lineamentos extraídos das imagens de satélite Landsat-TM e ETM+ com o diagrama de frequências acumuladas das direções.

Os dados obtidos foram integrados num mapa final (Figura 5), sendo que os lineamentos repetidos foram eliminados com o objetivo de evitar falsas análises. Assim, as direções de maiores destaques obtidas através das individualizações das lineações nos mapas de relevo sombreados somados as das imagens do satélite Landsat foram: N40-80E e N50-70W.

A análise dos lineamentos identificados demonstrou que os mapas gerados pelo relevo sombreado forneceram melhores resultados que as imagens de satélite, sobretudo no que se refere aos lineamentos mais expressivos, que podem estar associados a estruturas de maior importância no contexto tectônico regional da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas.

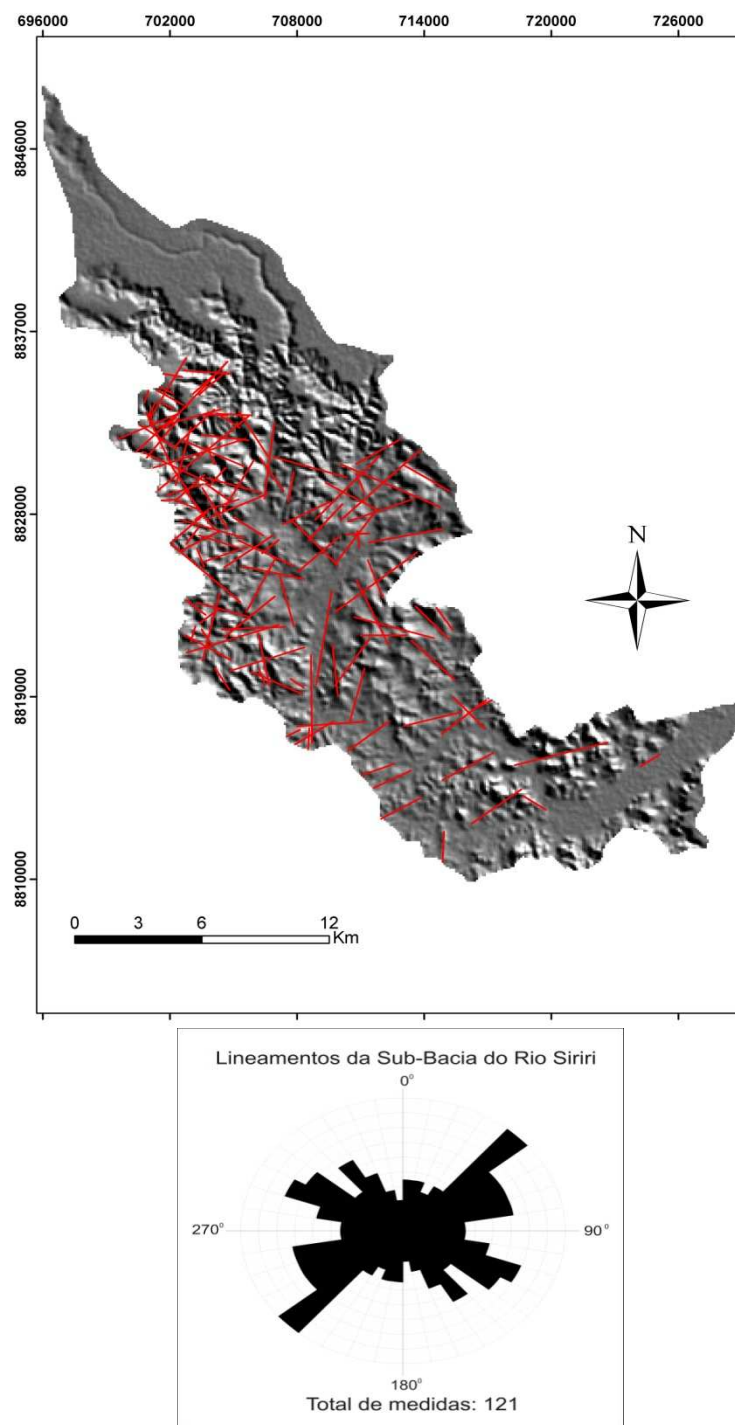


Figura 5. Mapa com o somatório dos lineamentos extraídos dos mapas de relevo sombreado e das imagens de satélite com o diagrama de freqüências acumuladas das direções.

4. Conclusões

Os resultados obtidos revelam as vantagens do uso de mapas de relevo sombreado em relação às imagens de satélite Landsat-TM e ETM+ no auxílio a estudos estrutural de regiões de bacias sedimentares, principalmente na investigação de estruturas regionais. Como também, a presença de nuvens nas imagens de satélite dificultou a identificação de lineamentos e a aplicação de outras técnicas de Sensoriamento Remoto como as filtragens direcionais. Logo, em regiões com esse tipo de problemática, torna-se importante a utilização de outras técnicas, como a do sombreado do relevo no estudo dos lineamentos estruturais.

Tais alternativas permitiram observar no trabalho realizado que os padrões e intensidades de fraturamentos mostram-se distintos nos setores da sub- bacia hidrográfica com substrato do embasamento ígneo-metamórfico e da Bacia Sergipe-Alagoas, sendo bem mais intensos no primeiro segmento, mesmo quando recobertos pelos depósitos da Formação Barreiras.

5. Agradecimentos

A Capes pelo auxílio à primeira autora Daniela Dantas de M. Ribeiro através da bolsa de mestrado e ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da UEFS.

6. Referências

- FILHO, Clódis de, O, A.; FONSECA, Leila, M, G. **Lineamentos Estruturais a partir de imagens Landsat TM e dados SRTM**. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, Rio Grande do Norte. Anais.INPE, p. 3151-3158, 2009.
- LANA, M.C. & MILANI, E.J. A Microplaca do Nordeste Brasileiro: um elemento no rifteamento no Cretáceo Inferior. **Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia**, 34, Goiânia, v. 3. 1986.
- MARTINI, P.R. **Imagens para mapeamento geológico e levantamento de recursos minerais: resumo para uso dos centros de atendimento a Usuários-atus do Inpe**. In: Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente. São Paulo. INPE, 2002.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 14. out. 2010.
- O'LEARY, D.W., FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. **Lineament, Linear, Lineation: some proposed new standards for old terms**. GSA Bulletin, v. 87, p. 1463-1469, 1976.
- PETROBRAS- Petróleo Brasileiro S.A/ Departamento Nacional de Produção Mineral. **Cartas Geológicas da Bacia Sergipe/Alagoas**. 1975
- SpatialTechniques. **Easy Calculate 5.0**. Disponível em:< <http://csi.cgiar.org/index.asp>>, Acesso em: 14. out.2010.