

Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamento através de imagem SRTM , em uma área ao norte do rio Doce, ES

Daniel Bruno de Olivera ¹
Roberta da Silva Moreno ¹
Diogo Justa de Miranda ¹
Carolina da Silva Ribeiro ¹
José Carlos Sícoli Seoane ¹
Claudio Limeira Melo ¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro / Departamento de Geologia / Instituto de Geociências

Av. Athos da Silveira Ramos, 274, bloco G.

Cidade Universitária, Ilha do Fundão. CEP 21.941-916 Rio de Janeiro RJ

danielboliveira1@gmail.com; belmor80@yahoo.com.br; diogojusta@click21.com.br;
carolina_geol@yahoo.com.br; cainho@geologia.ufrj.br; limeira@geologia.ufrj.br

Abstract. The analysis of an SRTM digital elevation model is an important tool for structural geology studies, but when the methods are not correctly applied, due to poor use of geoprocessing tools, errors and redundancy in data can lead to mistaken interpretation. The selected study area is located north of Rio Doce between Linhares and Nova Venécia cities in the Espírito Santo state, with the purpose of elaborating a lineament density map to study the neotectonic fracture-faulting pattern. The study area is located on Precambrian basement lands to the west and over Miocene-Pliocene Barreiras Formation plateaus to the east. The methodology adopted in this paper is the following: a) Downloading of *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* DEM; b) Hill-shading the SRTM DEM at angles perpendicular to the dominating structural trends; c) Extracting the lineaments based on hill-shaded map interpretation; d) Obtaining lineament azimuths and classifying them based on direction; e) Creation of lineament density maps, both a general one and others according to the main trend directions. The creation of lineament density maps for the main directions (EW, NW and NE) and the generalized one resulted in a clear interpretation of structural compartments, where NW lineaments are compartmented by the E-W lineaments over the Barreiras Formation.

Palavras-chave: lineament, Digital Elevation Model (DEM), neotectonics, lineamento, Modelo Digital de Elevação (MDE), neotectonica.

1. Introdução

A análise de imagem SRTM (USGS) é uma importante ferramenta de apoio a geologia estrutural, porém os métodos de tratamento da imagem quando não aplicados corretamente, em decorrência do mal uso das ferramentas de geoprocessamento, podem resultar em erro, redundância e/ou má interpretação das informações contidas na imagem SRTM.

A elaboração de mapas de lineamentos e de densidade de lineamentos é uma importante etapa pré-campo, uma vez que as principais direções de lineamentos orientam os trabalhos de campo de forma a encontrar e coletar dados estruturais concisos. O mapa de lineamento juntamente com dados coletados em campo podem servir de base para uma compartimentação estrutural da área de estudo.

Este trabalho tem como objetivo formular mapas de lineamento estrutural e densidade de lineamento a partir interpretação de imagem SRTM e a partir destes avaliar os padrões de fraturamentos neotectônicos e compartimentação estrutural da área.

2. Área de Estudo

Para o presente trabalho, foi selecionada uma área a norte do rio Doce, entre as cidades de Linhares e Nova Venécia. Esta área foi limitada, a oeste, pela faixa de lineamentos Colatina e, a leste, pela planície costeira do rio Doce, incluindo o notável sistema de lagos barrados próximo a Linhares (figura 1). Abrange dois compartimentos geológicos principais: os terrenos do embasamento pré-cambriano, a oeste, e os tabuleiros da Formação Barreiras (Mioceno-Plioceno), a leste.

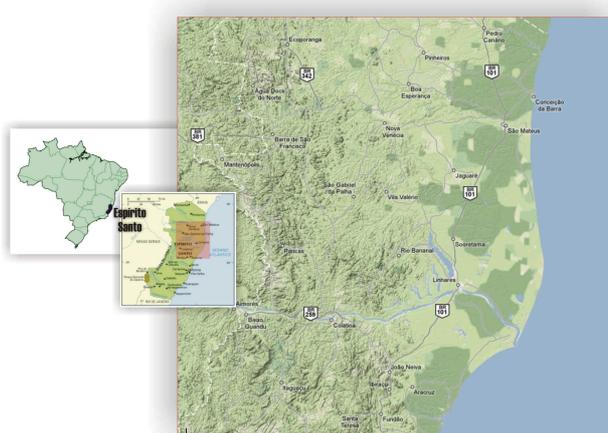


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

3. Metodologia de Trabalho

A metodologia adotada neste trabalho fundamenta-se nas ferramentas do programa ArcGis™ 9.2 (ArcMap™), esta encontra-se descrita resumidamente em etapas na Figura 2 e detalhadamente nos itens a seguir:

a) Aquisição de imagem de radar orbital da *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*

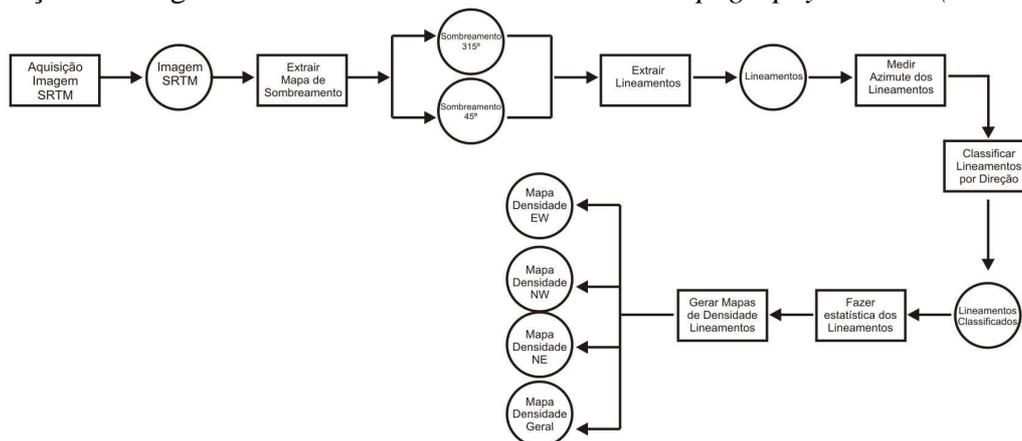


Figura 2. Resumo da metodologia de elaboração do mapa de densidade de lineamento.

b) Extração de mapas de sombreamento de relevo.

Neste trabalho, os mapas de sombreamento são produtos da imagem *SRTM*, a qual, é fornecida em sistema de coordenadas geográficas. No ArcMap™ faz-se necessário aplicar uma correção de altitude, denominada “fator Z”, para a faixa de latitude da área. Este procedimento é necessário devido a diferença entre as unidades, em graus, da superfície horizontal e a unidade da elevação (z, em metros). O fator Z para uma dada faixa de latitude é encontrado, já calculado, na documentação de ajuda do programa de acordo com Tabela 1.

Tabela 1. Fator Z para dada faixa de latitude (modificado de <http://webhelp.esri.com/>)

Latitude	Fator - Z
0	0.00000898
10	0.00000912
20	0.00000956
30	0.00001036
40	0.00001171
50	0.00001395
60	0.00001792
70	0.00002619
80	0.00005156

c) Extração de lineamentos

Os lineamentos foram traçados através de cristas alinhadas, fundos de vale e drenagens de acordo com interpretação dos mapas de sombreamento gerados com iluminações de azimutes 315° e 45°.

d) Extrair azimutes dos lineamentos

Para medir o azimute de cada lineamento traçado de maneira automatizada, o procedimento adotado foi uma rotina em código *Visual Basic*, interpretada pelo modo avançado da ferramenta *Field Calculator* (Rotina 1, modificada da rotina *polyline_GetAzimuth.cal* do pacote *EasyCalculate50*, <http://www.ian-ko.com>). Esta rotina é aplicada em um campo, do tipo texto (ex.: *Azimute*) previamente criado na tabela de atributos do *shape* respectivo aos lineamentos.

<pre> On Error Resume Next Dim pCurve As ICurve Dim pLine As ILine Dim dLength As Double Dim dAngle As Double Dim dDistance As Double Dim bAsRatio As Boolean Dim Pi As Double 'adjust the parameters bellow dDistance = 0.5 bAsRatio = True Pi = 4 * Atn(1) If (Not IsNull([Shape])) Then Set pCurve = [Shape] </pre>	<pre> If (Not pCurve.IsEmpty) Then Set pLine = New esriGeometry.Line dLength = pCurve.Length pCurve.QueryTangent 0, dDistance, bAsRatio, dLength, pLine dAngle = pLine.Angle * 360 / (2 * Pi) if (dAngle < 90)then dAngle = 90 - dAngle else dAngle = 450 - dAngle end if End If END If Obs.: onde Azimute = dAngle </pre>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(1)

e) Classificar Lineamentos

Os lineamentos foram agrupados em seis classes de azimute: NS, EW, NE, NNE, NNW e NW. Cada classe apresenta um intervalo em graus definido arbitrariamente, as classes encontram-se representadas na Figura 3.

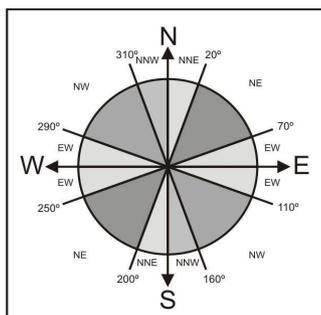


Figura 3. Roseta representando classes de direção utilizadas neste trabalho

Para classificar os lineamentos, neste trabalho, foi utilizada uma rotina em código *Visual Basic* interpretada no modo avançado da ferramenta *Field Calculator* (Rotina 2). Esta rotina deve ser aplicada a um campo previamente criado na tabela de atributos do *shape* (ex.: *Rumo*).

<pre>Dim Dir As string If ([Azimute] <= 20) Then Dir = "NNE" else If ([Azimute] <= 70) Then Dir = "NE" else If ([Azimute] <= 90) Then Dir = "E-W" else If ([Azimute] <= 110) Then Dir = "E-W" else If ([Azimute] <= 160) Then Dir = "NW" else If ([Azimute] <= 180) Then Dir = "NNW" else</pre>	<pre>If ([Azimute] <= 200) Then Dir = "NNE" else If ([Azimute] <= 250) Then Dir = "NE" else If ([Azimute] <= 270) Then Dir = "E-W" else If ([Azimute] <= 290) Then Dir = "E-W" else If ([Azimute] <= 340) Then Dir = "NW" else Dir = "NNW" end if Obs: Onde campo Rumo = Dir</pre>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(2)

f) Fazer estatísticas dos lineamentos

Nesta etapa encontramos as principais direções de lineamentos, essas serão as classes que apresentarem população de lineamentos superiores a média. Para tanto foi utilizado o comando *Summarize* no campo Rumo (citado acima) da tabela de atributos do *shape* correspondente aos lineamentos. Este comando tem como resposta uma tabela contendo estatísticas, tais como, quantidade de lineamentos por classe de direção, média do comprimento, média do azimute, azimute máximo, azimute mínimo, etc.

g) Gerar mapas de densidade de lineamento

Os mapas de densidade de lineamentos geral e para as principais direções, foram criados a partir da ferramenta *LineDensity* do programa *ArcMap* ^Ô. Essa ferramenta calcula a densidade de cada forma linear nas redondezas de cada célula (pixel) do raster de saída. A densidade é calculada em unidades de comprimento por unidade de área (km/km²). Conceitualmente este cálculo funciona da seguinte maneira: Um círculo é desenhado ao redor de cada célula da imagem usando como raio o valor de 4 km (obs.: valor arbitrário informado nas propriedades da ferramenta). A porção do comprimento de cada lineamento que cai dentro da área circular é somada e o total é dividido pela área do círculo (Figura 4).

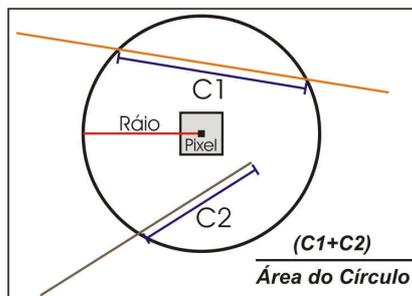


Figura 4. Figura mostrando o conceito do cálculo da densidade de lineamento onde C1 e C2 são as porções de comprimento dos lineamentos que inseridos da área do círculo. Modificado de ESRI, 2008

4. Resultados

4.1 Mapa de Lineamentos Estruturais

A interpretação da imagem SRTM gerou um mapa composto por 2838 traços de lineamentos estruturais (Figura 5), esses, por sua vez, foram agrupados em 5 classes: EW, NE, NNE, NNW e NW, sendo consideradas como principais as classes EW, NE e NW, por apresentarem população superior a média (Tabela 2).

4.2 Mapas de Densidade de Lineamentos

Quatro mapas de densidade de lineamentos foram gerados neste trabalho. Um referente ao mapa de lineamentos em geral nomeado de “LineDenGeral” e os outros três mapas referentes as principais direções de lineamentos encontradas: Direção EW (mapa LineDenEW), direção NW (mapa LineDenNW) e direção NE (mapa LineDenNE) (Figura 6).

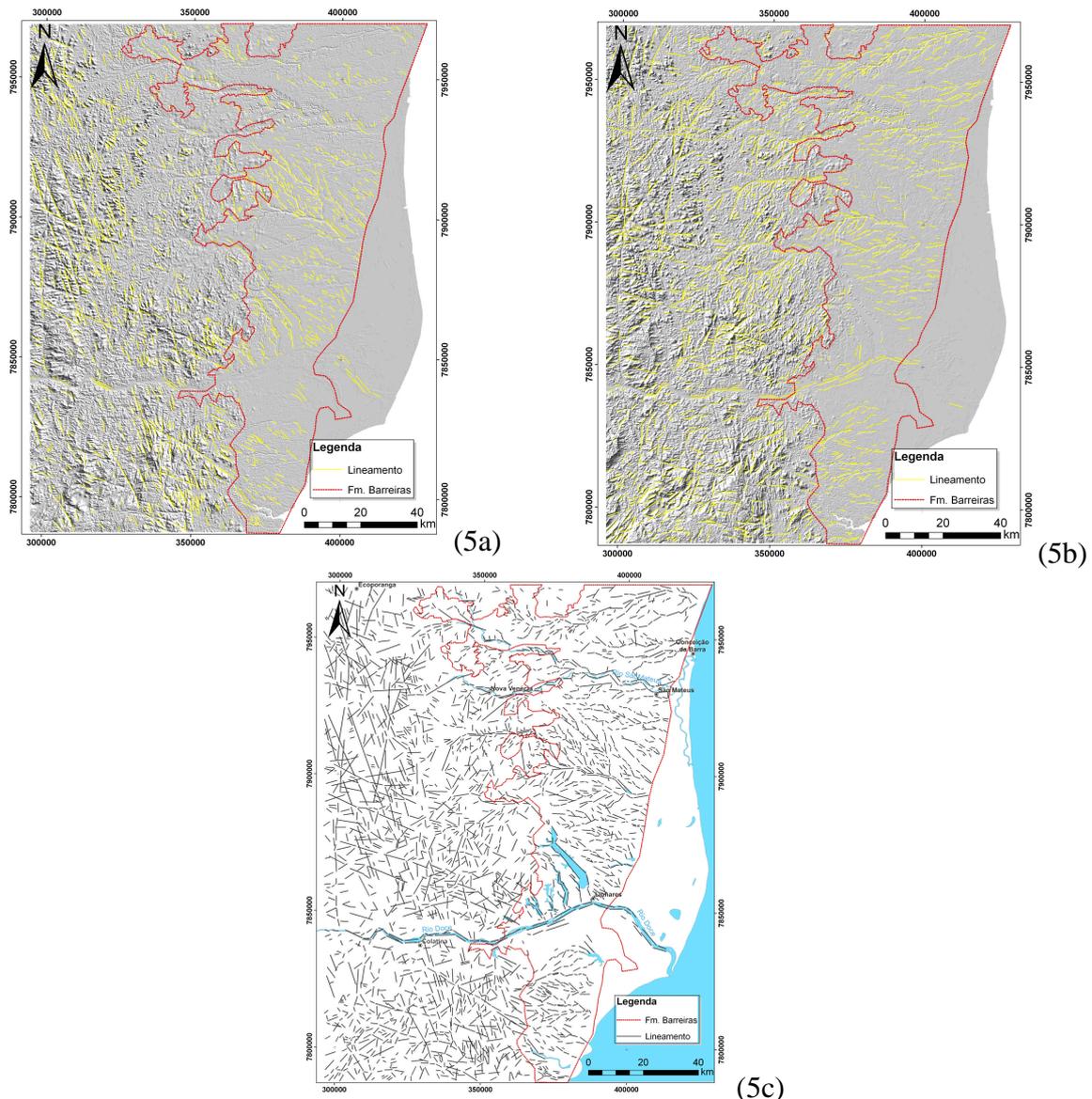


Figura 5. Lineamentos extraídos de mapas de sombreamento de relevo (5a) 45° e (5b) 315°. (5c) mapa geral contendo todos os lineamentos traçados e toponímias

Tabela 2. Estatísticas dos lineamentos, mostrando

Classe	População	Azimute Médio (grau)	Média do Comprimento (m)
EW	809	100,59	2477,20
NE	652	154,31	2552,06
NNE	179	181,85	3265,88
NNW	328	181,75	3093,36
NW	870	138,47	2534,82

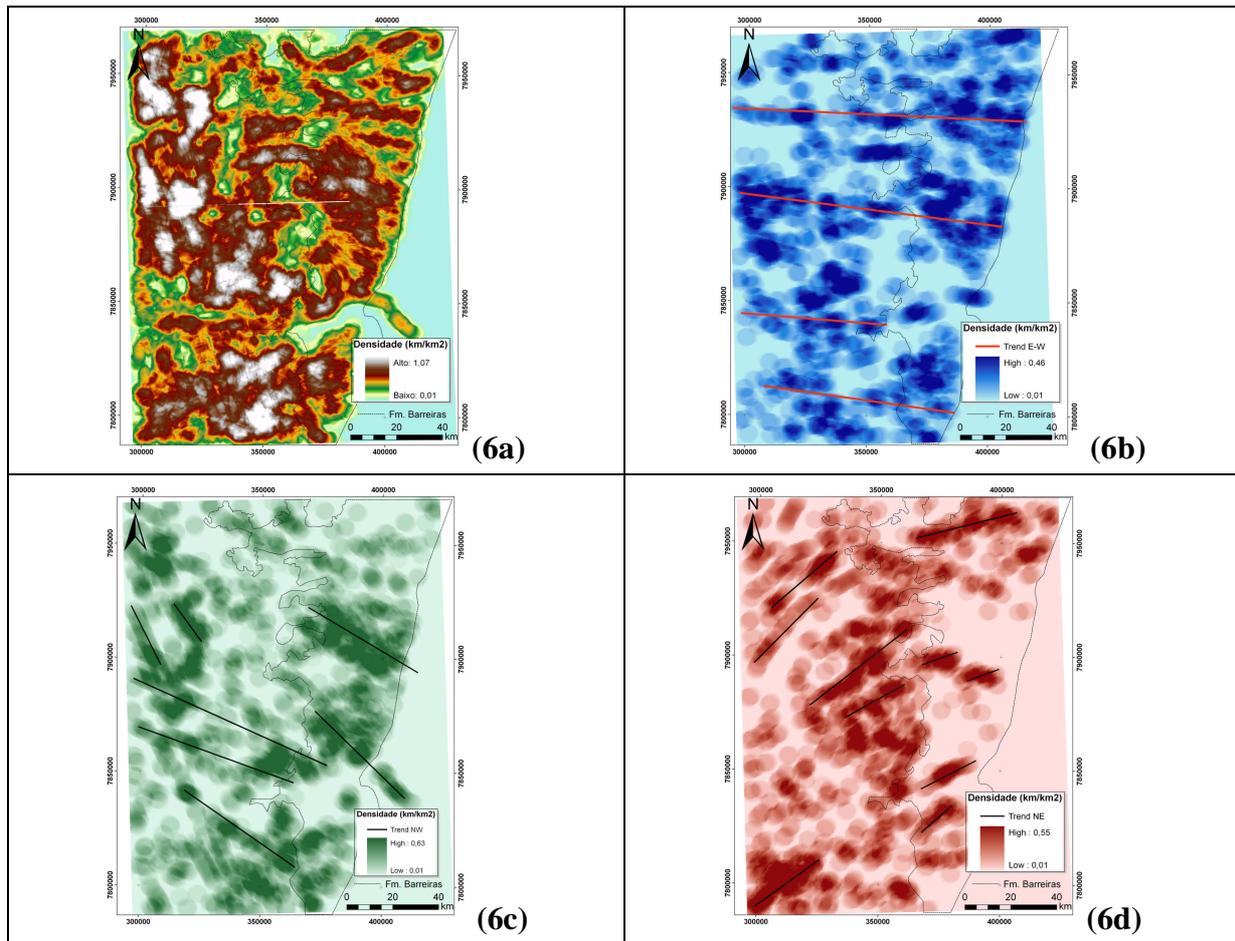


Figura 6. Mapas de densidade de lineamentos. 6a - Mapa geral (LineDenGeral); 6b - Lineamentos de direção EW (LineDenEW); 6c - Lineamentos de direção NW (LineDenNW); 6d - Lineamentos de direção NE (LineDenNE).

5. Conclusões

A aplicação da correção de altitude, denominada “fator Z”, nas imagens SRTM resultou na confecção de mapas de sombreamentos que ressaltam com maior precisão a geomorfologia regional e qualificou assim as análises estruturais efetuadas com base nestas imagens. Um mapa de sombreamento como produto de um raster em coordenadas geográficas pode parecer normal, porém não condiz com a realidade caso não aplicada a correção (Figura 7).

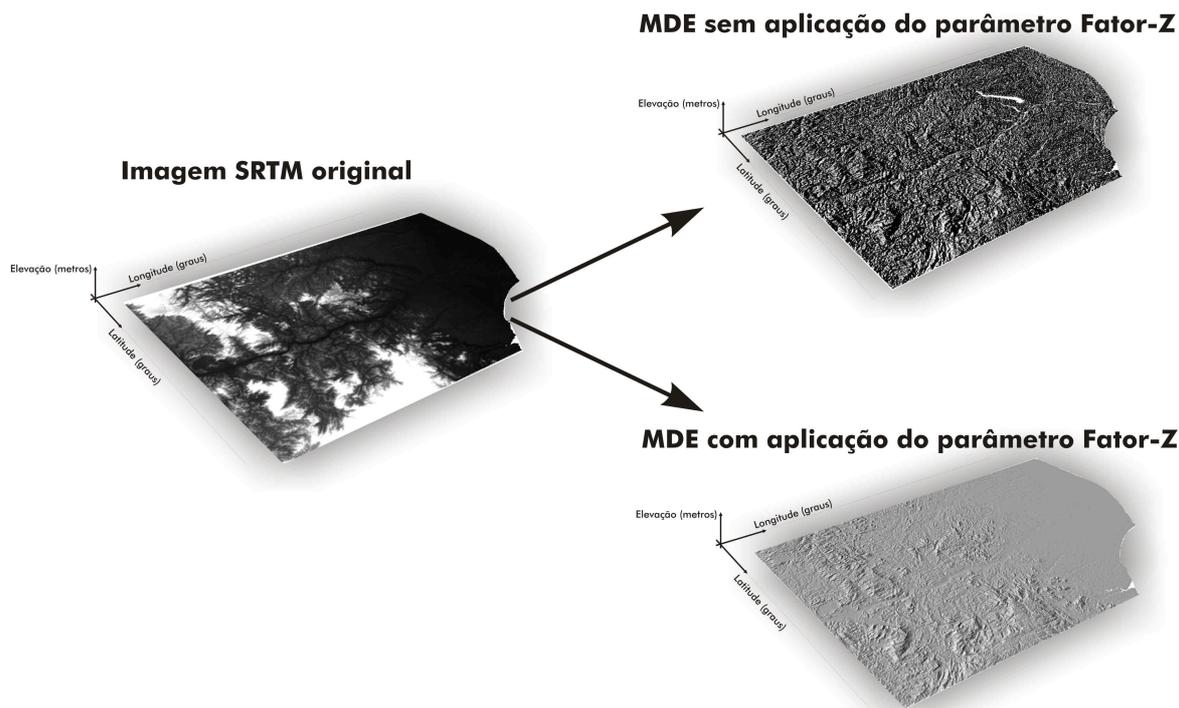


Figura 7. Exemplo de imagem de sombreamento com correção e sem correção (fator Z), destacando a melhor resolução e veracidade da imagem corrigida

Com relação aos mapas de densidade de lineamentos, tanto geral quanto das principais direções encontradas (EW, NW e NE), possibilitou uma interpretação mais clara e visual de áreas com alta densidade para as respectivas orientações. Sobre essas foram traçados *trends* representativos, onde observa-se que os lineamentos de direção E-W individualizam conjuntos de lineamentos de direção NW sobre os tabuleiros da Formação Barreiras, confirmando o estudo realizado por Miranda (2007).

6. Referências Bibliográficas

LIU, C.C. 1987. A geologia estrutural do Estado do Rio de Janeiro vista através de imagens MSS de Landsat. *In.*: SBG, Simpósio de Geologia Regional RJ-ES, 1, Rio de Janeiro. *Anais*, 164-188.

MIRANDA, D. J. 2007. Análise de estruturas rúpteis associadas a deformações neotectônicas na região centro-norte do estado do Espírito Santo. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Monografia de graduação. 58p.

SpatialTechniques. Easy Calculate 5.0. Disponível em: < <http://www.ian-ko.com/>>. Acessado em: 10/11/2008.

CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI):<<http://csi.cgiar.org/index.asp>>. Acessado em 5/10/2008

ESRI GIS and Mapping Software: < <http://www.esri.com/>>. Acessado em 15/11/2008