

LEVANTAMENTO HISTÓRICO DOS ABALOS SÍSMICOS OCORRIDOS NO ESTADO DE SERGIPE E A SITUAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAPELA

Luiz Henrique PASSOS¹
Jacqueline Barreto LEITE¹
Aracy Sousa SENRA²

¹ Graduandos em Geologia, UFS. E-mail: luizhenriquepassos_1990@hotmail.com, barretojacqueline.0@gmail.com

¹ Geóloga. Dr^a Geologia. Universidade Federal de Sergipe - UFS. E-mail: Aracy.senra@gmail.com

RESUMO. Sergipe não está imune à atividade sísmica, apesar de estar inserido em um contexto tectônico estável. O registro mais antigo de abalo sísmico ocorrido em território sergipano data do início de 1919. Nos últimos 17 anos foram registrados 4 tremores com intensidades entre V e VI na escala de intensidade de Mercalli Modificada. No total, 19 sismos sobrevieram entre os anos de 1919 e 2006. A maioria aconteceu nas regiões centro-norte e nordeste do estado, sendo que 53% concentraram-se no município de Capela. Para este, foi realizado um estudo em imagem de radar com o software ArcGis9.3. Os lineamentos identificados puderam ser subdivididos em duas direções: NW-SE e NE-SW. As atividades sísmicas poderiam estar associadas a estes lineamentos indicando que a região esteja passando por reativações do sistema de falhas principal. Destacam-se os prejuízos materiais e o pânico gerado na população como consequências da ocorrência de sismos de baixa intensidade.

Palavras-chave: Sismicidade; levantamento sísmico; Sergipe.

ABSTRACT. *Seismic survey of Sergipe State and the situation of Capela City.* Sergipe State is not immune to seismic activity, despite being placed in a stable tectonic context. The earliest recorded earthquake occurred in the Sergipe state date from 1919. Over the past 17 years were recorded four earthquakes with intensities between V and VI MM (Mercalli Modified Scale of Intensity). In total 19 earthquakes occurred between the years 1919 and 2006. Most happened in the central-north and northeast of the state, and 53% were concentrated in the town of Capela. For this, a study was conducted in radar image with the software ArcGis9.3. The lineaments identified could be subdivided into two directions: NW-SE and NE-SW. The seismic activity could be associated to these guidelines indicating that the region is undergoing reactivation of major fault system. Noteworthy are the property damage and panic in the population generated as a consequence of the occurrence of earthquakes of low intensity.

Keywords: Earthquake, seismic survey, Sergipe.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um panorama da situação sismotectônica do estado de Sergipe, Brasil. Embora Sergipe, assim como todo o território brasileiro, esteja localizado em uma plataforma continental estável, é possível detectar a ocorrência de sismos. Não obstante, é notável a carência de estudos a respeito desse tema no estado. Existem pouquíssimos trabalhos relativos a sismos sergipanos, os quais não se referem ao contexto de forma geral, limitando-se a casos em localidades específicas. Portanto, são necessários estudos dessa natureza, visto que os abalos ocorridos em Sergipe, ainda que não sejam catastróficos, já induziram danos materiais e psicológicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa baseou-se numa investigação detalhada em meios impressos e digitais, coletando todas as informações referentes a possíveis registros de ocorrências de sismos no estado, bem como foram consultados os observatórios sismológicos internacionais (*United States Geological Survey, National Earthquake Information Center - USGS*) e nacionais (Observatório Sismológico da Universidade de Brasília – UNB; Observatório Nacional – ON; Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP – IAG; Departamento de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN). Com as informações reunidas, produziu-se um banco de dados e mapas temáticos da região, retratando as localizações dos epicentros e magnitudes desses sismos relatados ao longo da história no estado. Deste

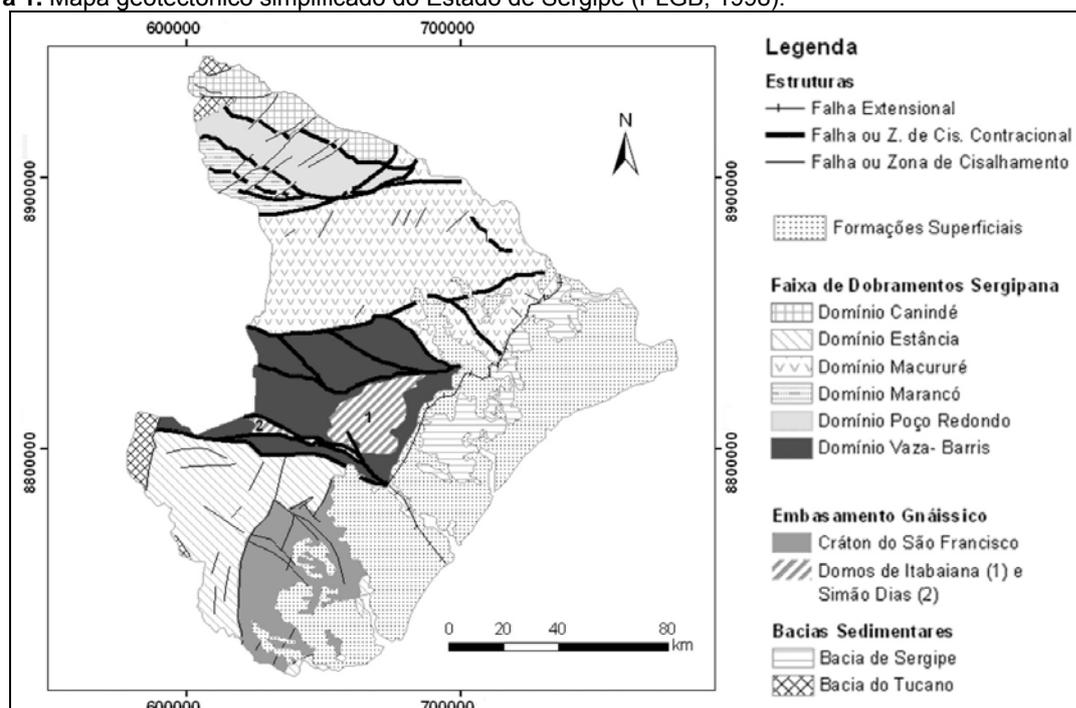
banco ressalta-se a situação sísmológica do município de Capela, região onde se concentra a maior ocorrência de sismos. Com o programa ArcMap do ArcGis9.3, foram feitos tratamentos nos dados de modelo digital de terreno da SRTM de 90m da área de estudo para compreender melhor a situação morfoestrutural da região. A imagem da SRTM foi reamostrada de 3 segundos de arco (90m) para 1 segundo de arco (30m) no *Raster Calculator* através da função *Resample* utilizando o método de reamostragem cúbica. Esta técnica se mostra bastante eficaz tanto em termos de análise e identificação visual das características do relevo, quanto na extração de parâmetros morfométricos (GROHMANN et al, 2008). Em seguida, criou-se um relevo sombreado com a função *Hillshade*, adicionando o *factor-Z* de 0,00000912 relacionado a latitude da área de estudo, evitando exageros e inconsistências no relevo. No entanto, a coloração gradiente de cinza do relevo sombreado gerada automaticamente para a imagem, não facilita na identificação dos lineamentos morfoestruturais. Em *Symbology*, nas propriedades do *Layer*, temos opções de escolher outras sequências de cores predefinidas de acordo com o valor de elevação da topografia, ou criar novos padrões de cores e divisões de intervalos. Para o caso de Capela, uma das sequências predefinidas se encaixou com a variação de relevo da região, ajudando a destacar as feições lineares a levemente curvas. Porém, nem todas as regiões conseguem esse bom encaixe, necessitando classificar novos intervalos de cores. Outra maneira utilizada para evidenciar as cristas e os vales para a região de estudo foi extrair da

imagem de relevo sombreado, o intervalo de altitude desejado no *Raster Calculator*, sendo as cristas pelo intervalo ≥ 195 e os vales pelo intervalo ≥ 170 . Utilizando esses procedimentos, foram gerados os mapas de lineamentos morfoestruturais do município de Capela, com azimutes 315° e 45° e ângulo de iluminação de 45° . Por conseguinte, foi possível analisar a provável associação desses com a neotectônica regional.

SERGIPE NO CONTEXTO GEOLÓGICO BRASILEIRO

No estado ocorrem rochas que datam desde o Arqueano até o final do Cenozóico. No contexto estrutural proposto por Almeida et al. (1979, segundo PLGB, 1998), estas feições correspondem a província São Francisco, Borborema e Costeira e Margem Continental, respectivamente. Porções do Cráton do São Francisco, situadas ao sul do estado e o embasamento gnáissico, representado pelos Domos de Itabaiana e Simão Dias, podem ser considerados janelas estruturais, tendo em vista a posição que ocupam na escala de tempo geológico. A Faixa de Dobramentos Sergipana recobre a maior parte do estado, destacando-se a presença de corpos granitóides e zonas de cisalhamento contracionais. Os terrenos sedimentares são expressos pela Bacia de Sergipe, Formações Superficiais Terciárias e Quaternárias e pequenas porções da Bacia do Tucano, a oeste na fronteira com a Bahia (Figura 1).

Figura 1. Mapa geotectônico simplificado do Estado de Sergipe (PLGB, 1998).



SERGIPE NO CONTEXTO SÍSMICO BRASILEIRO

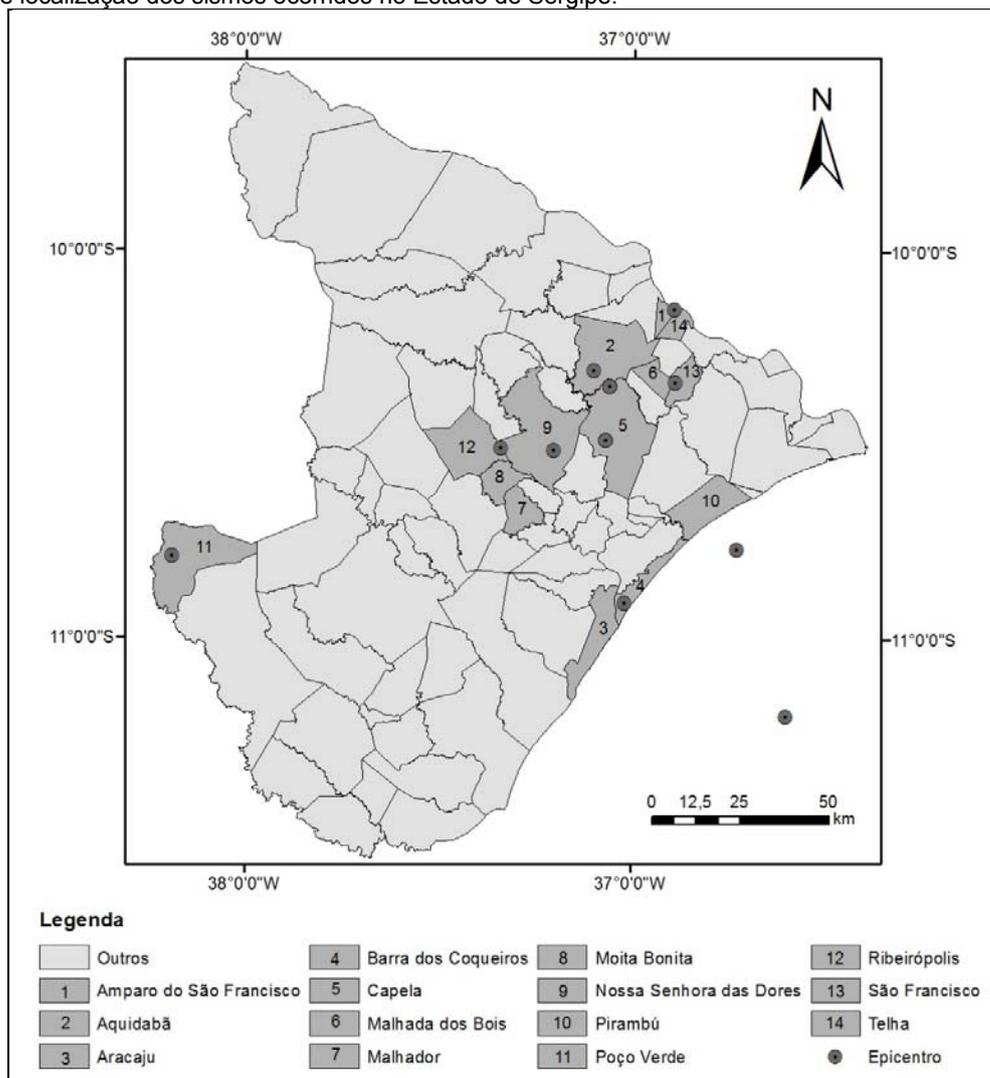
O Brasil, até recentemente, era considerado um país assísmico por se localizar na plataforma continental estável da placa tectônica Sulamericana, e por não haver registros de terremotos catastróficos (BERROCAL et al., 1984). Mas, com o avanço nas pesquisas relacionadas ao assunto em território brasileiro, foi confirmado que o Brasil não está imune a atividades sísmicas, e o nordeste vem registrando, nas últimas décadas, o maior número destes abalos. O principal motivo para o acontecimento dos abalos sísmicos no Nordeste e na maior parte do Brasil é devido ao regime compressional exercido a oeste pela placa de Nazca subductando na Sulamericana, provocando uma tensão para a direção leste, e a ascensão do magma no limite divergente entre as placas Sulamericana e Africana, que cria uma tensão direcionada para oeste (CORREIA, 2010). E, além disso, o nordeste se situa sobre a

Província Borborema, que é uma unidade geológica antiga e cheia de falhas. Nessa região, os sismos são de baixa magnitude e às vezes em grande quantidade. O estado de Sergipe possui uma sismicidade baixa comparado aos estados nordestinos vizinhos. De acordo com Berrocal et al., (1984), Sergipe se encontra na Região Sismotectônica do Nordeste, juntamente com os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba e Alagoas, a qual é constituída pela porção de Dobramentos Brasileiros.

RESULTADOS

O primeiro registro de abalo sísmico ocorrido em território sergipano é datado de 1919 (BERROCAL et al., 1984). Desde então, dezoito outros abalos foram registrados, somando 19 sismos que se sucederam nos anos 1919, 1972, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 e 2006 (Figura 2) (LEITE et al., 2010; 2011).

Figura 2. Mapa de localização dos sismos ocorridos no Estado de Sergipe.

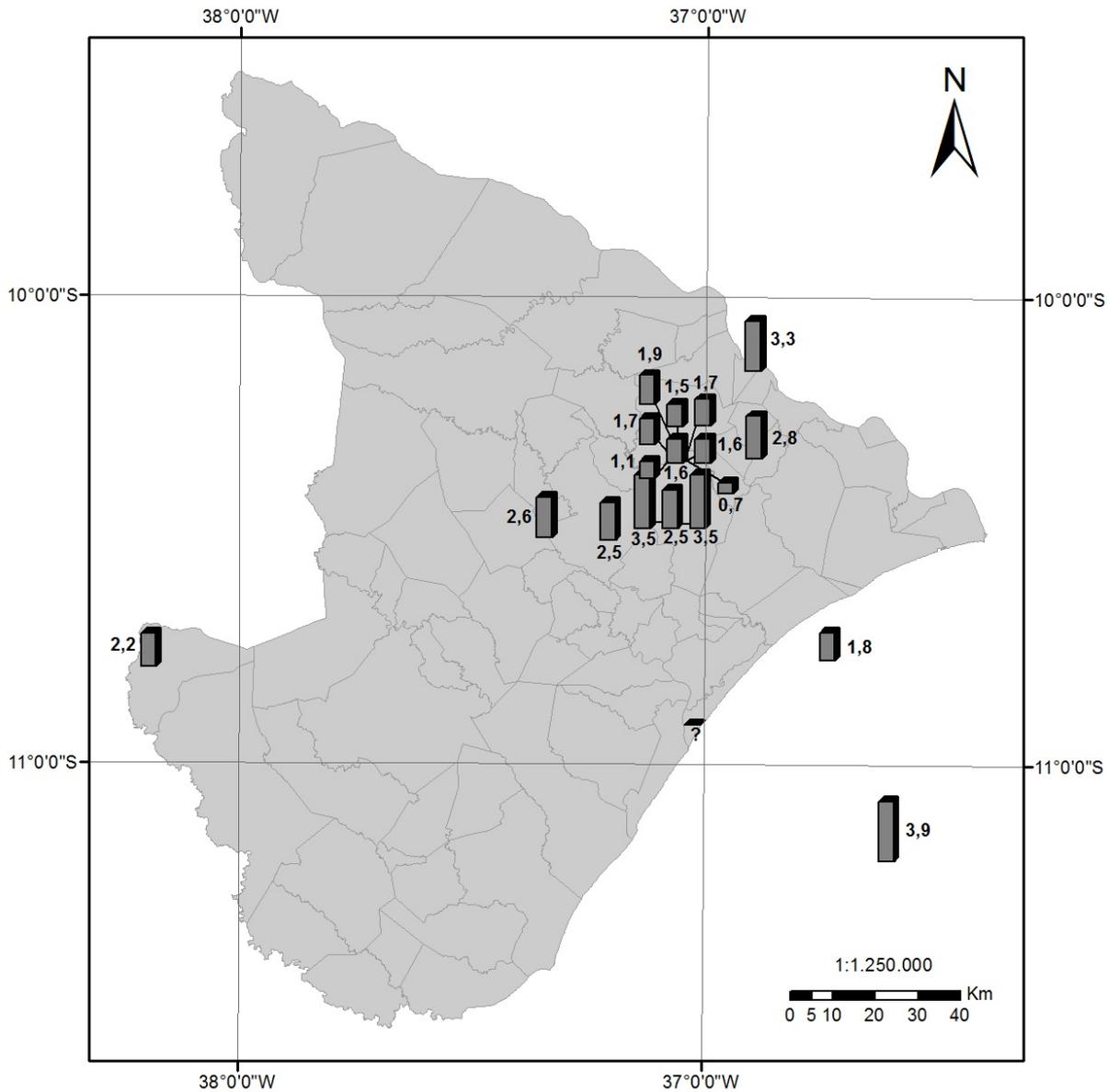


Fonte dos limites municipais: SEPLAN/SRH (2004)

Estes abalos são de magnitude baixa, em média 2,2 m_b (Figura 3). No entanto, a intensidade desses eventos pode chegar a ser forte, visto que nos últimos 17 anos foram registrados quatro tremores com intensidades entre V e VI na Escala de Mercalli Modificada (MM). A maioria deles ocorreu nas regiões centro-norte e nordeste do estado, sendo que 53% estão concentrados no município de Capela. Neste

local, incidiram os eventos de maior magnitude, 3,5 m_b . Da mesma forma, a margem continental sergipana encontra-se passível a abalos. Onde foram registrados dois sismos, sendo um deles com magnitude 1,8 m_b e outro magnitude 3,9 m_b . Entretanto, a possibilidade de erro para a localização deste último evento é de 300 km (IAG), pondo em dúvida a localização deste sismo em território sergipano.

Figura 3. Mapa de magnitude dos sismos ocorridos no Estado de Sergipe.



Fonte dos limites municipais: SEPLAN/SRH (2004).

A seguir, é descrito o levantamento histórico dos abalos sísmicos de acordo com o ano de sucessão destes: **1919** - Tremor de terra de curta duração sentido no início do ano nos arredores da capital Aracaju (BERROCAL et al., 1984); **1972**: Possível ocorrência de sismo na margem continental de Sergipe, em 27 de fevereiro, alcançando uma magnitude de 3,9 m_b . E com um erro de 300 km no cálculo da coordenada; **1990**:

Abalo sucedido em 18 de outubro, no município de Aquidabã, atingindo 1,7 m_b e com erro na localização de 50 km (IAG); **1992**: Sete abalos sísmicos sobrevieram na região de Capela. Todos eles possuem erro no cálculo da coordenada de 30 km e sucederam na seguinte ordem: 19 de janeiro, magnitude 0,7 m_b , 3 de julho, magnitude 1,9 m_b , 26 de julho, magnitude 1,1 m_b , 30 de julho, magnitude 1,7 m_b , 26 de agosto, magnitude

1,5 m_b , 15 de outubro, magnitude 1,6 m_b , 20 de novembro, magnitude 1,6 m_b (Fonte: IAG). Ainda neste ano, em 6 de fevereiro ocorreu um abalo na localidade de São Francisco, com magnitude 2,8 m_b e erro no cálculo da coordenada de 30 km (IAG); **1993**: Ocorreram três eventos, sendo que um deles se deu no dia 29 de abril na margem continental nas proximidades do município de Pirambú, com erro na localização de 50 km e magnitude 1,8 m_b . Segundo dados do IAG, esse evento teria se caracterizado pela ocorrência de dois tremores. Os outros dois sismos incidiram o Município de Capela em 25 e 27 de setembro, ambos com magnitude 3,5 m_b e erro no cálculo da coordenada de 10 km. Esses abalos são os primeiros a terem uma estimativa de intensidade na escala de Mercalli Modificada (MM). O primeiro deles alcança V, MM, e o segundo varia entre V e VI (UFRN, IAG e UnB). **1994**: Sismo sucedido em 6 de agosto na localidade de Ribeirópolis, com erro na localização de 30 km e magnitude 2,2 m_b (IAG). **1995**: Sismo ocorrido em 30 de maio em Poço Verde com magnitude 2,2 m_b e erro no cálculo da coordenada de 50 km (IAG). **1996**: Evento ocorrido em Capela em 15 de novembro, com magnitude 2,5 m_b e erro de localização de 10 km (IAG). **2006**: Dois abalos sísmicos foram registrados em 7 de janeiro e 30 de outubro. Ambos apresentam erro no cálculo da coordenada de 10 km (UnB e UFRN). O Primeiro abalo teve epicentro em Amparo do São Francisco, alcançando 3,3 m_b e VI, MM (UnB). De acordo com a imprensa (Jornal do Dia) o abalo teria atingido a região do baixo São Francisco nos estados de Sergipe e Alagoas, durando alguns segundos e sendo sentido também nos municípios sergipanos Propriá e Telha (SENRA; FONTES, 2008). O sismo ocorrido em 30 de outubro teve epicentro em Nossa Senhora das Dores, atingindo magnitude 2,5 m_b e intensidade V MM (UFRN). Segundo a imprensa, o abalo durou cerca de um minuto e também foi sentido nos municípios de Capela, Cumbe, Siriri, Divina Pastora, Moita Bonita, Malhada dos Bois, Malhador. Neste sismo, os dados coletados em campo se mostraram irregulares, formando um padrão de isolinhas de intensidade elipsoidais (SENRA et al., 2008), fato que dificultou uma localização mais exata do epicentro. As isolinhas de maior intensidade se projetam de nordeste de Nossa Senhora das Dores à borda do Domo de Itabaiana nos municípios de Malhador e Malhada dos Bois a sudoeste, sendo que a provável explicação para a projeção dessas isolinhas em direção ao domo se deve às características físicas do terreno, cuja topografia elevada seria a responsável pelas maiores intensidades ocorrida nessa área. Nas regiões em que os abalos foram sentidos, foi relatado pânico na população, forte barulho de explosão, queda de objetos,

rachaduras em construções precárias e até transbordamento de caixas d'água.

A situação do município de Capela

Capela está situada em duas províncias estruturais: Borborema e São Francisco do Norte. Seu território é constituído predominantemente pela Faixa de Dobramentos Sergipana e pelas Formações Superficiais do Grupo Barreiras. Da parte norte até a central dessa região está distribuído o Domínio Macururé, que é limitado pela zona de cisalhamento extensional oblíqua na direção NE/SW, e é cortado por uma falha contracional que se estende na direção NW/SE. As formações datam do Cenozóico, Mesozóico e Neoproterozóico (Figura 4).

Historicamente o município de Capela detém o maior número de sismos registrados no estado de Sergipe, evidenciando atividades neotectônicas que ocorrem na região atualmente. Visto isso, foi proposto um estudo da morfoestrutura da região para interpretar uma possível ligação dos eventos com a tectônica regional, utilizando dados da SRTM. No entanto, a imagem de resolução de 90 m da área não é favorável para a identificação de lineamentos. Então foram realizados tratamentos na imagem com o intuito de melhorar e evidenciar os lineamentos morfoestruturais de pequena escala para a geração de mapas destes. Para o tratamento, foi proposto um aumento da resolução da imagem utilizada para suavizar e melhorar a visualização. Também foram feitas classificações de cores a partir dos valores de elevação do terreno, permitindo um realce nos lineamentos. Através do relevo sombreado com as novas tonalidades, é possível calcular com facilidade os intervalos de altitude para os lineamentos de cores de interesse. Com esses valores de intervalos foram criadas imagens destacando as cristas e vales da região, das quais foram tiradas as informações para os mapas de lineamentos morfoestruturais (Figura 5). Em posse dos dados finais, foram traçados os lineamentos para dois ângulos azimutais, 45° e 315°, e conseqüentemente gerados seus diagramas de roseta (Figura 6).

Os lineamentos identificados podem ser subdivididos em duas direções: preferencialmente NW-SE e subordinadamente NE-SW (Figura 6). Estes lineamentos destacados indicam estruturas secundárias que coincidem com um sistema de falhas na escala regional, de contração oblíqua contracional das Zonas de Cisalhamento São Miguel do Aleixo e Nossa Senhora da Glória, estrutura limítrofe entre os Domínios Macururé e Vaza-Barris, de suposta idade brasileira. Estes sismos associados a estes lineamentos estruturais parecem indicar que a região esteja sofrendo reativações do sistema de falhas principal (PASSOS et al., 2010; 2011).

Figura 4. Mapa geológico-estrutural de Capela (elaborado a partir de dados GIS do Atlas Digital SRH, 2004).

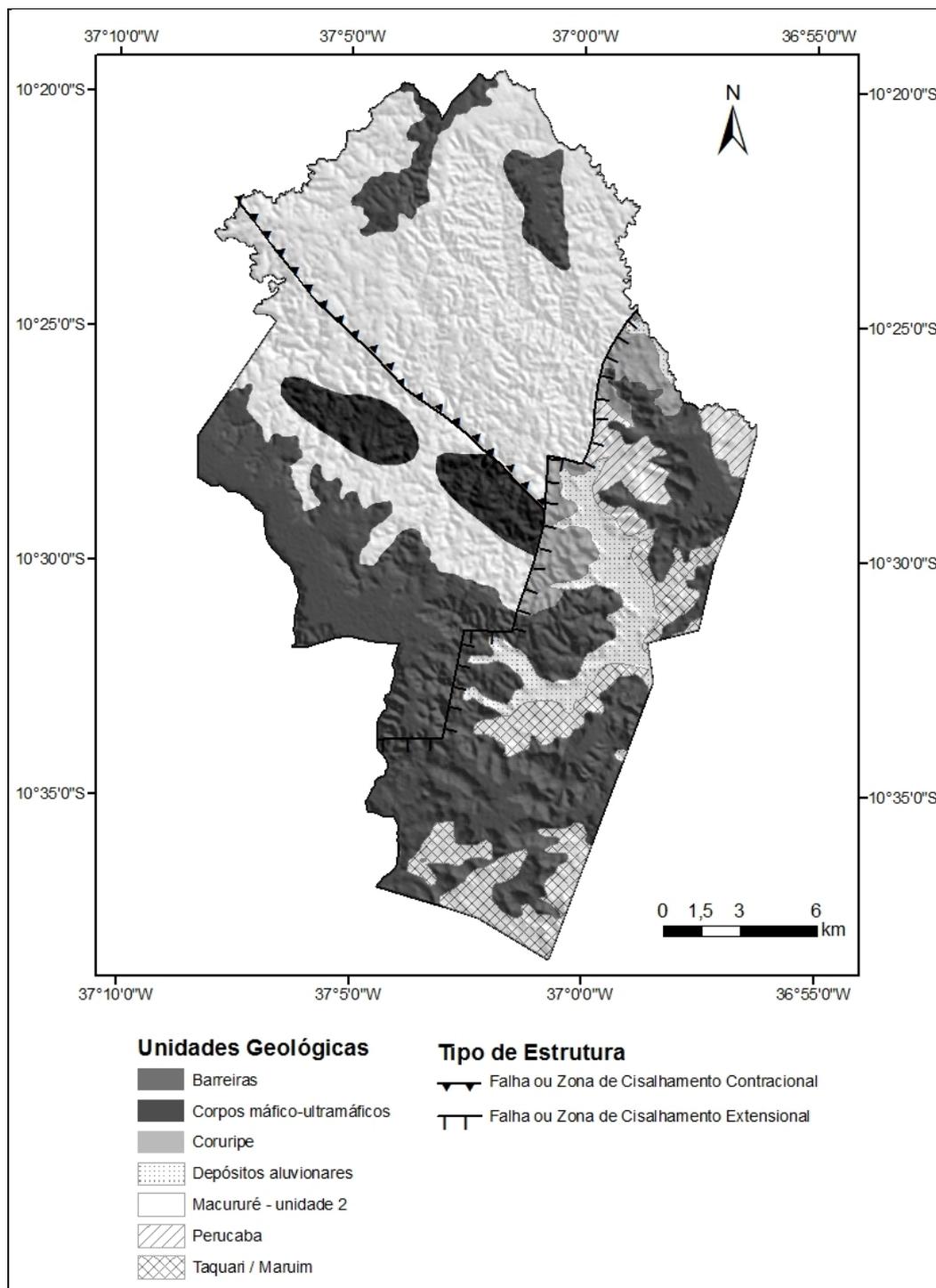


Figura 5. Imagens ilustrando o resultado dos tratamentos nos dados da SRTM que evidenciou os lineamentos morfoestruturais.

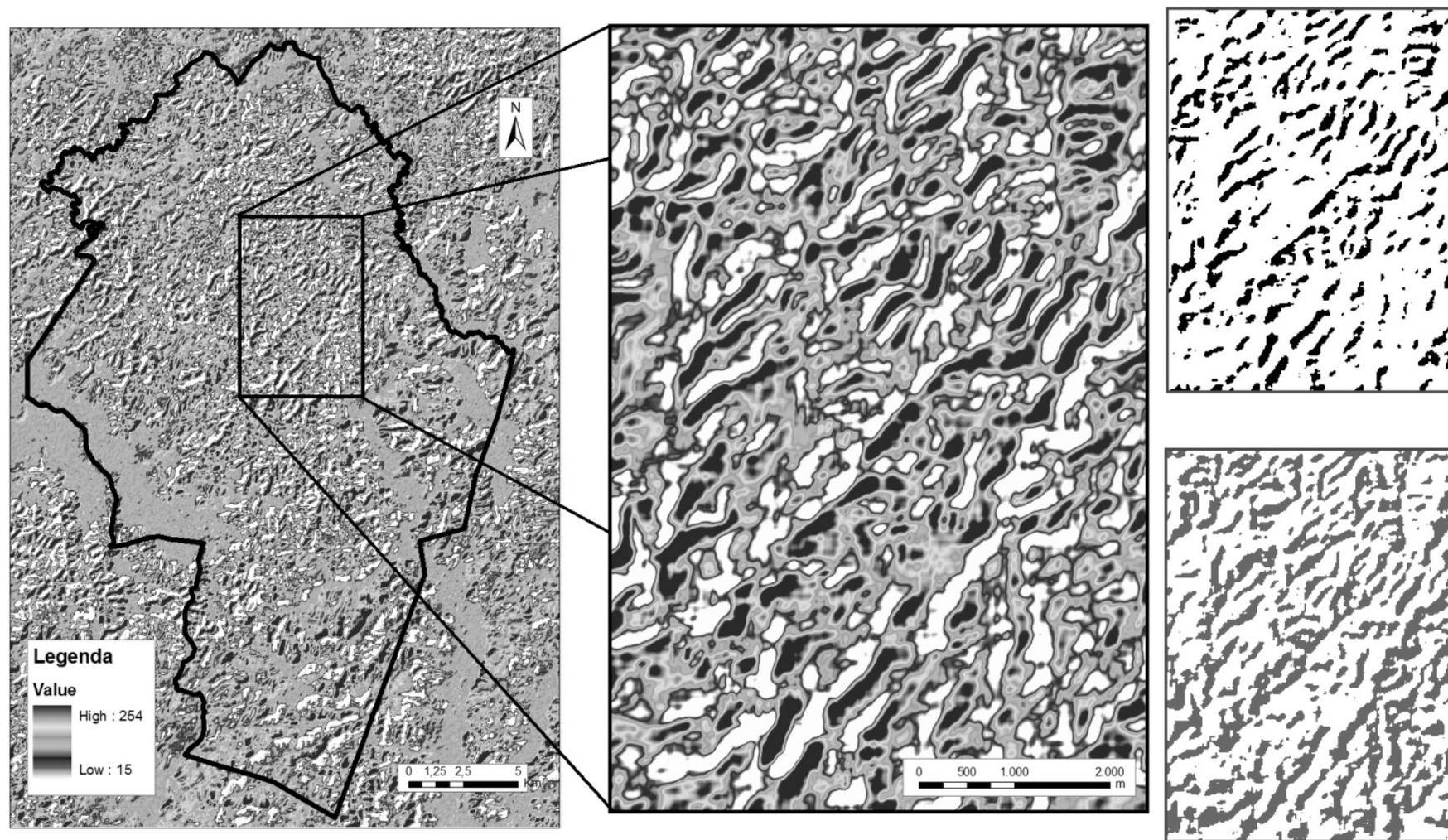
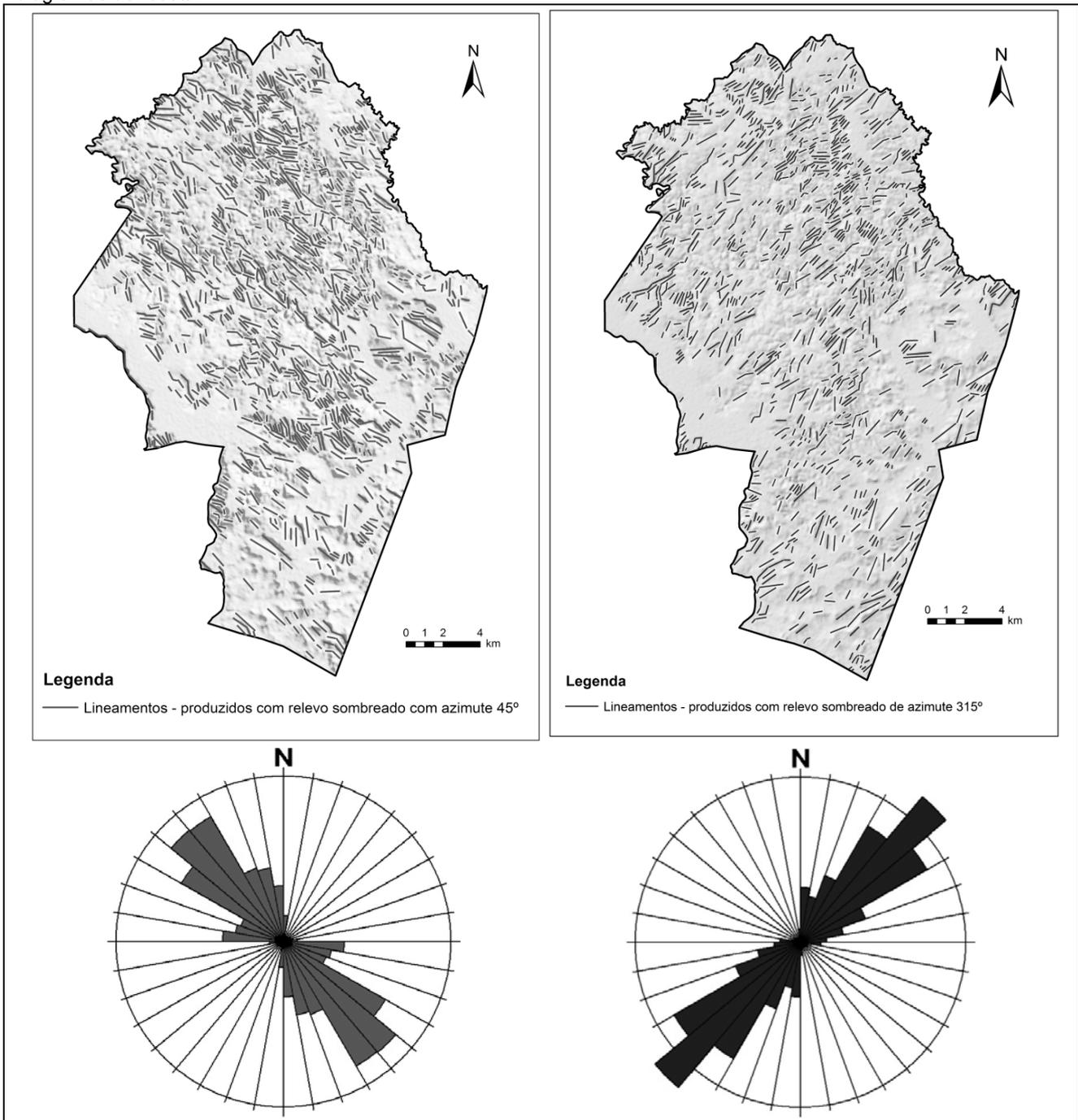


Figura 6. Mapas de lineamentos morfoestruturais de Capela, produzidos com azimutes 45° e 315°, e seus respectivos diagramas de roseta.



CONCLUSÃO

Através desse levantamento histórico é possível classificar esses municípios, onde estão os epicentros dos sismos, como zonas de risco sísmico. Lembrando que não só as cidades em que se situam os epicentros estão sujeitas a danos, mas as zonas vizinhas a elas também devem ser consideradas. Ressaltando o caso do sismo de 1993, que ocorreu no mar, próximo ao litoral dos municípios de Pirambú e Barra dos

Coqueiros, os quais poderiam sofrer influência de alterações do comportamento marinho. Além dos prejuízos materiais que tais abalos podem ocasionar, evidencia-se que o pânico gerado na população de maneira geral é uma das piores consequências da ocorrência de atividade sísmica. Porventura, a quantidade de tremores relatados poderia ser bem maior, caso que se compromete devido a falta de investimentos em pesquisas sísmicas e instalações de redes sismológicas na região. Como os tremores na

região são de baixa magnitude, a instalação desses sismógrafos aumentaria o potencial de detecção e localização desses, o que traria um melhor conhecimento das atividades sísmicas da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos observatórios sismológicos da UNB, UFRN, USP, IAG-USP e USGS pelo atendimento durante as pesquisas e a UFS pelo apoio ao Projeto através do Programa de Auxílio à Integração de Docentes e Técnicos Administrativos Recém-Doutores às Atividades de Pesquisa (PAIRD) COPES/POSGRAP/2009.

REFERÊNCIAS

BERROCAL, J.; ASSUMPCÃO, M.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C. M.; ORTEGA, R.; FRANÇA, H.; VELOSO, J.A.V. **Sismicidade do Brasil**. São Paulo: IAG-USP – Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo, 1984, 320 p.

CORREIA, P.B. A origem dos terremotos do nordeste. **ComCiencia**, UNICAMP, p. 1-5, 10 abr. 2010.

IAG-USP – Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo. **Boletim Sísmico Brasileiro**. Disponível em: <http://moho.iag.usp.br/sismologia/boletim.php>. Acesso em: 20 mar. 2010.

LEITE, J.B.; PASSOS, L.H.; SENRA, A.S. Levantamento histórico dos abalos sísmicos em Sergipe e o caso do município de Capela. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 24. **Anais...** Aracaju, SE, 2011.

LEITE, J.B., PASSOS, L.H., SENRA, A. S. Levantamento histórico dos abalos sísmicos de Sergipe. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20. **Anais...** São Cristóvão, SE, 2010.

PASSOS, L.H.; LEITE, J.B.; SENRA, A.S. Tratamento de imagens SRTM para a elaboração de mapas de lineamentos morfoestruturais: o caso do município de capela. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20. **Anais...** São Cristóvão, SE, 2010.

PASSOS, L.H.; LEITE, J.B.; SENRA, A.S. Levantamento Histórico de Abalos Sísmicos de Sergipe e a Situação de Capela. In: CONGRESSO SERGIPANO DE CIÊNCIA, 1. **Anais...** Aracaju, SE, 2011.

OBSERVATÓRIO Sismológico – UNB- Universidade de Brasília. **Sismos registrados no Brasil**. Disponível em: http://www.obsis.unb.br/index.php?option=com_content&view=category&id=39&Itemid=84&lang=pt. Acesso em: 20 mar. 2010.

SANTOS, R.A.; MARTINS, A.A.M.; NEVES, J.P.; LEAL, R.A. PLGB. Programa de Levantamento Geológico Brasileiro. **Geologia e recursos minerais do estado de Sergipe**. Brasília: CPRM, 1998, 156 p. (Texto explicativo do mapa geológico do estado de Sergipe).

SENRA, A.S.; FONTES, L.C.S.; FERREIRA, J.M. Tremores em Sergipe: mapeamento da intensidade do sismo ocorrido em 30 de agosto de 2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44. **Anais...** Curitiba, PR, 2008.

SENRA, A.S.; FONTES, L.C.S. Sismicidade em Sergipe: ocorrência do tremor de janeiro de 2006 na região de Propriá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44. **Anais...** Curitiba, PR, 2008.

SEPLAN/SRH - Secretaria de Estado do Planejamento do Estado de Sergipe/ Superintendência de Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre recursos hídricos**. 2004.

NATIONAL EARTHQUAKE INFORMATION CENTER, USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Historic World Earthquakes**. Disponível em: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/historical.php>. Acesso em: 20 mar. 2010.