

O uso de imagens orbitais multiespectrais e de SRTM como apoio no mapeamento geológico-geomorfológico da ilha do Faial, Açores central

Dejanira Luderitz Saldanha(1)

Evandro Fernandes de Lima(1)

Adriane Machado(2)

José Manuel Martins de Azevedo(2)

Carlos Augusto Sommer(1)

Breno Leitão Waichel(3)

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS/PPGGEO

Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-97, Porto Alegre, RS, Brasil

dejanira.saldanha@ufrgs.br ; evandro.lima@ufrgs.br ; casommer@netsinon.br

(2) Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra - CGUC, Portugal

adrianemachado@ci.uc.pt ; jazevedo@dct.uc.pt

(3) Universidade Estadual de Cascavel – UNIOESTE, PR, Brasil

breno@unioeste.br

Abstract. Faial is one of nine islands of the Azores archipelago, which is located between 38°22' and 38°36'N latitude and 28°00' and 28°34'W longitude, in the North Atlantic Ocean, close to the Mid-Atlantic Ridge (MAR) and the triple junction between American, African and Eurasian lithospheric plates. ASTER sensor images, TERRA system and the ETM⁺ sensor images, Landsat 7 were used to make the geological survey of the Faial Island - Central Group. SRTM data and geological map of the island were added to the images data, aiming to localize the sampling points and the limit of the different basaltic lava flow. These rocks represent four stratigraphic units of island, from the base to the top: Ribeirinha Volcanic Complex, Cedros Volcanic Complex, Almojarife and Capelo formations. The image processing as the generation of colorful compositions with stretched data and use of the Principal Components method, joined to the use of the digital elevation model (DEM), which was generated through the SRTM data, allowed the individualizing the different volcanic stages that formed the island. The island, which has maximum 21 km length, 14 km width, 173 Km² area and a pentagonal shape, is affected by important tectonic features with a WNW-ESE general trend. These features combined with faults of the NNW-SSE to NW-SE and NE-SW trends may have conditioned the emplacement of the central volcano with caldera on the central part of the island (Caldera Volcano).

Palavras-chave: Arquipélago dos Açores, vulcanismo, sensoriamento remoto, geoprocessamento, Açores
Archipelago, volcanism, Remote Sensing

1. Introdução

O presente trabalho visa à investigação geológica da ilha Faial, pertencente ao Arquipélago dos Açores. Este juntamente com os arquipélagos da Madeira, das Canárias (Espanha) e de Cabo Verde pertencem a um conjunto designado por Macaronésia (grego *makarón neseu*= Ilhas Afortunadas) definido com base em afinidades geográficas e por se situarem no Atlântico Central-Norte, entre as latitudes de 15° e 40° e as longitudes de 13° e 31°W.

O Arquipélago dos Açores é constituído por um conjunto de nove ilhas, posicionadas ao longo de uma faixa orientada segundo a direção N50°W, estando compreendida entre as latitudes de 37° e 40° N e as longitudes de 25° e 31° W.

As ilhas açorianas organizam-se em Grupo Ocidental, constituído pelas ilhas Flores e Corvo, Grupo Central com as ilhas Faial, Pico, São Jorge, Terceira e Graciosa e as ilhas de São Miguel e Santa Maria que constituem o Grupo Oriental, Figura 1.

Em termos geotectônicos, essa região se constitui em uma área de "junção tríplice" das placas euroasiática, africana e norte-americana formando a Microplaca dos Açores limitada a oeste pela Cadeia Meso-Atlântica (CMA) e a norte pelo Rifte da Terceira. Essa é uma

estrutura de direção geral WNW-ESE e inclui os alinhamentos: Graciosa – Terceira - S. Miguel, S. Jorge - S. Miguel e Faial – Pico - S. Miguel sendo caracterizada por uma intensa atividade sismovulcânica, Figura 1.

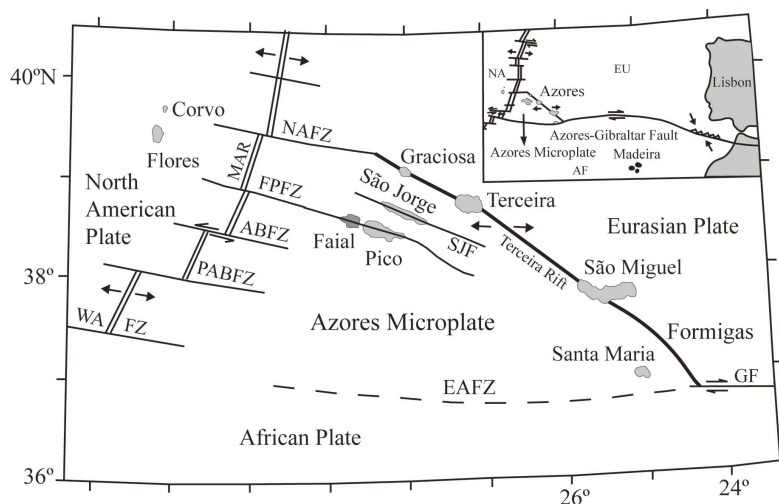


Figura 1 – Distribuição espacial das ilhas do arquipélago dos Açores. MAR = Crista Meso Atlântica; EAFZ = Zona de Fratura Leste dos Açores; WAFZ = Zona de Fratura Oeste dos Açores; NAFZ = Zona de Fratura Norte dos Açores; FPFZ = Zona de Fratura Faial–Pico; ABFZ = Zona de Fratura do Banco dos Açores; PABFZ = Zona de Fratura do Banco Princesa Alice; GF = Falha Gloria; SJF = Falha São Jorge; EU = Placa Eurasiana; AF = Placa Africana; NA = Placa Norte Americana (Machado et al.,2008).

Situada ao longo deste rifte e distando cerca de 120 km da CMA, a ilha Faial é marcada por importantes acidentes tectônicos de direção geral WNW-ESE que associados a outros falhamentos de orientação NNW-SSE a NW-SE e NE-SW, permitiram a instalação do vulcão central com caldeira que se desenvolve no centro da ilha.

A importância do uso de imagens orbitais multiespectrais em ilhas oceânicas fundamenta-se no fato desta técnica auxiliar, especialmente nestes espaços restritos, a reconhecer as modificações no tempo e espaço, auxiliando o planejamento destes territórios. Esta técnica contribui, portanto, na geração de produtos cuja resolução espacial permite estabelecer diferenças entre objetos na superfície terrestre, sendo adequada para estudos geológicos, de solos, de vegetação, de ecossistemas dinâmicos, etc. O uso desta técnica na investigação da Ilha do Faial objetivou a identificação das estruturas geológicas e a distribuição espacial dos principais litotipos.

2. Metodologia de Trabalho

Imagens do sensor Áster, sistema TERRA e do sensor TM⁺, Landsat 7 bem como dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) foram utilizados no reconhecimento dos diversos estágios da construção da Ilha do Faial.

Os dados SRTM foram processados conforme Valeriano, (2004), atingindo pixel de 30 metros e ajustados para uma janela idêntica às janelas das imagens ASTER e TM. A essas imagens foi aplicada uma máscara, de igual número de linhas e colunas, construída a partir do contorno da Ilha do Faial. Este passo teve como objetivo eliminar a interferência de outros alvos (oceano e nuvens). Os três conjuntos de dados foram registrados ao mesmo sistema cartográfico.

Processamentos de realce foram aplicados às imagens multiespectrais tais como a manipulação do contraste nos níveis de cinza para geração de composições coloridas, o uso da técnica estatística das Componentes Principais e a aplicação de filtros para realce das feições

lineares existentes na ilha em estudo. Obtiveram-se assim os melhores contrastes entre os diversos estágios vulcânicos que construíram a Ilha do Faial.

A integração das imagens multiespectrais ao MDE permitiu inicialmente a compartimentação geológica – geomorfológica da ilha do Faial por meio da visualização em 3D. Esses procedimentos foram executados por meio do software ENVI 4.0

Posteriormente os resultados obtidos foram avaliados por trabalhos de campo, sendo os diferentes estágios vulcânicos desta ilha amostrados para estudos petrográficos e geoquímicos.

3. Resultados e Discussão

As atividades desenvolvidas durante os trabalhos de campo e a coleta de amostras foram apoiadas nos trabalhos de Madeira (1998), Pacheco (2001), que individualizaram quatro estágios do desenvolvimento geológico-geomorfológico na Ilha do Faial.

Os principais traços geomorfológicos da Ilha do Faial resultam da interação do vulcanismo e tectonismo. Esta tem uma geometria “pentagonal” com área de 173 km² e é ainda afetada por importantes feições tectônicas com uma direção geral WNW-ESE. Essas feições, juntamente com as falhas de direção NNW-SSE a NW-SE e NE-SW condicionaram o desenvolvimento de um edifício vulcânico na porção central da ilha. Esta pode assim ser compartimentada em quatro unidades geomorfológicas: o Graben Pedro Miguel, o Vulcão da Caldeira, a Plataforma da Horta e a Península do Capelo.

Associadas à geomorfologia, as unidades estratigráficas são denominadas: Complexo Vulcânico da Ribeirinha (750 ka?), seguido temporalmente pelo Complexo Vulcânico Cedros (400 ka?), seguido por estágios fissurais, com condutos centrais localizados, da Formação Almoxarife (100 ka? até 11 ka) e finalmente pela atividade vulcânica da Formação Capelo, cuja última manifestação data de 1957 – vulcão Capelinhos. Nos episódios efusivos dominam os termos básicos com conteúdos subordinados de lavas intermediárias, sendo este conjunto quimicamente definido como basaltos, hawaiitos, benmoreitos e mugearitos. Os produtos piroclásticos são de composição traquítica e relacionados ao Complexo Vulcânico Cedros (Figura 2).

Os estudos petrográficos e geoquímicos (elementos maiores, menores, traços e isótopos) e micro-análises permitiram estabelecer a distribuição espacial dos diferentes litotipos e a vinculação destes com as quatro unidades estratigráficas da Ilha do Faial.

Essas imagens foram ainda associadas ao MDE elaborado a partir dos dados SRTM permitindo a análise dos dados em uma perspectiva tridimensional. Este enfoque efetivamente permitiu a delimitação mais acurada dos diferentes compartimentos geomorfológicos principalmente quando imagens de declividade foram geradas. O resultado interpretativo desta associação de imagens é apresentado na figura 3.

As imagens do sensor Aster, por conterem um maior número de bandas permitiram uma melhor avaliação com relação à diferenciação espectral dos diferentes estratos vulcânicos da ilha do Faial. Nesta imagem foi testada a técnica das principais componentes com a finalidade de redução da correlação entre as bandas espectrais e aumentando, portanto, o contraste entre as unidades vulcânicas. Ressalta-se que antes da aplicação desta técnica de realce foi utilizada uma máscara, retirando as áreas cobertas por nuvens (Figura 4). Nesta figura destaca-se ainda sobreposto um arquivo vetorial indicando a área de exposição da Formação Capelo e seus vulcões associados, demonstrando a diferenciação espectral destas rochas expostas.

Como resultado da aplicação desta técnica, no conjunto das 9 bandas espectrais que constituem o arquivo da imagem ASTER, foi gerada a imagem da figura 4, composta pelas bandas componentes principais CP6 (R), CP1(G), CP3(B). Sobreposto a essa imagem estão os pontos de amostras coletadas e dados de mapas geológicos existentes.

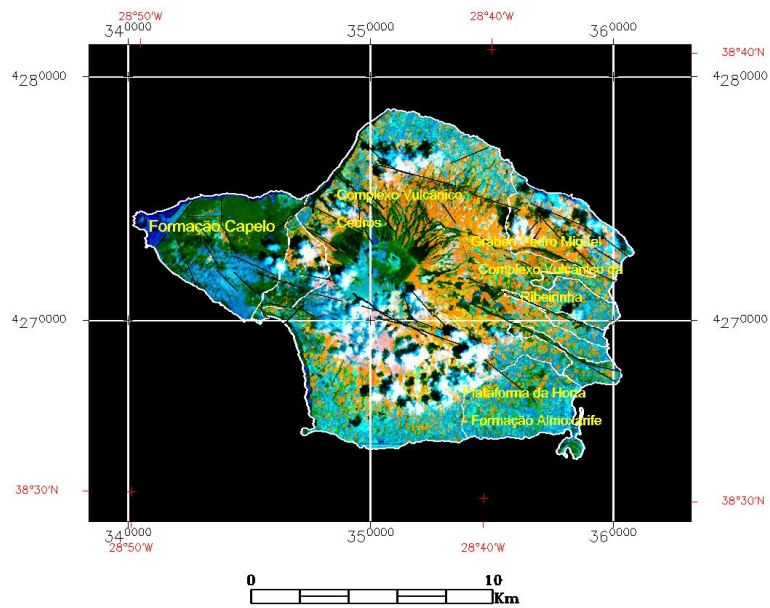


Figura 2- Carta-Imagem - Ilha do Faial. Composição colorida TM 453 (RGB) com realce das unidades geológicas – geomorfológicas e alinhamentos tectônicos.

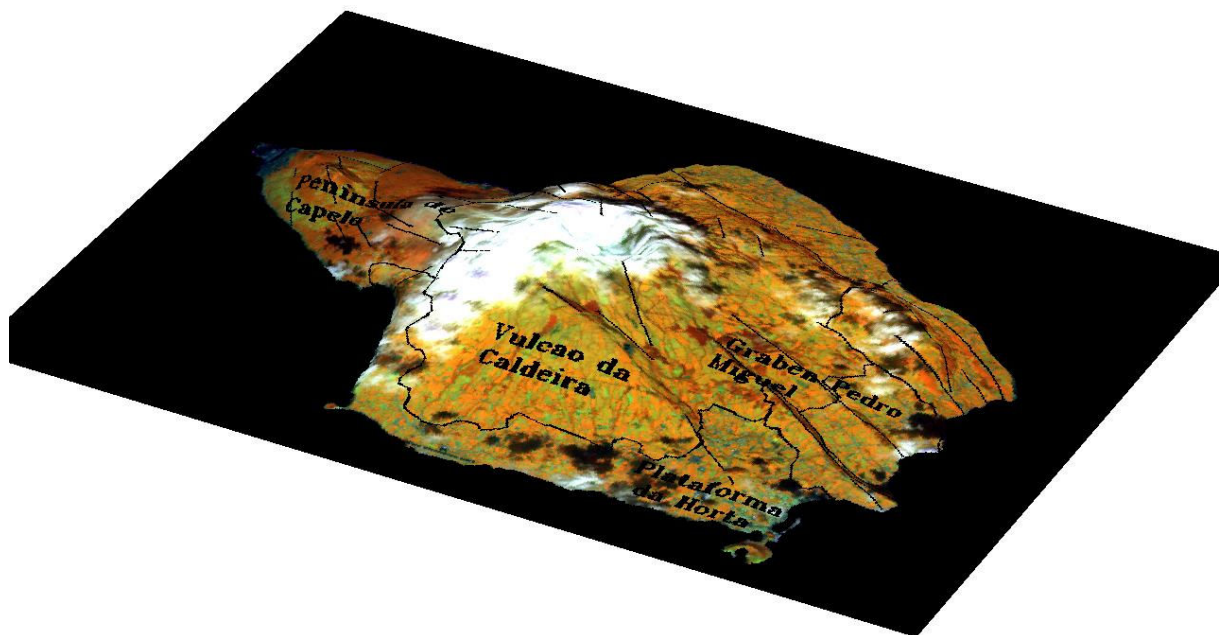


Figura 3 – Imagem do sensor Aster- bandas 342 – RGB, associada ao MDE (SRTM) com interpretação das unidades geomorfológicas e lineamentos tectônicos da Ilha do Faial, Arquipélago dos Açores.

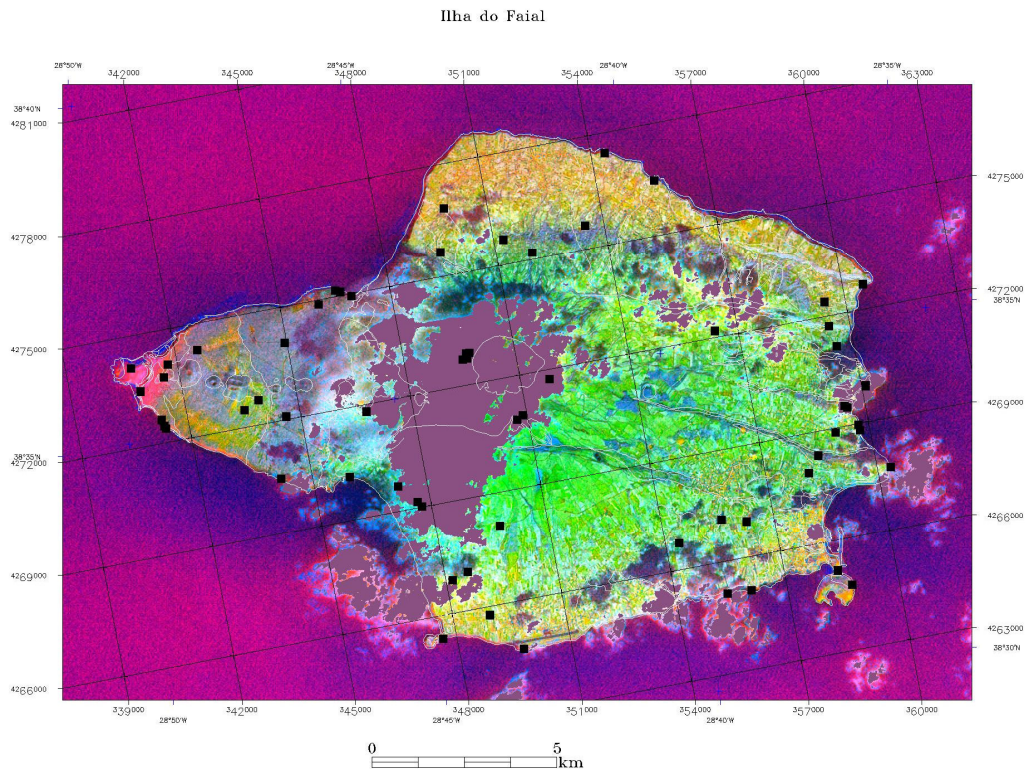


Figura 4- Carta-Imagem da Ilha do Faial.- na composição colorida RGB das imagens componentes principais (CP6, CP1, CP3), sensor Aster.

Os contrastes identificados nesta imagem são coerentes com a história evolutiva da Ilha do Faial, como observado no extremo W-NW, onde se concentram os depósitos mais recentes gerados pelo Vulcão Capelinho em 1957.

4. Conclusões

Os processamentos de realce aplicados às imagens multiespectrais aliados aos dados de elevação SRTM permitiram a individualização das unidades geomorfológicas da Ilha do Faial, quais sejam: o Graben Pedro Miguel, o Vulcão da Caldeira, a Plataforma da Horta e a Península do Capelo. Essas unidades apresentam elevada correlação com as unidades estratigráficas que constituem a ilha denominadas: Complexo Vulcânico da Ribeirinha, Complexo Vulcânico Cedros, Formação Almojarife e Formação Capelo. Filtros direcionais aplicados a essas imagens realçaram as principais direções WNW-ESE as quais estão associadas a outros falhamentos de orientação NNW-SSE a NW-SE e NE-SW.

Agradecimento

A CAPES-GRICES 178/07 pelo suporte financeiro através do projeto “Afinidade geoquímica e organização faciológica dos vulcanitos das Ilhas Corvo, Flores e Faial. – Arquipélago dos Açores”, ao PPGGeo/UFRGS e ao Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra-CGUC pelo apoio e infra-estrutura disponibilizada.

Referência Bibliográfica

- Forjaz, V.H. Ilha do Faial, carta vulcanológica à escala 1:25000. Instituto de Geociências dos Açores, 1 folha, 1977.
- Forjaz, V.H. Esboço geológico do sistema vulcânico Faial – Pico - S. Jorge, à escala 1: 200.000. 2 p. Laboratório de Geociências e Tecnologia, SRCI, Relatório Interno 03.08, 1980.
- Machado, A; Azevedo, J.M.M.; Almeida, D.P.M.; Chemale Jr., F. Geochemistry of Volcanic Rocks from Faial Island (Azores). Revista Electrónica de Ciências da Terra, Geosciences On-line Journal, vol.5, n.1, 14p. 2008. Disponível em <http://e-terra.geopor.pt>
- Madeira, J. Estudos de neotectónica nas ilhas do Faial, Pico e S. Jorge: Uma contribuição para o conhecimento geodinâmico da junção tripla dos Açores. 1998. 481p. PhD Thesis, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Pacheco, J. Processos associados ao desenvolvimento de erupções vulcânicas hidromagmáticas na Ilha do Faial e sua interpretação numa perspectiva de avaliação do hazard e minimização do risco. 2001. 330 p. PhD. Thesis, Departamento de Geosciences, Universidade dos Açores.
- Serralheiro, A.; Forjaz, V.H.; Alves, C:A.M. & Rodrigues, B. Carta vulcanológica dos Açores, Ilha do Faial (1:15000). Edição do Centro de Vulcanologia do INIC do Departamento de Geociências da Universidade dos Açores e do Serviço Regional de Proteção Civil dos Açores, 1989.
- Valeriano, M.M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos, INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais, (INPE-10550-RPQ/756), 2004, 72 p.