

## Compartimentos geomorfológicos da ilha do Faial – arquipélago dos Açores

Dejanira Luderitz Saldanha<sup>1</sup>  
Evandro Fernandes de Lima<sup>1</sup>  
Adriane Machado<sup>2</sup>  
José Manuel Martins de Azevedo<sup>2</sup>  
Carlos Augusto Sommer<sup>1</sup>  
Breno Leitão Waichel<sup>3</sup>  
Maria Teresa Barata<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS  
Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-97, Porto Alegre, RS, Brasil  
dejanira.saldanha@ufrgs.br; evandro.lima@ufrgs.br; [casommer@netsinos.br](mailto:casommer@netsinos.br)

<sup>2</sup> Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra - CGUC, Portugal  
adrianemachado@ci.uc.pt; [jazevedo@dct.uc.pt](mailto:jazevedo@dct.uc.pt); [mtbarata@gmail.com](mailto:mtbarata@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil  
[breno@cfh.ufsc.br](mailto:breno@cfh.ufsc.br)

**Abstract.** Faial is one of nine islands of the Azores archipelago 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. The geomorphologic study of this island was done based SRTM data, geological map of the island and images data, ASTER-TERRA system and the ETM+ sensor images. Volcanic rocks that make up Faial Island consist of four volcano stratigraphic units, with ages between 730 ka and the present. The oldest unit is the Ribeirinha Volcanic Complex, generally characterized by low MgO contents. The Cedros Volcanic Complex is composed of basalts to benmoreites with low MgO contents. The Almojarife Formation represents fissure flows, containing MgO contents similar to slightly higher than those of the underlying Cedros Volcanic Complex. The youngest unit, the Capelo Formation, consists of mafic rocks with MgO values higher than those of the other units. The island, which has maximum 21 km length, 14 km width, 173 Km<sup>2</sup> areas 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 and the different five geomorphologic compartments.

**Palavras-chave:** remote sensing, digital elevation model, geomorphology, sensoriamento remoto, modelo digital de elevação, geomorfologia.

### 1. Introdução

O Arquipélago dos Açores é constituído por nove ilhas posicionadas ao longo de uma faixa orientada segundo a direção N50°W entre as latitudes de 37° e 40° N e as longitudes de 25° e 31° W. As ilhas do Grupo Ocidental são as ilhas Flores e Corvo, do Grupo Central são as ilhas Faial, Pico, São Jorge, Terceira e Graciosa e as ilhas de São Miguel e Santa Maria constituem o Grupo Oriental (Figura 1).

O ambiente geotectônico dessa região constitui 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 Rift da Terceira.

A morfologia dessas ilhas oceânicas resulta de processos endógenos construtivos, como as atividades vulcânicas efusivas e movimentações tectônicas de soerguimento em contraposição aos processos erosivos proveniente da ação das ondas, das marés e das chuvas. As marés não têm ação tão significativa, pois na ilha do Faial a média anual varia em torno de 0,9 m acima do nível médio do mar (Instituto Hidrográfico, 2000). Com relação às ondas, Borges (2003) e Carvalho (2002; 2003) mostram que prevalecem aquelas de direção NW e W

com alturas anuais entre 1, 9 e 3 m sendo a costa dominada por ondas de acordo com a classificação de Davis and Hayes (1984).

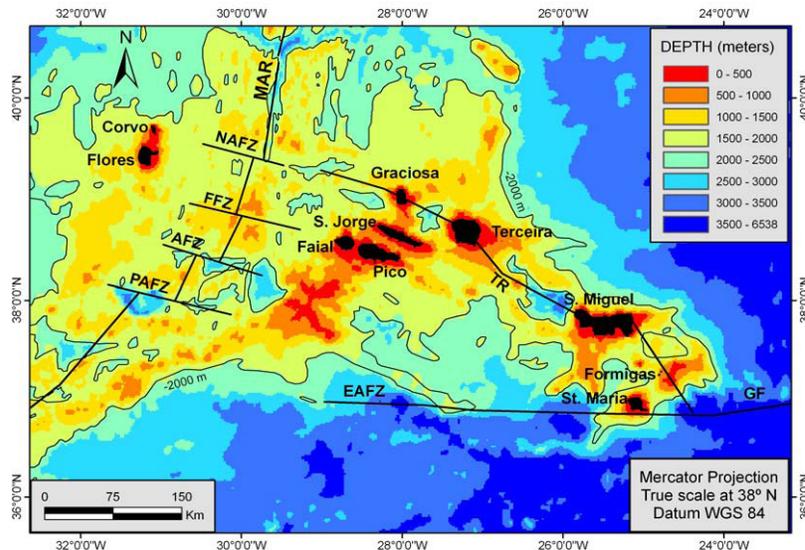


Figura 1 - Arquipélago dos Açores: Grupo Ocidental, ilhas Flores e Corvo, Grupo Central, ilhas Faial, Pico, São Jorge, Terceira e Graciosa e as ilhas de São Miguel e Santa Maria que constituem o Grupo Oriental.

O arquipélago dos Açores está localizado na zona de anticiclones subtropicais do hemisfério norte sob influência direta do Anticiclone Açores. Durante o período de setembro a março, a frente polar migra para sul e as ilhas são afetadas pelo sistema de baixa pressão responsável por tempestades e ventos fortes. O pico das velocidades do vento ocorre entre janeiro e março e está relacionado com o maior gradiente horizontal da pressão atmosférica no Atlântico Norte. Também neste período concentra-se 3/4 da precipitação anual (Ferreira, 1981; Santos et al., 2004). Esta varia de 800 mm a 2200 mm (Bettencourt, 1979) e é controlada pela topografia, onde a precipitação de 20 a 25% é maior nos taludes norte do que nos taludes sul, chuvoso nas altas altitudes e seco nas áreas costeiras. Um dos principais processos responsáveis pela precipitação nas ilhas é a ascensão do ar úmido sobre o terreno insular. Em baixas altitudes as ilhas são caracterizadas por um clima oceânico temperado e seco, diferente das áreas altas onde o clima é oceânico frio com aumento da precipitação e queda da temperatura.

Fontes et al. (2004) utilizaram modelamento e medidas diretas para obter valores de *runoff* e erosão nas áreas de campo de pasto, cobertura predominante dos solos cultivados dos Açores. Os resultados mostram que sob o pasto o *runoff* é < 1% da chuva total, mas aumenta fortemente para próximo a 20% da chuva quando o solo está arado e sem a proteção da vegetação. Os solos, principalmente Andisolos, são formados por cinzas vulcânicas ou outros produtos ejetados (Madruga et al., 2001).

As ilhas Faial e Pico definem um lineamento topográfico que se estende por 100 km com direção WNW-ESSE (Figura 2). Para leste, este lineamento muda a direção para NW-SE como uma crista vulcânica submarina com aproximadamente 83 km de comprimento e 9,6 km de largura ao longo da ilha do Pico (Stretch et al., 2006). Esta crista parece ser predominantemente formada a partir de erupções ao longo das fissuras ao longo do eixo da crista (Stretch et al., 2006). Ambas as ilhas elevam-se de uma profundidade de 1200-1600 m e

se estendem por uma área de aproximadamente  $2000 \text{ km}^2$ , onde a parte insular corresponde a  $660 \text{ km}^2$  (superfície da ilha do Pico em torno de  $480 \text{ km}^2$  e da ilha do Faial é de  $180 \text{ km}^2$ ).

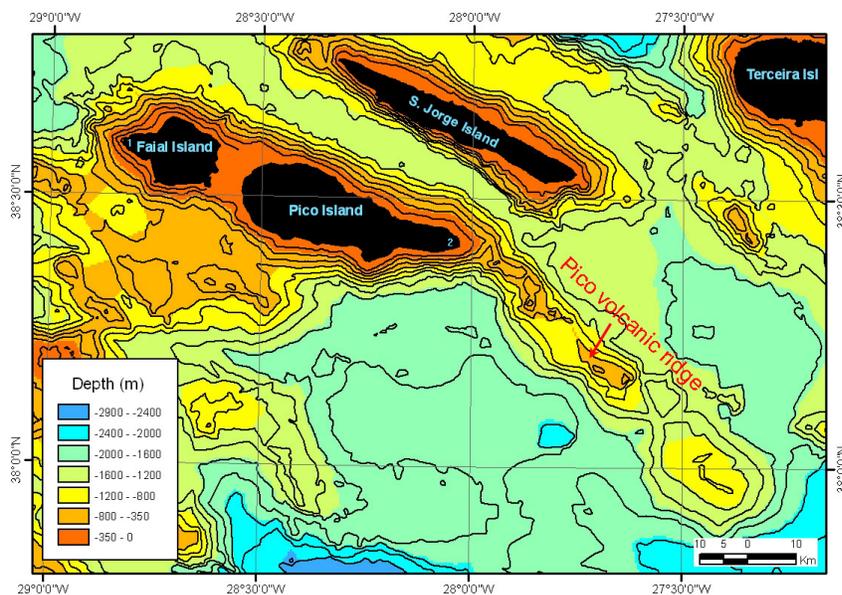


Figura 2 – Lineamento topográfico Faial-Pico e crista vulcânica submarina do Pico. 1. Capelinhos; 2. Ponta da Ilha. As curvas batimétricas estão espaçadas de 200 m.

## 2. Metodologia de Trabalho

Foram utilizadas imagens do sensor ETM+, Landsat 7 e dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) no reconhecimento dos diversos estágios da construção da Ilha do Faial e suas características geomorfológicas.

Os dados SRTM foram processados conforme método de Valeriano, (2004), atingindo o pixel de 30 metros e ajustados para uma janela idêntica à janela da imagem Landsat TM.

Nas 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 dados foram registrados ao mesmo sistema cartográfico. Processamentos de realce, como a manipulação do contraste nos níveis de cinza para geração de composições coloridas e a aplicação de filtros direcionais para realce das feições lineares foram aplicados à imagem.

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.

Os resultados obtidos foram posteriormente avaliados por trabalhos de campo, onde os diferentes estágios vulcânicos da ilha foram amostrados para estudos petrográficos e geoquímicos.

## 3. Resultados e Discussão - Geomorfologia da Ilha do Faial

A ilha do Faial tem a forma aproximadamente pentagonal, alongada na direção WNW-ESE com comprimento máximo de 21 km e largura de 14 km. Neste trabalho a ilha foi dividida em 5 diferentes regiões fisiográficas (Fig. 3) caracterizadas pelos diversos substratos geológicos, distintas feições geomorfológicas e diferentes usos do solo: 1-Complexo

Ribeirinha, 2-Graben Pedro Miguel, 3-Plataforma da Horta, 4-Vulcão Central e 5-Península do Capelo.

O Complexo Ribeirinha, localizado na porção nordeste da ilha, representa parte de um escudo vulcânico preservado e constitui a unidade mais antiga da ilha (750-580 Ka; Féraud et al., 1980, Lima et al. 2010). São vulcanitos básicos do tipo pahoehoe e a'a' de composição hawaiítica (basaltos alcalinos sódicos). A análise do modelo digital de elevação obtido pelo sensor SRTM, transformado em imagem de sombreamento com iluminação à 45° NW, permite identificar as características morfológicas deste compartimento (Fig.3). Verificam-se altitudes de até 600m que destaca, possivelmente, a posição do vulcão Ribeirinha que foi colapsado por falhamentos WNW-ESE (Fig 4). Os limites norte e sul deste compartimento são definidos por falésias cujas declividades são de 40° a 71° e altitudes de até 200m.

No Graben Pedro Miguel, localizado na porção leste da ilha, observa-se espelhos de falha de direção WNW-ESE com declividades de 22° a 68° e rejeitos de altitudes da ordem de 100 metros, alternados por planícies suavizadas com declividades entre 0° a 14° (Fig 4). O Graben Pedro Miguel é constituído por hawaiitos e mugaritos, além de piroclásticas traquíticas provenientes do vulcão central. A área é apropriada para o uso intenso do solo, para pecuária e nas pequenas praias a leste constata-se a presença de pequenos aglomerados urbanos.

A Plataforma da Horta - SE da ilha – localização do principal núcleo urbano. Neste compartimento, os terrenos são relativamente planos, declividades até 7° e altitude até 200m, (Fig 4) e constitui uma etapa vulcânica fissural onde dominam lavas do tipo pahoehoe. Declives suaves dessas encostas favorecem a atividade agrícola. Algumas elevações de até 300m com altas declividades constituem restos de pequenos condutos vulcânicos. .

O Vulcão Central, referido como Complexo Vulcânico Cedros destaca-se na ilha atingindo altitude de 1043m. Tem um diâmetro ao nível do mar de 15 km e em sua parte superior, a cratera atinge aproximadamente 2 km de diâmetro. Nesta, a declividade das paredes é de 40°-68° e piso plano 0.3°-8° (Fig 4). Altitude da borda varia de 900 a 1100m e seu piso 600m. Na primeira etapa de construção deste complexo dominam rochas básicas a intermediárias efusivas que são sucedidas por períodos explosivos de composição traquítica. (Madeira, 1998). No interior da cratera ocorre um domo traquítico na cota de 700m. Composicionalmente a unidade inferior é composta principalmente por hawaiitos e, subordinadamente, mugaritos e benmoreitos. A unidade superior corresponde a uma seqüência holocênica onde dominam depósitos piroclásticos traquíticos do tipo fluxo, *surge* e *lahars*, com espessuras de até 100m na porção norte da Caldera. A drenagem, nesta formação, se desenvolve pela erosão dos depósitos piroclásticos superficiais, formando um padrão de drenagem radial e/ou plano paralelo condicionado ao ângulo do talude (Fig 6). Na maior parte do ano é efêmera e finalizam-se em vales suspensos no litoral escarpado. Em alguns locais, estão condicionados a um controle tectônico.

A zona litorânea é constituída principalmente por penhascos e pequenas praias com acúmulo de material arenoso de origem vulcânica. São também comuns, no litoral, as plataformas de lava solidificada pela interação com a água do oceano formando plataformas denominadas “fajãs”.

### Ilha do Faial – Portugal

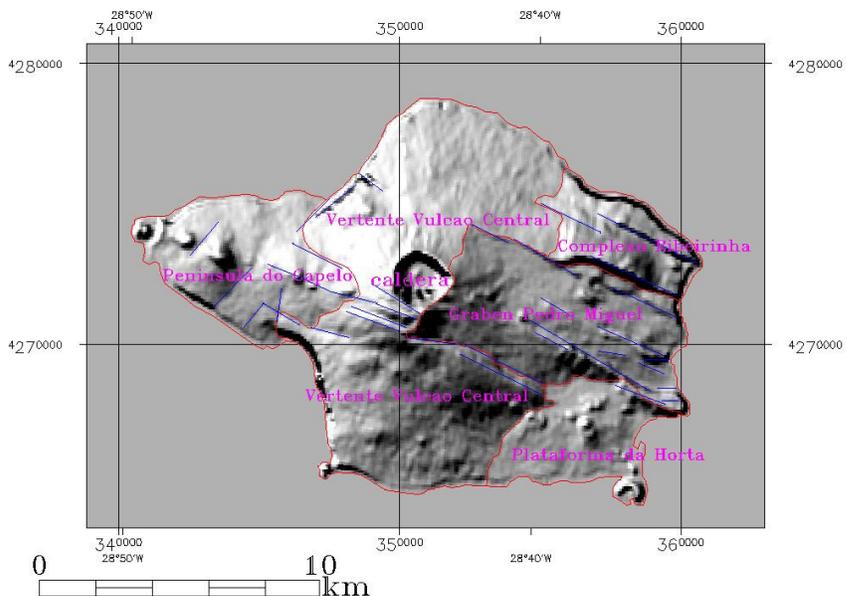


Figura 3 - Modelo digital de elevação obtido pelo sensor SRTM, transformado em imagem de sombreamento com iluminação a 45° NW.

### Ilha Faial – Arquipilago Agores Portugal

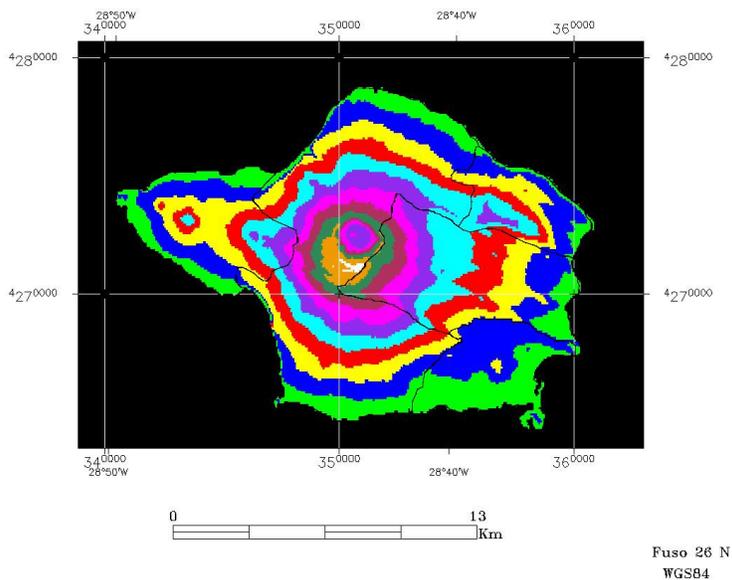


Figura 4 - Modelo digital de elevação (sensor SRTM) - imagem classificada pela altimetria (Classes 1m-100m: verde; 101m-200m: azul; 201m-300m: amarelo; 301m-400m: vermelho; 401m-500m: ciano; 501m-600m: púrpura; 601m-700m: magenta; 701m-800m: marrom; 801m-900m: verde água; 901m-1000m: laranja; 1001m-1100m: branco).

### Ilha do Faial – Arquipilago dos Agores Portugal

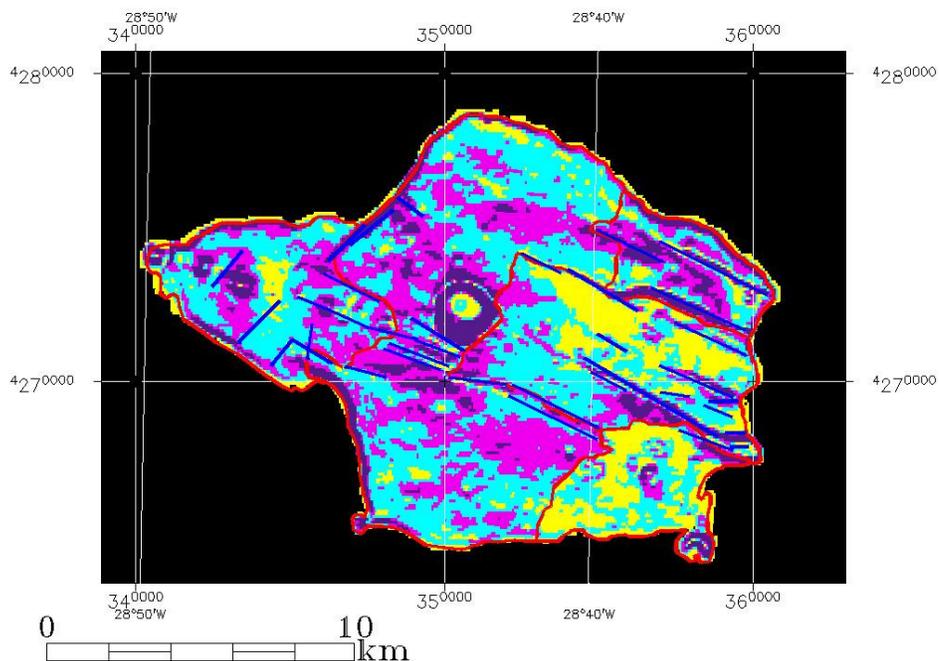


Figura 5 - Modelo digital de elevação (sensor SRTM) - imagem classificada pela declividade (Classes - plano: preto; 0<sup>o</sup> - 7<sup>o</sup> amarelo; 7<sup>o</sup> - 14<sup>o</sup> ciano; 14<sup>o</sup> - 22<sup>o</sup> magenta; 22<sup>o</sup> - 68<sup>o</sup> púrpura).

A Península do Capelo, porção oeste da ilha, é formada por cones vulcânicos alinhados na direção NW-SE formando um divisor de águas associado às maiores declividades. Os fluxos de lava ampliaram a área do Faial principalmente nas direções norte e sul. As altitudes são inferiores a 600m e a última atividade vulcânica ocorreu entre 1957-1958 (Vulcão Capelinos, Carmona 2007).

#### Ilha do Faial – Hidrografia

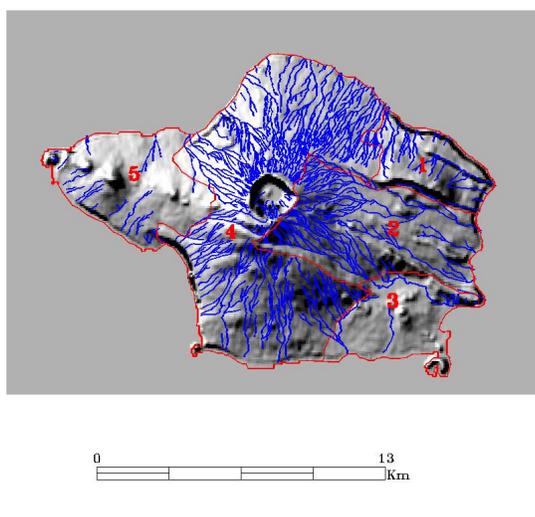


Figura 6- Padrão de drenagem da Ilha do Faial.

A figura 7 representa o arcabouço geológico da Ilha do Faial e reflete a forte vinculação dos compartimentos geomorfológicos, com os diversos substratos rochosos que se sucederam ao longo da construção desta ilha. As cicatrizes dos movimentos tectônicos de direção NW revelam trends regionais como revelados na Fig.2.

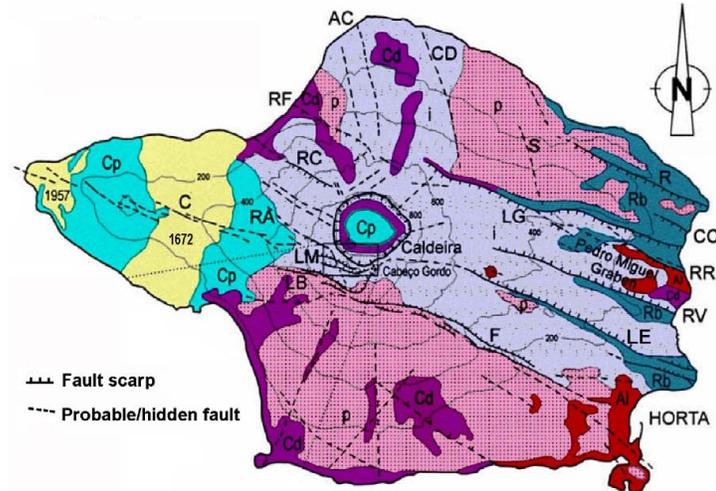


Figura 7 – Mapa Geológico da Ilha do Faial (Madeira, 1998; Madeira e Brum da Silveira, 2003). Unidades vulcano estratigráficas: Rb – Complexo Vulcânico Ribeirinha; Cd – Complexo Vulcânico Cedros; Al – Formação Almojarife; p – Depósitos de queda de púmices, depósitos ondulados (surge), brechas vulcânicas (freáticas e freáticas magmática) da Formação Caldeira; i – Ignimbritos, depósitos de queda e lahares da Formação Caldeira; Cp – Complexo Vulcânico Capelo, incluindo as erupções de 1672 e 1957. Falhas: R - Ribeirinha; CC - Chã da Cruz; LG - Lomba Grande; RR - Ribeira do Rato; RV - Rocha Vermelha; E - Espalamaca; F - Flamengos; LB - Lomba de Baixo; LM - Lomba do Meio; RA - Ribeira do Adão; C - Capelo; RC - Ribeira das Cabras; RF - Ribeira Funda; AC - Água-Cutelo; CD - Cedros; S - Salão.

#### 4. Conclusões

Os dados das imagens multiespectrais e os altimétricos, aliados a levantamentos de campo e informações geológicas básicas (petrografia, geoquímica e estratigrafia) permitiram a visualização sinótica da ilha do Faial. Todas as etapas de evolução geológica da ilha foram identificadas o que permitiu estabelecer inter relações entre a geologia, a geomorfologia, as atividades econômicas e a ocupação da Ilha do Faial. A integração destes dados, seu manejo ambiental e o estabelecimento das principais características dos materiais vulcânicos, constituem desta forma, um importante acervo para pesquisa de projetos que envolvam o uso destes vulcanitos.

#### Referências

- Bettencourt, M. L. O clima dos Açores como recurso natural, especialmente em agricultura e indústria de turismo. In: Bettencourt, M. L. (Ed.). *O clima de Portugal*, Lisboa, 1979, 103 pp.
- Borges, P. *Ambientes litorais nos Grupos Central e Oriental do arquipélago dos Açores*. Tese de Doutorado, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 413 pp. 2003.
- Carvalho, F. 2002. Apuramentos climatológicos mensais em Açores central no período 1989-2002, Instituto de Meteorologia, Lisboa.
- Carvalho, F. 2003. Elementos do clima de agitação marítima no grupo central dos Açores, Instituto de Meteorologia, Lisboa.
- Davis, J.R.A. and Hayes, M.O. 1984. What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*, 60: 313.

- Instituto Hidrográfico (Ed), 2000. *Arquipélago dos Açores*, 2nd edn, *Roteiro da Costa de Portugal* Instituto Hidrográfico, Lisboa.
- Ferreira, D.B. 1981. Les mécanismes des pluies et les types de temps de saisons fraiches aux Açores. *Finisterra*, 16: 15-61.
- Feraud, G., Kaneoka, I. and Allègre, C.J. 1980. K-Ar ages and stress pattern in the Azores: geodynamic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, 46: 275-286.
- Fontes, J.C., Pereira, L.S. and Smith, R.E. 2004. Runoff and erosion in volcanic soils of Azores: simulation with OPUS. *Catena*, 56: 199-212.
- Lima, Evandro Fernandes; Machado, Adriane; NARDI, Lauro Valentim Stoll; Saldanha, Dejanira Luderitz ; Azevedo, Jose Manuel Martins; SOMMER, Carlos Augusto; Waichel, Breno Leitão; Chemale, Farid ; de Almeida, Delia del Pilar Montecinos. Geochemical evidence concerning sources and petrologic evolution of Faial Island, Central Azores. *International Geology Review*, p. 1-25, 2010.
- 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.
- Madruça, J., Pinheiro, J. and Madeira, M. 2001. Pedologia. In: *Plano Regional da Água* (Ed Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos/Secretaria Regional do Ambiente), pp. 1-75. Departamento de Ciências Agrárias/Universidade dos Açores.
- Santos, F.D., Valente, M.A., Miranda, P.M.A., Aguiar, A., Azevedo, E.B., Tomé, A.R. and Coelho, F. 2004. Climate change scenarios in the Azores and Madeira Islands. *World Resource Review*, 16: 473-491.
- Stretch, R.C., Mitchell, N.C. and Portaro, R.A. 2006. A morphometric analysis of the submarine volcanic ridge south-east of Pico Island, Azores. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 156: 35-54.
- 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