

4. DADOS AEROGEOFÍSICOS

Os dados aerogeofísicos utilizados no presente trabalho foram gerados pelo projeto SÃO PAULO-RIO DE JANEIRO (trecho Rio de Janeiro) da CPRM (código 1038 - CPRM 1988). Este aerolevantamento foi realizado no ano de 1978, com linhas de produção com direção norte-sul e espaçamento de 1 km. O intervalo de amostragem dentro da linha foi de 100 m e as linhas de controle, com direção oeste-leste, foram voadas em intervalos de 10 km. Os dados radiométricos foram coletados com o equipamento Exploranium DIGRS-3001 com volume dos cristais detectores (cristais de iodeto de sódio ativado por tálio) de 1.024 polegadas cúbicas. Os dados magnéticos foram coletados com o magnetômetro de precessão de prótons Geometrics G-803 com o stinger (sensor) colocado na cauda dos aviões. Os dados aéreos foram inicialmente processados pela CPRM (CPRM, 1978). Ao longo deste trabalho estes dados foram reprocessados seguindo a estratégia proposta por Menezes et al. (2006), sendo limitados em função da área de estudo (Figura 11), onde 18 linhas de voo cruzaram o Pluton Conselheiro Paulino.

Como resultado, foi obtida a gridagem em células com 250 metros, de diversos temas geofísicos: anomalia de Intensidade Magnética Total (TMI – Figura 12.a), Sinal Analítico (AS) da anomalia TMI (Figura 12.b), Potássio (Figura 12.c), Tório (Figura 12.d), Urânio (Figura 12.e) e Ternário (Figura 12.f).

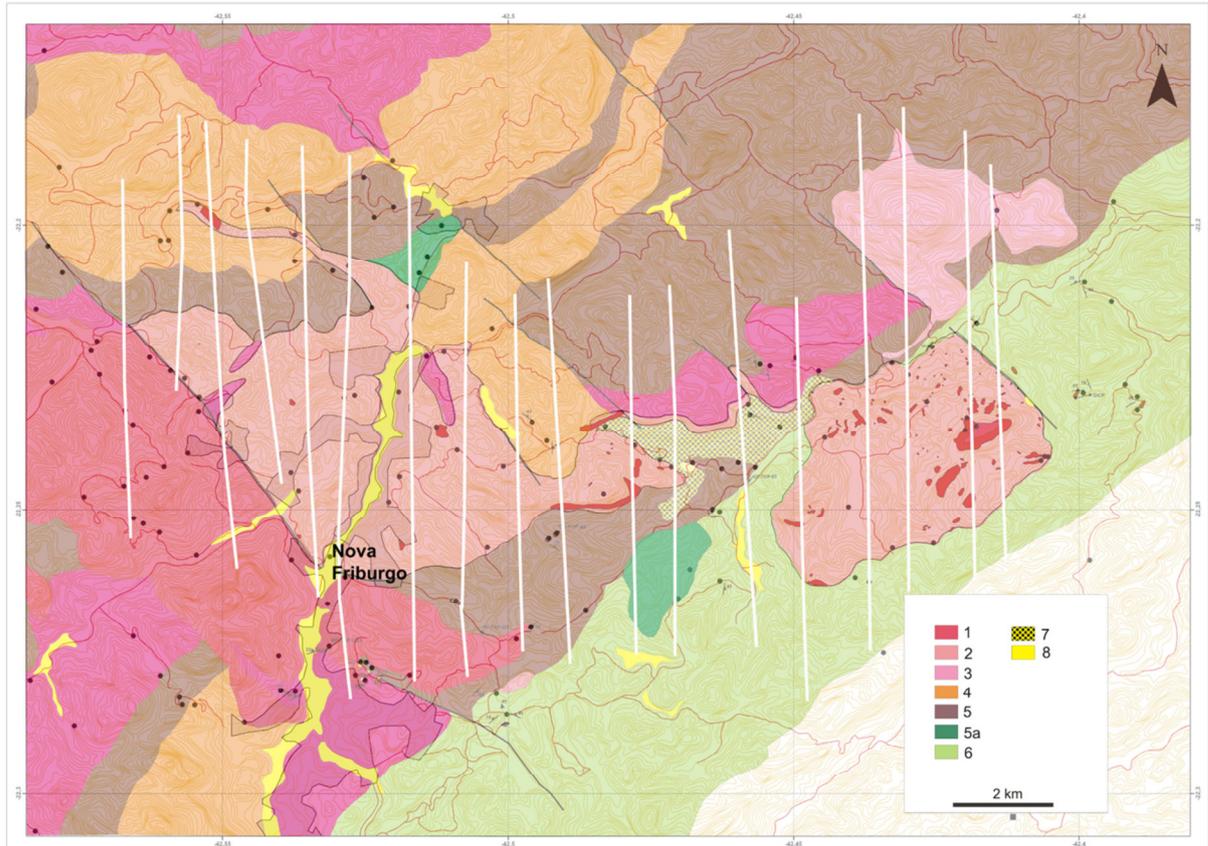


Figura 11: Linhas de voo, indicadas no mapa por linhas brancas, que cruzaram os limites do Pluton Conselheiro Paulino. Mapa geológico do Pluton Conselheiro Paulino. Geologia das rochas encaixantes de Tupinambá (2011) e Geraldes (2011). Plutons graníticos pós-colisionais: 1, Nova Friburgo; 2, Conselheiro Paulino; 3, São José do Ribeirão. 4, Suíte Serra dos Órgãos; 5, Complexo Rio Negro, 5a, gabro; 6, Suíte Imbé; 7, Depósitos gravitacionais (talus); 8, Planícies aluviais. Pontos pretos: pontos de campo. Polígonos de cor vermelha dentro de contatos geológicos representam áreas de afloramentos ou campos de blocos e matações.

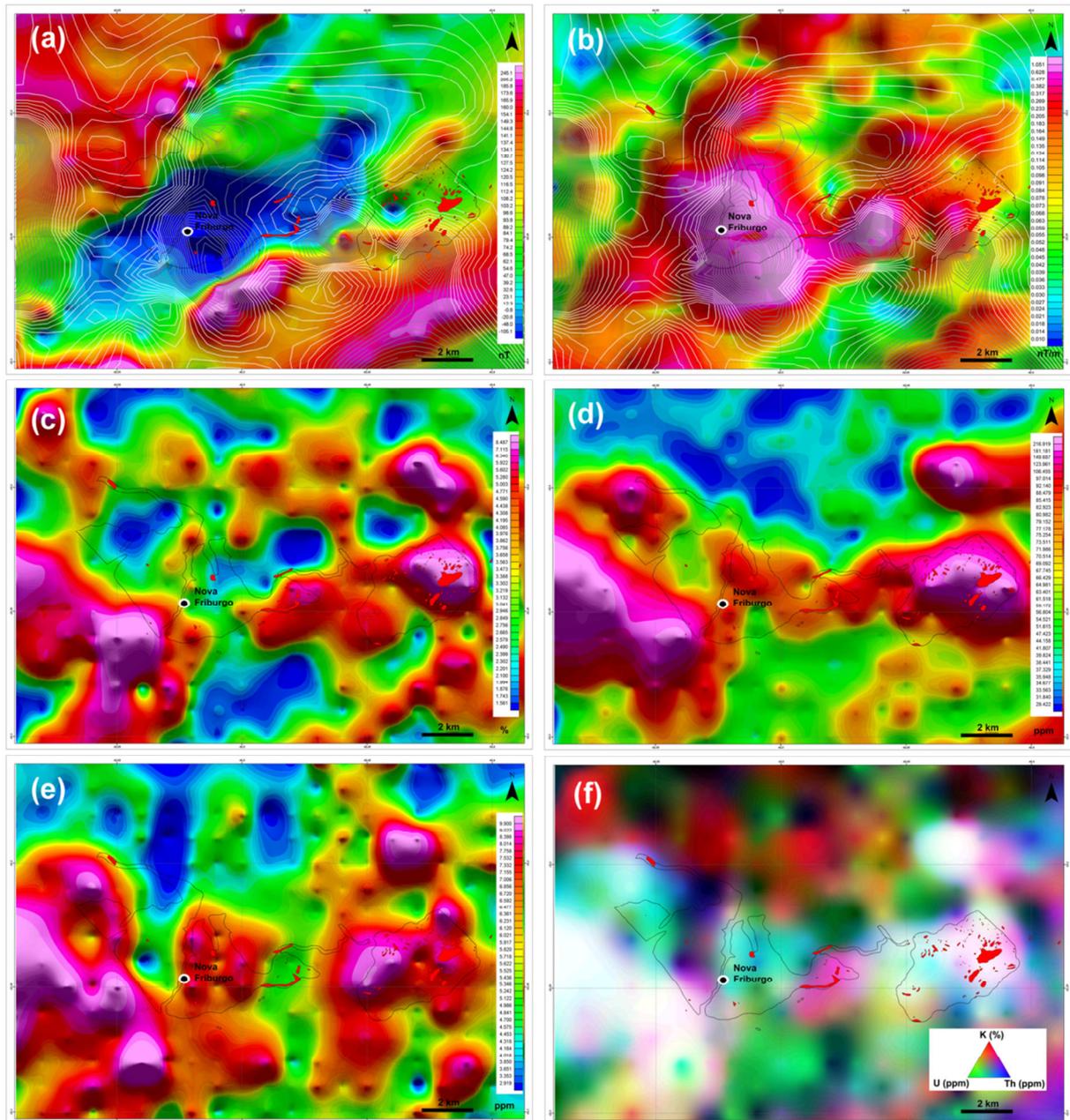


Figura 12 – Mapas geofísicos do Pluton Conselheiro Paulino e rochas encaixantes. a) Mapa de anomalia de campo de Intensidade Total Magnética; b) Sinal Analítico do mapa de anomalia TMI superposto à grigadem dos valores de susceptibilidade magnética medidas em campo. Contornos cinza: valores de susceptibilidade associados a porções microgranodioríticas do Pluton Conselheiro Paulino; contornos brancos: valores de susceptibilidade associados a facies micrograníticas do pluton. c) mapa do canal Potássio; d) Mapa do canal Tório; e) Mapa do canal Urânio; f) Mapa Ternário. Pluton Conselheiro Paulino representado como linha preta contínua. Polígonos vermelhos: afloramentos.

4.1 Interpretação das anomalias magnéticas

A anomalia TMI da área estudada é definida por uma grande variação magnética SW-NE de baixo valor (até -105 nT) associada ao Pluton Conselheiro Paulino. Observam-se suaves anomalias de variação SE-NW. Essas anomalias estão associadas ao *trend* de falhas na área.

Com o objetivo de fornecer uma melhor correlação dos dados areomagnéticos com as unidades geológicas, foi realizado um trabalho de campo a fim de coletar amostras de rochas e de afloramentos, tanto em granitos quanto em rochas encaixantes para medições de susceptibilidade magnética com o susceptibilímetro MS2. A susceptibilidade magnética (κ) é definida como a razão entre a intensidade de magnetização (I em amperes por metro) e o campo magnético (H em amperes por metro) e é expressa por:

$$\kappa = I / H.$$

Quando κ é positivo, o corpo rochoso é chamado paramagnético. Quando κ é igual a zero, é chamado de não-magnético. Se κ for negativo, a rocha é denominada diamagnética. No Sistema Internacional, I e H possuem as mesmas unidades. Consequentemente, a susceptibilidade magnética é adimensional.

Foram coletadas amostras de rochas em 145 afloramentos a fim de fornecer uma amostragem relativamente homogênea do granito Conselheiro Paulino e das unidades geológicas ao redor. Em cada amostra foram feitas 10 medidas de susceptibilidade e calculada a média e o desvio padrão associado de cada ponto (Apêndice C).

Os valores de susceptibilidade foram divididos em três intervalos de susceptibilidade associados a unidades geológicas. O granito Conselheiro Paulino normalmente demonstra altos valores de susceptibilidade. É interessante notar que há uma forte relação entre a susceptibilidade magnética e a composição bimodal do Pluton Conselheiro Paulino, que possui facies micrograníticas e microgranodioríticas. Nas facies micrograníticas, a susceptibilidade varia de 7 a 2.000. As facies microgranodioríticas são fortemente magnetizadas com susceptibilidade variando de 1.200 a 8.000. Nas rochas encaixantes os valores de susceptibilidade magnética são baixos, geralmente de 5 a 300. O contraste de

susceptibilidade explica a grande anomalia TMI associada com o Pluton Conselheiro Paulino (Figura 12.a).

O sinal analítico é baseado no uso de gradientes (derivadas) verticais e horizontais das anomalias, estabelecendo uma correlação entre as fontes magnéticas e suas anomalias associadas (ROEST et al., 1992). Conseqüentemente, é principalmente utilizado para fornecer a localização e a delimitação dos limites dos corpos magnéticos (MENEZES E GARCIA, 2007).

Foi aplicado o método de sinal analítico nos dados TMI da Figura 12.a. O resultado é mostrado na Figura 12.b. As fortes anomalias AS com direção SW-NE, consistentes com a estrutura geológica da região, estão em concordância com os resultados obtidos nas medidas de susceptibilidade de rochas, claramente correlacionadas no Pluton Conselheiro Paulino. A fim de tornar mais clara esta correlação, os valores de susceptibilidade magnética foram gridados e superpostos aos contornos do mapa do sinal analítico na Figura 12.b. Os contornos cinza representam o intervalo superior da variação de susceptibilidade (de 1.200 a 8.000) e estão relacionados a facies microgranodioríticas do Pluton Conselheiro Paulino. Estes contornos cinza coincidem com as anomalias AS mais altas ($> 0,7$ nT/m) na Figura 12.b. As facies micrograníticas do pluton, com susceptibilidade com variação de 7 a 2.000, estão associadas com anomalias AS com variação de 0,1 a 0,6 nT/m (Figura 12.b).

4.2 Anomalias Radiométricas

As anomalias aeroradiométricas de Potássio (Figura 12.c), Tório (Figura 12.d), Urânio (Figura 12.e), e imagem Ternária (Figura 12.f) foram usadas para auxiliar no mapeamento geológico da área estudada. A integração entre as imagens de alta resolução do satélite IKONOS II e os trabalhos de campo permitiu correlacionar as anomalias aéreas com os diferentes tipos de rocha dentro da área estudada. As anomalias resultantes são causadas por uma representação diferente do material granítico na superfície. Uma característica comum de todos os mapas são as anomalias com uma leve orientação SE-NW que se relacionam com o principal padrão de falha na área.

É possível observar no mapa de Potássio (Figura 12.c) que o Pluton Conselheiro Paulino possui três principais respostas radiométricas: na porção leste,

com grande concentração de afloramentos, apresenta os maiores valores de potássio, entre 6 e 10%; na porção central com menos afloramentos, paredões subverticais ou depósitos de talus, as anomalias de potássio são menores, no intervalo de 3 a 6%; a porção oeste onde os afloramentos de granito são escassos e a área é coberta por uma espessa camada de solo residual (eluvial), os valores mais baixos de potássio são observados (abaixo de 3%). Nos mapas de Tório e Urânio (Figs. 12.d e 12.e), o mesmo comportamento é observado, os maiores valores estão associados a áreas com grande número de afloramentos enquanto os valores mais baixos estão na porção oeste do Pluton Conselheiro Paulino.

Devido ao intenso intemperismo tropical, espera-se alguma redução dos valores de radio-elementos nos solos quando comparados a rochas sãs. Santos et al. (2008) publicaram um detalhado estudo em uma área próxima comparando os valores radiométricos de rochas e seus solos derivados e encontraram uma diferença de 20% entre eles, muito menor do que a diferença aqui observada (70% de decréscimo). Esta grande diferença pode ser interpretada como a existência de diferentes facies dentro do Pluton Conselheiro Paulino. Isto está de acordo com as facies microgranodioríticas e micrograníticas propostas e também com os resultados de susceptibilidade. Estas duas facies possuem diferentes respostas radiométricas e magnéticas.

Outros dois maciços de granito apresentam assinaturas distintas nos mapas radiométricos, especialmente no mapa Ternário (Figura 12.f), onde esses granitos são caracterizados pela coloração branca: o granito Nova Friburgo, na porção oeste da área; e o granito porfirítico São José do Ribeirão, na porção nordeste da área.

5. CONCLUSÃO

A integração de sensoriamento remoto e de métodos geofísicos pode contribuir para um mapeamento geológico detalhado em áreas com poucos afloramentos, ocupação urbana ou vegetação densas e topografia íngreme. No presente dissertação foi aplicada uma metodologia baseada na integração de dados regionais geológicos e aerogeofísicos existentes com mapeamento geológico de campo com base em imagens de satélite de alta resolução a fim de produzir um mapa geológico detalhado do Pluton Conselheiro Paulino.

A abordagem proposta permitiu a visualização de afloramentos e blocos em áreas com ocupação urbana ou escassez de vegetação, o que auxiliou o mapeamento de campo e também a correlação entre os tipos de rochas e suas respostas magnéticas e radiométricas. O Sinal Analítico de anomalias de Intensidade Total Magnética (TMI) mostrou uma forte correlação positiva com os dados de susceptibilidade da amostra. Isto permitiu mapear as duas facies plutônicas dentro do Pluton Conselheiro Paulino: a primeira, magnetizada intensamente associada a facies microgranodioríticas, e a segunda, com valores mais baixos de susceptibilidade associada a facies micrograníticas. Os dados radiométricos corroboram a interpretação com facies microgranodioríticas apresentando valores de radio-elementos mais baixos do que as facies micrograníticas, aproximadamente 70% a menos. Esta grande diferença não pode ser explicada somente por lixiviação dos radio-elementos devido ao intemperismo, como apontado em estudo anterior em área próxima. As facies micrograníticas são altamente susceptíveis ao intemperismo com alguns afloramentos e estão frequentemente cobertas por uma espessa cobertura de solo residual (eluvial).

Na grande enchente de janeiro de 2011, todos os escorregamentos registrados ocorreram em áreas de facies microgranodioríticas. Conseqüentemente, concluí-se que o fator geológico é um importante fator de risco na ocorrência de deslizamentos e deve ser levado em consideração pelo governo local em futura política de uso do solo. Espera-se que o mapeamento geológico aqui apresentado possa ser utilizado como informação base para mapas de uso do solo mais especializados.

REFERÊNCIAS

- AUKEN, B.V. Hundreds dead in Brazilian flooding. *World Socialist Web Site*. Disponível em: <<http://www.wsws.org/articles/2011/jan2011/braz-j15.shtml>>. Acesso em: 16 jan. 2011.
- BARBOSA, A.L.M., GROSSI SAD, J.H. 1985. Batólito granítico da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Contribuições à Geologia e à Petrologia*. Minas Gerais, p. 49-61,1985.
- BAPTISTA FILHO, J., SILVA, F.J. O Granito da Região de Frades, município de Teresópolis (RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. *Anais...*, Recife: editor, 1978. v 3 p. 11830-1195.
- CHAVES, A.O., NEVES, J.M.C. 2005. Radiometric ages, aeromagnetic expression, and general geology of mafic dykes from southeastern Brazil and implications for African-South American correlations. *Journal of South American Earth Sciences*. v 19 p. 387-397.
- FERRASSOLI, M.A. 2006. *Geologia do Maciço Granítico dos Frades, Parque Estadual dos Três Picos, Nova Friburgo - Teresópolis, (RJ)*. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- GERALDES, M.C. 2011. *Mapa Geológico da Folha Casemiro de Abreu SF-23-Z-B-III*. Rio de Janeiro: CPRM/UERJ, 2011. Escala 1:100.000. No prelo.
- GROSSI SAD, J.H., BARBOSA, L.M., PINTO, C.P., SERPA, J.C., DUTRA, J.E.B., HETTICH, M., ANDRADE, N.F. 1980. *Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo*. Rio de Janeiro, Departamento de Recursos Minerais. v.1, 316 p. Relatório final
- GROSSI SAD, J.H., BARBOSA, A.L., ANDRADE, N.T. 1982a. *Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha Duas Barras SF.23-Z-B-II-2 escala 1:50.000*. Niterói, Departamento de Recursos Minerais.
- GROSSI SAD, J.H., BARBOSA, A.L., HETTICH, M. 1982b. *Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II-4 escala 1:50.000*. Niterói, Departamento de Recursos Minerais.
- GUNN, P.J., MAIDMENT, D., MILLIGAN, P. 1995. Interpreting aeromagnetic data in areas of limited outcrop: an example from the Arunta Block, Northern territory. *Exploration Geophysics*. v 26 p. 227-232.
- HEIBRON, M., MACHADO, N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira belt (SE Brazil). *Precambrian Research*. v 125 p. 87-112.

HEILBRON, M., MOHRIAK, W., VALERIANO, C.M., MILANI, E., ALMEIDA, J.C.H., TUPINAMBÁ, M. From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental Margin of Brazil. IN: Talwani, Manik; Mohriak, Webster (Ed.) *Atlantic Rifts and Continental Margins*, Washington: America Geophysical Union, 2000. p. 1-34. (Geophysical Monograph Series, v. 115).

HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A.C., CAMPOS NETO, M., SILVA, L.C., TROUW, R. A J., JANASI, VC. 2004. Brasiliano Belts in SE Brazil. *Journal of Virtual Explorer*. v 17 p. 4.

HEILBRON, M., VALERIANO C. M., TASSINARI, C.C.G., ALMEIDA, J.C.H., TUPINAMBÁ, M., SIGA Jr. O., TROUW, R.J.A. 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In Pankhurst, R.J et al. (Ed.). *West Gondwana Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. London: The Geological Society of London, 2008. v. 294. p. 211-237.

JQUES, A.L., WELLMAN, P., WHITAKER, A., WYBORN, W. 1997. High resolution geophysics in modern geological mapping. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*. v 17 p. 159-173.

JUNO, M.C.B. 1990. *Contribuição à petrologia dos maciços graníticos de Pedra Branca, Nova Friburgo e Frades, RJ*. 1990. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.

MATOS, G.M.M., FERRARI, P.G., CAVALCANTE, J.C. 1980. *Projeto Faixa Calcária Cordeiro-Cantagalo*. Belo Horizonte, Serviço Geológico do Brasil. v. 1. Relatório final.

MENDES, J.C., JUNO, M.B., GHIZI, A. 2002. Geology and geochemistry of granitic and dioritic rocks of the São José do Ribeirão intrusive massif, mountain region of Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Universidade Rural*. Rio de Janeiro, v. 21 p. 1-11, 2002.

MENEZES, P.d.T.L., ROIG, H.L., SILVA, G.B., MANE; M.A. 2006. Prospecção Mineral no Grupo Paranoá: reprocessamento de dados aerogamaespectrométricos e interpretação integrada a imagens TM-Landsat 5. *Revista Brasileira de Geofísica*. Rio de Janeiro, v. 24 p. 343-355, 2006.

MENEZES, P.T.L., GARCIA, M.D.M. 2007. Kimberlite exploration at Serra da Canastra province, Brazil. *Geophysics*, v. 72 p. M1-M5, 2007.

PACHECO, B.T. 2010. *Caracterização petrográfica e geoquímica das rochas do Corpo Conselheiro Paulino (Suíte Nova Friburgo) na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

ROEST, W.R., VERHOEF, J., PILKINGTON, M. 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, v. 57 p. 116-125, 1992.

ROSIER, G.F. 1957. *A geologia da Serra do Mar, entre os picos de Maria Comprida e do Desengano (Estado do Rio de Janeiro)*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral. 166 p. Boletim

ROSIER, G.F. 1965. *Pesquisas geológicas na parte oriental do Estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha do Estado de Minas Gerais, Brasil*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral. 222 p. Boletim

SANTOS, A.C.L.d., MENEZES, P.d.T.L., NASCIMENTO, C.T. C. 2008. Gamaespectrometria aplicada em solo agrícola no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geofísica*. v 26 p. 181-194.

SILVA, L.C., McNAUGHTON, N.J., HARTMANN, L.A., FLETCHER, I.R. 2003. Zircon U-Pb SHRIMP dating of the Serra dos Órgãos and Rio de Janeiro gneissic granitic suites: Implications for the (560 Ma) Brasiliano/Pan-African Collage. *Revista Brasileira de Geociências*. v 33 p. 237-244.

SILVA, L.C.da, McNAUGHTON, N.J., ARMSTRONG, R., HARTMANN, L.A., FLETCHER, I. 2005. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research*. v 136 p. 203-240.

SILVA, L. C., CUNHA, H. C. S. (Coord). 2001. *Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília, Serviço Geológico do Brasil. CD-ROM.

SUPPER, R., BARON, I., ITA, A., WINKLER, E., JOCHUM, B., MOTCHKA, K. 2010. Airborne Geophysical Survey and Innovative Landslide Monitoring at Gschliefgraben, Austria. *Near Surface Geophysics*. p. 1-5.

TUPINAMBÁ, M., 1999. *Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

TUPINAMBÁ, M. 2011. *Mapa Geológico da Folha Nova Friburgo SF-23-Z-B-II*. Rio de Janeiro: CPRM/UERJ, 2011. Escala 1:100.000. No prelo.

TUPINAMBÁ, M. 2011. *Geologia e Recursos Minerais da Folha Nova Friburgo, SF-23-Z-B-II*. Rio de Janeiro: CPRM/UERJ, 2011. Escala 1:100.000. No prelo.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M., DUARTE, B.P., NOGUEIRA, J.R.; VALLADARES, C.; ALMEIDA, J.C.H.; EIRADO-SILVA, L.G.E.; MEDEIROS, S.R.; ALMEIDA, C.G.; MIRANDA, A.; RAGATKY, C.D; MENDES, J.C.; LUDKA, I. 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da Arte e Conexões com a Faixa Araçuaí. *GEONOMOS*. Minas Gerais, v 15 p. 67-79.

TUPINAMBÁ, M., TEIXEIRA, W., HEILBRON, M. 2000. Neoproterozoic western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*. v 30 p.7-11.

TUPINAMBÁ, M., MACHADO, N., HEILBRON, M., RAGATKY, D. 2007a. Meso-neoproterozoic lithospheric extensional events in the São Francisco Craton and its surrounding south American and African metamorphic belts: a compilation of U-Pb ages. *Revista Brasileira de Geociências*. v 37 p. 87-91.

WILFORD, J.R., PAIN, C.F., DOHRENWEND, J.C., 1992. Enhancement and integration of airborne gamma-ray spectrometric and Landsat imagery for regolith mapping – Cape York Peninsula. *Exploration Geophysics*. v 23 p. 441-446.