

DADOS AEROGEOFÍSICOS E DO SENSOR ALI APLICADOS À CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO DE PARELHAS (RN) E SALGADINHO (PB), PROVÍNCIA PEGMATÍTICA DO SERIDÓ, E ESPECTRORRADIOMETRIA DE ELBAÍTAS DA REGIÃO

Rodrigo Menghini da Silva de Azevedo¹, Thais Andressa Carrino¹, Sandra de Brito Barreto¹

¹Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. da Arquitetura, s/n, 50740-550 – Recife-PE, Brasil, rodrigo.menghini94@gmail.com, thais.carrino@gmail.com, sandradebritobarreto@gmail.com

RESUMO

Este artigo objetivou a caracterização da área de ocorrência dos pegmatitos Capoeira, Quintos, Bulandeira e Batalha a partir de dados aerogeofísicos e do sensor ALI/EO-1, e estudo espectrorradiométrico de elbaítas. Unidades paleo e neoproterozoicas antigas foram identificadas por presença de lineamentos magnéticos de direção E-W e NE-SW na magnetometria. O Grupo Seridó, onde estão intrudidos corpos pegmatíticos, é marcado por relevo magnético suave e variável resposta gamaespectrométrica devido à presença de quartzito, micaxisto entre outros. Corpos pegmatíticos foram identificados via composição colorida de imagem ALI, caso do alvo Capoeira. Elbaítas foram classificadas quanto aos elementos cromóforos Mn (vermelha), Fe (verde), Cu e Mn (azul-verde *neon* e verde), a partir de dados de refletância coletados em laboratório.

Palavras-chave — ALI, Grupo Seridó, refletância, magnetometria, gamaespectrometria.

ABSTRACT

This article aimed the characterization of the Capoeira, Quintos, Bulandeira and Batalha pegmatites area using airborne geophysics and ALI/EO-1 data, and the reflectance study of elbaites. Oldest paleo- and neoproterozoic units were identified based on magnetic lineaments (E-W, NE-SW direction) in the magnetometry. The Seridó Group, intruded by several pegmatite bodies, is marked by smooth magnetic relief and variable responses from gamma-ray spectrometry due to the presence of quartzite, mica schist etc. Pegmatite bodies were identified by ALI image color composite, such as the Capoeira target. Elbaites were classified based on the Mn (red), Fe (green), Cu and Mn (neon blue-green, and green) chromophore elements, using laboratory measured reflectance data.

Key words — ALI, Seridó Group, reflectance, magnetometry, gamma-ray spectrometry.

1. INTRODUÇÃO

A Província da Borborema [1] abrange uma área de 450.000 km², e consiste num sistema orogênico complexo do

Gondwana Oeste, afetado por episódios deformacionais, metamórficos e magmáticos durante o Neoproterozoico. Esta província é composta pelas subprovíncias Médio Coreá, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Transversal e Meridional, sendo estas delimitadas por lineamentos e zonas de cisalhamento [2]. Inserida na Subprovíncia Rio Grande do Norte, a Faixa Seridó constitui o cinturão metasedimentar e ediacarano, onde ocorre a Província Pegmatítica do Seridó. Os corpos pegmatíticos aí encontrados possuem pequena extensão (até 200-300 m de comprimento), com potencial econômico atrelado à exploração de caulim, Ta-Nb, turmalinas, entre outros [2].

Dados de sensoriamento remoto e aerogeofísicos, sobretudo os métodos gamaespectrométricos e magnetométricos, são relevantes no levantamento de dados geológicos devido à facilidade de geração de produtos em escalas regionais, auxiliando atividades de mapeamento geológico e exploração mineral (e.g. [3], [4]).

A partir do emprego de aerogamaespectrometria regional (espaçamento de linhas de voo de 1 km) e terrestre, [5] definiu unidades litoestratigráficas do Grupo Seridó e alvos pegmatíticos, caso dos pegmatitos Alto do Giz, Cavalo Morto e Samambaia-Aldeia (cf. Figura 1A), incluindo-se o processamento de imagem multi (ASTER) e hiperespectral (Hyperion) para realce de minerais (e.g. limonita, ilita, caulinita, lepidolita) relacionados aos pegmatitos da região. Complementando essa análise, o presente artigo objetivou a caracterização geofísica da região de Parelhas (RN) e Salgadinho (PB), abrangendo os pegmatitos Capoeira, Quintos, Bulandeira e Batalha (Figura 1A), mediante o uso de dados magnéticos e gamaespectrométricos aéreos de maior densidade de amostragem em relação àqueles utilizados por [5], além da caracterização de alvos pegmatíticos com sensor remoto multiespectral e análise de espectrorradiometria de turmalinas elbaítas.

Geologicamente, a região em apreço é marcada, no setor oeste, por embasamento gnáissico-migmatítico paleoproterozoico (Complexo Caicó), por complexos paleo e neoproterozoicos gnáissicos, no extremo sul, afetados pelo Lineamento Patos e, pelo Grupo Seridó, caracterizado pelas formações Jucurutu (e.g. gnaíse, mármore), Equador (quartzito, muscovita quartzito, conglomerado), e Seridó (micaxisto). Corpos e diques pegmatíticos do Cambriano intrudem, em sua maioria, micaxistos e quartzitos do Grupo Seridó (Figura 1A) [6].

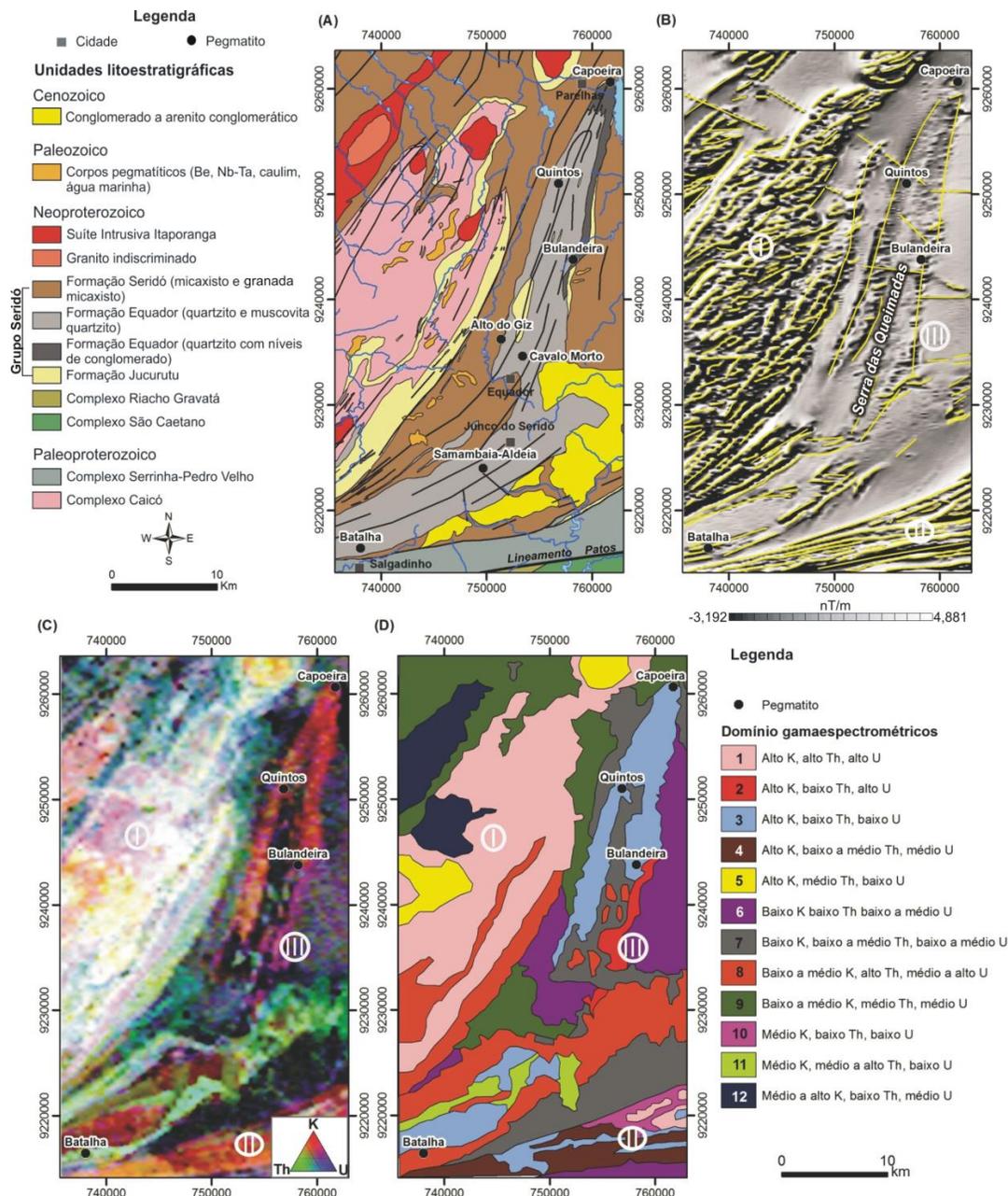


Figura 1. (A) Mapa geológico da área de estudo, modificado de [6]. Imagens da derivada vertical de primeira ordem do campo magnético anômalo (B) e da composição ternária (RGB) dos canais de K, Th e U (C), além do mapa litogeofísico (D). A área I indica setor do Complexo Caicó (Paleoproterozoico) e rochas graníticas neoproterozoicas; a área II denota a região de complexos majoritariamente gnáissicos e do Lineamento Patos; a área III indica o setor de rochas supracrustais do Grupo Seridó.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram empregados dados magnetométricos e gamaespectrométricos aéreos referentes aos projetos Pernambuco-Paraíba e Paraíba-Rio Grande do Norte, ambos da CPRM (Serviço Geológico do Brasil), adquiridos entre 2009 e 2010, e marcados por espaçamento de linhas de voo (N-S) e de controle (E-W), respectivamente, de 0,5 e 10 km. *Grids* previamente cedidos pela CPRM e com células de 125 m referentes ao campo magnético anômalo e à primeira

derivada vertical (DZ) foram usados para interpretação de estruturas magnéticas, enquanto *grids* de K, Th e U foram usados na produção de mapa de domínios litogeofísicos, com base na análise visual dos canais individuais e do mapa ternário de K, Th e U no sistema de cores RGB (*Red, Green, Blue*). Imagem do sensor ALI (*Advanced Land Imager*)/EO-1, marcada por 9 bandas espectrais na faixa VNIR-SWIR e 30 m de resolução espacial, foi empregada em composições coloridas falsa cor para realce de corpos pegmatíticos. Complementarmente, quatro amostras de elbaítas cedidas

pelo Laboratório de Gemologia (LABGEM) do Departamento de Geologia da UFPE foram analisadas com o espectroradiômetro FieldSpec-4-ASD *Standard-Resolution*, do Laboratório de Espectroscopia de Reflexão (LER) do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. As medições de refletância foram feitas em 2151 canais espectrais na faixa de 350 a 2500 nm, empregando-se sonda de contato. Fotografias das elbaítas foram obtidas com câmera digital Canon EOS1100D acoplada em microscópio gemológico *Schneider*, modelo *Stemi 2000-C*, pertencente ao LABGEM da UFPE.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1B, está mostrada a imagem da DZ. Rochas paleoproterozoicas do embasamento (Complexo Caicó) e suítes intrusivas neoproterozoicas compõem a área I e são caracterizadas por abundantes lineamentos magnéticos NE-SW e E-W no setor oeste da área. Rochas paleo e neoproterozoicas do sul da área de estudo, relacionadas com os complexos Serrinha-Pedro Velho, São Caetano e Riacho Gravata (área II), são discriminadas por meio de extensos e contínuos lineamentos NE-SW que representam a região de influência do Lineamento Patos. As rochas supracrustais do Grupo Seridó (área III) são identificadas por meio de relevo magnético suave, refletindo o baixo conteúdo magnético das rochas metassedimentares onde estão inseridos corpos pegmatíticos. Poucos lineamentos magnéticos ocorrem na área III, com destaque àqueles que definem os flancos da dobra relacionada à Serra das Queimadas (cf. [5]).

Na Figura 1C, está apresentada imagem ternária dos elementos K, Th e U (RGB), enquanto o mapa litogeofísico está mostrado na Figura 1D, totalizando doze domínios. O domínio 1 é caracterizado por altos teores de K, Th e U, e corresponde, em sua maioria, às rochas do Complexo Caicó e a porções da Suíte Intrusiva Itaporanga e do Complexo paleoproterozoico Serrinha-Pedro Velho, nos setores norte e sul da área, respectivamente. O domínio 2 é caracterizado por altos teores de K e U, e baixos de Th, e corresponde à Formação Equador. É representado na parte leste do mapa litogeofísico, apresentando alongamento na direção N-S. O domínio 3 é caracterizado por altos teores de K e baixos de Th e U, abrangendo muscovita quartzito da Formação Equador, e definindo parte da Serra das Queimadas onde se inserem os pegmatitos Capoeira, Quintos e Bulandeira (cf. Figuras 1D, 2A, B). O domínio 4 é marcado por altos teores de K, baixos a médios de Th, e médios de U e define a região sul da área, marcada por complexos gnáissicos, e delimitada, em partes, pelo Lineamento Patos. O domínio 5 é caracterizado por altos teores de K, médios de Th e baixos de U, e corresponde à Suíte Intrusiva Itaporanga e parte do Complexo Caicó. O domínio 6 é marcado por baixos teores de K e Th, e baixos a médios de U, e corresponde a partes da Formação Seridó, nos setores sudoeste, centro e leste da área de estudo. O domínio 7 é caracterizado por baixos teores de K e baixos a médios de Th e U, e abrange partes

das formações Equador (quartzitos) e Seridó, e a conglomerados a arenitos conglomeráticos. O domínio 8 é marcado por baixos a médios teores de K, altos de Th, e médios a altos de U, e compreende parte da Formação Jucurutu (ganisse, rocha calcissilicática), inserida no setor leste da área, e partes da Formação Equador (quartzitos portadores de minerais ricos em tório – e.g. torbenita –, conforme identificado por [5]), na parte sul da área onde ocorre o Pegmatito Batalha (Figura 2C). O domínio 9 é caracterizado por baixos a médios teores de K e médios de Th e U, e corresponde a porções da Formação Seridó, abrangendo, sobretudo, os setores noroeste e central da área. O domínio 10 é marcado por médios teores de K e baixos de Th e U, e abrange parte do Complexo Serrinha-Pedro Velho, no setor sul da área. O domínio 11 é caracterizado por teores médios de K, médios a altos de Th, e baixos de U, abrangendo parte da Formação Equador (quartzitos). O domínio 12 é marcado por médios a altos teores de K, baixos de Th, e médios de U, e corresponde a porções do embasamento e intrusões graníticas neoproterozoicas.

O realce de alvos pegmatíticos foi realizado com a composição colorida RGB das bandas 7 (2215 nm), 4 (790 nm) e 1' (443 nm) do sensor ALI, conforme exemplificado com o alvo Capoeira (Figura 2C), ilustrando outra alternativa para seleção de corpos pegmatíticos da região com base na alta reflexão de energia refletida destes visto a composição predominante de micas e feldspato. Já a caracterização espectrorradiométrica de elbaítas verdes, azul-verde *neon* e vermelha (Figura 2D), está mostrada na Figura 3. Elbaíta verde, rica em ferro (amostra B10Vr do Pegmatito Bulandeira), é marcada por feições de absorção derivadas de transição eletrônica de Fe^{2+} em ~717 e ~1252 nm e, possivelmente, de Fe^{3+} em ~442 nm [7]. Elbaíta verde, rica em cobre e manganês (amostra S5VC do Pegmatito Batalha), é marcada por ampla feição em ~442 nm, possivelmente, relacionada com Mn^{3+} , e em 704 e 926 nm, derivadas da transição eletrônica de Cu^{2+} [7, 8]. A turmalina Paraíba, de cor azul-verde *neon*, (amostra do Pegmatito Batalha), é marcada por teores de cobre mais elevados e é caracterizada por amplas feições de absorção em ~648 e 1035 nm (Cu^{2+}), e em ~400 nm (Mn^{2+}) [7, 8]. Elbaíta vermelha (amostra B10vR do Pegmatito Bulandeira) é rica em manganês, visto pela presença de feições de absorção em ~379 (Mn^{2+}) e em ~516 e 701 nm (Mn^{3+}) [7].

4. CONCLUSÕES

As unidades paleoproterozoicas do Complexo Caicó e unidades graníticas intrusivas neoproterozoicas, inseridas no setor oeste da área, além das unidades paleo e neoproterozoicas de complexos majoritariamente gnáissicos, localizadas no extremo sul da área de estudo, são facilmente cartografadas com o uso da gamaespectrometria e magnetometria, com destaque ao relevo magnético mais rugoso atribuído a estas unidades em relação às rochas supracrustais que definem o Grupo Seridó, onde há a

presença de corpos pegmatíticos. Na gamaespectrometria, o Grupo Seridó apresenta variação de respostas relacionadas às formações Jucurutu, Equador e Seridó, sendo que os corpos pegmatíticos Capoeira, Quintos e Bulandeira estão relacionados ao domínio litogeofísico 3 (altos valores de K, e baixos de Th e U), i.e., muscovita quartzitos da Formação Equador, e o Pegmatito Batalha se associa ao domínio 8 (baixos a médios valores de K, médios de Th, e médios a altos de U), i.e., quartzitos desta mesma formação. O uso de imagem do sensor ALI pode ser empregado para definir, regionalmente, corpos pegmatíticos, e a análise espectrorradiométrica pontual de elbaítas revela que tal ferramenta contribui significativamente à rápida identificação e classificação de variedades de cores atribuídas a elementos cromóforos como Fe, Mn e Cu.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LABGEM-UFPE pela infraestrutura e cessão de amostras de elbaítas, ao Prof. Dr. Carlos Roberto de Souza Filho pelo uso do FieldSpec-4 (LER-IG-UNICAMP), às doutoras Rosa E.C. Pabón e Rebecca Scafutto pelo auxílio nas medições de refletância.

6. REFERÊNCIAS

[1] Almeida, F.F.M.; De Brito Neves, B.B. e Fuck, R.A., “Structural Provinces: An Introduction”, *Earth Science Reviews*, v. 17, pp. 1-29, 1981.

[2] Santos, E.J.; Neto, J.A.S.; Da Silva, M.R.R.; Beurlen, H.; Cavalcanti, J.A.D.; Da Silva, M.G.; Dias, V.M.; Costa, A.F.; Santos, L.C.M.L. e Santos, R.B., “Metalogênese das Porções Norte e Central da Província Borborema”, In Silva, M.G.; Rocha Neto, M.B.; Jost, H. e Kuyumjian, R.M. (Orgs.), “Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras”, CPRM, Belo Horizonte, pp. 343-388, 2014.

[3] Maas, M.V.R.; Oliveira, C.G.; Pires, A.C.B. e Moraes, R.A.V., “Aplicação da Geofísica Aérea na Exploração Mineral de Mapeamento Geológico do Setor sudoeste do Cinturão Cuprífero Orós-Jaguaribe”, *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n.3, 2003.

[4] Madrucci, V.; Veneziani, P. e Paradella, W.R., “Caracterização Geológica e Estrutural Através da Interpretação do Produto Integrado TM-LANDSAT 5 e dados Aerogamaespectrométricos, Região de Alta Floresta – MT”, *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 21, n. 3, 2003.

[5] Silva, S.M.P., “Espectroscopia de Imageamento e Gamaespectrometria Aérea e Terrestre de Pegmatitos e Granitos da Porção Sul da Província Borborema (PPB), Nordeste do Brasil”, Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Campinas-SP, 173 p., 2009.

[6] Cavalcante, R.; Cunha, A.L.C. e Medeiros, V.C., “Programa Geologia do Brasil-PGB. Projeto Províncias Metalogenéticas do Brasil. Área RN-PB (Borborema Leste)”. Estado do Rio Grande do

Norte e Paraíba, 1 mapa colorido, 90,00 x 115,00 cm, escala 1:250.000, 2015.

[7] Barreto, S. B.B., “Caracterização química, óptica e estrutural das turmalinas gamológicas dos pegmatitos Capoeiras, Quintos, Bulandeira e Batalha, Província Pegmatítica Boborema, Nordeste do Brasil”, PhD Thesis, Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 561 p., 1999.

[8] Rossman, G.R.; Fritsh, E. e Shigley, J.E. “Origin of color in cuprian elbaite from São José Batalha, Paraíba, Brazil”, *American Mineralogist*, v. 76, pp. 1479-1484, 1991.

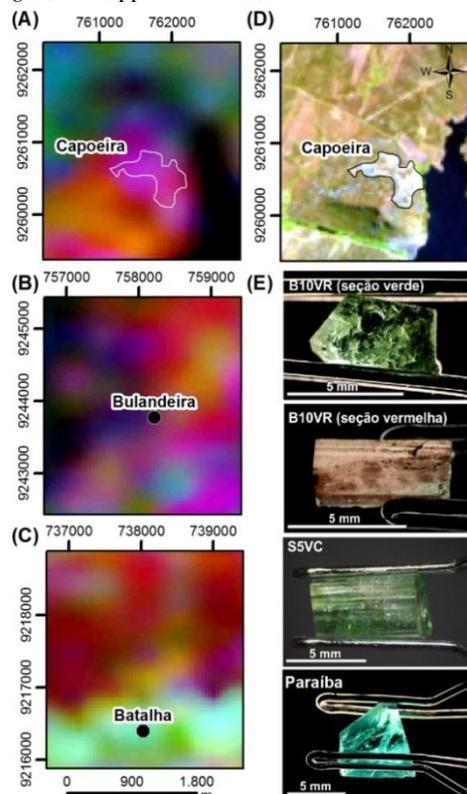


Figura 2. Detalhe dos corpos pegmatíticos Capoeira (A), Bulanderia (B) e Batalha (C) na imagem ternária (RGB) de K, Th e U, e (D) realce do alvo Capoeira em imagem ALI, composição 7, 4, 1' (RGB). (E) Exemplos de elbaítas.

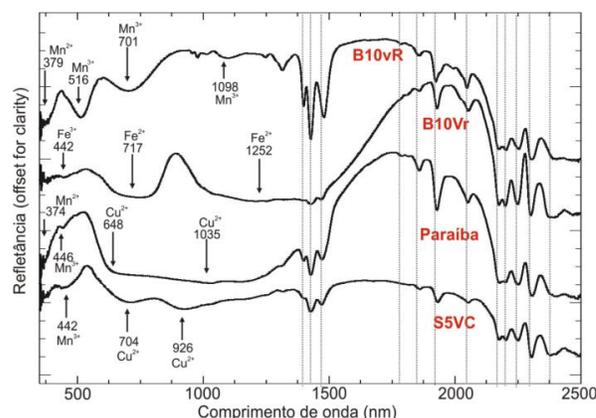


Figura 3. Curvas espectrais de refletância de elbaítas.