



## Prospecção de minerais pesados em placeres no litoral Sul do Rio Grande do Norte (RN): método aeromagnético e concentrado de bateia

Asmminey Ariane da Silva Nascimento<sup>\*1</sup>, Matheus Dias Oliveira<sup>1</sup>, Vanildo Fonseca Pereira<sup>1</sup> e Alexandre Magno Rocha da Rocha<sup>2</sup>, <sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), <sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

Copyright 2019, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 16<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 19-22 August 2019.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 16<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

Vector data from a survey aeromagnetic were used and analyzed together with data from the concentrate of panning in order to locate areas prospective of minerals heavy on the coast south of Rio Grande do Norte. The characterization these possible areas potential were performed by analysis of key channels fluvial what drain the region, are them: river Catú, Curimataú, Jacú and Trairí and the environments gives lagoon of Guarairas. Geophysical and geochemical data were available through the Mineral Resources research Company (CPRM). To correlate better, they were 38 observed sampling points of data panning concentrated in order to investigate the distribution of minerals magnetic magnetite and ilmenite we rivers mentioned. Integration with geophysical data served as a basis for possible anomalies magnetic provided per those minerals. There is evidence that ilmenite and magnetite are from originating the rocks what constitute all units lithostratigraphic of the area, being they are of ages meso-cenozoic, neoproterozoic, paleoproterozoic and archaean. Basing in the information's mentioned, has become plausible highlight 4 main regions (A, B, C and D) with minerals concentrations ferrimagnetic and diamagnetic, with susceptibility magnetic varying in about - 52.3 to -0.5 nT, - 47.1 to 31.8 nT, -78.3 to 39.3 nT and -100.6 to 97.4, respectively. Magnetic anomalies that may be associated with structural features of the area were also detected, following a NE-SW trend and presenting magnetic susceptibility at about 12.2 to 130.4 nT. It is believed that the watersheds that drain the region are one of the essential factors for the distribution of these minerals, being able thereby, verify the efficiency of the method aeromagnetic for prospecting minerals heavy in unconsolidated sediments.

### Introdução

Dados aeromagnéticos nos fornecem informações de susceptibilidade magnética das rochas e/ou minerais magnéticos distribuídos na natureza nos diversos ambientes geológicos (Oliva, 1985). Essas anomalias magnéticas podem ser evidenciadas em profundidades elevadas (quilométricas) e profundidades mais rasas

(métricas), nas quais, a escala de trabalho dependerá do alvo em que se deseja investigar.

Os minerais pesados apresentam densidades superiores a 2.9 g/cm<sup>3</sup>, sendo provenientes, das rochas ígneas, metamórficas e sedimentares (Elsner, 2015), podendo ocorrer em ambientes geológicos primários e secundários. No ambiente primário, são identificados nas rochas hospedeiras como minerais acessórios, em concentrações pouco relevantes. No ambiente secundário, os mesmos são localizados em sedimentos inconsolidados e/ou consolidados formando depósito do tipo "placer" (Addad, 2010), economicamente viável ao homem e a indústria. Em virtude disto, dados geoquímicos de concentrado de bateia, fornecidos pela CPRM, contribuíram para selecionar seis minerais pesados, sendo eles: cianita, ilmenita, magnetita, monazita, rutilo e zircão e discriminar suas ocorrências nas bacias hidrográficas dos rios Catú, Curimataú, Jacú e Trairí. Através dessa análise, foi possível integrar essas respostas aos dos dados aeromagnéticos, a fim de inferir a localização de áreas prospectivas com concentrações de minerais magnéticos (ilmenita e magnetita) distribuídos em possíveis placeres do litoral Sul do Rio Grande do Norte. Enfatizando a eficiência do método geofísico aplicado a prospecção de minerais pesados.

### Método

As correlações de dados geofísicos e geoquímicos contribuíram na localização de áreas prospectivas dos minerais pesados. Os dados geofísicos aeromagnéticos são oriundos do projeto Borda Leste do Planalto da Borborema (1079), executado pela CPRM no ano de 2008. A aquisição dos dados foi realizada pelo magnetômetro Scintrex CS-2 acoplado a aeronaves, com linhas de voos na direção N-S, espaçamento de 500m e 100m de altura média do voo. Os dados geoquímicos de concentrado de bateia são referentes ao projeto Metalogênese das Províncias Minerais do Brasil (RN, PB, PE, AL), executado pela CPRM no ano de 2012. As amostragens dos minerais pesados são realizadas nos trechos de drenagens onde ocorrem mudanças bruscas na velocidade de corrente (Oliva, 1985) e ao serem identificados, são encaminhados para o processo de separação magnética e estudo analítico. As drenagens foram incorporadas ao projeto a partir de dados disponíveis na Folha SB.24-Y-A-II (III) São José do Mipibu na escala de 1:100.000, executado pela CPRM em 2016. Com base nessas informações, foram interpretadas as bacias hidrográficas que abrangem a área de estudo e seus respectivos rios principais. Todos os dados mencionados estão disponíveis no website da Geobank (<http://geosgb.cprm.gov.br/>).

Em seguida, procedeu-se a confecção dos mapas dentro da plataforma ArcMap 10.5, com o datum WGS84 e o fuso 24 sul. Foram criados dois mapas: o mapa do Modelo Digital de Elevação (MDE) com relevo sombreado, usando os dados altimétricos digitais da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) obtidos no endereço <https://earthexplorer.usgs.gov/>, incluindo os 38 pontos da amostragem geoquímica para averiguar a distribuição dos minerais na área e o mapa aeromagnético com o filtro reduzido ao polo, processado dentro da plataforma Oasis Montaj, com a finalidade de investigar as anomalias magnéticas realçadas e produzidas pelos minerais magnéticos. Vale ressaltar que os dados do levantamento aeromagnético disponibilizados já apresentam as correções (correção do erro de paralaxe, remoção da variação diurna, nivelamento e micronivelamento dos perfis e remoção do IGRF).

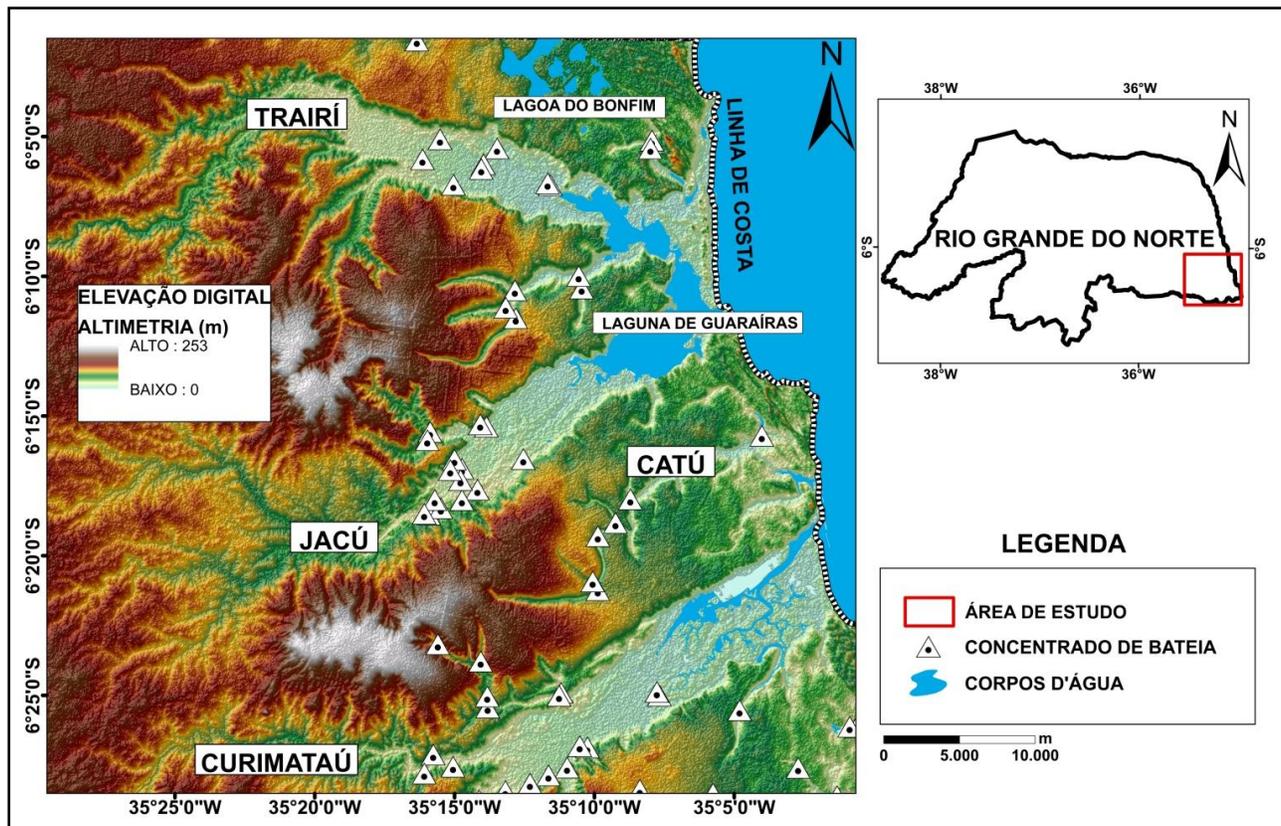
### Área de estudo

A área de estudo encontra-se geograficamente entre as cidades de São José do Mipibu e Canguaretama, situada no estado do Rio Grande do Norte nas proximidades da fronteira com o estado da Paraíba. Para delimitá-la, foi utilizada como premissa a Folha SB.24-Y-A-II (III) São José do Mipibu, na qual, abrangem as possíveis e prováveis áreas fontes, contribuindo para a retirada dos minerais pesados de suas rochas hospedeiras (ambiente primário) e favorecendo a deposição dos mesmos em

meandro dos rios e nos sedimentos inconsolidados, onde ambos são considerados ambientes secundários. São elas: as bacias hidrográficas dos rios Trairí, Jacú, Catú e Curimataú e o entorno da laguna Guarairas. Facilitando a observação das ocorrências dos minerais analisados devido suas distribuições concentrar-se próximo a foz das respectivas drenagens.

### Aspectos fisiográficos

As bacias hidrográficas que compõem o litoral sul apresentam comportamentos semelhantes e possuem uma orientação no sentido leste-oeste (Amaral, 1999). Para esse trabalho, é de suma importância compreender a extensão e o suposto local de desembocadura dos quatro rios mencionados, pois, esses fatores serão determinísticos para a localização dos placeres. Segundo Melo (2000), os rios Trairí, Jacú e Curimataú têm suas nascentes no nordeste da Paraíba e suas bacias apresentam uma área de aproximadamente 2.867 km<sup>2</sup>, 7.100 km<sup>2</sup> e 4.254 km<sup>2</sup>, respectivamente. A bacia do rio Catú tem aproximadamente 165,77 km<sup>2</sup>, sua nascente está situada entre os municípios de Goianinha e Canguaretama. O mapa MDE (Modelo Digital de Elevação) indica a localização da área de estudo e as principais feições de relevo presentes na mesma. Ao integrá-lo com os dados de concentrado de bateia foi possível correlacionar às ocorrências dos minerais estudados com as bacias hidrográficas mencionadas. (Fig. 1)



**Figura 1** – Localização da área de estudos ressaltando as principais incisões fluviais integradas com os dados de concentrado de bateia, demonstrando as devidas concentrações dos minerais magnéticos.

## Aspectos geológicos

A área de estudo se encontra inserida no litoral sul do estado do Rio Grande do Norte nos limites da Folha São José do Mipibu. De acordo com Lima e Dantas (2016) as unidades litoestratigráficas são divididas em: mesocenozóica, neoproterozóicas, paleoproterozóicas e arqueanas. As unidades mesocenozóicas são compostas pelas rochas sedimentares do calcário Tamatanduba, arenitos e conglomerados do Grupo Barreiras, além de sedimentos inconsolidados. Juntas recobrem e compõem aproximadamente 70% da área mapeada. Unidades neoproterozóicas são compostas por suítes intrusivas variando entre biotita-monzogranito, monzogranitos a sienogranitos porfiríticos e dioritos, quartzo-dioritos, quartzo-monzonitos com dimensões e formas variadas. A unidade paleoproterozóica é composta pelo complexo Serrinha-Pedro Velho, no qual apresenta rochas variando entre biotita-hornblenda ortognaisses monzograníticos a granodioríticos bandados com lentes de calcissiláticas, biotita-hornblenda ortognaisses granodioríticos a tonalito bandado, hornblenda-biotita ortognaisses granodioríticos a tonalito migmatizados e augen gnaiesses graníticos, hornblenda-ortognaisses monzogranítico, ortognaisses bandado, biotita-ortognaisses. As unidades arqueanas proporcionam anfíbolitos, piroxênitos e diopsídio-piroxênitos, hornblenda-biotita ortognaisses granodioríticos a graníticos e migmatitos bandados e biotita-hornblenda augen gnaiesses.

A área ainda apresenta, segundo Maia e Bezerra (2011), variações eustáticas e climáticas, proporcionando a deposição dos sedimentos continentais do Grupo Barreiras, modelando a unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros e as formas litorâneas dos vales fluviais, seguindo a direção preferencial NE-SW no litoral norte e E-W no litoral oriental sul do Rio Grande do Norte, sendo paralelos às principais zonas de cisalhamento que ocorrem nestas regiões e perpendiculares à linha de costa atual.

## Resultados

As acumulações dos minerais pesados podem ser detectadas magneticamente se houver concentrações de magnetita ou ilmenita (Gunn, 1997). Segundo Dentith e Mudge (2014), as propriedades magnéticas dos sedimentos clásticos refletem diretamente a mineralogia da sua fonte. Unidades litológicas compostas por rochas sedimentares apresentam teores fracos de susceptibilidade magnética, exceto quando apresentam formações de ferro bandado (BIF's) ou zonas mineralizadas. Ao compararmos a mesma com uma unidade litológica proveniente de terrenos ígneos, nitidamente, associamos o aumento da susceptibilidade magnética devido à presença de minerais máficos.

Além da a área de estudo ser constituída por rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados, a mesma apresenta uma série de canais atuais e paleocanais que são responsáveis pela deposição dos minerais pesados. Segundo Bush (1995), a resposta geofísica para uma fonte de anomalia magnética em canais fluviais são consideradas moderadamente baixas, variando de 5 a 20 nT. Para Gunn (1997), esses canais podem ser locais prospectivos dos depósitos placeres, que ao serem

concentrados nas areias pela atuação da gravidade, causam um enriquecimento supergênico. Comumente, os minerais pesados encontram-se em profundidades cerca de 50m abaixo da superfície, onde, nem sempre a anomalia magnética está associada ao mineral magnetita. Uma fraca resposta magnética (cerca de 10 nT) também pode ser associada a concentrações de ilmenita (Bush, 1995), nas quais, não devem ser desprezadas, pois, as mais sutis alterações de susceptibilidade magnética, em canais fluviais, nos fornecem resultados satisfatórios para a exploração mineral.

Diante dos dados aeromagnéticos tornou-se possível confeccionar o mapa de anomalias magnéticas com o filtro reduzido ao polo. De acordo com Baranov (1957), a aplicação do filtro auxiliou na interpretação das anomalias, nas quais, expressam uma anomalia monopolar, centralizando o pico positivo de magnetização sobre a fonte anômala (Fig. 2). Vale salientar, que devido à latitude da área está situada relativamente próxima a linha do Equador pode-se observar feições fortes na direção do campo magnético (Blum, 1999).

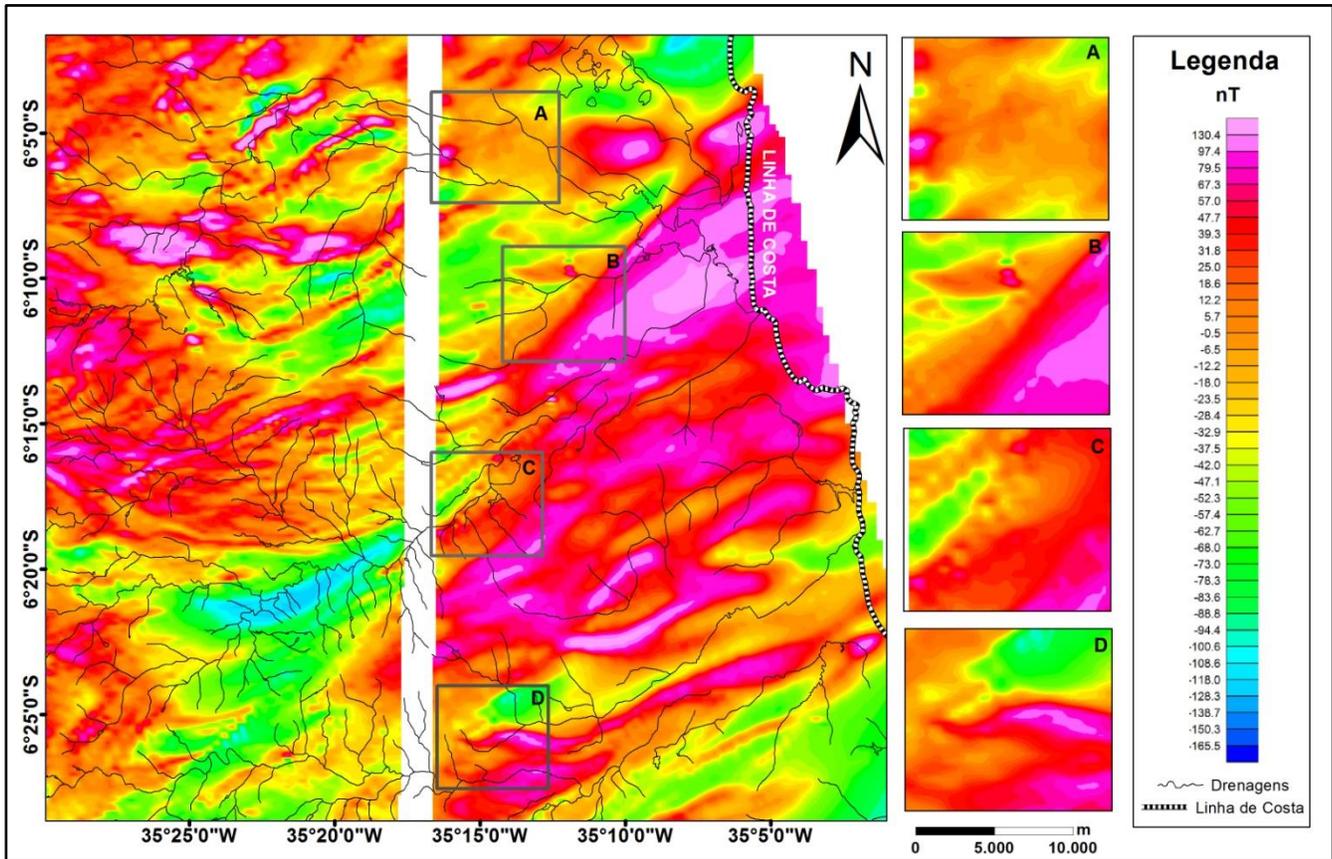
Foram ressaltadas 4 regiões (A,B,C e D) dentro da área de maiores concentrações de magnetita e ilmenita baseando-se nos dados do concentrado de bateia (Fig. 1). Na região A, na bacia hidrográfica do rio Trairi predomina a deposição de minerais diamagnéticos. Ao observarmos o mapa aeromagnético, distinguimos que as anomalias variam entre, aproximadamente, -52.3 a -0.5 nT. Na região B, as anomalias magnéticas ainda são pertencentes a bacia hidrográfica do rio Trairi e apresentam valores variando entre -47.1 a 31.8 nT, pressupondo que essas anomalias estão associadas com concentrações de minerais diamagnéticos e ferrimagnéticos. Vale enfatizar que na direção NE-SW é notório uma grande anomalia magnética que varia em torno de 12.2 a 130.4 nT, podendo ser correlacionada com feições estruturais que seguem o mesmo trend da anomalia apresentada em mapa. Na região C, na bacia hidrográfica do rio Jacú, as concentrações mais relevantes estão associadas a minerais ferrimagnéticos e menores expressões de minerais diamagnéticos variando em torno de -78.3 a 39.3 nT e também apresenta picos de anomalias magnéticas que podem ser associadas a feições estruturais semelhantes a região B. Os valores de susceptibilidade magnética variam aproximadamente de 18.6 a 97.4 nT. Por fim, a região D, na bacia hidrográfica do rio Curimataú, nas quais as anomalias magnéticas podem estar associadas com maiores concentrações de minerais ferrimagnéticos e menores concentrações de minerais diamagnéticos, apresentando resultados de -100.6 a 97.4, aproximadamente.

Devido às feições estruturais presentes na área serem realçadas em mapa através do método aeromagnético, ficou impossibilitado à realização de uma correlação dos dados na bacia hidrográfica do rio Catú, que apesar de apresentar pouca expressão (quando comparado com as demais) também pode conter ocorrências de minerais magnéticos dentro do seu vale fluvial.

De acordo com esses resultados, podemos enfatizar que os minerais ilmenita e magnetita podem ser oriundos das rochas que compõe todas as unidades litoestratigráficas mencionadas, no quais, estavam concentrados como minerais acessórios.

### Conclusão

As principais conclusões do presente trabalho podem ser sumarizadas: (i) os dados aeromagnéticos permitiram localizar possíveis áreas prospectivas de minerais pesados, realçados a partir das assinaturas magnéticas dos mesmos; (ii) os valores das anomalias magnéticas



**Figura 2** – Mapa aeromagnético com filtro reduzido ao polo realçando as anomalias magnéticas presentes na área. Rede de drenagem simplificada a partir da folha São José do Mipibu. As anomalias das regiões A,B,C e D possuem maiores expressões e podem estar associadas a minerais ferrimagnéticos e diamagnéticos.

variam entre cores frias (susceptibilidade negativa) e cores quentes (susceptibilidade positiva). Essas variações podem estar correlacionadas com a presença de minerais e/ou materiais ferrimagnéticos e diamagnéticos associadas às rochas que recobrem a área de estudo; (iii) o filtro de redução ao polo conseguiu evidenciar as anomalias magnéticas monopulares, com profundidades desconhecidas. Neste caso, é recomendado novos estudos com aplicação de outras filtragens a fim de comparar e evitar a obtenção de resultados ambíguos; (iv) a utilização dos dados de concentrado de bateia foram satisfatórias quando integradas aos dados geofísicos, assim, foi possível refinar os dados e pressupor áreas com maiores concentrações de minerais pesados, sendo elas, representadas nas áreas A,B,C e D; (v) do ponto de vista geológico, acredita-se que os minerais pesados encontram-se de forma primária em suas rochas hospedeiras. Essas rochas, ao sofrerem ações intempéricas e erosivas desagregam esses minerais que

são transportados por agentes de competência e capacitância, como exemplo, os rios que drenam a região; (vi) os rios Trairí, Jacú e Curimataú apresentam melhores expressões de anomalias geoquímicas e geofísicas. Já o rio Catú, ainda que apresente uma bacia hidrográfica de área menor que os demais rios, deve-se ser ressaltado por apresentar concentrações dos minerais pesados ainda que não sejam evidenciados no mapa geofísico de anomalia magnética; (vii) o entorno da laguna Guarairás também apresentou resultados importantes, pois, os rios Trairí e Jacú desembocam diretamente na mesma, nos quais, podem corroborar para a deposição de minerais pesados.

Neste caso, a aplicação do método aeromagnético tornou-se aceitável para a realização dos estudos de anomalias magnéticas em sedimentos inconsolidados e em canais fluviais, levando em consideração os principais aspectos geológicos, fisiográficos e as propriedades físicas dos minerais pesquisados. As mais sutis

alterações de susceptibilidade magnética, nos ambientes mencionados, podem nos fornecer resultados satisfatórios para a exploração mineral.

### Agradecimentos

A Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN) do Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), ao Departamento de Geofísica (DGEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e ao Departamento de Geologia (DCEO) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

### Referências

ADDAD, João Eduardo. **Minerais Pesados: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental**. 2. ed. São Paulo: Imprensa Universitária, 2010.

AMARAL, Ricardo Farias do. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DO LITORAL ORIENTAL SUL DO RIO GRANDE DO NORTE, ENTRE PONTA DE BÚZIOS E BAIÁ FORMOSA**. 1999. 267 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.

BARANOV, V., 1957. **A new method for interpretation of aeromagnetic maps: Pseudo-gravimetric anomalies**. *Geophysics*, 22, 359383.

BLUM, Marcelo de Lawrence Bassay. **PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE GEOFÍSICA AÉREA NO BRASIL CENTRAL E SUA APLICAÇÃO À GEOLOGIA REGIONAL E À PROSPECÇÃO MINERAL**. 1999. 299 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

BUSH, M.D.; CAYLEY, R.A. **The Geology and Prospectivity of the Southern Margin of the Murray Basin**. Victoria: Geological Survey Of Victoria, 1995.

DENTITH, Michael C.; MUDGE, Stephen T.. **Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist**. United Kingdom: Cambridge University Press, 2014.

ELSNER, Harald. **Heavy Minerals of Economic Importance**. DERA, 2015.

GUNN, P.J.; DENTITH, M.C.. Magnetic responses associated with mineral deposits. **AGSO Journal Of Australian Geology & Geophysics**, Austrália, v. 2, n. 17, p.145-158, 1997.

LIMA, Maria da Guia; DANTAS, Eugênio Pacelli. **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SÃO JOSÉ DE MIPIBU SB.25-A-Y-II e III**. Recife: CPRM, 2016.

MAIA, Rúbson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego. **GEOMORFOLOGIA DO NORDESTE: CONCEPÇÕES CLÁSSICAS E ATUAIS ACERCA DAS SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO NORDESTINAS**. *Revista de Geografia*, Recife, n. 1, p.1-14, 2010.

MELO, Flávia Taone Lira de. **ASPECTOS MORFODINÂMICOS DO COMPLEXO LAGUNAR NÍSIA FLORESTA-PAPEBA-GUARAIRAS, REGIÃO COSTEIRA SUL ORIENTAL DO RN**. 2000. 38 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000. Cap. 3.

OLIVA, Luiz Antônio. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Mineral**. Brasília: DNPM, 1985. 355 p.