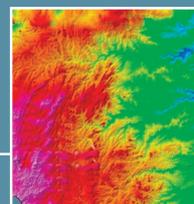
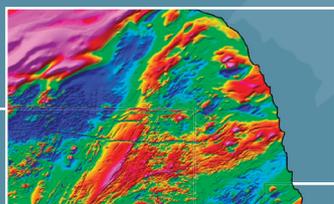


PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTO GEOLÓGICO E DE
POTENCIAL MINERAL DE NOVAS FRONTEIRAS

ATLAS AEROGEOFÍSICO

Estado do Mato Grosso



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB–CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Geologia

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Patrick Araújo dos Santos

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Iago Sousa Lima Costa

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Maísa Bastos Abram

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Düringer Jacques

Chefe do Núcleo de Comunicação

Heber Vieira de Oliveira

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Hemilton Moraes Cunha

SUPERINTENDÊNCIA DE GOIÂNIA

Superintendente

Sheila Soraya Knust

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Jônatas de Sales Macedo Carneiro

Responsável Técnico do Produto

Adolfo Barbosa da Silva

Felipe da Mota Alvess

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
| PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL |

**LEVANTAMENTO GEOLÓGICO
E DE POTENCIAL MINERAL DE NOVAS FRONTEIRAS**

**ATLAS AEROGEOFÍSICO
DO ESTADO DO MATO GROSSO**

ORGANIZADORES

Adolfo Barbosa da Silva

Felipe da Mota Alves



GOIÂNIA
2023

REALIZAÇÃO

Superintendência de Goiânia

COORDENADOR DO PROJETO

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

ELABORAÇÃO DOS TEXTOS E MAPAS

Adolfo Barbosa da Silva

Felipe da Mota Alves

Jônatas de Sales Macedo Carneiro

Francisco Sene Rios

COLABORADORES

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Roberto Gusmão de Oliveira

REVISÃO DE TEXTO

Irinéia Barbosa da Silva

APOIO TÉCNICO**PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO****Capa (DIEDIG)**

Agmar Alves Lopes

Miolo (DIEDIG)

Agmar Alves Lopes

Diagramação (GERINF-BH)

Patrícia Silva Araújo Dias

REVISÃO DE TÉCNICA

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Maria Gasparina de Lima

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

www.sgb.gov.br

seus@sgb.gov.br

A881 Atlas aerogeofísico do estado do Mato Grosso /
Organizadores Adolfo Barbosa da Silva e Felipe da Mota
Alves. – Goiânia : CPRM, 2023.
1 recurso eletrônico: PDF

Levantamento geológico e de potencial mineral de novas
fronteiras
ISBN: 978-65-5664-421-9

1. Geofísica – Atlas I. Silva, Adolfo Barbosa da (org).
II. Alves, Felipe da Mota (org.). III. Título.

CDD 550.223

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Tereza Rosenhayme CRB/7 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O conhecimento geológico do território brasileiro constitui um instrumento indispensável para o planejamento e a execução das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável dos recursos minerais, e, simultaneamente, é uma fonte de dados imprescindível para o conhecimento e gestão do meio físico.

É com esta premissa que o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) tem a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral os resultados alcançados pelo Projeto Atlas Aerogeofísicos dos Estados, vinculado ao Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral.

A notável importância dos levantamentos aerogeofísicos está na sua capacidade de desvendar a terceira dimensão dos dados geológicos. Dessa forma, feições geológicas, como corpos, estruturas e depósitos minerais, podem ser inferidas em profundidade por meio de interpretações e modelagens. Portanto, em um país continental como o Brasil, a execução de levantamentos aerogeofísicos com capacidade para abranger grandes áreas e regiões de difícil acesso é uma estratégia rápida e eficiente de investigar o subsolo.

Ao longo das duas últimas décadas, importantes investimentos foram feitos pelo governo federal, por meio do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), na aquisição de dados aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria), tendo sido recoberta uma área de cerca de 3.726.364 km², que corresponde a 43,76% do território brasileiro e, aproximadamente, a 92% do embasamento cristalino do Brasil. Esse enorme esforço foi realizado com a expectativa de contribuir para o aprimoramento do conhecimento geológico do país e da descoberta de jazidas minerais.

Para incrementar a divulgação do conhecimento e a disponibilização dos dados, foi proposto o Projeto Atlas Aerogeofísicos dos Estados, que integra dados aerogeofísicos de acordo com os limites das unidades federativas do Brasil. Essa compartimentação visa facilitar a gestão e o emprego dos dados de acordo com a preferência e as prioridades dos setores público e privado, as características geológicas e as potencialidades minerais locais.

A preparação do Atlas Aerogeofísico de Mato Grosso necessitou de dezenove diferentes projetos aerogeofísicos ou parte deles, que foram unidos em uma única malha, conforme os limites do estado. A tarefa implicou na necessidade do reprocessamento e nivelamento dos dados brutos e aplicação de filtros para enfatizar assinaturas anômalas. Os dados magnetométricos e gamaespectrométricos revelam que as baixas concentrações de K, eTh e eU e as baixas intensidades magnéticas ocorrem, sobretudo, no domínio sedimentar; enquanto que, o domínio do embasamento apresenta concentrações de radioelementos e intensidade magnética mais elevadas. Extensos lineamentos geológicos e unidades de rochas ultramáficas são bem destacados nos mapas magnetométricos. As demais unidades geológicas presentes no Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso são mais bem correlacionadas com diferentes assinaturas gamaespectrométricas.

Com mais este lançamento, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) dá continuidade à política governamental de atualizar o conhecimento geológico do país, por meio dos levantamentos geológicos básicos, geoquímicos e geofísicos e da avaliação integrada das informações, fundamental para o desenvolvimento regional e importante subsídio à formulação de políticas públicas e de apoio à tomada de decisão de investimentos. Este produto está disponível para download no banco de dados corporativo do SGB-CPRM, o GeoSGB (<http://geosgb.sgb.gov.br>) e no Repositório Institucional de Geociências - RIGeo (<http://rigeo.sgb.gov.br>).

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor-Presidente

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
PRIMEIROS LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS.....	6
LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS DE ALTA DENSIDADE DE DADOS	6
INVESTIMENTOS EM LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS A PARTIR DE 2004	7
CESSÃO GRATUITA DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS AO PÚBLICO EM GERAL	7
CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E GEOLÓGICA DO ESTADO DE MATO GROSSO.....	9
CONTEXTO GEOGRÁFICO	9
CONTEXTO GEOLÓGICO E DE RECURSOS MINERAIS	10
MATERIAIS E MÉTODOS	16
DADOS AEROGEOFÍSICOS	16
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO MÉTODO MAGNETOMÉTRICO.....	16
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO MÉTODO RADIOMÉTRICO	19
PROCESSAMENTO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS	20
Plataforma de Processamento	20
Interpolação	20
Junção dos Diferentes Projetos	20
Aplicação de Transformações e Filtros nos Dados Aeromagnetométricos	20
MAPAS AEROMAGNETOMÉTRICOS	21
ANOMALIAS MAGNETOMÉTRICAS	22
1ª DERIVADA VERTICAL DA ANOMALIA MAGNETOMÉTRICA	24
GRADIENTE TOTAL DA ANOMALIA MAGNETOMÉTRICA	26
PRINCIPAIS CORRELAÇÕES GEOLÓGICAS DOS DADOS AEROMAGNETOMÉTRICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO	28
MAPAS AEROGAMAESPECTROMÉTRICOS.....	31
POTÁSSIO	32
EQUIVALENTE DE TÓRIO.....	34
EQUIVALENTE DE URÂNIO.....	36
COMPOSIÇÃO TERNÁRIA RGB (K-ETH-EU)	38
PARÂMETRO F	40
CONTAGEM TOTAL.....	42
PRINCIPAIS CORRELAÇÕES GEOLÓGICAS DOS DADOS AEROGAMAESPECTROMÉTRICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO.....	44
ASSINATURAS AEROGEOFÍSICAS DE DEPÓSITOS MINERAIS NO ESTADO DE MATO GROSSO	47
CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS MAGNÉTICAS DOS KIMBERLITOS DA BORDA SW DA BACIA DOS PARECIS, MATO GROSSO, BRASIL	48

Contexto Geológico	48
Interpretação dos dados aeromagnetométricos.....	49
MODELAGEM DE DADOS GRAVIMÉTRICOS NA PROVÍNCIA MINERAL	
JURUENA-TELES PIRES-ARIPUANÁ, PORÇÃO SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO	54
Contexto Geológico	54
Aquisição e processamento dos dados gravimétricos	54
Interpretação e modelagem gravimétrica	55
Resultados	58
Discussão e Conclusões.....	58
REFERÊNCIAS	61

INTRODUÇÃO

Os primeiros levantamentos aerogeofísicos executados no Brasil, desde a década de 1950, foram patrocinados por instituições federais do governo brasileiro, tais como o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e a Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras). A atuação da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) foi iniciada em 1971, quando assumiu o papel de órgão executor de projetos aerogeofísicos sistemáticos (magnetometria e gamaespectrometria), em princípio realizados por meio de convênios com o DNPM, que procurava atender à política do Ministério de Minas e Energia para realizar o recobrimento aerogeofísico dos terrenos pré-cambrianos do escudo brasileiro.

PRIMEIROS LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS

Entre 1971 e 2001, foram executados 48 projetos aerogeofísicos em diversas regiões do país, predominantemente magnetometria e gamaespectrometria. A maioria dos projetos aerogeofísicos tiveram características de levantamentos regionais, ou seja, com espaçamento das linhas de voo

variando entre 2.000 e 1.000 m e altura de voo de 150 m. Nesse período, foi recoberta uma área de cerca de 2.413.323 km² (Figura 1).

LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS DE ALTA DENSIDADE DE DADOS

A partir de 2004, iniciou-se uma nova fase nos aerolevantamentos geofísicos, onde a maioria dos projetos de magnetometria e gamaespectrometria foram realizados com espaçamento de 500 m entre as linhas de voo, altura de voo de 100 m e direção das linhas de voo N-S.

Foram realizados, também, dois aerolevantamentos eletromagnéticos de detalhe nas regiões de Nova Redenção/BA e Rio das Velhas/MG, além de um grande aerolevantamento gravimétrico na região de Carajás/PA. Nesse período, foi recoberta uma área de cerca de 3.726.364 km² (Figura 2), que corresponde a 43,76% do território brasileiro e, aproximadamente, 92% do embasamento cristalino do Brasil. De 2004 a 2014, os investimentos para aquisição de dados aerogeofísicos atingiram cerca de US\$ 188 milhões.

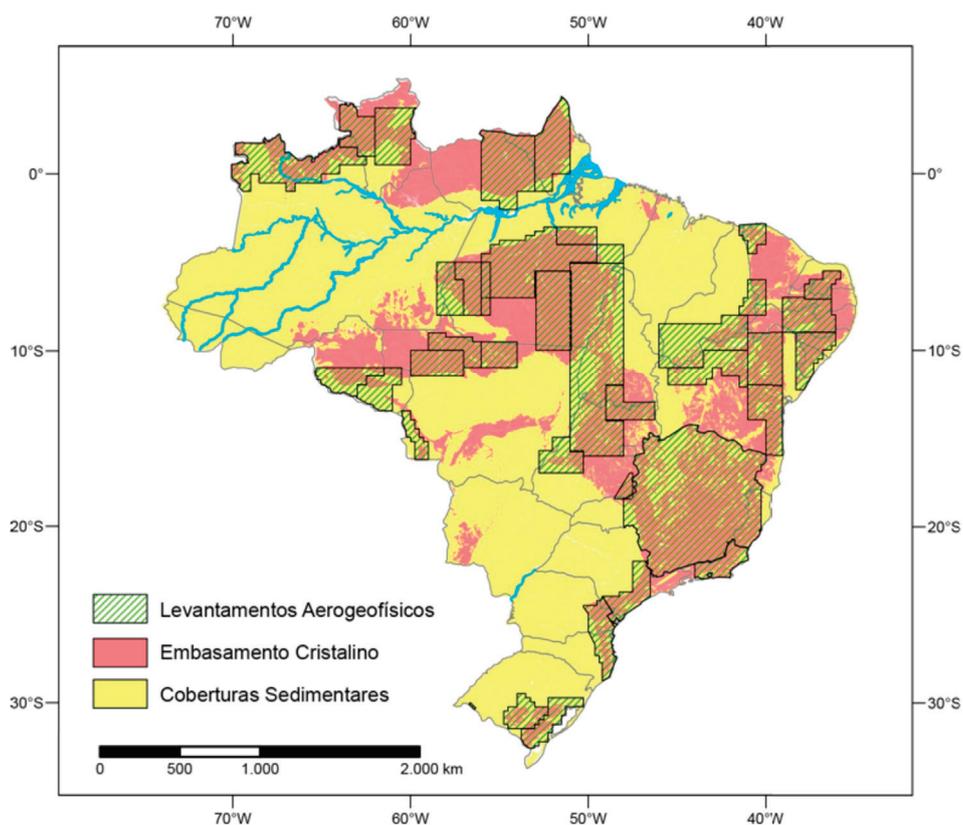


Figura 1 - Levantamentos aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria) adquiridos entre 1971 e 2001.
Fonte: elaborado pelos autores.

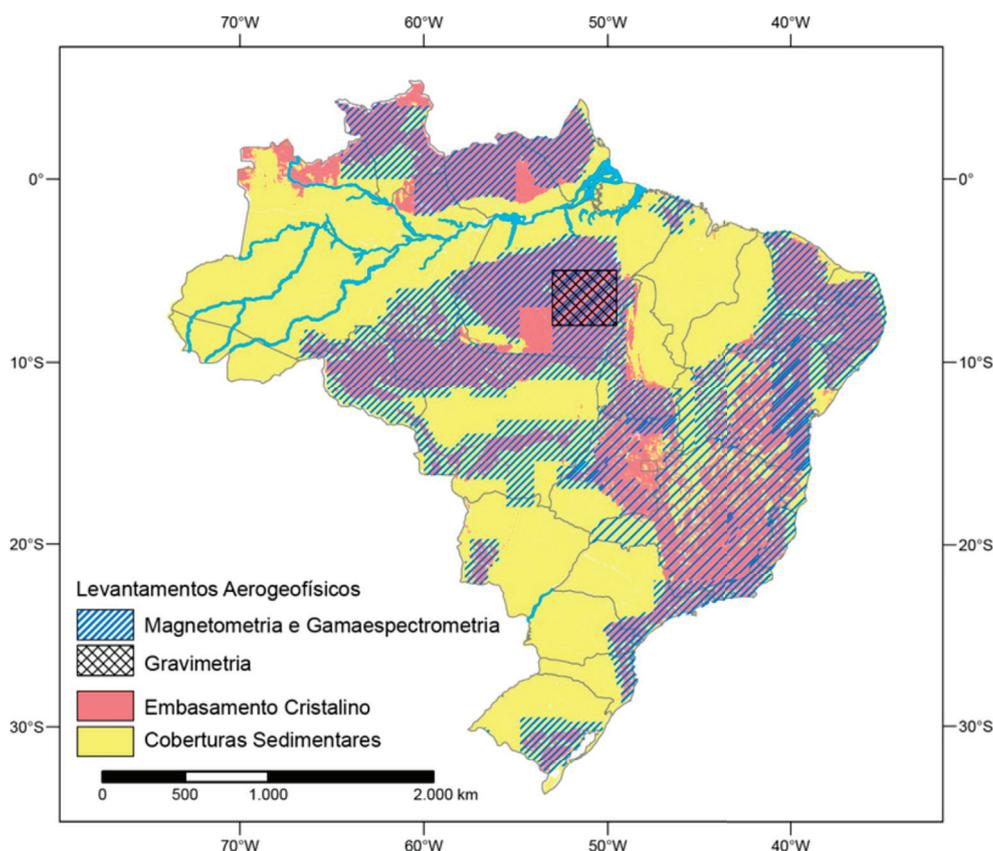


Figura 2 - Levantamentos aerogeofísicos adquiridos entre 2004 e 2014. Fonte: elaborado pelos autores.

INVESTIMENTOS EM LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS A PARTIR DE 2004

Os investimentos em levantamentos aerogeofísicos foram crescentes a partir de 2004 e atingiram o seu ápice entre os anos de 2008 e 2013. A Tabela 1 e o Gráfico 1 apresentam a evolução dos investimentos em aerogeofísica entre 2004 e 2014.

CESSÃO GRATUITA DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS AO PÚBLICO EM GERAL

Até 2017, os dados aerogeofísicos adquiridos pelo SGB-CPRM eram vendidos para empresas privadas ou cedidos às universidades e às instituições de pesquisa, seis meses após a realização dos projetos e disponibilização dos dados. Quando vendidos para empresas privadas, os valores cobrados não eram compatíveis com os custos da aquisição e valor real dos dados, e eram decrescentes. Por exemplo, o custo do quilômetro voado oscilava entre R\$ 40,00 e R\$ 50,00, e os dados eram vendidos por R\$ 2,00, R\$ 1,00 e R\$ 0,50 por quilômetro, do primeiro ao terceiro ano após a sua disponibilização, respectivamente. Os recursos arrecadados com a venda dos dados aerogeofísicos retornavam ao Tesouro Nacional, de modo que nenhum recurso voltava para o SGB-CPRM.

Tabela 1 - Valores investidos em aerolevantamento pelo SGB-CPRM entre os anos de 2004 e 2014. Valores em reais e dólares (referente à cotação média do ano do aerolevantamento).

Ano	Investimento R\$ (em milhões)	Investimento U\$ (em milhões)
2004	10,226	3,494
2005	38,931	15,989
2006	22,260	10,219
2007	15,343	7,876
2008	51,405	28,015
2009	40,649	20,350
2010	57,359	32,584
2011	39,007	23,287
2012	21,418	10,958
2013	62,985	29,191
2014	15,052	5,971
Total	374,635	187,934

Embora os valores cobrados pelo SGB-CPRM fossem muito abaixo dos custos de aquisição, eram considerados elevados por empresas *junior*s. Dessa forma, a partir de maio de 2017, optou-se pela cessão ampla e gratuita dos dados a todos os usuários, como forma de estimular investimentos

no setor mineral. Os dados aerogeofísicos em formato XYZ e imagens aerogeofísicas georreferenciadas são acessados por meio do banco de dados corporativo da empresa, o GeoSGB (geoportal.sgb.gov.br/geofisica). O volume de dados baixados por tipo de acesso está demonstrado no Gráfico 2.

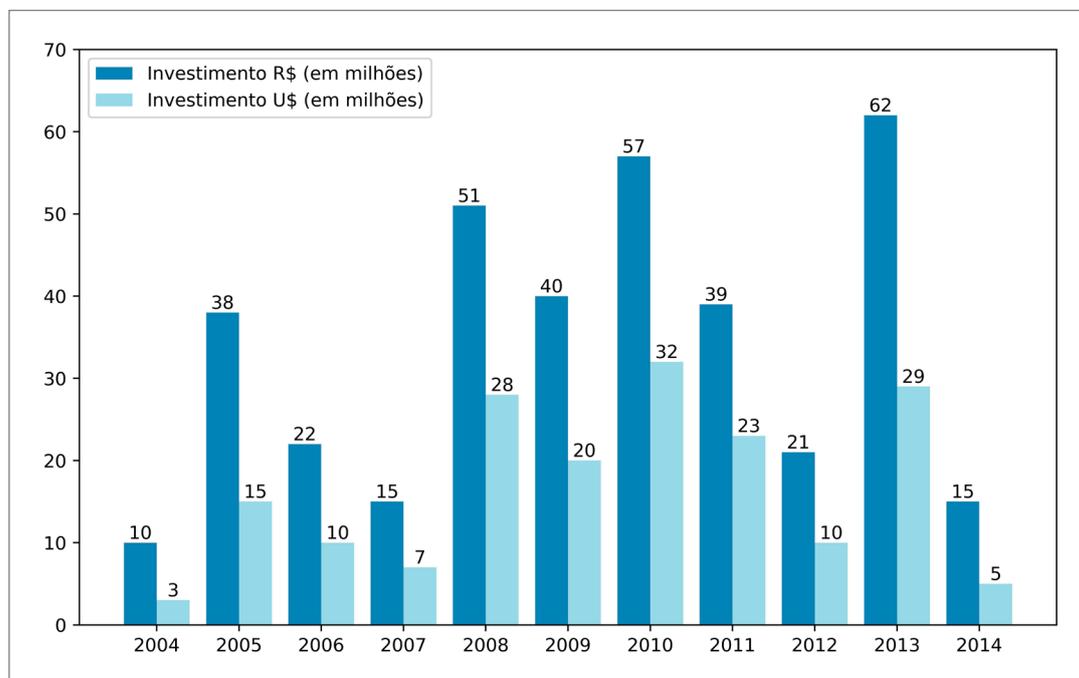


Gráfico 1 - Valores investidos na aquisição de dados aerogeofísicos entre 2004 e 2014. Fonte: elaborado pelos autores.

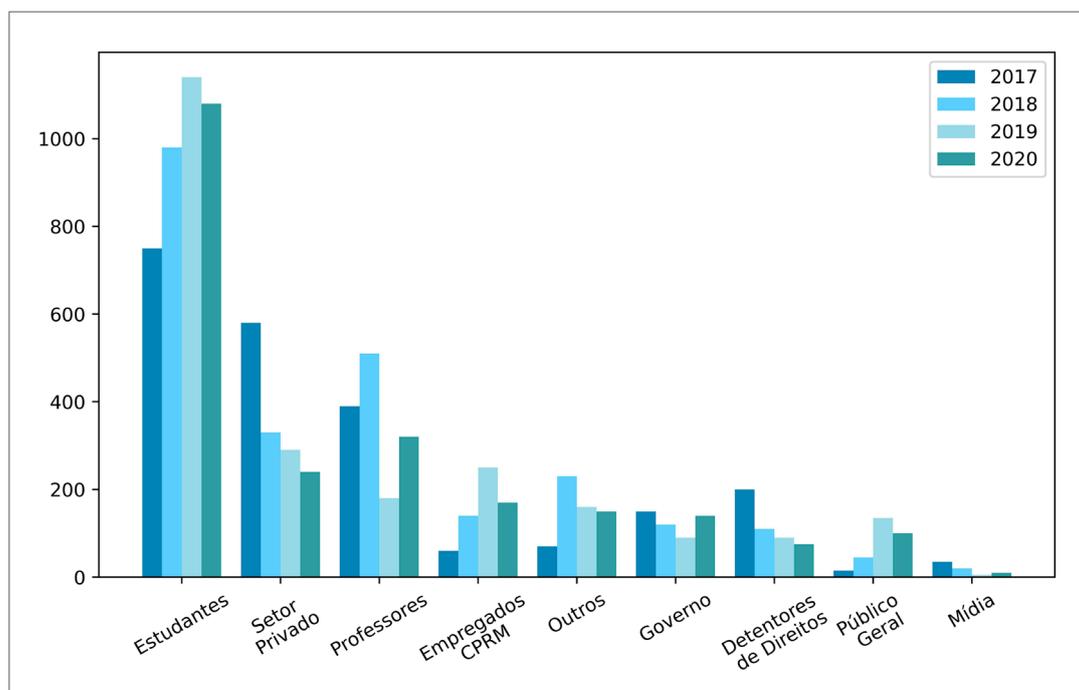


Gráfico 2 - Volume de dados (em Gb) de projetos aerogeofísicos acessados de forma gratuita entre maio de 2017 e dezembro de 2020. Fonte: elaborado pelos autores.

CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E GEOLÓGICA DO ESTADO DE MATO GROSSO

CONTEXTO GEOGRÁFICO

O estado de Mato Grosso está localizado na Região Centro-Oeste do Brasil (Figura 3) e possui uma área de 903.208,361 km², possui 141 municípios, sendo a cidade de Cuiabá a capital do estado, e população total estimada em 3.567.234 pessoas (Fonte: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/panorama>, acessado em abril de 2023).

O clima predominante no Mato Grosso é o tropical com inverno seco, que apresenta temperaturas elevadas ao longo do ano, com médias superiores a 18°C no mês mais frio, podendo ultrapassar os 40°C, em algumas regiões, nos

meses quentes. No entanto, há também uma variação de clima no estado, com algumas áreas, como a Chapada dos Guimarães, apresentando clima tropical de altitude, com temperaturas mais amenas. Quanto à pluviosidade, o Mato Grosso apresenta distribuição irregular de chuvas ao longo do ano, com uma estação chuvosa que vai de outubro a março e uma estação seca que vai de abril a setembro. A região apresenta um índice pluviométrico superior a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm, mas há variações significativas de chuva entre as diferentes áreas do estado (Fonte: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>, acessado em junho de 2023).

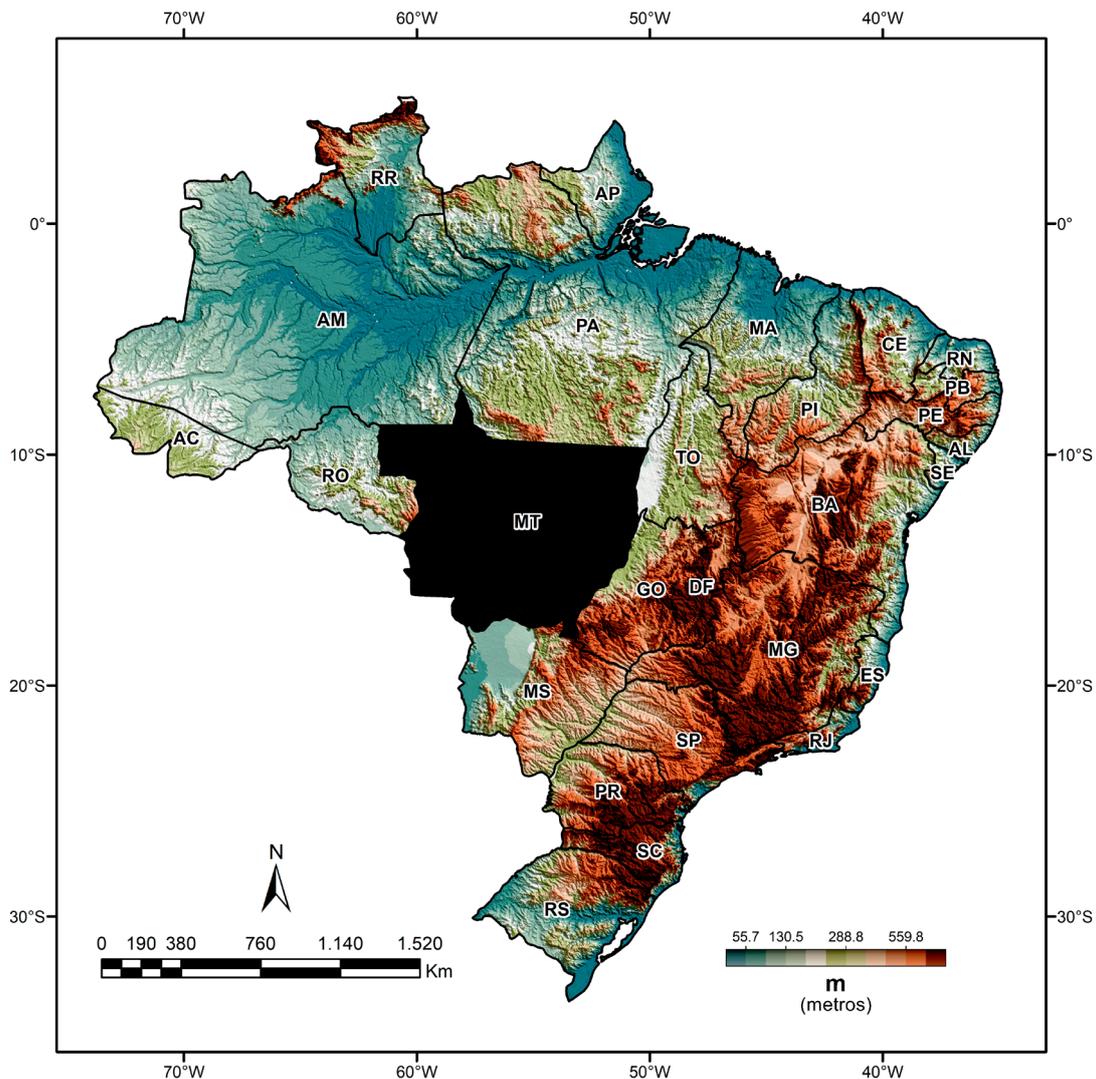


Figura 3 - Localização geográfica do estado de Mato Grosso. Dados topográficos do GLOBE DEM do projeto Global Land One-kilometer Base Elevation (GLOBE) (Hastings; Dunbar, 1999).

O bioma predominante no Mato Grosso é a Amazônia, que ocupa quase a metade do território estadual. O bioma Amazônia está localizado na porção norte do estado, com vegetação predominantemente florestal (floresta ombrófila, florestas estacionais, campinarana florestada). A Floresta Amazônica é fundamental para a manutenção da biodiversidade, a regulação do clima e a geração de recursos naturais em todo país. O Cerrado, outro bioma bastante relevante no estado, é caracterizado por uma vegetação adaptada à falta de água, com árvores baixas, arbustos e gramíneas. Essa vegetação abriga uma grande diversidade de fauna, com destaque para as aves, répteis e mamíferos, e é importante para a manutenção do ciclo hidrológico e a regulação do clima. O Pantanal, no sul do estado, é o bioma com menor representação em área, ele ocupa cerca de 10% do território estadual. É uma das maiores áreas úmidas do mundo e apresenta uma grande diversidade de fauna e flora, com espécies adaptadas à sazonalidade das cheias e das secas. Essa região é importante para a pesca, o turismo e a manutenção dos recursos hídricos (Fonte: <http://www.coisasdematogrosso.com.br/mato-grosso/biomas/>, acessado em junho de 2023).

A rede fluvial mato-grossense abrange grande parte das maiores bacias hidrográficas brasileiras: Amazônica e Platina. A primeira, pertencem o Juruena e o Teles Pires (formadores do Tapajós), além do Xingu e do Araguaia, este na fronteira com o estado de Goiás. A segunda é representada, principalmente, pelo Rio Paraguai, que nasce no estado e contribui para a manutenção da existência do complexo pantanal (Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-platina.htm>, acessado em julho de 2023). O Rio Juruena é um importante afluente do Rio Tapajós, que por sua vez é um dos principais rios da Bacia Amazônica. Alguns rios da região são muito utilizados para a prática de atividades de ecoturismo e de esportes aquáticos, como a pesca esportiva. Outros rios importantes que banham o estado de Mato Grosso são o Rio Cuiabá, que nasce na Chapada dos Guimarães e deságua no Rio Paraguai, e o Rio Teles Pires, que nasce na Serra do Cachimbo e deságua no Rio Tapajós. Esses rios também são importantes para a prática de atividades econômicas, como a pesca e a navegação (Fonte: <https://www-geografia.blogspot.com/2015/04/hidrografia-de-mato-grosso.html>, acessado em junho de 2023).

A maior parte do território do estado é composta por chapadas, planaltos e serras, com altitudes que variam entre 200 e 1.100 metros (Figura 4). As principais formações geológicas do estado são as chapadas dos Guimarães e dos Parecis, que são imponentes plataformas de rochas sedimentares que se elevam acima do Planalto Central. A Chapada dos Guimarães é uma região de grande interesse turístico, conhecida por suas paisagens deslumbrantes e pelas suas formações rochosas, como a Cachoeira da Martinha, Cidade de Pedra e a Caverna Aroe Jari (Vieira; Moraes; Paula, 2012). Outra formação geológica importante é a Serra do Roncador,

que se estende por cerca de 600 km, desde o norte do estado de Mato Grosso até o sul do Pará. A Serra do Roncador é conhecida por suas belezas naturais e por suas lendas e histórias que envolvem mistérios e lendas da cultura popular. O relevo do estado de Mato Grosso também é caracterizado por extensas planícies e várzeas, que se estendem ao longo dos principais rios do estado, como o Rio Paraguai, o Rio Juruena e o Rio Teles Pires. Essas áreas são utilizadas para a prática de atividades agropecuárias, como a criação de gado e o cultivo de grãos, como a soja e milho. Pelo sudoeste do estado, estende-se a Planície do Pantanal Mato-Grossense, considerada a maior planície inundável do mundo (Guitarrara, 2023).

CONTEXTO GEOLÓGICO E DE RECURSOS MINERAIS

O estado de Mato Grosso localiza-se na porção central do subcontinente sul-americano e abrange as rochas que formam o Cráton Amazônico e a Província Tocantins, com registros de bacias fanerozoicas depositadas sobre esses conjuntos (Figura 5).

Cráton Amazônico

As principais propostas de compartimentação geotectônica apresentadas para o Cráton Amazônico são as de Tassinari e Macambira (1999, 2004) e Santos (2003), esta posteriormente modificada por Vasquez e Rosa-Costa (2008). Segundo o modelo proposto por Tassinari e Macambira (2004), o Cráton Amazônico pode ser dividido em províncias que, de maneira geral, são mais jovens de leste para oeste, com a Província Amazônia Central (>2,5 Ga), circundada pela Província Maroni – Itacaiúnas (2,2 – 1,9 Ga), seguidas pelas províncias Ventuari-Tapajós (1,9 – 1,8 Ga), Rio Negro – Juruena (1,8 – 1,55 Ga), Rondoniana – San Ignacio (1,55 – 1,3 Ga) e Sunsás (1,25 – 1,0 Ga). O modelo proposto por Santos (2003) e modificado por Vasquez e Rosa-Costa (2008), por sua vez, dispõe a Província Carajás (3,0 – 2,5 Ga), na porção sudeste do Cráton Amazônico, limitada a sul e a norte pela Província Transamazonas (2,26 – 1,9 Ga). De oeste para leste, as demais províncias dispõem-se da seguinte maneira: Amazônia Central (1,9 – 1,8 Ga), Tapajós-Parima (2,03 – 1,86 Ga), Rondônia-Juruena (1,85 – 1,54 Ga), Rio Negro (1,82 – 1,52 Ga) e Sunsás (1,45 – 1,0 Ga).

No estado de Mato Grosso, ocorrem rochas que formam partes das províncias Carajás, Transamazonas, Tapajós-Parima, Amazônia Central, Rondônia-Juruena e Sunsás.

Província Carajás

As rochas mais antigas, até então cartografadas no estado de Mato Grosso, estão no extremo nordeste do estado, onde ocorre uma associação arqueana de tonalitos,

trondhjemitos e granodioritos, do Complexo Santana do Araguaia, e faixas de rochas metassedimentares, da Sequência Fazenda Santa Fé (Alves et al., 2010; Ribeiro; Alves, 2017). Esse conjunto representa parte do Domínio Rio Maria, da Província Carajás e aflora no estado de Mato Grosso, cujas idades de cristalização dos tonalitos são de até 2,8 Ga (Alves et al., 2010; Ribeiro; Alves, 2017).

Província Tapajós-Parima

Domínio Vila Rica

Na porção nordeste do estado, as rochas do domínio arqueano estão em contato indefinido com uma suíte metaluminosa de composição predominantemente granodiorítica, com termos quartzo-dioríticos e graníticos subordinados, denominada Suíte Vila Rica, de idade ca. 1,9 Ga (Alves et al., 2010). A natureza exata do contato é questionável, ocorrendo faixas

de transição de corpos isotrópicos a pouco deformados para zonas de intensa deformação e migmatização, que caracterizam as rochas do Complexo Cuiú-Cuiú (Alves et al., 2019). Todo esse conjunto tem sido relacionado como parte do Arco Magmático Cuiú-Cuiú (Alves et al., 2019).

Associado a esse magmatismo, ocorre um conjunto de rochas efusivas ácidas, de composição riodacítica, com termos dacíticos e riolíticos subordinados, de idade ca. 1,98 Ga, denominado de Formação Jarinã por Alves et al. (2010).

Domínio Peixoto de Azevedo

Na região de Peixoto de Azevedo, afloram as rochas do Arco Magmático Cuiú-Cuiú em uma janela estrutural. Formam esse conjunto os gnaisses e migmatitos do Complexo Cuiú-Cuiú, as vulcânicas da Formação Jarinã e as rochas que representam o magmatismo tardi- a pós-tectônico, isto é, suítes Pé Quente, Nhandú, Guarantã do Norte, Matupá e Flor da Serra (Alves et al., 2019).

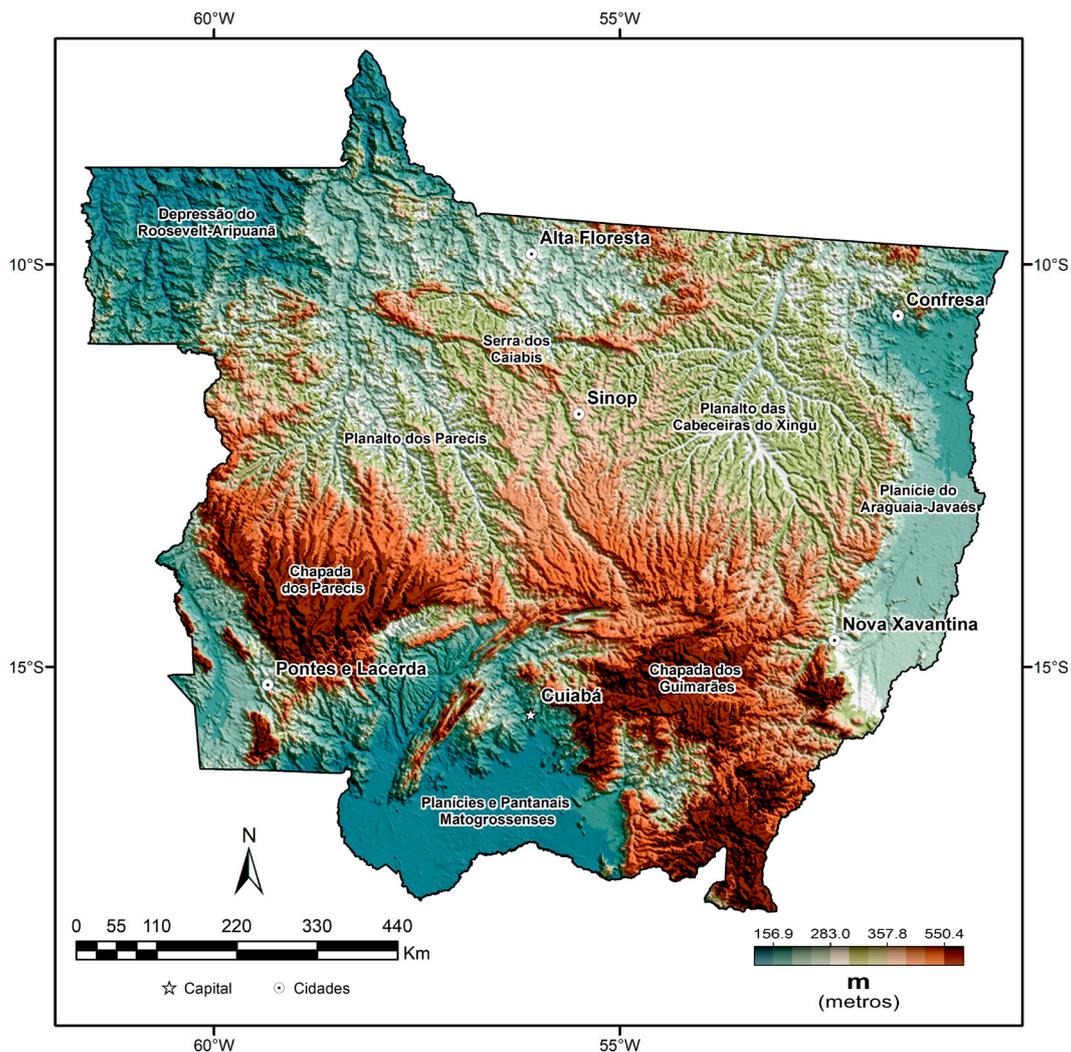
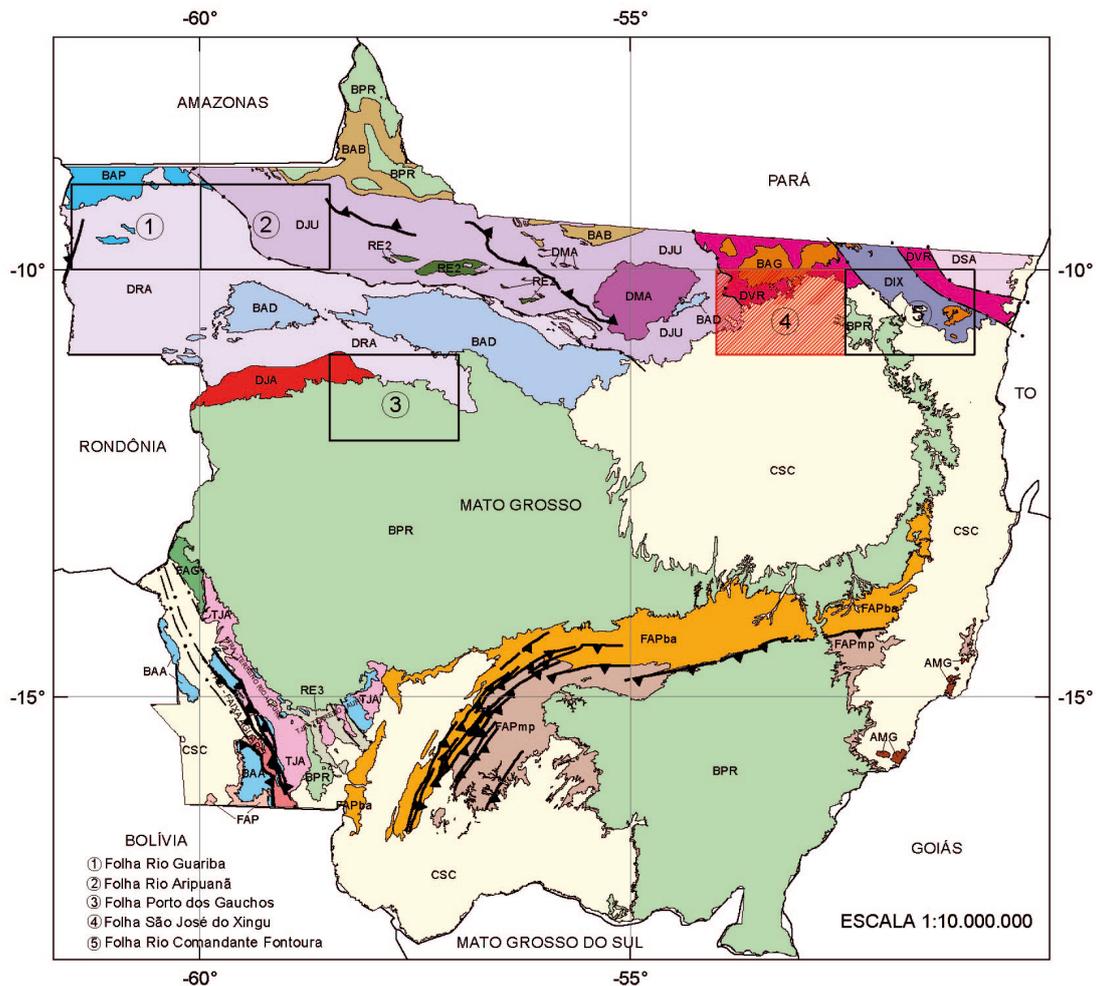


Figura 4 - Topografia do estado de Goiás (SRTM- Shuttle Radar Topography Mission - NASA) com indicação dos principais domínios geomorfológicos. Fonte: elaborado pelos autores.

ENCARTE GEOTECTÔNICO



CRÁTON AMAZÔNICO

PROVÍNCIA SUNSAS-AGUAPEÍ (1.280-950 Ma)

- FAP** Faixa Aguapeí (1.100-900 Ma)
- RE4** Rochas do embasamento (Terreno Paraguai -1.370 -1.310 Ma)

PROVÍNCIA RONDONIANO-SAN INÁCIO (1.560-1.300 Ma)

- FAG** Faixa Alto Guaporé (1.370 -1.320 Ma)
- TRA** Terreno Rio Alegre (1.510 - 1.380 Ma)
- TJA** Terreno Jauru (1.560-1.420 Ma)
 - ⊙ Domínio Jauru (1.480-1.420 Ma)
 - ⊙ Domínio Cachoeirinha (1.560 -1.520 Ma)
- RE3** Rochas do embasamento (1.780 -1.720 Ma)

PROVÍNCIA RONDÔNIA-JURUENA (1.850-1.535 Ma)

- DJA** Domínio Jamari (1.760 -1.535 Ma)
- DRA** Domínio Roosevelt-Aripuanã (1.785 -1.755 Ma)
- DJU** Domínio Juruena (1.820 -1.780 Ma)
- RE2** Rochas do embasamento (2.240-1.992 Ma)

PROVÍNCIA AMAZÔNIA CENTRAL (2.000-1.840 Ma)

- DIX** Domínio Iriri-Xingu (1.900 -1.840 Ma)

PROVÍNCIA TAPAJÓS-PARIMA (2.100-1.870 Ma)

- DMA** Domínio Matupá (1.894-1.872 Ma)
- DVR** Domínio Vila Rica (1.987-1.970 Ma)

PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS (2.260-1.950 Ma)

- DSA** Domínio Santana do Araguaia (2.187-1.950 Ma)

- RE1** Rochas do embasamento (2.830 - 2.680 Ma)

BACIAS SEDIMENTARES FANEROZÓICAS

- CSC** Cobertura Sedimentar Cenozóica

BACIAS PALEO-MESOZÓICAS

- BPR** Cobertura Sedimentar Paleo-mesozóica

PROVÍNCIA TOCANTINS (1.200- 470 Ma)

- ORÓGENOS BRASILIANOS
- FAIXA ALTO PARAGUAI (600-470 Ma)
- FAPba** Bacia de Antepais (Arenito e carbonato dominantes)
- FAPmp** Margem Passiva (Associação QPC e Turbidítica)

FAIXA BRASÍLIA (1.200-530 Ma)

- AMG** Domínio Arco Magmático de Goiás (950-530 Ma)

BACIAS SEDIMENTARES PROTEROZÓICAS MESO/NEOPROTEROZÓICA

- BAP** Bacia Palmeiral
- BAA** Bacia Aguapei

MESOPROTEROZÓICA

- BAD** Bacia Dardanelos

PALEOPROTEROZÓICA

- BAB** Bacia Beneficente
- BAG** Bacia Gorotire

- ▲▲▲ Falha/Zona de Cisalhamento Contraccional
- Limite de Províncias

Lacerda Filho, 2010

Figura 5 - Encarte geotectônico do estado do Mato Grosso (Lacerda Filho, 2010).

Nessa região, ocorrem diversos depósitos de Au de gênese hidrotermal magmática. A descoberta recente de um expressivo depósito de Cu, associado às vulcânicas Jariná, indica o elevado potencial metalogenético da região.

Província Amazônia Central

Domínio Iriri-Xingu

Intrusivos nesse conjunto, ocorrem granitos rapakivi, com altos valores de radioelementos, e associados a corpos máficos, os quais foram reunidos, respectivamente, na Suíte Intrusiva Rio Dourado e no Gabro Santa Inês (ca. 1,86 Ga; Alves *et al.*, 2010). Associados a esse magmatismo granítico ocorrem extensos afloramentos de vulcânicas ácidas a intermediárias do Grupo Iriri (Alves *et al.*, 2010).

Província Rondônia – Juruena

Sobre as rochas do Arco Magmático Cuiú-Cuiú, desenvolvem-se as rochas da Província Rondônia-Juruena, cuja história tectônica e evolução têm sido objeto de debate nos últimos anos (Oliveira; Almeida, 2021; Rizzotto *et al.*, 2019). De maneira geral, essa província é composta por rochas vulcânicas e plutônicas predominantemente félsicas de idade 1,82 Ga a 1,74 Ga, agrupadas sob o epíteto Cinturão de Rochas Ígneas da Amazônia Ocidental (Rizzotto *et al.*, 2019).

Nesse conjunto, estão englobados os gnaisses e migmatitos do Complexo Nova Monte Verde, as plutônicas da Suíte Tele Pires e da Supersuíte Juruena (suítes Nova Canaã, Paranaíta, São Pedro, Teodósia e Zé do Torno) e as rochas vulcânicas dos grupos Colíder e Roosevelt (Rizzotto *et al.*, 2019). Diversos autores reconhecem expressivo conjunto de rochas intermediárias na região, denominadas Tonalito Vitória (Ribeiro; Duarte, 2010; Souza; Frasca; Oliveira, 2005; Diener; Polo; Carneiro, 2019), ao qual se associam corpos isolados de rochas máficas, Máficas Vespôr, de significado tectônico disputado (Ribeiro; Duarte, 2010; Reis *et al.*, 2021).

Hospedados nas rochas vulcânicas e subvulcânicas dessa província, ocorrem depósitos de Au de origem hidrotermal magmática, principalmente alojados em estruturas secundárias à zona de cisalhamento principal de direção WNW-ESE (Souza *et al.*, 2005). Ocorre, ainda, o importante depósito polimetálico (Cu, Pb, Zn, Ag) de sulfeto maciço associado às vulcânicas do Grupo Roosevelt, o Depósito da Serra do Expedito (Trindade Netto *et al.*, 2020).

Intrusivos nas rochas do Cinturão Ígneo da Amazônia Ocidental, ocorrem batólitos expressivos de granitos, charnockitos e gabros calimínicos da Suíte Serra da Providência. Esses corpos formam uma associação AMCG e registram evento tafrogenético em ca. 1,5 Ga (Abdallah, 2008; Ribeiro; Duarte, 2010; Scandolaro *et al.*, 2013).

Localmente, ocorrem intrusões graníticas, com idade ca. 1,0 Ga, eventualmente associadas a greisens ricos em cassiterita, os quais são denominados de Granitos Rondonianos (Ribeiro; Duarte, 2010).

Sobre essas rochas desenvolveram-se bacias sedimentares, cujo preenchimento se deu predominantemente por material siliciclástico. Ressaltam-se as bacias do Caiabis e do Alto Tapajós, bem como Palmeiral (Lacerda Filho *et al.*, 2004).

Província Rondoniano-San Ignácio

No extremo sudoeste do estado, ocorrem terrenos de história geológica complexa, cujas rochas estão parcialmente cobertas por bacias sedimentares fanerozóicas, os quais têm sido compartimentados, de leste para oeste, em Terreno Jauru (domínios Cachoeirinha e Jauru), Terreno Rio Alegre e Terreno Paraguá (domínios Santa Bárbara, Paraguá e Sunsás, este não aflora em Mato Grosso) (Ruiz, 2005; Ruiz *et al.*, 2009). Essas rochas registram longa história orogênica e exibem feições deformacionais de orogenias paleoproterozoicas até neoproterozoicas (Bettencourt *et al.*, 2010).

O Terreno Jauru, em que estão justapostas as rochas do Domínio Cachoeirinhas e do Domínio Jauru, por meio da Zona de Cisalhamento Pitas, é composto por sequências metavulcanossedimentares e rochas metaplutônicas do embasamento paleoproterozoico e por rochas formadas em orógeno acrescionário calimínico, denominados orógenos Cachoeirinha e Santa Helena (Ruiz, 2005; Bettencourt *et al.*, 2010). O Terreno Rio Alegre, por sua vez, compreende metabasaltos de ca. 1,5 Ga, com assinaturas típicas de basaltos formados em dorsais mesoceânicas, e rochas plutônicas de assinatura toleítica a calcioalcalina de ca. 1,4 Ga (Ruiz, 2005; Bettencourt *et al.*, 2010).

No extremo ocidente do estado de Mato Grosso ocorrem as rochas do Terreno Paraguá, formadas por sequências metavulcanossedimentares e ortognaisses estaterianos, bem como por granitoides sin- a pós-colisionais e corpos de rocha básica-ultrabásica (Ruiz, 2005). Esse bloco faz contato com as rochas do Terreno Rio Alegre por meio da Sutura Guaporé, onde afloram ofiolitos gerados entre 1,47 Ga e 1,43 Ga (Rizzotto *et al.*, 2013).

Província Sunsás-Aguapé

Sobre as rochas da Província Rondoniano-San Ignácio, acomodam-se, em discordância erosiva, as rochas sedimentares do Grupo Aguapé. Esse conjunto sedimentar está deformado sobre o Terreno Jauru e nas proximidades do Terreno Rio Alegre, mas está indeformado sobre o Terreno Paraguá (Ruiz, 2005). Intrudem nessas rochas diques e soleiras máficas da Suíte Intrusiva Rancho de Prata (Souza; Castro; Lima, 2016).

Província Tocantins

Faixa Brasília - AMG

Na porção sudeste do estado, na região de Cocalinho – MT, estão cartografados gnaisses formados em ambiente de arco vulcânico no neoproterozoico e que foram atribuídos ao Arco Magmático de Goiás (Lacerda Filho *et al.*, 2004).

Faixa Paraguai

A Faixa Paraguai, de larga ocorrência no estado de Mato Grosso, corresponde a um oroclinal neoproterozoico formado pela deformação de rochas geradas em margem hiperestendida e posterior deposição cratônica (Alvarenga *et al.*, 2000; Lacerda Filho *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2021; Silva; Dantas; Vidotti, 2022). Essa unidade tectônica pode ser compartimentada em zona interna e zona externa, com base no grau deformacional e metamórfico indicativos da proximidade ao centro do orógeno (Alvarenga *et al.*, 2000) ou, alternativamente, em margem passiva e bacia de antepaís, de acordo com o ambiente de formação das rochas (Lacerda Filho *et al.*, 2004).

As rochas da Faixa Paraguai exibem clara polaridade metamórfica e estrutural, com aumento do grau de oeste para leste. Na zona interna, correspondente à porção interna da concavidade do oroclinal, ocorrem rochas metavulcânicas ácidas e básicas, e metassedimentares dos grupos Nova Xavantina e Cuiabá, bem como intrusões graníticas pós-tectônicas e seus correspondentes vulcânicos (Lacerda Filho *et al.*, 2004; Silva; Santos; Souza, 2018). As rochas do Grupo Nova Xavantina correspondem à fase de abertura da bacia precursora e, eventualmente, registram a formação de crosta oceânica em contexto de margem hiperestendida (Silva; Santos; Souza, 2018; Silva *et al.*, 2022). Esse conjunto é representado por ignimbritos, escórias, tufo e gabros, associados a BIFs e hematititos, sobrepostos por arenitos arcossianos e metacalcarenitos (Silva; Santos; Souza, 2018). Enquanto as rochas do Grupo Cuiabá compreendem filitos e rochas metassedimentares químicas, bem como depósitos turbidíticos e pelíticos distais (Lacerda Filho *et al.*, 2004). Os principais depósitos de ouro neoproterozoicos no estado de Mato Grosso ocorrem hospedados nessas rochas.

Sobre os filitos e diamictitos do Grupo Cuiabá, afloram espessos pacotes de rochas carbonáticas, pelíticas e, subordinadamente, evaporitos associados ao Grupo Araras, com as formações Nobres e Pacu (Souza *et al.*, 2012). Sobre essas rochas, repousam, em contato erosivo, diamictitos, siltitos e arenitos do Grupo Alto Paraguai, composto pelas formações Serra Azul, Raizama e Diamantino, as quais, juntamente com as rochas do Grupo Araras, compõem a Zona Externa da Faixa Paraguai (Alvarenga *et al.*, 2007;

Souza *et al.*, 2012). Localmente, ocorrem rochas sedimentares químicas, ricas em ferro e manganês, que compõem o Grupo Jacadigo (Lacerda Filho *et al.*, 2004).

Bacias Sedimentares Fanerozoicas

Bacias Paleomesozoicas

Em Mato Grosso, a Bacia do Paraná tem ocorrência restrita à porção sudeste do estado, onde exibe expressiva parte da coluna estratigráfica. Ocorrem desde as formações mais basais, representadas pelos diamictitos siluro-ordovicianos do Grupo Rio Ivaí, até depósitos cretáceos da Sub-bacia Bauru (Lacerda Filho *et al.*, 2004). Sobre os diamictitos do Grupo Rio Ivaí, jazem arenitos arcossianos e siltitos das formações Furnas e Ponta Grossa, respectivamente, seguidos por arenitos vermelhos da Formação Aquidauana (Lacerda Filho *et al.*, 2004). Sobrepostos a essas camadas, ocorrem formações com franca contribuição pelítica, notadamente a Formação Palermo e o Grupo Passa Dois, com depósitos de calcário associados (Lacerda Filho *et al.*, 2004).

Na porção sudeste do estado, próximo à divisa com o estado de Goiás, ocorre feição circular que expõe um granito em seu centro, conhecida como Domo de Araguainha, em menção à cidade edificada sobre essa estrutura, e representa um astroblema (Lacerda Filho *et al.*, 2004).

Afloram, ainda, arenitos eólicos da Formação Botucatu e pequenas áreas de exposição de basaltos do Grupo Serra Geral (Lacerda Filho *et al.*, 2004). O topo da Bacia do Paraná, no estado de Mato Grosso, é representado pelos arenitos do Grupo Bauru (Lacerda Filho *et al.*, 2004).

A Bacia do Parecis ocorre quase que exclusivamente no estado de Mato Grosso, na porção central, e recobre as rochas do Cráton Amazônico e da Faixa Paraguai. Essa unidade compreende três domínios tectonoestruturais separados pelos Altos de Vilhena e da Serra Formosa (Siqueira; Teixeira, 1993).

A deposição nessa bacia desenvolveu-se pelo rifteamento da região no Paleozoico Inferior, seguido pelo desenvolvimento de uma sinéclise do Devoniano ao Cretáceo (Silva *et al.*, 2003). O preenchimento ocorreu, principalmente, por material siliciclástico e registra intensa variação no ambiente deposicional. A evolução iniciou com depósitos de ambiente fluvial, passando por deltas e ambientes marinhos, e seguida por depósitos glaciais do Carbonífero ao Triássico (Silva *et al.*, 2003). As rochas formadas no Jurássico indicam que a região era assinalada por um deserto, que foi atingido por expressivo magmatismo básico relacionado à quebra do Supercontinente Pangea (Silva *et al.*, 2003). Por fim, no Cretáceo, a bacia recebeu contribuição sedimentar em ambiente fluvial e eólico (Silva *et al.*, 2003).

Província Alcalina

Planalto da Serra

Próximo à cidade de Planalto da Serra, e intrusivos nas rochas do Grupo Cuiabá e do Grupo Araras, ocorrem vários corpos de carbonatitos e rochas ultramáficas, englobados no Complexo Alcalino de Planalto da Serra (Souza *et al.*, 2012). Esse conjunto compreende carbonatitos, flogopita peridotitos, flogopita piroxenitos e flogopititos, com relações de contato que assinalam forte fenitização e com potencial para hospedar depósitos de fosfato magmatogênico (Souza *et al.*, 2012).

Ocorrem, ainda, associados ao lineamento 125, intrusões de kimberlitos, eventualmente diamantíferos, que intrudem as rochas do embasamento. Essas intrusões são

englobadas nas províncias de Juína e Poxoréu, sendo aquela uma das principais províncias diamantíferas do estado de Mato Grosso (Lacerda Filho *et al.*, 2004; Souza *et al.*, 2012).

Bacias Cenozoicas

Associados aos principais rios e planícies aluviais do estado, ocorrem bacias cenozoicas, notadamente as bacias do Alto Xingu, do Pantanal, do Bananal e do Guaporé (Pedreira *et al.*, 2004). Esses depósitos recentes são formados, principalmente, por deposição siliciclástica e são englobados nas formações Ranuro, Pantanal e Araguaia, respectivamente para as bacias do Alto Xingu, do Pantanal e do Bananal, enquanto os depósitos da Bacia do Guaporé reúnem-se sob o epíteto geral de depósitos aluvionares (Pedreira *et al.*, 2004).

MATERIAIS E MÉTODOS

DADOS AEROGEOFÍSICOS

Os principais e mais recentes dados aerogeofísicos, que compõem uma cobertura relevante no estado do Mato Grosso, foram levantados em dezenove projetos (Figura 6). Os projetos foram contratados pelo SGB-CPRM e pelo estado do Mato Grosso, em formato de parceria ou individualmente. Abaixo a relação dos aerolevantamentos que interceptam os limites do estado e fornecem a principal cobertura para a região:

1) Projeto Aerogeofísico Sudeste de Rondônia (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2006); **2)** Projeto Aerogeofísico Mato Grosso - Área 1 (Governo do Estado do Mato Grosso/SICME - MME/ CPRM, 2007); **3)** Projeto Aerogeofísico Mato Grosso - Área 2 (Governo do Estado do Mato Grosso/SICME - MME/ CPRM, 2008); **4)** Projeto Aerogeofísico Rio Machado (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2009); **5)** Projeto Aerogeofísico Noroeste do Mato Grosso (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2009); **6)** Projeto Aerogeofísico Aripuanã (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2010); **7)** Projeto Aerogeofísico Nordeste do Mato Grosso (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2010); **8)** Projeto Aerogeofísico Sucunduri (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2010); **9)** Projeto Aerogeofísico Sudeste do Mato Grosso (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2012); **10)** Projeto Aerogeofísico Conceição do Araguaia Sucunduri (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2012); **11)** Projeto Aerogeofísico Rondonópolis - Dom Aquino (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2012); **12)** Projeto Aerogeofísico Província Aurífera dos Tapajos - Fase 2 (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2012); **13)** Projeto Aerogeofísico Serra dos Caiabis (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2013); **14)** Projeto Aerogeofísico Norte do Mato Grosso (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2014); **15)** Projeto Aerogeofísico Serra dos Apiacás (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2014); **16)** Projeto Aerogeofísico Rio Juruena (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2014); **17)** Projeto Aerogeofísico Japuira (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2014); **18)** Projeto Aerogeofísico Cuiabá (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2015); **19)** Projeto Aerogeofísico Branco-Machadinho (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2016).

Para composição dos mapas apresentados neste Atlas, foram utilizados apenas os dezenove aerolevantamentos de alta resolução mais recentes, adquiridos após os anos 2000.

Esses projetos executaram perfis magnetométricos do campo magnético total e gamaespectrométricos de alta densidade, com linhas de voo e controle espaçadas de 500 m e 5.000 m,, orientadas nas direções N-S e E-W, respectivamente. A altura média de voo foi fixada em 100 m acima do terreno. Foram empregadas aeronaves equipadas com magnetômetro e gamaespectrômetro, posicionadas pelo sistema de observação de satélite GPS, com precisão de 1 m. O magnetômetro, com sensor de vapor de césio, foi montado na cauda da aeronave (tipo *stinger*) (Fotografia 1). As medidas foram realizadas a cada 0,1 s, o que equivale, dependendo da velocidade média da aeronave, a uma medida a cada 7,7 m. O gamaespectrômetro com detectores de cristais de iodeto de sódio (NaI) (Fotografia 2) realizou a análise individual e precisa dos fotopicos de potássio, do equivalente tório (eTh) e do equivalente urânio (eU). As medidas foram efetuadas a cada 1,0 s, representando medições a intervalos médios de amostragem de aproximadamente 77,0 m.

Além dos dezenove projetos destacados, existem outros executados e finalizados antes dos anos 2000. Tais projetos possuem características de aquisição e parâmetros distintos dos levantamentos mais modernos. Alguns deles possuem temas únicos (apenas de magnetometria ou gamaespectrometria) com espaçamentos mínimo entre linhas de voo de 3.000 metros.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO MÉTODO MAGNETOMÉTRICO

O método magnetométrico é um dos mais antigos métodos geofísicos. Desde o início, foi muito utilizado nos estudos exploratórios de recursos minerais metálicos. A indústria de exploração de petróleo fez, e ainda faz, intenso emprego dessa metodologia. Na pesquisa de minerais metálicos, sobretudo os portadores de ferro, são bem evidentes a importância e a relação direta com jazidas. Em outros casos, como o do petróleo, a magnetometria permite a identificação de estruturas, tais como domos e falhas, que podem condicionar a formação de jazidas.

O método magnetométrico mede o campo magnético da Terra. O campo magnético terrestre pode ser considerado como produzido por um momento de dipolo localizado no centro da Terra, apontando para o Sul e formando um ângulo em relação ao eixo de rotação. Os pontos em que o eixo do dipolo intercepta a superfície da Terra são denominados polos geomagnéticos (Figura 7). As linhas de forças que atravessam a esfera terrestre ficam paralelas com a superfície nas proximidades da Linha do Equador.

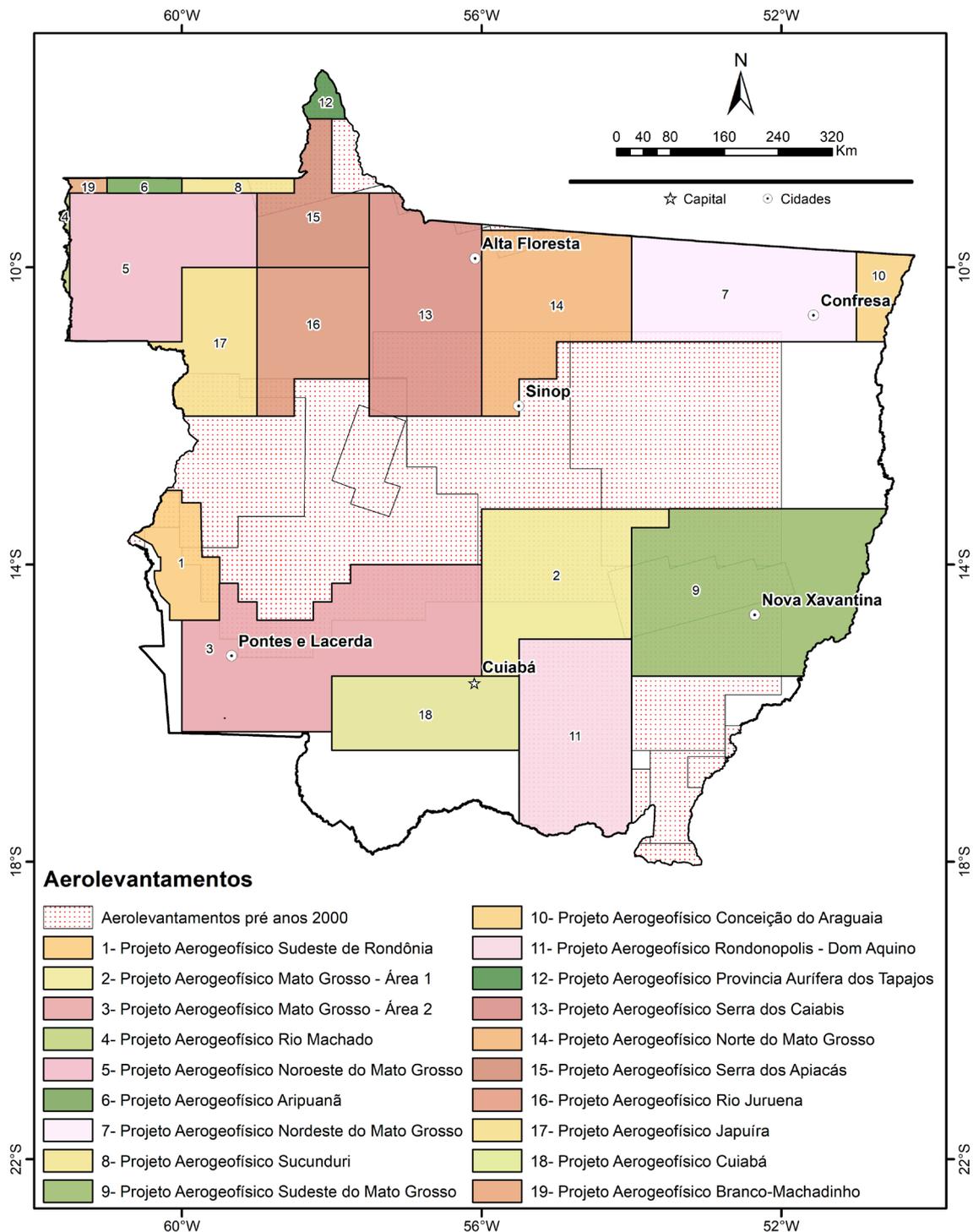


Figura 6 - Localização dos levantamentos aerogeofísicos realizados no estado do Mato Grosso.

Fonte: elaborado pelos autores.

Ele é composto por três partes: o campo principal, que tem origem no núcleo externo da Terra; o campo externo, produzido por correntes elétricas que circulam na ionosfera e varia rapidamente; e variações do campo principal que são constantes no tempo e causadas por anomalias magnéticas locais geradas por rochas e minerais magnéticos próximos à superfície da Terra (Telford *et al.*, 1990).

De acordo com Telford *et al.* (1990), todos os materiais podem ser classificados em três grupos de acordo com as suas propriedades magnéticas: diamagnético, paramagnético e ferromagnético. As substâncias diamagnéticas apresentam susceptibilidade magnética (μ) negativa, significando que a magnetização induzida (B) por um campo externo (H) apresenta direção oposta ao campo H .



Fotografia 1 - Avião equipado com magnetômetro do tipo vapor de césio montado na cauda da aeronave (tipo stinger). Este magnetômetro mede o campo magnético total a cada 0,1 s.



Fotografia 2 - Avião equipado com gamaespectrômetro com detector de cristal de iodeto de sódio. Este gamaespectrômetro mede dados de radioatividade natural a cada 1,0 s.

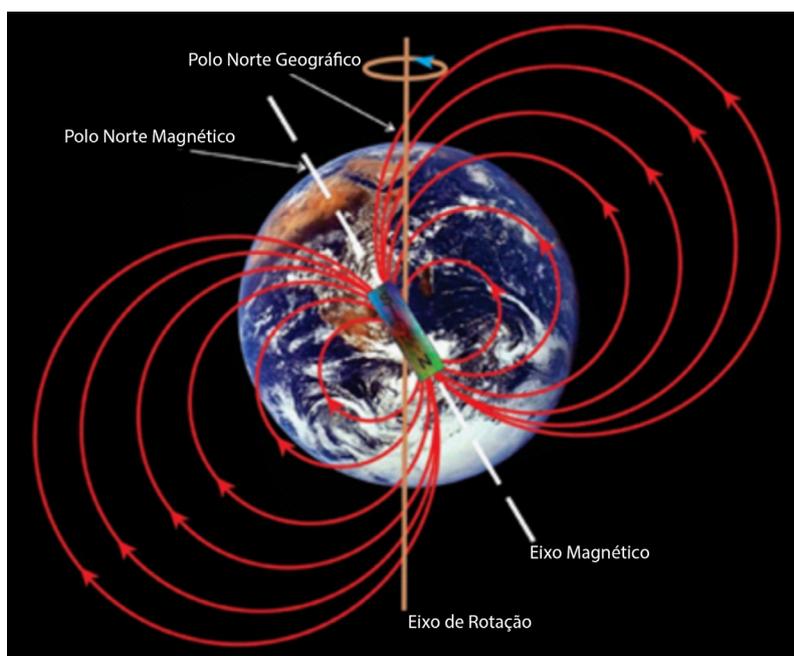


Figura 7 - Representação esquemática do campo magnético da Terra, que pode ser comparado com um grande ímã cuja direção forma um ângulo agudo com o eixo de rotação. Fonte: elaborado pelos autores.

As substâncias que não são diamagnéticas são denominadas paramagnéticas, ou seja, apresentam susceptibilidade magnética positiva. Os ferromagnéticos são materiais paramagnéticos, no qual a interação entre os átomos é tão forte que ocorre um alinhamento de momentos magnéticos em grandes domínios das substâncias. A temperatura Curie é a temperatura a partir da qual um material perde as suas características ferromagnéticas e passa a se comportar como paramagnético (Fe 750°C, Ni 310°C, magnetita 515°C).

A susceptibilidade magnética é um parâmetro adimensional que define a intensidade da magnetização induzida em uma rocha ($H = \mu B$), tendo relação direta com a quantidade e dimensão dos minerais magnéticos contidos nas rochas.

Os principais minerais magnéticos são: magnetita, ilmenita e pirrotita. Entre eles, a magnetita é o que apresenta os maiores valores de susceptibilidade. Entre as rochas, os basaltos e os peridotitos são os que têm maiores susceptibilidades (Telford *et al.*, 1990).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO MÉTODO RADIOMÉTRICO

O método radiométrico é baseado na detecção da emissão natural de raios gama produzidos pelo decaimento radioativo de isótopos. Alguns isótopos são instáveis e tornam-se estáveis pela emissão de radiação energética ionizada, denominados radioisótopos (Kearey; Brooks; Hill, 2002).

O decaimento radioativo, que leva à formação de elementos estáveis, é exponencial e sua taxa de decaimento segue a fórmula: $N = N_0 e^{-\lambda t}$, onde N é o número de átomos restantes após um tempo t , a partir de um número inicial N_0 a um tempo $t = 0$; λ é a constante de decaimento característica de cada elemento (Kearey; Brooks; Hill, 2002).

A importância do método radiométrico, nas últimas décadas, deve-se à grande demanda de minerais radioativos provocada pela necessidade de combustíveis nucleares (Kearey; Brooks; Hill, 2002). Entretanto, levantamentos radiométricos são muito úteis no mapeamento geológico para o reconhecimento e diferenciação de diversos tipos de rochas (Pires; Harthill, 1989).

Na natureza, ocorrem em torno de 50 isótopos radioativos, mas a maioria é rara ou fracamente radioativa. Os elementos com interesse principal em radiometria são urânio (^{238}U), tório (^{232}Th) e potássio (^{40}K), pois são os únicos com radioisótopos que produzem raios gama com energia suficiente para serem medidos em levantamentos aéreos (Minty, 1997). O fotópico mais energético da série de decaimento do Th é emitido pelo isótopo ^{208}Tl , enquanto o U é detectado pelo fotópico emitido pelo isótopo ^{214}Bi (Minty; Luyendyk; Brodie, 1997). Em média, a crosta da Terra contém 2,5 % de K, 12 ppm de Th e 3,5 ppm de U (Dickson; Scott, 1997). Existe um grande número de minerais radioativos, porém os mais comuns são aqueles apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Minerais Radioativos de acordo com Telford *et al.* (1990).

Mineral	Ocorrência
Potássio	
Feldspatos (ortoclásio, microclinas)	Rochas ígneas ácidas e pegmatitos
Alunita	Rochas ígneas ácidas e pegmatitos Alterações em ácidas vulcânicas
Silvita, carnalita	Depósitos salinos em sedimentos
Tório	
Monazita	Granitos, pegmatitos, gnaisses
Torianita	Granitos, pegmatitos, aluviões
Torita, uranotorita	Granitos, pegmatitos, aluviões
Urânio	
Uraninita	Granitos, pegmatitos
Carnotita	Arenitos
Gumita	Associadas com uraninita

PROCESSAMENTO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS

Neste item, estão descritas as metodologias utilizadas para o tratamento dos dados magnetométricos objetivando sua apresentação em formato adequado para os trabalhos de interpretação e integração geológica. De acordo com Isles e Rankin (2013), a tarefa de controle de qualidade de um levantamento aeromagnetométrico requer experiência geofísica especializada e nem sempre é realizada pela pessoa responsável pela interpretação dos dados. Os principais problemas para o intérprete são os níveis de ruído nos dados, pois precisam ser baixos e sua remoção não deve afetar os objetivos dos trabalhos de interpretação e correlação geológica.

Os projetos aerogeofísicos contratados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) incluem contratualmente que as companhias de aerolevantamentos entreguem os resultados com os dados nivelados em malhas interpoladas e, no caso dos dados magnetométricos, com o efeito do campo magnético da Terra removido por meio de um modelo do campo denominado International Geomagnetic Reference Field (IGRF).

Plataforma de Processamento

Nos trabalhos de processamento, foram empregadas ferramentas disponíveis no programa *Oasis Montaj* da Geosoft, versão 9.0 ou maior, sendo as mais usadas: *Geophysic Leveling* para nivelamento, *Grid and Image* para interpolação e apresentação dos resultados, *GridKnit* para junção de diferentes projetos em uma mesma malha e *MAGMAP filtering* para aplicação de transformações e de filtros nos dados.

Interpolação

Os dados são entregues pelas companhias de aerolevantamentos já interpolados. Entretanto, pode ser necessária, de acordo com a exigência do geofísico, a repetição do processo em diferentes etapas do seu projeto de trabalho. A interpolação é o processo em que se determina o valor de uma função em um ponto interno de intervalo, a partir dos valores dessa função nas fronteiras desse intervalo. Esse procedimento é executado com o objetivo de transformar dados discretos em um mapa de registro contínuo, mais adequado à interpretação. A partir do banco de dados produzido pelos levantamentos aerogeofísicos, os dados

corrigidos e nivelados foram interpolados em uma malha de 125 x 125 m pelo método bidirecional. Esse método produz malhas interpoladas em duas etapas de processamento: a) cada linha é interpolada ao longo da linha original de levantamento, fornecendo valores na intersecção de cada linha da malha com o valor observado; b) os pontos de intersecção para cada linha são interpolados na direção ortogonal para produzir valores em cada ponto requerido da malha.

Junção dos Diferentes Projetos

No estado de Mato Grosso, o levantamento completo com dados aerogeofísicos necessitou a execução de dezoito diferentes projetos (Figura 5). Portanto, uma das tarefas mais importantes foi juntar os dados magnetométricos e gamaespectrométricos de cada projeto em malhas individuais para todo o estado, o que implicou algumas vezes, na necessidade do reprocessamento e no nivelamento dos dados brutos. Para isso, foi empregada a ferramenta *GridKnit*, utilizando técnicas de fusão de malhas, reduzindo o efeito de artefato que ocorre, geralmente, nas interfaces entre dados de diferentes projetos. Essa empreitada é mais complicada quando aplicada nos dados gamaespectrométricos, por causa das diferenças nos sensores utilizados em cada levantamento. O principal problema de junção de dados ocorreu com o canal de equivalente urânio.

Aplicação de Transformações e Filtros nos Dados Aeromagnetométricos

Os procedimentos de filtragens dos dados aeromagnetométricos foram efetuados por meio do *MAGMAP filtering*. Esse sistema é constituído por um grupo de programas que aplicam filtragens bidimensionais em dados interpolados de campo potencial (magnéticos e gravimétricos) no domínio do número de onda. As técnicas utilizadas foram adaptadas dos trabalhos de Bhattacharyya (1966) e Spector e Grant (1970). Os filtros são aplicados aos dados após pré-processamento para remover tendências, preenchimento de espaços vazios e transformação para o domínio do número de onda, por meio da técnica de *Fast Fourier Transform (FFT)*. Após a filtragem, a malha de dados é transformada de volta para o domínio do espaço. Nos itens a seguir, onde estão apresentados os mapas aerogeofísicos para cada produto resultante de uma transformação ou filtragem, existe uma breve descrição dos fundamentos teóricos e utilidades práticas dos resultados.

▶ MAPAS AEROMAGNETOMÉTRICOS

Uma das principais finalidades do uso de dados magnetométricos é encontrar corpos de minério, pois somente com uma extensa cobertura de dados magnetométricos é possível descobrir novas jazidas de minerais metálicos. De acordo com Isles e Rankin (2013), sem os extensos levantamentos magnetométricos realizados na Austrália e Canadá, grandes minas de classe mundial não teriam sido encontradas.

Uma das mais importantes contribuições dos dados magnetométricos é sua potencialidade para desvendar a terceira dimensão dos dados geológicos. Feições geológicas, como corpos e estruturas, podem ser inferidas em profundidade por meio de interpretações e modelagens. As zonas de cisalhamentos são um dos objetos geológicos mais evidentes em mapas magnetométricos; contudo, sua contribuição para a delimitação tridimensional de formações vulcânicas, intrusões de rochas básicas e de granitoides magnéticos é fundamental.

Atualmente, em todo o mundo, sobretudo nos países com dimensão continental, os governos têm empreendido um

grande esforço de levantamento de dados magnetométricos com vistas ao reconhecimento geológico de seus territórios. O Brasil foi um desses países que nas últimas décadas iniciou uma grande campanha de levantamentos aerogeofísicos, como apresentado na introdução deste Atlas, empregando-os no mapeamento geológico.

No início das pesquisas para localização de jazidas de petróleo, antes do advento e avanços nas técnicas do método sísmico, a magnetometria foi uma ferramenta importante. Entretanto, a mesma técnica aplicada com dados magnetométricos na pesquisa de petróleo pode ser empregada para estudos de água subterrânea. Estruturas, tais como zonas de cisalhamentos, facilmente identificadas pelo método, podem estar condicionando depressões tectônicas com maior acúmulo de água ou barreiras hidráulicas, que dificultam o fluxo da água e compartimentam bacias sedimentares. Nas rochas cristalinas, alinhamentos magnéticos são correlacionados com falhas ou zonas de fraturas regionais, com importância na identificação de áreas de detalhes para prospecção de aquíferos fraturados.

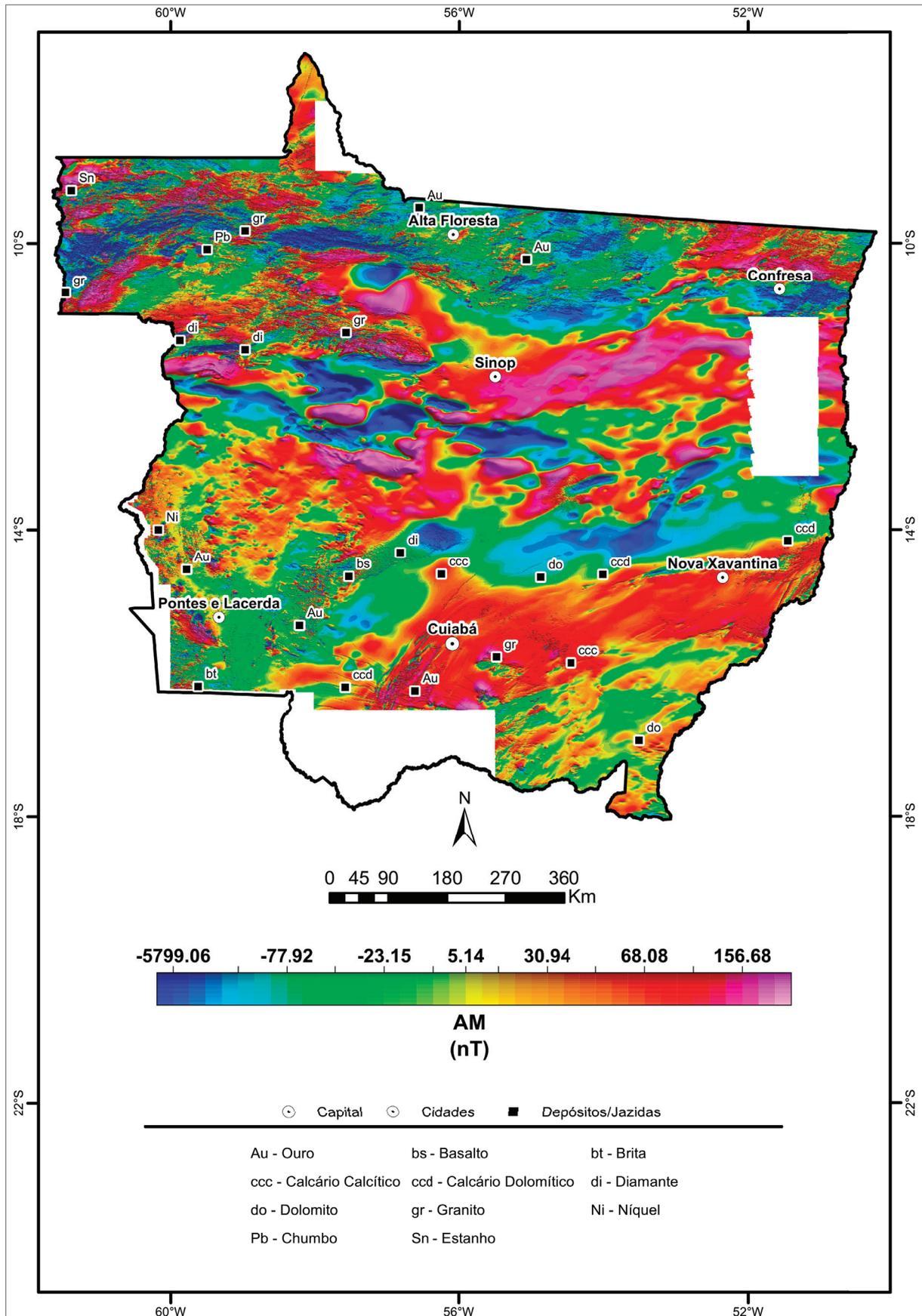
▶ ANOMALIAS MAGNETOMÉTRICAS

PARA A INTERPRETAÇÃO de dados magnetométricos regionais e sua aplicação em estudos geológicos, é necessária a remoção de um modelo de campo magnético da Terra (*International Geomagnetic Referencel Field - IGRF*). O resíduo resultante é empregado na interpretação de anomalias, domínios, alinhamentos e modelagens dos dados para integração com informações geológicas e de recursos minerais.

Observa-se, na anomalia magnetométrica, que o padrão mais frequente é o de emparelhamento de pares positivos e negativos, com o positivo a noroeste e o negativo a sudeste. Esse padrão é característico de levantamentos próximos do equador magnético. Neste caso, a relação frequência-amplitude das anomalias magnéticas permite interpretá-las qualitativamente em termos de dimensão e profundidade. Nos trabalhos de mapeamento e prospecção, devem ser destacadas as anomalias magnéticas cujas relações frequência-amplitude indiquem profundidades rasas. Nas latitudes magnéticas atuais do estado de Mato Grosso, as fontes das anomalias magnéticas devem ser procuradas próximas dos centros dos dipolos. Variações no formato desses dipolos são importantes e podem indicar diferenças quanto à forma, sentido de mergulho e profundidade do corpo magnético.

Para Isles e Rankin (2013), embora a anomalia magnetométrica sem aplicação de transformações ou filtros não seja a forma de dados mais usada na interpretação, deve sempre ser considerada como o passo inicial e um ponto de referência essencial em relação aos produtos transformados ou filtrados.

Anomalias Magnetométricas



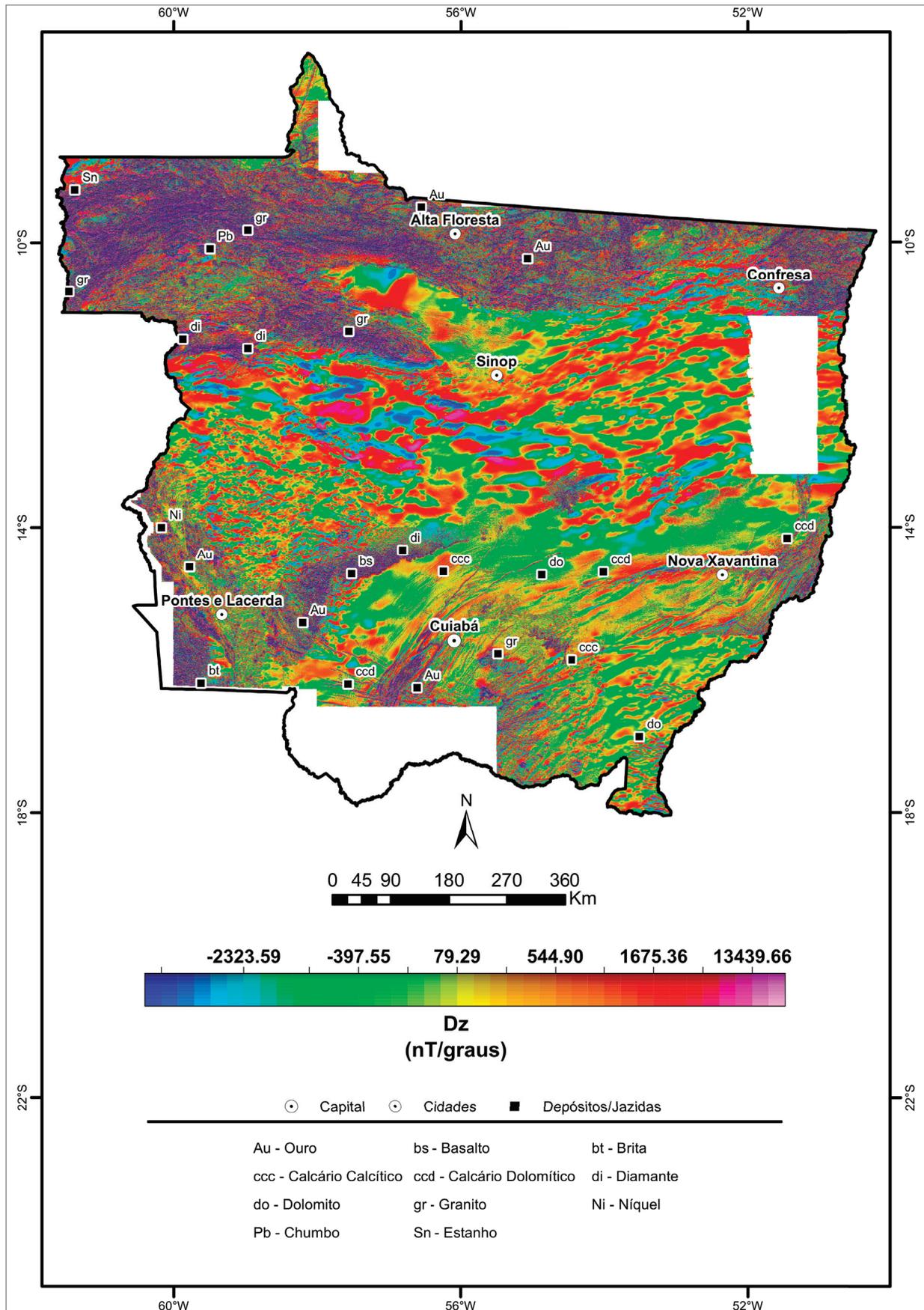
1ª DERIVADA VERTICAL DA ANOMALIA MAGNETOMÉTRICA

AS DERIVADAS SÃO FILTROS empregados para enfatizar fonte rasas e são muito utilizados para interpretar lineamentos magnéticos. Pela sua capacidade de remover fontes profundas, apresentam boa aplicabilidade no entendimento da tectônica rasa e em trabalhos de prospecção. O operador matemático da 1ª derivada vertical é definido pela seguinte expressão:

$$L(r) = r^n,$$

onde $n=1$ é a ordem de diferenciação aplicada.

1ª Derivada Vertical da Anomalia Magnetométrica



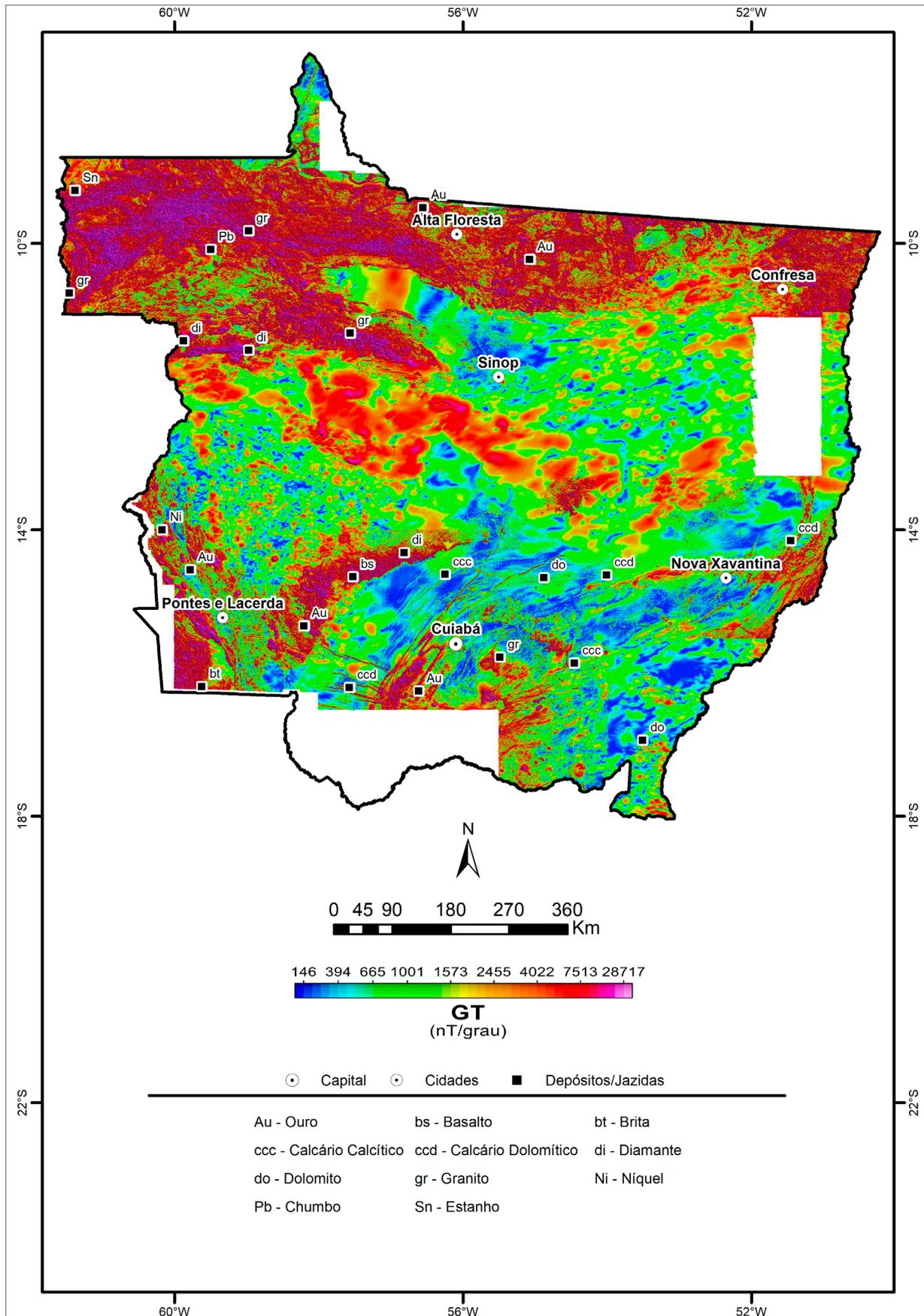
▶ GRADIENTE TOTAL DA ANOMALIA MAGNETOMÉTRICA

ANTERIORMENTE DENOMINADO por Amplitude do Sinal Analítico (Macleod; Jones; Dai, 1993), o Gradiente Total é uma técnica de filtragem muito eficiente na localização de limites e na profundidade dos corpos. Sua função é expressa por um vetor de adição de duas componentes reais nas direções (X e Y) e por uma imaginária na direção Z. O Gradiente Total é uma ótima alternativa de redução ao polo para o problema de localização de fontes magnéticas em baixas latitudes. Por causa do emprego de derivadas, esse filtro remove fontes profundas, porém, define muito bem a localização das fontes rasas, tendo um emprego bastante eficiente em estudos de prospecção e na definição de pontos para perfuração de corpos magnéticos. O operador matemático do Gradiente Total é definido pela seguinte expressão:

$$GT = \sqrt{\frac{\partial M^2}{\partial x} + \frac{\partial M^2}{\partial y} + \frac{\partial M^2}{\partial z}},$$

onde M é a Anomalia Magnetométrica e x e y são direções horizontais e z é a direção vertical.

Gradiente Total da Anomalia Magnetométrica



▶ PRINCIPAIS CORRELAÇÕES GEOLÓGICAS DOS DADOS AEROMAGNETOMÉTRICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO

UMA VISUALIZAÇÃO preliminar dos mapas derivados dos dados de magnetometria aérea revelam uma vasta quantidade de anomalias magnéticas. Muitas das anomalias são destacadas em termos de polaridade, extensão, forma e textura. Neste texto, apenas algumas dessas anomalias magnéticas serão correlacionadas com as informações geológicas, visando dar ao leitor um quadro ilustrativo das possíveis fontes.

Contudo, deve-se ter em mente que a validação das fontes magnéticas aqui propostas requer a realização de pesquisas mais detalhadas, incluindo trabalhos de campo.

Em termos de textura do relevo do campo magnético anômalo, o estado do Mato Grosso apresenta dois padrões claramente distintos entre si: um padrão rugoso, dominado por fortes contrastes de magnetização, e um padrão relativamente suave, onde o contraste de magnetização aparenta ser relativamente moderado ou fraco.

O padrão textural rugoso ocorre predominantemente na porção setentrional do estado do Mato Grosso, principalmente na porção norte da Bacia do Parecis. As fontes das anomalias magnéticas que formam esse padrão são diversas, mas muitas delas provavelmente estão relacionadas ao contraste de suscetibilidade magnética das unidades litoestratigráficas e/ou às feições estruturais.

Em termos de polaridade, chama a atenção uma grande anomalia magnética de polaridade invertida (isto é, polo positivo voltado para o sul) (Dentith; Mudge, 2014), alongada na direção E-O e cuja extensão é relativamente equivalente entre as cidades de Cotriguaçu e Nova Monte Verde. No Mapa do Gradiente Total, a anomalia magnética invertida sofre grande interferência de anomalias magnéticas de curto comprimento de onda, dificultando assim o seu reconhecimento no último mapa. É possível que esteja relacionada a uma magnetização remanente de alguma feição estrutural de larga escala, possivelmente rica em minerais ferrimagnéticos. Deste modo, tal estrutura regional pode estar relacionada a intrusões ultramáficas em grandes profundidades (*underplating* ?) (Rizzotto *et al.*, 2019).

Na porção central da região norte do estado do Mato Grosso, outra grande anomalia magnética com polaridade invertida pode ser claramente vista ao norte da cidade de Juara. Essa anomalia ocorre na porção norte da Bacia dos Caiabis, possui aspecto aproximadamente circular e é fortemente atenuada no mapa do Gradiente Total. Pesquisas anteriores têm sugerido que a fonte está situada a uma profundidade ~ 6,5 km, podendo estar relacionada a uma possível intrusão máfica (Gunn, 1997; Silva; Severino; Gonçalves, 2019).

Extensas anomalias magnéticas, com formas lineares, são destacadas nos mapas aeromagnetométricos. Aparentemente, ao menos duas grandes classes de anomalias magnéticas lineares podem ser identificadas nos mapas aeromagnetométricos regionais: i) anomalias magnéticas lineares contínuas - a maioria delas possuem direção geral WNW - ESE. É possível que a maior parte de tais anomalias sejam um reflexo de feições de larga escala relacionadas à deformação dúctil (Airo, 2002). Nesse grupo, também, podem ser incluídas anomalias magnéticas com formas sigmoidais, algumas das quais podem estar relacionadas ao padrão de deformação de complexos metamórficos (Complexo Nova Monte Verde) (Rizzotto *et al.*, 2019b); ii) anomalias magnéticas lineares descontínuas - possui diversas direções, mas aquelas com direções gerais NE - SW são mais fáceis de serem identificadas, principalmente nas imediações das cidades de Matupá, Guarantã do Norte e Colíder. Ao contrário do grupo anterior, anomalias magnéticas lineares descontínuas, frequentemente, estão associadas às feições estruturais comumente formadas em regime de deformação rúptil (Airo, 2002).

Ainda na porção norte do estado do Mato Grosso, além das anomalias magnéticas relacionadas ao estilo de deformação, também é possível identificar as que podem ser correlacionadas com unidades litoestratigráficas. Dentre os principais exemplos,

pode-se citar: as anomalias magnéticas com polaridade normal e formato semicircular relacionadas às rochas graníticas (Granito Aripuanã) situadas na porção oeste da cidade de Aripuanã; pequenas anomalias magnéticas com polaridade invertida relacionadas aos gabros e diabásios das intrusivas máficas de Guadalupe; e anomalias magnéticas com formato irregular e polaridade indefinida associadas aos metagabros e/ou metadiabásios do Gabro Juína.

Regiões com contraste de magnetização relativamente fracas, também, ocorrem na porção norte do estado do Mato Grosso. No geral, essas regiões coincidem com locais onde rochas sedimentares siliciclasticas são predominantes (Formações Dardanelos, Ronuro, Gorotire, Salto das Nuvens, etc). A fraca assinatura magnética vista nessas regiões provavelmente se deve ao fato de que rochas sedimentares comumente são desprovidas de minerais magnéticos e, dessa forma, podem ser consideradas como não magnéticas (Clark, 1997).

Na Bacia dos Parecis, porção central do estado do Mato Grosso, o relevo do campo magnético anômalo é relativamente suave, com poucas anomalias de alta frequência (ou rasas). Esse aspecto suave deve-se ao fato de que os parâmetros de aquisição dos dados aeromagnetométricos adquiridos na bacia foram desenhados para identificar anomalias magnéticas regionais, principalmente aquelas relacionadas às estruturas do embasamento. Nesse sentido, algumas estruturas do embasamento podem ser relacionadas com os dados de magnetometria. O Alto do Brasnorte e o Graben Pimenta Bueno, por exemplo, podem ser correlacionados com anomalias magnéticas alongadas nas direções E - O e/ou NW - SE, respectivamente (Bahia *et al.*, 2007). No mapa de anomalias magnéticas, uma ampla faixa com valores de até 210 nT ocorre na direção NE – SW, desde a cidade de Santa Carmem até a porção sul da cidade de Canabrava do Norte. Para além desse município até a porção sul da cidade de São Félix do Araguaia, a faixa aparenta ser mais estreita e a direção passa a ser NW - SE. No mapa do Gradiente Total, a visualização da faixa é completamente atenuada, indicando que a fonte causadora deve estar relacionada a estruturas geológicas em profundidade. Em termos estruturais, tem a mesma direção que a porção do Alto do Brasnorte, que separa os grabens NW Xingu e SW Xingu, e pode ser a expressão magnética dele (Bahia *et al.*, 2007).

O relevo do campo magnético anômalo da porção meridional do estado do Mato Grosso apresenta um padrão relativamente suave. Contudo, é diferente dos padrões que são observados na porção norte e central do estado do Mato Grosso. O relevo do campo magnético anômalo da porção norte é mais rugoso do que o da porção sul. Por outro lado, o relevo do campo magnético anômalo da porção sul é relativamente mais rugoso do que aquele da porção central (Bacia do Parecis). A diferença entre os sinais magnéticos das porções sul e central é devido à resolução dos aerolevantamentos: os da porção sul possuem maior resolução do que aqueles da porção central, de modo que há maior contribuição de fontes magnéticas de alta frequência (mais rasas).

Similarmente ao observado na porção norte do estado, grandes lineamentos magnéticos contínuos e descontínuos ocorrem na porção sul. Esses lineamentos possuem direção geral NE - SW, ocorrem ao longo de uma ampla faixa cuja extensão abrange as cidades de Poconé, Várzea Grande, Cuiabá, Campo Verde, Primavera do Leste, Santo Antônio do Leste e Nova Xavantina. Muitos desses lineamentos são um reflexo das diversas estruturas que compõem a Faixa Paraguai (Silva; Dantas; Vidotti, 2021). Nas imediações da cidade de Cáceres, diversas anomalias magnéticas lineares descontínuas ocorrem em direções quase perpendiculares aos lineamentos magnéticos associados à Faixa Paraguai. No mapa do Gradiente Total, muitas dessas anomalias magnéticas lineares descontínuas são facilmente detectadas como feições magnéticas isoladas. De acordo com estudos anteriores, tais anomalias lineares podem estar relacionadas aos diques máficos (Silva; Dantas; Vidotti, 2021).

Na porção sul do estado do Mato Grosso, a correlação entre as anomalias magnéticas e as unidades litoestratigráficas é mais difícil do que na porção norte, pois as fontes das anomalias magnéticas muitas vezes estão cobertas por rochas sedimentares consolidadas ou coberturas inconsolidadas. Esse parece ser o caso de algumas anomalias magnéticas com formato aproximadamente circular que ocorrem no extremo SW do estado ao longo de uma faixa que vai desde a cidade de Porto Esperidião até o município de Comodoro. Nessa faixa, as anomalias magnéticas apresentam polaridades normais ou inversa, com formatos circulares ou lineares. Modelagens e inversões 3D, realizadas em pesquisas anteriores, têm revelado que, embora algumas das anomalias magnéticas sejam vistas como fontes relativamente distintas entre si, algumas delas podem estar conectadas em profundidade, mesmo quando as fontes magnéticas possuem polarização distintas (Ribeiro; Louro; Mantovani, 2013). Vale destacar que algumas anomalias magnéticas circulares ocorrem muito próximas de kimberlitos que foram catalogados no Projeto Diamante Brasil (Nannini *et al.*, 2017), de modo que a investigação mais detalhada pode abrir novas perspectivas exploratórias na região.

A despeito da cobertura sedimentar, é possível identificar a assinatura magnética de algumas unidades litoestratigráficas. Por exemplo, os limites do Granito São Vicente, na porção leste da cidade de Santo Antônio do Leverger, apresentam boa semelhança com os limites da anomalia magnética que é observada sobre essa unidade. O mesmo ocorre com os diabásios da Formação Tapirapuã, nas imediações da cidade de Tangará da Serra (Silva; Dantas; Vidotti, 2021). Ressalta-se que os dados de magnetometria aérea permitem distinguir claramente a zona de contato entre os diabásios da Formação Tapirapuã e os folhelhos, os argilitos e os siltitos da Formação Diamantino. Essa zona de contato tem sido conhecida como Lineamento Tangará da Serra (Silva; Dantas; Vidotti, 2021).

▶ MAPAS AEROGAMAESPECTROMÉTRICOS

O método gamaespectrométrico mede a taxa e a energia da radiação gama, provenientes do potássio, tório e urânio, contidas nas rochas (Minty, 1997). Nos levantamentos, são empregados cristais detectores (geralmente de iodeto de sódio), que absorvem a radiação gama; a cintilação dessa radiação no cristal pode ser medida em contagem por segundo (cps). Quando existem sistemas calibradores, é possível quantificar o potássio (em porcentagem), o tório (em ppm) e o urânio (em ppm), contudo, não é medida diretamente a intensidade da energia desses radioisótopos, mas dos radioisótopos-filhos: ^{40}K para o potássio, ^{208}Tl para o tório e ^{214}Bi para o urânio. Por esse motivo, foi convencionado o uso de “e” antes dos símbolos do urânio (eU) e do tório (eTh), para indicar que as concentrações são equivalentes. É importante enfatizar que o método gamaespectrométrico é empregado para investigação de variações que ocorrem apenas na superfície da rocha, qualquer obstáculo não radioativo sobre a rocha causa supressão do sinal. Por exemplo, uma cobertura de 20 cm de areia quartzosa é capaz de suprimir metade da radiação da rocha. Por esse motivo, é necessário ao intérprete levar em

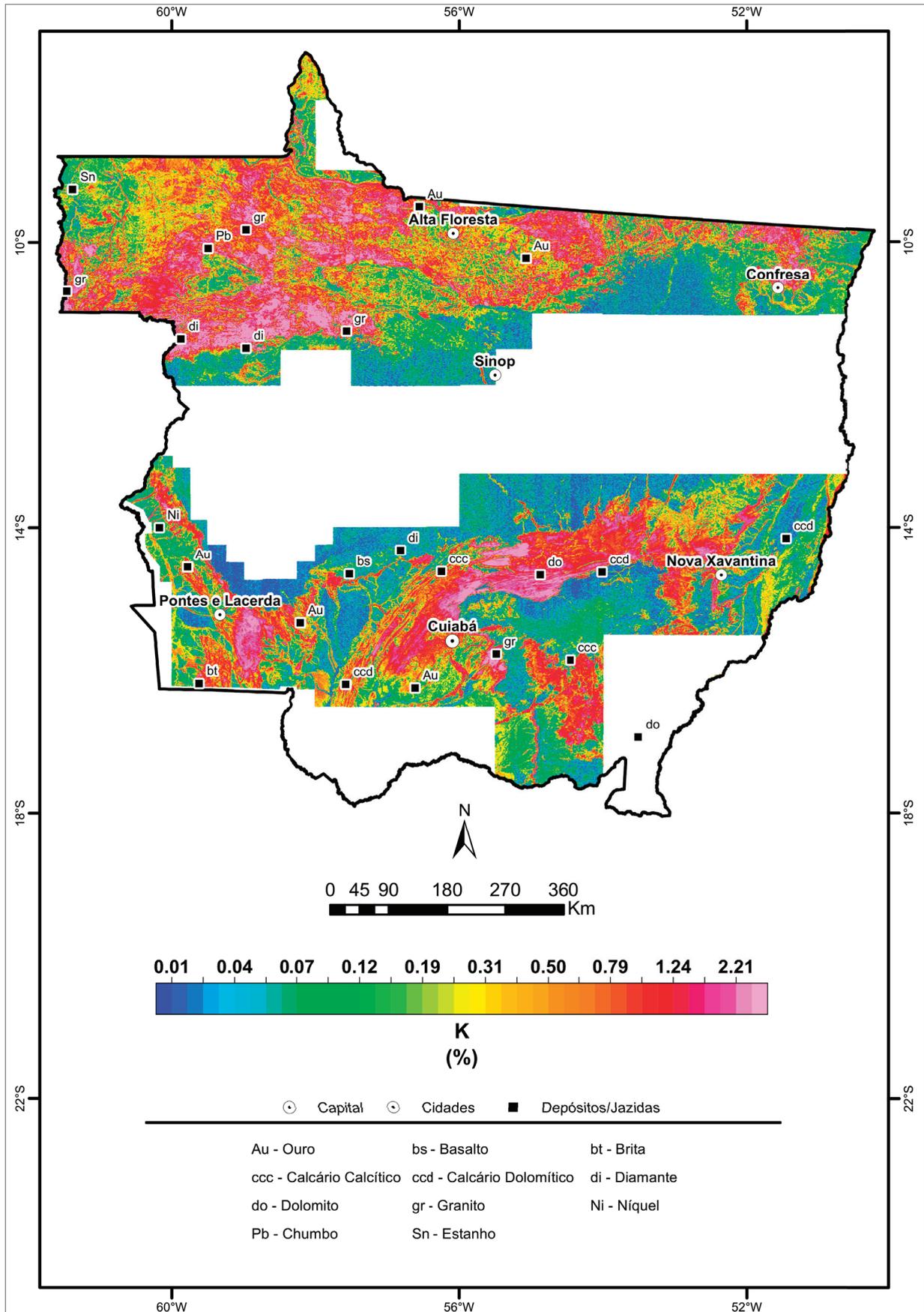
consideração o efeito causado por coberturas sedimentares alóctones, vegetação densa e corpos de água que ocorrem na área de levantamento. No último caso, rios que carregam muito material erodido em suspensão na água, podem apresentar sinal radioativo, como é o caso dos rios da região amazônica. Por outro lado, os rios secos da região semiárida do Nordeste do Brasil podem apresentar aluviões com sinal radioativo de material que foi carreado por longas distâncias. O potássio, o tório e o urânio aumentam nas rochas ácidas e diminuem nas rochas básicas. Entre eles, o tório tem o comportamento menos móvel, enquanto o urânio é o mais móvel. Comumente, o urânio, quando liberado das rochas hospedeiras, tende a ser absorvido pelos minerais argilosos formados pelo intemperismo. De outra forma, nas rochas sedimentares arenosas, a existência de anomalias radiométricas indica a presença de minerais pesados, tais como, zircão e monazita, ricos em tório. Também, é possível inferir, pela observação prática e como regra geral, que nas rochas graníticas o aumento de concentração desses radioelementos é, às vezes, uma indicação do aumento da alcalinidade.

► POTÁSSIO

NO ESTADO DE MATO GROSSO, o potássio apresenta média de 0,59%, significativamente abaixo dos valores médios informados em Dickson e Scott (1997) para a crosta da Terra (2,35%). As principais características do elemento potássio, de acordo com o texto do Atlas Geoquímico de Roraima (Freitas; Marmos, 2017), são apresentadas a seguir.

O potássio é um metal alcalino, de cor prateada, mole, bom condutor de calor e eletricidade, que se oxida facilmente e, depois do Li, é o metal mais leve. Em virtude de sua alta reatividade, não é encontrado livre na natureza. Devido à similaridade entre os raios atômicos, pode ser substituído por Rb, Cs, Ba, Pb e Tl. É um dos maiores constituintes dos minerais formadores de rocha e o sexto mais comum na natureza, depois do Ca. Durante a diferenciação magmática, concentra-se progressivamente em K-feldspatos, como o ortoclásio e a microclina, e outros silicatos, entre eles alunita, leucita e muscovita, o que faz com que fique mais enriquecido nas rochas ácidas do que nas básicas (Koljonen, 1997). Pode, também, estar presente em soluções hidrotermais associado a mineralizações de cobre pórfiro e em pegmatitos (MINEROPAR, 2005) e em minerais de minério: evaporitos, como a silvinita (mistura de silvita e halita), nitro ou caliche, carnalita, polialita, cainita, langbeinita, schoenita e singenita (DNPM, 2010). Principais utilidades: o principal uso do K é como fertilizante na agricultura, na forma de sulfatos e cloretos, em complementação ao uso de nitratos e fosfatos. A liga de K-Na é usada como meio de transferência de calor. Como agente redutor, é utilizado em aplicações terapêuticas, na produção de sal sem Na. Impactos biológicos: seus sais são essenciais para os processos vitais. É um macronutriente não tóxico, ativando reações enzimáticas. É um elemento importante para o crescimento das plantas e da dieta humana. Os íons de K⁺, assim como os de Na⁺, agem nas membranas celulares na transmissão de impulsos eletroquímicos dos nervos e das fibras musculares. Por outro lado, os sais de K são extremamente tóxicos quando injetados na corrente sanguínea. O composto KCN (cianeto de potássio) e o HCN (ácido cianídrico) são letais, considerados hemotóxicos (Peixoto, 2004). Mobilidade ambiental: em condições oxidantes (pH < 4 e 5-8) e redutoras são ligeiramente móveis (Licht; Mello; Silva, 2007). Tipos de depósitos: depósito sedimentar químico, derivado de exalações relacionadas a evaporitos (Biondi, 2003). Principais jazidas: Canadá, Rússia, Bielorrússia, Alemanha e China. O Brasil, até 2009, ocupava a décima colocação em termos de reservas e produção mundial de sais de potássio. As principais reservas subterrâneas de sais de potássio no Brasil localizam-se nos estados de Sergipe (minas Taquari/Vassouras e Santa Rosa do Lima) e Amazonas (Fazendinha e Arari) (DNPM, 2010).

Potássio

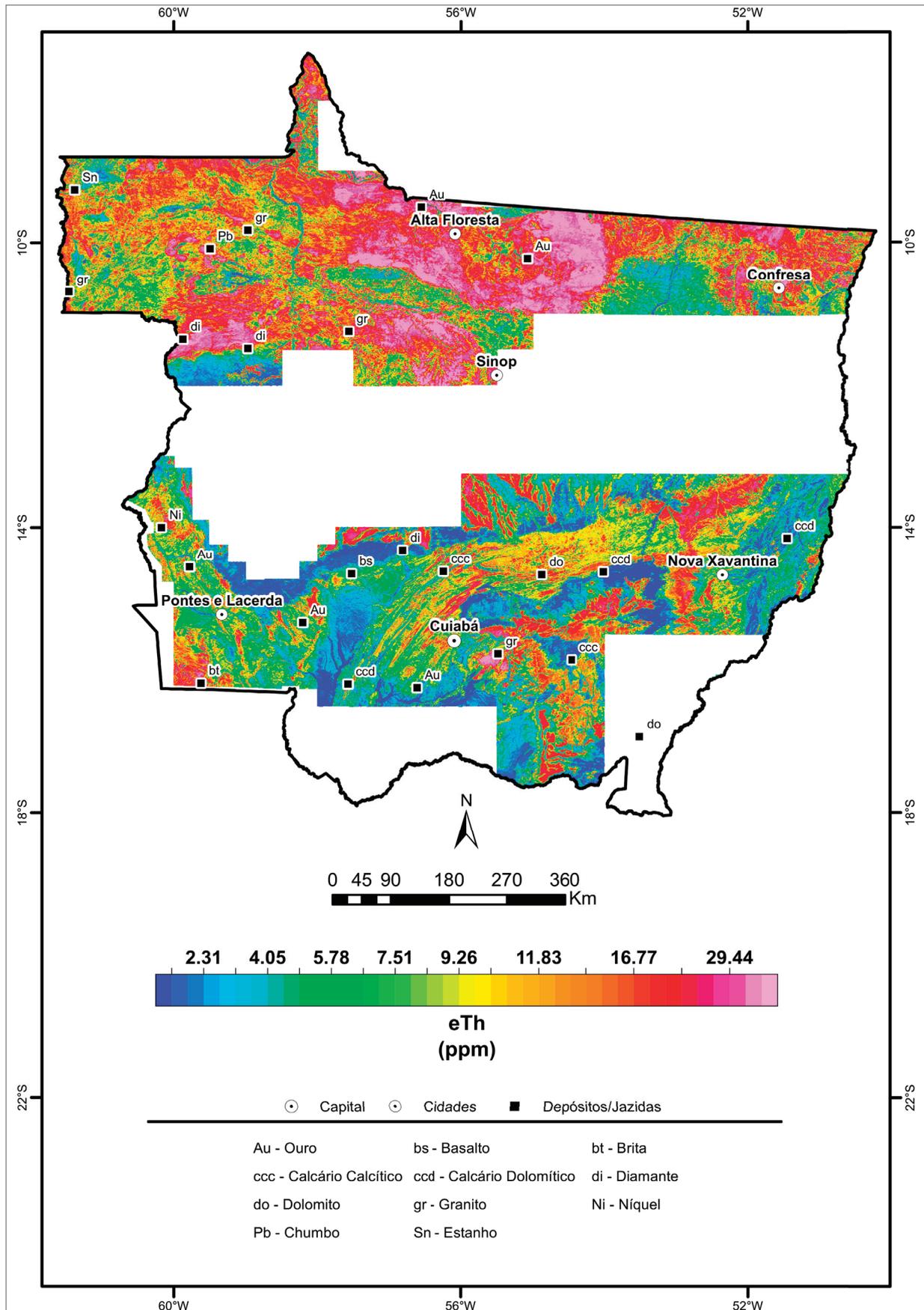


▶ EQUIVALENTE DE TÓRIO

NO ESTADO DE MATO GROSSO, o equivalente tório apresenta média de 12,76 ppm, ligeiramente acima dos valores médios informados em Dickson e Scott (1997) para a crosta da Terra (12 ppm). As principais características do elemento tório, de acordo com o texto do Atlas Geoquímico de Roraima (Freitas; Marmos, 2017), são apresentadas a seguir.

O tório é um metal da série dos actínídeos, sendo o isótopo ^{232}Th o único disponível na natureza. Em condição ambiente, é sólido, de cor branca brilhante a prateada e, quando exposto ao ar, é levemente radioativo. É um condutor intermediário de calor e corrente elétrica, possui forte caráter litófilo, concentrando-se nas partes superiores da litosfera, sendo sua distribuição fortemente controlada pelos estados de oxidação e pelo sistema Eh-pH (Kabata-Pendias; Pendias, 1992). O íon Th^{+4} é facilmente solúvel e rapidamente adsorvido ou precipitado em sedimentos de materiais hidrolisados. Os minerais de tório e os enriquecidos em tório são geralmente resistentes e possuem mobilidade reduzida no intemperismo, concentrando-se assim nos sedimentos residuais em regiões de clima tropical ou em areias e *placers* como minerais pesados (Koljonen, 1997). Minerais de minério: monazita [(Ce, La, Nd, Th) PO_4], thorita, euxenita, sendo também encontrado em outros minerais associado a ETR e urânio, bem como a esfalerita, apatita e zircão. Principais utilidades: como fonte de energia nuclear (no processo de obtenção de ^{233}U), ligas metálicas com o Mg, catalisador de reações, fabricação de filamentos de W e células fotoelétricas. Impactos biológicos: o tório não tem função biológica conhecida e, quando disperso no ar, geralmente pela mineração, pode ocasionar câncer de pulmão, pâncreas e sangramento. Caso esteja acondicionado em algum recipiente e posteriormente seja exposto ao ar, pode explodir. Mesmo com baixa radioatividade, oferece risco à saúde humana, pois pode originar espécies radioativas como o gás radônio ^{220}Rn e o ^{208}Pb . Mobilidade ambiental: em condições oxidantes, seja com $\text{pH} < 4$ ou entre 5-8, ou ainda em ambiente redutor, o mesmo é imóvel (Licht; Mello; Silva, 2007). Tipos de depósitos: em veios de rochas alcalinas, tipo Barra do Itapirapuã. Principais jazidas: Estados Unidos, Índia, Sri Lanka, Austrália e Madagascar. No Brasil, o tório é encontrado incluso no minério de ferro-nióbio, nas minas de Catalão-Ouvidor em Goiás, e associado a uma série de intrusões alcalinas de idade neocretácea, situadas entre a borda NE da Bacia do Paraná e a borda SW do Cráton São Francisco.

Equivalente de Tório

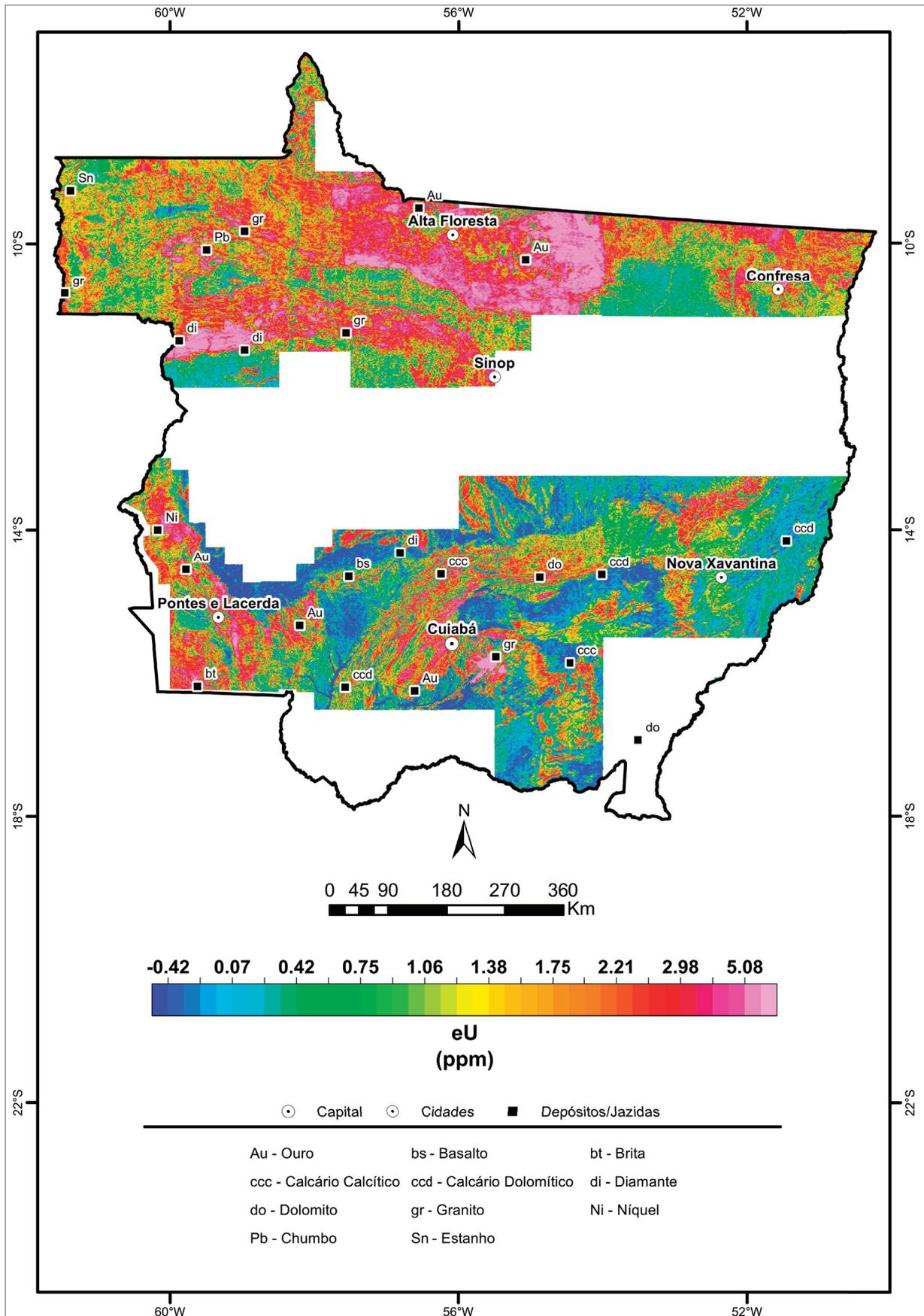


► EQUIVALENTE DE URÂNIO

NO ESTADO DE MATO GROSSO, o equivalente urânio apresenta média de 1,67 ppm, abaixo dos valores médios informados em Dickson e Scott (1997) para a crosta da Terra (3 ppm). As principais características do elemento urânio, de acordo com o texto do Atlas Geoquímico de Roraima (Freitas; Marmos, 2017), são apresentadas a seguir.

O urânio é um metal do grupo dos actínídeos, não possui cor característica, é denso, reativo, dúctil, maleável, oxida-se facilmente e possui como característica principal ser altamente radioativo. Existe na forma de três isótopos: ^{234}U , ^{235}U e ^{238}U . O íon U^{+4} concentra-se nos últimos estágios de diferenciação magmática, nas estruturas do zircão, allanita, esfalerita, apatita, monazita e minerais de tório, ítrio e lantanídeos. O urânio é comumente enriquecido nos granitos, pegmatitos e depósitos hidrotermais. Suas associações metalogenéticas são com V, As, P, Mo, Se, Pb e Cu (Koljonen, 1997). Em condições de intemperismo, forma complexos orgânicos facilmente solúveis e móveis, relativamente estáveis em condições áridas. Na litosfera, sua distribuição é controlada pelos estados de oxidação e pelo sistema Eh-pH. Por ser muito reativo, não é encontrado em seu estado elementar (Kabata-Pendias; Pendias, 1992). Minerais de minério: uraninita (UO_2), pechblenda (variedade impura e amorfa da uraninita), carnotita, euxenita, autunita, torbenita, samarskita, margaritasita, lantinita e albertnyite. Principais utilidades: como combustível nuclear para geração de energia elétrica, explosivos nucleares e produção de raios X. Impactos biológicos: não é um elemento nutriente e ocorre em alguns locais devido a vazamentos e acidentes em usinas nucleares e no armazenamento do lixo atômico. Por ser radioativo e bioacumulativo, pode causar sérios problemas ao sangue, ossos, rins e fígado, sendo altamente carcinogênico (ATSDR, 2021). Mobilidade ambiental: em condições oxidantes, com $\text{pH} < 4$ e $\text{pH} \geq 5$ a ≤ 8 , a mobilidade é moderadamente alta e em condições redutoras mostra-se imóvel (MINEROPAR, 2005; Koljonen, 1997). Tipos de depósitos: relacionados com vulcânicas félsicas e máficas subaéreas; associado aos depósitos de Au em rochas sedimentares clásticas, tipo folhelhos negros (Suécia) ou conglomerados e arenitos tipo Witwatersrand; em rochas metamórficas regionais do tipo discordância junto com o Au; em rochas alcalinas (carbonatitos) e depósitos do tipo IOCG; relacionados a inconformidades (Licht *et al.*, 2007). Principais jazidas: Austrália, Cazaquistão, Canadá, Namíbia, Rússia, Níger e Uzbequistão. No Brasil, encontra-se na Bahia (Lagoa Real, município de Caetité), no Ceará (Itataia, município de Santa Quitéria) e em Minas Gerais (Poços de Caldas).

Equivalente de Urânio



COMPOSIÇÃO TERNÁRIA RGB (K-eTh-eU)

ESTE MAPA É RESULTANTE de uma composição em falsa cor dos canais de K, eTh e eU, em que para cada radioelemento é atribuída uma cor. Na composição ternária RGB, a cor é vermelha (R-red) para as rochas ricas em K; verde (G-green) para as rochas ricas em eTh; e azul (B-blue) para as rochas ricas em eU. Quando os três são altos, a soma das cores resulta na cor branca. Quando os três são baixos, a cor é preta. Porém, corpos de água, quando não possuem muito material em suspensão, também apresentam cor preta, porque na água limpa a radioatividade é baixa para os três radioelementos.

O mapa tem o potencial de distinguir muito bem as unidades geológicas a partir da análise combinada dos três radioelementos. Contudo, alguns cuidados são necessários na sua interpretação, sobretudo pela ambiguidade associada ao processo de interpretação e correlação geológica de dados geofísicos. Como exemplo, a cor vermelha, que deve representar teores alto de K e baixos teores de eTh e eU, pode estar correlacionada com granitos ou sedimentos imaturos, como grauvacas; a cor branca pode ser produzida por sienitos ou vulcânicas ácidas; a cor preta pode ser de rochas ultramáficas ou arenitos puros quartzosos; a cor verde pode ser associada com metassedimentos ou lateritas. Portanto, a interpretação de dados gamaespectrométricos requer a adição de informações complementares para que seja consistente no seu emprego em mapeamentos geológicos e na pesquisa de recursos minerais.

A Figura 8 apresenta as diversas possibilidades de correlações geológicas que podem ser feitas a partir da composição ternária RGB. Além de demonstrar o seu potencial, também, revela as muitas possibilidades de interpretações ambíguas.

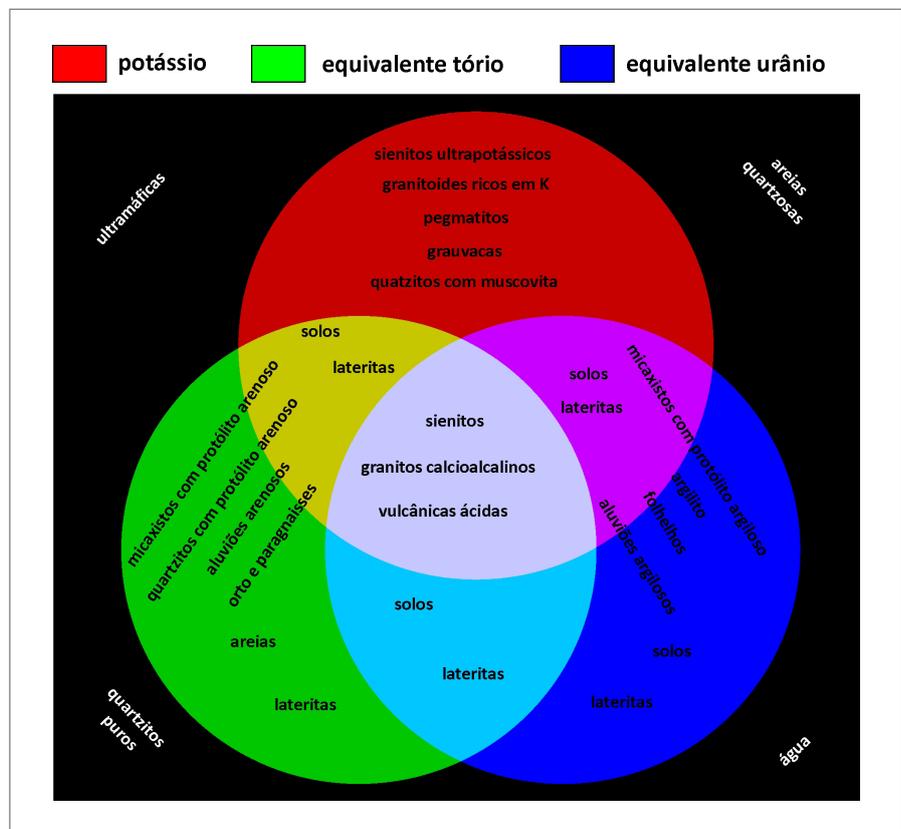
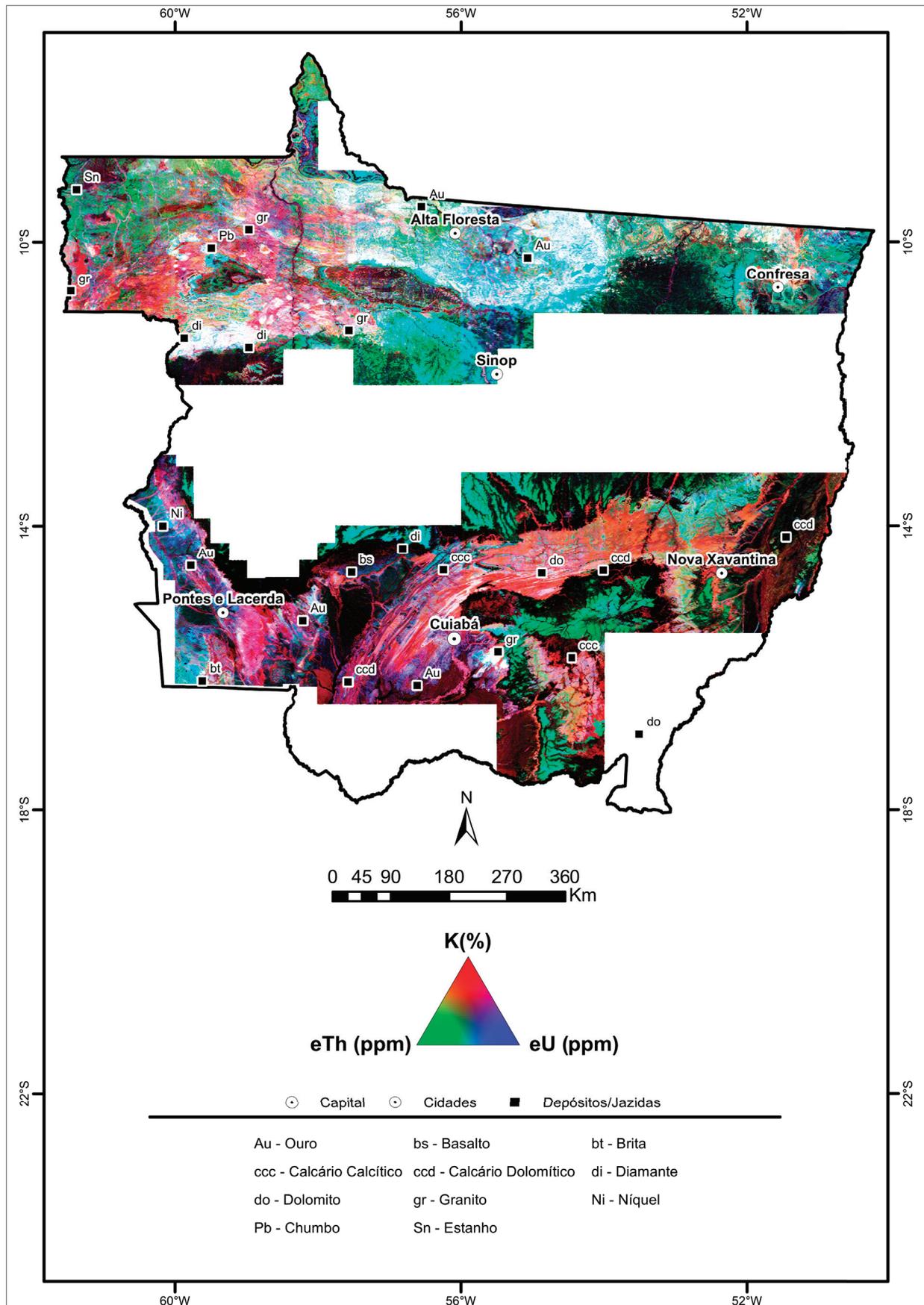


Figura 8 - Possibilidades de correlação entre tipos litológicos e tonalidades de cores em uma composição ternária RGB. Fonte: elaborado pelos autores.

Composição Ternária RGB (K-eTh-eU)

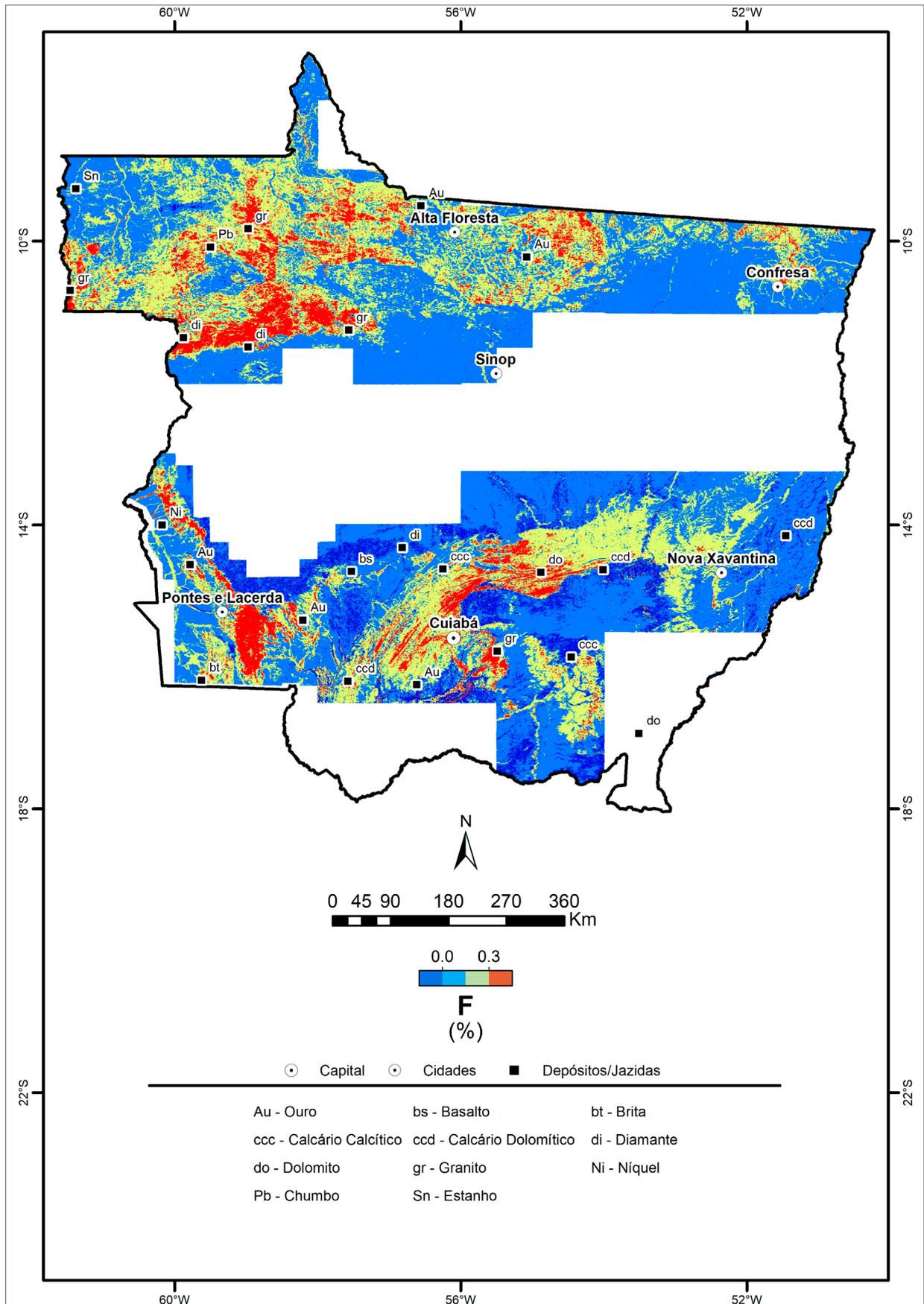


▶ PARÂMETRO F

ESTE PARÂMETRO é obtido por meio do cálculo de efeito de crescimento do K e do eU em relação ao eTh, em situações geológicas específicas. Geralmente, o conteúdo relativo dos radioelementos é alterado no processo de hidrotermalismo. Segundo Airo (2002), a alteração potássica resulta frequentemente em K elevado, particularmente para rochas máficas. Então, relações anômalas entre o K e eTh ao longo de cisalhamentos ou fraturas podem ser indicativas de mineralização de ouro. O cálculo desse parâmetro é obtido por meio da fórmula proposta por Efimov (1978 *apud* Gnojek; Prichystal, 1985):

$$F = K * e U / e Th$$

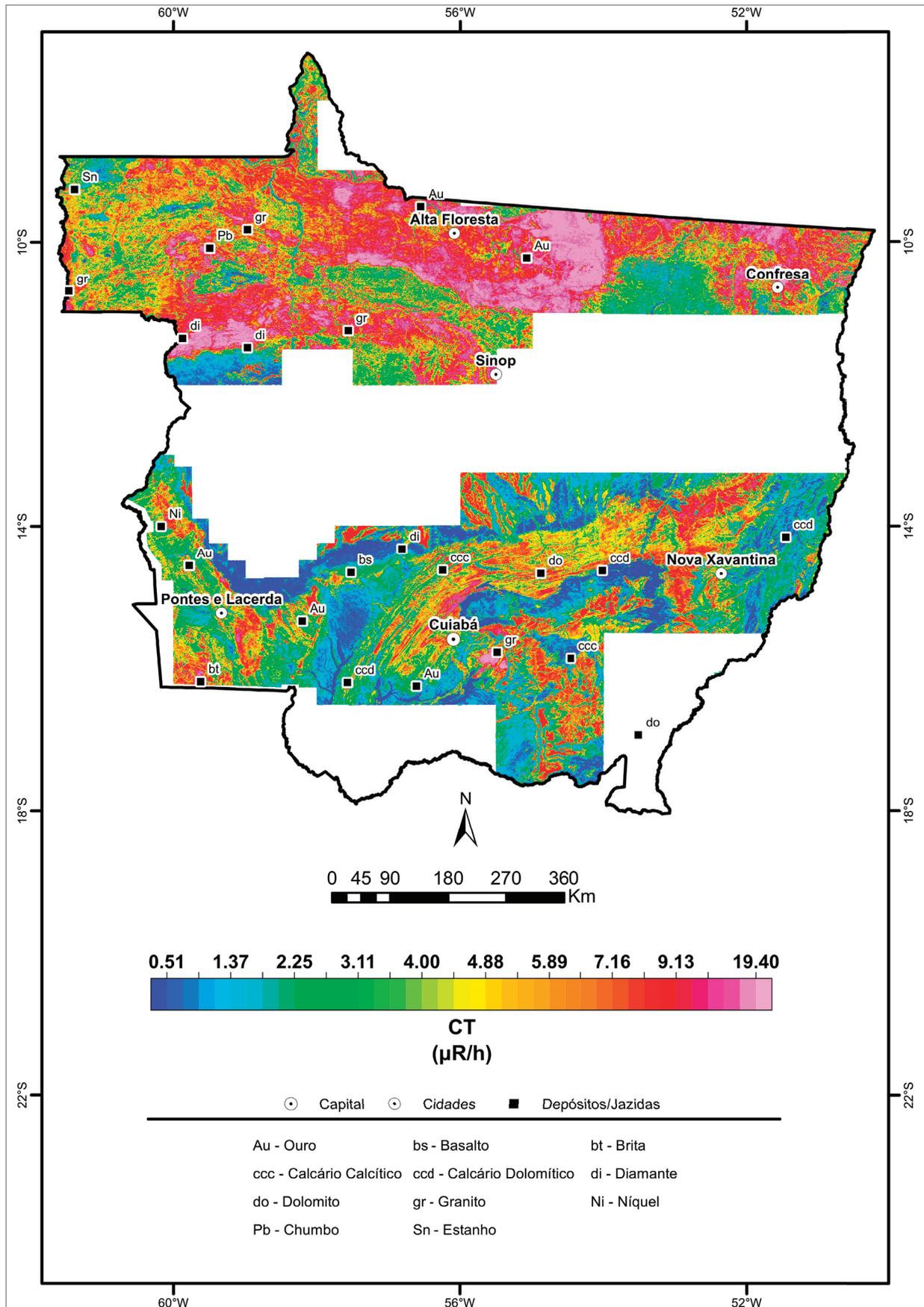
Parâmetro F



▶ CONTAGEM TOTAL

A CONTAGEM TOTAL engloba todos os radioelementos do espectro de medição gamaespectrométrica, onde os mais abundantes são o potássio, o tório e o urânio. Esse produto pode auxiliar na identificação dos limites de unidades litológicas ou estruturas geológicas (IAEA, 2003). A unidade a ser apresentada com a escala de cores é micro Roentgen por hora ($\mu\text{R/h}$).

Contagem Total



▶ PRINCIPAIS CORRELAÇÕES GEOLÓGICAS DOS DADOS AEROGAMAESPECTROMÉTRICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO

O ESTADO DO MATO GROSSO apresenta uma grande diversidade de unidades geológicas de composições variadas. Essa diversidade influencia diretamente nas assinaturas de gamaespectrometria aérea, de modo que o estado apresenta vários padrões de distribuição das concentrações de K, eTh e eU.

Neste trabalho, apenas algumas das principais assinaturas radiométricas serão correlacionadas com a geologia. Recomenda-se que as assinaturas gamaespectrométricas não mencionadas sejam abordadas em trabalhos futuros.

Embora a diversidade litológica supramencionada torna difícil a identificação de um padrão radiométrico regional, o mapa da composição RGB das concentrações radiométricas mostra que tons brilhantes/brancos são mais frequentes na região norte do estado do que na região sul, sugerindo que unidades geológicas ricas em K, eTh e eU são mais frequentes na porção norte. Um exemplo notável são os altos conteúdos radiométricos que podem ser correlacionados com o Grupo Colíder. Na região NW da cidade de Matupá, as concentrações de K, eTh e eU, correlacionadas com o citado grupo, excedem 4% de K, 80 ppm de Th e 8 ppm de eU. Uma vez que o conteúdo de radioelementos aumenta com o aumento de conteúdo de SiO₂ nas rochas (Galbraith; Saunders, 1983; Dickson; Scott, 1997; Dentith; Mudge, 2014), é possível que os constituintes félsicos com alto conteúdo de SiO₂ presentes sejam as principais fontes dos raios gama observados nos levantamentos aéreos.

Entre as cidades de Matupá e Apiacás, as concentrações radiométricas aparentam seguir uma ampla faixa orientada na direção WNW - ESE. Tons claros, com cores predominantemente brancas nesta faixa sugerem áreas ricas em K, eTh e eU. Essas áreas, por sua vez, podem estar associadas com minerais micáceos (biotita e muscovita) e acessórios (zircão, turmalina, etc) portadores de radioisótopos presentes nos afloramentos de diversos corpos intrusivos (granitos, monzogranitos, sienogranitos, etc) (Rizzotto *et al.*, 2019; Lacerda Filho *et al.*, 2007). No entanto, essa associação não é prontamente evidente porque o padrão radiométrico da faixa possui um aspecto difuso, tornando difícil correlacionar as assinaturas radiométricas com os contornos das intrusões. Esse difuso pode ser devido a desagregação e transportes de minerais radiométricos por agentes exógenos (Wilford; Bierwirth; Craig, 1997).

Na porção centro-norte do estado, nas imediações das cidades de Juara, Castanheira, Juína, Juruena, e noroeste de Aripuanã, áreas ricas em radioelementos, também, apresentam tonalidades brancas nos mapas de composição colorida RGB dos radioelementos. Em alguns casos, os limites das assinaturas radiométricas são similares aos das unidades geológicas (e.g. Granito Aripuanã, Alcalinas Canamã, Granito Rio Vermelho, Suíte Intrusiva Tatuí). Cores brancas denotando alto conteúdo de K, eTh e eU, também, ocorrem ao longo de outra faixa situada a oeste da cidade de Juína e cuja extensão equivale, aproximadamente, à distância entre essa cidade e o município de Espigão do Oeste, no estado de Rondônia. Áreas com tonalidade em ciano dentro dessa faixa denotam altas concentrações de eU e eTh. Geologicamente, as altas concentrações de K, eTh e eU (áreas brancas) podem ser associadas com metasiogranitos e charnockito da Suíte Fontanillas, enquanto que as altas concentrações de eU e eTh (áreas em ciano) estariam relacionadas às coberturas superficiais desenvolvidas sobre essas rochas (Dickson; Scott, 1997; Wilford; Minty, 2007).

Além das tonalidades brancas, a porção norte do estado do Mato Grosso também apresenta outros padrões de tonalidades no mapa RGB nas concentrações de K, eTh e eU. Por exemplo, áreas com cores avermelhadas, na maior parte das vezes, sugerem áreas com alto conteúdo de K. Ao norte da cidade de Rondolândia, tais áreas podem estar associadas aos minerais portadores de K (K - feldspato, micas, etc)

presentes nos monzogranitos e sienogranitos da Suíte Intrusiva Serra da Providência. Adicionalmente, rochas calcioalcalinas das Suítes Intrusivas São Romão e São Pedro, também, podem ser associadas às áreas avermelhadas ricas em K.

Áreas com cores em ciano e esverdeadas ocorrem na porção norte do estado do Mato Grosso. Áreas em ciano denotam altas concentrações de eTh e eU e, na maioria dos casos, tais concentrações estão associadas aos óxidos de ferro, minerais opacos resistentes ao intemperismo e/ou argilas presentes em crostas lateríticas, principalmente aquelas desenvolvidas sobre os arenitos da Formação Dardanelos (Reinhardt; Hermann, 2018; Wilford; Minty, 2007). Já as áreas com tonalidades esverdeadas indicam áreas onde a concentração de eTh é abundante. Muitas dessas áreas ricas em eTh estão associadas às crostas lateríticas (região a norte de Tabaporã). No entanto, nas proximidades das cidades de São José do Xingu e Canabrava do Norte, as concentrações de eTh podem estar associadas aos siltitos, argilitos e/ou margas da Formação Salto das Nuvens.

Várias regiões com baixa concentração de K, eTh e eU, no norte do estado do Tocantins, são vistas em cores escuras, tais como: preto, marrom, verde escuro e azul escuro. Parte expressiva das cores escuras podem ser devido à baixa concentração de K, eTh e eU nas rochas sedimentares clásticas (Formações Dardanelos, Palmeiral, Fazenda Casa Branca e Ronuro) (Dentith; Mudge, 2014; Galbraith; Saunders, 1983).

Embora dados de gamaespectrometria aérea ainda não foram coletados para a maior parte da Bacia do Parecis, os poucos dados gamaespectrométricos que cobrem a citada bacia revelam fortes tons escuros, provavelmente refletindo a baixa concentração de radioelementos em unidades estratigráficas predominantemente siliciclásticas, ou em tons esverdeados, sugerindo alta concentração relativa de eTh, as quais muito provavelmente devem estar relacionadas a crostas lateríticas (Dentith; Mudge, 2014; Wilford; Minty, 2007). Alternativamente, uma vez que concentrações de eTh podem ser correlacionadas com conteúdo de argila (Taylor *et al.*, 2002), áreas onde rochas argílicas (Formação Cachoeirinha), ou solos derivados delas (porção norte da cidade de Primavera do Leste), podem estar relacionadas aos altos conteúdos de eTh.

Ao contrário da porção setentrional, a porção meridional do estado do Mato Grosso é caracterizada pela ausência de tons brancos no mapa RGB das concentrações dos radioelementos, no entanto, algumas exceções se fazem notáveis. Por exemplo, altas concentrações de até 4 % de K, 60 ppm de eTh e 20 ppm de eU, ocorrem cerca de 70 km a sudeste da capital Cuiabá. Essas altas concentrações, possivelmente, devem estar associadas aos minerais radiométricos presentes no Granito São Vicente.

Tons esbranquiçados situados a 60 km a norte da citada capital, possivelmente, refletem o conteúdo de radioelementos presentes nos metassedimentos do Grupo Cuiabá (subunidade 5), notadamente metaconglomerados, metarenitos e metarcóseos. Os tons esbranquiçados apresentam um padrão radiométrico linear contínuo, cuja extensão vai desde a cidade de Paranatinga até as imediações do município de Acorizal. Trabalhos anteriores sugerem que esse padrão linear aparenta estar associado ao quadro estrutural da Faixa Paraguai (Silva *et al.*, 2019).

Padrões radiométricos lineares contínuos, com fortes tons avermelhados, ocorrem associados à trama estrutural da Faixa Paraguai. Nesse caso, os tons vermelhos podem estar relacionados aos conteúdos de K presente nos metaconglomerados (subunidade 7 do Grupo Cuiabá). Por outro lado, as Formações Diamantino, Araras (Membro Superior) e Raizama podem ser correlacionadas com assinaturas radiométricas com padrões lineares contínuos, mas tais assinaturas aparentam ser mais deficientes em K, rendendo uma tonalidade mais ciano-azulada, sugerindo, portanto, uma concentração relativa maior de eTh e/ou eU.

Nas porções SW do estado do Mato Grosso, áreas relativamente ricas em K e eTh ocorrem, principalmente, na porção sul dos municípios de Jauru e Vale do São Domingos. Supõem-se que as concentrações dos dois radioelementos citados podem ser a assinatura radiométrica dos monzogranitos, sienitos e tonalitos da Suíte Intrusiva Santa Helena. A assinatura radiométrica possui um formato oval, com eixo maior medindo aproximadamente 95 km na direção norte. Diferentes tons (avermelhados, rosados e esbranquiçados) podem ser vistos na porção interna da citada assinatura radiométrica, sugerindo que as diferentes fácies/litotipos da Suíte Intrusiva Santa Helena podem ser distinguidas com base em dados de gamaespectrometria aérea.

Nas imediações da cidade de Tangará da Serra, principalmente na porção sul do citado município, áreas com concentrações de eU de até 3.3 ppm aparentam estar correlacionadas com a Formação Tapirapuã, a qual é composta por diabásios. É conhecido que rochas ígneas máficas comumente possuem baixa concentração de radioelementos e os processos pedogenéticos sobre essas rochas acarretam na elevação das concentrações, principalmente de eTh (Megumi; Mamuro, 1977; Dickson; Scott, 1997). Desse modo, tais concentrações de eU, associadas aos diabásios da Formação Tapirapuã, aparentemente são inesperadas, de modo que o estudo da aparente correlação poderá ser alvo de pesquisas futuras.

Na porção extremo SW do estado do Mato Grosso, é possível observar um padrão de assinatura radiométrica que se apresenta na forma de uma extensa faixa que se estende desde a cidade de Pontes e Lacerda até a porção SW do município de Comodoro. Nessa faixa, é visível o contraste de concentração de radioelementos presentes nas rochas sedimentares da Bacia do Parecis (baixas concentrações de K, eTh e eU associadas aos arenitos da Formação Utiriti) com as da rocha do embasamento, as quais são caracterizadas principalmente pelas concentrações relativamente elevadas de K. Minerais como muscovita, biotita, feldspato presentes nos metamonzogranitos e metasienitos das diversas suítes intrusivas, possivelmente, são as principais fontes de K. Na porção NW da cidade de Comodoro, as concentrações de K, situadas na porção leste da citada faixa, podem ser correlacionadas com os muscovitas biotita sienogranitos da Suíte Colorado.

Por fim, vale a pena mencionar as assinaturas radiométricas relacionadas aos principais canais de drenagens. De modo geral, os grandes cursos d'água (Rios Araguaia, Xingu, Teles Pires, Juruena, etc.) são vistos em cores escuras (predominantemente na cor preta), devido ao fato de que os corpos d'água não emitem radiação gama. No entanto, as margens dos rios frequentemente apresentam um padrão de distribuição de radioelementos que, muito provavelmente, derivam dos minerais que compõem os sedimentos aluviais depositados na planície de inundação (Bierwirth, 1996; Spadoni; Voltaggio, 2013). Um bom exemplo são as áreas com tons avermelhados que ocorrem ao longo do Rio Araguaia, nas imediações da cidade de Cocalinho, sugerindo que a concentração de K é relativamente maior que eTh e eU. É possível que os sedimentos depositados nas margens do Rio Araguaia possam ser compostos por fragmentos líticos com minerais portadores de K. Considerando que dados de gamaespectrometria podem ser utilizados para inferir a maturidade do material parental (Rawlins; Webster, 2007), depósitos aluviais com minerais portadores de K podem sugerir que o mesmo está próximo do local de deposição (Pickup; Marks, 2000; Wilford; Minty, 2007; Rawlins; Webster, 2007; Dent *et al.*, 2013). Não obstante, é notável a semelhança dos sinais radiométricos observados nas margens do Rio Araguaia e dos complexos mesoarqueanos mapeados no oeste do estado de Goiás. Em uma primeira análise, tais complexos podem ser a fonte das aluviões citadas anteriormente. Essa hipótese poderá ser investigada em estudos posteriores.

▶ ASSINATURAS AEROGEOFÍSICAS DE DEPÓSITOS MINERAIS NO ESTADO DE MATO GROSSO

Os dados aerogeofísicos apresentados neste Atlas permitem a avaliação dos aspectos geológicos e do contexto regional de depósitos minerais já conhecidos, além de fornecer evidências para a localização de novos depósitos. O estado de Mato Grosso já possui destaque no cenário da exploração mineral nacional, porém modelos geotectônicos atualizados são favoráveis à descoberta de novos depósitos em todo o estado. Neste sentido, a análise de dados aerogeofísicos integrada com dados geológicos e geoquímicos

pode apoiar a identificação dessas novas fronteiras minerais, além de contribuir para o desenvolvimento das zonas já existentes.

Para ilustrar a utilidade dos dados aerogeofísicos, serão apresentados, nos próximos tópicos, resumos de trabalhos nos quais assinaturas geofísicas podem agregar no entendimento de importantes zonas minerais que ocorrem no estado de Mato Grosso, contribuindo tanto para definição de modelos metalogênicos, quanto para elucidação de modelos geotectônicos.

► Caracterização das anomalias magnéticas dos kimberlitos da borda SW da Bacia dos Parecis, Mato Grosso, Brasil

KIMBERLITOS SÃO ROCHAS ultramáficas cujo magma é originado a grandes profundidades no interior da Terra (Jelsma *et al.*, 2009; Woodhead *et al.*, 2019) que contém, comumente, fragmentos crustais e minerais derivados do manto, tais como diamante, Cr-diopsídio, olivina, espinélio e granada. Por esse motivo, além de ser a fonte de um recurso mineral valioso (diamantes), o estudo de kimberlitos fornece uma oportunidade para investigar a composição química do interior da Terra (Mitchell, 2021).

O Projeto Diamantes do Brasil mapeou cerca de 40 campos kimberlíticos, dos quais pelo menos quatro ocorrem no estado do Mato Grosso: Campo Kimberlítico de Juina (CKJ); Campo Kimberlítico de Paranatinga (CKP); Campo Kimberlítico de Trairas (CKT); e Campo Kimberlítico de Jauru (Naninni *et al.*, 2017). O CKJ é um dos mais importantes do estado do Mato Grosso em termos de potencial diamantífero e é composto por 52 corpos kimberlíticos. Por outro lado, como está localizado na borda SW da Bacia dos Parecis, apenas nove intrusões têm sido mapeadas e as informações disponíveis a respeito de outras intrusões kimberlíticas neste local ainda são desconhecidas (Naninni *et al.*, 2017).

Kimberlitos comumente contêm 5 a 10% de ferro, dos quais parte pode ser encontrada em minerais magnéticos, como a ilmenita (Kamara, 1981). A suscetibilidade magnética em kimberlitos é variável, mas é muito comum serem a fonte de anomalias magnéticas. Diversos trabalhos publicados, desde a década de 1970, têm demonstrado que intrusões kimberlíticas podem ser mapeadas diretamente pela análise de dados de aeromagnetometria (Macnae, 1979; Kamara, 1981; Power; Belcourt; Rockel, 2004; Allek; Hamoundi, 2008; Galloway *et al.*, 2009; Pettit, 2009; Meneses; La Terra, 2011; Tessema; Nefele; Sebake, 2012; Falebita; Falade; Adepelumi, 2021; Nndanduleni; Tessema 2021). Com base nesses trabalhos publicados, a presente seção tem por objetivo caracterizar as anomalias magnéticas que podem estar associadas às intrusões kimberlíticas da borda SW da Bacia do Parecis. Espera-se que, uma vez identificadas, essas assinaturas magnéticas possam ser usadas como guias para mapear alvos kimberlíticos desconhecidos.

Contexto Geológico

As intrusões kimberlíticas estudadas aqui estão localizadas na porção SW da Bacia dos Parecis, ao norte da cidade de Jauru, Mato Grosso, Brasil (Figura 9). O embasamento é formado por uma associação de rochas plutônicas do tipo TTG e rochas metavulcanossedimentares, que formam o Domínio Jauru, e por diversas suítes graníticas, complexos granulíticos, rochas metavulcanossedimentares, metassedimentares e intrusões máficas, que formam o Domínio Santa Helena (Figura 9) (Leite; Saes, 2000; Geraldles *et al.*, 2001; Cordani; Teixeira, 2007). Na porção SW e extremo SE da área de estudo, o embasamento é parcialmente coberto por rochas metassedimentares mesoproterozóicas do Grupo Aguapeí e por metassedimentos neoproterozóicos derivados das fases de margem passiva e de antepaís da Faixa Paraguai (Leite; Saes, 2000) (Figura 9). Na porção norte, o embasamento é intrudido por granitóides tonianos e é coberto, principalmente, por rochas sedimentares siliciclásticas fanerozóicas da Bacia dos Parecis, as quais ocorrem na porção sul da área investigada (Siqueira, 1989; Lacerda Filho *et al.*, 2004). Coberturas sedimentares cenozoicas recentes ocorrem predominantemente na porção SE, norte e centro-oeste da área investigada (Lacerda Filho *et al.*, 2004).

As nove intrusões kimberlíticas catalogadas pelo Projeto Diamante Brasil ocorrem encaixadas nas rochas da Bacia dos Parecis ou nas rochas do embasamento. De acordo com Nannini *et al.* (2017), apenas os corpos JAU001, JAU002 e PRO001 são aflorantes na superfície. Este último ocorre na forma de dique, similarmente

ao corpo PRO002. De acordo com Nannini *et al.* (2017), três diamantes com 0,05 ct foram recuperados em depósitos aluviais próximos das intrusões PRO001 e PRO002. Datações em perovskita pelo método U-Pb tem revelado idades de 242±10Ma para o corpo JAU001 (Felgate, 2014 *apud* Nannini *et al.*, 2017).

Interpretação dos dados aeromagnetométricos

Os dados aeromagnetométricos coletados na área de estudo fazem parte do Projeto Aerogeofísico Mato Grosso Área 2. Os parâmetros de aquisição foram descritos na seção “Materiais e Métodos” deste compêndio. Os dados foram interpolados pelo método bidirecional (tamanho de célula de 125 m), para produzir o Mapa de Anomalias Magnéticas (AM) da área do aerolevanteamento. A seguir, uma transformação, denominada continuação para cima, foi aplicada sobre o mapa de AM. A transformação consiste em calcular qual seria o campo magnético anômalo que seria observado a uma determinada altitude escolhida pelo intérprete. Para o estudo, a altitude escolhida foi de 10.000 m, esperando-se que o sinal magnético seja predominantemente composto por contraste de suscetibilidade magnética de grandes estruturas geológicas.

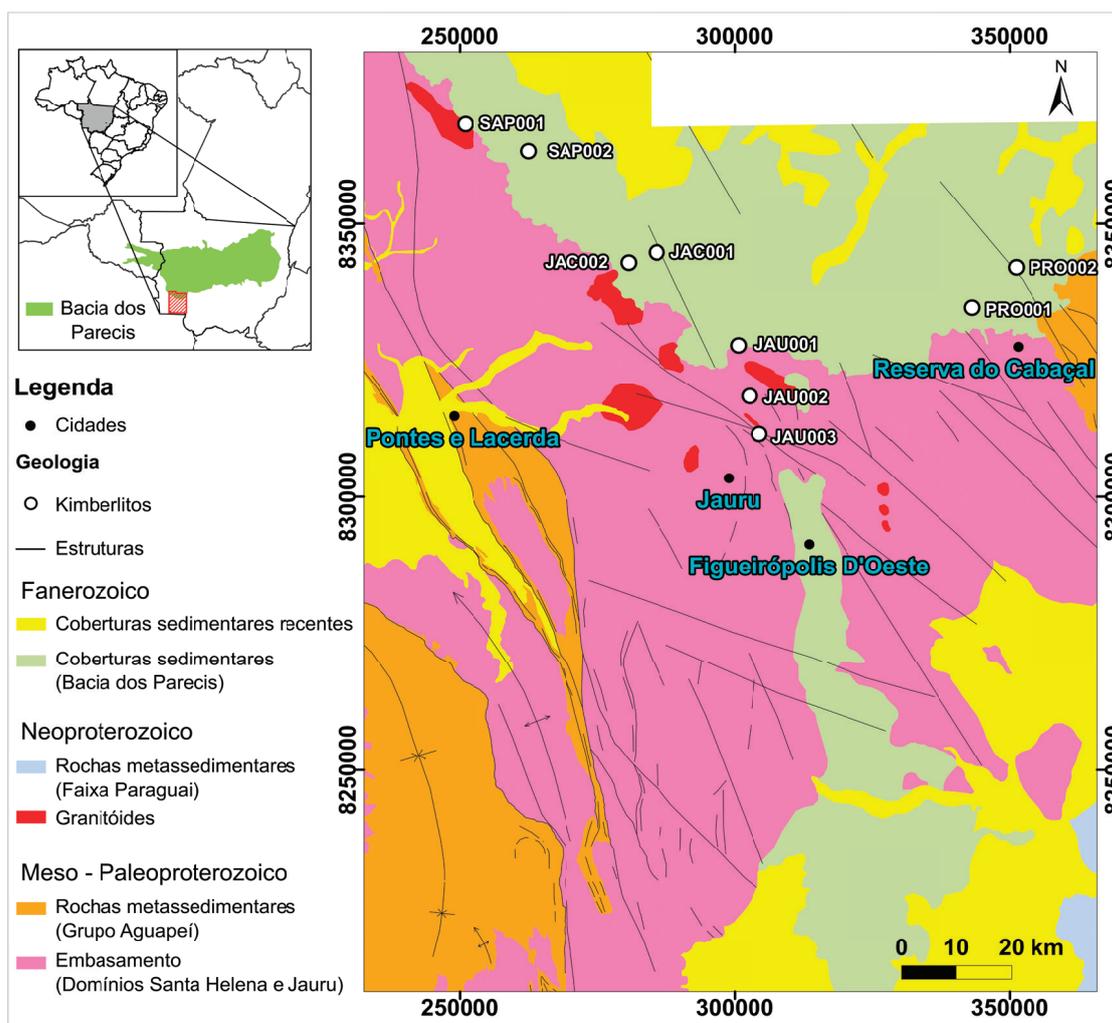


Figura 9 - Mapa geológico simplificado da área de estudo. Siglas dos corpos kimberlíticos: SAP001 - Sape 001; SAP002 - Sape 002; JAC001 - Jacaré 001; JAC002 - Jacaré 002; JAU001 - Jauru 001; JAU002 - Jauru 002; JAU003 - Jauru 003; PRO001 - Progresso 001; PRO002 - Progresso 002. Sistema de coordenadas utilizado na figura Zona UTM 21S, SIRGAS 2000. Fonte: elaborado pelos autores.

Deste modo, ao subtrair o campo magnético continuado para cima dos dados originais (isto é, mapa de AM), obtém-se um mapa residual no qual são destacadas as anomalias magnéticas de fontes próximas à superfície. Um subconjunto do mapa residual, contendo somente as assinaturas magnéticas da área de estudo, será designado aqui como Mapa de Anomalias Magnéticas Residuais (AMR).

A partir do mapa de AMR, foi calculado o Mapa do Gradiente Total (GT). Para realçar as fontes magnéticas mais intensas, a escala de cor do mapa do GT foi normalizada. Em seguida, um plano de informação, contendo as localizações das nove intrusões kimberlíticas conhecidas na borda SW da Bacia do Parecis, foi adicionado sobre os mapas de AMR e GT para análise visual. A análise teve como foco caracterizar alguns atributos das anomalias magnéticas, como tipo de polaridade, forma, isolamento, entre outros (Cowan; Tompkins; Cowan, S., 2000). As Figuras 10 e 11 apresentam os mapas de AMR e GT ampliados de acordo com a localização de cada corpo kimberlítico, respectivamente.

As imagens ampliadas dos mapas de AMR e GT com foco nas intrusões kimberlíticas revelam que algumas dessas intrusões podem ser associadas com anomalias magnéticas. Os mapas mostram que todas as intrusões ocorrem próximas de anomalias magnéticas e pelo menos seis (SAP002, JAC001, JAC002, JAU003, PRO002 e PRO002) aparentam coincidir com elas. Levando-se em conta que as anomalias magnéticas da área de estudo estão ao sul do equador magnético, o mapa da AMR revela que a polaridade da anomalia magnética associada ao kimberlito JAC001 tem polaridade inversa (isto é, polo positivo voltado para o sul e polo negativo voltado para o norte), enquanto que a polaridade da anomalia magnética associada ao kimberlito JAU003 é do tipo normal (isto é, polo negativo voltado para o sul e polo positivo voltado para o norte) (Figura 10 c e g). Ademais, o mapa do GT revela que as intrusões JAC001 e JAU003 coincidem com anomalias magnéticas circulares relativamente bem isoladas (Figura 11c e g).

Anomalias magnéticas com polaridade inversa sugerem a presença de remanência magnética, que pode ser resumidamente definida como sendo uma magnetização que é obtida no momento em que uma rocha se forma (Macnae, 1995; Dentith; Mudge, 2014). Supondo que as fontes das anomalias magnéticas associadas aos corpos JAC001 e JAU003 sejam de fato derivadas desses corpos kimberlíticos e que estes possuem a mesma composição química, então pode-se supor que os kimberlitos JAC001 e JAU003 foram cristalizados em períodos diferentes, com pelo menos um deles sendo cristalizado quando os polos do campo magnético terrestre estavam na configuração inversa da atual. Alternativamente, os kimberlitos JAC001 e JAU003 podem ter a mesma idade, mas diferentes composições, ou podem ter diferentes idades e composições.

O mapa do GT também revela que, embora as intrusões SAP002, PRO001 e PRO002 ocorram próximas de anomalias magnéticas, as formas dessas anomalias são variadas e sofrem a influência de outras fontes magnéticas (Figura 11c, h e i). Por um lado, anomalias magnéticas com formato circular não deveriam ser esperadas para os corpos PRO001 e PRO002, visto que tais intrusões possuem formas de diques (Naninni *et al.*, 2017). Por outro lado, a interferência de anomalias magnéticas de fontes desconhecidas dificulta o reconhecimento das bordas dos corpos PRO001 e PRO002 com base em imagens de magnetometria aérea.

A anomalia magnética que coincide com o corpo JAC002 sofre forte influência de uma fonte magnética localizada ao norte da intrusão (Figura 11d). No entanto, não é possível saber se a fonte magnética é uma segunda fonte ou se é uma prolongação para norte do corpo da intrusão JAC002. De qualquer modo, o mapa ampliado da AMR sugere que a polaridade da anomalia magnética relacionada ao kimberlito JAC002 aparenta ser do tipo normal (Figura 10d).

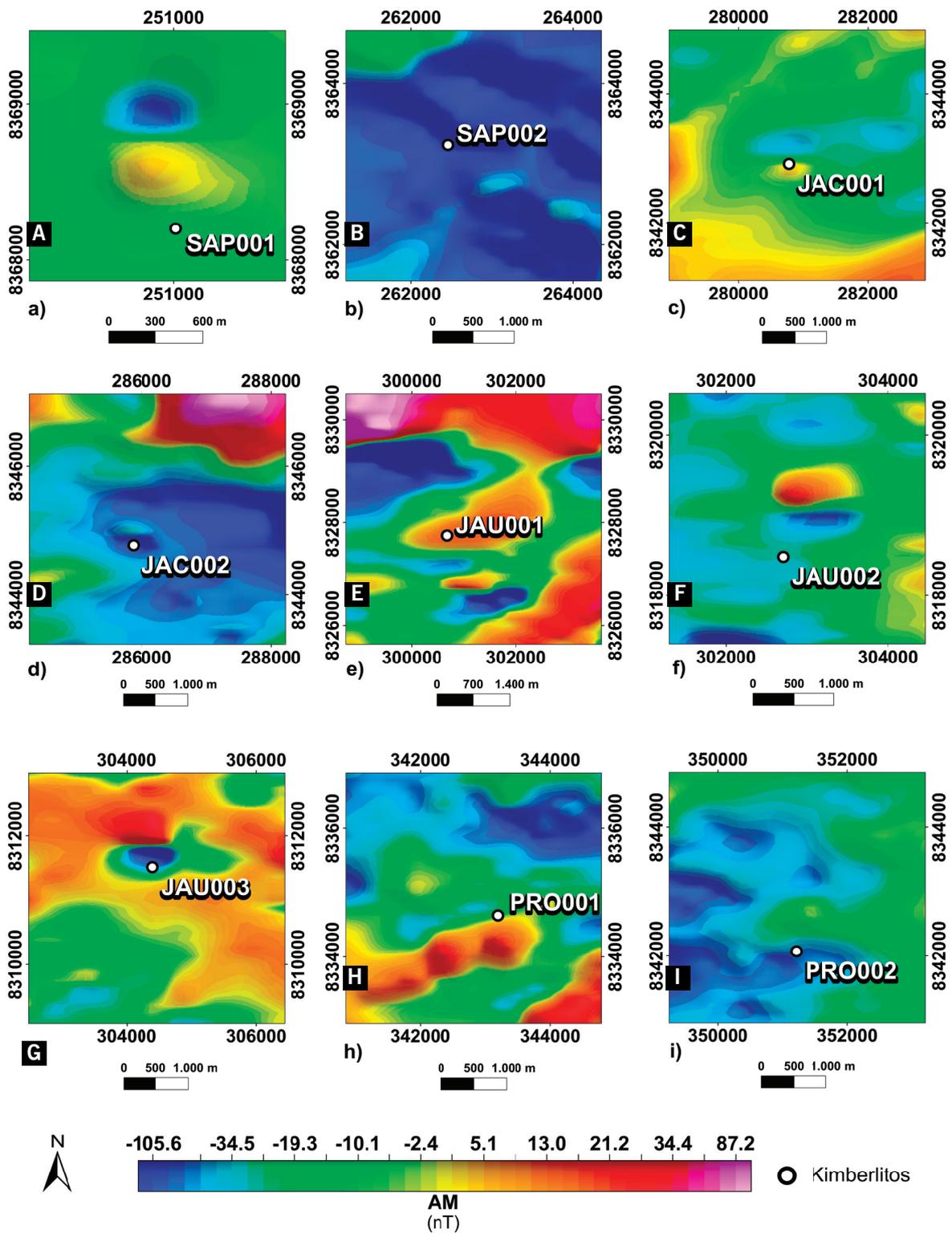


Figura 10 - Mapa de Anomalias Magnéticas Residuais (AMR) das intrusões kimberlíticas. Para a) até j), o mapa de AMR foi ampliado com foco em cada corpo kimberlítico. Fonte: elaborado pelos autores.

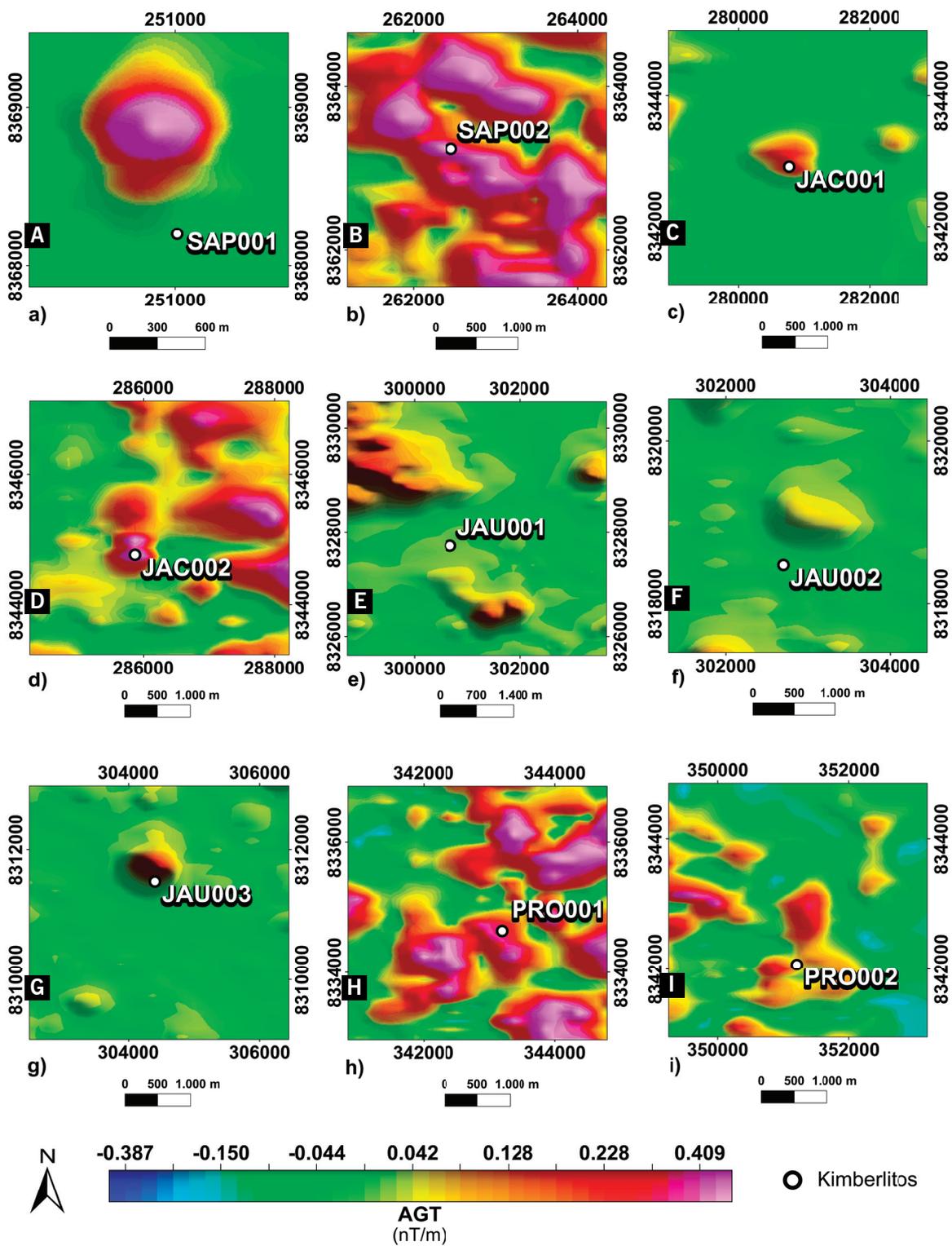


Figura 11 - Mapa do Gradiente Total (GT) das intrusões kimberlíticas. Para a) até j), o mapa de GT foi ampliado com foco em cada corpo kimberlítico. Fonte: elaborado pelos autores.

Duas anomalias magnéticas, aparentemente bem isoladas e com formato aproximadamente circular, ocorrem próximo (menos de 1 km) das intrusões kimberlíticas SAP001 e JAU002, respectivamente. Quando vista no mapa de AMR, a anomalia magnética próxima a SAP001 tem polaridade inversa, enquanto que a próxima a JAU002 tem polaridade normal. No mapa do GT, a anomalia magnética relacionada a SAP001 tem formato e amplitude muito similar a assinaturas magnéticas de kimberlitos publicados na literatura (Figuras 10a e 11a) (Macnae, 1995; Cowan; Tompkins; Cowan, S., 2000; Power, 2004). Contudo, a anomalia magnética relacionada a JAU002 tem um formato alongado na direção WNW - ESE e possui baixa amplitude (Figuras 10f e 11f).

Por fim, embora seja possível identificar uma anomalia magnética relativamente bem isolada e circular na porção a sudeste da intrusão JAU001, considera-se que essa anomalia não esteja associada com a citada intrusão devido à grande distância (mais de 1,3 km) entre elas. No entanto, a possibilidade de estar relacionada a outra intrusão kimberlítica próxima de JAU001 não deve ser descartada.

► Modelagem de dados gravimétricos na província mineral Juruena-Teles Pires-Aripuanã, porção sul do Cráton Amazônico

PODEMOS DEFINIR GRAVIMETRIA como o estudo de variações da aceleração gravitacional ao longo do globo terrestre. A princípio, as distorções de gravidade não afetam nosso cotidiano, porém elas podem fornecer informações importantes sobre a distribuição litológica em subsuperfície. Ao redor do mundo, a diversidade de estudos gravimétricos são executados com diversas finalidades, no entanto

uma das suas principais aplicações é no mapeamento geológico e na indústria de exploração mineral.

O Cráton Amazônico (Almeida, 1978) compreende um extenso seguimento crustal geologicamente estável na porção Norte do Brasil. Devido às dificuldades de acesso, a compreensão sobre os aspectos geológicos regionais é difícil e necessita do auxílio ostensivo de métodos geofísicos. Inserida nesse contexto, a província Juruena-Teles Pires-Aripuanã, localizada principalmente no extremo norte do estado de Mato Grosso, tem despertado bastante interesse devido ao seu potencial mineral, com destaque para a exploração de ouro (Silva; Abram, 2008).

Anteriormente, já havia sido identificada uma forte anomalia Bouguer positiva em levantamentos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Observatório Nacional (ON), no entanto faltavam mais informações para compor um mapa regional que permitisse uma melhor interpretação e modelagem dos dados existentes. Inicialmente, tal anomalia foi tratada como uma zona de espessamento crustal e, possivelmente, uma sutura (Souza; Frasca; Oliveira, 2005), porém essas hipóteses ainda devem ser confrontadas com modelagens gravimétricas da área. Nos anos de 2014 e 2015, foi executado pelo Serviço Geológico do Brasil um trabalho de compilação dos dados já disponíveis e adensamento da malha gravimétrica na região, que resultou em quase 1.800 km de novos perfis e na geração de mapas gravimétricos atuais mais completos.

Contexto Geológico

A área investigada abrange a porção meridional da Província Geocronológica Tapajós-Parima e grande parte da Província Rondônia-Juruena (Tassinari; Macambira, 1999). Na primeira, as unidades estratigráficas predominantes são as Suítes Intrusivas Nhandú e Matupá (Souza; Frasca; Oliveira, 2005), de idade paleoproterozoica, que se destacam por hospedar grande quantidade de depósitos hidrotermais-magmáticos de ouro. A Província Rondônia-Juruena, por sua vez, apresenta um conjunto litológico que compreende uma faixa contínua de rochas de aproximadamente 1.150 km de extensão por 300 km de largura, alongada no sentido leste-oeste, com idades TDM <2,10 Ga. Esse conjunto caracteriza-se por: 1) magmatismo plutônico félsico de 1,80 a 1,77 Ga; 2) domínio gnáissico migmatítico de alto grau; 3) Vulcano-plutonismo anorogênico de 1.805 a 1.775 Ma; e 4) sequências metavulcanossedimentares de 1.740 Ma, recobertas por sedimentos proterozoicos e paleozoicos.

Aquisição e processamento dos dados gravimétricos

Na fase de aquisição, foram realizadas sete etapas de campo, utilizando como base logística cidades no norte do estado de Mato Grosso. Com esse trabalho, foram executadas 911 estações, totalizando aproximadamente 1.822 km de novos levantamentos (Figura 12).

O gravímetro utilizado foi o CG-5 Autograv® Scintrex®. Por ser um equipamento diferencial, ele obtém a medida da gravidade relativa a um ponto que possui valor absoluto conhecido, como o encontrado em uma estação física do IBGE e/ou ON. Os dados de cada estação são disponibilizados ao público interessado no site da instituição. A metodologia de aquisição aplicada no campo foi relativamente simples,

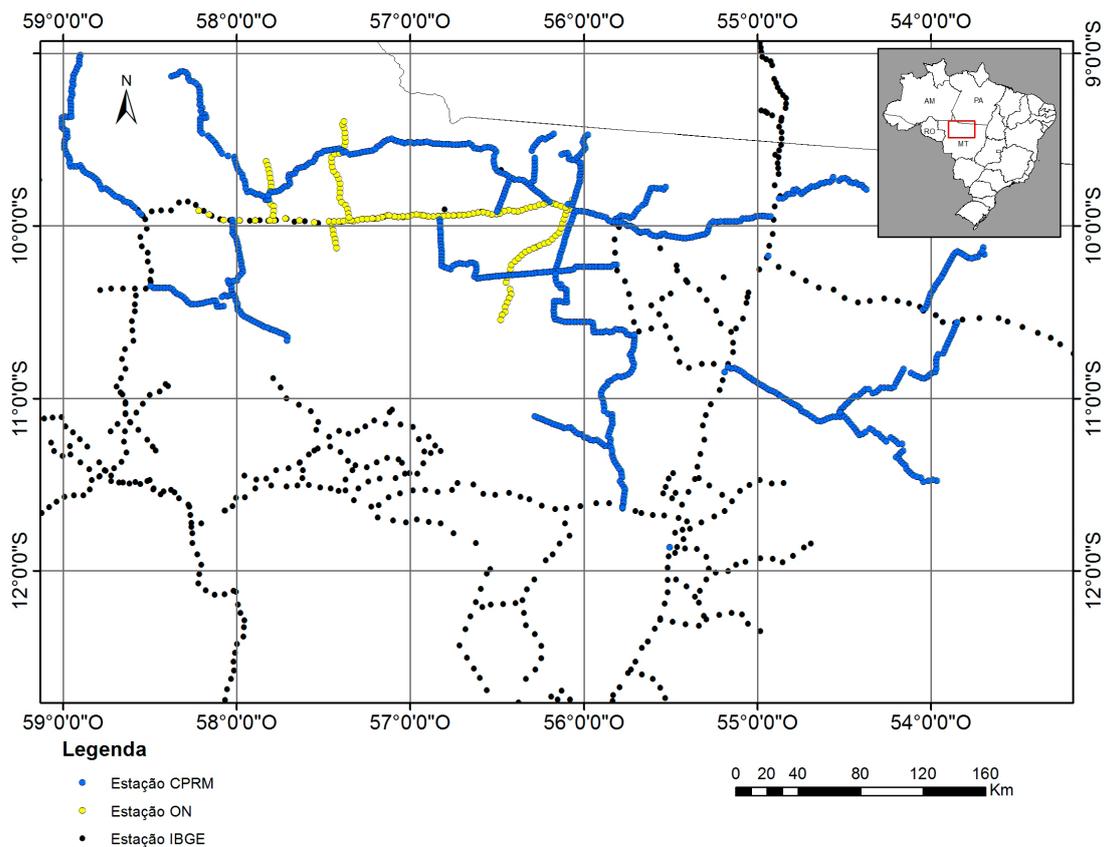


Figura 12 - Distribuição das estações gravimétricas existentes na área do Projeto Juruena-Teles Pires-Aripuanã.
Fonte: elaborado pelos autores.

no entanto permitiu a obtenção de dados regionais bem confiáveis. O espaçamento entre as estações foi em média de 2 km, aferidos com o auxílio de um GPS de navegação. Concomitante com as medidas da aceleração gravitacional, foram realizadas leituras de posicionamento espacial preciso.

No processamento dos dados altimétricos, foi utilizado o software GTR processador® 2.92. Após a obtenção das medidas de posicionamento geográfico das estações, as informações são inseridas no *software* MAPGEO2010/IBGE, sendo calculadas as respectivas alturas geoidais dos pontos. Com a posse de todas essas informações, é possível criar uma tabela que foi posteriormente importada do *software* Geosoft® Oasis Montaj®. A partir da tabela, foram calculadas as anomalias ar-livre e Bouguer para cada estação. Os valores foram então interpolados pelo método da krigagem, com células interpolação de 4 km, resultando no mapa principal da Figura 14.

Interpretação e modelagem gravimétrica

A interpretação dos dados foi dificultada pela ainda baixa cobertura de estações gravimétricas na área, no entanto dois perfis de grande comprimento (Figura 14) foram modelados nas zonas do mapa, com maior número de amostras. Com o auxílio do *software* Geosoft® GM-SYS®, foram criadas (“modeladas”) hipóteses sobre o comportamento da crosta em dois perfis, sempre balizadas pela informação gravimétrica observada nos dados de campo. Uma anomalia quase circular, localizada próxima ao município de Nova Canaã – MT, foi escolhida para ser modelada devido ao forte gradiente gravitacional verificado e pela correspondência nos mapas de gamaespectrometria e magnetometria (Figura 13).

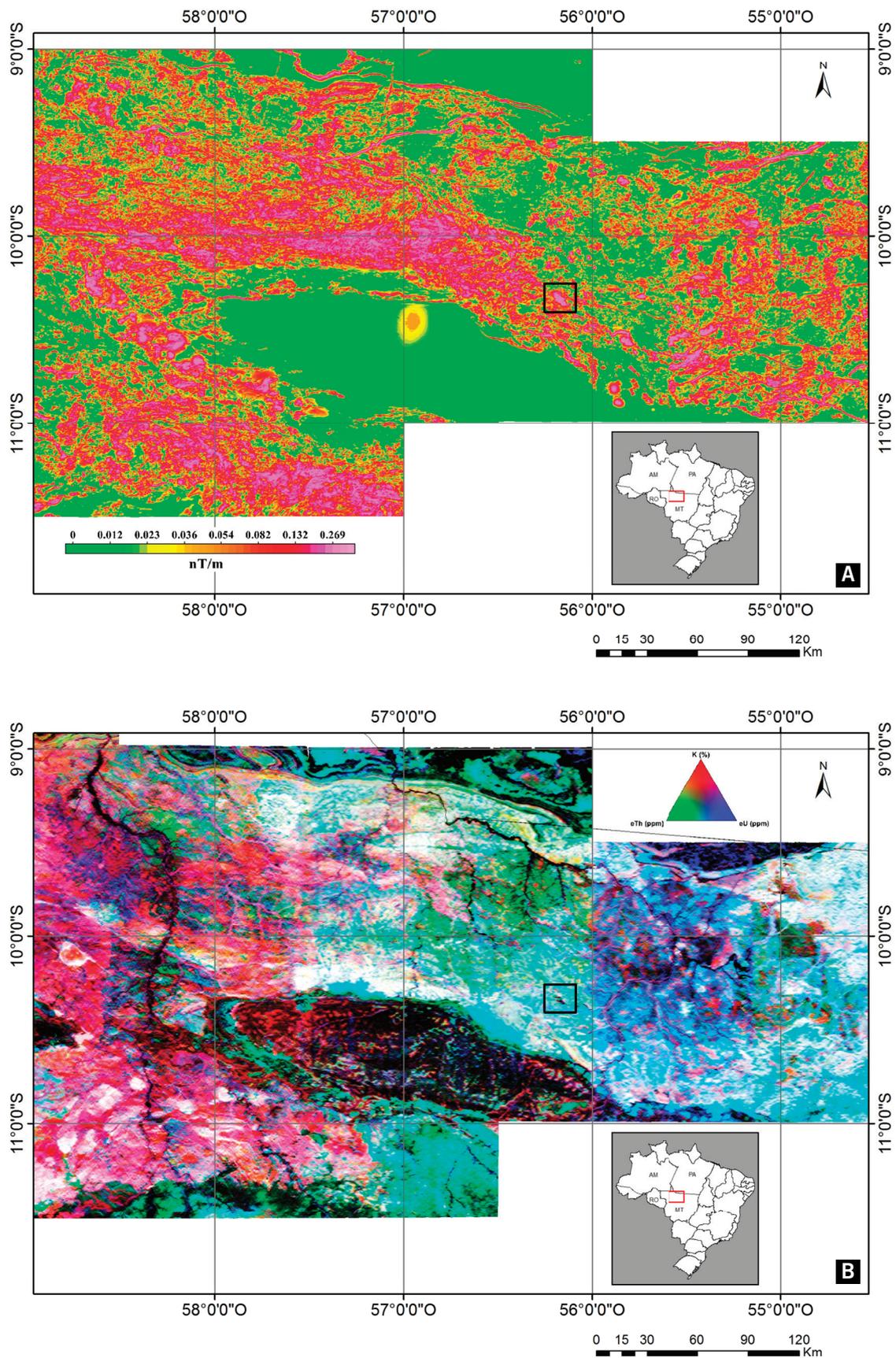


Figura 13 - Destaque da anomalia modelada no mapa magnetométrico de amplitude do sinal analítico em (a), e no mapa da composição ternária gamaespectrométrica (RGB) em (b). Fonte: elaborado pelos autores.

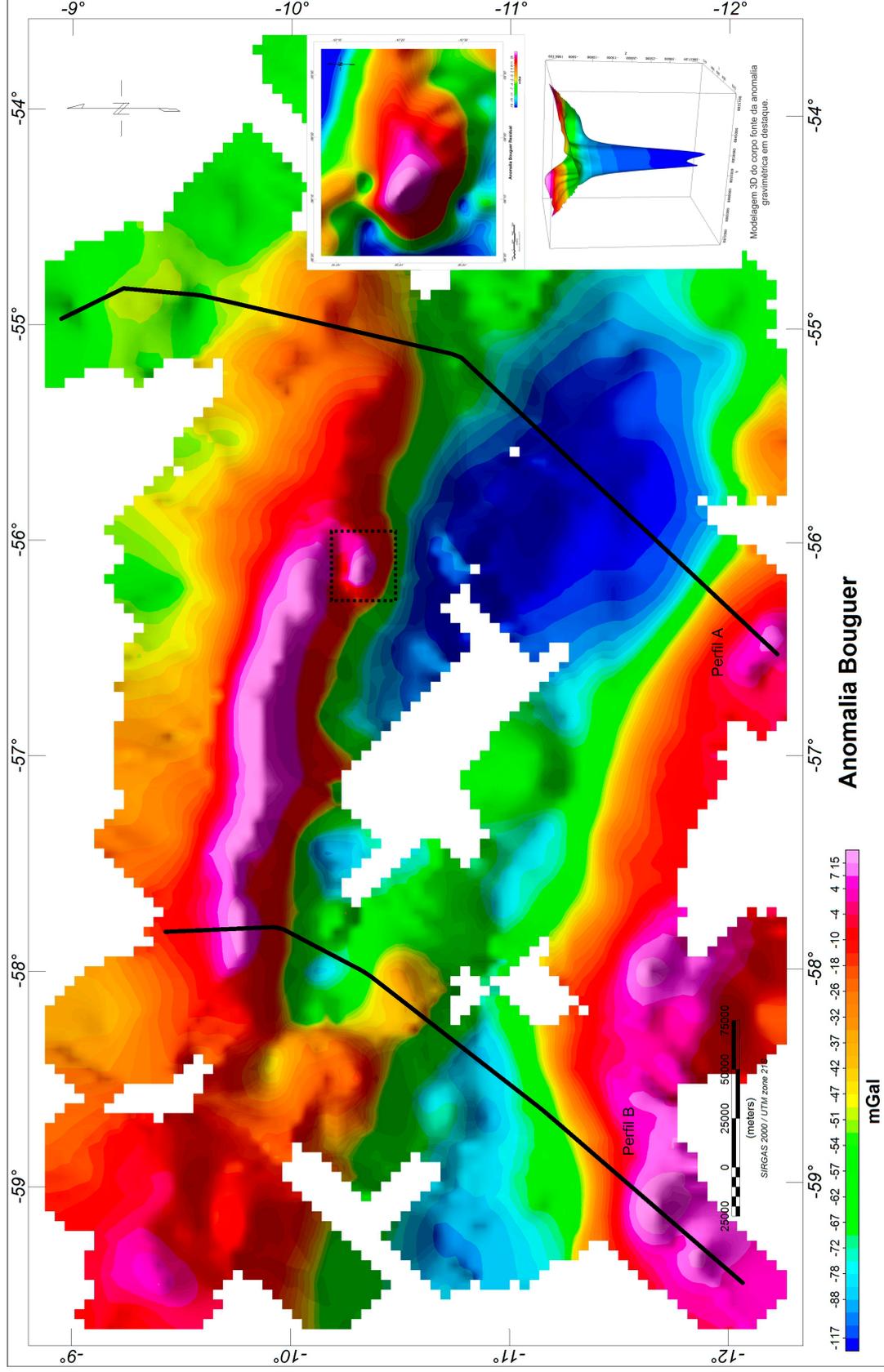


Figura 14 - Mapa Bouguer terrestre da área de estudo, localização dos perfis e da anomalia modelada e resultado da modelagem 3D do corpo fonte da anomalia em destaque.
Fonte: elaborado pelos autores.

Resultados

Antes de modelar a anomalia em destaque na Figura 14, foi necessário extrair a componente residual do campo gravitacional da sua área de ocorrência. Sobre o mapa residual foram traçados e modelados perfis 2D, posteriormente interpolados e, assim, criando uma figura tridimensional. A base do corpo-fonte da anomalia foi estimada a uma profundidade de aproximadamente 33 km, tendo o corpo completo uma densidade média de 3 g/cm³. Em superfície, foi coletada rocha vulcânica básica com densidade aproximada de 2,83 g/cm³. Caso a modelagem fosse feita com a densidade da rocha aflorante, a base do corpo estaria a uma profundidade maior que 50 km, o que não teria uma boa correlação com o senso geológico. Para transpor essa dificuldade, interpretamos a fonte como um corpo acamadado que possui densidades mais elevadas em profundidade. Partindo dessa hipótese, a anomalia destacada tem um potencial mineral interessante e pode ser alvo de estudos gravimétricos mais detalhados.

O perfil A (Figura 15) tem cerca de 400 km e inicia-se na borda sul da Bacia dos Caiabis, indo até o início da Serra do Cachimbo. O modelo geológico hipotético apresenta rochas mais densas e com espessura considerável a sul. Indo para norte, passamos pela Bacia dos Caiabis, modelada como um semigraben, preenchida por rochas de baixa densidade (arenitos e argilitos) e profundidade de 7 km no depocentro. Continuando o caminamento sentido norte, passamos em superfície por um extenso conjunto de granitoides. Para justificar o aumento do valor da gravidade no quilômetro 260 do perfil, supomos um conjunto de rochas densas com profundidade intermediária. O perfil termina com um derrame de rochas vulcânicas densas e mais rasas. Todo o conjunto de rochas estaria inserido em uma crosta com herança máfica, com densidade média de 2,8 g/cm³. Como em superfície não é constatada a presença de nenhuma rocha densa, que talvez exista no km 260, criamos o perfil A alternativo (Figura 15), supondo que as rochas densas estão mais profundas (na base da crosta), formando um *underplating*.

O perfil B (Figura 15) tem cerca de 340 km e se estende da borda norte da Bacia dos Parecis até as proximidades do município de Nova Bandeirantes - MT. No perfil foi utilizada uma abordagem diferente do primeiro para gerar o modelo. A crosta foi dividida em duas partes, uma porção inferior mais densa e uma superior menos densa. Esta última foi subdividida em outras duas partes, uma menos densa ao centro e outra mais densa nas extremidades. A compartimentação da crosta superior foi necessária, pois, temos um padrão distinto ao centro (forte baixo gravimétrico), que seria possivelmente causado por uma componente regional. Geologicamente, essa diferença de padrão pode ser interpretada como dois níveis crustais diferentes, postos lado a lado por algum fator geotectônico ainda desconhecido. Devido ao gradiente gravimétrico observado, o contato entre as diferentes crostas superiores tem inclinação quase vertical a norte, diferente do que ocorre a sul, onde o contato tem uma inclinação mais suave. Ao longo do perfil, há um conjunto de rochas densas ao sul, passando por granitoides, rochas vulcânicas e, possivelmente, rochas granulíticas ao norte.

Discussão e Conclusões

No mapa gravimétrico obtido, destacam-se duas anomalias Bouguer positivas, com grandes comprimentos de onda e amplitudes, separadas por uma expressiva anomalia Bouguer negativa. A anomalia negativa está claramente associada com uma bacia (possivelmente um rifte) preenchida por arenitos e siltitos da Formação Dardanelos. Infelizmente, os dados gravimétricos ainda não são suficientes para definir a sua estrutura por completo. A amplitude da anomalia negativa indica

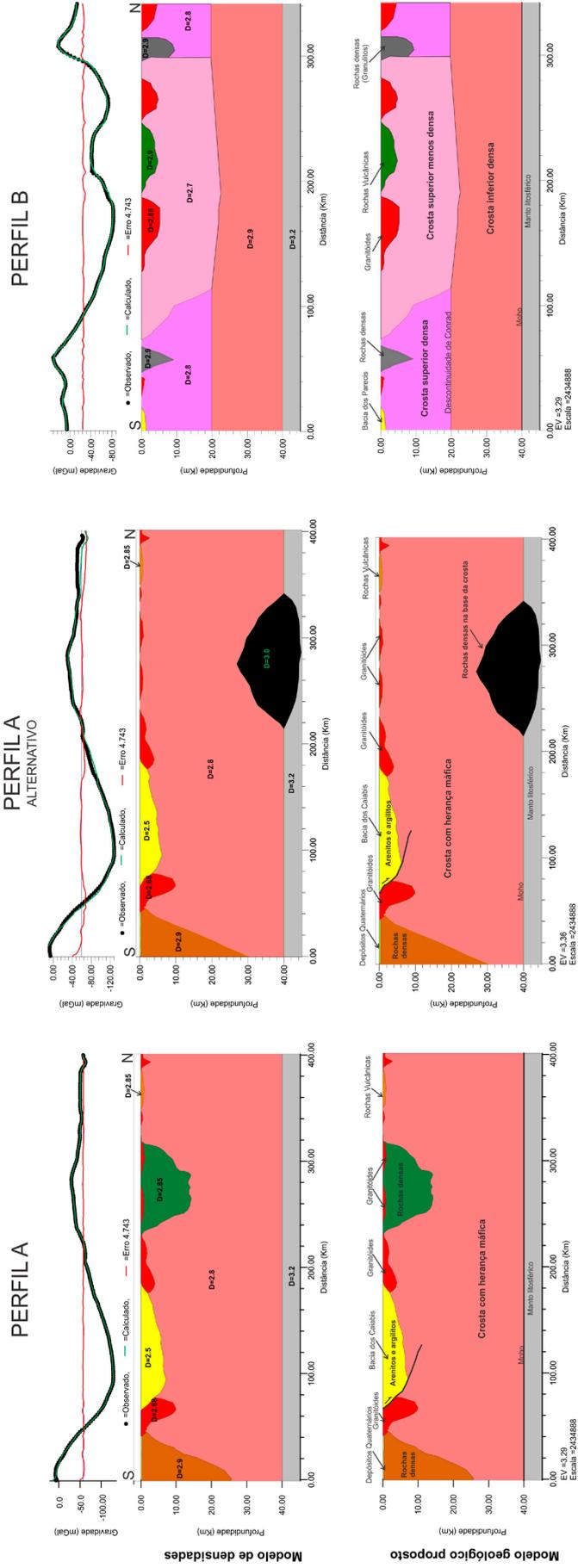


Figura 15 - Assinaturas gamespectrométricas do depósito de W de Brejui-Boca de Lage. Os traços sobrepostos são interpretações de alinhamentos magnéticos. O depósito está localizado na borda da intrusão enriquecida em K-eTh-eU. Os dados de razões sugerem que a intrusão descarregou na encaixante fluidos enriquecidos em Th e U.

que ela deve ser profunda. Será necessário levantar mais perfis para poder ligar os dados do sul com os do norte, preenchendo o vazio que existe na parte oeste da bacia.

A modelagem de dados permitiu, nos dois perfis executados, a compartimentação da crosta em três zonas principais com base nos valores observados da anomalia Bouguer. Ainda não é possível, atualmente, postular com precisão um modelo geotectônico complexo para a área. Para complementar o estudo, será necessário confrontar os dados gravimétricos com mais informações geológicas e geofísicas, além de levantar mais perfis gravimétricos.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, S. Distribuição e ocorrência do magmatismo Serra da Providência, uma associação tipo AMCG na porção oeste do Cráton Amazônico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 44., Curitiba, 2008. **Anais [...]** Curitiba: SBG, 2008. p. 517. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/649>. Acesso em: 30 out. 2023.
- AIRO, M.L. Aeromagnetic and aeroradiometric response to hydrothermal alteration. **Surveys in Geophysics**, Dordrecht, v. 23, n. 4, p. 273-302, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015556614694>.
- ALLEK, K.; HAMOUNDI, M. Regional – scale aeromagnetic survey of the South – West of Algeria: A tool for área selection for Diamond exploration. **Journal of African Earth Sciences**, n. 50, p. 67 – 78, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2007.09.018>.
- ALMEIDA, F.F.M. de. A evolução dos crátons amazônicos e do São Francisco comparada com de seus homólogos do hemisfério norte. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30., 1978. Recife. **Anais [...]**. Recife: SBG, 1978. P. 2393 – 2407. Disponível em: http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/docreader.aspx?bib=Anais&PagFis=13784. Acesso em: 31 out. 2023.
- ALVARENGA, C.J.S.; FIGUEIREDO, M.F.; BABINSKI, M.; PINHO, F. E.C. Glacial diamictites of Serra Azul Formation (Ediacaran, Paraguay belt): Evidence of the Gaskiers glacial event in Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 23, n. 2–3, p. 236-241, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2006.09.015>.
- ALVES, C.L.; RIZZOTTO, G.J.; RIOS, F.S.; GONÇALVES, G.F. (org.) **Evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena-Teles Pires: estado de Mato Grosso**. Goiânia: CPRM, 2019. 226 p. (Províncias Minerais do Brasil, 22). Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM. ISBN: 978-85-7499-547-2. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21324>. Acesso em: 30 out. 2023.
- ALVES, C.L.; SABOIA, A.M.; MARTINS, E.G.; STROPPER, J.L. (org.) **Projeto Noroeste Nordeste de Mato Grosso: folhas São José do Xingu SC.22-Y-A e Rio Comandante Fontoura SC.22-Y-B**. Escala 1:250.000. Goiânia: CPRM, 2010. 120 p. Programa Geologia do Brasil (PGB). Levantamentos Geológicos Básicos. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/11359>. Acesso em: 30 out. 2023.
- ATSDR Agency For Toxic Substances and Diseases Registry. Última atualização: 26 de Outubro de 2021. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- BAHIA, R.B.C.; MARTINS-NETO, M.A.; BARBOSA, M.S.C.; PEDREIRA, A.J. Análise da evolução tectonossedimentar da Bacia dos Parecis através de Métodos Potenciais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4, p. 639–649, 2007. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/578>. Acesso em: 30 out. 2023.
- BETTENCOURT, J.S.; LEITE JR., W.B.; RUIZ, A.S.; MATOS, R.; PAYOLLA, B.L.; TOSDAL, R.M. The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: An overview. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, n. 1, p. 28-46, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.08.006>.
- BHATTACHARYYA, B.K. Continuous spectrum of the total magnetic field anomaly due to a rectangular prismatic body. **Geophysics**, v. 31, n. 1, p. 97-121, 1966. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1439767>.
- BIERWIRTH, P. Investigation of airborne gamma – ray images as a rapid mapping tool for soil and land degradation – Wagga Wagga, NSW. Canberra, Australia: Australian Geological Survey Organisation, 1996. 71 p. (RECORD 1996/22). Disponível em: https://d28rz98at9flks.cloudfront.net/14903/Rec1996_022.pdf. Acesso em: 05 maio 2023.
- BIONDI, J.C. **Processos metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros**. São Paulo: Oficina de textos, 2003. 528 p. ISBN 85-86238-31-7.
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (org.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. Brasília: CPRM, 2003. p. 55 – 86. Escala 1:2.500.000. Sistema de Informações Geográficas - SIG. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/5006>. Acesso em: 31 out. 2023.
- CLARK, D.A. Magnetic petrophysics and magnetic petrology: Aids to geological interpretation of magnetic surveys. **Journal of Australian Geological and Geophysical**, v. 17, n. 2, p. 83-103, 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266077672_Magnetic_petrophysics_and_magnetic_petrology_Aids_to_geological_interpretation_of_magnetic_surveys. Acesso em: 30 out. 2023.
- CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W. Proterozoic accretionary belts in the Amazonian Craton. *In: HATCHER JR, R.D.; CARLSON, M.P.; MCBRIDE, J.H.; CATALÁN, R.R.M. (eds.). 4-D Framework of Continental Crust*. Boulder: Geological society of America (GSA), 2007. p. 297 – 320. The Geological Society of America Memoir, 200. ISBN: 9780813712000.

- COWAN, D.R.; TOMPKINS, L.A.; COWAN, S. Screening kimberlites magnetic anomalies in magnetically active areas. **Exploration Geophysics**, v. 31, p. 66 – 72, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1071/EG00066>.
- DENT, D.L.; MACMILLAN, R.A.; MAYR, T.; CHAPMAN, W.K.; BERCH, S.M. Use of airborne gamma radiometrics to infer soil properties for a forested area in British Columbia, Canada. **Journal of Ecosystem and Management**, v. 14, n. 1, p. 1 – 12, 2013. DOI: <https://doi.org/10.22230/jem.2013v14n1a201>.
- DENTITH, M.; MUDGE, S. **Geophysics for the mineral explorations geoscientists**. Cambridge University Press, 2014. 516 p. ISBN 978-05-2180-951-1.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (Brasil). **Sumário Mineral 2009**. Brasília: DNPM, 2010. v. 29. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2009>. Acesso em: 30 out. 2023.
- DICKSON, B.L.; SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, Australia, v. 17, n. 2, p. 187-200, 1997.
- DIENER, F.S.; POLO, H.J.O.; CARNEIRO, J.S.M. (orgs.). **Geologia e recursos minerais da folha Rio Branco - SC.20-Z-B, estado do Mato Grosso**. Goiânia: CPRM, 2019. 90 p. Escala 1:250.000. ISBN 978-85-7499-522-9. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21297>. Acesso em: 30 out. 2023.
- FALEBITA, D.; FALADE, A.; ADEPELUMI, A. The potential kimberlite field of the Kafur – Masari – Malumfashi área, northwestern Nigeria – evidence from integrated regional geophysical signatures. **Results in Geophysical Science**, v. 6, n. 100016, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ringps.2021.100016>.
- FELGATE, M.R. The petrogenesis of Brazilian kimberlites and kamafugites intruded along the 125° lineament: improved geochemical and geochronological constraints on magmatism in Rondonia and the Alto Paranaíba Igneous Province. 291 p. 2014. Tese (Doutorado em Filosofia). School of Earth Sciences of the University of Melbourne, 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-petrogenesis-of-Brazilian-kimberlites-and-along-Felgate/85d63898fcd47cc1a68114a60c17450541af60>. Acesso em: 30 out. 2023.
- FREITAS, A.F.; MARMOS, J.L. **Atlas geoquímico do estado de Roraima**. Recife: CPRM, 2017. 225 p. Projeto levantamento geoquímico de baixa densidade do estado de Roraima. ISBN: 978-85-7499-357-7. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19822>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- GALBRAITH, J.H.; SAUNDERS, D.F. Rock classification by characteristics of aerial gamma-ray measurements: Journal of Geochemical Exploration, vol. 18, p. 49 – 73, 1983. DOI: [https://doi.org/10.1016/0375-6742\(83\)90080-8](https://doi.org/10.1016/0375-6742(83)90080-8)
- GALLOWAY, M.; NOWICKI, T.; VAN COLLER, B.; MUKODZANI, B.; SIEMENS, K.; HETMAN, C.; WEBB, K.; GURNEY, J. Constraining kimberlite geology through integration of geophysical, geological and geochemical methods: A case study of the Mothae kimberlite, northern Lesotho. **Lithos**, v. 112, n. 130 – 141, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.06.026>.
- GERALDES, M.C.; SCHMUS, W.R.; CONDIE, K.C.; BELL, S.; TEIXEIRA, W.; BABINSKI, M. Proterozoic geologic evolution of the SW part of the Amazonian Craton in Mato Grosso state, Brazil. **Precambrian Research**, v. 111, n. 1 - 4, p. 91 – 128, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00158-9](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00158-9).
- GNOJEK, I.; PRICHYSTAL, A. A new mineralization detected by airborne gamma-ray spectrometry in northern Moravia, Czechoslovakia. **Geoexploration**, v. 23, n. 4, p. 491-502, Dec. 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7142\(85\)90076-6](https://doi.org/10.1016/0016-7142(85)90076-6).
- GUIARRARA, P. Mato Grosso. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/mato-grosso.htm>. Acesso em 20 de abril de 2023.
- GUNN, P.J. Regional magnetic and gravity responses of extensional sedimentary basins. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 115–131, 1997.
- HASTING, D.A.; DUNBAR, P.K. **Global Land Onekilometer Base Elevation (GLOBE)**: Digital Elevation Model, Documentation, version 1.0. Boulder (Colorado): National Oceanic and Atmospheric Administration, 1999. 147 p. (NGDC key to geophysical Records Documentation, n. 34).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data**. Viena: IAEA, 2003. 173 p. disponível em: https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1363_web.pdf. Acesso em: 24 jul. 2023.
- ISLES, D.J.; RANKIN, L.R. **Geological interpretation of aeromagnetic data: aeromagnetic prospecting – data processing**. Australia: Australian Society of Exploration Geophysicists, 2013. 365 p. ISBN 978-064-3098-09-1. Disponível em: <https://www.aseg.org.au/sites/default/files/ebook-ASEG-eBook-Geo-Interpretation-of-Aeromagnetic-Data-Opt-for-user-1621.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- JELSMA, H.; BARNETT, W.; RICHARDS, S.; LISTER G. Tectonic setting of kimberlites. **Lithos**, v. 112, p. 155 – 165, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.06.030>.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1992. 365 p.
- KAMARA, A.Y.S. Review: Geophysical methods for kimberlite prospecting. **Geofísica de Exploração**, v. 12, n. 3, p. 43 – 51, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1071/EG981043>.

- KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **An introduction to geophysical exploration**. 3 ed. Oxford: Blackwell Science, 2002. 272 p. ISBN: 0 632 04929 4.
- KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. The surface chemistry of PGW pulp fibre fractions. *In*: INTERNATIONAL MECHANICAL PULPING CONFERENCE, 1997, Stockholm, Sweden. **Proceedings** [...]. Stockholm: Swedish Association of Pulp and Paper Engineers, 1997. p. 407-411.
- LACERDA FILHO, J.V.; ABREU FILHO, W.; VALENTE, C.R.; OLIVEIRA, C.C.; ALBUQUERQUE, M.C. (org.). **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso**: texto explicativo dos Mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso. Escala 1:1.000.000. Cuiabá: CPRM; SICME-MT, 2004. 200 p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/4871>. Acesso em: 31 out. 2023.
- LEITE, J.A.D.; SAES, G.S. Geology of the Southern Amazon Craton in Southwestern Mato Grosso, Brazil: A review. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 091 – 094, 2000.
- LICHT, O.A.B.; MELLO, C.S.B. de; SILVA, C.R. da (ed.) **Prospecção geoquímica**: depósitos minerais metálicos, não-metálicos, óleo e gás. Rio de Janeiro: SBGq; CPRM, 2007. 788 p. il. ISBN: 978-85-7499-057-6.
- MACLEOD, I.N.; JONES, K.; DAI, T.F. 3-D analytic signal in the interpretation of total magnetic field data at low magnetic latitudes. **Exploration Geophysics**, New York, v. 24, n. 3-4, p. 679-68, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1071/EG993679>.
- MACNAE, J. Kimberlites and exploration geophysics. **Geophysics**, v. 44, n. 8, p. 1395 – 1416, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1441014>.
- MACNAE, J.C. Applications of geophysics for the detection and exploration of kimberlites and lamproites. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 53, n. 1-3, p. 213 – 243. 1995. [https://doi.org/10.1016/0375-6742\(94\)00057-1](https://doi.org/10.1016/0375-6742(94)00057-1).
- MEGUMI, K.; MAMURO, T. Concentration of uranium series nuclides in soil particles in relation to their size. **Journal of Geophysical Research**, v. 10, n. 2, p. 353-356. 1977. DOI: <https://doi.org/10.1029/JB082i002p00353>
- MELLO, D.C. et al.. Applied gamma – ray spectrometry for evaluating tropical soil processes and attributes. **Geoderma**, v. 381, n. 114736, p. 1-15, sep. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114736>. Acesso em: 31 out. 2023.
- MENEZES, P.T.L.; LA TERRA, E.F. 3D magnetic interpretation of the Regis limberlite pipe, Minas Gerais, Brazil. **Near Surface Geophysics**, v. 9, n. 4, p. 331 – 338, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3997/1873-0604.2011005>.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná S. A. **Geoquímica de solo-Horizonte B**: relatório final de projeto. Curitiba: Mineropar, 2005. v. 2. Disponível em: <http://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uuid=@gtf-escriba-minerop@ff261ce6-49d1-4516-ba61-675eac37770b>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- MINTY, B.; LUYENDYK, A.; BRODIE, R. Calibration and data processing for airborne gamma ray spectrometry. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 51-62, 1997.
- MINTY, B.R.S. Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, Australia, v. 17, n. 2, p. 39-50, 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279937934_Fundamentals_of_airborne_gamma-ray_spectrometry. Acesso em: 23 ago. 2022.
- MITCHELL, R.H. Potassic Alkaline Rocks: Leucitites, Lamproites, and Kimberlites. In: Alderton D., Elias S.A. **Encyclopedia of Geology**, p. 215 – 239, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12482-0>.
- NANNINI, F.; CABRAL NETO, I.; SILVEIRA, F.V.; CUNHA, L.M.; OLIVEIRA, R.G.; WESKA, R.K. **Áreas kimberlíticas e diamantíferas do Estado do Mato Grosso**. Brasília: CPRM, 2017. 42 p. il., Informe de Recursos Minerais, Série Pedras Preciosas, 12. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17618>. Acesso em: 31 out. 2023.
- NNDANDULENI, M.; TESSEMA, A. Application of ground magnetic and soil geochemical surveys for mapping potential kimberlite bodies in the Southern margin of the Achaean Kaapvaal Craton, South Africa. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 231, n. 106877, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2021.106877>
- OLIVEIRA, A.C.; ALMEIDA, M.E. The Role of Intracratonic Crustal Reworking in the Tectonic Compartmentalization of the Juruena Terrane, SW Amazonas Craton: The Roosevelt-Guariba Transpressive Belt. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, v. 4, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29396/jgsb.2021.v4.n2.3>.
- PEDREIRA, A.J.; SCHOBENHAUS, C.; VALENTE, C.R.; OLIVEIRA, C.C.; RIZZOTTO, G.J.; DELGADO, I.M.; LACERDA FILHO, J.V.; MORETON, L.C.; QUADROS, M.L.E.S. Compartimentação Geotectônica. *In*: LACERDA FILHO, J.V.; ABREU FILHO, W.; VALENTE, C.R.; OLIVEIRA, C.C.; Albuquerque, M.C. (org.). **Geologia e Recursos Minerais do estado de Mato Grosso**: texto explicativo dos Mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso. Escala 1:1.000.000. Cuiabá: CPRM; SICME-MT, 2004. p. 33-50. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/4871>. Acesso em: 31 out. 2023.
- PEIXOTO, E.M.A. Elemento Químico: Potássio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 19, 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a14.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

- PETTIT, W. Geophysical signatures of some recently discovered large (> 40 há) kimberlite pipes on the Alto Cuilo concession in northeastern Angola. **Lithos**, v. 112, p. 106 – 115, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.05.046>.
- PICKUP, G.; MARKS, A. Identifying large – scale erosion and deposition process from airborne gamma radiometrics and digital elevation models in a weathered landscape: **Earth Surface Process and Landforms**, v. 25, p. 535 – 557. 2000. DOI: 10.1002/(SICI)1096-9837(200005)25:5<535::AID-ESP91>3.0.CO;2-N.
- PIRES, A.C.B.; HARTHILL, N. Statistical analysis of airborne gamma-ray data for geologic mapping purposes: Crixás – Itapaci area, Goiás, Brazil. **Geophysics**, v. 54, n. 10, p. 1326-1332, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1442592>.
- POWER, M.; BELCOURT, G.; ROCKEL, E. Geophysical methods for kimberlite exploration in northern Canada. **The Leading Edge**, n. 23, p. 1124 – 1129, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1825939>
- RAWLINS, B.G.; WEBSTER, R. Understanding airborne radiometric survey signals across part of eastern England. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 32, ed. 10, p. 1503 – 1515, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.1468>.
- REINHARDT, N.; HERMANN, L. Gamma – ray spectrometry as a versatile tool in soil Science: A critical review. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 182, n. 1, p. 1 -19, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201700447>.
- REIS, N.J.; TEIXEIRA, W.; D'AGRELLA-FILHO, M.S.; BETTENCOURT, J.S; ERNST, R.E.; GOULART, L.E. Large igneous provinces of the Amazonian Craton and their Metallogenic Potential in Proterozoic Times. **Geological Society**, London, Special Publications, v. 518, 1 Suppl., p. 493-529, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP518-2021-7>.
- RIBEIRO, P.S.E.; ALVES, C.L. (org.). **Geologia e recursos minerais da região de Palmas** - folhas Miracema do Norte SC.22-X-D, Porto Nacional SC.22-Z-B e Santa Teresinha SC.22-Z-A: estado do Tocantins. Goiânia: CPRM, 2017. 483 p. il., cor. ISBN 978-85-7499-253-2. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18076>. Acesso em: 31 out. 2023.
- RIBEIRO, P.S.E.; DUARTE, T.B. (org.). **Projeto Noroeste-Nordeste de Mato Grosso**: folhas Rio Guariba e Rio Aripuanã, escala 1:250.000. Goiânia: CPRM, 2010. 248 p. INSS 9788574991207. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/11183>. Acesso em: 31 out. 2023.
- RIBEIRO, V.B.; LOURO, V.H.A.; MANTOVANI, M.S.M. 3D Inversion of magnetic data of grouped anomalies - Study applied to São José intrusions in Mato Grosso, Brazil. **Journal of Applied Geophysics**, v. 93, p. 67 – 76, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2013.03.013>.
- RIZZOTTO, G.J.; ALVES, C.L.; RIOS, F.S.; BARROS, M.A.S. The Nova Monte Verde metamorphic core complex: Tectonic implications for the southern Amazonian craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v.91, p. 154-172, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.01.003>
- RIZZOTTO, G.J.; ALVES, C.L.; RIOS, F.S.; BARROS, M.A.S. The Western Amazonia Igneous Belt. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 96, n. 102326, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102326>.
- RIZZOTTO, G.J.; SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; TOHVER, E.; PIMENTEL, M.M.; MCNAUGHTON, N.J. The Mesoproterozoic Guaporé suture in the SW Amazonian Craton: Geotectonic implications based on field geology, zircon geochronology and Nd–Sr isotope geochemistry. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p. 271-295, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.10.001>.
- RUIZ, A.S. Compartimentação Tectônica (Pré-Sunsás) do Sudoeste do Cráton Amazônico: ênfase em Mato Grosso - Brasil. In: CONGRESSO GEOLÓGICO BOLIVIANO, 18., 2009, Potosí. **Actas** [...]. Potosí: Comisión Científica Nacional - Ing. Daniel Howard, 2009. p. 159-163.
- RUIZ, A.S. **Evolução geológica do sudoeste do cráton amazônico região limítrofe Brasil-Bolívia - Mato Grosso**. 2005. 260 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/103015>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SANTOS, J.O.S. Geotectônica dos Escudos da Guiana e Brasil Central. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; BAARS, F.J.; DELGADO, I.M.; ABRAM, M.B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G.M.M.; SANTOS, J.O.S. (eds.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM, 2003. Escala 1:2.500.000. Sistema de Informações Geográficas - SIG. p. 169-226. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/5006>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SCANDOLARA, J.E.; FUCK, R.A.; DALL'AGNOL, R.; DANTAS, E.L. Geochemistry and origin of the early Mesoproterozoic mangerite-charnockite-rapakivi granite association of the Serra da Providência suite and associated gabbros, central-eastern Rondônia, SW Amazonian Craton, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 45, p.166-193, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.03.003>.
- SILVA, A.B.; SEVERINO, R.R.; GONÇALVES, G.F. Interpretation of Magnetic Anomalies of the Caiabi Basin, Southwestern Amazonian Craton, Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN

- GEOPHYSICAL SOCIETY, 16., 2019, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: SBGf, 2019. p. 1 - 6.
- SILVA, M. da G. da; ABRAM, M.B. (org.). Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso. Goiânia: CPRM, 2008. 212 p. (Informe de Recursos Minerais. Série Ouro, 16). Programa Geologia do Brasil - PGB. ISBN 978-85-7499-060-6. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1745>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SILVA, M.F.; DANTAS, E.L.; MATTEINI, M.; TRINDADE, R.I.F. Late Tonian explosive volcanism and hyaloclastites in northern Paraguay Belt, Central Brazil: A record of Rodinia break-up in western Gondwana. **Precambrian Research**, v. 382, n. 106862, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2022.106862>.
- SILVA, M.F.; DANTAS, E.L.; VIDOTTI, R.M. Shortening history of the Neoproterozoic oroclinal bending in Paraguay belt, Central Brazil, based on structural interpretation of field work and high resolution aerogeophysical data. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 107, n. 103043, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103043>.
- SILVA, M.F.; SANTOS, D.R.V.; SOUZA, J.O. (org.). Geologia e recursos minerais das folhas Nova Xavantina, SD.22-Y-B-IV e Placa Nativa, SD.22-Y-A-VI: estado de Mato Grosso. Goiânia: CPRM, 2013. 141 p. 1 mapa, cor. Escala 1:100.000. ISBN 978-85-7499-376-8. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17748>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SIQUEIRA, L.P. Bacia dos Parecis. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 3, p. 3-16, 1989.
- SIQUEIRA, L.P.; TEIXEIRA, L.B. Bacia dos Parecis: nova fronteira exploratória da Petrobrás. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 3., 1993, Rio de Janeiro. **Resumos Expandidos** [...]. Rio de Janeiro: SBGf, 1993. p. 168-170.
- SOUZA, A.A.; CASTRO, C.C.; LIMA, M.G. **Geologia e Recursos Minerais da Serra da Borda folha SD.21-Y-A-IV**. Porto Velho: SGB-CPRM, 2016. 104 p. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. ISBN 978-85-7499-299-0. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/15813>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SOUZA, J.O.; FRASCA, A.A.S.; OLIVEIRA, C.C. de (orgs.). **Geologia e recursos minerais da folha Alta Floresta (relatório integrado)**: folhas SC.21-X-C, SC.21-V-D, SC.21-Z-A e SC.21-Z-B: estados de Mato Grosso e do Pará. Brasília: CPRM, 2005. 177 p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB; Projeto Província Mineral de Alta Floresta (PROMIN-Alta Floresta). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10246>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SOUZA, J.O.; SANTOS, D.R.V. dos; SILVA, M.F. da; FRASCA, A.A.S.; BORGES, F.R.; GOLLMANN, K. **Projeto Planalto da Serra**: estado de Mato Grosso. Goiânia: CPRM, 2012. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/11589>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SOUZA, J.O.; SANTOS, D.R.V.; SILVA, M.F.; FRASCA, A.A.; BORGES, F.R.; GOLLMANN, K. 2012. Projeto Planalto da Serra: estado de Mato Grosso. Goiânia: CPRM, 2012. 105 p. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/11589>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SPADONI, M.; VOLTAGGIO, M. Contribution of gamma ground spectrometry to the textural characterization and mapping of floodplain sediments. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 125, p. 20 – 33, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.10.016>.
- SPECTOR, A.; GRANT, F. S. Statistical models for interpreting aeromagnetic data. **Geophysics**, Tulsa, v. 35, n. 2, p. 293-302, Apr. 1970. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1440092>.
- TASSINARI, C.C.G.; MACAMBIRA, M.J.B. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; NEVES, B. B. (org.). **Geologia do continente Sul Americano**. São Paulo: Beca, 2004. p. 165- 175. ISBN 85-8725-645-9. p. 471-485.
- TAYLOR, M.J.; SMETTEM, K.; PRACILLO, G.; VERBOOM, W. Relationships between soil properties and high resolution radiometrics, central eastern Wheatbelt, Western Australia. **Exploration Geophysics**, v. 33, n. 2, p. 95 – 102, 2002. DOI: 10.1071/EG02095. DOI: <https://doi.org/10.1071/EG02095>.
- TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E.; KEYS, D.A. **Applied Geophysics**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 770 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139167932>.
- TESSEMA, A.; NEFELE, N.; SEBAKE, D. The use of high-resolution airborne magnetic, ASTER and Landsat 7 ETM+ images for identification of kimberlitic pipes in the northwestern Free State Province, South Africa. **International Journal of Remote Sensing**, v. 33, n. 14, p. 4356 – 4373, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.640960>.
- TRINDADE NETTO, G.B.; DIENER, F.S.; FUENTES, D.B.V.; REZENDE, E.S. (Orgs.). **Áreas de relevante interesse mineral (ARIM)**: evolução crustal e metalogenia da Região de Aripuanã, estado do Mato Grosso. Goiânia: CPRM, 2020. 195 p. ISBN 978-65-5664-000-6. DOI: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21663>.

VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Pará**. Belém: CPRM, 2008. Escala 1:1.000.000. Programa Geologia do Brasil - PGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10443>. Acesso em: 31 out. 2023.

VIEIRA, H.T.J.; MORAES, J.M.; PAULA, T.F.L. de. **Geoparque Chapada Dos Guimarães (MT)** : proposta. Goiânia. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/17167/1/guimaraes.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

WILDFORD., J.R.; BIERWIRTH, P.N.; CRAIG, M.A. Application of airborne gamma – ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. **AGSO**

Journal of Australian Geology and Geophysics, v. 17, n. 2, p. 201 – 216, 1997.

WILFORD, J.; MINTY, B. The use of airborne gamma-ray imagery for mapping soils and understanding landscape processes. *In*: LEGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.B.; VOLTZ, M. (eds). **Developments in Soil Science**, v. 31, p. 207 – 218, 2007. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(06\)31016-1](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(06)31016-1).

WOODHEAD, J.; HERGT, J.; GIULIANI, A.; MAAS, R.; PHILLIPS, D.; PEARSON, D.G.; NOWELL, G. Kimberlites reveal 2.5 – billion – year evolution of a deep, isolated mantle reservoir. **Nature**, v. 573, p. 578 – 581, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1574-8>.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM) E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista de 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia;
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO **GEOCIÊNCIAS**

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO **SERVIÇOS COMPARTILHADOS**

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO **PROGRAMAS INTERNOS**

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Projeto Atlas Aerogeofísicos Estaduais

Em um país com dimensões continentais como o Brasil, levantamentos aerogeofísicos têm sido fundamentais para o incremento do conhecimento geológico, e para fomentar investimentos do setor mineral.

A grande importância dos levantamentos geofísicos consiste na sua capacidade de desvendar a terceira dimensão dos dados geológicos. Dessa forma, feições geológicas como corpos, estruturas e depósitos minerais podem ser inferidas em profundidade, através de interpretações e modelagens dos dados geofísicos.

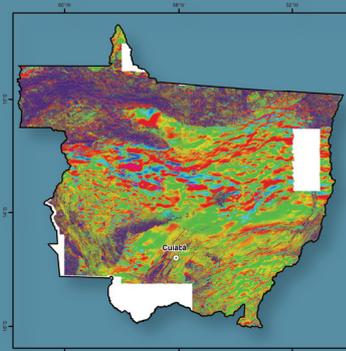
A aquisição de dados aerogeofísicos e sua ampla disponibilização representa uma das principais ações do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM). Ao longo das duas últimas décadas, importantes investimentos foram feitos pelo governo federal, através do SGB-CPRM, na aquisição de dados aerogeofísicos, tendo sido recoberta uma área de cerca de 3,7 milhões de km², que corresponde a aproximadamente 43% do território nacional continental, e 92% das áreas de escudo cristalino. Em geral, nestes aerolevantamentos foram obtidos dados magnetométricos e gamaespectrométricos com espaçamento entre as linhas de voo de 500 m, e altura de voo de 100 m. Este grande esforço e investimento financeiro certamente tem contribuído para o aprimoramento do conhecimento geológico e a descoberta de depósitos minerais no Brasil.

Para incrementar a divulgação do conhecimento e a disponibilização dos dados, foi proposto o **Projeto Atlas Aerogeofísicos Estaduais**, onde dados aerogeofísicos são integrados de acordo com os limites das unidades federativas do Brasil. Esta compartimentação objetiva facilitar a gestão e emprego dos dados, de acordo com a preferência e prioridades dos setores público e privado, e segundo as características geológicas e potencialidades minerais locais.

Todos os produtos elaborados neste projeto estão disponíveis para download no banco de dados corporativo do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), o GeoSGB (<http://geosgb.sgb.gov.br>).

ATLAS AEROGEOFÍSICO

Estado do Mato Grosso



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

Sede Brasília

Setor Bancário Norte - SBN
Quadra 02, Asa Norte
B Loco H - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - Brasil - CEP: 70040-904
Tel.: (61) 2108-8400

Escritório do Rio de Janeiro

Avenida Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - RJ - Brasil - CEP: 22290-255
Tel.: (21) 2295-0032

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tels: (21) 2546-0212 • (61) 3223-1166

Departamento de Geologia

Tels: (91) 3182-1326 • (91) 99944-4906 • (21) 99584-3726

Departamento de Recursos Minerais

Tel.: (21) 2295-4992

Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Tel.: (11) 3775-5123 • (11) 98106-8606

www.sgb.gov.br

Assessoria de Comunicação

Tels: (61) 2108-8400 • (21) 2295-4641
email: asscomdf@sgb.gov.br

Ouvidoria

Tel.: (21) 2295-4697
email: ouvidoria@sgb.gov.br

Serviço de Atendimento a Usuários – SEUS

Tel.: (21) 2295-5997
email: seus@sgb.gov.br