



## Assinatura Geofísica dos Complexos Alcalinos Fazenda Buriti e Arenópolis, porção norte da Província Alcalina de Goiás

Lorena Malta Feitoza – UnB, Adriana Chatack Carmelo – UnB, Augusto César B. Pires – UnB, Mônica Giannoccaro Von Huelsen – UnB, Mônica Elizetti de Freitas – CNEN  
[lorenamalta@gmail.com](mailto:lorenamalta@gmail.com); [chatack@unb.br](mailto:chatack@unb.br); [acbpirez@unb.br](mailto:acbpirez@unb.br); [monisis@unb.br](mailto:monisis@unb.br); [monicaef@gmail.com](mailto:monicaef@gmail.com)

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Resumo

As rochas alcalinas da região de Iporá (Goiás) fazem parte da Província Alcalina de Goiás (PAGO) e vêm sendo estudadas desde o fim da década de 1960. Essa região foi afetada por importantes eventos de magmatismo alcalino durante o Cretáceo Superior, em particular, em regiões submetidas a arqueamentos crustais, condicionadas por falhamentos regionais com direção preferencial NW – SE. Esse ambiente inclui desde complexos máfico – ultramáficos alcalinos, rochas alcalinas subvulcânicas e vulcânicas. Esta pesquisa incide no estudo da porção norte da Província Alcalina de Goiás com áreas – alvo os Complexos Alcalinos Fazenda Buriti (CFB) e Arenópolis (CA). As propriedades petroquímicas apresentadas por esses Complexos definem um padrão magnético anômalo que é característico das intrusões na região. Esse comportamento magnético apresenta valores de campo variado que permite a individualização dos litotipos que constituem os Complexos. A gamaespectrometria mostra as diferenças composicionais das rochas dos Complexos, com anomalias em forma elipsoidal e concentrações de radioelementos caracterizadas por valores intermediários a baixos. Desta forma, esta pesquisa fornece subsídios para um melhor entendimento da porção norte da Província Alcalina de Goiás, a partir da resposta geofísica integrada aos dados geológicos tendo como áreas alvo os Complexos Alcalinos Fazenda Buriti (CFB) e Arenópolis (CA).

### Introdução

As rochas alcalinas da região de Iporá e Arenópolis (Goiás) fazem parte dos Complexos Alcalinos Fazenda Buriti e Arenópolis, porção norte da Província Alcalina de Goiás (PAGO) e vêm sendo estudadas desde o fim da década de 1960 (Almeida 1967, 1983, 1986; Gibson *et al.* 1995, 1997, 2005; Cerqueira 1995; Thompson *et al.* 1998; Siebel *et al.* 2000; Junqueira – Brod 2003; Brod *et al.* 2005).

Esses Complexos foram afetados por importantes eventos de magmatismo alcalino durante o Cretáceo, em particular, em regiões submetidas a arqueamentos crustais, condicionadas por falhamentos regionais com direção preferencial NW – SE (Cerqueira 1995). Os

complexos são formados principalmente por litotipos máficos – ultramáficos alcalinos, rochas alcalinas subvulcânicas e vulcânicas (Junqueira – Brod 2003). Grande parte dos trabalhos que retratam a PAGO enfoca o mapeamento, a caracterização e a datação destas rochas. Entretanto, poucos foram aqueles que utilizaram parâmetros geofísicos para identificar e avaliar as rochas alcalinas, determinando as características gamaespectrométricas, magnetométricas e as propriedades físicas, integrando-as com dados geológicos. Os dados gamaespectrométricos representam respostas dos materiais até cerca de 0,5 m da superfície. Enquanto, os dados magnéticos indicam a somatória de respostas da intensidade do campo magnético em diferentes profundidades (Blum 1995). Desta forma, esta pesquisa fornece subsídios para um melhor entendimento da porção norte da Província Alcalina de Goiás, bem como determinar a resposta geofísica das rochas alcalinas e contribuir para o mapeamento geológico – geotectônico quanto como meio de identificação de áreas com potencialidade mineral da região sudoeste do Estado de Goiás. A área de estudo está localizada na porção sudoeste do Estado de Goiás, nas proximidades da cidade de Iporá, o Complexo Alcalino Fazenda Buriti, e Arenópolis, o Complexo Alcalino Arenópolis (Figura 1).

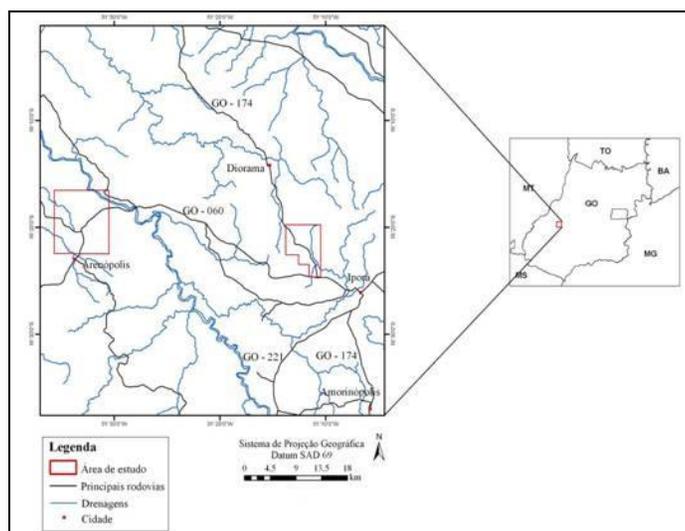


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

### Ambiência Geológica

A Província Alcalina de Goiás (PAGO), localizada na borda NNE da Bacia do Paraná, compreende uma diversificada associação de rochas alcalinas, resultantes

de eventos magmáticos que afetaram a Plataforma Brasileira durante o Mesozóico (Almeida *et al.* 1977). Hasui *et al.* (1971) relacionaram a presença das rochas alcalinas com a tectônica rígida de flexurização das bordas da Bacia do Paraná durante a reativação da Plataforma Brasileira.

Almeida (1967) associou o magmatismo alcalino a um evento tectônico extensional (reativação Wealdeniana), que conduziu em um primeiro estágio, no Cretáceo Inferior, à formação de rochas alcalinas contemporâneas aos derrames de basaltos continentais da Formação Serra Geral (basaltos do Paraná). Um segundo estágio ocorreu no Cretáceo Superior, associado a um evento tectônico caracterizado por zonas de falhas reativadas, a partir da ascensão dos magmas alcalinos, representando uma expressão interna da abertura do Oceano Atlântico Sul (Almeida 1983, 1986). Apesar de considerar essas ocorrências como resultantes da reativação de zonas de fraqueza crustal durante o deslocamento da placa no Mesozóico, chama atenção a ausência de elementos seguros que comprovem que as intrusões alcalinas se situam em extensões continentais de fraturas ou alinhamentos oceânicos, uma vez que suas orientações são discordantes (Almeida 1983, 1986).

A área denominada de Província Alcalina de Goiás (PAGO) é formada pelas rochas da região de Araguaiana – Santa Fé, na porção norte, até a região de Santo Antônio da Barra – Rio Verde, na porção sul (Figura 2), ao longo de um *trend* com direção N30W, 250 km de comprimento e 70 km de largura. Brod *et al.* (2005) apontam que essa direção coincide com um *trend* de falhas do embasamento.

As principais estruturas Pré – cambrianas associadas com a ascensão do magma alcalino durante o Cretáceo Superior são: o Arco de Bom Jardim de Goiás, um anticlinal regional com caimento de eixo para S80W (Pena 1974) e o Lineamento Transbrasiliiano, um sistema de falhas com direção geral NE-SW (Schobbenhaus *et al.* 1975). Uma tectônica de *rift* afetou a porção centro – norte da região durante o Cretáceo Superior (Almeida 1983) e originou o Graben do Caiapó (Brod *et al.* 2005). Bez *et al.* (1971) acrescentaram a essa feição as vulcânicas alcalinas de Santo Antônio da Barra, definindo o acréscimo do Distrito Vulcânico de Rio Verde. Almeida (1983) agrupou as rochas alcalinas da borda da Bacia do Paraná em diferentes províncias, denominando aquelas que ocorrem em Goiás de Província Rio Verde – Iporá. Enquanto Lacerda Filho *et al.* (2000) referem-se a essas rochas como Província Alcalina do Sul de Goiás. Sgarbi & Gaspar (2002) agruparam as Províncias Ígneas do Alto Paranaíba (PIAP) (Almeida 1983) e de Rio Verde – Iporá sob o nome de Província Alcalina Minas – Goiás. Gaspar *et al.* (2000) retomam o conceito de províncias distintas e designando as rochas da região sudoeste de Goiás como Província Alcalina de Goiás. A partir de dados isotópicos, Gaspar *et al.* (2003) definem como Província Ígnea do Alto Paranaíba os litotipos localizados no oeste de Minas Gerais e próximo a Catalão (GO), mantendo a nomenclatura anterior, e as rochas da região de Iporá e Rio Verde como pertencentes a Província Alcalina de Goiás (PAGO). Sgarbi *et al.* (2004), com base em dados de idades U – Pb em perovskita, caracterizaram as rochas kamafugíticas do Complexo Santo Antônio da Barra, na porção sul da Província Alcalina de Goiás,

como mais velhas (88 – 90 M.a.) que aquelas localizadas na região de Mata da Corda, Província Ígnea do Alto do Paranaíba (80 – 81 M.a. e 75 – 76 M.a.). Essas informações sustentaram a primeira evidência concreta de um aumento de idade para a direção leste na região e associaram esse fato ao deslocamento da pluma mantélica de Trindade, posicionada na porção norte da Bacia do Paraná.

Gibson *et al.* (1995 a, 1997) sugerem que a principal causa para o magmatismo em Goiás está associada com a existência da Pluma de Trindade sob a região de Iporá, gerando as outras províncias ígneas pela ascensão do magma, especialmente em regiões com afinamento litosférico. Interpretações de outros autores utilizando resultados de tomografia sísmica sugerem também que o magmatismo alcalino está associado ao impacto de plumas mantélicas (VanDecar *et al.* 1995; Schimmel *et al.* 2003; Escalante 2002; Rocha 2003; Rocha 2008). VanDecar *et al.* (1995), com base em dados sísmicos, relacionaram o magmatismo com a Pluma de Tristão da Cunha que afetou a região durante o Cretáceo Inferior. Já Assumpção *et al.* (2004a, b), definiram a existência da Pluma de Trindade na região de Iporá no Cretáceo Superior, a partir da interpretação de dados de tomografia sísmica.

A Província Alcalina de Goiás é constituída por 11 (onze) complexos (Figura 2), abrangendo complexos plutônicos (norte), subvulcânicos (centro) e piroclásticos (sul) denominados de (Lacerda Filho *et al.* 2000): Morro do Engenho, Santa Fé, Montes Claros, Córrego dos Bois, Morro do Macaco, Fazenda Buriti, Arenópolis, Diorama, Amarinópolis, Santo Antônio da Barra e Águas Emendadas. Os Complexos Alcalinos Fazenda Buriti e Arenópolis são os Complexos abordados neste trabalho, a seguir, serão descritas as principais características destes Complexos, com base em Danni (1974, 1978) Cerqueira (1995) e Brod *et al.* (2005).

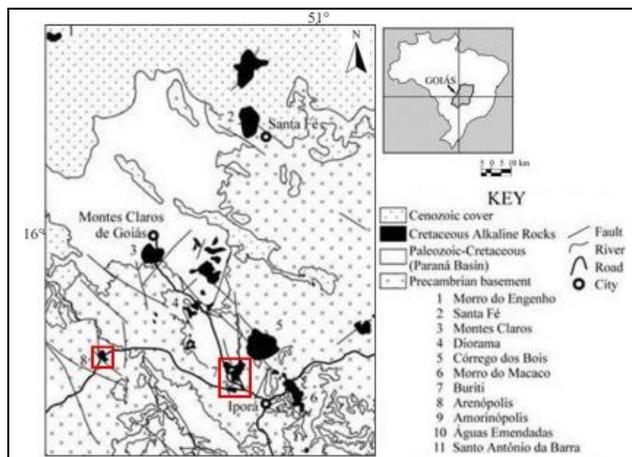


Figura 2 – Mapa geológico da Província Alcalina de Goiás (PAGO) mostrando as rochas vulcânicas, na porção sul, sub – vulcânicas e plutônicas na porção norte (Modificado de Lacerda Filho *et al.* 2000). Em destaque as áreas de estudo.

O Complexo Alcalino Fazenda Buriti (CFB) está situado próximo à cidade de Iporá, com uma área de 35 km<sup>2</sup>. Os litotipos alcalinos presentes na região são exclusivamente intrusivos e constituídos por clinopiroxenitos, melagabros, sieno – gabros, olivina

sienitos, dunitos, peridotitos, piroxenitos, essexitos, teralitos, gabros alcalinos, nefelina sienitos, fonólitos, traquitos, lamprófiros e produtos resultantes de processos de fenitização (Danni 1974, 1978; Cerqueira 1995; Brod *et al.* 2005).

Danni (1978) constatou a existência de dois eventos tectono – magmáticos. O primeiro evento está relacionado às intrusões zonadas do tipo central, definidas pela série de diferenciação magmática dunitos – peridotitos – piroxenitos – gabros alcalinos – nefelina sienitos. A geocronologia, método em K – Ar, indica idades entre 75 e 81 M.a. (Danni 1974). O segundo evento está associado à reativação dos sistemas de falhas que controlam a instalação dos corpos relacionados ao primeiro evento, e caracterizado por intrusões subvulcânicas, como soleiras e diques de lamprófiros, nefelinitos e analcimitos que apresentam idade aproximada de 60 Ma (Danni 1974).

O Complexo Arenópolis (CA) abrange uma área de 12 km<sup>2</sup> compreendendo uma intrusão elíptica alongada para N – S, com eixo maior medindo aproximadamente 6 km. Apresenta três conjuntos litológicos distintos, um de olivina piroxenito circundado por gabro. Outro é composto por melteigitos com faixas de ijólitos e piroxenitos. E o terceiro por nefelina sienitos, com diques de microsienito e microfoiaito (Brod *et al.* 2005).

#### Natureza dos Dados Aerogeofísicos

O comportamento geofísico destas rochas da PAGO é fortemente magnético, caracterizando o magnetismo como propriedade física relevante na área. O estudo e medição das propriedades físicas do meio podem levar a discriminar domínios, identificar estruturas e localizar bens minerais. Neste contexto, a geofísica foi aplicada para investigar as rochas alcalinas que se apresentam em diferentes litotipos e com propriedades físicas específicas devido as suas características petroquímicas. O banco de dados aerogeofísico utilizado nesta pesquisa foi do Projeto de Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás – 1ª Etapa: Arco Magmático de Arenópolis: Complexo Anápolis – Itauçu – Sequência Vulcano – Sedimentar de Juscelândia, realizado em 2004, disponível no acervo do Laboratório de Geofísica Aplicada do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (LGA/IG/UnB), adquirido a partir do convênio realizado pelo Estado de Goiás, Secretária de Indústria e Comércio e Secretária de Geologia e Mineração – SIC/SGM, e Ministério de Minas e Energia, representado pela Secretária de Geologia e Transformação Mineral – SGM, com participação do SGB/CPRM (CPRM 2008). As características dos dados geofísicos estão descritas na tabela 1.

#### Processamento

Os dados magnetométricos indicam a somatória de respostas da intensidade do campo magnético em diferentes profundidades. Os dados gamaespectrométricos apresentam respostas dos materiais em superfície, até uma profundidade aproximada de 0,5 m, caracterizando-se como um método que mostra relação direta com a composição dos diferentes litotipos e as concentrações dos radioelementos K, Th e U (IAEA 2003).

Tabela 1 – Dados do levantamento aerogeofísico do Projeto de Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás – 1ª Etapa (CPRM 2008).

Projeto	Arco de Arenópolis – Sequência Juscelândia
Código CPRM	3009
Coordenadas	-52,50° a -48,25° e -14,62° a -17,75°
Datum	SAD 69
Métodos	Magnetometria e Gamaespectrometria
Contratante	Governo do Estado de Goiás/ SIC- MME/ CPRM
Contratado	LASA Engenharia e Prospecções S.A.
Período	03/07 a 24/11/2004
Total de Perfis	135.756,53 km
Intervalo de Amostragem	0,1 s (magnetometria) e 1,0 s (gamaespectrometria)
Altura de Vôo	100 m
Área Total	58.834 km <sup>2</sup>
Direção LV	N-S
Espaçamento LV	0,5 km
Direção LC	E-W
Espaçamento LC	5 km
Tempo de Integração	1 s
Gama	
Produtos	Registros digitais e fitas de vídeo

Esses dados foram processados no *software* Oasis Montaj – v. 7.1.1 (Geosoft<sup>®</sup> 2008).

Os produtos (GRID's) foram integrados em ambiente de sistema de informações geográficas – SIG a partir do *software* ArcGis – v. 9.2 (ESRI<sup>®</sup> 2006) e gerados mapas temáticos relacionados com as informações geológicas e feições estruturais existentes. Ambos os *softwares* são licenciados pelo Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA/IG/UnB).

O processamento dos dados aeromagnéticos resultou da aplicação de algoritmo bidirecional, devido à eficiência do algoritmo que correlaciona linha a linha dos dados, aplicando interpolação com *splines* cúbicos na direção perpendicular a linha de voo. Os dados foram interpolados ao longo das linhas de voo, em um intervalo igual ao espaçamento da célula definido para os dados (100 m) e foi aplicado um filtro passa – baixa para remover picos e prevenir o falseamento. Esses valores foram interpolados transversalmente à direção de voo, com um espaçamento igual ao tamanho da célula. Esse método é indicado para interpolar dados que estejam em linhas aproximadamente paralelas, pois é uma operação rápida para dados distribuídos desta forma e tende a intensificar tendências perpendiculares às direções das linhas de voo (Geosoft 2004). Com objetivo de reduzir os erros e melhorar a qualidade do nivelamento foi aplicada a técnica de micronivelamento proposta por Minty (1991), utilizando a rotina desenvolvida por Blum (1999) que foi denominada de *microlevel.gs*.

Com a finalidade de realçar e melhorar a visualização das anomalias magnéticas oriundas das rochas alcalinas foram gerados novos produtos a partir do campo

magnético anômalo (CMA). Os produtos estão relacionados a seguir:

1. Campo Magnético Anômalo (CMA);
2. Amplitude do Sinal Analítico do Campo Magnético Anômalo (ASA); e
3. Inclinação do Sinal Analítico do Campo Magnético Anômalo (ISA).

O processamento dos dados gamaespectrométricos, resultou na avaliação e correção dos dados, definindo o método de interpolação por curvatura mínima transformando os dados em malha regular. O método de interpolação por curvatura mínima, o mais usado para dados gamaespectrométricos, gera uma superfície análoga a uma placa fina e linearmente elástica deformada, a qual é ajustada aos dados com uma “quantidade mínima de flexão” (Briggs 1974; Swain 1976). A escolha do método de interpolação foi definida por apresentar a melhor representação dos dados para um tamanho de célula de 100 m. A partir da avaliação e correções dos dados originais foram gerados produtos para a interpretação aerogamaespectrométrica. Os produtos são os seguintes:

1. Imagem do canal de potássio (K),
2. Imagem do canal urânio (eU); e
3. Imagem do canal tório (eTh).

### Interpretação

A interpretação é uma das etapas principais no estudo de produtos derivados de um banco de dados aerogeofísico, pois é quando o dado é transformado em informação e passa a se apresentar com conteúdo significativo para a análise e solução de determinada questão.

Os produtos obtidos por diferentes processamentos foram utilizados com objetivo caracterizar as intrusões dos complexos alcalinos, a partir das assinaturas magnetométrica e gamaespectrométrica. A interpretação será apresentada primeiramente dos produtos do método magnetométrico e, posteriormente, dos produtos do método gamaespectrométrico.

### MAGNETOMETRIA

Campo Magnético Anômalo (CMA): apresenta anomalias sempre como duas respostas, um alto e um baixo. As imagens do campo magnético anômalo (Figura 3a, b) dos Complexos apresentam anomalias dipolares típicas, com formas elipsoidal (CFB) e circular (CA), e diâmetros aproximados de 5 km a 7 km. As imagens mostram principalmente um lineamento magnético com direção NE – SW e, subordinadamente, caracterizam um lineamento com direção NW – SE. O CMA foi fundamental na pesquisa, pois a partir de sua análise, foi possível associar as feições anômalas dipolares com as intrusões alcalinas dos referentes Complexos.

Amplitude do Sinal Analítico (ASA): apresenta a assinatura das fontes magnéticas, com realce das feições anômalas dos corpos, e permite demarcar mais precisamente a posição horizontal das fontes do campo magnético. O produto ASA (Figura 4a, b) transforma os dados anômalos em uma anomalia monopolar, tornando possível identificar os valores correspondentes à magnitude das fontes do campo magnético. As anomalias apresentam formas elípticas, com tamanhos variados, com eixos principais nas direções NE–SW (5 km) e N–S

(8 km), respectivamente CFB e CA. As feições anômalas mostram valores de amplitude do campo magnético de 2,5 – 4,0 nT/m, nas bordas, e 5,0 – 7,0 nT/m, no centro.

Inclinação do Sinal Analítico (ISA): marca o comportamento espacial do vetor do sinal analítico no plano vertical que contém a resultante de sua componente horizontal (Blakely 1996). A imagem ISA apresenta feições lineares em três principais direções (NW – SE, NE – SW e, subordinadamente, E – W) que definem os lineamentos magnéticos presentes nas áreas (Figura 5). São observadas feições elipsoidais que são balizadas por lineamentos magnéticos nas direções NW–SE e NE–SW (CFB e CA) (Figura 5a, b, c, d). Estão presentes dois tipos de relevo magnético nas áreas que apresentam textura movimentada predominantemente e textura lisa localizada nas bordas das feições com formas elipsoidais (Figura 5a, c).

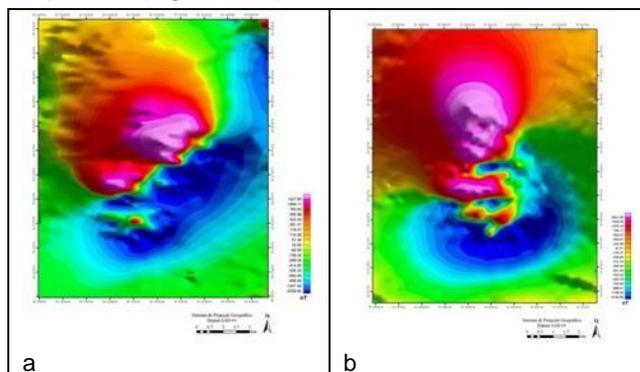


Figura 3 – Imagens Campo Magnético Anômalo dos Complexos Alcalinos Fazenda Buriti (a) e Arenópolis (b).

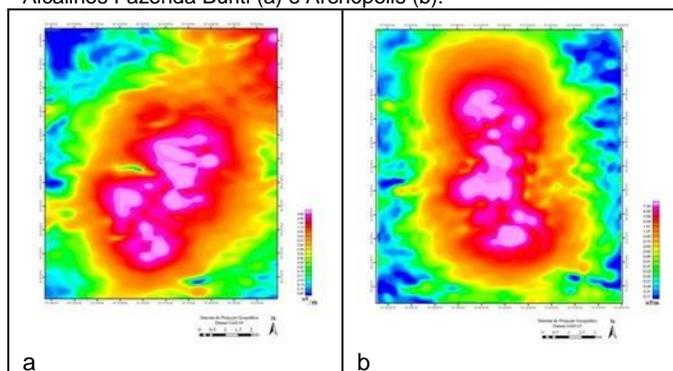


Figura 4 – Imagens Amplitude do Sinal Analítico dos Complexos Alcalinos Fazenda Buriti (a) e Arenópolis (b).

### GAMAESPECTROMETRIA

As variações relativas às concentrações dos radioelementos na crosta é o cerne da interpretação de produtos gamaespectrométricos. As concentrações geoquímicas superficiais dos radioisótopos podem ser identificadas em levantamentos aéreos, principalmente, devido a presença de potássio e tório na crosta. O método gamaespectrométrico aplicado ao mapeamento geológico é ferramenta relevante, pois as concentrações radiométricas obtidas estão diretamente relacionadas aos litótipos aflorantes. A seguir, são apresentadas os produtos gamaespectrométricos gerados nesta pesquisa e suas interpretações.

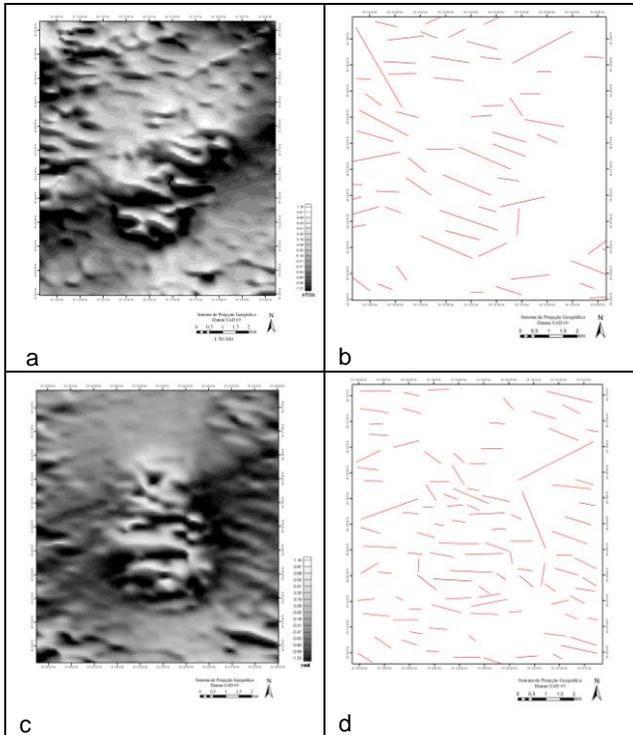


Figura 5 – Imagens Inclinação do Sinal Analítico dos Complexos Alcalinos Fazenda Buriti (a, b) e Arenópolis (c, d), com seus respectivos mapas de lineamentos magnéticos.

**Canal do Potássio (K):** os Complexos Fazenda Buriti e Arenópolis apresentam suas bordas definidas por assinaturas com concentrações altas de 6,5 % a 5,0 % e 6,5 % a 5,5 %, respectivamente. Os centros dos Complexos são caracterizados por concentrações intermediárias a baixas, respectivamente 1,9 % a 1,2 % (CFB) e 4,0 % a 1,5 % (CA), o que indica a presença das rochas alcalinas (Figura 6a, b). As feições em forma elipsoidal que definem os Complexos são realçadas por essas diferenças nas concentrações, devido à presença de diferentes litotipos associados aos Complexos e encaixantes (Figura 6 a, b).

**Canal do Urânio (eU):** as concentrações nos centros dos Complexos são de intermediárias a baixas, 5,0 ppm a 1,8 ppm (CFB) e 3,0 ppm a 1,8 ppm (CA). As feições de borda, definidas por concentrações altas 12,7 ppm a 10,2 ppm (CFB) e 4,5 ppm a 3,5 ppm (CA), indicam formas elipsoidais não fortemente delimitadas como àquelas apresentadas no canal do potássio.

**Canal do Tório (eTh):** os valores de concentrações altas, 54,0 ppm a 32,0 ppm (CFB) e 23,0 ppm a 20,0 ppm (CA), definem parcialmente as bordas dos Complexos. As concentrações baixas a intermediárias, 20,3 ppm a 6,7 ppm (CFB) e 13,0 ppm a 6,5 ppm (CA), caracterizam as porções centrais dos Complexos.

**Modelo Digital de Terreno (MDT):** no CFB as regiões com alta topografia caracterizam as bordas do Complexo com altitudes de 650 m a 450 m. As baixas altitudes delimitam o centro do Complexo variando de 250 m a 350 m (Figura 6 g). Entretanto, o CA não apresenta esta relação com altitude (Figura 6 h), as variações topográficas não delimitam o Complexo.

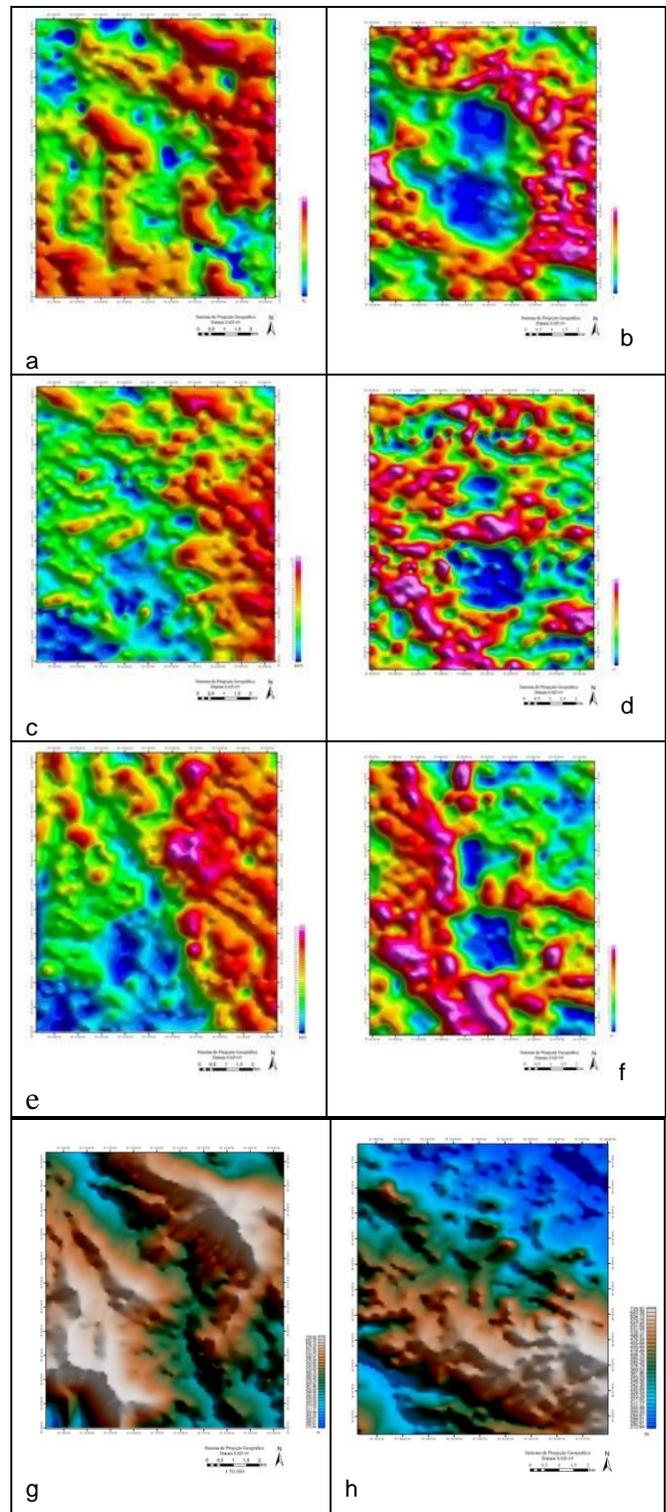


Figura 6 – Canais dos três radioelementos dos Complexos Alcalinos: K (a – Fazenda Buriti, b – Arenópolis), eU (c – Fazenda Buriti, d – Arenópolis), eTh (e – Fazenda Buriti, f – Arenópolis). Modelo Digital de Terreno (g – Fazenda Buriti, h – Arenópolis)

## Discussão dos Resultados

Os produtos gerados nesta pesquisa trazem informações novas para a caracterização do padrão geofísico das rochas que constituem a Província Alcalina de Goiás, especificamente os Complexos Fazenda Buriti e Arenópolis. As feições geofísicas anômalas estão diretamente associadas aos diferentes litotipos que constituem os Complexos e suas encaixantes, caracterizando o padrão geofísico das alcalinas como importante informação no mapeamento de diferentes litologias.

Na área estudada os principais litotipos encontrados no CBF são as associações gabro – essexítica, nefelina sienito, microsienito e diques alcalinos (basanita, sienodiorito, fonolito tefrítico). Como encaixante do CFB na porção leste, ocorre o Granito Iporá que apresenta resposta geofísica muito distinta daquela apresentada pelas alcalinas devido às diferenças composicionais. No centro do CA são encontrados três diferentes litotipos alcalinos (olivina piroxenito circundado por gabro, melteigito com faixas de ijolito e piroxenitos e nefelina sienitos, com diques de microsienito e microfoiito) (Brod *et al.* 2005). As rochas encaixantes do CA são constituídas por granitos da Suíte Rio Caiapó (CPRM 2008), caracterizando padrão geofísico diferente daquele apresentado pelas rochas alcalinas.

O CFB foi selecionado como área-alvo para o estudo petrográfico e geoquímico dos diferentes litotipos alcalinos que constituem a porção norte da Província Alcalina de Goiás. Também foram utilizados dados obtidos por Cerqueira (1995) que definiu a petrologia do CFB.

Os litotipos que constituem o CFB apresentam assinaturas magnetométricas muito bem definidas, devido à presença de cristais de magnetita, com intercrescimentos e exsoluções com ilmenita e ilmeno-rutilo, que constituem a associação gabro–essexítica, caracterizando o alto valor de amplitude do campo magnético (Figura 7a). Por outro lado, as respostas gamaespectrométricas da associação gabro–essexítica mostram valores de concentrações intermediárias a baixas para os radioelementos. Os litotipos nefelina sienito e os microsienitos têm assinaturas de altos valores para K e eTh (Figura 7b). Esses valores de concentrações evidenciam um fracionamento magmático governado pelo cálcio com uma ligeira tendência potássica apresentado no diagrama ternário Na<sub>2</sub>O–CaO–K<sub>2</sub>O (Figura 8a). Também, indicam um enriquecimento progressivo em álcalis a partir da diferenciação dos litotipos da associação gabro–essexítica (Figura 8b).

Concentrações de valores altos de K ocorrem no contato do CFB com os litotipos mais evoluídos presentes na área, como os granitos e os ortognaisses encaixantes (Figura 7b). Esse contato é definido por processo metassomático de fenitização que gera uma auréola com assinatura gamaespectrométrica com concentrações de valores altos de K. A alta concentração de K em contato com as rochas do CFB é um forte indicio para o mapeamento dessas rochas.

A partir da caracterização das assinaturas geofísicas dos CFB e CA, e do conhecimento petroquímico dos litotipos

que constituem CFB, foram atribuídos possíveis litotipos formadores do Complexo Arenópolis (Figura 7f), a partir de um mapa interpretado denominado Mapa de Unidades Geofísicas. Essas unidades, em maior detalhe, estão de acordo com os litotipos mapeados pela CPRM, em escala 1:500000 (CPRM 2008).

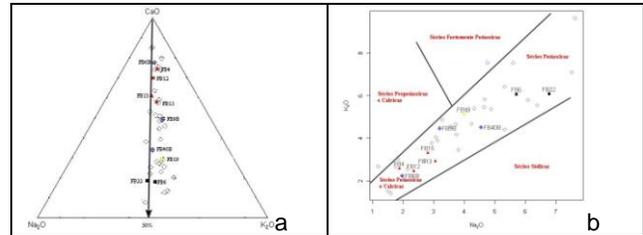


Figura 8 – Diagrama Ternário Na<sub>2</sub>O – CaO – K<sub>2</sub>O (a) e Diagrama Na<sub>2</sub>O vs. K<sub>2</sub>O (Poucllet 1980) (b) referentes às rochas do Complexo Alcalino Fazenda Buriti. Símbolos: ▲ = rochas da associação gabro – essexítica; ■ = nefelina sienito; ● = microsienito; ◆ = diques; ◇ = Cerqueira (1995).

A tabela 2 mostra as principais características geofísicas associadas aos litotipos presentes nos Complexos Fazenda Buriti e Arenópolis, com elementos indicadores que definem ou apontam para a presença das intrusões alcalinas típicas da Província Alcalina de Goiás.

Tabela 2 – Indicadores Geofísicos dos Complexos Alcalinos Fazenda Buriti e Arenópolis (Brod *et al.* 2005; Danni 1974, 1978; Cerqueira 1995).

	Fazenda Buriti	Arenópolis
K <sub>ano</sub> (%)	Baixo <sup>1</sup> Alto <sup>2</sup>	Baixo <sup>1</sup> Alto <sup>2</sup>
eTh (ppm)	Baixo <sup>1</sup> Alto <sup>2</sup>	Baixo <sup>1</sup> Alto <sup>2</sup>
Asa (nT/m)	Muito alto <sup>1</sup> Alto <sup>2</sup>	Muito alto <sup>1</sup> Alto <sup>2</sup>
ISA (rad)	Corpo elipsoidal <sup>1,2</sup>	Corpo elipsoidal <sup>1,2</sup>
Litotipos da intrusão principal	Associação gabro – essexítica <sup>1</sup> Nefelina sienito <sup>2</sup>	Olivina piroxenito, gabro, melteigito, ijolito, piroxenito <sup>1</sup> Nefelina sienito <sup>2</sup>

## Conclusões

As assinaturas magnetométricas das rochas da Província Alcalina de Goiás são fortemente magnéticas, como exemplo os Complexos Alcalinos Fazenda Buriti e Arenópolis.

A anomalia atribuída aos Complexos Alcalinos Fazenda Buriti e Arenópolis são realçadas pelo contraste magnético existente entre os litotipos das intrusões alcalinas e das rochas encaixantes, que apresentam assinaturas definidas por valores de amplitude do campo magnético intermediário a baixo.

O método magnetométrico foi aplicado com a obtenção de resultados relevantes no estudo do padrão magnético dos Complexos, pois apresenta relação com o conteúdo de magnetita presente nos litotipos da associação gabro–essexítica. Isto pode ser utilizado como ferramenta relevante no mapeamento de litotipos alcalinos na região norte da Província Alcalina de Goiás.

Assim, é recomendável o uso desta metodologia para o mapeamento dos litotipos das intrusões alcalinas que

constituem a Província, pois a geofísica (magnetometria e gamaespectrometria) oferece suporte no mapeamento geológico da região, em escala de semi – detalhe, com baixo custo e rapidez.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Geociências (IG), Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação (DPP) e CNPq pela infra-estrutura e apoio financeiro, e a SIC/SGM juntamente com a CPRM pela disponibilização dos dados aeromagnéticos utilizados neste trabalho.

### Referências

- Almeida, F.F.M. (1967). Origem e evolução da Plataforma Brasileira. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia* 241, 36p.
- Almeida, F.F.M.; Hasui Y.; Neves B.B.B.; Fuck R.A. (1977) Províncias estruturais brasileiras. *In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste*, 8, *Anais*, p. 363-391.
- Almeida, F.F.M. (1983). Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. *Revista Brasileira de Geociências* 13, 139-158.
- Almeida, F.F.M. (1986). Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo Pós-Paleozóico no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências* 16, 325-349.
- Assumpção, M.; An, M.; Bianchi, M.; França, G.S.L.; Rocha, M.; Barbosa, J.R.; Berrocal, J (2004a). Seismic studies of the Brasília fold belt at the western border of the São Francisco Craton, Central Brazil, using receiver function, surface-wave dispersion and teleseismic tomography, *Tectonophysics*, 388 (1-4 SPEC. ISS): 173-185.
- Assumpção, M.; Schimmel, M.; Escalante, C.; Barbosa, J.R.; Rocha, M.; Barros, L.V. (2004b). Intraplate seismicity in SE Brazil: Stress concentration in lithospheric thin spots, *Geophysical Journal International*, 159 (1): 390-399.
- Bez, L., Guimarães, J.E & Guimarães, D. (1971). Distrito vulcânico de Rio Verde. XXV Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, Anais 2, 121-128.
- Blum, M.L.B. (1999). Processamento e Interpretação de Dados de Geofísica Aérea no Brasil Central e sua Aplicação à Geologia Regional e à Prospecção Mineral. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 229 p.
- Brod, J.A.; Barbosa, E.S.R.; Junqueira – Brod, T.C.; Gaspar, J.C; Diniz – Pinto, H.S; Sgarbi, P.B.A; Petrinovic, I.A. (2005). The Late – Cretaceous Goiás Alkaline Province (GAP), Central Brazil.
- Cerqueira, M. (1995). Geologia e Evolução Petrológica do Complexo Alcalino Fazenda Buriti, Iporá – Goiás. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. Disponível em <http://www.cprm.gov.br>. Acessado em 14 agosto de 2009.
- Danni, J.C.M. (1974). Geologie des complexes ultrabasiques alcalins de la region d'Iporá, Goiás (Bresil). Thèse, Université Sud – Centre d'Orsay, Paris, 101 p.
- Danni, J.C.M. (1978). Magmatic differentiation of the alkaline ultrabasic intrusions of the Iporá region, southwest Goiás, Brazil. *In: International Symposium on Carbonatites*, 1, p.149-167.
- Danni, J.C.M. & Gaspar, J.C. (1992). Mineralogia e química do katungito de Amornópolis, Goiás. XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, Anais, pp. 85-86.
- Danni, J.C.M., Silva, A.J.G.C., Campos, J.E.G. & Cerqueira, M.R.S. (1992). Picritos alcalinos do sul de Goiás: características mineralógicas e geoquímicas. XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, Anais, p. 89.
- ESRI. 2006. ArcGis – Versão 9.2.
- Escalante, C. (2002) Tomografia sísmica do manto superior sob o Sudeste e Centro Oeste do Brasil, Dissert. de Mestrado, IAG/USP, São Paulo, Brasil.
- Gaspar, J.C. & Danni, J.C.M. (1981). Aspectos petrográficos e vulcanológicos da província alcalina-carbonatítica de Santo Antônio da Barra, sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências* 11, 74-83.
- Gaspar, J.C., Brod, J.A., Sgarbi, P.B.A., Junqueira-Brod, T.C. & Araújo, A.L.N. (2000). A review of the Cretaceous alkaline magmatism in Western Minas Gerais and Southern Goiás. 31<sup>st</sup> International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstracts, CD-ROM.
- Gaspar, J.C., Araújo, A.L.N., Carlson, R.W., Sichel, S.E., Brod, J.A., Sgarbi, P.B.A. & Danni, J.C.M. (2003). Mantle xenoliths and new constraints on the origin of alkaline ultrapotassic rocks from the Alto Paranaíba and Goiás Igneous Province, Brazil. 8th International Kimberlite Conference, Victoria, CD-ROM, FLA 0337, pp. 1-5.
- GEOSOFT. 2008. OASIS Montaj – Versão 7.1.1., Inc. Toronto.
- Gibson, S.A., Thompson, R.N., Leonardos, O.H., Dickin, A.P. & Mitchell, J.G. (1995a). The Late Cretaceous impact of the Trindade mantle plume: evidence from large-volume, mafic, potassic magmatism in SE Brazil. *Journal of Petrology* 36, 189-229.
- Gibson, S.A., Thompson, R.N., Weska, R.K., Dickin, A.P. & Leonardos, O.H. (1997). Late Cretaceous rift-related upwelling and melting of the Trindade starting mantle plume head beneath western Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126, 303-314.
- Hasui, Y., Cartner-Dyer, R.E. & Iwanuch, W. (1971). Geocronologia das rochas alcalinas de Santo Antônio da Barra, GO. XXV Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, Anais, pp. 253-258.

- Junqueira-Brod, T.C., Roig, H.L., Gaspar, J.C., Brod, J.A. & Meneses, P.R. (2002). A Província Alcalina de Goiás e a extensão do seu vulcanismo kamafugítico. *Revista Brasileira de Geociências* 32, 559-566.
- Lacerda Filho J.V.; Rezende A.; Silva A. 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Escala 1:500000 (mapa) 2ª Edição. CPRM/METAGO/UnB, 184p.
- Lasa Engenharia e Prospecções (2004). Relatório Final do Levantamento e Processamento dos Dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos. Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás – 1ª Etapa. Arco Magmático de Arenópolis, Complexo Anápolis – Itauçu, Sequência Vulcano – Sedimentar de Juscelândia. Volume I. Texto Técnico.
- Minty, B.R.S. (1991). Simple Micro-Levelling for Aeromagnetic Data. *Expl. Geoph.* 22: 591-592.
- Pena, G.S. (1974). Geologia da Área do Projeto Goiânia II, Sudoeste de Goiás. XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Anais 4, 37-50.
- Rocha, M. P. (2003) Aplicação da Tomografia Sísmica do Manto Superior no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil com ondas P, Dissert. de Mestrado, IAG/USP, São Paulo, Brasil.
- Rocha, M.P. (2008). Tomografia Sísmica com ondas P e S para o Estudo do Manto Superior no Brasil, Tese de Doutorado, IAG/USP, São Paulo, Brasil.
- Schimmel, M.; Assumpção, M. e VanDecar, J. (2003) Seismic velocity anomalies beneath SE Brazil from P and S wave travel time inversions, *J. Geophys. Res.*, 108 (B4).
- Schobbenhaus, C., Ribeiro, C.L., Oliva, L.A., Takanohashi, J.T., Lindenmayer, Z.G., Vasconcelos, J.B. & Orlandi, V. (1975). Carta Geológica do Brasil ao milionésimo; Folha Goiás (SD.22). DNPM/MME, Brasília, 114p.
- Sgarbi, P.B.A. & Gaspar, J.C. (2002). Geochemistry of Santo Antônio da Barra kamafugites, Goiás, Brazil. *Journal of South America Earth Sciences* 14, 889-901.
- Sgarbi, P.B.A., Heaman, L.M. & Gaspar, J.C. (2004). U-Pb perovskite ages for Brazilian kamafugitic rocks: further support for a temporal link to a mantle plume hotspot track. *Journal of South America Earth Sciences* 16, 715-724.
- SIC/ SGM – SECRETÁRIA DE INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ESTADO DE GOIÁS/ SUPERINTENDÊNCIA DE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. Disponível em <http://www.sic.goias.gov.br/sgm>. Acessado em 03 setembro de 2009.
- Spector, A. & Grant, F.S. (1970). Statistical models for interpreting aeromagnetic data. *Geophysics*, 35(2): 293-302.
- Van Decar, J.C., James, D.E. & Assumpção, M. (1995). Seismic evidence for a fossil mantle plume beneath South

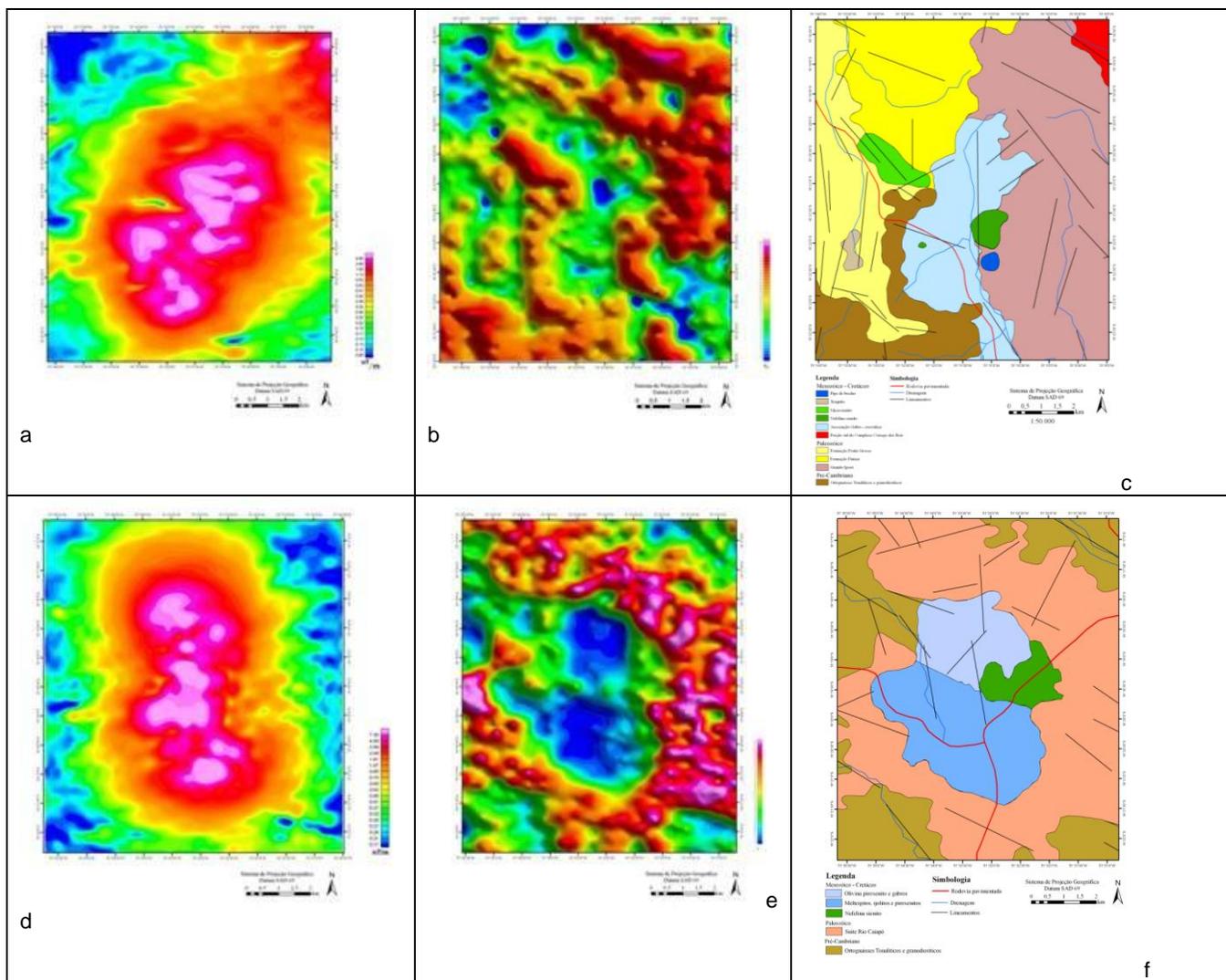


Figura 7 – Imagem Amplitude do Sinal Analítico (a – Fazenda Buriti, d – Arenópolis). Imagem do canal do K (b – Fazenda Buriti, e – Arenópolis). Mapa de interpretação dos litotipos (c – Fazenda Buriti, f – Arenópolis).