

DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS DE FILTRAGEM E SUA APLICAÇÃO A DADOS AEROMAGNÉTICOS DA BACIA AMAZÔNICA

JOÃO BATISTA CORRÊA DA SILVA e JOSÉ SEIXAS LOURENÇO

Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará. Campus Universitário do Guamá, Belém, 66.000 Pará

In this work two filtering methods were combined in order to enhance some features in aeromagnetic maps such as lineaments and anomalies caused by sources of large proportions. The visual filtering consisted of stereoscopic examination of maps. The numerical filtering involved elimination of undesirable spectral components (noise) and enhancement of desirable spectral components (signal). Both methods were tested on aeromagnetic maps of the Middle Amazon Basin.

A further topic also discussed is basement fault models. A structural interpretation of the Middle Amazon Basin basement is provided. The dominant aeromagnetic trends are E-WN 60°W, N-S, N45°E and N60°E. Two grabens are quite evident. The younger one trends N-S, while the older one strikes N45°E. Two anomalies caused by sources of intermediate and great proportions (15-60 km) exhibited remanent magnetization and high values of negative inclination, which shows that during Paleozoic the Amazon Basin occupied a position much more to the South.

In performing the integration of aeromagnetic data with other geophysical data available, the interpretation from other data proved consistent with the aeromagnetic interpretation, illustrating the reliability of the techniques employed in this work.

INTRODUÇÃO

Um conjunto de dados de campo potencial de uma área contém informações sobre todos os corpos e estruturas geológicas existentes, sejam eles de proporções grandes ou pequenas, rasos ou profundos. Em alguns casos são desejadas informações sobre corpos profundos e de grandes extensões, em outros, o interesse é nos corpos pequenos e próximos à superfície. Muitas operações têm a finalidade de separar informações providas destes dois tipos de corpos e/ou estruturas. Estas operações podem ser analíticas, tais como derivadas segunda e continuação para cima, ou visuais. É conhecido como filtragem visual o processo de interpretação de dados através de pares de mapas passíveis de análise ao estereoscópio. A percepção tridimensional fornece, de imediato, uma visualização global dos altos e baixos da área assim como tendências lineares, dispensando o trabalho mental de ler as curvas de contorno, e deixando, desse modo, a mente totalmente livre para a interpretação objetiva.

Henderson e Zietz (1949), Elkins (1951), Meskó (1966), Darby e Davis (1967) e Bhattacharyya (1972) tratam da operação derivada segunda; Henderson (1960), Dean (1958), Fuller (1967) e Bhattacharyya (1972) abordam os problemas da continuação analítica. Zurflueh (1967), Fuller (1967) e Syberg (1972) descrevem metodologia para separação entre feições regionais e residuais. Os únicos trabalhos que reconhecem a percepção estereoscópica como um método de filtragem são os de Gay (1971 e 1972).

O objetivo deste trabalho é mostrar que a associação da filtragem numérica à filtragem visual produz

resultados satisfatórios na interpretação de mapas aeromagnéticos e que esta combinação de métodos fornece mais informações que cada um deles aplicado isoladamente. É demonstrada a utilidade da filtragem direcional e incluída uma interpretação das grandes fraturas do embasamento, representadas pelos lineamentos aeromagnéticos. É dada especial atenção, nesta interpretação, a modelos de falhas em baixa latitude. O estudo destes modelos com pequena inclinação do campo magnético normal é de grande importância, porque as anomalias por eles causadas são muito diferentes das anomalias produzidas pelos mesmos modelos em altas latitudes.

METODOLOGIA

Filtragem Visual

A filtragem visual consiste na observação estereoscópica das curvas de contorno do campo magnético. Para isto, constroem-se, a partir de cada mapa (originalmente em projeção ortogonal) um par de mapas estereoscópicos. O par de mapas estereoscópicos difere do mapa original apenas no tipo de projeção: ortogonal para este e central para aquele, sendo que uma das projeções centrais tem centro de projeção à direita do centro do mapa original enquanto a outra tem centro de projeção à esquerda. Os princípios básicos para a construção de pares estereoscópicos a partir de mapas convencionais são descritos por Gay (1971).

Filtragem Numérica

O método adotado para a obtenção dos filtros é o de Fuller (1967), descrito a seguir:

Seja $f_1(x, y)$, o filtro cuja transformada de Fourier (ou resposta espectral) é:

$$F_1(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x, y) e^{-2\pi i(ux + vy)} dx dy \quad (1)$$

onde u e v são freqüências espaciais nas direções x e y respectivamente.

Como $F_1(u, v)$ e $f_1(x, y)$ são um par de transformadas de Fourier, então:

$$f_1(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F_1(u, v) e^{2\pi i(ux + vy)} du dv \quad (2)$$

Passando do contínuo para o discreto e assumindo que a função $f_1(x, y)$ é par em relação a ambas as coordenadas x e y (1) e (2) tornam-se respectivamente:

$$F(u, v) = 4 \sum_{n=0}^Y \sum_{k=0}^X f(k, n) \cos 2\pi uk \cos 2\pi vn \quad (3)$$

$$f_1(k, n) = 4 \sum_{m=0}^{0,5/\Delta v} \sum_{\ell=0}^{0,5/\Delta u} F_1(\ell \Delta u, m \Delta v) \cos 2\pi \ell \Delta u k \cos 2\pi m \Delta v n \quad (4)$$

FILTRAGEM DE MAPAS AEROMAGNÉTICOS DA BACIA AMAZÔNICA

Localização da Área

A área estudada localiza-se a oeste da cidade de Manaus, no estado do Amazonas, entre as latitudes 3°S e $4^{\circ}30'\text{S}$ e as longitudes 60°W e $62^{\circ}30'\text{W}$ (Fig. 1). Sua extensão é de 165 km na direção N-S e 277 km na direção E-W, cobrindo uma superfície aproximada de 46.000 km^2 .

O Levantamento Aeromagnético

De outubro de 1960 a abril de 1961 um magnetômetro aerotransportado registrou o campo magnético total. As linhas de vôo, espaçadas em média de 2 km, tiveram direção N-S. Os dados, contornados a intervalos de 10 gamas constituíram cartas na escala de 1:100.000. Outras especificações são: altura barométrica de vôo 400 m, inclinação magnética $18,5^{\circ}$ e declinação magnética $-6,0^{\circ}$.

Geologia

A Bacia Amazônica é uma depressão intracratônica sujeita a movimentos epirogênicos suaves. É dividida em três seções: Alto, Médio e Baixo Amazonas. As duas primeiras separadas pelo Alto do Purus, enquanto as últimas se separam pelo Alto de Monte Alegre. A área em estudo pertence ao Médio Amazonas, compreendendo a borda leste do Alto do Purus. Sua superfície é de cerca de 46.000 km^2 e a espessura média dos sedimentos é de 3,5 km, atingindo localmente 4 a 5 km. Somente afloram sedimentos quaternários e terciários. Os sedimentos da Bacia Amazônica estão intrudidos por diques e soleiras

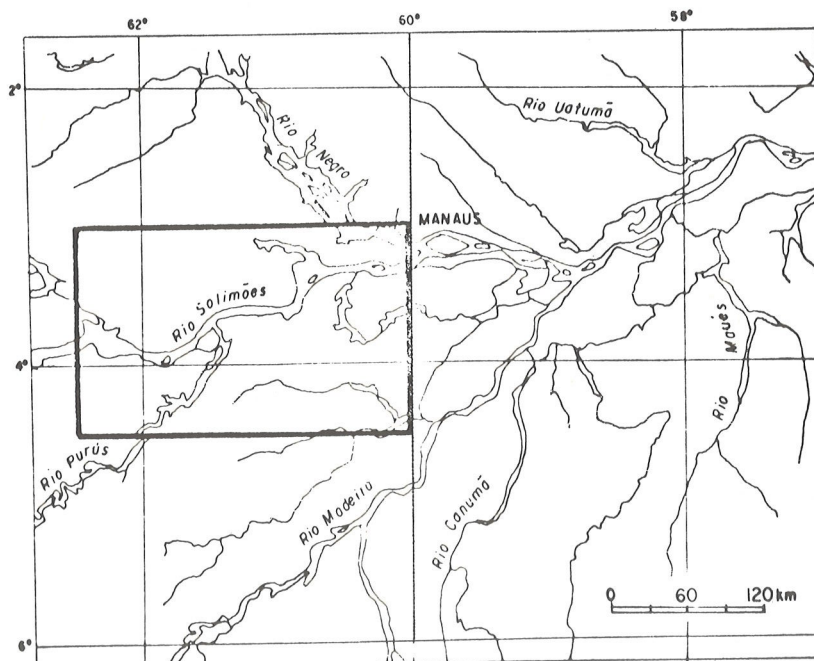


Figura 1 — Localização da área.

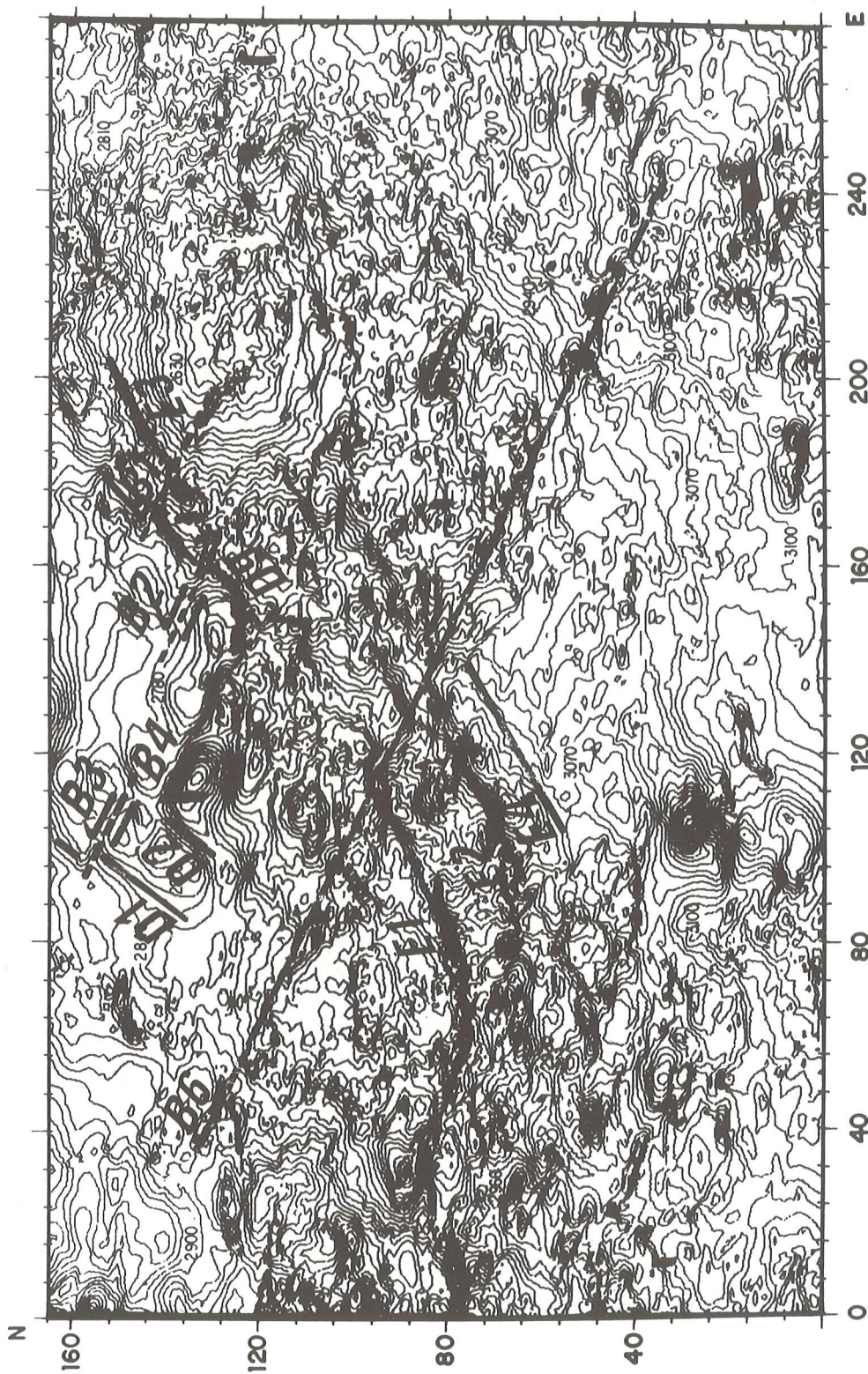


Figura 2 — Campo magnético total mostrando os lineamentos aeromagnéticos, intervalos de contorno 10 gamas.

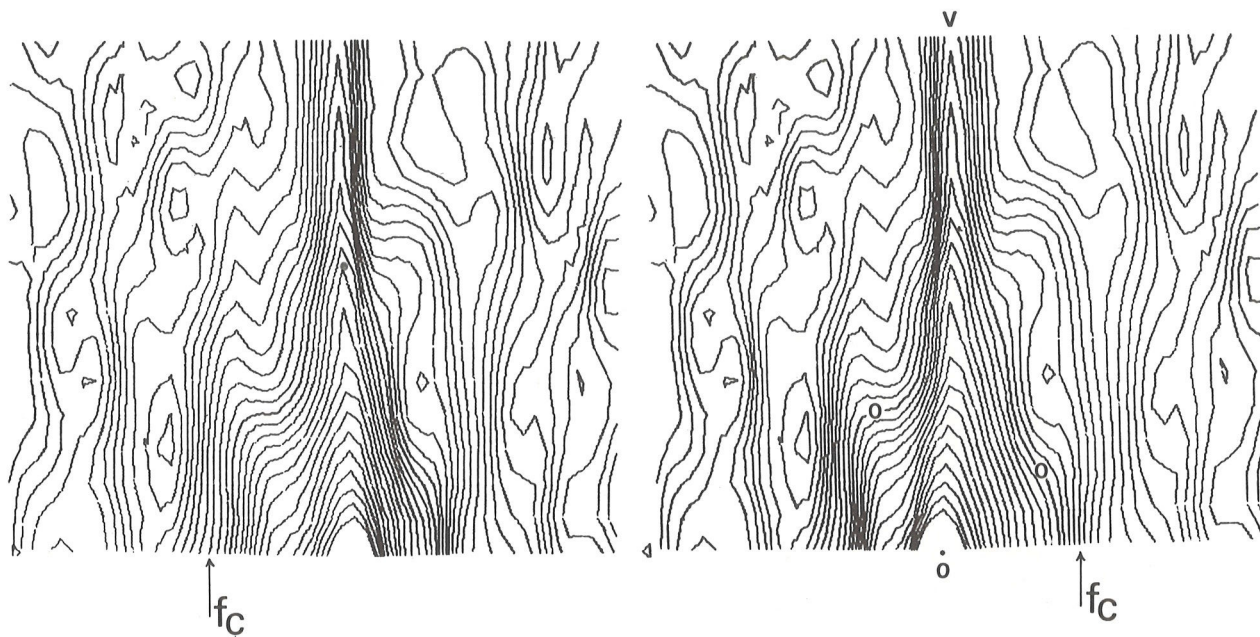


Figura 3 — Par estereoscópico do espectro de amplitude bidimensional dos dados aeromagnéticos. Intervalo de contorno 3 decibéis. Freqüência de corte (f_c) em 0,07 ciclos/intervalo de dados.

de diabásio. A principal feição estrutural da área é o Alto do Purus. Acima deste Alto existem sedimentos das formações Prosperança e Acari, de idade Ordovicianas, mostrando que o atual Alto do Purus foi uma bacia.

O Mapa de Campo Total

A Fig. 2 mostra o mapa de campo total. Exceto na parte central superior há muito ruído, caracterizado por anomalias pouco extensas, menores que 2 km, e por irregularidades das curvas de contorno. Três anomalias de porte intermediário (15 a 30 km) ocorrem em 108E/28N, 32E/88N e 120E/134N. Uma grande anomalia com cerca de 80 km situa-se em 216E/132N. Os lineamentos mais visíveis são de direção N60°E como E1, E2, E4 e N45°E como D1, D2 e D9. Outra direção é N60°W como B1, B2, B3, B4, e B6, sendo que os três primeiros deslocam outros lineamentos de direção N45°E. Um lineamento curvo é visto passando por 64E/76N.

Análise do Espectro

A análise preliminar do espectro dos dados é de grande importância na elaboração de filtros específicos para determinado conjunto de dados. Permite, por exemplo, um estudo sobre o comportamento do ruído existente e a separação entre anomalias causadas por estruturas regionais e locais. A Fig. 3 mostra um par estereoscópico do espectro dos dados aeromagnéticos da Fig. 2.

Através da percepção estereoscópica delimitamos com clareza a freqüência de corte (0,07 ciclos/intervalo de dados). Esta representa o limite entre as freqüências

baixas, correspondendo a fontes profundas e as freqüências altas, correspondendo a fontes rasas (Spector e Grant, 1970), ou ainda, o limite regional-residual (Syberg, 1972). O conhecimento deste limite é importante na elaboração de filtros regionais que devem cortar as altas freqüências (ruído) e conservar o sinal contido nas baixas freqüências.

Filtros Empregados e Resultados Obtidos

A Fig. 4 mostra a resposta, no domínio da freqüência, para o filtro regional desenvolvido, com freqüência de corte $f_c = 0,07$ ciclos por intervalo de dados.

A filtragem espacial dos dados aeromagnéticos consistiu da convolução do mapa digital com um conjunto de pesos obtidos da equação (4). O mapa aeromagnético regional resultante constitui as Figs. 5 e 6. Observe-se nesse mapa o desaparecimento total das anomalias de pequeno porte, incluindo as causadas por ruído instrumental e de manipulação dos dados. As anomalias de médio a grande porte apresentam-se totalmente livres de interferências locais e seus contornos são extremamente suaves e arredondados. No canto sudeste aparece uma grande anomalia totalmente invisível no mapa de campo total. Os lineamentos de direção N60°E tornam-se menos visíveis, sendo que os de pequeno porte (B1, B2 e B3) na parte superior do mapa de campo total desaparecem totalmente. Dois outros lineamentos de direção N45°E (D7 e D10) são visíveis.

Filtros direcionais têm a propriedade de conservar feições com tendências lineares em determinadas direções.

Surgem de uma modificação do conceito de filtros de velocidade, freqüentemente empregados no processamento de dados sísmicos, mas pouco utilizados no tratamento de dados de campo potencial. Tais filtros se mostraram úteis em clarificar tendências lineares fracas e pobremente definidas, em uma área com diversas feições lineares. Os filtros direcionais foram deduzidos a partir da especificação da resposta espectral desejada, de forma discreta, observando que as direções das feições lineares no domínio das freqüências estão a 90° com as direções das feições lineares no domínio dos espaços.

Desenvolvemos os seguintes filtros direcionais:

- a) Filtro direcional que conserva feições com direção N-S.

A Fig. 4b mostra a resposta espectral deste filtro e as Figs. 7a, 7b e 8 mostram o campo magnético filtrado com ele. Os lineamentos de direção $N60^\circ W$ desaparecem completamente, enquanto os de direções $N45^\circ E$ e $N60^\circ E$ ainda são visíveis (E1, E2, D9 e D10). Uma série de novos lineamentos N-S e E-W aparecem na parte oeste da área. Os quatro de direção N-S (C1, C2, C3 e C4) são os de maiores extensões. Os cinco de direção E-W (A1, A2, A3, A4 e A5) possuem pequena extensão e são limitados lateralmente pelos lineamentos de direção N-S acima descritos.

- b) Filtro direcional que conserva feições com direção $N45^\circ E$

A Fig. 4c mostra a resposta espectral deste filtro e a Fig. 9 mostra o campo magnético filtrado por ele. Pode ser observada a presença de novos lineamentos: D3, D4, D6 e D8. O lineamento indicado por D2 no mapa de campo total pode ser interpretado agora como a superposição de dois lineamentos: D2 e D3. Na parte leste da área, próximo à grande anomalia em $216^\circ E/132^\circ N$ há vários outros lineamentos com direção $N45^\circ E$. Estes, entretanto, são provavelmente causadas pela deformação linear, imposta pelo processo de filtragem, no padrão arredondado da referida anomalia.

Considerações Sobre Modelos

Com a finalidade de correlacionar o relevo magnético com o relevo de algumas feições geológicas como falhas, foram calculados os campos magnéticos produzidos por prismas verticais dispostos de maneira a simular tais feições. O campo normal é assumido com inclinação de $18,5^\circ$ e declinação de -6°

As Figs. 10a e 10b mostram o campo magnético produzido por falhas de gravidade escalonadas, com planos de falha paralela a $N60^\circ E$ e N-S respectivamente. Em ambos os casos as curvas de contorno são paralelas à direção do plano de falha, formando um alto magnético acima do baixo estrutural e vice-versa. No caso da Fig. 10b

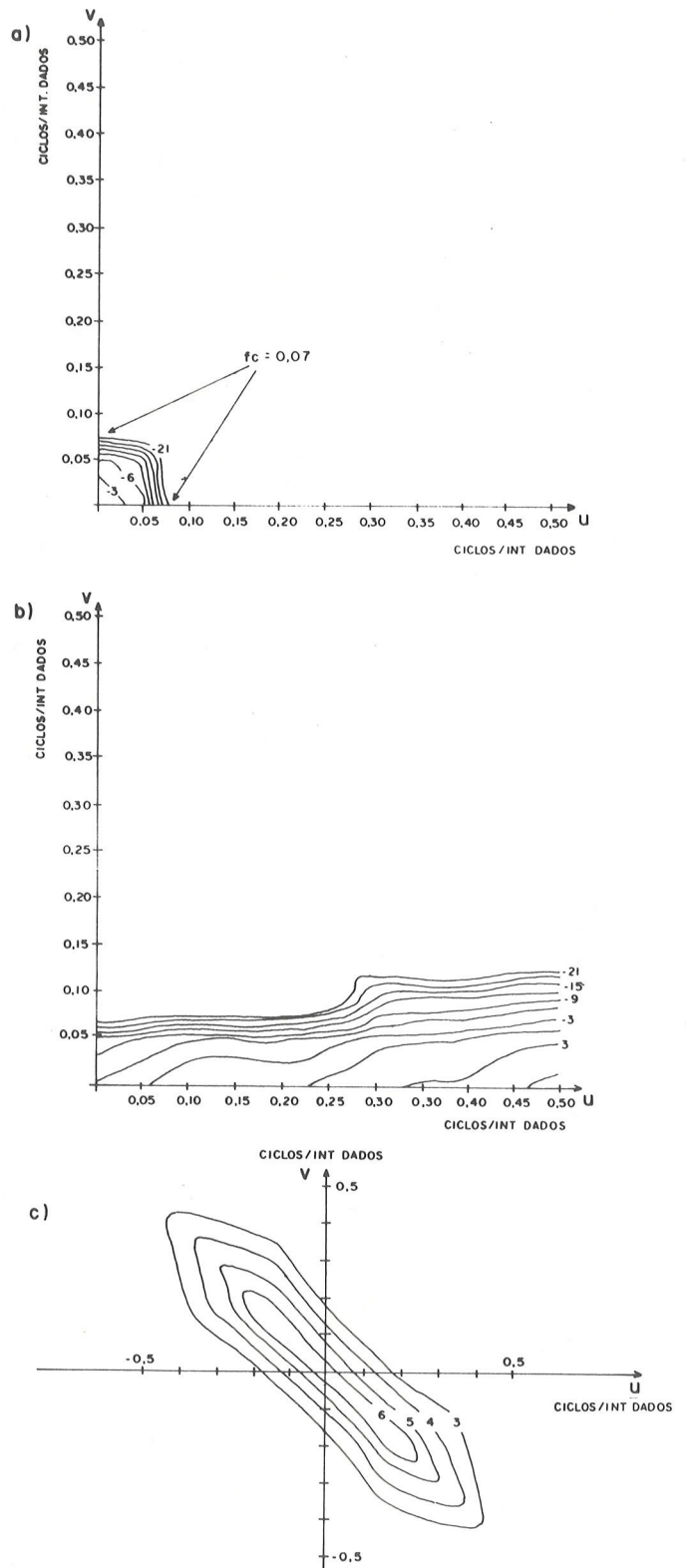


Figura 4 — a) Resposta espectral, no primeiro quadrante, do filtro regional com freqüência de corte em 0,07 ciclos/intervalo de dados, com intervalo de contorno 3 decibéis. b) Resposta espectral, no primeiro quadrante, do filtro direcional que conserva N-S, com intervalo de contorno de 3 decibéis; c) Resposta espectral do filtro direcional que conserva $N45^\circ E$, com intervalo de contorno 3 decibéis.

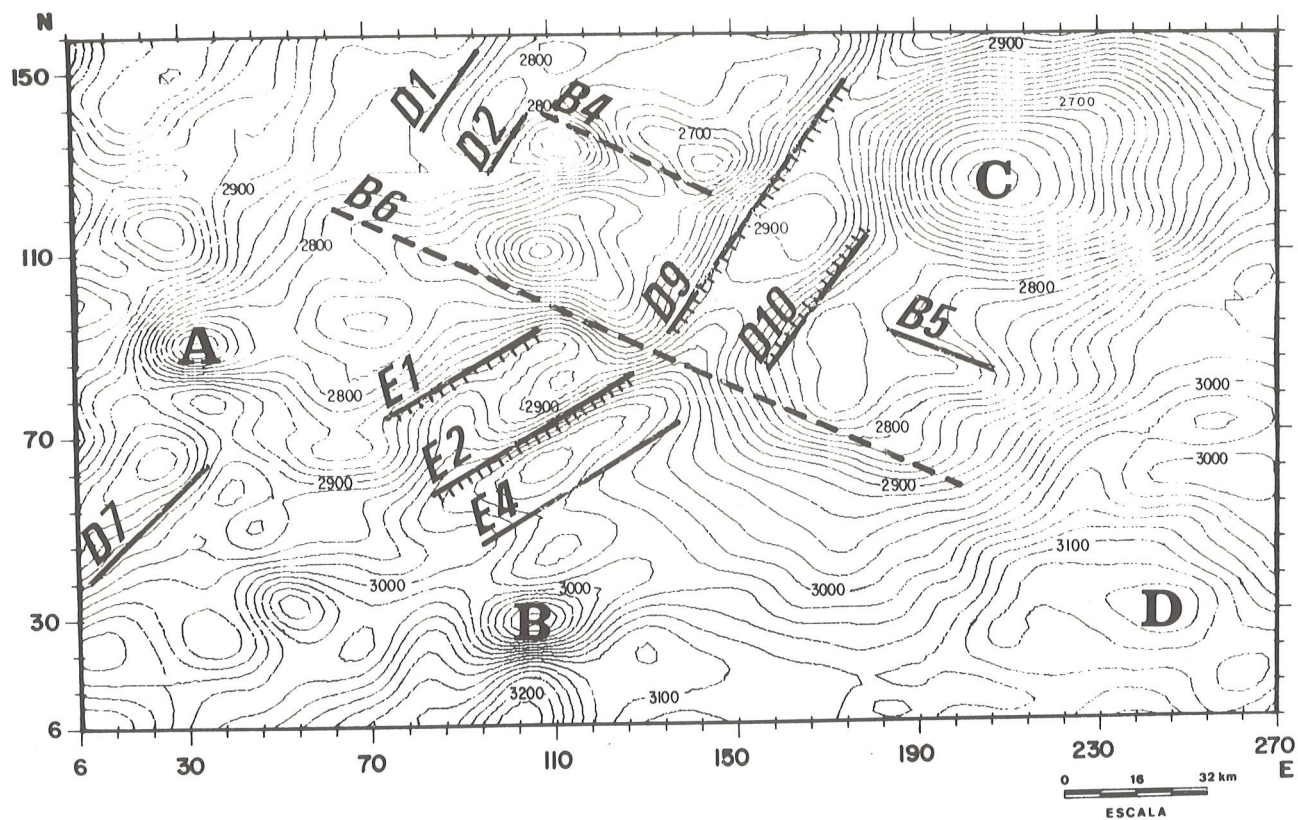


Figura 5 — Campo magnético regional com frequência de corte 0,07 ciclos/intervalo de dados, mostrando os lineamentos aeromagnéticos. Intervalo de contorno 20 gamas.

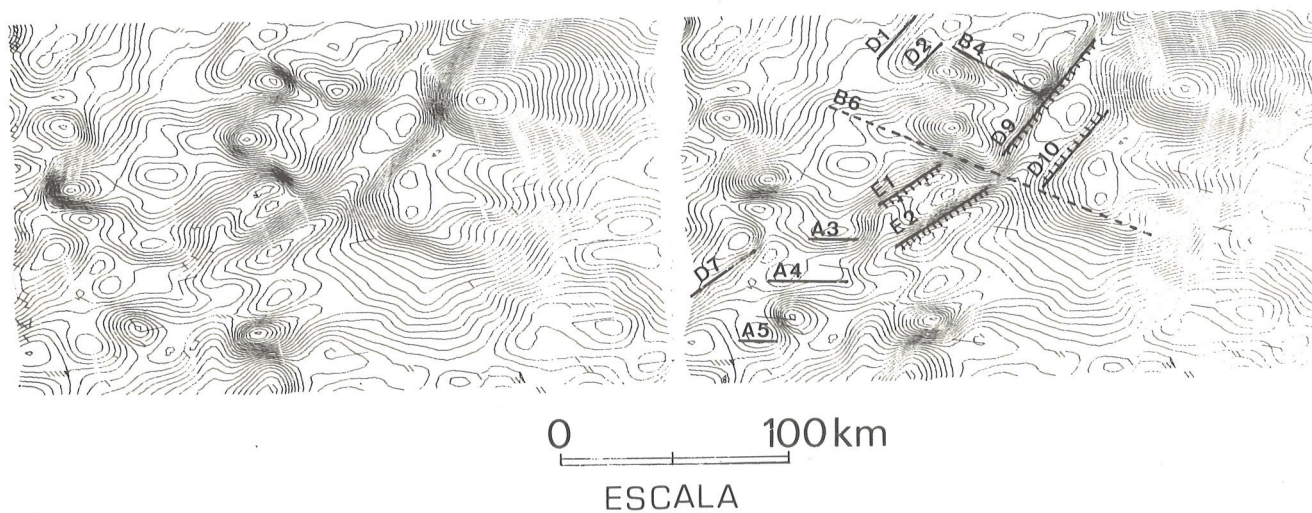


Figura 6 — Par estereoscópico do campo magnético regional com frequência de corte 0,07 ciclos/intervalo de dados. Intervalo de contorno 10 gamas.

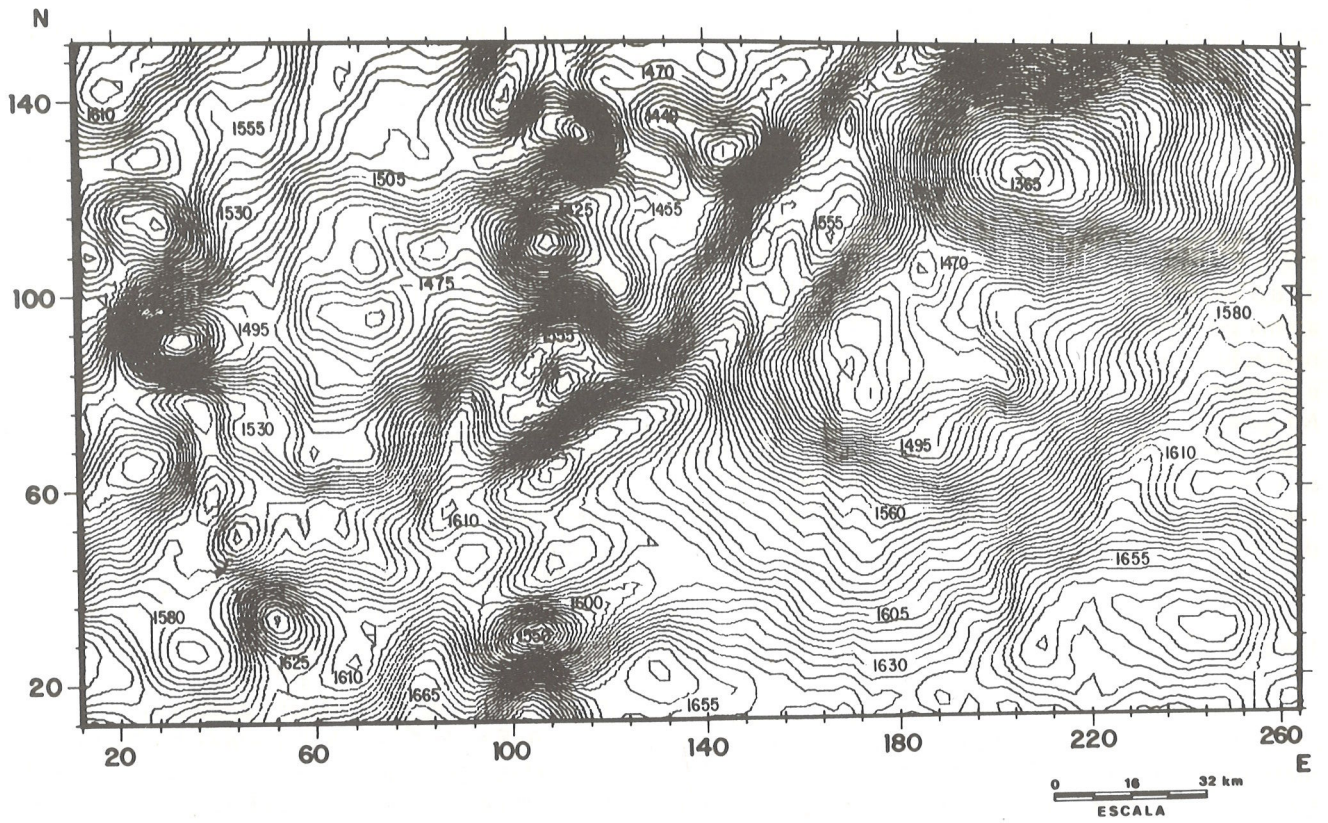


Figura 7-a — Campo magnético filtrado direcionalmente. Conserva feições com direção N-S. Intervalo de contorno 5 gamas.

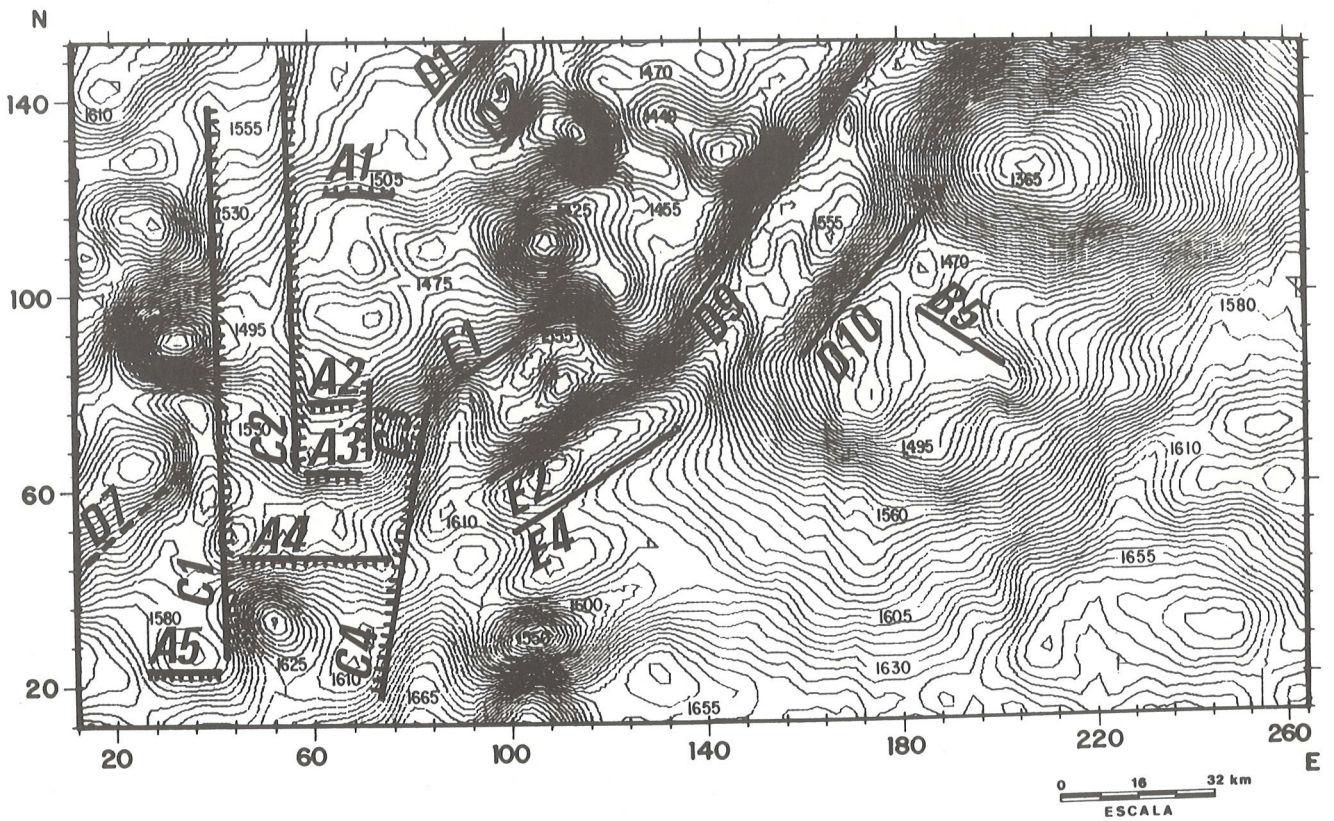


Figura 7-b — O mesmo mapa mostrando os lineamentos aeromagnéticos.

apresenta gradiente baixo. Isto é devido à baixa densidade superficial de polos magnéticos em planos de falha com direções próximas à direção da projeção horizontal do vetor campo magnético normal, assumindo magnetização induzida. A Fig. 10c mostra o campo magnético produzido por um "graben", com direção N45°E. O perfil magnético é invertido em relação ao perfil estrutural.

As Figs. 11a, 11b e 11c mostram o campo magnético produzido por um corpo com dimensões horizontais de 8,0 unidades, dimensão vertical máxima de 0,8 unidades, a uma profundidade de 0,9 unidades. Na Fig. 11a a magnetização do corpo é paralela à direção do campo normal e de mesmo sentido (inclinação = 18,5° e declinação = 6°). No caso da Fig. 11b a magnetização tem inclinação de -60° e declinação de 15°. Para a Fig. 11c a magnetização tem inclinação de 18,5° e declinação de 174°. O contraste de suscetibilidade magnética para os três casos foi de 0,01 unidade c.g.s.

Interpretação Aeromagnética

Alguns lineamentos aeromagnéticos foram interpretados como falhas. As de idade mais antiga são E1, E2, D9 e D10, como atesta o seu truncamento por falhas mais recentes como B6 e D4 (Figs. 6 e 8). As falhas de direção E-W, por exemplo A2, A3 e A4, são ainda mais recentes porque ocorrem restritamente entre as de direção N-S. Algumas falhas de direção N45°E são as mais recentes de todas, tendo em vista formarem um conjunto de falhas dextrais e sinistras em échelon. Eles deslocam as falhas B6 e B4, esta interpretada como uma falha que atravessou os sedimentos o que é evidenciado pela sua localização, limitando duas áreas com características magnéticas diversas. Estas características magnéticas seriam devidas à maior ou menor distância da zona de intrusões de soleiras, ao plano de observação. Desse

modo, a falha B4 é interpretada como uma falha de gravidade, cujo bloco nordeste foi rebaixada em relação ao bloco sudoeste. As falhas E1 e E2 são interpretadas de acordo com o modelo da Fig. 10a, como falhas escalonadas. As falhas D9 e D10 seriam interpretadas como um "graben", segundo o modelo da Fig. 10c. A Fig. 12 mostra a interpretação destes dois conjuntos de estruturas. Estes dois conjuntos (E1/E2 e D9/D10) devem ter constituído a mesma estrutura, no passado geológico. Com a ocorrência de falha B6 houve a separação dos dois, permitindo a articulação independente dos blocos 1, 2 e 3.

As Figs. 13 e 14 mostram quatro anomalias isoladas, cujas localizações são indicadas na Fig. 5. Todas estas anomalias são interpretadas como causadas por corpos intrusivos no intraembasamento. No caso da anomalia B (Figs. 14c e 14d) a magnetização é paralela à direção do vetor campo magnético normal, e de mesmo sentido (Cf. Fig. 11a). A inclinação da magnetização de A e C parece estar em torno de -60° (Cf. Fig. 11b). A anomalia D não está totalmente contida na área e sua interpretação é ambígua, considerando somente os dados aeromagnéticos. Tal ambigüidade pode ser reduzida combinando dados aeromagnéticos e gravimétricos.

A Fig. 15 é o mapa gravimétrico Bouguer da área estudada. Há algumas coincidências de certas feições neste mapa e nos mapas aeromagnéticos. O lineamento gravimétrico E2 superpõe-se ao lineamento aeromagnético E2 e separa uma área de altos valores gravimétricos (a NW de E2) de outra com baixos valores (a SE de B2) fortalecendo assim a interpretação aeromagnética. O alto gravimétrico B coincide com o baixo magnético da anomalia B, reforçando também a interpretação aeromagnética (Cf. Fig. 11a). O alto gravimétrico D coincide com o alto magnético D, situação incomum, pois tal coincidência só seria de se esperar nos polos. Uma possível interpretação é a de uma reversão do campo geomagnético quando da intrusão do corpo que causou a referida anomalia (Cf. Fig. 11c).

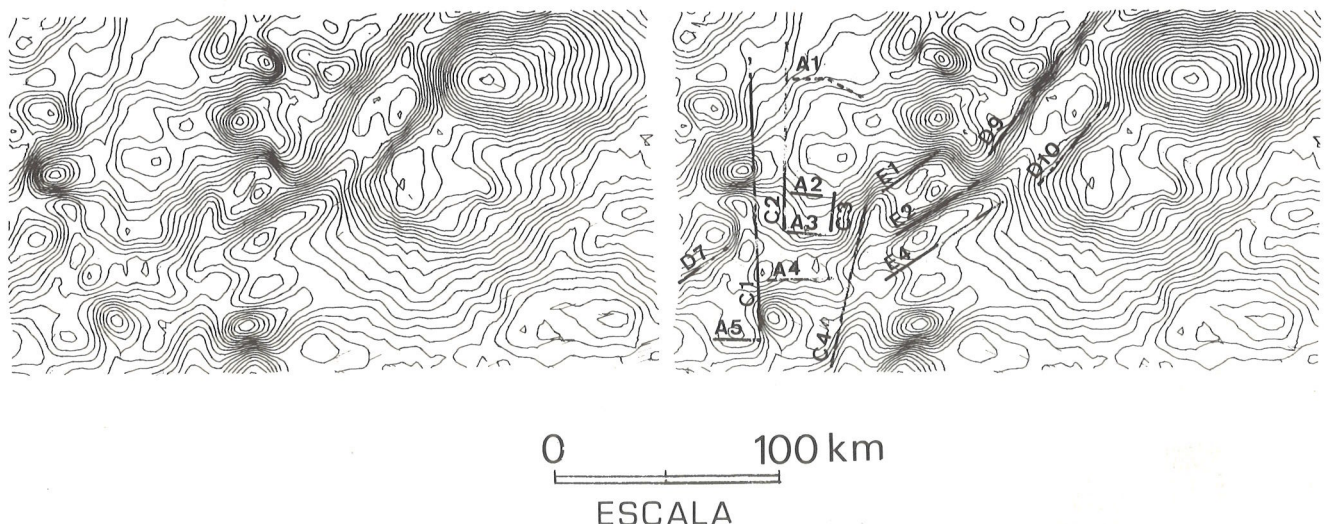


Figura 8 — Par estereoscópico do campo magnético filtrado direcionalmente na direção N-S. Intervalo de contorno 10 gamas.

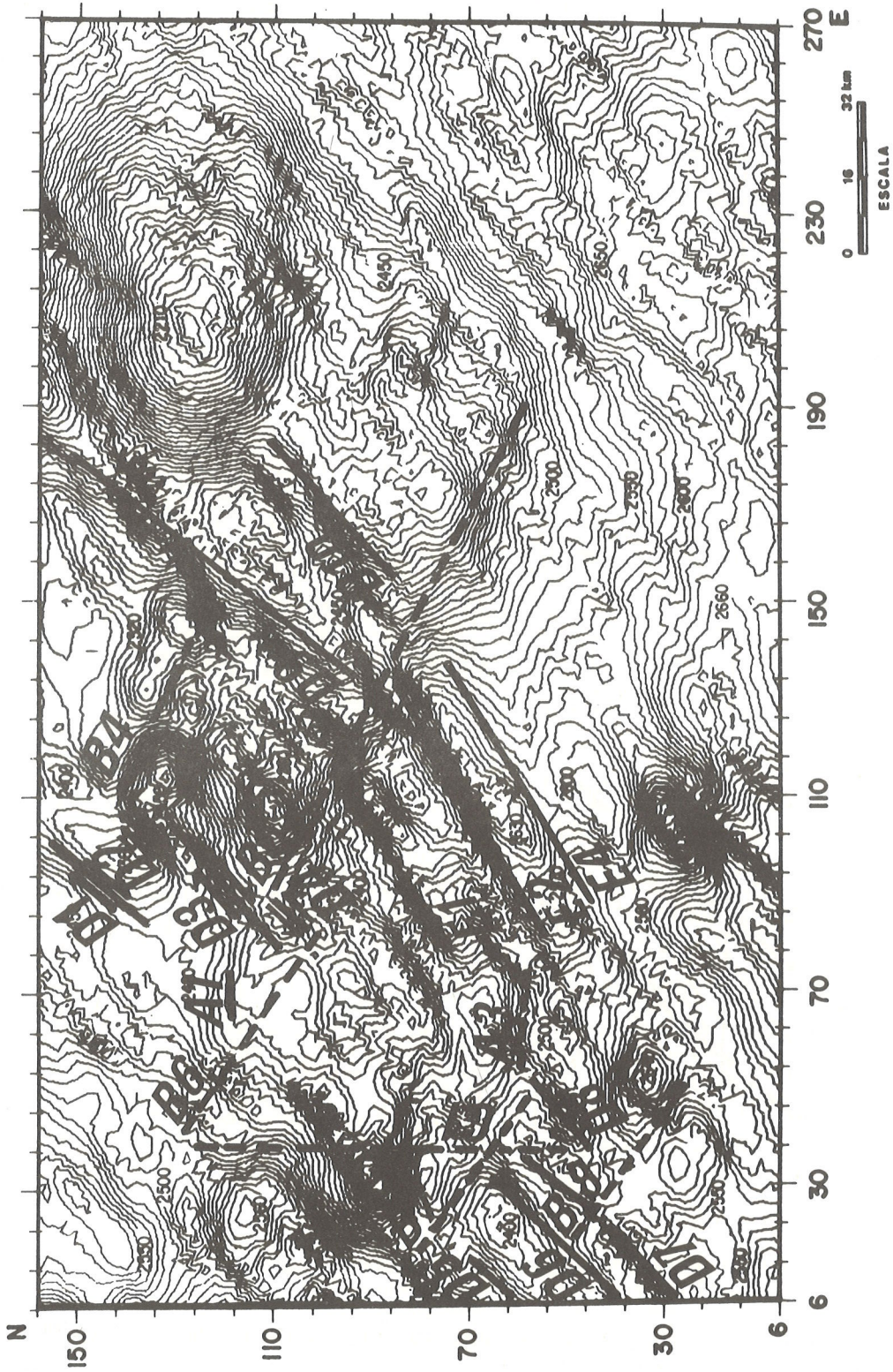


Figura 9 — Campo magnético filtrado direcionalmente, de modo a conservar feições com direção N45°E, mostrando os lineamentos aeromagnéticos. Intervalo de contorno 10 gamas.

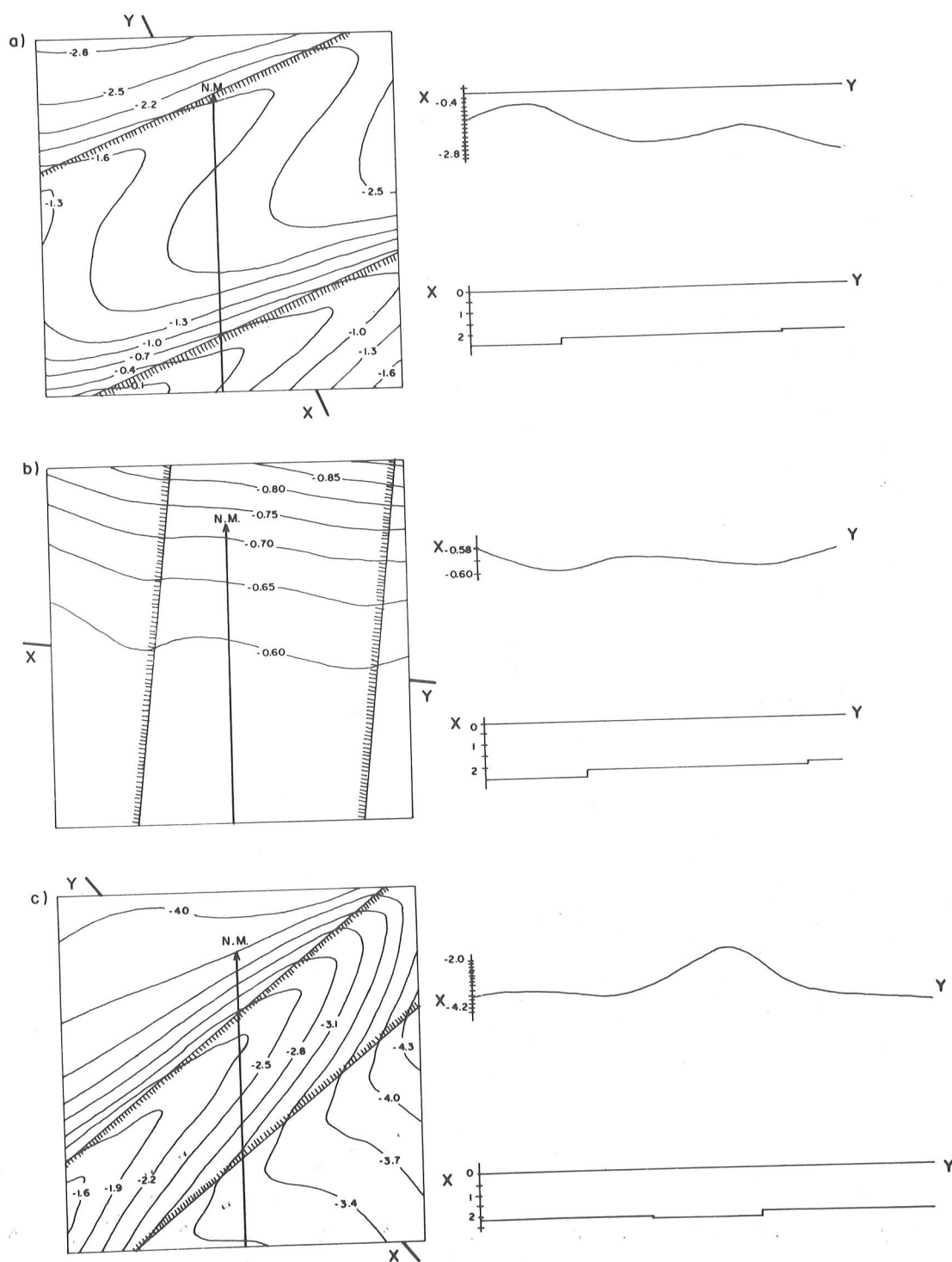


Figura 10 — a) Campo magnético produzido por falhas de gravidade escalonadas, com planos de falha na direção $N60^{\circ}E$ mostrando o perfil magnético XY e o perfil estrutural XY.
 b) Campo magnético produzido por falhas de gravidade escalonadas, com planos de falha na direção N-S, mostrando o perfil magnético XY e o perfil estrutural XY.
 c) Campo magnético produzido por um graben com direção $N45^{\circ}E$ mostrando o perfil magnético XY e o perfil estrutural XY.

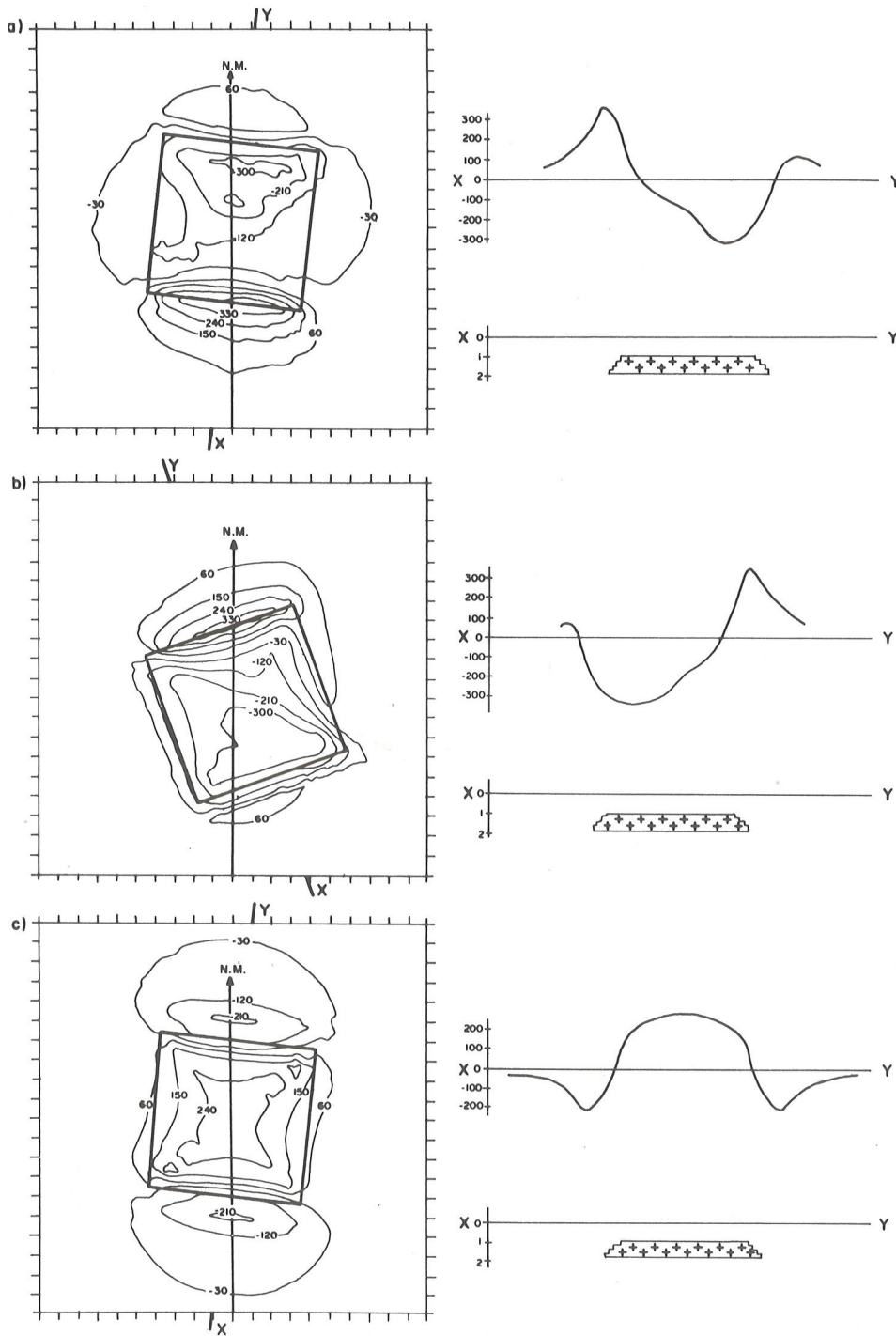


Figura 11 — a) Campo magnético, em gammas, produzido por anomalias do intraembasamento (magnetização do corpo com inclinação $18,5^{\circ}$ e declinação -6°) mostrando o perfil magnético XY e o perfil estrutural XY.
 b) Campo magnético, em gammas, produzido por anomalias do intraembasamento (magnetização do corpo com inclinação -60° e declinação 15°) mostrando o perfil magnético XY e o perfil estrutural XY.
 c) Campo magnético, em gammas, produzido por anomalias do intraembasamento (magnetização do corpo com inclinação $18,5^{\circ}$ e declinação 174°) mostrando o perfil magnético XY e o perfil estrutural XY.

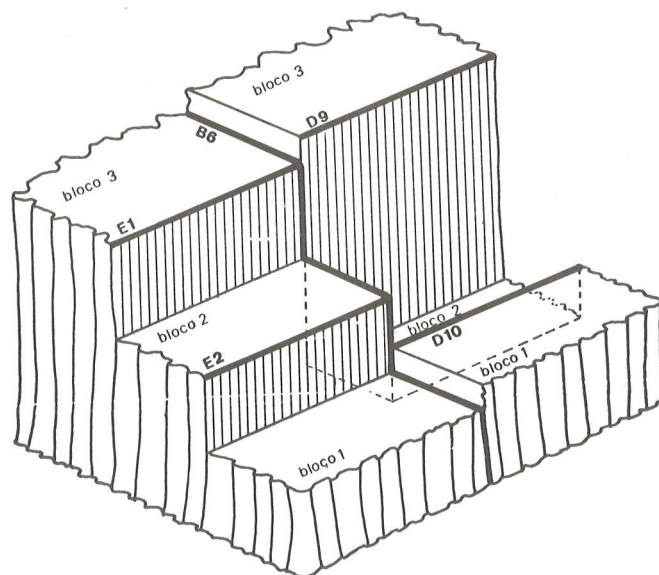


Figura 12 — Representação, em perspectiva, da interpretação estrutural dos lineamentos E1, E2, D9 e D10.

CONCLUSÕES

Vários lineamentos aeromagnéticos foram interpretados como falhas no embasamento, cujas principais direções são: E-W, N60°W, N-S, N45°E e N60°E. Em ordem cronológica, tem-se:

- algumas N45°E e algumas N60°W — as mais recentes (D2, D3, D4, B4).
- E-W, pouco mais recentes que as de direção N-S.
- N-S e N60°W, provavelmente de mesma idade.
- N60°E e N45°E, as mais antigas.

As falhas N-S são provavelmente de idade Cambro-Ordoviciano, estando associadas à inversão do relevo da Bacia Propserança-Acari, que formou o Alto do Purus (Porto, 1972). As falhas de direção N60°E e algumas N45°E são Pré-Cambrianas, e as E-W, algumas N60°W e algumas N45°E são Silurianas ou Pós-Silurianas. O lineamento curvo passando por 64E/76N representa a superposição dos campos magnéticos produzidos por várias falhas de gravidade com direções N-S, E-W e N60°E. Sem o tratamento adequado dos dados este lineamento poderia ser confundido com um contato litológico, o que causaria grandes erros interpretativos.

A magnetização da anomalia D indica uma reversão do campo geomagnético. As magnetizações de A e C podem indicar a paleolatidade da Bacia Amazônica, que possivelmente estava mais ao sul. No Paleozóico, como atestam as possíveis evidências da glaciação represen-

tadas pelos diamictitos de formação Curuá (Andrade e Cunha, 1971). Estas conclusões indicam a potencialidade do método da análise empregado e abrem amplas perspectivas para investigações posteriores. Não há até o presente momento um estudo quantitativo sistemático sobre a remanência de corpos intrusivos na Bacia Amazônica, o que poderia trazer à luz, importante contribuição à história geológica da Bacia.

As técnicas aplicadas neste trabalho podem ser estendidas para qualquer conjunto de dados potenciais. Em particular, a filtragem visual pode ser aplicada a toda observação susceptível de ser descrita numericamente em função de duas coordenadas espaciais e contornada por curvas de isovalores.

Na área estudada, a consistência de outros dados geofísicos e geológicos em relação à interpretação aeromagnética reforça grandemente a confiabilidade das técnicas desenvolvidas e aplicadas neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu reconhecimento a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) por ter financiado a pesquisa. Quando foi realizado o trabalho para este artigo o autor principal era bolsista do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os autores agradecem a colaboração dada pela Petróleo Brasileiro S/A — PETROBRÁS.

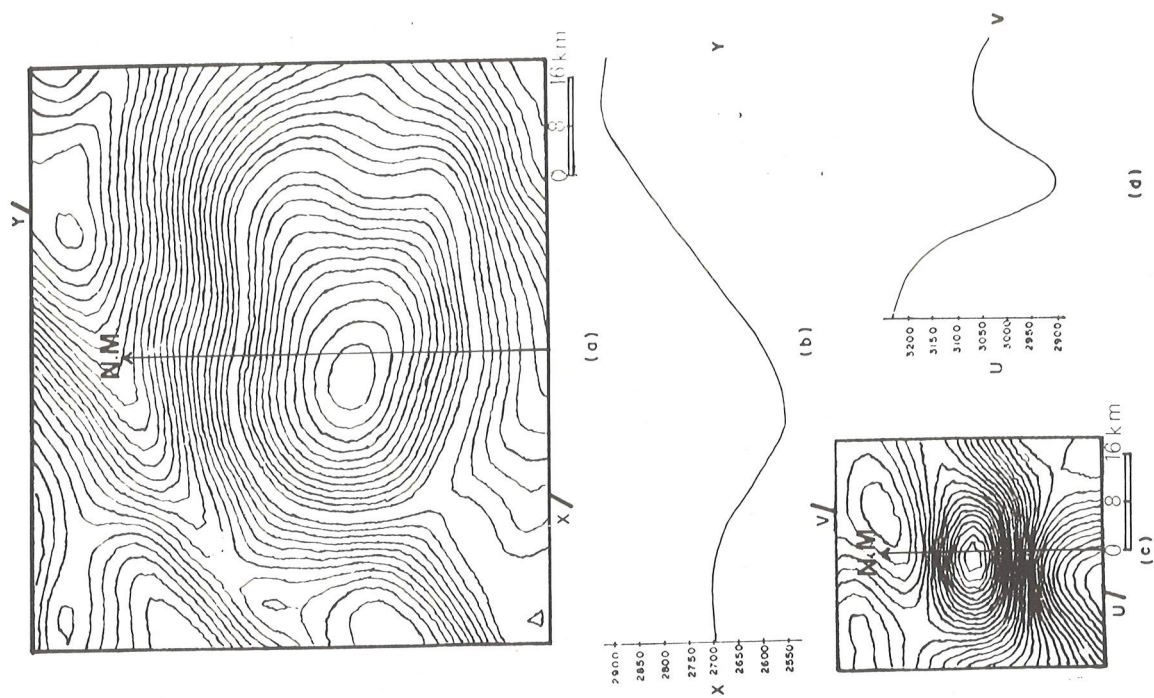


Figura 14 — a) Anomalia C. Intervalo de contorno 10 gammas (v. localização na figura 5-b).
 b) Perfil magnético XY.
 c) Anomalia B. Intervalo de contorno 10 gammas (v. localização na figura 5).
 d) Perfil magnético UV.

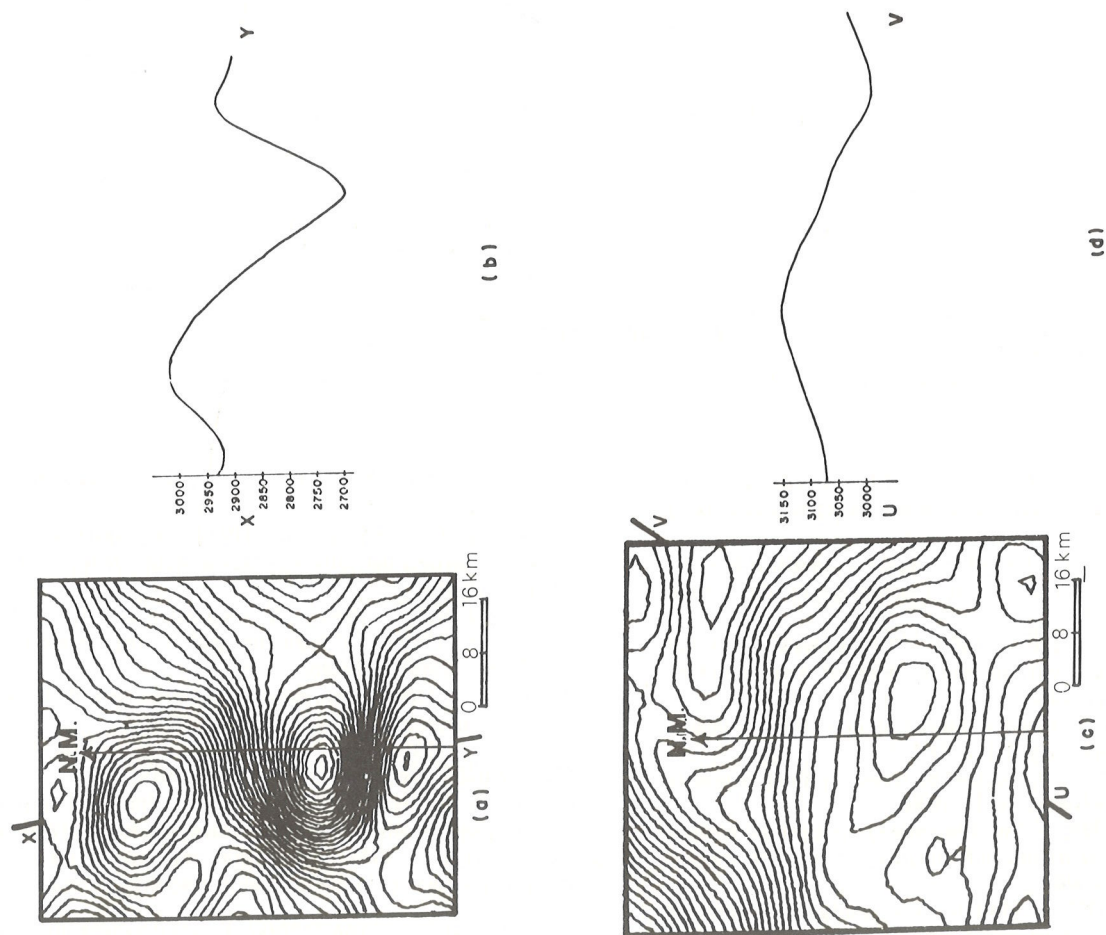


Figura 13 — a) Anomalia A. Intervalo de contorno 10 gammas (v. localização na figura 5-b).
 b) Perfil magnético XY.
 c) Anomalia D. Intervalo de contorno 10 gammas (v. localização na figura 5).
 d) Perfil magnético UV.

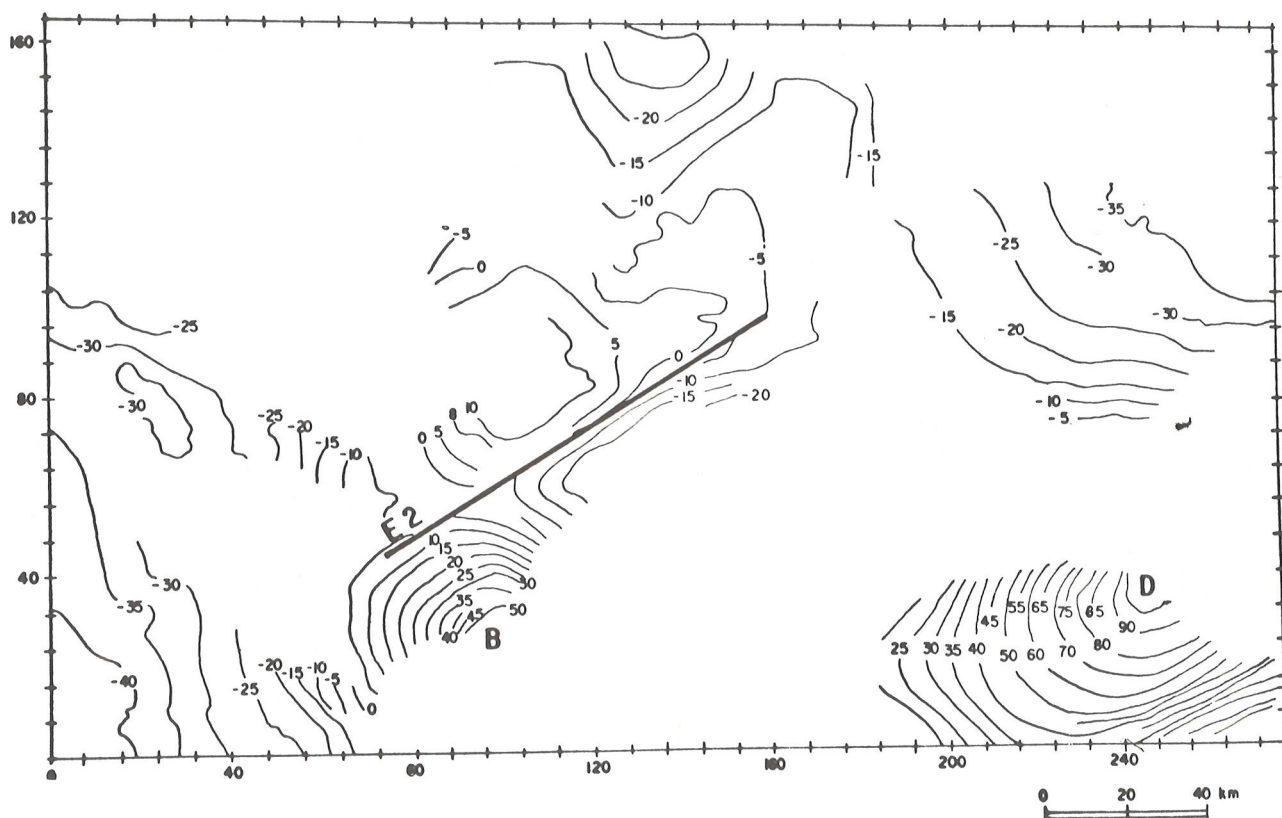


Figura 15 — Mapa gravimétrico Bouguer. Intervalo de contorno 5 miligals.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, C.A.C. e CUNHA, F.M.B. — 1971 — Revisão Geológica da Bacia Paleozóica do Amazonas. Anais do XXV Congr. Bras. Geol. 3:93-112.
- BHATTACHARYYA, B.K. — 1972 — Design of spatial filters and their application to high-resolution aeromagnetic data. *Geophysics*, 37(1): 68-91.
- DARBY, E.K. e DAVIS, E.B. — 1967 — The analysis and design of two-dimensional filters for two-dimensional data. *Geophys. Prospect.*, 15(3): 383-406.
- DEAN, W.C. — 1958 — Frequency analysis for gravity and magnetic interpretation. *Geophysics*, 23(1): 97-127.
- ELKINS, T.A. — 1951 — The second derivative method of gravity interpretation. *Geophysics*, 16(1): 29-50.
- FULLER, B.D. — 1967 — Two-dimensional frequency analysis and design of grid operators, in *Mining Geophysics*, Soc. Explor. Geophys., v. 2: 658-708.
- GAY, S.P. Jur. — 1971 — Morphological study of geophysical maps by viewing in three dimensions. *Geophysics*, 36(2): 396-414.
- GAY, S.P. Jur. — 1972 — Fundamental characteristics of aeromagnetic lineaments; their geological significance, and their significance to geology, Salt Lake City, American Stereo Map Co., 94 pp.
- HENDERSON, R.G. e ZIETZ, I. — 1949 — The computation of second vertical derivatives of geomagnetic fields. *Geophysics*, 14(4): 508-516.
- HENDERSON, R.G. — 1960 — A comprehensive system of automatic computation in magnetic and gravity interpretation. *Geophysics*, 25(3): 569-585.
- MESKÓ, C.A. — 1966 — Two-dimensional filtering and the second derivative method. *Geophysics*, 31(3): 606-617.
- PORTO, R. — 1972 — Um modelo para a origem da Bacia do Médio e Baixo Amazonas: Rel. PETROBRÁS.
- SPECTOR, A. e GRANT, F.S. — 1970 — Statistical modals of interpreting aeromagnetic data. *Geophysics*, 35(2):283-302.
- SYBERG, F.J.R. — 1972 — A Fourier method for the regional-residual problem of potential fields. *Geophys. Prospect.* 20(1): 47-75.
- ZURFLUEH, E.G. — 1967 — Application of two-dimensional linear wavelength filtering. *Geophysics*, 32(6): 1015-1035.