



Sondagens magnetotélúricas de longo período na Faixa Paraguai, Brasil Central: uma análise preliminar

Maurício S. Bologna, Antonio L. Padilha, Ícaro Vitorello, Marcelo B. Pádua, INPE, Brazil

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does 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

Uma investigação magnetotélúrica (MT) de longo período em andamento na faixa orogênica Paraguai, região de Cuiabá, estado de Mato Grosso, tem revelado a presença de significativas anomalias de condutividade em subsuperfície. Pseudo-seções de 13 estações MT coletadas ao longo de um perfil NE-SW com cerca de 350 km de extensão revelam um pronunciado condutor mergulhando para SE, rumo à bacia do Paraná, e estendendo-se desde a base da crosta até dezenas de quilômetros no manto litosférico. Vetores de indução, calculados a partir do campo magnético vertical, apontam rumo ao contato entre a faixa Paraguai e o craton Amazônico. Em vários períodos, esses vetores apresentam elevadas amplitudes, confirmando a presença de fortes condutores na litosfera da região. Estes resultados sugerem que a região deve ter sido profundamente afetada por processos termo-tectônicos, provavelmente relacionados ao ciclo Brasileiro e/ou eventos subsequentes do Fanerozóico.

Introdução

A faixa Paraguai é um dos mais jovens segmentos da colagem Brasileira e faz parte de um conjunto de cinturões orogênicos que bordejam a margem leste da placa Amazonas-Pampia (Almeida et al., 1981). Na região de Cuiabá, estado do Mato Grosso, a geologia da faixa Paraguai é bem conhecida pois tanto suas rochas como aquelas de cobertura cratônica encontram-se bem expostas. Essa situação é diferente do que é observado mais ao sul, onde a faixa é ocultada principalmente pelos sedimentos fanerozóicos da bacia do Pantanal.

Apesar do avançado conhecimento da geologia em superfície, sua evolução tectônica é ainda enigmática, principalmente pela ausência de estudos geofísicos que poderiam revelar as estruturas da crosta e do manto sob a região. A interpretação atualmente sugerida, baseada sobretudo nas características sedimentológicas e na ausência de vulcanismo, é que a Faixa Paraguai teve uma evolução ensialica com encurtamento crustal moderado (Brito Neves et al., 1999).

Sondagens magnetotélúricas (MT) são sensíveis a variações de resistividade elétrica (ou sua recíproca, condutividade elétrica) no interior terrestre e são capazes de investigar profundidades que vão desde dezenas de metros até centenas de quilômetros (porém com perda de resolução com o aumento da profundidade). A

resolução lateral do método pode ser controlada pela distância entre cada sítio de sondagem.

Este trabalho visa obter informações geoeletricas da litosfera sob a faixa Paraguai na região de Cuiabá, uma área com avançado conhecimento geológico. Esse conhecimento viabiliza a proposição de modelos geotectônicos, além do resultado poder servir também como referência para investigações geofísicas em locais onde a faixa não é aflorante. A Figura 1 mostra a localização da área de estudo, com as estações MT dispostas em um perfil estendo-se desde o craton Amazônico até a bacia do Paraná.

Metodologia

A condutividade elétrica do interior da Terra é obtida pelo método MT medindo-se simultaneamente, na superfície, variações temporais das componentes do campo geomagnético (H_x , H_y e H_z) e componentes horizontais ortogonais do campo geoeletrico induzido (E_x e E_y) em um amplo espectro de frequências. Em um meio eletricamente homogêneo, quanto maior o período (ou menor a frequência) do sinal incidente, maior sua penetração. A penetração do sinal depende também da condutividade do meio: quanto mais condutivo o meio, menor será a penetração. Desta forma, a aquisição de dados em um amplo espectro de frequências permite sondar um amplo intervalo de profundidades na região em estudo.

No perfil de Cuiabá, dois tipos de equipamentos MT foram utilizados. Um deles é um sistema de banda larga (GMS06, METRONIX GmbH), que serve para sondar profundidades típicas da crosta, adquirindo dados em períodos entre 0.0008 e 1024 s. O segundo tipo de equipamento consiste de sistemas MT de longo período (LRMT; Phoenix Geophysics), os quais foram operados no intervalo de 20 a 13653 s e permitem obter informações até profundidades do manto superior. Os dados a serem discutidos neste trabalho concentram-se apenas em longos períodos, enfatizando portanto estruturas mais profundas da litosfera.

Os dados MT de longo período foram adquiridos por até 6 equipamentos operando simultaneamente pelo intervalo mínimo de uma semana. A distância entre cada sítio de sondagem foi da ordem de 25 km. Todos os dados foram obtidos segundo o sistema de coordenadas geomagnéticas, com uma das componentes telúricas e um dos sensores magnéticos alinhados com o meridiano geomagnético.

Para uma análise preliminar, os dados foram processados na mesmo sistema de coordenadas em que foram coletados. Nesse processamento, os elementos do tensor de impedâncias MT e as funções de transferência do campo geomagnético foram obtidos a partir das séries temporais das 5 componentes do campo

eletromagnético usando o código robusto de Egbert (1997).

Resultados

Dados MT estão sujeitos a distorções causadas por estruturas geológicas rasas heterogêneas. Em um desses tipos de distorções (chamado "static shift"), as curvas de resistividade aparente são deslocadas para cima ou para baixo por um fator desconhecido constante (em escala logarítmica), enquanto as fases não são afetadas. Assim, para se ter uma visão qualitativa inicial das estruturas geoeletricas ao longo de um perfil é comum utilizar-se apenas de pseudo-seções das fases.

A Figura 2 mostra as pseudo-seções obtidas interpolando as fases das duas direções ortogonais (xy e yx) ao longo da projeção das estações em um perfil médio. Teoricamente, em um semi-espaco, as fases seriam 45° para todos os períodos. Em uma situação real, porém, as fases variam entre 0 e 90° , e os modos xy e yx são diferentes entre si quando as estruturas se afastam de uma situação unidimensional. Na existência de um contraste positivo de resistividade (aumento da resistividade com a profundidade), as fases permanecem em valores inferiores a 45° . O inverso ocorre para um contraste negativo de resistividade, com fases acima de 45° .

Como pode ser notado nas pseudo-seções da Figura 2, a maioria das fases encontra-se bastante acima de 45° . Esse fato permite deduzir que o meio, de uma forma geral, é bastante condutor, desde profundidades mais rasas (períodos mais curtos) até grandes profundidades da litosfera. No extremo oeste, a região é mais resistiva aproximadamente entre as estações 01 e 03. Na direção xy tal região parece ser mais larga, avançando em direção à estação 04 e sendo delimitada por períodos desde 20 s até cerca de 1000 s. Na componente ortogonal (yx), essa mesma estrutura é detectada até períodos mais longos do espectro medido. No restante do perfil as maiores variações são observadas apenas nas medidas (xy). Digno de nota, é a estrutura observada a leste da estação 06. Em períodos mais longos, ela mergulha rumo a leste e segue até o final do perfil. Nessa mesma pseudo-seção, observa-se também que, entre as estações 01 e 03, as fases são relativamente elevadas abaixo de 1000 s, o que poderia caracterizar um condutor profundo nessa região. Deve-se observar, porém, que os dados MT têm menor resolução nesses períodos.

Outra forma de analisar a presença de anomalias elétricas é através de mapas de vetores de indução. Esses vetores são calculados a partir das funções de transferência entre as componentes horizontais e vertical do campo geomagnético. Sua importância decorre de que o campo vertical só é gerado pela presença de concentrações anômalas de corrente elétrica no meio, constituindo-se assim em uma ferramenta importante para localizar contrastes laterais de condutividade.

A Figura 3 mostra mapas de vetores de indução para 4 períodos relevantes dentro do nosso espectro de medidas. O azimute desses vetores foi revertido para que apontem rumo a regiões mais condutoras. A amplitude dos vetores é função da distância e/ou da

intensidade da anomalia elétrica sentida pela sondagem. Em períodos mais curtos (320 s e 1280 s), as duas metades do perfil MT comportam-se de forma aparentemente independentes. Na metade a oeste, os vetores são mais fracos, especialmente na primeira estação, e há uma reversão na direção dos vetores entre as estações 05 e 06. Esse fato é indicativo de que há um limite geoeletrico sob essa região. Essa conclusão é reforçada pelas pseudo-seções das fases, que também marcam um limite de uma região resistiva no extremo oeste do perfil para uma região condutora sob as estações 03 e 04. Na metade leste do perfil, os vetores são muito fortes, quase atingindo a magnitude máxima (1 unidade), e apontam para fora do perfil, aproximadamente na mesma direção (norte). Esse resultado sugere que há uma anomalia ao norte do perfil, independente ou em continuidade daquela observada na parte oeste. Com o aumento do período (e, portanto, da profundidade) diminui a amplitude dos vetores, uma possível indicação que as estruturas anômalas anteriormente discutidas não devem atingir grandes profundidades na litosfera. Na parte leste do perfil, os vetores vão rotacionando de norte para oeste, como pode ser observado no período 6826 s, enquanto as estações no extremo oeste passam a apontar para o sul-sudoeste. Isso pode sugerir uma outra fonte de anomalia, em grandes profundidades e/ou a grande distância, a qual afetaria de forma aproximadamente homogênea todo o perfil. Deve-se observar, porém, que nesses períodos longos os vetores têm amplitude muito baixa, próxima aos valores das barras de erros dos dados.

Discussões e conclusões

A variação elétrica lateral indicada nas pseudo-seções entre as estações 01 e 04, corroborada pelos vetores de indução, coincide aproximadamente com a delimitação em superfície da transição entre o craton Amazônico e a faixa Paraguai. Os dados também dão indicação de que, em profundidade, esse limite deve se inclinar para leste por algumas dezenas de quilômetros. No restante da seção nota-se uma correlação com as estruturas geológicas em superfície. A faixa Paraguai, entre o limite com o craton até o granito de São Vicente (centrado na estação 07), é caracterizada como uma região bastante condutora. Por outro lado, o granito de São Vicente é identificado na sondagem 07 pelo aumento da resistividade. As estações da parte leste adentram a bacia do Paraná, cruzando regiões afetadas por esforços tectônicos e magmatismo alcalino (rifte das Mortes e Província Ígnea de Poxoréu). Nessa região, as fases são anisotrópicas, com valores diferentes nas duas direções ortogonais. Em períodos acima de 1000 s, o condutor sob a faixa Paraguai mergulha sob a Bacia do Paraná, mas ainda não se pode afirmar se ele está associado aos eventos que afetaram a faixa Paraguai (Brasiliano) ou se é decorrente dos eventos durante o Mesozóico. De qualquer forma, a elevada condutividade da faixa Paraguai é surpreendente, pois indica que importantes processos termo-tectônicos atuaram nela. Se estes processos estiverem relacionados ao ciclo Brasileiro, o modelo geotectônico assumido atualmente para a faixa Paraguai se tornaria incompatível com os resultados magnetotelúricos obtidos neste estudo. De qualquer forma, essa interpretação dos dados MT deve ser vista

com extrema cautela pois a informação de alta frequência não foi ainda processada. Com isso não se pode fornecer um resultado quantitativo da distribuição de condutividade na região, somente possível depois da inversão bidimensional de todos os dados.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado com recursos do Fundo Setorial CT-Mineral (FINEP/ADIMB, 2.2.01.0686.00), FAPESP (00/00806-5, 99/12381-0, 01/02848-0) e CNPq (350683/94-8, 351398/94-5).

References

- Almeida, F.F.M., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A.,** 1981. Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth-Sci. Rev.*, 17., 1-29.
- Brito Neves, B.B., Campos Neto, M. C., Fuck, R.A.,** 1999. From Rodinia to western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22., 155-166.
- Egbert, G.D.,** 1997. Robust multiple station magnetotelluric data processing. *Geophys. J. Int.*, 130, 475-496.

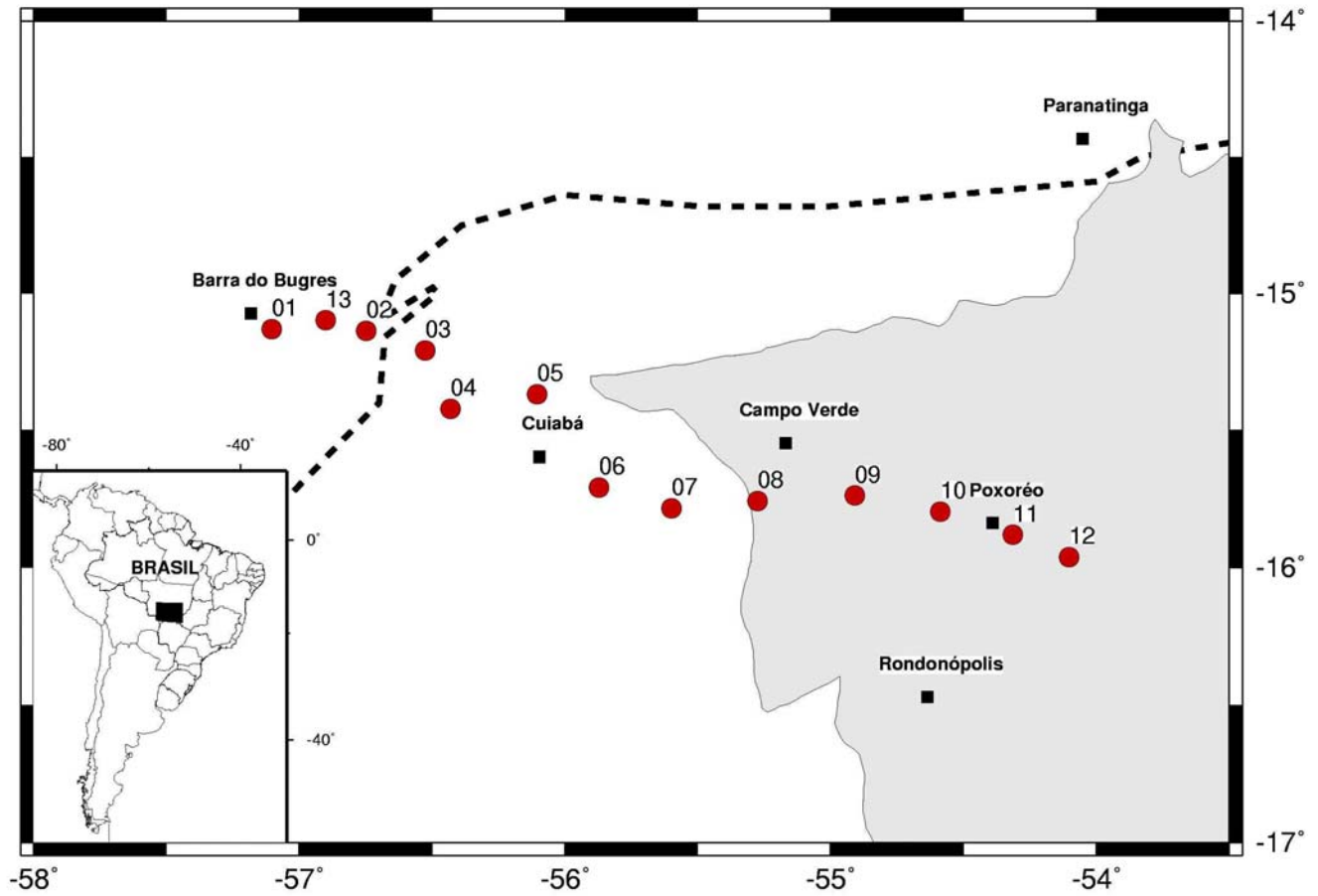


Figura 1 – Localização da área de estudo. São indicadas as estações MT (círculos vermelhos) e algumas cidades (quadrados pretos) e seus respectivos nomes. A curva tracejada refere-se ao limite geológico entre o craton Amazônico e a Faixa Paraguai, enquanto a Bacia do Paraná é representada pela cor cinza.

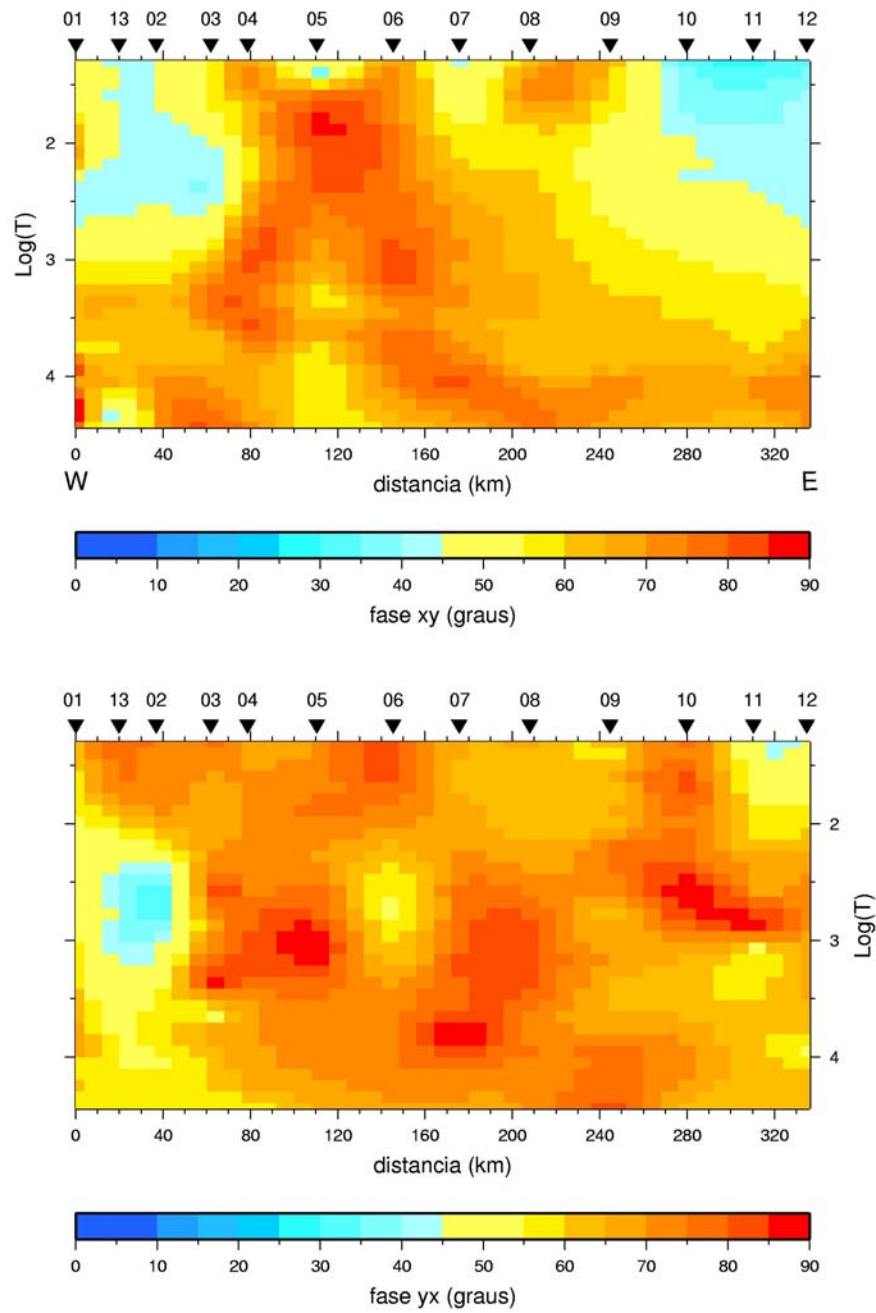


Figura 2 – Pseudo-seções das fases nas duas direções ortogonais de medida (dados não rotacionadas). O modo xy refere-se às medidas feitas com o dipolo elétrico alinhado com o meridiano magnético, cuja declinação magnética média é de N15W.

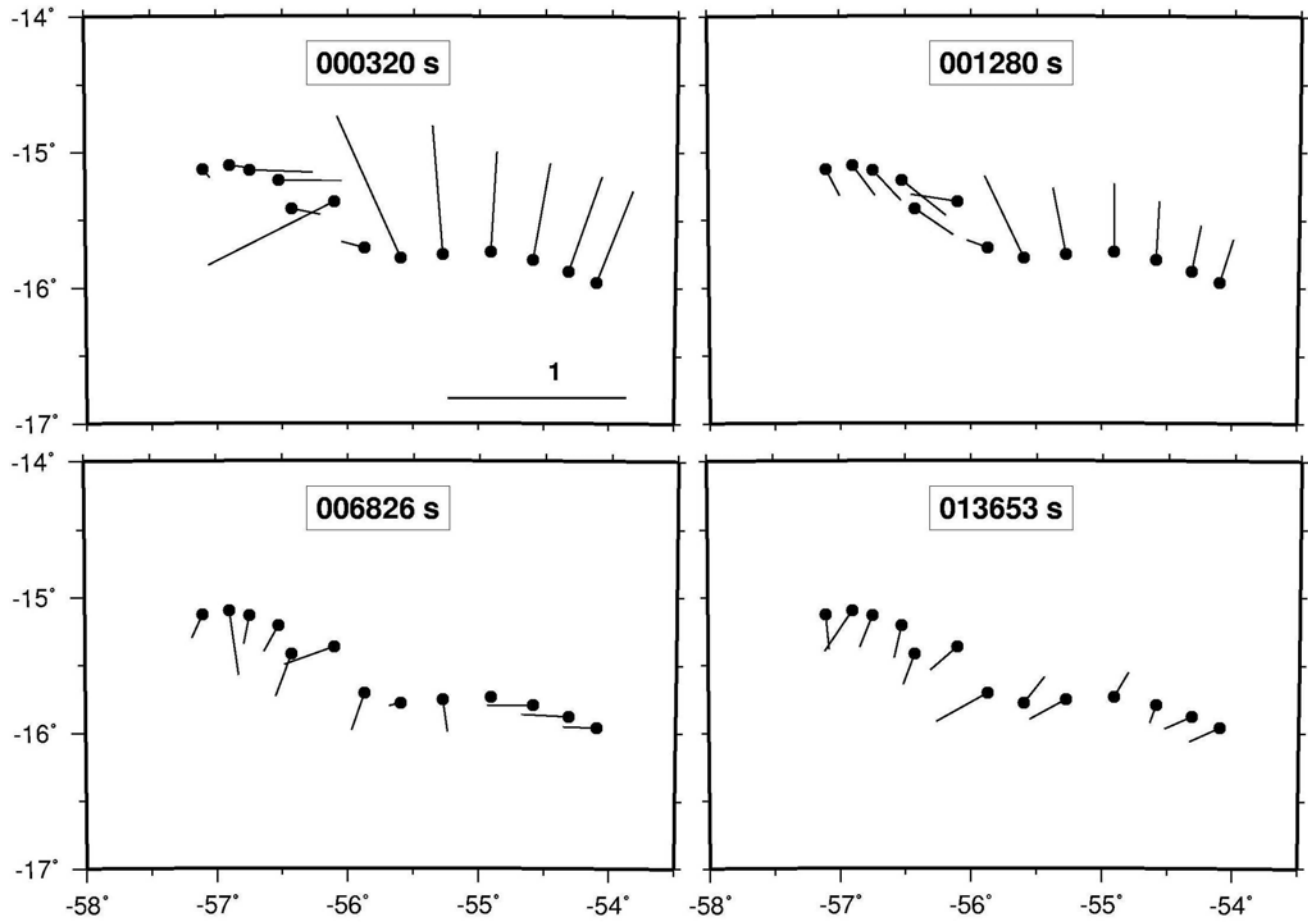


Figura 3 – Vetores de indução do perfil MT. São mostrados 4 períodos representativos das principais variações dentro do espectro de frequências medidas. O vetor unitário é indicado no mapa superior à esquerda.