



## Reativação tectônica de zonas de cisalhamento na Sub-Bacia Olinda (Bacia Paraíba): integração de dados aeromagnéticos e geológicos

Gilsijane V. Ramos<sup>1</sup>, David L. Vasconcelos<sup>2</sup>, Francisco H. R. Bezerra<sup>3</sup>, David L. de Castro<sup>3</sup>, Walter E. de Medeiros<sup>4</sup>, Jean C. F. de Lima<sup>2</sup>

1 - Curso de Graduação em Geofísica - UFRN

2 - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica - UFRN

3 - Departamento de Geologia - UFRN

4 - Departamento de Geofísica - UFRN

Copyright 2015, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

**This research integrates aeromagnetic data with field geological data to identify possible neotectonic reactivation of shear zones in the Paraíba Basin. Interpretation of aeromagnetic data allowed the identification of three magnetic domains, which represent the main tectonic blocks of the study area. Interpretation of magnetic lineaments allowed the visualization of the continuity of these lineaments in the crystalline basement into the Paraíba Basin. In the basement, the magnetic lineaments represent ductile Precambrian shear zones. In the basin, these magnetic lineaments represent faults associated with the basement reactivation.**

### Introdução

As bacias sedimentares da margem continental do nordeste brasileiro possuem riftes formados a partir de reativações de zonas de cisalhamento durante a separação do Pangea no Cretáceo (Bezerra et al., 2001; De Castro et al., 2012). Reativações rúpteis dessas zonas de cisalhamento durante o Neógeno e Quaternário podem ser observadas na porção *onshore* dessas bacias (Rossetti et al., 2011a, 2011b; Bezerra et al., 2014).

A utilização de métodos geofísicos no mapeamento geológico/estrutural tem se tornado comum em pesquisas de bacias sedimentares brasileiras (p.ex., Jacques et al., 2014; De Castro et al., 2014; Andrades Filho et al., 2014). Nesse contexto, estudos prévios abordaram as características estruturais de bacias da margem passiva (p.ex., De Castro, 2012; Bezerra et al., 2014). O principal objetivo deste trabalho é identificar as reativações rúpteis de zonas de cisalhamento, durante o Neógeno e Quaternário na Bacia Paraíba a partir da correlação de dados aeromagnéticos e geológicos. Pretende-se com isso, reconstituir eventos que influenciaram sua evolução tectono-sedimentar.

A Bacia Paraíba possui como embasamento rochas pré-cambriana da Província Borborema. Afloram na área de estudo rochas das Subprovíncias Transversal e Meridional (Terreno Alto Moxotó, Terreno Rio Capibaribe e o Terreno Pernambuco-Alagoas). O Terreno Alto Moxotó é limitado pela Zona de Cisalhamento Cruzeiro do Nordeste (ZCCN) e possui predominância dos litotipos paleoproterozoicos relacionados às rochas metassedimentares do Complexo Sertânia e aos complexos metaplutônicos Floresta e Cabaceiras (Bizzi et al., 2003). Ao sul do Terreno Alto Moxotó encontra-se o Terreno Rio Capibaribe limitado ao norte pela ZCCN e ao sul pela ZCPE. Este terreno é composto por rochas pré-cambrianas dos complexos metaplutônicos Pão de Açúcar e Salgadinho, Complexo Surubim-Carolina e pela sequência metavulcanossedimentar do Complexo Vertentes (Bizzi et al., 2003). Por fim, ao sul da área de estudo encontra-se o Terreno Pernambuco-Alagoas limitado pela ZCPE o qual é formado em grande parte pelos complexos Cabrobó e Belém do São Francisco (Bizzi et al., 2003).

A Bacia Paraíba está situada na área ao norte da Zona de Cisalhamento Pernambuco, e é representativa de uma subdivisão da "relay ramp", apresentando uma estrutura em sub-bacias (Mabesoone e Alheiros, 1991). As sub-bacias são denominadas como: Sub-Bacia Olinda, localizada entre a ZCPE e o alto de Goiana; e as Sub-Bacias de Alhandra e Miriri localizadas em um depocentro limitado ao norte pela falha de Mamanguape e ao sul pelo Alto de Goiana. Em trabalhos publicados, Lima Filho (1998), Lima Filho e Sztatmari (2002) e Lima Filho et al. (2005) já apontavam a diferenciação envolvendo as bacias situadas a sul e a norte do Lineamento Pernambuco. Esses trabalhos diferenciaram e chamaram de Bacia da Paraíba aquela situada entre o Lineamento Pernambuco e o Alto de Touros, incluindo as Sub-Bacias Canguaretama e Natal. Barbosa (2004), por motivos estratigráficos, restringiu a Bacia da Paraíba entre o Lineamento Pernambuco e o Alto de Mamanguape.

A área selecionada para esta pesquisa está localizada na Sub-bacia Olinda e porções adjacentes, mais precisamente entre as latitudes 7°20'00"/8°20'10" e Longitudes 34°45'00"/36°00'00" (Figura 1). Um mapa geológico da área de estudo (Figura 2) foi compilado a partir de mapas preexistentes (Santos et al., 2002) e diferenciado em quatro unidades principais: embasamento cristalino de idade Pré-cambriana, rochas

de idade Cretácea e sedimentos de idade Neógeno e Quaternário.

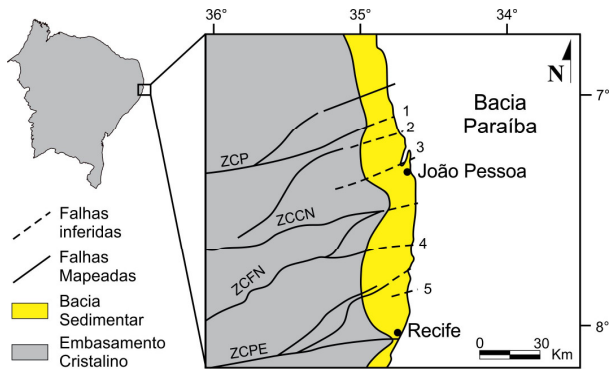


Figura 1: Mapa geológico simplificado da Bacia Paraíba (Compilado de Barbosa et al., 2006; Lima Filho et al., 2006; Barbosa et al., 2007). ZCP - Zona de Cisalhamento Patos; ZCCN - Zona de Cisalhamento Cruzeiro do Nordeste; ZCFN - Zona de Cisalhamento Fazenda Nova; ZCPE - Zona de Cisalhamento Pernambuco. 1 - Falha de Mamanguape; 2 - Falha de Miriri; 3 - Falha de Itabaiana; 4 - Falha de Goiana; 5 - Falha de Botafogo.

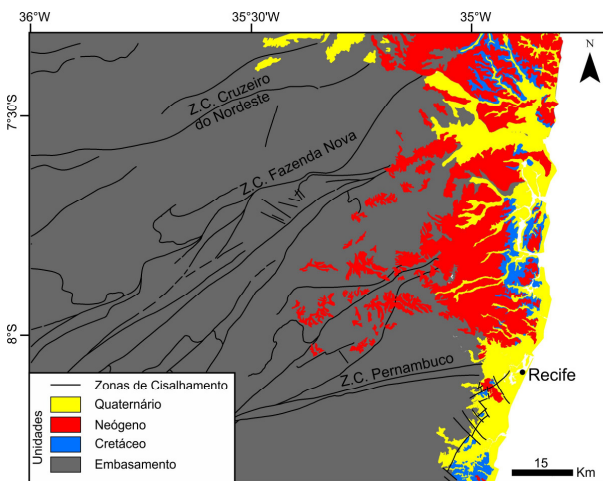


Figura 2: Mapa geológico simplificado da área de pesquisa (modificado de Santos et al., 2002).

**Metodologia**

Foram utilizados dados aeromagnéticos do Projeto Aerogeofísico Borda Leste do Planalto da Borborema (LASA S.A. & Prospectors, 2008) obtidos através do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). O projeto levantou perfis magnetométricos de alta resolução, com linhas de voo e controle espaçadas de 500 m e 5.000 m, orientadas nas direções N-S e E-W, respectivamente, e com altura de voo fixada em 100 m sobre o terreno. Este levantamento usou o magnetômetro com sensor de vapor de césio, montado na cauda da aeronave (tipo *stinger*), sendo as medidas efetuadas a cada 0,1 segundo.

Os dados fornecidos pela CPRM já estavam micronivelados e corrigidos pelo IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Entretanto, foi

selecionado um total de 20 linhas aleatórias e analisada a qualidade da regularidade do espaçamento de aquisição dos dados e a constância da altura de voo em relação à superfície do terreno. Essa análise mostra que, aproximadamente, a cada 7,7 m foi realizada uma medida e que o avião seguiu a constância da altura de voo fixada em 100m em relação à superfície do terreno, com exceção da área referente a região metropolitana de Recife.

Os dados aeromagnéticos foram processados com o *software Oasis Montaj 8.2 da Geosoft*. Os mesmos foram interpolados utilizando o método Bidirecional, gerando um *grid* do Campo Magnético Anômalo (CMA) com célula de 250 m. Posteriormente, foi aplicado o *Matched Filter* para três bandas espectrais, que teoricamente concentram fontes magnéticas de profundidades distintas (rasas intermediárias e profundas). A partir dos dados magnéticos da banda espectral intermediária, foram obtidas as derivadas em X, Y e Z (Dx, Dy e Dz), os mapas da Amplitude (ASA) e Inclinação (ISA) do sinal analítico e anomalias Regional (REG) e Residual (RES). Após, foi gerado a partir do RES os mapas dos gradientes Total (GT) e Horizontal (GH). Em seguida, foi gerado o mapa do CMA reduzido ao polo (RTP). Os domínios magnéticos foram delimitados utilizando-se principalmente os mapas GT e GH. Os lineamentos magnéticos foram interpretados a partir dos mapas RTP e ISA. Por fim, foram gerados diagramas de roseta para cada domínio, através do *software Stereonet 9.2.3*, para os lineamentos magnéticos. A Figura 3 resume as etapas de processamento dos dados aeromagnéticos adotada nesta pesquisa.

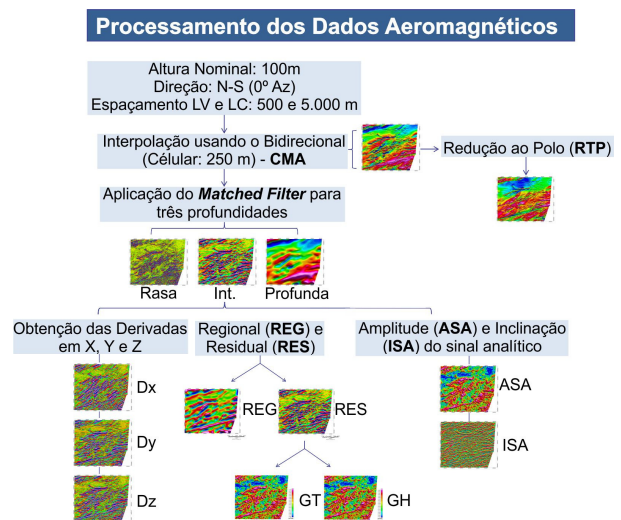


Figura 3: Etapas do processamento dos dados aeromagnéticos do Projeto Aerogeofísico Borda Leste do Planalto da Borborema, utilizados nesta pesquisa.

**Resultados**

As investigações foram concentradas na identificação de zonas de cisalhamento que afetaram o embasamento cristalino durante o ciclo Brasileiro, como por exemplo, a zona de cisalhamento Pernambuco (Figura 4A). Para

isso, foram delimitados domínios magnéticos a partir dos mapas GT, GH e ISA (Figuras 4C, 4D e 4E). Além disso,

foram interpretados os lineamentos magnéticos baseados nos mapas RTP e ISA (Figura 4B e 4F).

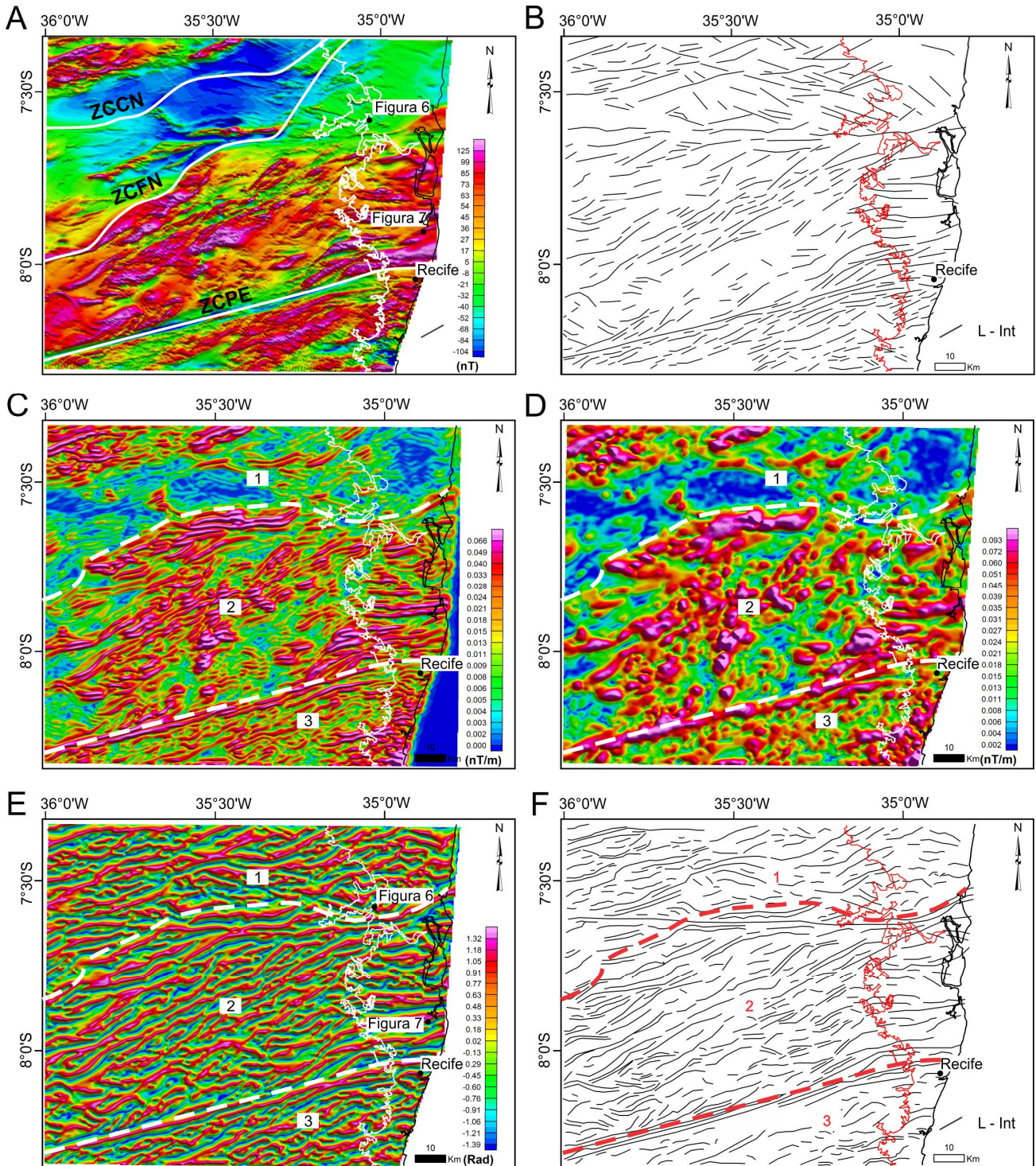


Figura 4: Mapa do Campo Magnético Anômalo Reduzido ao Polo (A) e a interpretação dos lineamentos magnéticos (B). Mapas do Gradiente Horizontal (C), Gradiente Total (D), Inclinação do Sinal Analítico (E) e a interpretação dos domínios magnéticos e lineamentos da Inclinação do Sinal Analítico (F). L-Int: Lineamentos Magnéticos Interpretados; ZCPE: Zona de Cisalhamento Pernambuco; ZCFN: Zona de Cisalhamento Fazenda Nova; ZCCN: Zona de Cisalhamento Cruzeiro do Nordeste; Linhas vermelhas e brancas representam o limite oeste da Bacia Paraíba.

A área de estudo foi subdividida em três domínios definidos com base na integração dos mapas magnéticos e geológico. O Domínio 1 está localizado ao norte da área de estudo, limitado pela junção da ZCFN e falha de Goiana (Figura 4A). É caracterizado por apresentar as anomalias magnéticas de mais baixas amplitudes, contendo lineamentos com direção preferencial NE-SW e subordinadamente, NW-SE e E-S (Figura 5). Este domínio pode ser correlacionado ao Terreno Alto Moxotó da Sub-Província Central da Província Borborema.

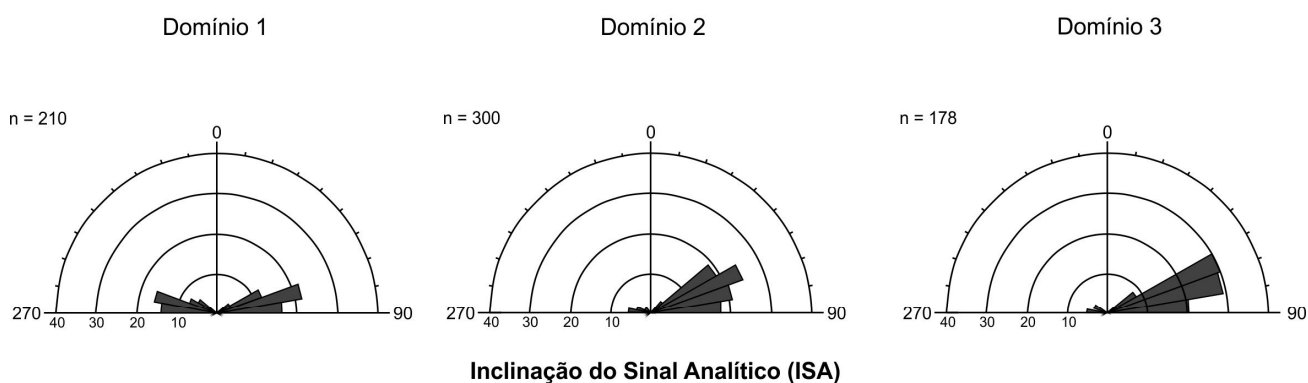
O Domínio 2 está localizado na porção central da área de pesquisa, limitada pela ZCFN e a falha de Goiana e ao norte e pela ZCPE ao sul. Este domínio é caracterizado por possuir as anomalias magnéticas positivas e negativas de altas amplitudes e exibir dois *trends* principais de lineamentos magnéticos com orientação NE-SW, na porção ocidental e E-W, na porção oriental desse domínio (Figura 4A e 4F). Os lineamentos

interpretados para este domínio apresentam direção principal NE-SW (Figura 5). Contudo, os lineamentos interpretados pelo mapa ISA exibem aproximadamente 25% dos lineamentos com direção E-W. Este domínio pode ser correlacionado ao Terreno Rio Capibaribe da Sub-Província Central da Província Borborema.

O Domínio 3 está localizado na porção sul da área de estudo, limitado pela ZCPE. Exibe anomalias magnéticas de amplitude que variam de medianas a elevadas, com lineamentos magnéticos preferencialmente NE-SW e E-W (Figura 4A e 4F). Os lineamentos interpretados para neste domínio apresentam direção preferencial NE-SW (Figura 5). Porém, os lineamentos interpretados pelo mapa ISA exibem cerca de 35-40% dos lineamentos com direção E-W. Este domínio pode ser correlacionado ao Terreno Pernambuco-Alagoas da Sub-Província Meridional da Província Borborema.

## Lineamentos dos Domínios Magnéticos

### Campo Magnético Anômalo Reduzido ao Polo (RTP)



### Inclinação do Sinal Analítico (ISA)

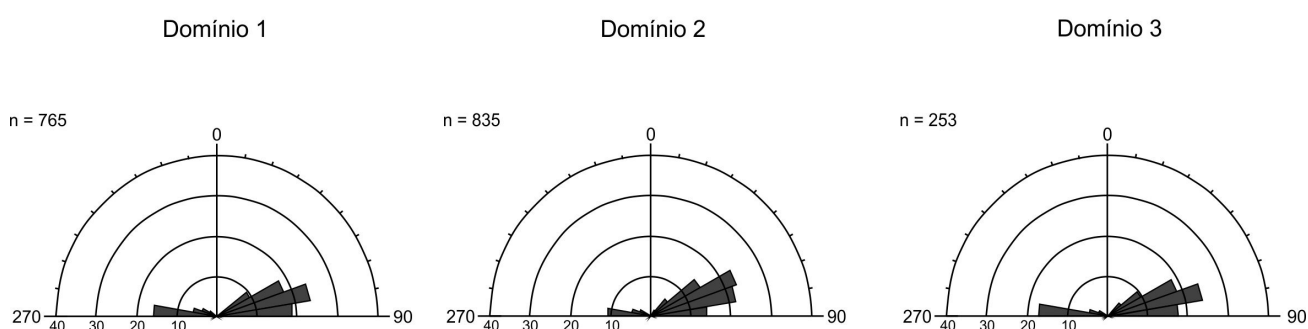


Figura 5: Diagrama de roseta gerado a partir dos lineamentos magnéticos interpretados dos mapas RTP e ISA.

A interpretação dos dados aeromagnéticos possibilitou a seleção de áreas potenciais a reativações rúpteis de zonas de cisalhamento na Bacia Paraíba. Por exemplo, na localidade de Goiana é observada uma quantidade significativa de lineamentos magnéticos na porção da bacia. Em campo, sedimentos da unidade Pós-Barreiras estão em contato com gnaisses onde falhas

transcorrentes de direções NE-SW observadas no embasamento foram reativadas como falhas normais com componentes sinistrais deformando os sedimentos Quaternários sobrepostos (Figura 6).

Outro exemplo pode ser visualizado na localidade de Paulista, onde são observadas uma grande quantidade de lineamentos magnéticos, com direção E-W/NEE-

SWW, na porção da Bacia Paraíba. Em campo, verificam-se sedimentos da unidade Pós-Barreiras com falhas normais sin-sedimentares de direção E-W (Figura 7).

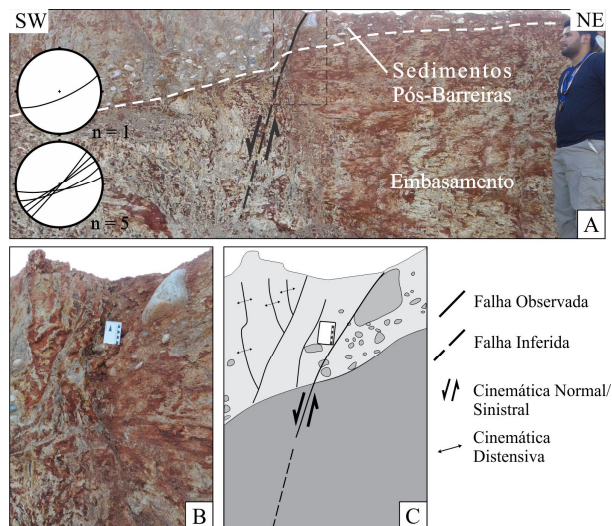


Figura 6: Falhas normais com componentes sinistrais afetando sedimentos da unidade Pós-Barreiras na localidade de Goiana-PE.



Figura 7: Falha normal sin-sedimentar afetando sedimentos da unidade Pós-Barreiras na localidade de Paulista-PE.

### Conclusões

A interpretação dos dados aeromagnéticos mostra uma estruturação regional de direção NE-SW para toda a área de pesquisa. A análise dos mapas GH, GT e ISA, possibilitou a individualização de três domínios magnéticos, os quais podem ser correlacionados aos principais blocos estruturais da Província Borborema, localizados na área de estudo.

As interpretações dos lineamentos magnéticos nos mapas RTP e ISA indicam uma preponderância da direção NE-SW na trama estrutural do embasamento. Alguns dos mapas implicam que estas continuidades coincidem com falhas já existentes na região.

A interpretação dos dados aeromagnéticos possibilitou a seleção de áreas potenciais a reativações rúpteis de zonas de cisalhamento na Bacia Paraíba. Nestas regiões, apesar de possuírem direções discordantes aos lineamentos magnéticos, foram visualizadas reativações rúpteis, com direções preferenciais NE-SW e E-W, em sedimentos quaternários da unidade Pós-Barreiras, onde foram marcados lineamentos magnéticos estendendo-se na Bacia Paraíba. A interpretação desses mesmos dados, integrados ao conhecimento geológico regional, possibilitou a identificação de reativações rúpteis em sedimentos de idade Quaternária. Por fim, recomenda-se a continuidade dos processamentos magnéticos, aplicando diversos filtros, diferentes dos utilizados nesta pesquisa e uma integração a dados geológicos de superfície.

### Referências

ANDRADES FILHO, C.O.; ROSSETTI, D.F.; BEZERRA, F.H.R.; MEDEIROS, W.E.; VALERIANO, M.M; CREMON, E.H.; OLIVEIRA, R.G. **Mapping Neogene and Quaternary sedimentary deposits in northeastern Brazil by integrating geophysics, remote sensing and geological field data.** Journal of South American Earth Sciences, v.56, p.316-327, 2014

BARBOSA, J.A.; SOUZA, E.M.; LIMA FILHO, M.F.; NEUMANN, V.H. **A estratigrafia da Bacia da Paraíba: Uma reconstituição.** Estudos Geológicos (UFPE), v. 13, p. 89-108, 2003.

BARBOSA, J.A. **Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil.** Recife, 2004. 230 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.

BARBOSA, J.A.; LIMA FILHO, M.F. **Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços.** Bol. Geociênc. Petrobrás, v. 14, p. 287–306, 2006.

BARBOSA, J.A., NEUMANN, V.H.; LIMA FILHO, M.F.; SOUZA, E.M.; MORAES, N.A. **Estratigrafia da faixa costeira Recife-Natal (Bacia da Paraíba e Plataforma de Natal), Ne Brasil.** Estudos Geológicos, v. 17 (2), p. 3-30, 2007.

BEZERRA, F.H.R.; AMARO, V.E.; VITA-FINZI, C.; SAADI, A. **Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in Northeastern Brazil.** Journal of South American Earth Science, v. 14, p. 61-75, 2001.

BEZERRA, F.H.R.; ROSSETTI, D.F.; OLIVEIRA, R.G.; MEDEIROS, W.E.; NEVES, B.B. BRITO; BALSAMO, F.; NOGUEIRA, F.C.C.; DANTAS, E.L.; ANDRADES FILHO, C.; Góes, A.M. **Neotectonic reactivation of shear zones and implications for faulting style and geometry in the continental margin of NE Brazil.** Tectonophysics, v.614, p. 78-90, 2014.

BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. **Geologia, tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. CPRM, Serviço Geológico do Brasil, Brasília, p. 264-271, 2003.

De CASTRO, D.L.; BEZERRA, F.H.R.; SOUSA, M.O.L.; FUCK, R.A. **Influence of Neoproterozoic tectônica fabric on the origin of the Potiguar, northeastern Brazil and its links with West Africa based on Gravity and Magnetic Data**. Journal of Geodynamics, v. 52, p. 29-42, 2012.

DE CASTRO, D.L.; FUCK, R.A.; PHILLIPS, J.D.; VIDOTTI, R.M.; BEZERRA, F.H.R.; DANTAS, E.L. **Crustal structure beneath the Paleozoic Paraíba Basin revealed by airborne gravity and magnetic data, Brazil**. Tectonophysics, v. 614, p. 128-145, 2014.

JACQUES, P.D.; MACHADO, R.; OLIVEIRA, R. G.; FERREIRA, F.J.F.; CASTRO, L.G.; NUMMER, A.R. **Correlation of lineaments (magnetic and topographic) and Phanerozoic brittle structures with Precambrian shear zones from the basement of the Paraná Basin, Santa Catarina State, Brazil**. Brazilian Journal of Geology, v. 44, p. 39-64, 2014.

LASA & PROSPECTORS. **Projeto Aerogeofísico Borda Leste do Planalto da Borborema**. MME/CPRM, Relatório Final, Rio de Janeiro, 401 p, 2008.

LIMA FILHO, M.F. **Análise Estrutural e Estratigráfica da Bacia Pernambuco**. São Paulo, 1998, 139 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

LIMA FILHO, M.F., SZATMARI, P. **Ar-Ar geochronology of volcanic rocks of the Cabo magmatic province (CMP) – Pernambuco Basin**. SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 2002. Sociedade Brasileira de Geologia, 2002, n. 2, p. 59.

LIMA FILHO, M.F.; BARBOSA, J.A.; NEUMANN, V.H.M.L.; SOUZA, E.M. **Evolução estrutural comparativa da Bacia de Pernambuco e da Bacia da Paraíba**. SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5, 2005, Curitiba. Sociedade Brasileira de Geologia, 2005, p. 45-47.

LIMA FILHO, M.F.; BARBOSA, J.A.; SOUZA, E.M. **Eventos tectônicos e sedimentares nas bacias de Pernambuco e da Paraíba: implicações no quebraamento do Gondwana e correlação com a Bacia do Rio Muni**. Geociências (São Paulo), v. 25, p. 117-126, 2006.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. **Base Estrutural - Faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte**. Estudos Geológicos. Recife (UFPE), Estudos e Pesquisas, v. 10, Série. B, p.33-43, 1991.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. **Evolution of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin and the problem of the South Atlantic connection**. Geologie en Mijnbouw, Kluwer Academic Publishers, v.71, p.351-362, 1993.

ROSSETTI, D.; BEZERRA, F.H.; GÓES, A.M.; VALERIANO, M.M; ANDRADES FILHO, CO.; MITTANI, J.C.R.; TATUMI, S.H.; Brito-Neves, B.B. **Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: Landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 300, p. 191-204, 2011.

ROSSETTI, D.F.; BEZERRA, F.H.; GÓES, A.M; VALERIANO, M.M; ANDRADES FILHO, C.O.; MITTANI, J.C.R.; TATUMI, S.H.; Brito-Neves, B.B. **Sediment deformation in Miocene and post-Miocene strata, Northeastern Brazil: evidence for paleoseismicity in a passive margin**. Sedimentary Geology, v. 235, p. 172-187, 2011.

SANTOS, E.J; FERREIRA, C.A. **Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba**. Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Brasília, p. 1-110, 2002.