

A SUÍTE MAGMÁTICA IPOJUCA: RELAÇÕES E IMPLICAÇÕES TECTONO-ESTRATIGRÁFICAS NA SUB-BACIA DE PERNAMBUCO*

Camilla Bezerra de Almeida¹, Emanuel Ferraz Jardim de Sá², Liliane Rabelo Cruz^{1,3},
Marcos Antonio Leite do Nascimento³, Fernando César Alves da Silva², Alex Francisco Antunes³,
Luiz Jorge Frutuoso Jr.¹, Mário Ferreira Lima Filho⁴, Zorano Sérgio de Souza²,
Ingred Maria Guimarães Guedes³

¹ Curso de Geologia – UFRN e Bolsista PRH 22 – ANP, Campus Universitário, CEP 59078-970, Natal - RN, e-mail: camillaalmeida@aol.com

² Departamento de Geologia e Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica – UFRN e PRH22 – ANP, Campus Universitário, CEP 59078-970, Natal – RN

³ Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica – UFRN e Bolsista PRH22 – ANP, Campus Universitário, CEP 59078-970, Natal – RN

⁴ Departamento de Geologia e Programa de Pós-Graduação em Geociências – UFPE e PRH26 – ANP, Cidade Universitária, CEP 59040-630, Recife – PE

*Trabalho realizado com apoio/sob contrato com a Agência Nacional de Petróleo - ANP

Resumo – A seção rifte da Sub-bacia de Pernambuco é constituída por siliciclásticos (Formação Cabo) que se intercalam com rochas vulcânicas e hipabissais/epizonais, básicas e ácidas de afinidade alcalina, denominadas de Suíte Magmática Ipojuca. A presença de camadas de lavas e piroclásticas (inclusive na base da seção), junto com corpos intrusivos, indica que o magmatismo foi contemporâneo e sucedeu a deposição dos sedimentos. Sua ocorrência mais expressiva, nos setores da sub-bacia com bordas falhadas, bem como exemplos de controle estrutural em várias escalas (alojamento em juntas de distensão, sítios *pull-apart*, falhas), indicam que o magmatismo também foi contemporâneo à tectônica distensional do estágio rifte. Exemplos de estruturas com parcial ductilidade (zonas de cisalhamento, *fabric* S-C) sugerem sincronismo entre a deformação e o alojamento dos enxames de corpos ígneos. Finalmente, alguns corpos de maior profundidade (em especial, o *Granito do Cabo*), capeados por sedimentos pós-rifte (formações Estiva e Algodoads), marcam uma pronunciada discordância na base daquelas unidades, com exumação e erosão da porção superior da seção rifte. Estes dados definem, na evolução tectono-sedimentar da bacia, eventos críticos de geração de calor, tectonismo e forte erosão, que devem influenciar na maturação de geradores, na evolução de rochas reservatório e na ocorrência de hidrocarbonetos.

Palavras-Chave: magmatismo; tectônica; Sub-bacia de Pernambuco

Abstract – The rift section of the Pernambuco Sub-basin comprises siliciclastic rocks (the Cabo Formation) interlayered with basic and acid, alkaline volcanic and epizonal rocks, named as the Ipojuca Magmatic Suite. The presence of lavas and pyroclastic layers (even at the base of the section), together with intrusive bodies, implies that magmatism was contemporaneous and succeeded sediment deposition. Their expressive occurrence along faulted borders of the basin, as well as a number of examples of structural control at several scales (emplacement at extensional joints, pull-apart sites, faults and other dilatational structures), indicates that magmatism also was contemporaneous with rifting extensional tectonics. Examples of structures displaying partial ductility (shear zones, S-C fabrics) suggest synchronism between deformation and the emplacement of swarms of igneous bodies. Finally, some bodies of deeper structural level (especially the *Cabo Granite*), overlain by post-rift sediments (Estiva and Algodoads formations), mark a sharp unconformity at the base of those units, with exhumation and erosion of the upper portion of the rift section. These data define, in the course of the tectonic-sedimentary evolution of the basin, critical events of heat generation, tectonism and erosion, which will be influent upon maturation of source rocks, evolution of reservoirs and the occurrence of hydrocarbons.

Keywords: magmatism; tectonics; Pernambuco Sub-basin

1. Introdução

A Sub-bacia de Pernambuco corresponde ao segmento meridional da Bacia Pernambuco-Paraíba, localizada no litoral oriental do Nordeste brasileiro. Esta sub-bacia se estende a sul da cidade de Recife ou, geologicamente, a sul do Lineamento Pernambuco, até a fronteira com Alagoas, no denominado Alto de Maragogi. Na porção inferior da sua coluna estratigráfica ocorrem as rochas siliciclásticas da Formação Cabo e as rochas (vulcânicas e o Granito do Cabo de Santo Agostinho) da Suíte Magmática Ipojuca (Cruz, 2002) que, no conjunto, definem a seção rifte da bacia. Sua idade é atribuída ao intervalo Aptiano-Albiano, com base em datações radiométricas das rochas ígneas e dados bio-estratigráficos (Feijó, 1994; Lima Filho, 1998).

As relações das rochas ígneas com a Formação Cabo e unidades mais jovens ainda são objeto de discussão. Boa parte das datações radiométricas, obtidas pelos métodos K-Ar (Vandoros *et al.*, 1966), Rb-Sr (Long *et al.*, 1986) e, mais recentemente, Ar/Ar (Lima Filho & Szatmari, 2002), situam-se numa faixa de valores (111 a 85 Ma) significativamente mais jovem que os limites arbitrados para as palinozonas P-260 a P280, que constituem os marcos bio-estratigráficos aceitos para a Formação Cabo. Deste modo, a Suíte Ipojuca é posicionada, pela maioria dos autores, no topo da Formação Cabo. Praticamente inexitem dados ou discussões discutindo as relações desta suíte com a tectônica de rifteamento, propriamente dita.

Como parte de um projeto de revisão geológica contratado com a Agência Nacional de Petróleo (ANP), o presente trabalho apresenta uma discussão das relações estratigráficas e estruturais desta suíte ígnea, que apontam para um quadro em parte diferente daquele hoje aceito. Este tipo de refinamento é requerido para futura interpretação de novas datações radiométricas, em curso. Tais datações poderão trazer novos subsídios para o arcabouço crono-estratigráfico desta sub-bacia, ensejando um confronto e calibração com os dados bio-estratigráficos deste intervalo do Cretáceo, e um avanço no conhecimento da evolução geodinâmica da Bacia Pernambuco-Paraíba.

2. Relações Estratigráficas

A Suíte Magmática Ipojuca (doravante abreviada por SMI) é constituída por rochas vulcânicas e subvulcânicas (basaltos, traqui-andesitos e traquitos, riolitos) e equivalentes piroclásticos dos dois últimos, e pelo *Granito do Cabo*. Ocorrem através de toda a sub-bacia (Figura 1), embora que de forma muito subordinada a sul do Rio Formoso; a região do Cabo-Ipojuca, seguida por Sirinhaém (NE de Sirinhaém), concentram a maior parte das ocorrências de superfície, que também parecem ser mais freqüentes ao longo dos setores da bacia com bordas falhadas.

Estas rochas encontram-se intercaladas (como camadas) ou intrudidas (diques, soleiras, *plugs* e um plúton epizonal) na Formação Cabo (ou no embasamento cristalino). Os traquitos e traqui-andesitos ocorrem intercalados/encaixados em diversos níveis da Formação Cabo, incluindo derrames na base desta unidade (Morro do Cruzeiro, na foz do Rio Formoso; Figura 2), além de corpos intrusivos rasos/hipabissais (Figura 3). Riolitos também ocorrem em diferentes níveis da Formação Cabo, como derrames ou intrusivas, além de corpos piroclásticos (ignimbritos). Os derrames são caracterizados pela presença de seixos nos sedimentos (da Formação Cabo) sobrepostos. Não foi observada uma relação de idade consistente entre as rochas ácidas e as básicas-intermediárias; possivelmente tratam-se de dois magmas distintos, de afinidade alcalina (M.A.L. Nascimento, dados inéditos; Nascimento *et al.*, 2002); relações texturais de contemporaneidade foram localmente observadas (Figura 4). Nos níveis mais superiores e aflorantes da Formação Cabo, o vulcanismo se restringe, com rara ocorrência de diques de traquito.

As rochas da SMI estão completamente ausentes na Formação Algodoads, uma unidade siliciclástica do estágio drifte, de idade ainda incerta (Cretáceo superior - pós-Santoniano, até o Paleógeno; Lima Filho, 1998); por outro lado, os conglomerados basais da Formação Algodoads são caracterizados pela presença de fragmentos das vulcânicas (e localmente, do *Granito do Cabo*). Estas relações, as idades radiométricas e os dados estruturais (ver adiante) apóiam a interpretação da SMI como parte da seqüência rifte, como tradicionalmente aceito. A ocorrência de derrames e piroclásticas, em diferentes níveis (incluindo a base) da Formação Cabo, e a sua semelhança com formas intrusivas, sugere uma relação preferencial de contemporaneidade lateral, entre esta unidade e a SMI.

Um aspecto ainda controverso é a relação da SMI com os sedimentos da Formação Estiva, sobreposta à Formação Cabo e interpretada como uma seqüência plataformar marcando o início do estágio drifte. Esta unidade possui poucos afloramentos, e seu conteúdo paleontológico permite inferir idades que variam do Albiano ao Santoniano, em diferentes localidades (Lima Filho, 1998). Amaral & Menor (1979) descreveram vários poços na região de Suape; uma das relações importantes é a ocorrência de granito (provavelmente uma apófise do plúton do Cabo) sotoposto aos carbonatos Estiva, o que nos conduz a interpretar uma discordância na base daquela unidade (efeitos de contato não são aparentes). Por outro lado, a descrição de vulcânicas (possivelmente traquitos ou basaltos) intercaladas na Formação Estiva (segundo os mesmos autores) poderia indicar um pulso ígneo mais jovem e/ou, alternativamente, uma relação de interdigitação entre sedimentos no/do topo da Formação Cabo, e a própria Formação Estiva. Estes são pontos que demandam investigações adicionais.

No Cabo de Santo Agostinho, o plúton granítico tem a sua borda oeste capeada por sedimentos mais novos, da Formação Algodoads e da Formação Barreiras. O contato com a Formação Cabo é inferido pelas relações de macro-escala. O granito exhibe texturas indicativas de alojamento a profundidades da ordem de 1 a 2 km (Nascimento *et al.*,

2002). Os dados geofísicos (Araújo, 1994) e geológico-estruturais sugerem um corpo tabular, encaixado na Formação Cabo e talvez enraizado na interface da mesma com o embasamento.

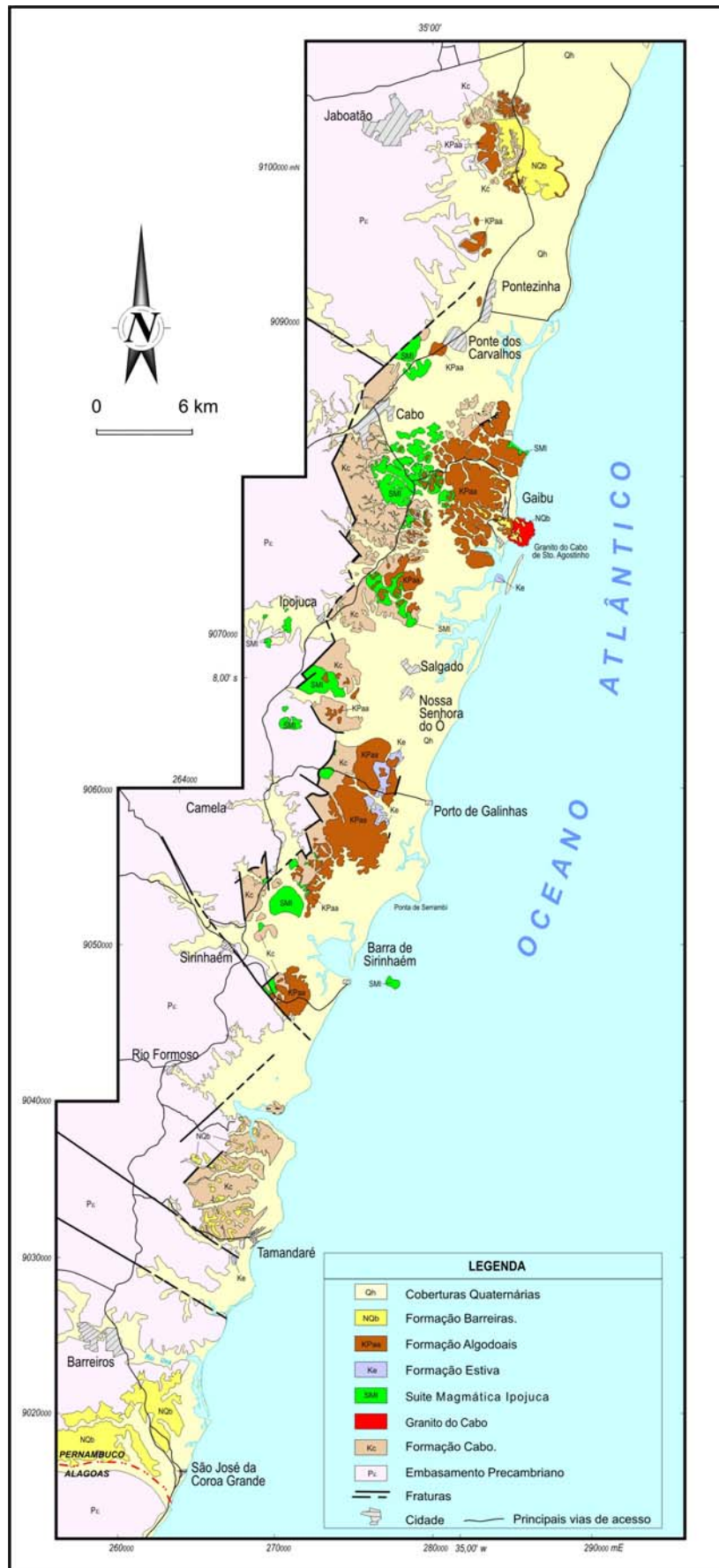


Figura 1. Mapa de localização e distribuição das principais unidades lito-estratigráficas da Sub-bacia de Pernambuco.

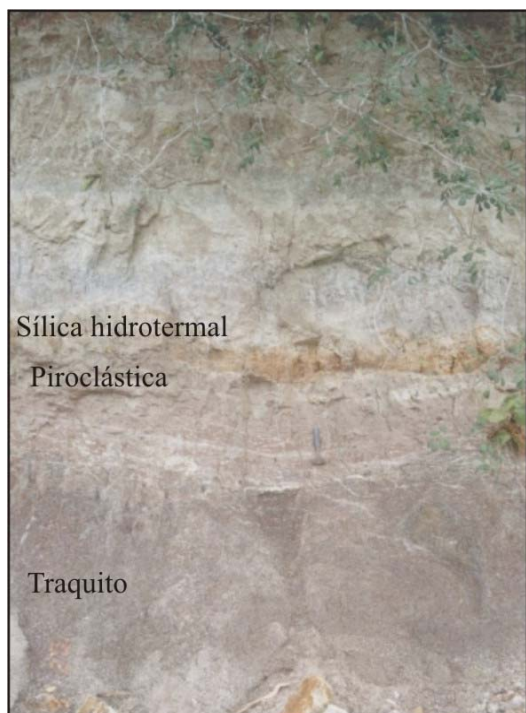


Figura 2 – Derrame de traquito sotoposto à Formação Cabo no Morro do Cruzeiro, foz do Rio Formoso, a norte de Tamararé.



Figura 3 – Dique de traquito da Suíte Ipojuca, cortando arenitos da Formação Cabo. Corte a sul da cidade do Cabo.



Figura 4 – Feições de coexistência de magmas riolítico e traquítico. Inclusões globulares de traquito, por vezes com contatos mal definidos ou crenulados, estão circundadas por uma matriz riolítica. Norte do Engenho Sibiró.

3. Relações Estruturais

A Sub-bacia de Pernambuco é afetada por diferentes eventos deformacionais, o mais antigo (designado de D_1) correlacionável ao rifteamento/distensão cretácea. O mesmo constitui a assinatura estrutural característica da seção rifte (a Formação Cabo e a SMI), estando ausente em unidades mais jovens (como a Formação Algodóais, p.ex.). Matos (1999) considera que o rifteamento teve início no Aptiano inferior, com o eixo principal de distensão (σ_3) orientado NW, oblíquo à linha de costa e à quebra da plataforma. Falhas normais NE, revezadas e interligadas por zonas de transferência NW, definem bordas falhadas da seção rifte, que coincidem com as ocorrências mais expressivas da SMI. Nas bordas em discordância, ou marcadas por zonas de *detachment*, o vulcanismo é restrito ou ausente.

Em macro e meso-escala, observa-se o controle da deformação D_1 sobre o alojamento de corpos da SMI, indicativo de uma cronologia sintectônica para os mesmos. Diques de traquito aproveitam planos de fraturas de distensão NE, subverticais (Figura 3). Diques de riolito (Figura 5) estão injetados ao longo de fraturas de distensão e rampas (zonas de transferência) oblíquas, com orientação média ENE; em outro caso, uma apófise ácida penetra ao longo de uma falha normal ENE, emitida a partir de um corpo maior subjacente. A leste de Camela, corpos de riolito estão encaixados ao longo do contato da Formação Cabo com o embasamento, retrabalhado por um *detachment* distensional e possivelmente controlado por aberturas *pull-apart*, na base de uma macroestrutura em dominó.

O *Granito do Cabo* está afetado por fraturas e falhas com *trend* NW, subverticais e com rejeito direcional dextral ou oblíquo. Os planos são marcados por expressiva alteração hidrotermal do granito, o que sugere sua impressão em um corpo ainda em resfriamento, com fluidos no sistema (Figura 6). Faixas de pseudotaquilito e ultracataclasitos indicam que a deformação continuou em temperatura baixa. A localização deste plúton, ao longo de uma zona de transferência, sugere controle da intrusão por abertura tipo *pull-apart*.

Zonas de cisalhamento estão impressas em rochas traquíticas, exibindo parcial ductilidade, com desenvolvimento de *fabric* S-C e estiramento de amígdalas (Figura 7). Em alguns casos, estas zonas adquirem maior espessura, com desenvolvimento de rochas miloníticas que também afetam as encaixantes sedimentares. Estas feições são melhor explicadas pela presença de fluidos quentes percolando ao longo dessas estruturas. Estes fluidos aquecidos poderiam estar relacionados ao gradiente geotérmico da bacia ou, mais provavelmente (dado ao caráter localizado, não penetrativo regionalmente, dessas feições), representarem fenômenos de alteração hidrotermal associada a enxames de corpos vulcânicos em resfriamento; neste caso, o estilo dessas estruturas identifica os corpos como sintectônicos/sin-falhamentos. Estruturas lineares de fluxo, com a mesma orientação NW do evento D₁, provavelmente possuem significado análogo.



Figura 5 – Dique de riolito preenchendo fraturas de distensão NE, interligadas por segmentos de transferência NW. Oeste de Gaibu.



Figura 6 – Alteração hidrotermal ao longo de fraturas NW, no Granito do Cabo, sul de Gaibu.

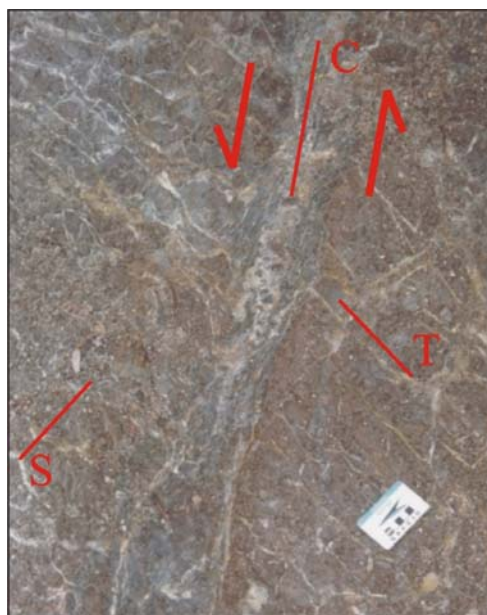


Figura 7 – Zona de cisalhamento dúctil-frágil, normal-sinistral, em traquito no Morro do Cruzeiro, a norte de Tamandaré. Notar *fabric* S-C e as juntas escalonadas, preenchidas com veios de quartzo.

4. Implicações e Relações com Eventos Erosionais

O *Granito do Cabo*, cuja profundidade original de intrusão deve ter sido da ordem de 1 a 2 km, ocupa hoje um nível topográfico equivalente (ou mais elevado) que aquele das vulcânicas da SMI, alojadas em nível superficial ou muito raso. Ressalvado o conhecimento ainda impreciso das idades do granito e das vulcânicas, esta relação pode identificar processos de soterramento e exumação da pilha vulcanossedimentar, ou o alçamento do granito no piso de falhas normais. Tal situação sugere erosão (discordâncias pré-Estiva e pré-Algodoais) de uma expressiva coluna de rochas acima do granito, que se presume ter sido constituída principalmente da Formação Cabo e da SMI, mas que também poderia ter incluído sedimentos da Formação Estiva. Algumas rochas hipabissais da SMI fornecem argumentos similares.

As feições descritas no item anterior também indicam que a deformação distensional (sin-rifte) foi contemporânea ao resfriamento de corpos da SMI e/ou processou-se com os sedimentos injetados por fluidos aquecidos; por outro lado, a pressão confinante (ou seja, a profundidade da deformação) não deve ter sido muito reduzida. Tais fatos também se coadunam com a erosão de uma significativa seção da Formação Cabo/SMI, possivelmente associada com soerguimento regional (a discordância pós-rifte, relacionada à subida da astenosfera ?) ou local (no piso de falhas normais com forte rejeito).

As feições descritas apontam para a contemporaneidade da SMI com a Formação Cabo, mesmo que alguns pulsos ígneos sejam mais jovens. Sua ocorrência e assinatura estrutural indicam que o magmatismo também foi contemporâneo à tectônica distensional do estágio rifte, com pulsos térmicos associados. O *Granito do Cabo* e outros corpos hipabissais, capeados por sedimentos pós-rifte, marcam uma pronunciada discordância erosional (\pm estrutural) na base daqueles pacotes, com erosão e exumação da porção superior da seção rifte. Estes dados devem ser considerados na reconstrução da evolução tectono-sedimentar da bacia, definindo eventos críticos de geração de calor, tectonismo e forte erosão, que seguramente influenciam na maturação de geradores, na evolução de rochas reservatório e na ocorrência de hidrocarbonetos.

5. Referências

- AMARAL, A. J. R., MENOR, E. A. A Seqüência vulcano sedimentar cretácea da região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. *Atas IX Simpósio de Geologia do Nordeste*, p. 251 – 269, 1979.
- ARAÚJO, R. D. Levantamento geofísico nos arredores do Granito do Cabo de Santo Agostinho. Relat. Graduação, Curso de Geologia, UFPE, Recife: 93p, 1994.
- CRUZ, L. R. Mapeamento geológico da região de Cabo (PE), Sub-Bacia de Pernambuco. Relat. Graduação, Curso de Geologia, UFRN, Natal: 74p, 2002.
- FEIJÓ, F. J. Bacia Pernambuco-Paraíba. *Bol. Geociências PETROBRAS*, 8: p. 143-147, 1994.
- LIMA FILHO, M. F. Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco. Tese de Doutorado, Inst. Geociências, USP, São Paulo: 139p, 1998.
- LIMA FILHO, M. F., SZATMARI, P. Ar-Ar geochronology of volcanic rocks of the Cabo Magmatic Province (CMP) – Pernambuco Basin. *Resumos II Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Associados*, p. 59-59, 2002
- LONG, L. E., SIAL, A. N., EKVANIL, H. E., BORBA, G. S. Origin of granite at Cabo de Santo Agostinho - Northeast Brazil. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 92: p. 341-350, 1986.
- MATOS, R. M. D. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. In: CAMERON, N. R.; BATE, R. H.; CLURE, V. S. (eds.). *The oil and gas habitats of the South Atlantic*. Geol. Soc. Spec. Publ., 153: p. 55-73, 1999.
- NASCIMENTO, M. A. L., SOUZA, Z. S., GALINDO, A. C. Textura granofírica nas rochas do Granito do Cabo de Santo Agostinho, Província Magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco (Nordeste do Brasil): implicações geodinâmicas. *Rev. Geol., UFC, Depto. Geologia*, 15: p. 101-107, 2002.
- VANDOROS, P., CORDANI, U. G., MATZKO, J. J. Idades absolutas das rochas ígneas da região do Cabo. *Anais XX Congresso Brasileiro de Geologia*, 1: p. 64-66, 1966.