

Radargeologia na Sinéclise do Parnaíba e em seu Embasamento

MÁRIO IVAN CARDOSO DE LIMA¹
JOÃO BATISTA SENA COSTA²

¹IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DIGEO/N - Divisão de Geociências do Norte
Av. Gentil Bittencourt, 418. Belém, Pa - Brasil, CEP: 66.035-340

²Universidade Federal do Pará - Centro de Geociências
Campus Universitário do Guamá, Caixa Postal 1611. Belém, Pa - Brasil, CEP 66 000.

Abstract. The visual analysis of the side looking airborne radar images data of Good Year Electronic Mapping System (GEMS), SAR-X band, using Radargraphic Elements Systematic method in the Parnaíba Sineclyse and its basement, allowed to identify 39 main radargeologic units, and 19 regional structures and 30 small ones; in which more than fifty percent are unknown. This geotectonic unit is located in occidental northeast of Brazilian territory, involving mostly Maranhão e Piauí states with ca 925 000 km².

Such example seeks to emphasize the applicability of the remote sensing in sedimentary terranes and their metamorphic basement, due to academic and economic importance involved.

We concluded that the initial evolution of the Parnaíba Sineclyse was related to a structural basement control, with development of aulacogens linked to triple junctions.

1 - Introdução

A Sinéclise do Parnaíba e seu Embasamento, localizada no Nordeste Ocidental brasileiro, compõe uma região cujas formas de relevo favorecem a utilização de imagens de Radar de Visada Lateral. A esta fisionomia pode-se acrescentar um contexto geológico favorável, haja vista os contrastes estrutural e estratigráfico exibidos por uma bacia sedimentar paleozóica não invertida (Sinéclise do Parnaíba), tendo como embasamento cinturões de cisalhamento pré-cambrianos.

Ademais, estudos sobre sensoriamento remoto geológico envolvendo a Sinéclise do Parnaíba, crescem em importância, em vista da recente quebra do monopólio do petróleo.

2 -Localização

A Sinéclise do Parnaíba e seu embasamento situam-se no Estado do Piauí, grande parte do Estado do Maranhão, e parcelas dos estados do Pará, Tocantins, Bahia e Ceará, perfazendo uma área aproximada de 925 000 km².

3 - Objetivos

Definir unidades radargeológicas e feições estruturais no âmbito das Sinéclise do Parnaíba e seu embasamento, com vistas a fornecer subsídios para uma melhor

compreensão de sua história geológica e contexto econômico.

4 - Metodologia

Os trabalhos de laboratório enfeixaram a interpretação geológica de 52 mosaicos de Radar de Visada Lateral (RVL), 01^o 00' x 01^o 30', da Good Year Electronic Mapping System (GEMS), banda X, escala 1:250 000, abrangendo uma área de ca 925 000 km², com dois períodos de recobrimento: 1971-1972 e 1975-1976.

Na interpretação radargeológica utilizou-se o Método SER (Sistemática de Elementos Radargráficos) de Lima, 1995, tendo como meta a elaboração do Mapa Radargeológico e Esboço Estrutural da Sinéclise do Parnaíba e de seu Embasamento, os quais estão sintetizados nas figuras 1 e 2, respectivamente.

O Método Sistemática de Elementos Radargráficos (SER) de Lima (1995) revela de forma sistemática o roteiro metodológico adotado na utilização de elementos radargráficos (feições) auferidos em cinco diferentes estádios (etapas): Leitura, Reconhecimento, Identificação, Análise e Interpretação (*stricto sensu*).

O Estádio **Leitura** visa *lêr* o significado dos elementos de radargráficos no terreno, objetivando entender o seu significado.; o **Reconhecimento** procura agrupá-los de acordo com a textura e tom radargráficos, a fim de obter zonas radargráficas homogêneas; o **Identificação** tem como alvo o estudo das formas de

relevo em tais zonas, no que concerne a topo e pendente, como também o estudos de padrões de drenagem, grau de dissecação e resistência à erosão; e o **Análise** estabelece as relações espacial e temporal das formas de relevo pesquisadas, através de feições lineares, planares e tabulares. De posse de tais informações, atinge-se o Estádio **Interpretação**, propriamente dito, no qual é possível a definição de litologias, estruturas circulares, descontinuidades, dobras e suas inter-relações.

4 - Sinéclise do Parnaíba

A Sinéclise do Parnaíba, *stricto sensu*, é uma bacia intercratônica disposta na Plataforma Sul-Americana, desenvolvida essencialmente sobre crosta continental bastante tectonizada, e preenchida por rochas sedimentares, e vulcânicas e plutônicas básicas, cujas idades variam desde o Ordoviciano até o Cretáceo, com uma espessura em torno de 3 000 m. Abrange uma área de cerca 600.000 km², distribuída principalmente em território brasileiro, com apenas uma fração no continente africano (Góes et al., 1994).

O preenchimento da sinéclise foi processado através de três grandes ciclos sedimentares. O primeiro vai do Ordoviciano ao Carbonífero Inferior, sendo composto por terrígenos marinhos e continentais. Os dois últimos ciclos foram depositados após o Pensilvaniano e compõem-se essencialmente por "red beds", com episódios esparsos de atividade vulcânica e plutônica básica toleítica.

O Paleozóico está retratado por seqüências sedimentares do Ordoviciano-Siluriano de composição psamo-pelítica, seqüências devonianas de composição pelítico-psamítica, seqüências carboníferas de composição psamo-pelítica-carbonática, e seqüências permianas pelítico-carbonático-psamíticas.

O Mesozóico tipifica-se por seqüências triássicas psamíticas, intenso vulcano-plutonismo do Triássico-Jurássico e Cretáceo, assim como sedimentos psamo-pelíticos jurássicos e sedimentos pelítico-psamo-carbonático do Cretáceo e corpos kimberlíticos do Triássico-Jurássico (?).

O Cenozóico representa-se por pedimentos e lateritos terciários constituindo importantes níveis de aplanamento, assim como sedimentos psamo-pelíticos terciário-quadernários, e sedimentos quadernários psamo-pelíticos, através de nível de aplanamento, elúvios, colúvios e terraços aluviais.

Os limites atuais da sinéclise são ora de natureza erosiva, ora de origem tectônica. No primeiro caso, os **sedimentos** paleozóicos distribuem-se em manchas esparsas na porção oriental, formando a seqüência basal das bacias do Araripe, Mirandiba, Jatobá e Tucano Norte, como também dispersos no embasamento pré-

cambriano relativo aos cinturões móveis da região nordeste brasileira.

Indícios de gás e óleo foram detectados nas regiões de Floriano (PI) e Balsas (MA), respectivamente. Contudo, o melhor resultado alcançado para hidrocarbonetos foi através do poço 2-CP-1-MA, considerado subcomercial de gás (Góes et al., 1994). Por outro lado, a sinéclise é produtora de diamantes, opala, calcita ótica, calcário, gipsita, caulim e bauxita além de possuir indícios de urânio, carvão, atapulgita, hidrocarbonetos e fosfatos.

Na imagem RVL, o delineamento dos limites da Sinéclise do Parnaíba com relação a seu embasamento é uma tarefa relativamente fácil, em virtude do contraste morfológico exibido. Enquanto que a sinéclise expõe relevo em "cuestas", com abrupta quebra de relevo do "front", o embasamento é caracterizado por feições lineares, positivas e negativas, as quais são encobertas na interface pelos sedimentos da sinéclise.

Para o interior, a sinéclise tipifica-se por extensos chapadões, em cujos vãos expõem-se zonas dissecadas em diferentes estágios, assim como diferentes níveis de aplanamento.

Os sedimentos de uma maneira geral exibem topo plano a agudo, pendentes verticais a inclinadas, padrões de drenagem dendrítico a retangular e textura radargráfica média a fina.

Assomam também, vulcânicas básicas e secundariamente plutônicas básicas. As primeiras exibem topo plano com bordas bem ravinadas, o que aliás constituiu um aspecto distintivo entre as mesmas e os sedimentos, ao passo que as plutônicas exibem topo convexo e padrão de drenagem anelar.

Por toda a sinéclise é muito comum a presença de feições lineares negativas, representativas de fraturas, as quais constituem importantes lineamentos em seu interior. Feições planares são menos comuns, e geralmente de baixo ângulo. As de ângulo mais forte ocorrem geralmente associadas aos grandes lineamentos.

Lima (1995) individualizou 39 unidades radargeológicas principais na Sinéclise do Parnaíba e em seu embasamento, com posicionamento cronológico relativo, as quais têm a mesma conotação de unidades fotogeológicas. Uma síntese dessas unidades é apresentada na Figura 1.

5 - Arcabouço Estrutural

As imagens de Radar de Visada Lateral (RVL), de uma maneira geral, fornecem ao radarintérprete uma excelente gama de informações estruturais, conseqüência natural da visada lateral do sensor Radar. Em vista disso, *salta aos olhos* o grande número de

dados de cunho estrutural constantes do Esboço Estrutural da Figura 2, no qual se tem uma síntese dos principais sistemas de fraturas, falhas e dobras, em níveis regional e local.

Lima (1995) procedeu uma análise estatística de cada domínio estrutural com relação às feições lineares negativas - fraturas e falhas - utilizando-se para tal o Sistema SGI do INPE/ENGESPAÇO do Centro de Hidroclimatologia e Sensoriamento Remoto da SUDAM, através do algoritmo " **Análise de Lineamentos**". Este procedimento foi de grande importância para uma melhor compreensão das principais orientações dos sistemas de fraturas, retratadas pelas feições lineares negativas, que atuaram na região estudada.

A Sinéclise do Parnaíba constitui uma bacia intercratônica com cerca de 600 000 km² e, malgrado representar uma bacia não invertida, e de não ter sido afetada por eventos tectônicos de grande significado, mostra em seu seio pelo menos três subdomínios estruturais, os quais se dispõem ao Norte (N), a Sul (S) e a Oeste (O) (Figura 2). Os limites entre os domínios Norte e Sul são feitos através do Lineamento Transbrasiliano, ao passo que com o domínio Oeste a zona de contato é condicionada pelo Lineamento Rio Vermelho (Figura 2).

O domínio Norte (N.1 + N.2 + N.3) consiste essencialmente de sedimentos, e secundariamente vulcânicas e plutônicas básicas, os quais são cortados por lineamentos orientados segundo NE-SO (Rio Uraim, Jacundá-Santa Helena, Pio XII, Pirapemas e Tianguá-Carolina) e NO-SE (Picos-Santa Inês, São Félix do Piauí e Piripiri), arcos (Tocantins, Ferrer-Urbano Santos e Xambioá-Teresina) e uma grande incidência de estruturas locais, com destaque para as morfoestruturas das regiões da serra das Alpercatas, Loreto, Presidente Dutra e Rio Capim.

Este domínio divide-se em três setores: N.1, N.2 e N.3. O setor N.1 envolve essencialmente sedimentos com dominância da orientação das feições lineares negativas segundo N30°-50°E relativa aos lineamentos Rio Uraim e Jacundá-Santa Helena. O setor N.2 também encerra sedimentos e mostra uma dominância de feições lineares negativas segundo N40°-60°E, as quais estão relacionadas ao lineamento Pirapemas e Pio XII. O setor N.3 mostra uma dominância de feições lineares negativas segundo N40°-60°E, o qual é concernente ao Lineamento Tianguá-Carolina, ao passo que existe outra dominância consoante N20°-40°O relativa aos lineamentos Picos-Santa Inês, São Félix do Piauí e Piripiri.

O domínio Sul (S.1 + S.2 + S.3) envolve principalmente sedimentos e secundariamente, vulcânicas e plutônicas básicas. Mostra-se mais rico em

estruturas regionais com destaques para o Lineamento Transbrasiliano e suas ramificações (Riacho do Mel, Altos, Floriano, Itaueiras e São Inácio do Piauí); e para o Lineamento Senador Pompeu, ambos com orientação preferencial NE-SO. Merecem citação os lineamentos de orientação NO-SE, dentre os quais se tem: Picos-Santa Inês, São Félix do Piauí e Piripiri. Neste domínio as estruturas locais são bem marcantes, com destaque para àquelas de Balsas, Amarante do Piauí, Pedro II e Uíça, e estruturas circulares de São Miguel do Tapuio, Santa Marta, Boa Vista, Picos e Canindé. Aliás, merece ressaltar a presença dos kimberlitos de Redondão e Apicuns, controlados estruturalmente por ramificações do Lineamento Transbrasiliano. O Setor S.1 caracteriza perfeitamente uma ramificação à semelhança de duplexes direcionais com orientação NO-SE, os quais estão cortados por falhas distensivas segundo NO-SE. O diagrama de roseta apresentado por Lima (1995) mostra a incidência de feições lineares negativas em tais direções. De igual modo, tem-se para os setores S.2 e S.3 uma dominância similar, as quais relacionam-se aos lineamentos Floriano, Itaueiras e São Inácio do Piauí no que tange aos quadrantes N30°-60°E e N20°-40°O.

O domínio Oeste (O.1+ O.2) envolve principalmente sedimentos com dominância de feições lineares negativas para N20°-40°E e secundariamente N0°-30°O, relativos ao Lineamento Rio Vermelho de caráter essencialmente distensivo, com componentes direcionais. Este domínio sofre grande influência do Lineamento Transbrasiliano de orientação NE-SO, que o corta em sua porção mediana. No mesmo é frequente o desenvolvimento de "horsts" e "grábens", como também a presença de astroblemas, e estruturas circulares, muitas das quais relativas a ação de falhamentos, e outras de origem indefinida.

De uma maneira geral, as feições lineares negativas da Sinéclise do Parnaíba retratam uma dominância para o quadrante NE, em especial N40°-60°E. Por sua vez, o quadrante NO também exhibe certa densidade de frequência, com destaque para N30°-50°O. As orientações N-S e E-O são pouco frequentes, em especial esta última.

6 - Conclusões

Pode-se atestar a excelência do Método Sistemática de Elementos Radargráficos (SER) em bacias sedimentares, tipo sinéclise, na definição de seus litotipos e estruturas, assim como no estabelecimento de inter-relações com o seu embasamento.

É perfeitamente crível associar o controle estrutural do embasamento ao desenvolvimento da sinéclise, ratificado pelos contatos retilíneos da mesma

nos quadrantes NE, E, S e O, os quais são paralelos aos principais “trends” estruturais do embasamento.

Existe uma perfeita concordância dos lineamentos evidenciados em superfície nas imagens de Radar de Visada Lateral (RVL), através das feições lineares negativas, com os alinhamentos magnéticos interpretados por Nunes (1992), como pode ser observado na Figura 2.

A presença de feições grabeniformes no embasamento, dispostas de forma radial, sugerem uma relação das mesmas a aulacógenos, os quais teriam sua origem relacionada a pontos tríplexes, em vista das diferentes orientações dos cinturões móveis relativos a seu embasamento. Ademais, furos de sondagem, no interior da sinéclise, atestam a continuidade dos grabens de seu embasamento (Cunha, 1986) (Figura 2).

Isópacas apresentadas por Cunha (1986) confirmam a presença de um depocentro relacionado ao Lineamento Transbrasiliano, e quiçá Lineamento Tianguá-Carolina, o mesmo não ocorrendo, contudo, ao Lineamento Picos-Santa Inês, conforme advogado por Cunha (op. cit.). Tal depocento situa-se, mais a ocidente, sendo confirmado por baixos gravimétricos, e situa-se nos domínios do Lineamento Marajó-Parnaíba de Góes et al. (1994)

Outros lineamentos que desempenharam papel importante no desenvolvimento da sinéclise foram: Rio Vermelho, Senador Pompeu, Pio XII e Pirapemas, em vista de suas extensões e estruturas que se associam aos mesmos (Figura 2).

De uma maneira geral, pode-se afirmar que a Sinéclise do Parnaíba, mostra uma grande profusão de lineamentos estruturais, com orientações principais N-S, NE-SO e NO-SE, como também a presença de dobras, arcos e feições circulares, em número bem maior que as, até o momento, cartografadas nas sinéclises do Amazonas e Paraná.

As unidades radargeológicas apresentadas na Figura 1, apresentam marcante correspondência espacial com as unidades litoestratigráficas já definidas para a sinéclise em trabalhos anteriores.

Os corpos básicos que cortam a sinéclise, guardam estreita relação com os principais lineamentos que assomam na mesma, em especial àqueles de orientação NE-SO e N-S.

Góes et al. (1994) fazem referência ao Lineamento Marajó-Parnaíba, de orientação NO-SE, o qual é concordante com um dos depocentros da sinéclise. Tal depocentro mostra importante inflexão sinistral, a qual poderia estar relacionada ao Lineamento Pirapemas, conforme indicado na figura 2.

Referências

Cunha, F. M. B. Evolução Paleozóica da Sinéclise do Parnaíba e seu Arcabouço Tectônico. Rio de Janeiro. Instituto de Geociências - UFRJ. 107 p. 1986. Dissertação de Mestrado em Geologia.

Góes, A. M. O. ; Travassos, W. A. S. ; Nunes, K. C. Projeto Parnaíba - Reavaliação da Bacia . Simpósio de Geologia da Amazônia., 4, Belém, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. p. 11-14.

Lima, M.I.C. Metodologia de Interpretação Radargeológica: Exemplo da Sinéclise do Parnaíba e de seu Embasamento. Belém, UFPa/Centro de Geociências, 1995 . 426 p. (Tese de Doutorado).

Nunes, K. C. Integração Aeromagnética da Bacia do Parnaíba. Simpósio Brasileiro de Geofísica. Salvador-Ba . SBGf. p. 405-407.