



Marco estratigráfico nos arenitos calcíferos (Formação Itamaraca) do Campaniano da bacia Paraíba à luz da estratigrafia de seqüências

Ebenézer Moreno de Souza^a & Mário de Lima Filho^b

Recebido em 26 de fevereiro de 2004 / Aceito em 23 de agosto de 2004

Resumo

Na Bacia Paraíba, entre as formações Beberibe e Gramame, foi determinado um marco radioativo através de raios-gama bem caracterizados em furos de sondagens acompanhados de perfilagem gama. Essa anomalia corresponde a uma rica camada de fosfato (Formação Itamaracá) e permite estabelecer correlações a distâncias superiores a 50 km, sendo causada pelo urânio que se encontra associado ao fosforito. À luz da Estratigrafia de Seqüências, essa camada de fosforito uranífero estaria geneticamente relacionada ao topo de uma fase transgressiva na bacia, representando uma Superfície de Inundação Máxima da seqüência. Foi estabelecido também o significado cronoestratigráfico e ambiental dessa camada de fosforito uranífero juntamente com os arenitos calcíferos que lhes são associados, agrupando-os na Formação Itamaracá, redefinindo-a no sentido original de Kegel (1953). Neste trabalho interpretou-se o fosforito como o topo de um Trato de Sistema Transgressivo (TST), o que parece mais correto para a explicação da evolução da bacia dentro do modelo de estratigrafia genética.

Palavras-Chaves: Bacia Paraíba, Formação Itamaracá, fosfato, fosforito, urânio, marco estratigráfico, perfilagem gama

Abstract

In the Paraíba Basin, between the Beberibe and Gramame formations, a radioactive landmark was determined through gamma ray profiling in survey wells. This anomaly, a result of uranium-phosphorite association, corresponds to a rich phosphate layer (Itamaracá Formation) and allows the establishment of correlations up to 50 km away. In the light of Sequence Stratigraphy, this uranium-phosphate layer should be genetically related to the summit of the basin's transgressive phase, thus representing the sequence's Maximum Flood Surface. The chronostratigraphic and environmental meaning of this uranium-phosphate layer and the associated calciferous arenites was also established, grouping them in the Itamaracá Formation, thus redefining them according to Kegel's (1953) original sense. The phosphorite was interpreted as the upper part of a Transgressive System Tract, which looks more appropriate to explain the basin's evolution within the genetic stratigraphy model.

Keywords: Paraíba basin, Itamaracá formation, phosphate, phosphorite, uranium, landmark, gamma ray profiling

^a Pós-Graduação em Geociências - UFPE

^b Departamento de Geologia - UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50.740-530, Recife - PE, E-mail: mflf@ufpe.br

1. Introdução

Modernamente, Lima Filho (1998) definiu a Bacia Paraíba, como a Faixa Sedimentar situada ao norte do Lineamento Pernambuco – até o Alto de Touros - RN (Fig. 1), tendo características de uma bacia do tipo rampa (*relay ramp*) com profundidades que chegam a 400m, em contraste com a Bacia Pernambuco situada a sul que forma um *rift* com mais de 3000m de profundidade.

Lima Filho & Monteiro (1998) mostraram que o Lineamento Pernambuco formava um Alto Estrutural que se manteve elevado até o final do Turoniano, impedindo sedimentação ao norte do Lineamento Pernambuco. Um evento tectono-magmático no final do Turoniano teria movimentado o trecho localizado a norte do Lineamento Pernambuco permitindo a deposição de clásticos grossos (Formação Beberibe), seguida por uma grande transgressão vinda do Atlântico Equatorial, de idade Maastrichtiana, responsável pela deposição da Formação Gramame.

A denominação Formação Gramame foi pela primeira vez usada por Oliveira (1940) para englobar todos os sedimentos cretáceos da região costeira da Paraíba. Com o passar dos anos, essa formação passou a incorporar outros sedimentos que ocorrem em Pernambuco. Kegel (1953) definiu a Formação Itamaracá como correspondente a uma seqüência de calcarenitos marinhos. Mais tarde, o próprio Kegel (1955) incluiu arenitos friáveis interdigitados a fácies marinha proposta no trabalho anterior. Para tal, designou o nome de Membro Beberibe.

A partir de 1967, Beurlen propôs o abandono da Formação Itamaracá, ficando a Formação Gramame mais espessa ao aglutinar os sedimentos da Formação Itamaracá, inclusive a camada de fosfato, na parte inferior da formação. O membro Beberibe passou a constituir uma nova formação (Formação Beberibe) sotoposta à Formação Gramame.

A Revisão Estratigráfica da Faixa Sedimentar de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte,

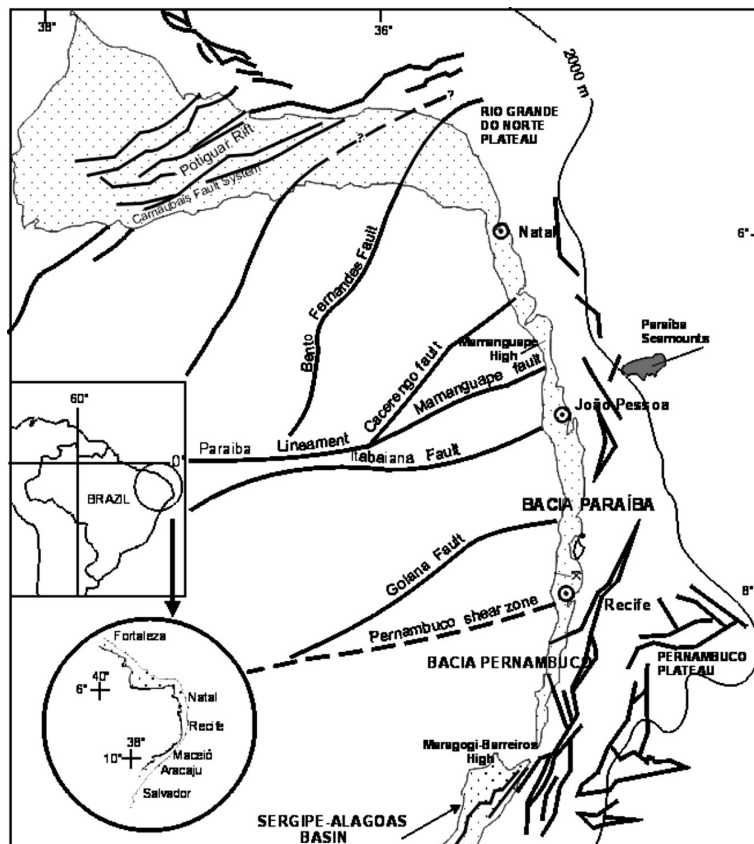


Fig. 1. Localização da Bacia Paraíba e Pernambuco separada pelo Lineamento Pernambuco.

feita por Mabeoone e colaboradores em 1991, abandonou a designação de Formação Itamaracá, considerando a mesma como uma fácies litorâneo-marinha da Formação Beberibe. Logo, a estratigrafia da Bacia Paraíba inicia-se pela Formação Beberibe composta por clastos grossos friáveis. A Formação Gramame vem em seguida, sendo ela dividida em duas partes: a parte inferior constituída por arenitos calcíferos, calcarenitos e a camada de fosfato, e a parte superior constituída por calcários cinzentos, argilas calcárias e margas. A fase regressiva se instala na bacia no Paleoceno, depositando-se a Formação Maria Farinha (Fig. 2).

Nesse trabalho pretende-se estabelecer o significado cronoestratigráfico e ambiental de uma anomalia de raio-gama que ocorre na passagem entre os “arenitos calcíferos” (Formação Itamaracá) e a seqüência de calcários

da Formação Gramame. Essa anomalia corresponde a uma camada rica em fosfato, e permite estabelecer correlações a distâncias superiores a 50 Km.

Entre a Formação Beberibe e a Formação Gramame, foi determinado por perfis de raio-gama um marco radioativo onde os valores máximos alcançaram 1000 cps. Essa anomalia é causada pelo urânio, que se encontra associada ao fosfato.

Os marcos radioativos (estratigráficos) são ferramentas muito importantes na análise estratigráfica, pelo significado temporal, paleogeográfico, ecológico e até econômico. É também de fundamental importância para o entendimento da evolução sedimentar de uma determinada bacia. Estes marcos são feições destacadas em litologias ou, mesmo, em perfis elétricos, formando padrões distintos com

Eras	Períodos	Épocas	Unidades	Litologias
CENOZÓICO	Quaternário	Recente/ Holoceno	Depósitos da Cobertura Quaternária	Areias, siltes, argilas
		Pleistoceno		Areias de paras com cimentação de camadas fluviais
	Terciário	Plioceno	Formação Barreiras	Areias e argilas variegadas
		Paleoceno	Grupo Paraíba	Formação Maria Farinha
Cretáceo	Maastrichtiano	Formação Gramame		Calcários intercalados com margas e níveis argilosos
	Campaniano/ Coniaciano	Formação Itamaracá		Arenitos calcíferos e Fosforitos
MESOZÓICO	Cretáceo	Campaniano/ Coniaciano	Formação Beberibe	Arenitos quartzosos, siltitos argilitos fossilíferos
			PROTEROZÓICO	Embasamento Cristalino

Fig. 2. Coluna crono-litoestratigráfica da Bacia Paraíba.

respeito às rochas adjacentes. Graças a sua extensa distribuição geográfica e constante posicionamento estratigráfico, os marcos podem ser utilizados como ferramenta de correlação, com possível caráter cronoestratigráfico.

2. Antecedentes

Desde o final da década de 40 o pesquisador Paulo J. Duarte descobriu em Olinda-PE, ocorrência de fosforitos marinhos com considerável teor em fosfato, associados aos arenitos calcíferos da bacia sedimentar costeira nos estados de Pernambuco e Paraíba.

Kegel (1953) denominou de Formação Itamaracá esses arenitos calcíferos de granulometria grossa com abundante fauna cretácea e, posteriormente, Kegel (1955) incluiu na referida formação a porção inferior de arenitos friáveis, continentais, com restos de plantas carbonizadas, por vezes conglomeráticos, interdigitados com calcarenitos de fácies marinhas do trabalho anterior.

Posicionou, então, o fosforito imediatamente abaixo da Formação Gramame e sobreposto aos “arenitos calcíferos com fosfato”, “arenito friável”, “arenito calcífero duro” e, na base, “arenito levemente calcífero”. Anotou, também, que os teores de fosfato eram mais elevados sobre o arenito friável que sobre o arenito duro, e que o fosfato era radioativo.

Kegel (1957) encontrou intercaladas nos estratos da fácies continental da Formação Itamaracá, camadas de arenitos cinzentos mais ou menos friáveis e por vezes argilosas, contendo fósseis marinhos e níveis sílticos-argilosos, denominando-os de Membro Beberibe.

White (1958) determinou o conteúdo de U_3O_8 existente nos concentrados obtidos na mina de beneficiamento da Fosforita, obtendo valor de 0,02% de U_3O_8 , podendo chegar a 0,03% em amostras seletivas.

Barbosa *et al.* (1960) realizaram reconhecimento aerocintilométrico na faixa sedimentar entre Recife-João Pessoa, localizando novos jazimentos de fosfato através da radiação emitida pelo urânio associado ao fosfato.

Beurlen (1967) sugeriu o abandono da Formação Itamaracá, passando seus litotipos a pertencer à porção basal da Formação Gramame, uma vez que considera o conteúdo fossilífero da Formação Itamaracá como início da transgressão na bacia. Propôs, então, que o Membro Beberibe ascendesse à hierarquia de Formação.

Saad (1974) realizou o levantamento radiométrico na faixa costeira entre Recife-João Pessoa, tendo como enfoque o urânio como subproduto do beneficiamento do fosfato e a correlação existente entre ambos.

Menor (1975), em tese de doutoramento, avaliou os jazimentos de fosfato de Olinda-PE, em termos sedimentológicos, mineralógicos, estratigráficos e econômicos, comparando-os com as jazidas de fosfato de Taíba, no Senegal. Menor *et al.* (1977) revisaram os conceitos dos sedimentos fosfáticos na bacia e as características químicas do fosforito. Amaral *et al.* (1977) tratam do comportamento paleoambiental que condicionou o processo sedimentar na bacia.

Duarte & Krauss (1978) fizeram a avaliação do potencial econômico da região urano-fosfática da faixa litorânea pernambucana, acompanhada de furos de sondagens, alguns deles acompanhados de perfilagem gama, selecionado três regiões como as mais promissoras: Olinda-Igarassu, Igarassu-Atapuz, e Atapuz-limite estadual com a Paraíba.

Fonseca (1979) desenvolveu projeto de sondagem na “Bacia Pernambuco-Paraíba” com os furos sendo acompanhados de perfilagem gama, entre Paulista-PE e Rio Tinto-PB, encontrando os maiores picos de radiação gama acompanhando o nível fosfático e, um segundo pico, com baixa intensidade posição mais superior, possivelmente, efeito de retrabalhamento.

Moraes (1979) realizou levantamento gamaespectrométrico entre Recife-João Pessoa, com a finalidade de selecionar áreas radiométricas anômalas sobre os litotipos hospedeiros do fosfato.

Lima Filho (1998) reconheceu na margem continental atlântica nordestina a existência de duas bacias sedimentares com evolução distintas,

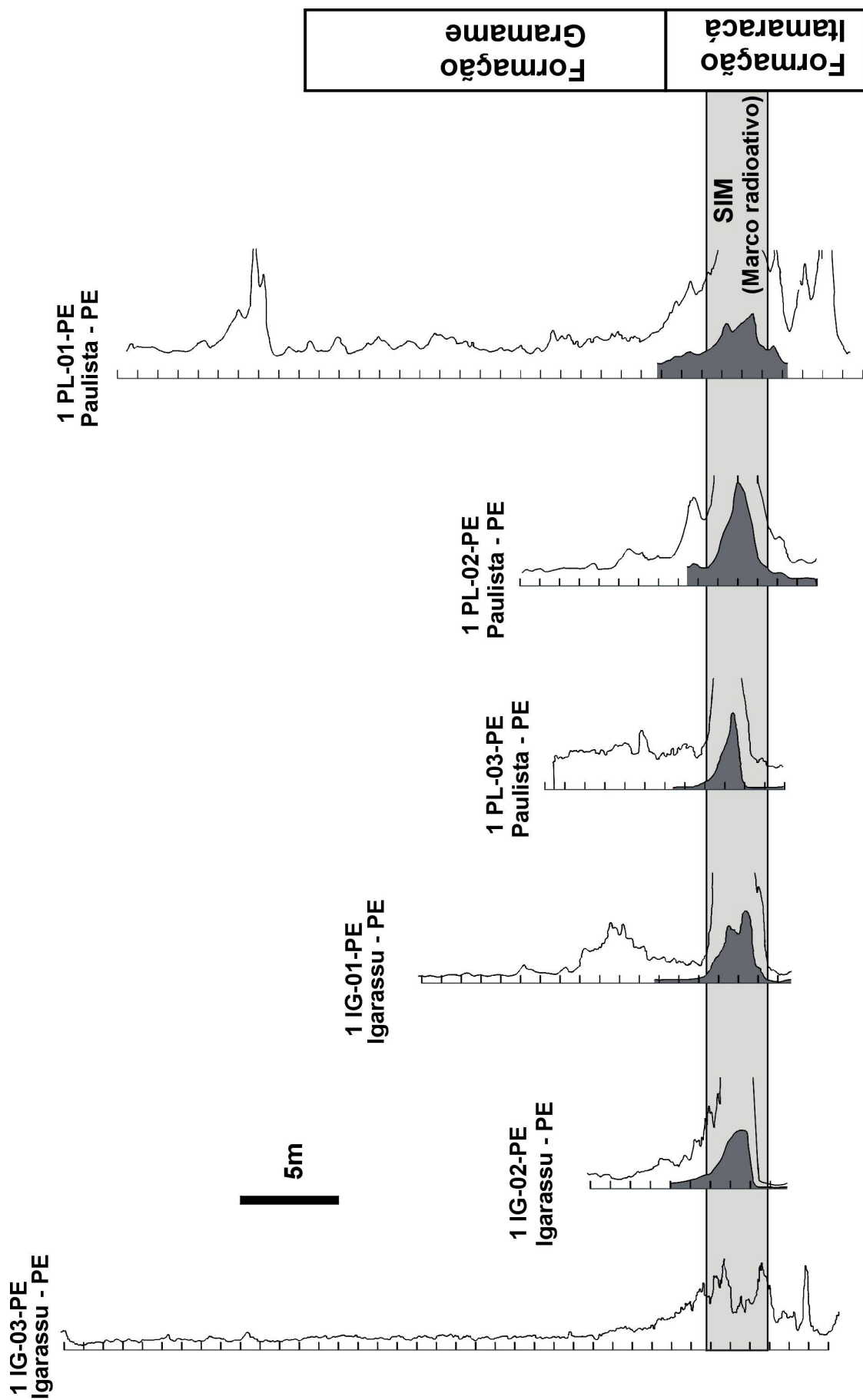


Fig. 3. Relação de poços mostrando o marco radioativo na base da Formação Gramame.

separadas pelo Lineamento Pernambuco: Bacia Paraíba (tipo rampa, a norte) e Bacia Pernambuco (a sul, tipo rifte).

Souza (1999) realizou radiometria autoportada na região urano-fosfática entre Recife e Igarassu, identificando os antigos jazimentos dos fosforitos, atualmente mascarados pela atividade antrópica, e elaborou mapas de isoradioatividade, isópacas e contorno estrutural da camada fosfática.

Lima Filho & Souza (2001) retomaram a denominação Formação Itamaracá, no sentido original de Kegel (1953), para os arenitos calcíferos campanianos da Bacia Paraíba e seu significado paleoambiental à luz da estratigrafia de seqüências e identificaram também um marco radioativo no horizonte fosfático.

3. Caracterização do marco radioativo

As seqüências deposicionais constituídas essencialmente por rochas carbonáticas geralmente não apresentam marcos estratigráficos bem definidos, dificultando correlações estratigráficas a nível regional. Entre as feições que caracterizam horizontes de correlação em seqüências carbonáticas incluem-se os depósitos de fosfatos e glauconita, pois são de fácil reconhecimento em perfis de raio-gama por caracterizarem anomalias positivas e são de extrema importância para correlações em subsuperfície.

O conteúdo paleontológico é bastante significativo, devido a inúmeros trabalhos realizados nas diversas exposições que ocorrem entre Olinda e João Pessoa (Muniz, 1993; Mabesoone *et al.*, 1991).

Souza (1999) confeccionou o mapa de isoradioatividade, onde é possível observar algumas anomalias radiométricas com pontos chegando a ter 1000 cps na contagem. Análises químicas dos elementos maiores e menores revelaram que na amostra correspondente ao marco radioativo, registrou-se o teor mais alto de P_2O_5 , comparativamente, com as amostras sobrepostas e sotopostas ao marco, com até 9,9% deste óxido. O elevado teor de P_2O_5 é compatível com o acréscimo do teor do elemento causador da

radioatividade que, no caso verificado, foi o elemento urânio. Este elemento atinge a um máximo de teor de 62 ppm, estando possivelmente disseminado na estrutura das apatitas (Matsuda & Viviers, 1989).

Foram analisados para esse trabalho seis poços oriundos do Projeto Fosfato (Fonseca, 1979) (Fig. 3). O marco focado nesse trabalho corresponde ao dolomito fosfático, arenitos doloespático fosfático, biomicrito fosfático, entre outros sedimentos, que ocorrem nos poços citados acima. O Marco Estratigráfico foi marcado a partir da queda dos valores de raio-gama que marca o limite superior da camada de fosfato.

Galloway (1989) discute a formação de uma seqüência genética que é caracterizada por sistemas deposicionais e superfícies de hiatos. As superfícies de hiatos são representadas por discordâncias e seções condensadas.

As seções condensadas, ao serem formadas em períodos de taxa de deposição muito baixa e conseqüente condensação de zonas paleontológicas, constituem excelentes marcos estratigráficos. A baixa taxa de deposição resulta em sedimentos autigênicos de origem química (calcário, glauconita e fosfato).

Para Loutit *et al* (1988) as seções condensadas resultam da máxima transgressão marinha, sendo composto por camadas estratigráficas delgadas. Essas seções registram a movimentação da linha de costa em direção ao continente em ambiente de plataforma.

4. Idade do marco radioativo

Os dados bioestratigráficos, obtidos com base em palinóforos, foraminíferos planctônicos e bentônicos, indicam que o marco radioativo foi depositado durante o Neocampaniano (Lima, 1985; Muniz, 1993).

5. Características e origem dos fosforitos

A formação dos fosforitos envolve uma infinidade de fatores. A idéia mais aceita hoje é que são formados em ambiente redutor, rico em

matéria orgânica, sob baixa taxa de sedimentação de terrígenos, e em zonas de ressurgência. Quando a diagênese for atuante neste ambiente, em particular nos sedimentos fosfatizados, pode-se formar uma superfície submarina, cimentada e endurecida, denominada “*hardground*”.

O Marco Radioativo assinalado para a Bacia Paraíba representa então uma seção condensada caracterizada pela grande quantidade de foraminíferos planctônicos e bentônicos, marcando o topo de uma seqüência transgressiva. Nesse caso, representaria uma superfície de inundação máxima (SIM).

A Formação Itamaracá é constituída por uma seqüência de arenitos calcíferos e calcarenitos, é agrupada num Trato de Sistema Transgressivo (TST), cujo topo é a camada de fosforito. Anteriormente, esse fosforito era incluído na parte inferior da Formação Gramame que é caracterizada por carbonatos depositados em Trato de Sistema de Mar Alto (TSMA). Assim, a sedimentação presente nesse trato não é compatível com a deposição dos fosforitos, os quais, à luz da estratigrafia de seqüências explicam melhor a evolução estratigráfica da Bacia Paraíba.

Conclusões

O marco radioativo é uma camada de fosforito com espessura que varia de 1 a 4m localizada em subsuperfície, e que foi depositada durante a fase transgressiva que ocorreu no Neocampaniano.

A anomalia radioativa é causada pela radiação gama emitida pelo elemento urânio que, possivelmente, está disseminado na estrutura da apatita microcristalina, principalmente na flúorapatita.

A deposição desta camada de fosforito poderia ter ocorrido como resposta a possíveis fenômenos de ressurgência, causados por correntes oceânicas que migravam do sul para norte entre os continentes africano e sul-americano, e relacionados a uma variação eustática positiva de certa magnitude.

A camada de fosfato estaria geneticamente relacionada à fase transgressiva, representando a

Superfície de Inundação Máxima dessa seqüência. Logo, a Formação Gramame está posicionada acima do marco radioativo, constituída por calcários e argilas calcárias.

Referências

- Amaral, A.J.R., 1985, Projeto Recursos de Urânio nos Fosforitos do Nordeste. Recife, DNPM/CNEN, Relat. Téc., 44p (inédito).
- Beurlen, K., 1967, Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Soc. Bras. Geol., Bol. **16** (1): 73-79.
- Duarte, E.M. & Krauss, L.A.A., 1978, Projeto Dimensionamento das Jazidas de Fosfato em Pernambuco. Recife, CONDEPE, 88p.
- Fonseca Neto, J.C., 1979, Projeto Fosfato na Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. Recife, DNPM/CPRM, Relatório Final, vol. 1: .
- Galloway, W.E., 1989, Genetic stratigraphy sequence in basin analysis I: architecture and genesis of flooding surface bounded depositional units. AAPG Bull., Tulsa, **73**: 125 – 142.
- Kegel, W., 1953, In: Relatório anual do Diretor (ano 1952); Brasil, DNPM/DGM, 80p.
- Kegel, W., 1955, Geologia do Fosfato de Pernambuco. Brasil, DNPM/DGM., B. 157, 53p.
- Lima Filho, M.F., 1998, Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco. São Paulo, IG/USP, Tese de Doutorado, 139 p.
- Lima Filho, M.F. & Monteiro A.B., 1998, Ingressões marinhas na Planície de Recife. 39º Cong. Bras. Geologia, Belo Horizonte, 106.
- Lima Filho, M.F. & Souza, E.M., 2001, Marco estratigráfico nos arenitos calcíferos do Campaniano da Bacia Paraíba: estratigrafia e significado paleo-ambiental. 19º Simp. Geol. Nordeste, Natal, 87-88.
- Lima, M.R., 1985, Primeiros resultados palinológicos de sedimentos da Bacia Costeira Pernambuco-Paraíba. 9º Cong. Bras. Paleontologia, Fortaleza, 29.
- Loutit, T.S. *et al.*, 1988, Condensed sections: The key to age determination and correlation of continental margin sequences, sea-level changes – An integrated approach. SEPM Special Publication, **42**: 183 – 213.
- Mabesoone, J.M. *et al.*, 1991, Revisão Geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Estudos Geológicos, UFPE/DGEO, **10**: .
- Matsuda, N.S. & Viviers, M.C., 1989, Caracterização do Marco Radioativo da parte superior da Formação Jandaíra, na Bacia Potiguar. 11º Cong. Bras. Paleontologia, Curitiba, 1029 – 1041.
- Menor, E.A., 1975, La sèdimentation phosphatée. Petrographie, mineralogie et géochimie des gisements de Taiba (Senegal) et d’Olinda (Brésil). Strasbourg,

- Univ. Louis Pasteur, Thèse Doct. Ing., 107 – 153.
- Menor, E.A. *et al.*, 1977, Sedimentação fosfática em Pernambuco e Paraíba: revisão e novos estudos. 8º Simp. Geol. Nordeste, Campina Grande-PB, **1**: 24.
- Moraes, R.A.V., 1979, Projeto Fosfato do Nordeste. Rio de Janeiro, PROSPEC, 66p.
- Muniz, G.B.S., 1993, Novos Moluscos da Formação Gramame, Cretáceo Superior dos estados da Paraíba e de Pernambuco, NE do Brasil. Publicação especial do DEGEO n. 1: .
- Oliveira, E.P., 1940, História da pesquisa de petróleo no Brasil. Rio de Janeiro, Ser. Publ. Agrícola, 208p.
- Saad, S., 1974, Aspectos econômicos do aproveitamento do urânio associado aos fosfatos do Nordeste. Rio de Janeiro, CNEN/DEM, Bol. **7**: 46p.
- Souza, E.M., 1999, Levantamento Radiométrico das unidades estratigráficas da Bacia Paraíba. Dissertação de Mestrado, UFPE/CTG/DEGEO, 152p.
- White, M.G., 1958, Uranium in the marine phosphate deposits near Recife, State of Pernambuco, Northeast Brazil. Rio de Janeiro, Eng. Min. Met., **27** (160): 209–210.



REVISTA DE GEOLOGIA



Assinatura

**GARANTA o recebimento dos números da
REVISTA DE GEOLOGIA**

FAÇA uma assinatura anual

As instruções encontram-se no *site*

www.revistadegeologia.ufc.br