

Taxa de produção do calor radiogênico do embasamento cristalino das bacias de Camamu e Almada

Najara S. Sapucaia, Roberto M. de Argollo e Johildo S. F. Barbosa, UFBA, Brasil

Copyright 2005, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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

The crystalline bedrock of the Camamu and Almada basins is characterized preferentially by metamorphic rocks of granulites facies and amphibolite, with archean and paleoproterozoic ages. The main litho logic units of this context are: (i) the metatonalites associates to basic granulites and metamonzonites; (ii) the granite of Teolândia and the granodiorite of Moenda associated with amphibolites; e (iii) the mafic dikes and the neoproterozoic sienites. Among these rocks, the metamonzonites, the granite of Teolândia, the granodiorite of Moenda and the sienites are those ones that present greater values of radiogenic heat volumetric production rates; the metatonalites present intermediate values and the basic granulites very low values. For the Camamu basin, the metatonalites are the rocks that probably more contribute for the radiogenic heat production rate in the area. Already for the Almada basin, the contribution includes also the neoproterozoic sienites.

Introdução

O embasamento cristalino das bacias de Camamu e Almada faz parte do Cráton São Francisco (Almeida, 1977), mais precisamente da região granulítica do sudeste da Bahia (Barbosa, 1986). Esta última é caracterizada pelas unidades geotectônicas denominadas de Bloco Jequié, Banda de Ipiaú e Cinturão Itabuna (Barbosa, 1996). Estas unidades são compostas por um conjunto de rochas metamórficas da fácies granulito e, subordinadamente, da fácies anfibolito, apresentando idades arqueanas e paleoproterozoicas. A figura 1 mostra a distribuição destas unidades geotectônicas no contexto do embasamento das bacias em questão.

A importância do conhecimento da distribuição do K, U e Th nas rochas é que, possuindo isótopos radioativos naturais, estes elementos são geradores de calor terrestre. Mais que 98% do calor gerado no interior da Terra são devidos à radioatividade produzida pelos radioisótopos das séries naturais U^{238} , U^{235} , Th^{232} e pelo K^{40} e este calor radiogênico é importante na definição do

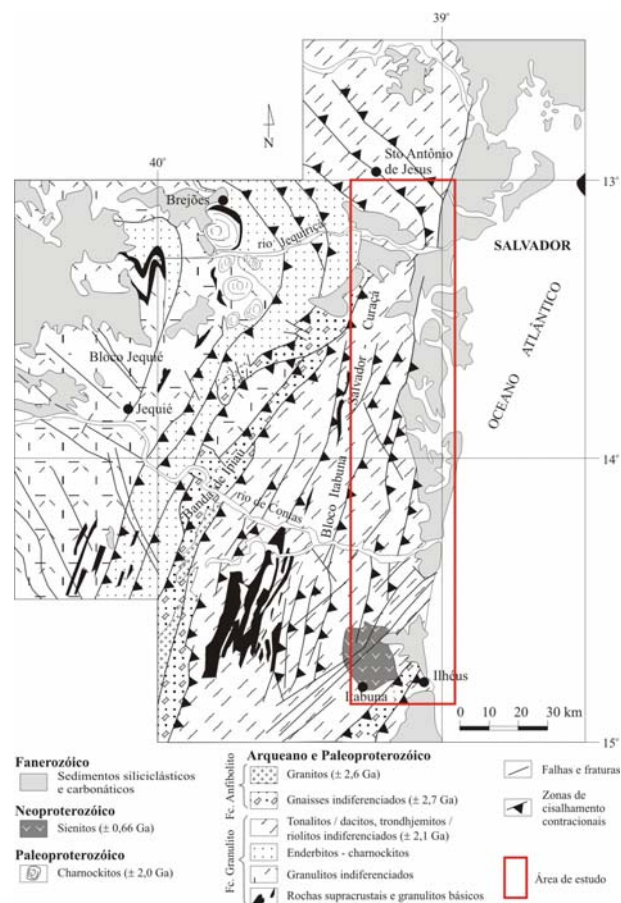


Figura 1 – Mapa geológico simplificado da região granulítica do sudeste da Bahia com indicação da área de enfoque do trabalho (Barbosa et alli, 2004).

regime do calor interno da crosta terrestre. Numa bacia, o calor radiogênico produzido pelas rochas do embasamento, somado ao calor proveniente da astenosfera e o calor produzido pelas rochas sedimentares da bacia (este menos importante), constituem o calor que define a história térmica da bacia. Para a indústria petrolífera, o conhecimento dessa história térmica é importante pois dará indicações se a bacia foi capaz de gerar hidrocarbonetos.

Neste trabalho, apresentamos os valores obtidos para a taxa de produção superficial do calor radiogênico das principais unidades litológicas do embasamento cristalino das bacias de Camamu e Almada.

Este trabalho insere-se no estudo mais geral desenvolvido no projeto Geoterm onde se procura reconstituir a história térmica das bacias do Recôncavo,

Camamu, Almada, Jequitinhonha e Cumuruxatiba. O referido projeto é custeado pela Finep em parceria com Petrobras e é desenvolvido no CPGG - UFBA.

Caracterização litológica do embasamento cristalino das bacias de Camamu e Almada

O embasamento cristalino das bacias de Camamu e Almada é caracterizado sobretudo por rochas do Cinturão Itabuna. Este embasamento é formado por metatonalitos cálcio-alcalinos de baixo potássio associados a granulitos básicos e metamonzonitos com tendência geoquímica shoshonítica. Em menor proporção, fazem parte do embasamento das bacias de Camamu e Almada: (i) rochas do Bloco Jequié, caracterizadas por charnockitos, charnoenderbitos e enderbitos com química cálcio-alcalina e com teores médios a intermediários de potássio; (ii) o Granito de Teolândia e o Granodiorito de Moenda associados a anfíbolitos, pertencente à Banda de Ipiaú; e (iii) os sienitos e os diques máficos neoproterozóicos (Sapucaia, 2004; Sapucaia et alii, 2004). A figura 2 apresenta o mapa geológico das principais unidades litológicas deste embasamento.

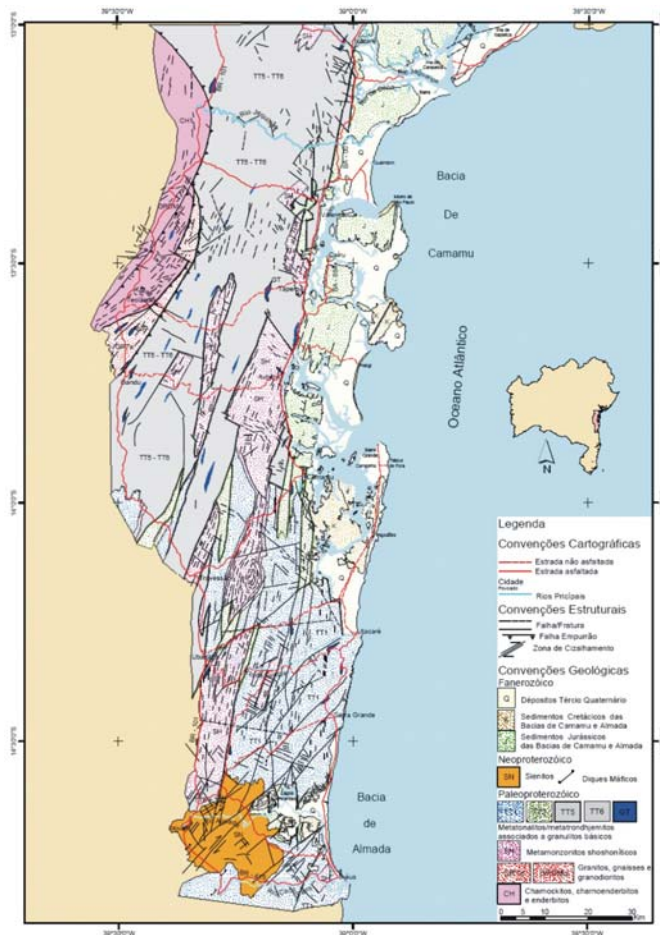


Figura 2 – Mapa geológico do embasamento das bacias de Camamu e Almada.

Método analítico

A taxa de produção do calor radiogênico nas rochas é uma propriedade petrofísica, isotópica e que não sofre influência da pressão e temperatura locais, dependendo exclusivamente dos teores dos radioelementos K, U e Th e das constantes de produção de calor radiogênico (Q_i), de cada elemento, as quais, por sua vez, dependem da meia-vida dos radionuclídeos e da fração da energia do decaimento absorvida pela rocha (Rybach, 1988).

A potência gerada de calor radiogênico (A) em $\mu\text{W m}^{-3}$ (volume de rocha):

$$A = 10^{-5} \rho (3,48 C_K + 9,52 C_U + 2,48 C_{Th}) \quad (1)$$

onde ρ é a densidade da rocha (kg m^{-3}); C_K é dado em porcentagem e C_U e C_{Th} em ppm.

As concentrações de potássio, urânio e tório nas rochas foram determinadas por espectrometria gama. Esta é uma técnica bem estabelecida e descrita por vários autores (Adams e Gasparini, 1970; Rybach, 1988; Ribeiro e Roque, 2001; Alves Junior, 2004). As concentrações foram medidas no laboratório em amostras coletadas nos afloramentos das principais unidades litológicas do embasamento das bacias de Camamu e Almada.

No laboratório, foram utilizados dois espectrômetros gama ambos com detectores de cintilação de INa(Tl) de $101,6 \times 76,2$ mm fabricados pela Harshaw. Para reduzir a radiação de fundo do sistema, os detectores estão instalados no interior de castelos independentes, estando instalados em uma sala subterrânea climatizada, localizada no Laboratório de Física Nuclear Aplicada (UFBA). A eletrônica do espectrômetro consiste de um amplificador modelo 5554A da HP, um ADCAM modelo 917 e um multiplex modelo 476-8, estes da ORTEC e um microcomputador. O programa para obtenção dos espectros e tratamento de dados é o MAESTRO A65-B32, versão 5.34. As amostras foram acondicionadas em potes idênticos e o tempo de contagem utilizado foi de 8 horas (Sapucaia, 2004; Sapucaia et alii, 2004).

As medidas de densidade absoluta foram feitas em um ultrapicnômetro de QuantaCHROME, modelo 1000, em amostras com cerca de 50 cm^3 .

Resultados

Foram analisadas 179 amostras de rocha em laboratório, tendo os metatonalitos participado em maior proporção com 82 amostras — esta litologia apresentou maior número de afloramentos — os metamonzonitos e os granulitos básicos tiveram cerca de 30 amostras cada uma, os charnockitos e sienitos neoproterozóicos participaram com 10 e 17 amostras, respectivamente, as rochas da Banda de Ipiaú contribuíram com 6 amostras, mesmo número com que participaram. o anfíbolito e os diques máficos.

A tabela 1 apresenta as concentrações dos elementos K, U e Th, a densidade e os valores calculados da taxa de produção volumétrica do calor radiogênico para as principais unidades litológicas do embasamento das bacias de Camamu e Almada, apresentados na forma de

gráficos (figura 3) e através de mapa de isovalores (figura 4).

Unidades Litológicas	Concentrações			Densidade 10^3 kg m^{-3}	Calor Radiogênico $\mu\text{W m}^{-3}$
	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)		
Metatonalitos	0,4-3,0	nd-3,0	nd-18,5	$2,59 \pm 0,11$	0,06-1,90
Granulitos Básicos	0,02-0,7			$2,75 \pm 0,19$	0,01-0,27
Metamonzonitos	0,3-6,3	nd-9,1		$2,57 \pm 0,15$	0,20-5,21
Charnockitos	2,3-4,5			$2,45 \pm 0,09$	0,36-5,12
Granito de Teolândia	2,5-3,5	0,9-5,7	30,1-35,2	$2,55 \pm 0,11$	2,55-3,81
Granodiorito de Moenda	1,9-2,7	nd-1,3	4,8-22,3	$2,54 \pm 0,18$	0,54-1,90
Anfibolito	0,18	nd	0,48	-	-
Sienitos	2,6-4,7	0,4-3,8	0,4-8,0	$2,50 \pm 0,13$	0,56-1,92
Diques Máficos	0,60	0,30	0,25	$2,52 \pm 0,19$	0,25

Tabela 1 - Concentrações dos elementos potássio, urânio e tório, densidade e taxa de produção de calor radiogênico das principais unidades litológicas do embasamento das bacias de Camamu e Almada. **Legenda:** nd: valores não detectáveis.

As taxas de produção volumétrica de calor radiogênico apresentadas acima mostram que rochas de composição ácida a intermediária como os charnockitos, os metamonzonitos, o granito de Teolândia, o granodiorito Moenda e os sienitos neoproterozóicos, que ocorrem no embasamento das bacias de Camamu e Almada, são as unidades litológicas que apresentam maiores taxas de produção de calor radiogênico, com valores variando entre 0,2 a $5,2 \mu\text{W m}^{-3}$. Os metatonalitos, a litologia predominante no embasamento das duas bacias estudadas, apresentam valores intermediários, entre 0,06 e $1,90 \mu\text{W m}^{-3}$, com um valor médio de $0,29 \pm 0,19 \mu\text{W m}^{-3}$. Os granulitos básicos, além de constituírem uma área de ocorrência restrita no embasamento, apresentam taxas baixas de produção de calor radiogênico, quando comparada com as outras litologias encontradas na área (figura 3), entre $0,01-0,27 \mu\text{W m}^{-3}$ e, assim, pouco contribuem para a produção do calor interno do embasamento.

Conclusões

Os charnockitos, os metamonzonitos, o Granito de Teolândia, Granodiorito de Moenda e os sienitos neoproterozóicos são as unidades litológicas que apresentam as maiores concentrações dos elementos K, U, Th. Suas abrangências em termo de área, entretanto, são bem menores do que a dos metatonalitos como mostra a figura 2.

Desta forma, é provável que a produção do calor radiogênico do embasamento da bacia de Camamu seja devida principalmente aos metatonalitos, já que estas rochas, ocorrendo em maior proporção na área da borda da bacia, possivelmente são predominantes em sua base.

Já na bacia de Almada, a produção do calor radiogênico de seu embasamento terá contribuição também dos

sienitos, pois esta rocha ocorre na borda desta bacia juntamente com os metatonalitos.

Para estas duas litologias o valor médio da taxa de produção do calor radiogênico é de $0,29 \pm 0,19 \mu\text{W m}^{-3}$ para os metatonalitos e $1,16 \pm 0,29 \mu\text{W m}^{-3}$ para os sienitos.

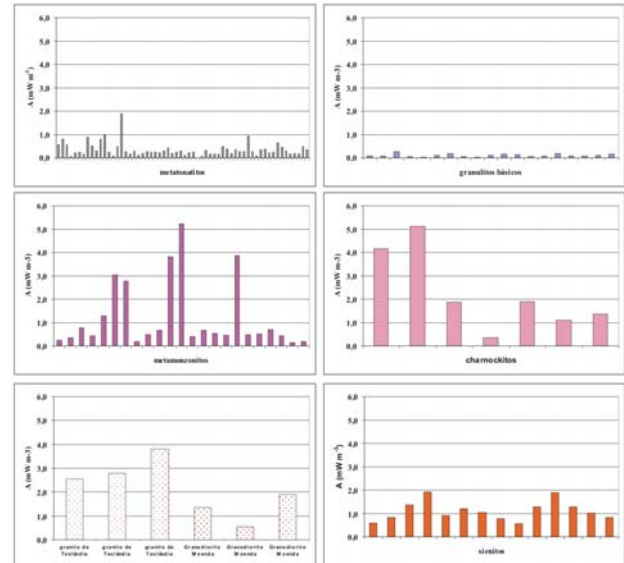


Figura 3 - Taxa de produção do calor radiogênico das principais unidades litológicas do embasamento das bacias de Camamu e Almada.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos vão para os participantes do Projeto Geoterm, ao CPGG pelo apoio logístico e ao Laboratório de Física Nuclear Aplicada.

Referências

- Adams, J. A. S. e Gasparini, P., 1970, Gamma-ray spectrometry of rocks - methods in geochemistry and geophysics series, Elsevier - Publishing Company.
- Almeida, F. F. M., 1977, O cráton do São Francisco: Rev. Bras. Geoc., 7(4):349-364.
- Alves Junior, P. B., 2004, Determinação de perfis de taxa de produção de calor radiogênico em poços da Bacia do Recôncavo: Trabalho de Graduação, Monografia, Universidade Federal da Bahia.
- Barbosa, J. S. F., 1986, Constitution lithologique et metamorphique de la region granulitique du sud de Bahia, Bresil: Tese de doutorado, Université Paris VI. França.
- Barbosa, J. S. F., 1996, O embasamento arqueano e proterozóico inferior do estado da Bahia: Geologia da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico ao Milionésimo, vol. 1, pp. 63-84, SICM/SGM, (Edição Especial) Salvador.

Barbosa, J. S. F.; Martin, H. e Peucat, J., 2004, Paleoproterozoic dome - forming structures related to granulites - facies metamorphism, Jequie Block, Bahia, Brazil: petrogenetic approaches, *Precambrian Research*, 135:105-131.

Ribeiro, F. B. e Roque, A., 2001, Vertical distributions of uranium, thorium, and potassium and of volumetric heat production rates in the sediments of the São Francisco Basin, Central Brasil: *Applied Radiation and Isotopes*, 55:393-405.

Rybach, L., 1988. Amount and significanc of radioactivity at sources in sediments, Ed. Technip.

Sapucaia, N. S., 2004, Diferenciação litológica, teores de potássio, urânio e tório e taxa de produção do calor radiogênico do embasamento cristalino das bacias de camamu e Almada: Dissertação de Mestrado em Geofísica. Pós Graduação em Geofísica da UFBA, Salvador, Bahia. 72 págs.

Sapucaia, N. S.; Argollo, R. M. e Barbosa, J. S.F., 2004, Teores de urânio, tório e potássio nas rochas do embasamento das bacias sedimentares de Camamu e Almada: Rio Oil & Gas Expo and Conference 2004, resumo expandido.

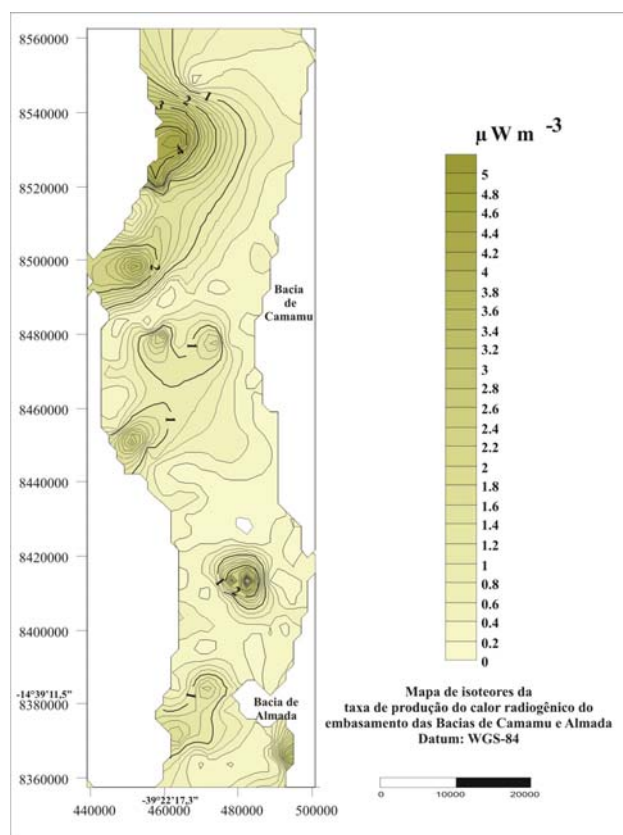


Figura 4 – Mapa de isovalores da taxa de produção de calor radiogênico do embasamento das bacias de Camamu e Almada.