ATIVAÇÃO TECTÔNICA, FLUXO GEOTÉRMICO E SISMICIDADE NO NORDESTE ORIENTAL BRASILEIRO

CELSO DAL RÉ CARNEIRO*, VALIYA MANNATHAL HAMZA* e
FERNANDO FLÁVIO MARQUES DE ALMEIDA*

ABSTRACT RELATIONS BETWEEN HEAT FLOW, TECTONIC HERITAGE AND SEISMICITY IN THE ORIENTAL PART OF NORTHEASTERN BRAZIL. Analysis of geology and tectonics of the oriental part of Northeastern Brazil reveals that the Mesozoic tectono-magmatic activation of South American Platform has left marked effects in this region. The effects are widespread in the interior and coastal sedimentary basins and has been responsible for the occurrence of numerous magmatic bodies and dyke intrusions. Three different magmatic episodes between Mesozoic and Tertiary have been identified. In order to examine the thermal effects of these magmatic episodes geothermal data of Northeastern Brazil were collected and maps of geothermal gradient and heat flow density prepared. These maps reveal the presence of several thermal anomalies, the prominent one being in the northern parts of the study area, in the State of Ceará. The association of the thermal anomalies with the occurrence of Mecejana magmatism in the State of Ceará and Macau Formation, in the State of Rio Grande do Norte, suggests that geothermal regime in Northeastern Brazil is strongly influenced by the last magmatic episode during Tertiary (c.a. 30 Ma). A preliminary examination of data on regional seismicity suggests some correlations between seismicity, heat flow and tectonic activity.

RESUMO O Nordeste Oriental do Brasil apresenta registros, dos mais completos, do fenômeno da Ativação Mesozóica da Plataforma Sul-Americana. Distribuídos amplamente no embasamento e nas bacias sedimentares interiores e costeiras, os indícios incluem ocorrências magmáticas vinculadas a três episódios principais entre o Mesozóico e o Cenozóico. Com o intuito de examinar melhor os eventos ocorridos na região, especialmente os ígneos, coletaram-se dados geotérmicos e prepararam-se mapas de gradiente geotérmico e de fluxo térmico que indicam várias anomalias. Uma revisão de conhecimentos sobre as áreas de embasamento, coberturas, principais lineamentos e zonas de falha permite relacionar as áreas anômalas com alguns produtos da ativação. As notáveis associações entre anomalias térmicas e áreas de incidência de atividade ígnea terciária (cerca de 30 Ma), como o Vulcanismo Mecejana no Ceará e a Formação Macau, no Rio Grande do Norte, sugerem que o regime geotérmico no Nordeste brasileiro seja fortemente influenciado por esses episódios magmáticos. Para completar o diagnóstico dos padrões evolutivos mais recentes, uma compilação de dados sísmicos oferece elementos para correlações, ainda preliminares, entre sismicidade natural, geotermia e ativação tectônica.

INTRODUÇÃO O Nordeste brasileiro ocupa posição extremamente particular na Plataforma Sul-Americana, como espécie de saliência que abre suas estruturas antigas em leque ortogonalmente à costa. O fato de ter sido a última parte da placa a se separar da África, no Mesozóico, trouxe consigo algumas consequências: margem continental estreita, feições peculiares de estrutura e magmatismo e grande diversidade de registros do drama tectônico que acompanhou a separação continental. Várias feições vinculadas a ou decorrentes desse evento são exclusivas do Nordeste Oriental como o grande número de bacias interiores e o notável magmatismo terciário.

O evento, denominado por Almeida (1967) de "Reativação Wealdeniana", foi chamado de "Evento Sul-Atlântico" por Schobbenhaus & Campos (1984). Entretanto, possui prioridade a expressão "Ativação Mesozóica" (Almeida 1972), pela precedência e pelo fato de melhor situar no tempo o intervalo correspondente aos movimentos tectônicos.

A presente comunicação sintetiza informações sobre o arcabouço geológico regional (Figs. 1 e 2), integrando-as a uma análise de mapas geotérmicos e dados de sismicidade. A finalidade principal é comparar os resultados de um reconhecimento geotérmico inédito (IPT 1988b) com a tectônica mesozóico-cenozóica dessa parte da Plataforma Sul-Americana, com especial ênfase às evidências de ativação intraplaca, baseando-se em amplo estudo sobre o fenômeno da Ativação Mesozóica no Nordeste Oriental (IPT 1988a). Outro objetivo foi integrar os registros disponíveis sobre sismicidade da região a esses elementos tectônicos e geotérmicos, buscando-se possíveis inter-relações.

Mapas de parâmetros geofísicos têm sido empregados, com crescente intensidade, no desenvolvimento de pesquisas básicas em Geociências. Em particular, os mapas de fluxo geotérmico permitem definir anomalias associadas ao regime térmico da crosta, reservatórios do próprio fluido geotermal e, em alguns casos favoráveis, à presença de recursos naturais em subsuperfície, como os reservatórios de água subterrânea e de hidrocarbonetos. O entendimento da evolução tectônica moderna de uma dada região requer igualmente a compreensão do quadro térmico que ali se manifesta. A despeito do interesse científico e econômico, esse tipo de investigação é incipiente no Brasil e a disponibilidade de dados é fragmentária.

Os mapas geotérmicos indicam anomalias relacionáveis ao regime térmico da crosta e aos fenômenos geológicos e tectônicos que nela ocorrem, tornando-se instrumentos importantes para definição de regimes tectônicos atuais na crosta terrestre. A título de exemplo, pode-se citar que, embora as áreas tectonicamente ativas do globo sejam de alto fluxo térmico, algumas zonas em seu interior, com menor fluxo, possuem alto risco sísmico, consequência do aparecimento de falhas e fraturas associadas à rigidez da crosta em baixas temperaturas.

MATERIAIS E MÉTODOS Base de dados geológicos e tectônicos A base de informações geológicas e tectônicas utilizada no estudo corresponde ao acervo de mapas e relatórios inéditos, bem como numerosos artigos científicos coletados no transcurso de um projeto realizado pelo IPT (1988a). A coletânea inclui mapas aerogeofísicos de escala regional reproduzidos em tamanho menor por Carneiro *et al.*

* Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT), Divisão de Geologia e Recursos Minerais, Cidade Universitária, Caixa Postal 7141, CEP 05508, São Paulo, SP; e Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Figura 1 – Esboço geotectônico do Nordeste Oriental

Figure 1 – Geotectonic sketch of Northeastern Brazil

(1988). As listagens bibliográficas desses dois documentos constituem, em suma, a base de dados geológicos e tectônicos do presente estudo.

Base de dados geotérmicos A base de dados para caracterização do regime geotérmico da crosta na região foi compilada e complementada durante um conjunto de investigações geotérmicas do Nordeste Oriental (IPT 1986a, b, IPT 1987a, b, c, IPT 1988b). Dados de gradientes geotérmicos, condutividade térmica, fluxo geotérmico e fontes termominerais de 54 localidades foram utilizados para determinações de gradiente e fluxo geotérmicos, de acordo com as propostas metodológicas de Santos *et al.* (1986) e Hamza *et al.* (1988).

A desigual distribuição geográfica das informações exigiu um controle prévio de qualidade durante a compilação de dados. Aqueles fisicamente irreais ou incompatíveis com o contexto geológico regional foram eliminados; em alguns casos foram efetuadas correções para eliminar efeitos perturbadores. Estabeleceu-se, ainda, uma escala de prioridades que permitiu atribuir diferentes pesos aos dados, de acordo com sua confiabilidade, indicada na tabela 1.

Para cobrir a área de estudo, da ordem de 480.000 km², o acervo envolve 88 dados, numa densidade de 183 x 10⁻⁶ dados/km². Comparando-se as densidades de dados em países que dispõem de mapas geotérmicos de reconhecimento, para territórios entre 300.000 e 600.000 km² (por exemplo, em número de dados x 10⁻⁶/km²: Finlândia, 53; França, 182; Itá-

Tabela 1 – Escala de prioridades e pesos atribuídos segundo a confiabilidade de dados obtidos pelos diferentes métodos

Table 1 – Priority scale and related data reliability from different methods

GRAU DE CONFIANÇA	MÉTODOS DE MEDIDA OU CONTEXTO DE USO	
	Ident.	Descrição
1	CVL-1	Convencional de perfilagem térmica
2	CVL-2	Resistência térmica cumulativa
3	BHT	Poços de petróleo
4	MGT	Minas subterrâneas
5	BWT	Poço de água sem bombeamento
6	AQT	Poço de água com bombeamento
7	GCL	Geoquímico
8	TFD	Descarga de fluidos termais

lia, 189; Noruega, 216; Polônia, 134; e Suécia, 40), a densidade obtida no Nordeste pode ser considerada adequada.

Quanto à distribuição geográfica, consideraram-se dados situados fora da área de estudo, nos Estados de Maranhão e Bahia, de modo a obter maior fidelidade no traçado das curvas. Na área estudada, a maior parte dos dados (Tabs. 2 e 3) concentra-se nas bacias Potiguar e Sergipe-Alagoas. Nas áreas de embasamento, sua disponibilidade limita-se aos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. Para controlar o problema de distribuição não-homogênea de dados, foi utilizada uma relação empírica entre idade geológica e fluxo geotérmico, o que permitiu estimar intervalos de variação de parâmetros geotérmicos nas áreas carentes de dados, como esquematiza a tabela 4.

Embora tal conjunto de procedimentos tenha resultado num acervo de dados de qualidade abaixo do ideal, impediu o aparecimento de anomalias fictícias na fase interpretativa e permitiu minimizar a distorção dos mapas. Na elaboração de mapas de gradiente e fluxo, os dados geotérmicos foram incorporados a um mapa-base geológico-estrutural, permitindo a visualização imediata das possíveis correlações entre feições estruturais e regime geotérmico.

Base de dados sísmicos O conhecimento sobre sismos ocorridos no Brasil tem avançado de maneira lenta. Dados históricos e instrumentais têm sido compilados e revistos sistematicamente apenas na última década; dessa forma, a presente compilação de dados sísmicos sobre o Nordeste Oriental brasileiro ficou limitada à sua disponibilidade, mais confiável em tempos recentes. O levantamento de dados (Tab. 5) concentrou-se em Berrocal *et al.* (1984). De uma forma geral, os dados adicionais publicados pelo Boletim Sísmico Brasileiro (*Rev. Bras. Geofísica*) não têm alterado o quadro previamente conhecido de sismicidade do Nordeste, embora indiquem um número maior de eventos na localidade de João Câmara (RN), onde se verifica atividade recente relacionada à Falha de Samambaia.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL As unidades tectônicas que constituem a região emersa e da margem continental no Nordeste Oriental têm sido separadas, para fins de descrição, em termos de áreas de embasamento e de cobertura. A Ativação Mesozóica afetou indistintamente essas áreas, originando grande parte das estruturas e depósitos sedimentares hoje embutidos nas bacias do Nordeste.

Embasamento A Província Borborema (Almeida *et al.* 1977, 1981) constitui-se num mosaico de terrenos metasedimentares e metavulcano-sedimentares frequentemente metamorfisados em fácies xisto-verde, justapostos a outros de mais alto grau e de natureza gnáissico-migmatítico-granítica. Os primeiros constituem sistemas de dobramentos e os últimos

Tabela 2 - Determinações de fluxo geotérmico consideradas no estudo (parte 1). Métodos: MGT = método para minas subterrâneas; TFD = método de descarga de fluidos; CVL = método convencional; GCL = método geoquímico

Table 2 - Geothermal flow density determinations used in the study (1st part). Methods: MGT = method for underground mines; TFD = method for thermal fluid discharge; CVL = conventional method; GCL = geochemical method

LOCALIDADE	ESTADO	LATITUDE			LONGITUDE			DADOS GEOTÉRMICOS			
		GR	MU	SG	GR	MU	SG	GRAD. °C/km	COND. W/m.°K	FLUXO m.W/m ²	MÉTODO DETERM.
CARAIBA	BA	9	28	12	39	50	9	14.4	2.2	32	MGT
ANT. NAVARRO	PB	6	44	0	38	27	0	65	3.0	195	TFD
BRE. M. DEUS	PE	8	9	0	36	23	0	123.	3.0	370	TFD
CARUARU	PE	8	17	0	35	57	0	34.8	3.0	104	TFD
ARRAIAL	BA	12	30	0	42	50	0	10.8	3.5	38	CVL
CARAIBA	BA	9	28	12	39	50	9	12.6	2.8	35	CVL
CAETITE	BA	14	4	0	42	30	0	17.5	2.9	51	CVL
JACOBINA	BA	11	15	0	40	30	0	7.2	7.1	51	CVL
SANTA LUZ	BA	11	12	0	38	34	0	8.9	3.1	28	CVL
POÇO DE FORA	BA	9	41	20	39	51	20	20.2	2.8	57	CVL
CUR. NOVOS	RN	6	20	0	36	35	0	23.9	2.9	69	CVL
PEDRA GRANDE	RN	5	9	15	35	52	30	9.6	4.0	38	CVL
PARAZINHO	RN	5	13	30	35	49	0	21.4	3.6	77	CVL
JAND. FG	RN	5	26	15	36	1	40	18.6	3.4	63	CVL
J. CAM. FO	RN	5	24	22	35	29	35	24.5	3.4	83	CVL
MACAU	RN	5	7	0	36	38	0	40.5	2.6	105	CVL
JANDAIRA	RN	5	21	2	36	8	0	26	2.8	73	CVL
J. CAM. CP	RN	5	24	15	36	1	30	10	2.5	25	CVL
J. CAM. FSV.	RN	5	24	0	35	52	0	26.8	2.9	78	CVL
GROSSOS. TI	RN	5	0	50	37	15	30	18.9	4.6	87	CVL
NATAL	RN	5	48	0	35	13	0	26	3.5	91	CVL
TAIPU. FI	RN	5	38	0	35	35	0	23.5	3.0	71	CVL
J. CAM. FMB	RN	5	31	20	35	49	45	22.1	2.5	55	CVL
APODI. SO	RN	5	35	15	37	50	0	35.6	2.6	92	CVL
NATAL. FC	RN	5	49	47	35	15	37	56.5	2.8	158	CVL
MACAIBA. PC	RN	5	51	30	35	21	15	13.4	3.4	46	CVL
SJ. MIPIBU. L	RN	6	0	10	35	9	35	21.7	4.2	91	CVL
E. GOMES. IPE	RN	5	53	15	35	14	30	15.1	3.8	57	CVL
MOSSÓRO	RN	5	11	0	37	21	0	21.3	3.9	84	CVL
APODI. FR	RN	5	39	30	37	48	10	31.2	3.4	106	CVL
FORTALEZA	CE	3	43	0	38	30	20	99.8	3.0	299	CVL
MARANGUAPE	CE	4	18	21	38	44	37	54.9	3.0	165	CVL
PACATU	CE	3	58	35	38	37	2	55.1	3.0	165	CVL
BATURITÉ	CE	4	20	23	38	52	7	50.5	3.0	152	CVL
PARAMOTI	CE	4	4	8	39	15	35	79.1	3.0	237	CVL
CARIDADE	CE	4	14	18	39	10	43	99.9	3.0	300	CVL
CAMINDÉ	CE	4	18	10	39	29	17	76.2	3.0	229	CVL
CRATEUS	CE	5	13	16	40	42	24	86.2	3.0	259	CVL
QUIXADÁ	CE	5	5	30	39	3	1	82.7	3.0	248	CVL
ITATAIA	CE	4	33	0	39	49	0	35	3.0	105	CVL
CIPÓ	BA	11	6	0	38	31	0	15.7	3.0	47	GCL
ITAPICURU	BA	11	18	0	38	13	0	18.7	3.0	56	GCL
ITAPARICA	BA	12	53	0	38	41	0	12.7	3.0	38	GCL
MONTEIRO	PB	7	53	0	37	7	0	7	3.0	21	GCL
FAZENDA NOVA	PE	8	10	0	36	12	0	51	2.0	102	GCL
SALGADO	SE	11	1	0	37	20	0	39.3	3.0	118	GCL
ARAÇAS	BA	12	8	0	38	10	0	25.2	2.6	66	GCL
ÁGUA GRANDE	BA	12	23	0	38	20	0	29.8	2.4	72	GCL

compõem maciços, assim referidos por Almeida *et al.* (1976) e Santos & Brito-Neves (1984).

Sá (1984, 1987) discute modelos de evolução pré-cambriana para a Província Borborema e considera três tipos de terrenos:

- terrenos gnáissicos de idade arqueana;
- terrenos formados por rochas supracrustais policíclicas originadas durante o Ciclo Transamazônico (Proterozóico Inferior);
- terrenos compostos por rochas supracrustais monocíclicas,

cujas evoluções se deu essencialmente durante o Ciclo Brasileiro (Proterozóico Superior a Cambro-Ordoviciano).

Na figura 1 estão os principais elementos do quadro geotectônico da região em estudo, cujo desenvolvimento foi condicionado por duas unidades cratônicas principais; a NW o Cráton de São Luís, que é extensão do Cráton do Oeste Africano; e a sul o Cráton do São Francisco. Ao redor de ambos há faixas metassedimentares marginais afetadas pelos eventos deformacionais do Ciclo Brasileiro. O tempo de permanência crustal dessas rochas está em debate: há divergências sobre se,

Tabela 3 – Determinações de fluxo geotérmico consideradas no estudo (parte 2). Método: BHT = método para poços de petróleo
 Table 3 – Geothermal flow density determinations used in the study (2nd part). Method: BHT = method for bottom hole temperature

LOCALIDADE	ESTADO	LATITUDE			LONGITUDE			DADOS GEOTÉRMICOS			
		GR	MU	SG	GR	MU	SG	GRAD. °C/km	COND. W/m.°K	FLUXO m.W/m ²	MÉTODO DETERM.
BURACAIA	BA	12	13	0	38	28	0	32.6	2.6	85	BHT
FAZ. IMBÉ	BA	12	2	0	38	1	0	29.6	2.5	74	BHT
MIRANGA	BA	12	21	0	38	12	0	28.4	2.7	77	BHT
TAQUIPE	BA	12	28	0	38	28	0	25	2.6	65	BHT
RIACHUELO	SE	10	41	0	37	10	0	37	1.8	67	BHT
MATO GROSSO	SE	10	42	0	37	7	0	28	1.9	53	BHT
TR. RIACHUELO	SE	10	44	0	37	16	0	38.4	1.8	69	BHT
PON. MANGUES	SE	10	32	0	36	37	0	25	2.3	58	BHT
AGULHADA	SE	10	42	0	36	52	0	19	2.2	42	BHT
SIRIRIZINHO	SE	10	39	0	37	5	0	35.2	2.1	74	BHT
PACATUBA	SE	10	30	0	36	39	0	22.8	2.3	52	BHT
TIGRE	SE	10	35	0	36	39	0	26.8	2.3	62	BHT
V. DA FLOR	SE	10	45	0	37	2	0	30.7	2.0	61	BHT
BREJO GRANDE	SE	10	26	0	36	27	0	23.5	1.9	45	BHT
CARMÓPOLIS	SE	10	39	0	37	0	0	29.7	2.1	62	BHT
E. FURADO	AL	9	46	0	36	11	0	25.7	2.6	67	BHT
C.S.M. CAMPOS	AL	9	47	0	36	7	0	25.9	2.5	65	BHT
S.M. CAMPOS	AL	9	50	0	36	6	0	28.1	2.5	70	BHT
COQUE. SECO	AL	9	40	0	35	47	0	32.4	2.0	65	BHT
T. MARTINS	AL	9	37	0	35	44	0	25.7	2.0	51	BHT
PIASABUÇU	AL	10	24	0	36	23	0	23	2.0	46	BHT
JEQUIA	AL	9	53	0	35	59	0	26.3	2.0	53	BHT
F. RIACHUELO	AL	9	52	0	36	13	0	27.7	2.5	69	BHT
R.S. FRANCISC	AL	10	27	0	36	21	0	22	2.1	46	BHT
BA. DE GRAJAÚ	MA	2	48	39	42	17	10	25	3.0	75	BHT
IMPERATRIZ	MA	5	31	18	47	29	46	19.4	3.0	58	BHT
CARAIBAS	MA	7	32	30	45	56	57	19	3.0	57	BHT
FAZENDA OURO	MA	8	14	3	46	15	3	33.8	3.0	101	BHT
FAZENDA MEIO	MA	8	16	18	46	6	22	29.3	3.0	88	BHT
MANGABEIRAS	MA	7	2	29	45	41	36	21.6	3.0	65	BHT
NORTE GRAJAÚ	MA	5	48	47	46	7	37	22.2	3.0	67	BHT
P. ARCO FERRE	MA	3	18	30	44	25	0	29.7	3.0	90	BHT
VARG. GRANDE	MA	3	33	0	43	54	0	20.5	3.4	70	BHT
PINDO. MIRIM	MA	3	37	0	45	23	25	28.2	3.0	84	BHT
PRES. DUTRA	MA	5	20	0	44	32	40	24.3	3.0	73	BHT
RIBEIRÃOZI.	MA	8	2	30	46	5	1	16	3.0	48	BHT
TEM MEDO	MA	8	42	30	46	54	24	15.1	3.0	45	BHT
VARG. GRANDE	MA	3	33	3	43	58	42	20.5	3.4	70	BHT
MIRADOR	MA	6	23	0	44	19	0	24.9	3.0	75	BHT
TESTA BRANCA	MA	7	23	0	46	7	0	22.8	3.0	68	BHT
VEREDA BOA	MA	7	28	15	46	18	34	23	2.7	62	BHT

Tabela 4 – Relação empírica entre idade geológica e fluxo geotérmico adotada no estudo

Table 4 – Adopted empirical relation between geological age and heat flow

IDADE GEOLÓGICA	GRADIENTE GEOTÉRMICO (°C/km)	FLUXO GEOTÉRMICO (mW/m ²)
CENOZÓICO	27 – 33	80 – 100
MESOZÓICO E PALEOZÓICO	20 – 27	60 – 80
PROTEROZÓICO	13 – 20	40 – 60
ARQUEANO	7 – 13	20 – 40

no todo ou em parte, elas se originaram durante esse ciclo ou se representam regenerações de unidades supracrustais de evolução anterior. Santos *et al.* (1984) enfatizam ser geralmente aceito que segmentos expressivos da província estrutural tenham sofrido retrabalhamento brasileiro.

Santos & Brito-Neves (1984) destacam que, entre os metamorfitos presentes nas faixas, há predomínio absoluto de psamitos e pelitos nos sistemas interiores (quartzitos, micaxistos, filitos, metassiltitos e rochas calcárias subordinadas). Eventualmente, rochas metavulcânicas associam-se aos metassedimentos.

Áreas Cratônicas e Maciços As áreas cratônicas e maciços de maior expressão no Nordeste brasileiro estão delimitados na figura 1. Suas denominações são:

- Maciço de Granja/Cráton de São Luís
- Cráton do São Francisco
- Maciço Pernambuco-Alagoas

Tabela 5 – Dados de sismicidade considerados

Table 5 – Seismicity data

LOCALIDADE	ESTADO	LATITUDE			LONGITUDE			NÚMERO EVENTOS	INTENS. MAX. Richter	MAGN. MAX. (mb)	ÁREA AFET (km ²)
		GR	MU	SG	GR	MU	SG				
NORDESTE		11	12	0	36	36	0	1	...	3,9	...
JUNQUEIRO	AL	9	56	0	36	29	0	3	V	3,4	0,7
P. DE AÇUCAR	AL	9	44	0	37	28	0	1	...	2,4	...
VIÇOSA	AL	9	23	0	36	14	0	1	...	...	...
PACAJUS	CE	4	18	0	38	24	0	15	VII	5,2	1000,0
PEREIRO	CE	6	2	0	38	27	0	14	IV	4,6	...
PALHANO	CE	4	44	30	37	58	0	1	VI	4,5	...
GRANJA	CE	3	6	0	40	50	0	6	IV	...	...
PALMACIA	CE	4	8	0	38	51	0	6	...	...	...
BATURITE	CE	4	23	0	38	58	0	5	VI	4,1	5,5
IBIRETAMA	CE	4	50	0	38	48	0	5	VI	...	...
CANINDÉ	CE	4	21	0	39	19	0	5	...	...	...
ARACATI	CE	4	34	0	37	46	0	3	VI	4,0	10,0
IRAUCUBA	CE	3	44	0	39	47	0	3	V	1,9	...
MORADA NOVA	CE	5	7	0	38	22	0	3	...	2,8	...
S. L. DO CURU	CE	3	40	0	39	14	0	1	...	3,3	...
ACARAPÉ	CE	4	11	0	38	42	0	1	IV	...	...
FARIAS BRITO	CE	6	55	0	39	55	0	1	IV	...	...
MARANGUAPE	CE	3	52	0	38	55	0	1	IV	4,5	70,0
LACERDA	CE	5	25	0	39	22	0	1	IV	3,6	2,0
JARDIM	CE	7	35	0	39	17	0	1	...	...	...
SOBRAL	CE	3	41	0	40	22	0	1	...	4,1	...
IPUEIRAS	CE	4	36	0	40	42	0	1	...	...	...
BEBERIBE	CE	4	11	0	38	8	0	1	...	...	...
COITÉ	CE	4	50	0	38	48	0	1	...	...	...
CARRAPATEIRA	PB	7	2	38	0	20	0	1	VI	...	...
CARUARU	PE	8	17	0	35	58	0	20	V	3,8	7,0
TARITAMA	PE	7	59	0	36	4	0	6	V	3,6	0,5
FLORESTA	PE	8	37	0	38	27	0	3	IV	3,1	...
RECIFE	PE	8	2	0	34	54	0	2	V	3,0	...
S.C. CAPIBARI	PE	7	57	0	36	13	0	1	VI	...	...
TACARATU	PE	9	6	0	38	9	0	1	...	...	...
PARAZINHO	RN	5	17	0	35	49	0	16	VII	4,3	25,0
LAJES	RN	5	40	0	36	14	0	11	...	...	...
RIACHUELO	RN	5	43	0	36	2	0	5	...	...	...
SA. MACACOS	RN	6	5	0	38	26	0	3	VI	3,9	25,0
SÃO MIGUEL	RN	6	13	0	38	30	0	2	IV	...	...
TELM. MARINHO	RN	5	42	0	35	30	0	2	...	3,4	0,7
AÇU	RN	5	42	0	37	42	0	1	VI	4,8	230,0
TOUROS	RN	5	42	0	35	28	0	1	VI	...	...
SANTA CRUZ	RN	6	17	0	36	2	0	1	V	3,6	1,9
NATAL	RN	5	46	0	35	13	0	1	V	3,4	0,7
JOÃO CAMARA	RN	5	32	0	35	49	0	5	IV	5,0	...
ARACAJU	SE	10	55	0	37	1	0	1	...	...	...

- Maciço Caldas Brandão
- Maciço de Rio Piranhas
- Maciço de Santa Quitéria
- Maciço Tróia-Tauá

Tais unidades tectônicas foram descritas por Santos & Brito-Neves (1984). Sua composição essencial é de rochas gnáissicas, migmatíticas e graníticas, com intercalações e restos esparsos de rochas supracrustais. Existe uma multiplicidade de designações litoestratigráficas na literatura geológica dessas áreas, que dificulta correlações e o estabelecimento de modelos mais gerais de evolução tectônica.

Sistemas de Dobramentos Três categorias principais de sistemas têm sido reconhecidas no Nordeste brasileiro. São os sistemas marginais, interiores e vestigiais (Santos & Brito-Neves 1984).

São dois os sistemas marginais às áreas cratônicas de São Luís e São Francisco formados durante a orogênese brasileira. Trata-se, respectivamente, dos sistemas Médio-Coreaú e Seripiano (Fig. 1).

A denominação "sistemas interiores" tem sido aplicada às regiões de dobramento ao longo da parte mais interna da Província Borborema. Trata-se de áreas que podem ter constituído faixas dobradas, mas não apresentam estrutura tão nítida quanto as marginais aos crátons. Indicadas na figura 1, correspondem aos sistemas de dobramentos Seridó, Piancó-Alto Brígida e Riacho do Pontal.

Os sistemas vestigiais (Santos & Brito-Neves 1984) apresentam como característica principal a reduzida participação das unidades supracrustais em relação às unidades de embasamento. As supracrustais afloram na forma de estreitas faixas metassedimentares descontínuas. Nessa categoria se in-

Figura 2 – Localização das bacias interiores do Nordeste Oriental brasileiro e principais lineamentos
 Figure 2 – Situation map of the interior basins of Northeastern Brazil and Precambrian to Eopaleozoic lineaments

cluem os sistemas Jaguaribeano, Curu-Independência e Pajeú-Paraíba.

Coberturas As coberturas de plataforma do Nordeste Oriental são de dois tipos: sedimentares e vulcânicas. Estas não constituem depósitos expressivos, pois fazem parte, onde ocorrem, do preenchimento de algumas bacias (Almeida *et al.* 1988).

A Ativação Mesozóica compreendeu uma série de episódios vulcânicos e de formação de grábens e bacias, tal como tem sido descrito em outras partes do globo (Shcheglov 1968, 1970). Trata-se de bacias interiores ou marginais ao continente cuja evolução tem sido investigada ao nível da cinemática da deformação (Szatmari *et al.* 1987). A separação continental foi um paroxismo dos movimentos, estendendo-se os efeitos tardios da ativação até os dias atuais (Almeida 1967).

A figura 2 mostra a disposição das bacias classificadas como "interiores" no Nordeste Oriental e outra importante categoria, a das bacias "costeiras", representada pelas de Sergipe-Alagoas, Pernambuco-Paraíba, Potiguar e Bacia do Ceará.

As coberturas sedimentares paleozóicas e mesmo as mesozóico-cenozóicas constituem bacias ou restos de depósitos sedimentares de distribuição outrora mais ampla (Ghignone 1972). Os sedimentos de idade paleozóica são correlacionáveis aos sedimentos basais (siluro-devonianos) da Bacia do Parnaíba, indicando ter existido uma área de deposição bem mais extensa àquela época, que atingiu a região da Bacia de Jatobá e mesmo a Bacia Sergipe-Alagoas. Assim sendo, algumas bacias sedimentares fanerozóicas do Nordeste Oriental a SE da Bacia do Araripe (Fig. 2) representam autênticas relíquias de extensiva sedimentação paleozóica, relacionando-se entre si pelas similaridades de preenchimento detrítico (bacias de Mirandiba, Tupanaci, São José do Belmonte, Afogados da Ingazeira, etc.). No entanto, seu comportamento passivo durante a Ativação Mesozóica restringiu o registro sedimentar exclusivamente ao Paleozóico. Um notável hiato deposicional verifica-se nas bacias nordestinas entre o Triássico e o Jurássico Médio.

O rifteamento na margem oriental originou as bacias Recôncavo-Tucano-Jatobá, Sergipe-Alagoas e também a Bacia Potiguar, precedendo o da margem equatorial, que formou as bacias do Ceará (sub-bacias Mundaú, Acaraú, Icarai e Piauí-Camocim), Barreirinhas e São Luís. Nas primeiras, os riftes se formaram no Neocomiano e, nas últimas, evoluíram a partir do Andar Alagoas.

No continente, além do sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá e Bacia do Araripe, há manchas sedimentares de menor amplitude, como as do Rio do Peixe, as do Médio Rio Jaguaribe e várias outras menores (Fig. 2). Essas coberturas, também associadas à Ativação Mesozóica, poderiam ter evoluído como bacias *strictu sensu* (envolvendo subsidência, falhas marginais e variações faciologicas internas), como, por exemplo, na Bacia do Rio do Peixe. Poderiam também representar restos de uma cobertura sedimentar mais extensa, poupados da erosão em blocos embutidos no embasamento cristalino por uma tectônica posterior (Machado Jr. *et al.* 1989). As bacias mesozóico-cenozóicas ora se assentam diretamente sobre o embasamento pré-cambriano, como as bacias Potiguar, Ceará, Rio do Peixe e as do Médio Rio Jaguaribe, ora o fazem sobre sedimentos paleozóicos, como parte do sistema Tucano-Jatobá, Sergipe-Alagoas e Araripe.

Lineamentos e Zonas de Falha Importante sistema de falhas recorta toda a região (Fig. 2), seccionando ou constituindo limites dos sistemas de dobramentos. A natureza das falhas e zonas de cisalhamento bem como as idades das movimentações têm sido interpretadas de diferentes modos. O caráter transcorrente dos sistemas é generalizadamente aceito; há, porém, interpretações sobre uma evolução policíclica (Brito-Neves 1975, 1983 e Almeida *et al.* 1976, 1977) ou deformações monocíclicas de caráter progressivo (Agrawal 1981,

Sá 1984).

Santos & Brito-Neves (1984) assinalam a complexa história geológica desses lineamentos e falhas, seja influenciando a própria delimitação das unidades tectônicas regionais (Fig. 1), seja interferindo na evolução dos sistemas dobrados ou dos maciços intrusivos. Carneiro *et al.* (1988) apresentaram evidências aerogeofísicas de que a rede atual, que se abre em leque para a costa, tenha um acentuado predomínio de feições lineares orientadas segundo NE. A existência de inúmeras reativações dessas falhas durante o Fanerozóico vem sendo reconhecida, porém faltam estudos sistemáticos, incluindo pesquisas de campo sobre a história dos movimentos e suas superposições. Há evidências de um predomínio de movimentos dextrais e movimentos, no Pré-Cambriano e no Mesozóico, tanto com caráter normal como transcorrente. Em tempos modernos, as evidências de movimentação são poucas.

O magmatismo pós-paleozóico A figura 3 indica a distribuição das ocorrências de corpos magmáticos no Nordeste Oriental baseada no IPT (1988a). Os três principais grupos de idade reconhecidos correspondem a diferentes estágios evolutivos do fenômeno de ativação, conforme segue:

a. **Magmatismo juro-cretáceo:** Afetou o interior e as vizinhanças da Bacia do Parnaíba (Vulcanismo Sardinha), a borda sul da Bacia Potiguar (Magmatismo Rio Ceará-Mirim), as camadas da pequena Bacia de Lavras da Mangabeira e a região costeira de CE-RN (vulcanismos da base da Bacia do Ceará e do Alto de Touros). De natureza toleítica, tem sido relacionado aos fenômenos que precederam e acompanharam a fase de rifteamento.

ATIVIDADE ÍGNEA PÓS-PALEOZÓICA NO NORDESTE ORIENTAL

Figura 3 – Principais focos de atividade ígnea pós-paleozóica
Figure 3 – Main focuses of post-paleozoic igneous activity

b. **Magmatismo albo-cenomaniano:** De natureza alcalina e tendência álcali-cálcica com enriquecimento em sílica, esse magmatismo concentrou-se na região costeira de Pernambuco (Fig. 3), a sul do Recife e regiões submersas (Formação Ipojuca). Pode incluir também rochas do Vulcanismo Itapororoca da Paraíba; as idades relativas dificultam vincular essas rochas

aos derradeiros movimentos de separação continental, parecendo tratar-se de episódios autônomos (Almeida *et al.* 1988): c. *Magmatismo terciário*: Compreendido entre o Eoceno e Mioceno, afetou áreas mais expressivas que o anterior, desde o Ceará (Vulcanismo Mecejana), Rio Grande do Norte e Paraíba (Formação Macau). Na área continental, há registros dessa atividade ígnea nas bacias do Ceará (vulcanismos Mundauí, do Alto Atlântico e do Alto do Ceará), bem como nas camadas da Bacia Potiguar (Fig. 3). Sua origem e significado tectônico são ainda mal conhecidos de vez que parece constituir um episódio autônomo.

ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS Os resultados obtidos no estudo são de três ordens: reavaliação de dados geológicos, reconhecimento de regime geotérmico (sintetizado pelos mapas de gradiente e fluxo geotérmico), bem como uma breve síntese de conhecimentos acerca da sismicidade atual do território nordestino. Esses aspectos, abordados a seguir, permitem avançar na caracterização sísmica e geotérmica do território nordestino.

Mapas de gradiente e fluxo térmico A elaboração dos mapas envolveu o seguinte procedimento:

- divisão da área estudada em subáreas de $1^\circ \times 1^\circ$;
- priorização para as subáreas que contêm dados quando do traçado de curvas;
- detalhamento das prioridades, dentro de cada subárea com dados, com base em sua qualidade relativa;
- uso da relação entre fluxo de calor e idade geológica para atribuir valores estimados de gradiente e de fluxo geotérmicos nas subáreas que não contêm medidas diretas;
- exame das diferenças nos valores dos parâmetros geotérmicos, obtidos por vários métodos, e definição da natureza das anomalias, levando em consideração as informações correlatas disponíveis e o contexto geológico;
- determinação da posição e do formato das curvas de isovalores com base no método de interpolação linear entre os dados próximos;
- avaliação da densidade de dados, sua distribuição e espaçamento, com eliminação de anomalias geotérmicas de dimensões incompatíveis com a disponibilidade de dados.

As etapas do procedimento acima são coerentes com a natureza dos dados disponíveis e com o método de traçado manual das curvas, encerrando maior dificuldade na etapa e, em que é feito o julgamento do mérito das anomalias com base em informações correlatas disponíveis e seu contexto geológico; a decisão pode conter, nesse caso, uma parcela de subjetividade dos pesquisadores envolvidos. O traçado de curvas de isovalores foi efetuado manualmente, adotando-se técnicas correntes de interpolação linear para determinar a posição relativa das curvas. Métodos de traçado automático por computador foram prejudicados pelas características dos dados.

O uso de uma classificação dos parâmetros geotérmicos com base no intervalo de valores, ainda que subjetiva, permitiu a identificação de áreas geotermicamente anômalas. Identificaram-se algumas classes principais de gradientes e fluxo geotérmicos indicadas na tabela 6.

A escolha dos intervalos obedeceu a critérios de bom senso, visando evidenciar áreas com regimes geotérmicos distintos. No mapa de gradientes geotérmicos, apresentado na figura 4, linhas contínuas indicam que as determinações de isogradiantes são baseadas na interpolação linear dos dados observados. Linhas tracejadas indicam determinação de isogradiantes baseada somente em valores estimados. O intervalo utilizado para o traçado das curvas foi de $10^\circ\text{C}/\text{km}$, exceto nos locais de variações abruptas de gradientes, que exigiram intervalos de $20^\circ\text{C}/\text{km}$.

As duas áreas com valores de gradiente médio a alto, isto é, acima de $30^\circ\text{C}/\text{km}$, estão localizadas nas regiões leste do Estado de Pernambuco, centro-norte do Ceará e no domínio da

Tabela 6 – Classificação das áreas de acordo com os intervalos de gradientes e fluxo térmico adotados

Table 6 – Classification of the areas according to adopted gradient and heat flow intervals

Classificação	Intervalo de gradientes ($^\circ\text{C}/\text{km}$)	Número de áreas	Intervalo de fluxo term.	Núm. de áreas
1. Baixo	< 30	3*	< 50	2
2. Médio	$30 - 60$	2	$50 - 100$	2
3. Alto	$60 - 80$	1	$100 - 150$	3
4. Muito alto	> 80	2	> 150	1

* inclui as porções ocidentais da área de estudo.

Figura 4 – Mapa de gradientes geotérmicos do Nordeste Oriental
Figure 4 – Geothermal gradient map of Northeastern Brazil

Bacia Potiguar no Estado do Rio Grande do Norte. Áreas caracterizadas por valores de gradientes geotérmicos próximos a $20^\circ\text{C}/\text{km}$ situam-se no embasamento pré-cambriano correspondente ao Cráton do São Francisco.

No mapa de fluxo geotérmico, apresentado na figura 5, o intervalo para traçado de curvas de isofluxo é $20 \text{ mW}/\text{m}^2$, exceto em locais onde o fluxo de calor apresenta variações acentuadas, que exigiram intervalos de $50 \text{ mW}/\text{m}^2$. Da mesma maneira que no mapa de gradiente geotérmico, linhas contínuas indicam determinações de isofluxo térmico baseadas em interpolações lineares de dados observados. Os símbolos pontuais referem-se aos locais de medição.

Áreas pertencentes às diferentes classes de fluxo de calor podem ser identificadas pelas curvas de contorno. Os valores da classe 2 (médio) distribuem-se em área extensa que aproximadamente acompanha o traço da linha-de-costa; a classe 3 (alto) apresenta-se em faixa paralela à da classe 2. Valores de fluxo de calor muito alto foram encontrados em duas áreas na região vizinha a Fortaleza, igualmente indicadas no mapa.

Figura 5 – Mapa de fluxo geotérmico do Nordeste Oriental
Figure 5 – Geothermal flow density map of Northeastern Brazil

Sismicidade Regional O Nordeste Oriental brasileiro situa-se numa das regiões de maior atividade sísmica do país. Assumpção (1986) destaca que a parte sul da Província Borborema e a parte leste do Cráton do São Francisco são assísmicas, contrastando com a porção norte daquela província, de expressiva atividade sísmica.

Apresenta-se na figura 6 a localização dos epicentros de eventos cadastrados. Na ilustração, os números ao lado de cada ponto indicam o número de eventos sísmicos registrados no local. A maioria dos locais mostra em média número pequeno de eventos, porém em alguns deles registraram-se 15 ou até 20 eventos distintos. Comparando-se a figura 6 e tabela 5 observa-se que sismos de magnitude maior que 4,0 mb ocorrem notadamente na região de cerca de 150 km de raio ao redor de Fortaleza, aqui referida como *Zona Sísmica de Fortaleza*, e nas vizinhanças da Bacia Potiguar.

Nesse contexto é interessante considerar a influência de planos de fraqueza preexistentes na crosta na forma de falhas e alinhamentos, sobre a dissipação de esforços tectônicos. A relativa pobreza de dados torna precárias as correlações entre registros sísmicos e alinhamentos relacionados a falhas ou a anomalias aeromagnéticas lineares (Carneiro *et al.* 1988). Não obstante, é possível reconhecer alguns vínculos entre sismos e falhas mais antigas reativadas. A região sísmica de João Câmara situa-se na passagem do sistema Seridó para o maciço Caldas Brandão-São José Campestre, contato que se faz por grandes falhas. Os epicentros a oeste de Recife situado na região de Caruaru localiza-se no Lineamento de Pernambuco. Parece que outros sismos regionais podem ser relacionados à Falha Portalegre e outras do gráben de Pendência. A região sísmica de Palhano é atravessada pela grande Falha de Jaguaribe e pela Falha de Afonso Bezerra, aquela orientada a NE e esta segundo NW, porém Assumpção (1989, *Rev. Bras. Geof.* no prelo) chama a atenção para o fato de a atividade recente nessa área estar vinculada à falha WNW-ESE diferente daquelas.

Na região de João Câmara, as falhas orientam-se segundo a direção E-W, configurando pequenos grábens na borda da

Figura 6 – Sismicidade em relação ao regime geotérmico no Nordeste brasileiro. Os pontos indicam a localização aproximada dos epicentros. Ao lado de cada ponto é assinalado o número de eventos registrados. As curvas tracejadas são de isofluxo geotérmico, com valores em mW/m^2

Figure 6 – Seismicity related to thermal flow regime on Northeastern Brazil. Solid circles indicate the approximate location of epicenters. Near each point the registered number of events is represented. Dashed lines correspond to equal intensity of thermal flow, indicated in mW/m^2

Bacia Potiguar (Assumpção 1989). Há, porém, falhamentos de direção NE no embasamento, como os de Bento Fernandes e João Câmara, que na localidade afetada pelos sismos mudam de traçado para NNE.

A reconstrução de esforços litosféricos intraplaca feita por Assumpção (1987) indica esforços compressivos orientados segundo E-W, variando para direções NW na região de Fortaleza. Trata-se de uma situação diversa daquela que provavelmente existira durante o Mioceno, quando se instalaram os corpos ígneos dispostos ao longo de alinhamento N-S, que, segundo Almeida *et al.* (1988), estaria associado a esforços distensivos E-W.

DISCUSSÃO Durante a evolução pós-paleozóica do Nordeste vários eventos termotectônicos atingiram grande parte da área continental e da margem oceânica adjacente. São de grande importância os eventos ígneos e o estágio de estimamento crustal (Chang & Kowsmann 1987), que contribuiu para a formação de bacias sedimentares, tanto na região costeira (Sergipe-Alagoas e Potiguar) como no interior do continente (por exemplo, Jatobá e Araripe).

O magmatismo neocretáceo da área costeira, pouco expressivo, é produto secundário da complexa evolução tectônica regional. Inclui porções submersas a sul e leste de Recife (Formação Ipojuca), a NW de João Pessoa (Vulcanismo Ita-

pororoca) e na porção submersa da Bacia Piauí-Camocim (Vulcanismo do Alto do Ceará).

Há que se considerar, contudo, que tanto o magmatismo cretáceo (Legrand & Figueiredo 1979, Long *et al.* 1986) da Formação Ipojuca (a sul de Recife) como o de idade terciária (Mizusaki 1988), entre Eoceno e Mioceno, como, por exemplo, o Vulcanismo Mecejana e o da Formação Macau, podem ser entendidos como episódios autônomos (IPT 1988a).

A hipótese de aparecimento do vulcanismo Macau a partir de crista térmica no manto litosférico em decorrência do deslocamento da placa para oeste, sugerida por Almeida *et al.* (1988), poderia ser testada pela eventual existência de anomalias geotérmicas na região a sul de Macau. No entanto, em que pesem eventuais problemas de amostragem, estas não se distribuem segundo N-S, orientação dessa possível crista terciária.

A Zona de Fratura de Fernando de Noronha prossegue na área da margem continental coberta de depósitos terrígenos, manifestando-se por um conjunto orientado a E-W de montes submarinos, *guyots* e os arquipélagos de Fernando de Noronha e Atol das Rocas. Estende-se até o Alto de Fortaleza, situado ao longo da costa da cidade homônima (Fig. 2). Neste alto, dois poços da Petrobrás indicaram a presença de rochas vulcânicas alcalinas datadas do Oligoceno. A esse registro Almeida *et al.* (1988) propuseram o nome de Vulcanismo Mundaú.

O Vulcanismo Mecejana, também representado por rochas alcalinas oligocênicas, ocorre na região de Fortaleza. São sobretudo fonólitos, traquitos e analcitas basaltos cuja natureza químico-petrográfica se equipara à do Arquipélago de Fernando de Noronha. Constituem diques e *necks* distribuídos até 35 km continente adentro (Fig. 7 de Almeida *et al.* 1988). Tem-se admitido que as alcalinas Mecejana representem a terminação, na borda do continente, da zona de fratura homônima (Almeida 1958, Gorini & Bryan 1976, entre outros).

Alguns modelos tectônicos correntes admitem que a deformação por extensão de segmentos da litosfera provoca seu afinamento e ascensão passiva da astenosfera (McKenzie 1978). Na Bacia do Paraná e na margem continental sudeste do Brasil, a presença de centros vulcânicos levou Asmus & Porto (1980) a vincularem o soerguimento dessa região a causas térmicas anteriores ao rifteamento. Hamza *et al.* (1984) utilizaram modelo de estiramento crustal no estudo da evolução termogeológica da Bacia do Paraná. Nas bacias do Nordeste, entretanto, inexistem indícios do mesmo tipo.

As diferentes taxas de estiramento das bacias da margem refletem, além de outros fatores, as distintas épocas de início de afastamento lateral em cada trecho dos continentes. Em relação às da margem sudeste, as bacias do Nordeste brasileiro possuem melhor registro das seqüências do estágio rifte, favorecidas que foram pela rotação de amplos blocos continentais que precedeu o rifteamento principal da margem (Lana & Milani 1986). É notável, contudo, a aparente ausência de eventos ígneos nas bacias do Recôncavo-Tucano-Jatobá e Sergipe-Alagoas, condizente com o caráter de riftes passivos.

Mecanismos de compensação isostática segundo um modelo flexural foram admitidos por Mello & Bender (1988), a partir de perfis de batimetria e anomalias gravimétricas, para explicar a evolução da margem equatorial brasileira. Do modelo de Mello & Bender (*op. cit.*) decorre o aspecto significativo de que a formação Macau (Eoceno-Mioceno) se desenvolveu sob vigência de condições de rigidez elástica crescente da litosfera, na parte terminal do período de regressão marinha iniciado no Eoceno (Chang *et al.* 1988), sem oferecer, entretanto, maiores informações sobre sua origem.

No que tange ao regime geotérmico atual, o mapa de gradientes (Fig. 4) indica na maior parte do Nordeste Oriental valores no intervalo entre 20°C e 40°C/km. Gradientes menores que 20°C/km, típicos de áreas cratônicas, ocorrem na área centro-sudoeste, coincidindo com a extremidade do Cráton do

São Francisco. Por outro lado, o mapa indica a existência de pelo menos três áreas geotermicamente anômalas onde os gradientes alcançam valores acima de 40°C/km. A anomalia principal, delimitada pela curva de 60°C/km, situa-se na região centro-norte do Ceará, estendendo-se desde o litoral até o limite sul do Maciço de Tróia-Tauá; em seu interior há dois locais com valores acima de 80°C/km. A segunda área anômala é mal definida por falta de dados adequados, já que se baseia em três medidas pouco confiáveis, obtidas pelo método GCL (Tabs. 1 e 2). Situa-se aproximadamente entre Maceió e João Pessoa, estendendo-se do litoral até a borda leste da Bacia de Jatobá. A terceira anomalia, de pequena extensão, localiza-se na Bacia Potiguar, próximo a Macau.

Valores elevados de fluxo, acima de 100 mW/m², são encontrados em três áreas: centro-norte do Ceará, extremo oriental da Província Borborema (Sistema Seridó e Maciço São José do Campestre) e região entre Macau e Pendência na Bacia Potiguar. As anomalias da região centro-norte do Ceará são as que apresentam valores mais elevados, acima de 200 mW/m² em dois locais. Uma delas estende-se para sudoeste de Fortaleza até a borda norte do maciço de Tróia-Tauá. O formato da anomalia dá a clara impressão de que a margem continental a nordeste de Fortaleza também seja caracterizada por alto fluxo geotérmico, mas a falta de dados não permite conclusões definitivas sobre a possível extensão das anomalias nas áreas submersas. A segunda área anômala localiza-se nas proximidades de Quixadá, orientada na direção E-W. Abrange partes do Sistema de Dobramentos Curu-Independência e do maciço Tróia-Tauá.

A anomalia da extremidade leste da Província Borborema é limitada pela curva de 100 mW/m². Compreende os maciços de Caldas Brandão e norte de Pernambuco-Alagoas, separados pelo Sistema de Dobramentos Pajeú-Paraíba. A terceira anomalia estende-se desde Macau até Pendência, no domínio da Bacia Potiguar, com formato quase elíptico.

As condutividades geotérmicas obtidas pelos diferentes métodos concentram-se no intervalo de 2,4 a 4,2 W/m °K, com alguns valores mais altos na Bacia Potiguar, onde parece haver influência das camadas de calcário da Formação Jandaíra.

A correlação entre as anomalias geotérmicas descritas neste trabalho e as áreas de atividade ígnea terciária do Nordeste Oriental pode ser entendida como se a região ainda estivesse submetida a condições de resfriamento e de perda de calor em ampla extensão de sua área total, devido a eventos magmáticos ocorridos há cerca de 30 Ma. Trata-se de relações, contudo, demasiadamente genéricas para se tomar como regra.

Outra variável a ser levada em conta é a densa e intrincada rede de falhas, que pode influir igualmente no fluxo de calor das porções mais internas da crosta para a superfície. Na região da Bacia Potiguar, paralelamente à Falha de Portalegre-Carnaubais e estruturas associadas, aparecem valores de fluxo da ordem de 100 mW/m² (Fig. 5). Neste caso, a anomalia pode implicar possível participação dessas discontinuidades.

Fletcher *et al.* (1978) consideraram que na região central e oriental da América do Norte diversas zonas sísmicas aparentemente se localizam na extensão continental de falhas transformantes oceânicas, com ocorrências de alcalinas locais. Sykes (1978) notou tais situações não só na América do Norte como em muitas regiões do mundo. Enfatizou que nesses sítios existem sinais da presença de antigas zonas de fraqueza no continente que foram reativadas e favoreceram tanto a intrusão de rochas alacalinas como a localização de zonas sísmicas. Na opinião de Sykes (*op. cit.*), não há que se referir tais zonas de fraqueza ao prolongamento para o continente de falhas transformantes oceânicas. Suas fraturas seriam antigas, oriundas da última orogenia que afetou a área e reativadas durante a fragmentação continental. Permaneceram ativas durante milhões de anos após o rifteamento inicial, continuando a ser zonas de magnetismo controlado pela orientação dos

esforços litosféricos, e sítios passíveis de sismos de alívio de tensão intraplaca.

A incidência de sismos naturais na região pode ser mais bem estudada por meio da comparação entre as figuras 4, 5 e 6, nas quais se observa que as áreas de baixo fluxo geotérmico (Tab. 6) no Nordeste são efetivamente pouco propensas a sofrer sismos, como, por exemplo, a região do Cráton do São Francisco. A atividade sísmica concentra-se nas zonas de fluxo geotérmico médio a alto (segundo os intervalos da tabela 6), como nos maciços de Santa Quitéria e Tróia-Tauá ou em Pacajus e adjacências, no Ceará (Tab. 6); em Palhano, à borda ocidental da Bacia Potiguar; e João Câmara, na parte oriental, junto ao contato do embasamento cristalino com os sedimentos. A atividade sísmica a oeste de Recife (Fig. 6) também corresponde a uma área de fluxo térmico relativamente alto.

A real influência dos parâmetros geotérmicos sobre profundidades de aparecimento de sismos ainda não pode ser detalhada por falta de dados. O histograma da figura 7, que relaciona valores de fluxo geotérmico em mW/m^2 com o número de locais sísmicos, permite confirmar a fraca atividade em zonas de baixo fluxo. Sugere ainda um decréscimo da frequência de sismos a partir do intervalo "alto", fato que pode ser interpretado de duas maneiras: 1. a partir de um certo valor de fluxo, haveria tendência à dissipação de esforços por meio de deformação plástica (regime dúctil), com tendência ao predomínio de sismos rasos; e 2. a diminuição na sismicidade seria reflexo do fato de as áreas circunscritas pelas curvas serem progressivamente menores para zonas de fluxo maior. Não há dados para escolha da melhor alternativa, mas é importante salientar que na compilação de dados de Berrocal *et al.* (1984) o Nordeste é aparentemente isento de sismos de origem profunda, considerando-se aqueles que possuem hipocentros determinados. Tal observação favorece a primeira alternativa enquanto a segunda opção implicaria uma distribuição aleatória de sismos, tanto em área quanto em profundidade. Existem, por outro lado, outros relevantes fatores geológicos a considerar.

É apreciável a concentração de epicentros na região vizinha a Fortaleza (Fig. 6 e Tab. 5). De fato, das 44 localidades compiladas em todo o Nordeste Oriental, 14 situam-se num raio de aproximadamente 150 km em torno de Fortaleza, aqui referida como *Zona Sísmica de Fortaleza*, bem como nas vizinhanças da Bacia Potiguar. Um sismo nessa área, em Pacajus, apresentou magnitude de 5,2 mb, a mais alta verificada até agora no Nordeste Oriental.

Em outras cinco localidades da mesma zona, sismos de magnitude conhecida alcançaram valores de 4,0 mb ou maiores.

A *Zona Sísmica de Fortaleza* situa-se diante da terminação da zona de fraturas oceânicas representada na margem continental pela cadeia de Fernando de Noronha (figs. 7 e 11 de Almeida *et al.* 1988). Localiza-se próximo à costa e engloba em seu centro os produtos dos vulcanismos Mecejana e Mundauí. O fato de ocupar área de fluxo térmico alto a muito alto, de acordo com o critério adotado na tabela 6, talvez possa ser interpretado como resultado de calor ainda emitido pelo foco vulcânico terciário.

Ainda faltam obviamente muitas informações geológicas e geofísicas para que as correlações propostas sejam devidamente esclarecidas, mas elas parecem constituir um exemplo a mais de presença de magmatismo alcalino pós-rifte e sismicidade junto à terminação de falhas transformantes oceânicas em zonas de fraqueza crustal.

Na área de Macauzinho, a sudeste de Macau, junto ao estuário do Rio Açu, Miranda & Srivastava (1984) descreveram evidências de reativações tectônicas quaternárias afetando rochas basálticas da Formação Macau (Eoceno-Mioceno) e sedimentos do Grupo Barreiras (Mioceno-Pleistoceno). Um sistema de falhas normais orientado segundo N-S teria exercido controle sobre o traçado de braços de canal de maré, em espe-

Figura 7 - Histograma relacionando intervalos de fluxo geotérmico (mW/m^2) com número de eventos sísmicos (à direita) ou número de locais com atividade sísmica (à esquerda)

Figure 7 - Histogram relating heat flow intervals (mW/m^2) to number of seismic events (right side) and number of identified seismic places (left side)

cial os adjacentes ao Rio Conceição. Nas rochas basálticas observaram-se estrias de deslizamento, brechagem intensa e quebraamentos, enquanto nos sedimentos do Grupo Barreiras há escarpas de falha dentro da área focalizada. O modelo proposto por Miranda & Srivastava (*op. cit.*) é o de basculamento de blocos para W, governado por falhas normais N-S, que permitiria progressivo recobrimento de sedimentos finos de planície de maré por sedimentos coluvionares, de E para W.

A situação geológica descrita em Macauzinho seria típica de atividade tectônica pré-atual. Sua disposição (Fig. 6) em área de médio fluxo térmico favorece a idéia de que rupturas associadas a falhamento e geradoras de sismos sejam mais comuns nessas áreas de fluxo médio a alto.

CONCLUSÕES As anomalias de fluxo e gradiente geotérmicos no Nordeste Oriental acompanham de modo notável a distribuição de áreas afetadas pelo magmatismo terciário, tanto na região vizinha a Fortaleza como nas proximidades de Macau e entre Maceió e João Pessoa. Pesquisas adicionais devem esclarecer melhor as relações observadas entre parâmetros geotérmicos e áreas de atividade ígnea, difíceis de interpretar devido ao desconhecimento da origem do fenômeno magmático intraplaca.

A compreensão da dinâmica litosférica terrestre em território brasileiro, por sua vez, requer interpretações detalhadas das feições mapeadas, empregando-se técnicas quantitativas. Tais análises ultrapassam o caráter exploratório do presente estudo. A análise dos mapas aqui apresentados, apesar de preliminar e qualitativa no que se refere ao regime geotérmico da crosta, indica boa correlação entre feições geotérmicas e herança tectônica regional; permite esboçar os limites de áreas de fluxo geotérmico elevado e sugerir locais favoráveis à exploração de fontes desse tipo de energia em território nordestino.

Durante o Terciário, o Atlântico Sul já se encontrava amplamente aberto. Os vulcanismos eocênicos da Bacia do Ceará e da Sub-bacia Mundaú e os oligocênicos da região de Fortaleza parecem claramente relacionados ao prolongamento de zonas de fratura oceânicas, pela natureza e disposição geográfica. Tal explicação, contudo, não cabe ao vulcanismo alcalino-basáltico da Formação Macau, de traçado submeridiano, paralelo portanto à costa do Ceará e Paraíba. Sua disposição, limitada a uma faixa não superior a 150 km da costa, sugere interações entre a litosfera continental e oceânica, mantendo em regime de distensão as zonas de cisalhamento e falhas durante o deslocamento da placa para oeste.

É notável, em igual sentido, que as áreas sismicamente ativas da Província Borborema, assim como as anomalias elevadas de fluxo térmico e de gradientes, encontram-se dentro de uma faixa que se estende a não mais que 250 km da costa para o interior. Esses fatos sugerem algum tipo de interação litosférica, mantendo-se os regimes vulcânicos e térmicos particulares à faixa costeira e favorecendo o magmatismo terciário.

Dessa maneira, na presente fase de pesquisa, os quadros geotérmico, sísmico e magmático do Nordeste ajustam-se muito bem entre si. Há correlações significativas entre anomalias geotérmicas, alinhamentos, falhas geológicas conhecidas, zonas de falhamento oceânico e áreas de atividade ígnea dos últimos 30 Ma.

A atividade sísmica moderna regional e mesmo as escassas evidências de tectonismo pré-atual vinculam-se a zonas em que os gradientes e intensidades de fluxo térmico atingem níveis entre médio e alto, salvo diante da terminação da zona de fratura de Fernando de Noronha. Dessa maneira, postula-se que, indiretamente, o estudo das associações magmáticas, bem como a herança tectônica do embasamento e das próprias estruturas oceânicas, seja *metodológica e conceitualmente* significativo para a compreensão do quadro sísmico e geotérmico atual do Nordeste.

Agradecimentos O presente estudo recebeu suporte integral do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Os autores estendem agradecimentos aos geólogos Dr. Giuseppe Bacoccoli, Laércio Gonzaga de França Aranha, do Depex, e Dr. Hung Kiang Chang e Dimas Dias Brito, do Cenpes, pela cooperação na fase de aquisição de dados; ao Geol. José Augusto Miotto pelos comentários; à desenhista Mirna Mancini Ferracini e Aluísio de Souza Frota, todos do IPT, pelo apoio. Agradecemos ainda aos revisores da RBG, Prof. Dr. Marcelo Assumpção e Dr. Renato Oscar Kowsmann, cujas observações e comentários críticos resultaram em significativo enriquecimento e maior concisão do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAWAL, V.N. 1981. Preliminary note on the deformation sequence in the mylonite zone on the Serra das Russas (PE). In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 10, Recife, 1981. *Atas...* Recife, SBG/NNE. p.301-364.
- ALMEIDA, F.F.M.de. 1958. *Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha*. Rio de Janeiro, DGM/DNPM. 158p. (Monogr. 13)
- ALMEIDA, F.F.M.de. 1967. *Origem e evolução da Plataforma Brasileira*. Rio de Janeiro, DNP/DGM. p.1-36. (Bol. 241)
- ALMEIDA, F.F.M.de. 1972. Tectono-magmatic activation of the South American Platform and associated mineralization. In: INTERN. GEOL. CONGR., Montreal, 1972. *Proceed...* Montreal, IUGS. Sect. 3, Tectonics, p.339-346.
- ALMEIDA, F.F.M.de. 1986. Relações tectônicas e distribuição do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 16(4):325-349.
- ALMEIDA, F.F.M.de; CARNEIRO, C.D.R.; DEHIRA, L.K.; MACHADO JUNIOR, D.L. 1988. Magmatismo pós-paleozóico no Nordeste Oriental Brasileiro. *Rev. Bras. Geoc.*, 18(4):451-462.
- ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y.; BRITO-NEVES, B.B.de. 1976. The Upper Precambrian of South America. *Bol. IG*, 7:45-80.
- ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y.; BRITO-NEVES, B.B.de; FUCK, R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 8, Recife, 1977. *Atas...* Recife, SBG/NNE. p.363-391.
- ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y.; BRITO-NEVES, B.B.de; FUCK, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sci. Rev.*, 17(1-2):1-29.
- ASMUS, H.E. & PORTO, R. 1980. Diferenças nos estágios iniciais de evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Balm. Camboriú, 1980. *Anais...* Balm. Camboriú, SBG. v.1, p.225-239.
- ASSUMPÇÃO, M. 1986. Sismicidad y esfuerzos litosféricos intraplaca en el Brasil. In: REUNIÓN DE CERESIS, 10, Madrid, 1986. *Atas...* Madrid. (pre-print).
- ASSUMPÇÃO, M. 1987. Sismologia no Brasil hoje. *J. Geólogo*, ano 10, (37):p.3.
- BERROCAL, J.; ASSUMPÇÃO, M.; ANTEZANA, R.; DIAS-NETO, C.M. e; ORTEGA, R.; FRANÇA, H.; VELOSO, J.A.V. 1984. Sismicidade no Brasil. São Paulo, IAG-USP/Com. Nac. Energ. Nuclear. 320 p.
- BRITO-NEVES, B.B.de 1975. *Regionalização tectônica do pré-cambriano nordestino*. São Paulo, IGUSP. 198p. (Tese Dout.).
- BRITO-NEVES, B.B.de 1983. *Mapa geológico do Nordeste Oriental*. escala 1:1.000.000. São Paulo, IGUSP. 177p. (Tese Livre-Doc.).
- CARNEIRO, C.D.R.; MONMA, R.; FERREIRA, F.J.F.; DEHIRA, L.K. 1988. Ensaio de integração geológico-geofísica do Nordeste Oriental com base em mapas aeromagnéticos. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.5, p.2122-2136.
- CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O. 1987. Interpretação genética das seqüências estratigráficas das bacias da margem continental brasileira. *Rev. Bras. Geoc.*, 17(2):74-80.
- CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O.; FIGUEIREDO, A.M.de. 1988. New concepts on the development of East Brazilian marginal basins. *Episodes*, 11(3):194-202.
- FLETCHER, J.B.; SBAR, M.C.; SYKES, R.L. 1978. Seismic trends and travel-time residuals in Eastern America and their tectonic implications. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 89(12):1656-1676.
- GHIGNONE, J.I. 1972. Ensaio de paleogeologia do nordeste e as seqüências sedimentares. In: CONGR. BRAS. GEOL., 26, Belém, 1972. *Anais...* Belém, SBG. v.2, p.21-28.
- HAMZA, V.M.; ESTON, S.M.E. de; SHINTARO, F.; BECKER, E.A.; RIBEIRO, C.L. 1984. *Pesquisas geotérmicas na exploração de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná*. São Paulo, IPT. 38p. (IPT Rel. 18 271)
- HAMZA, V.M.; FRANGIPANI, A.; BECKER, E.A. 1988. *Estado atual de pesquisas e perspectivas de desenvolvimento de energia geotérmica no Brasil*. In: TALLER SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE LA ENERGIA GEOTÉRMICA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, Quito, 1988. *Annalles...* Quito. (no prelo)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1986a. *Mapas geotermiais do Brasil - Relatório parcial nº 1* (referente ao período de julho a setembro de 1986). São Paulo, IPT. (Rel. 24 976).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1986b. *Mapas geotermiais do Brasil - Relatório parcial nº 2* (referente ao período de outubro a dezembro de 1986). São Paulo, IPT. (Rel. 25 052)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1987a. *Mapas geotermiais do Brasil - Relatório parcial nº 3* (referente ao período de janeiro a março de 1987). São Paulo, IPT. (Rel. 25 305)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1987b. *Mapas geotermiais do Brasil - Relatório parcial nº 4* (referente ao período de abril a julho de 1987). São Paulo, IPT. (Rel. 25 518)

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1987c. *Mapas geotermiais do Brasil* - Relatório parcial nº 5 (referente ao período de julho a dezembro de 1987). São Paulo, IPT. (Rel. 26 092)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1988a. *A Reativação Wealdeniana no Brasil: Uma revisão sobre o Nordeste Oriental*. São Paulo, IPT. (Rel. 26 566)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1988b. *Mapas geotermiais do Brasil* - Relatório final. São Paulo, IPT. (Rel. 27 069)
- LANA, E.C. & MILANI, E.J. 1986. A Microplaca do Nordeste brasileiro - um elemento dinâmico no rifteamento cretácico inferior. In: CONGR. BRAS. GEOL., 34, Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, SBG. v. 3, p. 1131-1144
- LEGRAND, J.M. & FIGUEIREDO FILHO, O.A. 1979. Reavaliação dos dados isotópicos da Província Magmática do Cabo. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 9, Natal, 1979. *Atas...* Natal, SBG/NNE. p. 111-117.
- LONG, L.E.; SIAL, A.N.; NEKVASIL, H.; BORBA, G.S. 1986. Origin of granite of Cabo de Santo Agostinho, Northeast Brazil. *Contrib. Miner. Petrol.*, 92:311-315.
- MACHADO Jr., D.L.; DEHIRA, L.K.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M. de 1989. Reconstruções paleoambientais do Juro-Cretáceo no Nordeste Oriental Brasileiro. *Rev. Bras. Geoc.* 19(3):
- McKENZIE, D.P. 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth Planet. Sci. Letters*, 40(1):25-32.
- MELLO, U.T. & BENDER, A.A. 1988. On isostasy at the equatorial margin of Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 18(3):237-246.
- MIRANDA, F.M. & SHRIVASTAVA, N.K. 1984. Evidências de reativações tectônicas quaternárias na área de Macauzinho, estuário do Rio Açu, litoral norte do Rio Grande do Norte. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 11, Natal, 1984. *Atas...* Natal, SBG/NNE. p. 157-164.
- MIZUSAKI, A.M.P. 1988. A Formação Macau na porção submersa da Bacia Potiguar (RN). Rio de Janeiro, *Bol. Geoc. Petrobrás*. (submetido)
- NASCIMENTO, D.A. do; GAVA, A.; PIRES, J.L.; TEIXEIRA, W. 1981. Geologia. In: PROJETO RADAMBRASIL. *Folha SA.24 Fortaleza: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Brasília, MME/SG. p. 9-212 (Lev. Rec. Nat. 21)
- SÁ, E.F.J. de. 1984. A evolução proterozóica da Província Borborema. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 11, Natal, 1984. *Atas...* Natal, SBG/NNE. p. 297-316. (Bol. 9)
- SÁ, E.F.J. de. 1987. Geology of the Seridó Fold Belt, NE Brazil. In: CORDANI, U.G. ed. *South American Geology*. (in press)
- SANTOS, E.J. dos & BRITO-NEVES, B.B. de. 1984. Província Borborema. In: ALMEIDA, F.F.M. de & HASUI, Y. coords. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Blücher. p. 123-186.
- SANTOS, E.J. dos; COUTINHO, M.G.N.; COSTA, M.P.A.; RAMALHO, R. 1984. A região de dobramentos nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o Cráton de São Luís e as bacias marginais. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. eds. *Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais*, escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM. p. 131-382.
- SANTOS, J.; HAMZA, V.M.; SHEN, P.Y. 1986. A method for measurement of terrestrial heat flow density in water wells. *Rev. Bras. Geof.*, 4:45-53.
- SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS, D.A. 1984. A evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. coords. *Geologia do Brasil. Texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica adjacente incluindo depósitos minerais*, escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM. p. 9-53.
- SHCHEGLOV, A.D. 1968. Endogenous deposits of the regions of autonomous activations. In: INTERN. GEOL. CONGR., 1968. *Proceed...* Sec. 7, p. 43-55. (Endogenous ore deposits)
- SHCHEGLOV, A.D. 1970. Main types of areas of tectono-magmatic activation. *Intern. Geol. Rev.*, 12(12):1473-1479.
- SYKES, L.R. 1978. Intraplate seismicity, reactivation of pre-existing zones of weakness, alkaline magmatism, and other tectonism post-dating continental fragmentation. *Rev. Geophys. Spac. Phys.*, 16(4):621-688.
- SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J.B.L.; ZANOTTO, O.; WOLFF, S. 1987. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. *Rev. Bras. Geoc.*, 17(2):180-188.

MANUSCRITO A600

Recebido em 16 de maio de 1989

Revisão do autor em 10 de julho de 1989

Revisão aceita em 12 de julho de 1989

Muitos eventos episódicos podem ser catastróficos e eventos catastróficos são sempre episódicos, e o registro da sedimentação normal é geralmente perdido no registro geológico.

Roger G. Walker, 1988, (autor de Facies Models), Entrev. p/Bol. 03 CTC Estrat. Sedim. SBG