

BACIA DO RECÔNCAVO: REAVALIAÇÃO GEOTÉRMICA

LUIZ CARLOS A. DE A. FONTES*

ABSTRACT The objective of this work was to re-examine the subsurface thermal behavior of the Recôncavo sedimentary basin, in order to improve the definition of its geothermal parameters: gradient, conductivity and heat flow. The corrected temperature gradients were calculated using bottom-hole temperatures, according to two different techniques. For the whole basin the average gradient was $28.4 \pm 2.7^\circ\text{C}/\text{km}$ using 151 wells. With the new measurements accomplished in the laboratory, for a total of 119 values, the Recôncavo Basin presented a mean value of $2.6 \pm 0.1 \text{ W}/\text{m}^\circ\text{C}$ for the thermal conductivity, resulting an average heat flow of $73.5 \pm 6.7 \text{ mW}/\text{m}^2$.

INTRODUÇÃO Os estudos geotérmicos na Bacia do Recôncavo foram iniciados por Meister (1973), que a caracterizou com um gradiente geotérmico médio da ordem de $22^\circ\text{C}/\text{km}$, a partir de 210 valores de temperatura de fundo de poço. Meister (1973), situou, geotermicamente, a Bacia do Recôncavo num Grupo denominado (A), considerando-a como tendo gradientes localmente altos a moderadamente altos.

Posteriormente, Carvalho & Vacquier (1977), a partir das mesmas temperaturas de fundo de poço, porém com 780 valores distribuídos nos seis principais campos de óleo da bacia, empregando a técnica estatística de regressão linear, obtiveram valores de gradientes geotérmicos médios para os campos de Água Grande ($19,6^\circ\text{C}/\text{km}$), Araçás ($20,4^\circ\text{C}/\text{km}$), Buracica ($15,0^\circ\text{C}/\text{km}$), Fazenda Imbé ($21,3^\circ\text{C}/\text{km}$), Miranga ($15,6^\circ\text{C}/\text{km}$) e Taquipe ($21,4^\circ\text{C}/\text{km}$). Obtiveram também, resultando num avanço dos estudos geotérmicos na bacia, um valor médio de $46,0 \pm 6,3 \text{ miliwatts}/\text{m}^2$ para o fluxo geotérmico local. Em ambas determinações do gradiente geotérmico, por Meister (1973) e por Carvalho & Vacquier (1977), nenhuma correção foi feita nas temperaturas de fundo de poço, objetivando a subtração dos efeitos das perturbações térmicas ocorridas durante a perfuração dos poços.

Neste trabalho, além das temperaturas terem sofrido correção, os gradientes geotérmicos foram calculados segundo duas técnicas diferentes. Novas medidas de condutividade térmica foram realizadas, com os diversos tipos litológicos que compõem a estratigrafia da bacia.

Sendo o fluxo geotérmico igual ao produto do gradiente geotérmico pela condutividade térmica, um novo valor médio para o fluxo de calor terrestre na bacia foi determinado, igual a $73,5 \pm 6,7 \text{ miliwatts}/\text{m}^2$.

A metodologia adotada, nesta reavaliação geotérmica, permitiu melhor definir os parâmetros geotérmicos da bacia: gradiente, condutividade e fluxo de calor.

DADOS BÁSICOS Nos últimos anos, a importância do estudo do fluxo de calor terrestre relacionado a problemas tectonofísicos tem geralmente sido reconhecida. As bacias sedimentares são de especial interesse nos estudos de fluxo de calor devido ao valor econômico das áreas com potencial em reservas de hidrocarbonetos e energia geotermal.

Para obtermos o fluxo de calor terrestre em uma área, determina-se o gradiente de temperatura que, multiplicado pela condutividade térmica das rochas da área estudada, fornece o fluxo de calor por unidade de área e por unidade de tempo.

Os campos de petróleo podem fornecer valores de fluxo geotérmico numa variedade de condições geológicas, porque as medidas de temperatura, juntamente com a profundidade onde elas são medidas, são registradas nos perfis elétricos normalmente feitos pelas companhias de petróleo. Durante esse procedimento, mede-se a temperatura pelo menos duas vezes à mesma profundidade, em diferentes tempos, permitindo que a temperatura real da formação possa ser extrapolada, pois a mesma foi perturbada durante a perfuração do poço. Essa temperatura é obtida a partir de um termômetro de máxima contido no corpo do aparelho de perfilagem. A partir das temperaturas extrapoladas, os gradientes geotérmicos médios reais podem ser calculados.

De um modo geral, toda perfuração passa através de vários tipos litológicos, e quanto maior for essa variedade, mais complexa é a determinação da condutividade térmica, pois será necessário maior número de medidas para obter um valor médio representativo para a área estudada. Esse tipo de problema fica resolvido quando a determinação de fluxo geotérmico é realizada utilizando poços situados em campos petrolíferos, pois além das temperaturas, as companhias petrolíferas possuem enormes coleções de testemunhos, representativos das litologias da bacia.

Os dados básicos utilizados, parcialmente, neste trabalho — que é parte de um projeto geotérmico mais amplo: História Térmica e Subsidência em Campos de Óleo da Bacia Sedimentar do Recôncavo-Bahia (Fontes, em preparação) —, foram gentilmente cedidos pela PETROBRÁS S.A., cujo apoio tem sido decisivo neste campo da pesquisa científica.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GERAIS DA BACIA DO RECÔNCAVO A Bacia Sedimentar do Recôncavo, ocupa uma área de aproximadamente 10.000 km^2 , na parte nordeste do Estado da Bahia.

Do ponto de vista estrutural e tectônico, a Bacia Sedimentar do Recôncavo constitui um "gráben-assimétrico", inclinado para leste, limitado pelas seguintes feições geoló-

* Centro de Ensino Técnico da Bahia — CETEBA/Universidade do Estado da Bahia — UNEB e Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica da Universidade Federal da Bahia, CEP 40000, Salvador, BA, Brasil.

gicas: ao norte, o Alto de Aporá um "horst" que a separa da Bacia de Tucano; ao sul, a Falha da Barra e os falhamentos que lhe dão continuidade para sudoeste, separando a da bacia costeira de Camamú; a leste, é interrompida pelo sistema de falhas de Salvador, que a põe de encontro ao "horst" de Salvador; a oeste, a falha de Maragogipe e o sistema de falhas que prosseguem para nordeste, separando a bacia do estudo cristalino. Está preenchida com sedimentos do Jurássico, Cretáceo, Terciário e, sob a designação de "Sedimentos de Praia e Aluviões", são englobados todos os sedimentos Quaternários e Recentes (Viana *et al.* 1971).

A Estratigrafia da Bacia do Recôncavo, portanto, data do Neo-Jurássico ao Recente. A coluna estratigráfica sedimentar que repousa sobre o Complexo do Embasamento e Remanescentes sedimentares paleozóicos compõe-se do Super Grupo Bahia, das Formações Marizal, Sabiá e Barreiras, e mais a dos "Sedimentos de Praia e Aluviões - S.P.A." (Fig. 1).

Os campos de óleo estudados neste trabalho são mostrados na Figura 2.

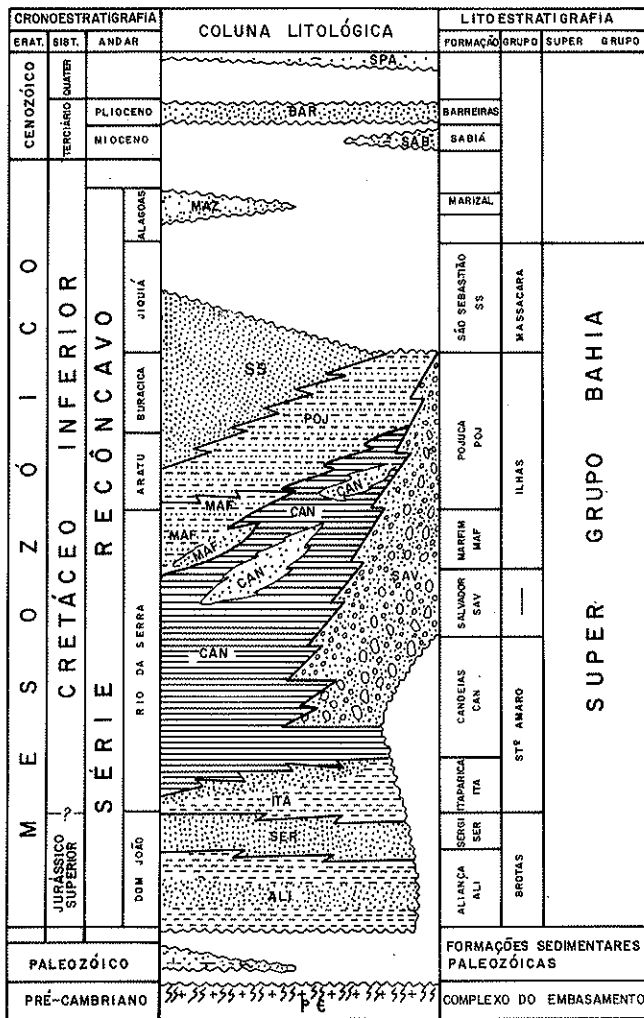


Figura 1 - Coluna estratigráfica da Bacia do Recôncavo, no Estado da Bahia (modificada de Viana *et al.* 1971, por Medeiros & Ponte, 1981)

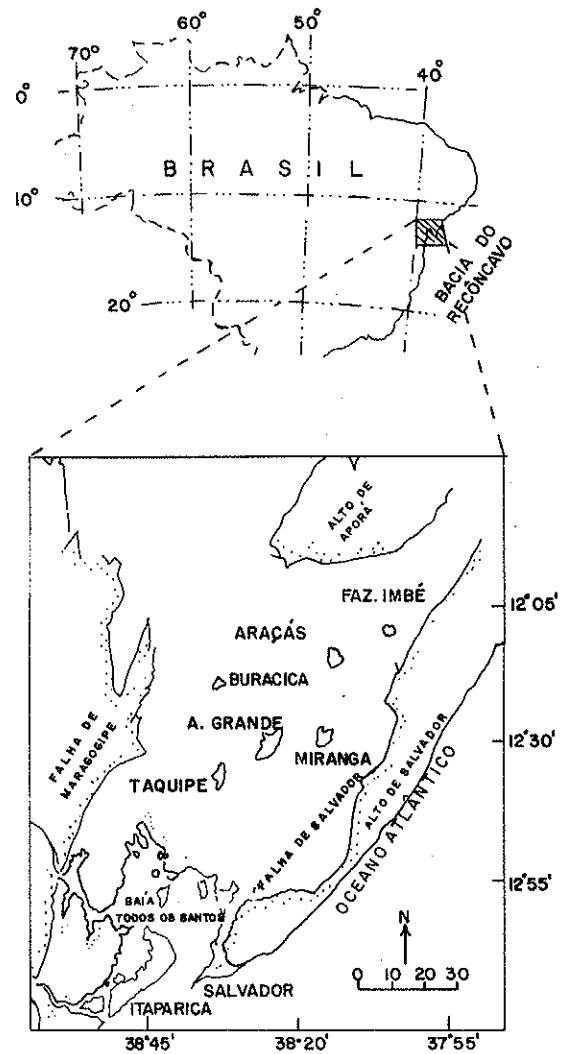


Figura 2 - Localização dos principais campos de petróleo na Bacia do Recôncavo, Bahia

DETERMINAÇÃO DO GRADIENTE GEOTÉRMICO

Neste trabalho, os gradientes geotérmicos foram determinados a partir de temperaturas de fundo de poço, medidas com termômetro de máxima, algumas horas após a parada da circulação do fluido de perfuração, durante um procedimento convencional denominado perfilagem de poço. Durante este procedimento, mede-se a temperatura pelo menos duas vezes à mesma profundidade, em diferentes tempos, permitindo que a temperatura real da formação possa ser extrapolada, pois a mesma foi perturbada durante a perfuração do poço.

As temperaturas foram então corrigidas através da utilização do nomograma para extrapolação da temperatura, da autoria de Lachenbruch & Brewer (1959), normalmente utilizado pela PETROBRÁS S.A. Para a obtenção da temperatura corrigida, foram utilizados os valores de temperatura lidos durante a perfilagem, o tempo de circulação e o tempo decorrido após a parada da circulação da lama no fundo do poço. Com as temperaturas corrigidas, os gradientes geotérmicos foram calculados por dois processos.

Cálculo dos Gradientes Geotérmicos: (Técnica Simplificada - valores individuais) Neste processo, os gradientes geotérmicos foram calculados (admitindo-se um aumento linear da temperatura com a profundidade) a partir da razão entre a diferença de temperatura do fundo e da boca do poço e a profundidade do mesmo, sendo determinado um único valor para cada poço. Tomou-se, para a boca do poço, a temperatura média anual da região, que é cerca de 25°C (Seplantec, Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia do Estado da Bahia, 1977).

Estes resultados sofreram um processo de cálculo estatístico (cálculo da média aritmética e do desvio padrão, com eliminação de valores atípicos para as características numéricas da série), sendo que o valor médio foi utilizado para caracterizar o campo.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados de cálculo dos gradientes geotérmicos médios na Bacia do Recôncavo

CAMPOS	GRAD. GEOT. NÃO CORRIGIDOS (°C/km)					GRAD. GEOT. CORRIGIDOS (°C/km)				
	\bar{G}_1	σ	\bar{G}_2	r^2	N	\bar{G}_{1c}	σ	\bar{G}_{2c}	r^2	N
ARAÇÁS	22,3	2,1	21,0	0,92	304	25,2	1,8	25,6	0,96	26
A. GRANDE	25,7	2,3	21,0	0,77	305	29,8	2,6	29,2	0,88	20
BURACICA	26,3	3,1	14,3*	0,29	157	32,6	3,2	21,1*	0,52	45
FAZ. IMBÉ	24,5	2,7	22,3	0,96	64	29,6	2,4	27,1	0,98	05
MIRANGA	24,4	2,6	19,4	0,85	324	28,4	2,0	30,9	0,90	60
TAQUIPE	23,7	2,4	19,6	0,79	129	25,0	1,7	44,3*	0,83	04
$\bar{G} \pm \sigma$ (°C/km)	24,5	1,3	20,7	1,1	1283	28,4	2,7	28,2	2,0	160

\bar{G}_1 : gradiente geotérmico médio (Técnica simplificada); \bar{G}_2 : gradiente geotérmico médio (Técnica de regressão linear); \bar{G}_1C e \bar{G}_2C : gradientes geotérmicos médios corrigidos; \bar{G} : valores médios; σ : desvio padrão (°C/km); N: número de valores utilizados nos cálculos; *: valores desprezados nos cálculos; r^2 : coeficiente de determinação

Cálculo dos Gradientes Geotérmicos (Técnica da Regressão Linear - valores globais)

A técnica adotada neste segundo processo de cálculo é semelhante àquela utilizada por Carvalho & Vacquier (1977). Utilizou-se da regressão linear, que é um processo estatístico de ajuste de uma reta pelo critério dos mínimos quadrados, para se obter a constante de regressão: o coeficiente angular da reta que melhor se ajusta ao agrupamento de todos os pares (temperatura, profundidade), que representa o gradiente geotérmico médio do campo. Obteve-se também uma segunda constante de regressão - o coeficiente de determinação r^2 ; que será encontrado entre 0 e 1, e indicará até que ponto a equação se ajusta aos dados experimentais: quanto mais próximo o valor de r^2 estiver de 1, tanto melhor o ajuste. Novos valores do par (temperatura, profundidade) foram acrescentados, resultantes de novas perfurações nos campos de óleo estudados, posteriores ao trabalho de Carvalho & Vacquier (1977).

Também, após a eliminação dos valores atípicos às características numéricas da série, obteve-se os parâmetros desejados, cujos resultados estão apresentados na Tab. 1.

DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

As amostras dos tipos litológicos que ocorrem na Bacia

do Recôncavo foram classificadas como calcários, folhelhos, arenitos, siltitos, conglomerados e embasamento. O embasamento foi subdividido em dois tipos: granitos e gnaisses.

Devido à necessidade de determinação da condutividade térmica de grande quantidade de testemunhos consolidados, representativos das rochas da bacia, foi utilizado um equipamento baseado no regime transiente de calor, denominado "Método do Fio Aquecido", desenvolvido por Carvalho *et al.* (1980). Este equipamento, com grande versatilidade, pois além de determinar a condutividade térmica de cada amostra litológica em cerca de dois minutos (outros métodos baseados no regime estacionário de calor levam cerca de 30 minutos), não requer preparação especial da amostra, a não ser em uma pequena área polida, com cerca de 6 cm², para fins de contato térmico.

A condutividade térmica média de toda a coluna rochosa atravessada por um poço é calculada a partir da espessura dos diferentes tipos de rochas que constituem a seção e suas respectivas condutividades térmicas. Os perfis elétricos compostos, que apresentam uma descrição litológica detalhada, permitiram determinar as espessuras das diversas litologias dentro de cada formação geológica. De posse da condutividade térmica dos diversos tipos litológicos, medidas em laboratório, foi possível calcular a condutividade térmica média de cada poço e, conseqüentemente de cada campo de óleo.

A condutividade térmica média em um poço é a média harmônica das condutividades das formações que constituem a coluna rochosa, entre as profundidades onde as temperaturas são conhecidas.

Supondo que numa formação geológica existam n camadas discretas de espessura L_1, \dots, L_n e condutividade K_1, \dots, K_n , admitindo-se o fluxo geotérmico uniforme numa dada seção, pode-se demonstrar que a condutividade térmica média da formação é dada por:

$$\bar{K}_F = \frac{\sum_1^n L_n}{\sum_1^n (L_n/\bar{K}_n)}$$

Portanto, as condutividades térmicas de 629 espécimens representativos das unidades estratigráficas foram medidas em laboratório, possibilitando o cálculo da condutividade térmica média dos campos estudados. Os resultados obtidos estão apresentados na Tab. 2. Os valores da condutividade térmica média dos diversos tipos litológicos, para as diversas formações da bacia do Recôncavo, serão apresentados em artigo a ser publicado paralelamente a este.

A condutividade térmica média de cada campo de óleo estudado foi obtida pela média aritmética dos resultados obtidos para cada poço.

DETERMINAÇÃO DO FLUXO GEOTÉRMICO

A transferência gradual da energia calorífica do interior para a superfície da Terra é um processo térmico denominado fluxo geotérmico. O fluxo geotérmico pode ser determinado, tomando o produto do gradiente geotérmico pela condutividade térmica da área estudada.

O fluxo geotérmico nos campos de óleo de Miranga, Taquipe, Araçás, Buracica, Água Grande e Fazenda Imbé foi calculado e os resultados estão apresentados na Tab. 3.

Tabela 2 – Resultados de condutividade térmica média na Bacia do Recôncavo

CAMPOS	FORMAÇÕES GEOLÓGICAS ($\bar{K} = W/m \cdot ^\circ C$)									$\bar{K} \pm \sigma$ ($W/m \cdot ^\circ C$)
	EMBASAM.	ALI	SER	ITA	CAN	SAV	MAF	POJ	SS	
ARAÇÁS	n=1 2,8	n=6 2,4±0,2	n=15 3,4±0,2	n=15 3,1±0,1	n=18 2,2±0,2	-	n=21 3,1±0,2	n=23 2,8±0,1	n=22 2,6±0,2	N=23 2,6±0,2
A. GRANDE	-	-	-	n=8 3,0±0,1	n=15 2,2±0,1	-	n=15 2,8±0,1	n=18 2,7±0,1	n=9 2,7±0,2	N=18 2,4±0,3
BURACICA	n=1 2,8	n=1 2,8	n=7 3,5±0,2	n=12 3,0±0,1	n=11 2,0±0,1	-	n=10 3,0±0,1	n=11 2,8±0,1	n=8 2,8±0,2	N=13 2,6±0,1
FAZ. IMBÉ	n=10 2,8±0,1	n=5 2,3±0,1	n=5 3,3±0,3	n=1 3,6	n=12 2,2±0,1	-	n=17 3,0±0,2	n=20 2,8±0,1	n=20 2,3±0,2	N=23 2,5±0,2
MIRANGA	-	-	-	n=1 3,1	n=6 2,3±0,2	-	n=6 3,0±0,3	n=20 2,8±0,1	n=24 2,7±0,1	N=24 2,7±0,1
TAQUIPE	-	-	n=1 3,7	n=3 2,9±0,1	n=6 2,9±0,1	n=1 3,2	n=10 3,0±0,3	n=15 2,8±0,1	n=17 2,5±0,1	N=18 2,6±0,1
$\bar{K} \pm \sigma$ ($W/m \cdot ^\circ C$)	2,8±0,1 N=12	2,5±0,2 N=12	3,5±0,2 N=28	3,1±0,2 N=40	2,2±0,1 N=67	3,2 N=1	3,0±0,2 N=79	2,8±0,1 N=107	2,6±0,2 N=100	N=119 2,6±0,1

n: número de poços perfurados que atravessam total ou parcialmente a formação geológica indicada, correspondendo ao número de valores utilizados para caracterizar a condutividade térmica média da formação, no campo estudado; *N*: número de valores utilizados para o cálculo do valor médio aritmético para a condutividade térmica do campo de óleo, das formações e da bacia; σ : desvio padrão ($W/m^\circ C$).

Tabela 3 – Resumo do gradiente, condutividade e fluxo geotérmico na Bacia do Recôncavo

CAMPOS	GRAD. GEOT. CORRIGIDO		COND. TÉRMICA MÉDIA		FLUXO GEOTÉRMICO	
	$\bar{G} \pm \sigma$ ($^\circ C/km$)	N	$\bar{K} \pm \sigma$ ($W/m \cdot ^\circ C$)	N	$\bar{F}_G \pm \sigma$ (mW/m^2)	
ARAÇÁS	25,2 ± 1,8	26	2,6 ± 0,2	2,5	66,5 ± 9,2	
A. GRANDE	29,8 ± 2,6	20	2,4 ± 0,3	18	71,1 ± 13,4	
BURACICA	32,8 ± 3,2	45	2,6 ± 0,1	13	85,7 ± 10,0	
FAZ. IMBÉ	29,6 ± 2,4	05	2,5 ± 0,2	20	74,8 ± 10,5	
MIRANGA	28,4 ± 2,0	60	2,7 ± 0,1	24	76,9 ± 8,4	
TAQUIPE	28,0 ± 1,7	04	2,6 ± 0,1	18	68,0 ± 5,8	
M. ARITMÉTICA & DESVIO PADRÃO	28,4 ± 2,7	151	2,6 ± 0,1	118	73,5 ± 6,7	

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Análise dos resultados para o gradiente geotérmico Num gráfico, as temperaturas marcadas contra a profundidade para cada poço de um campo de óleo geralmente mostram considerável dispersão (Carvalho & Vacquier 1977; figuras 3 a 8). Além dos erros experimentais, há uma série de fatores que dificultam a obtenção de um valor preciso do gradiente geotérmico. Esta dispersão provavelmente é devida ao fato de que os poços de óleo estão geralmente espalhados sobre uma área extensa e a estrutura geológica e o nível d'água subterrâneo não são os mesmos para os diferentes poços. Ainda que essas fontes de erros possam estar presentes no uso dos dados de temperatura de fundo de poço,

vários autores têm mostrado que essa técnica dá razoável aproximação do gradiente geotérmico médio real (Uyeda & Horai 1960; Schoepel & Gilarrans 1966, Summers 1972, Schlumberger *et al.* 1937).

A partir de 1 283 valores de temperatura de fundo de poço, correspondentes aos campos de óleo estudados, determinou-se o gradiente geotérmico médio não corrigido, para a bacia. Após a eliminação de valores atípicos às características numéricas da série, em cada campo, obteve-se pela Técnica Simplificada o valor médio aritmético igual a $\bar{G}_1 = 24,5 \pm 1,3^\circ C/km$, enquanto que pela técnica da regressão linear, resultou em $\bar{G}_2 = 20,7 \pm 1,1^\circ C/km$ (excluindo o valor médio referente ao campo de Buracica).

Com a correção das temperaturas e a eliminação de valores expúrios à série, em cada campo, o gradiente geotérmico médio real, calculado pela Técnica Simplificada, resultou em $G_{1C} = 28,4 \pm 2,7^\circ C/km$. Infelizmente foi pequeno o número de valores de temperaturas corrigidas para os campos de Fazenda Imbé e Taquipe, mas foi o máximo que pudemos conseguir. Por regressão linear, os valores obtidos foram $\bar{G}_{2C} = 28,2 \pm 2,0^\circ C/km$ (eliminando-se os valores médios correspondentes aos campos de Buracica e Taquipe).

Os valores obtidos, por ambos os processos de cálculo utilizados, para o gradiente geotérmico médio real são praticamente iguais. A técnica da regressão linear poderá ser aplicada, porém apresentará valores irrealistas de gradientes, quando as temperaturas de fundo de poço forem medidas em poços perfurados quase que à mesma profundidade, como acontece com os dados de temperatura dos campos de Água Grande, Buracica e Taquipe. No campo de Buraci-

ca, a técnica da regressão linear não se aplica, onde as constantes de regressão obtidas foram $G_1 = 14,3^{\circ}\text{C}/\text{km}$ e r^2 igual a 0,29. Esse último valor demonstra que nenhuma confiabilidade deve-se ter no valor resultante para o gradiente geotérmico médio. Nos demais campos, o coeficiente de determinação, r^2 , variou de 0,77 a 0,96 (com ajuste aos dados considerados de bom a ótimo), para os gradientes geotérmicos não corrigidos. O mesmo se verifica para os gradientes geotérmicos corrigidos, onde a exceção ocorre apenas para o campo de Buracica ($r^2 = 0,52$); neste caso os valores do coeficiente de determinação variaram de 0,83 a 0,98. Porém, no cálculo do gradiente geotérmico médio real para a bacia, eliminou-se o valor correspondente ao campo de Buracica, por apresentar um ajuste aos dados apenas regular, com pouca confiabilidade estatística.

Analisando os resultados obtidos pela Técnica Simplificada, os valores médios, tanto para os gradientes geotérmicos não corrigidos quanto para os corrigidos, observou-se que os erros relativos percentuais foram inferiores à 11%, demonstrando a boa qualidade dos resultados obtidos, em termos práticos.

Portanto, a Bacia do Recôncavo fica caracterizada por um gradiente geotérmico médio real da ordem de $28,4^{\circ}\text{C}/\text{km}$, enquanto que, individualmente, cada campo está caracterizado pelos valores registrados na Tabela 1, com as observações já citadas, prevalecendo aqueles valores calculados pela Técnica Simplificada, como os mais representativos para os campos: Araçás ($25,2^{\circ}\text{C}/\text{km}$), Água Grande ($29,8^{\circ}\text{C}/\text{km}$), Buracica ($32,6^{\circ}\text{C}/\text{km}$), Fazenda Imbé ($29,6^{\circ}\text{C}/\text{km}$), Miranga ($28,4^{\circ}\text{C}/\text{km}$) e Taquipe ($25,0^{\circ}\text{C}/\text{km}$).

Análise dos resultados para a condutividade térmica A Bacia do Recôncavo apresenta um valor médio para a condutividade térmica igual a $2,6 \pm 0,1 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$, obtido do cômputo de 119 valores de condutividade térmica média de cada poço, em cada um dos campos estudados: Araçás (23), Água Grande (18), Buracica (13), Taquipe (18), Miranga (24) e Fazenda Imbé (23).

A condutividade térmica média nos campos estudados variou de um valor mínimo igual a $2,4 \pm 0,3 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$, para o campo de Água Grande, a um valor máximo de $2,7 \pm 0,1 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$, para o campo de Miranga.

A pequena dispersão dos números em torno dos valores médios da condutividade térmica, sugere certa uniformidade estratigráfica entre os seis campos estudados. Porém, reflete, sobre o valor médio obtido em cada tempo, os efeitos geológicos causados pela erosão ou não deposição de determinadas formações, que estão ausentes na coluna estratigráfica de alguns poços que foram estudados para a determinação da condutividade térmica de cada poço, nos campos de Miranga (Formação Marfim), Araçás (Formação Itaparica), Fazenda Imbé (Formação Itaparica), Buracica (Formações São Sebastião e Candeias), etc. Causa dispersão, também, a variação da razão arenito/folhelho dentro de cada formação, em cada campo, principalmente quando o contraste de condutividade térmica dos componentes litológicos arenito e folhelho é acentuado.

Os valores obtidos, neste trabalho, para a condutividade térmica média, diferem daqueles apresentados por Carvalho & Vacquier (1977; Tab. 1), não apenas devido a uma maior quantidade de amostras em que foram medidas suas condutividades térmicas, com melhor representatividade espacial, como também por termos trabalhado com a condutividade térmica média das formações.

Análise dos resultados para o fluxo geotérmico A Bacia do Recôncavo é classificada como sendo do tipo III ou *rift-valley* (Asmus & Porto, 1972). Valores elevados de fluxo de calor têm sido registrados em todas as bacias dessa categoria, nas diversas partes do mundo, tais como no sul da Louisiana, na parte meridional do Mar Vermelho, etc.

A Bacia do Recôncavo ficou caracterizada, a partir da média aritmética dos valores de fluxo geotérmico nos campos de Água Grande (71,1 UFC), Araçás (66,5 UFC), Buracica (85,7 UFC), Fazenda Imbé (74,8 UFC), Miranga (76,9 UFC) e Taquipe (66,0 UFC), por um valor igual a $73,5 \pm 6,7 \text{ UFC}$ (UFC significa Unidades de Fluxo de Calor, em $\text{miliwatts}/\text{m}^2$).

As diferenças verificadas nos valores individuais de fluxo geotérmico nos campos de óleo são, principalmente, causadas pelos valores de gradientes geotérmicos. O valor elevado para o fluxo geotérmico no campo de Buracica (85,7 UFC) é decorrente da elevação do embasamento deste campo de óleo, que está bastante raso — cerca de 1.000 metros abaixo do nível do mar. O reservatório deste campo, onde as temperaturas foram medidas, está situado a uma profundidade média de 700 metros, o que deve ter influído sobre o valor obtido para o gradiente geotérmico.

Na Tabela 3, apresentamos um resumo do gradiente, condutividade térmica e fluxo geotérmico para a Bacia do Recôncavo, como um resultado dessa reavaliação geotérmica, passo inicial de um projeto geotérmico mais amplo.

CONCLUSÕES Após a correção das temperaturas de fundo de poço, subtraindo os efeitos das perturbações térmicas ocorridas durante a perfuração dos poços, a Bacia do Recôncavo ficou melhor caracterizada termicamente. O valor de $73,5 \pm 6,7 \text{ miliwatts}/\text{m}^2$ obtido para o fluxo geotérmico é significativo, sendo 60% maior que o valor estimado por Carvalho & Vacquier (1977). À medida que novos resultados forem sendo obtidos, uma definição mais clara será delineada, quanto ao modelo de subsidência térmica a ser utilizado, dentre os atualmente conhecidos, no estudo da evolução termo-tectônica desta bacia.

Agradecimentos À PETROBRÁS S.A. pelo fornecimento dos dados básicos utilizados no presente trabalho. À CAPES pelos recursos financeiros concedidos para o desenvolvimento deste trabalho, na forma de bolsa de estudo, através do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica da Universidade Federal da Bahia.

O autor expressa seus agradecimentos ao Dr. Valiya M. Hamza e ao geólogo Francisco Ceiso Ponte pelas sugestões técnicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASMUS, H.E. & PORTO, R. — 1972 — Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. In: CONGR. BRAS. GEOL., 27, Belém, 1972, Anais. . . Belém, SBG, v. 2, p. 67-90.

CARVALHO, H.S. & VACQUIER, V. — 1977 — Method for determining terrestrial heat flow in oil fields. *Geophysics*, 42(3): 584-593.

- CARVALHO, H.S.; PURWOKO Ir.; SISWOYO Ir.; THAMRIN, Ir. M.; VACQUIER, V. - 1980 - Terrestrial heat flow in the Tertiary basin of Central Sumatra. *Tectonophysics*, 69: 163-168.
- FONTES, L.C.A.A. - em preparação - Programa de Pesquisa e pós-graduação em Geofísica da Universidade Federal da Bahia. Tese de doutoramento.
- LACHENBRUCH, A.H. & BREWER, M.C. - 1959 - Dissipation of the temperature effect in drilling a well in Artic Alaska. *U.S. Geol. Surv. Bull.*, 1083-C: 73-109.
- MEDEIROS, R.A. & PONTE, F.C. - 1981 - *Roteiro geológico da Bacia do Recôncavo-Bahia*. Salvador, PETROBRÁS-SENBA, 63 p.
- MEISTER, E.M. - 1973 - Gradientes geotérmicos nas bacias sedimentares brasileiras. *Bol. Tec. PETROBRÁS*, 16(4): 221-232.
- SCHLUMBERGER, M.; DOLL, H.G.; PEREBINOSOFF, A.A. - 1937 - Temperature measurements in oil wells. *Jour. Pet. Tech.*, 23(1): 1-25.
- SCHOEPEL, R.J. & GILARRANS, S. - 1966 - Use of well log temperatures to evaluate regional geothermal gradients. *Jour. Pet. Tech.*, 18: 667-673.
- SEPLANTEC - 1977 - *Atlas climatológico do Estado da Bahia*. Documento 4, 27 p.
- SUMMERS, W.K. - 1972 - Approximation of thermal gradient in southeastern New Mexico using bottom-hole temperatures from electric logs. *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol.*, 56: 2072-2074.
- VIANA, C.F.; GAMA JR., E.G.; SIMÕES, I.A.; MOURA, J.A.; FONSECA, J.R.; ALVES, R.J. - 1971 - Revisão estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano. *Bol. Tec. PETROBRÁS*, 14 (3/4): 157-192.
- UYEDA, S. & HORAI, K. - 1960 - Studies of the thermal state of the earth terrestrial heat flow at Innai oil field, Akita Prefecture, and three localities in Kanto district, Japan. *Earthquake Research Inst. Bull.*, 38: 421-436.

MANUSCRITO

Recebido em 28 de agosto de 1984

Revisão aceita em 11 de fevereiro de 1985

Desde que nenhum evento desponta intrinsecamente de si mesmo, nossa razão para ligar um evento mais antigo com outro mais novo, por assumir que um não teria ocorrido nas circunstâncias dadas, sem que o outro o tivesse precedido, deve se basear em nossa aceitação de algumas hipóteses gerais; o que quer dizer que nós explicamos o evento posterior correlacionando-o com o precedente.

A.J. Ayver, 1958, *The problem of Knowledge*, London, p. 182-183.