

LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO DA REGIÃO COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA (CEARÁ – BRASIL)⁽¹⁾

Edsard de Andrade
Jáder Onofre de Morais⁽²⁾

Laboratório de Ciências do Mar
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará – Brasil

A área objeto do presente trabalho encontra-se situada ao longo da costa de Fortaleza, envolvendo a região praiana, campos de dunas e foz dos rios Ceará, Cocó e Pacoti.

O método radiométrico tem sido freqüentemente utilizado na prospecção de minerais radioativos, utilizando técnicas e procedimentos clássicos. Este trabalho, além da detecção de concentrações de minerais pesados em caráter local, comprovou também a eficácia do método para o levantamento geológico propriamente dito, uma vez que permitiu distinguir litologias ao longo dos perfis executados.

Na praia de Iparana foi efetuado um levantamento de detalhe, na tentativa de obter melhores resultados já que evidenciou-se uma área anômala, e que também foi detectado nas dunas da Praia do Porto das Dunas.

MATERIAL E MÉTODO

O equipamento utilizado para a prospecção da costa de Fortaleza foi um

(1) Trabalho realizado com apoio financeiro da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará.

(2) Professor Titular do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará e Pesquisador do Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

cintilômetro de contagem total, de fabricação francesa, modelo SPP-2, pertencente à residência da NUCLEBRÁS em Fortaleza.

O levantamento de campo realizado na área constou basicamente da obtenção de leituras de radiação total nas diversas estações, estabelecidas ao longo dos perfis A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', G-G' e H-H' (figura 1).

O espaçamento entre as estações variou de 100 a 400 metros, sendo que no Perfil H-H' foi realizado um levantamento de detalhe com espaçamento variando de 10 a 20 metros entre as estações de leitura.

Foram efetuados perfis de praias, dunas e foz dos rios Ceará, Pacoti e Cocó, bem como de áreas mais para o interior, envolvendo os limites da planície costeira e englobando, em alguns casos, sedimentos plio-pleistocênicos e sedimentos eólicos.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

O município de Fortaleza e área adjacente apresentam três feições geológicas distintas (Morais, 1980), representadas respectivamente pelos terrenos cristalinos, vulcanismo alcalino ao longo do paralelo 4°S e faixa sedimentar costeira.

migram com velocidade aproximada de $0,045\text{g/cm}^2/\text{s}$ para uma velocidade média do vento de 9 m/s . Dunas fixas ou paleodunas ocorrem em um nível mais rebaixado, às vezes são recobertas pelas dunas móveis, são mais oxidadas, com sedimentos bem selecionados, com coloração variando de cinza a avermelhada.

Os aluviões situam-se nos vales dos principais rios que drenam a área, no caso os rios Ceará, Cocó e Pacoti e nas regiões de baixadas. São, portanto, todos os depósitos fluviais ou lagunares recentes.

As rochas-de-praia localizam-se nas embocaduras dos rios Pacoti, Cocó e Ceará, sempre a jusante da corrente litorânea e também na Praia dos Dois Coqueiros (figura 1).

Esses arenitos, relacionados com embocadura de rios, são de origem flúvio-marinha (Morais, 1980), cimentados pela precipitação de carbonato de cálcio provocada pela diferença de saturação das águas doce e salgada. Já as rochas-de-praia, encontradas na Volta da Jurema, são classificadas como sendo arenitos cimentados por óxido de ferro de origem continental (Morais, 1968).

ANÁLISE DOS PERFIS

Perfil A-A' — este perfil foi utilizado ao longo das Praias de Sabiaguaba, Cofeco e Porto das Dunas, iniciando-se na margem direita do Rio Cocó até a Praia do Porto das Dunas, conforme a figura 2. Foram feitas ao longo das praias e dunas 24 estações e 72 leituras, que variaram de 4 a $40\ \mu\text{r/h}$, efetuadas em rochas-de-praia e em dunas. Os valores médios encontrados nas rochas-de-praia ficaram em torno de $5\ \mu\text{r/h}$; o mesmo ocorreu ao longo das dunas, com exceção daquelas situadas logo após a ponte sobre o Rio Pacoti, que apresentaram resultados em torno de $40\ \mu\text{r/h}$, constituindo uma anomalia de caráter local, conforme pode ser constatado na figura 2-A. Esta anomalia, situada entre

as estações 19 e 20, está relacionada à concentração de minerais pesados encontrados na duna. Após análise de laboratório observou-se que os minerais pesados mais importantes encontrados entre aquelas estações forneceram os seguintes teores: ilmenita (5 a 15 kg/t); estaurólita ($0,001$ a $0,54\text{ kg/t}$); epidoto ($0,60$ a $0,90\text{ kg/t}$) e zircão ($0,0030$ a $2,4\text{ kg/t}$). Apesar dos pequenos valores encontrados para o mineral pesado zircão, acreditamos ser este o responsável por esta anomalia, uma vez que trata-se de um mineral rico em radiação.

Perfil B-B' — neste perfil utilizou-se o mesmo percurso do perfil A-A', só que as leituras foram realizadas ao longo das Praias de Sabiaguaba, Cofeco e Porto das Dunas, com leituras na berma e estirâncio, conforme a figura 2-B. No perfil foram feitas 27 estações com 81 leituras, variando de 4 a $6\ \mu\text{r/h}$. Estes valores, considerados muito baixos, podem ser explicados por se tratar de praias constituídas de areias quartzosas, pobres em plácemes de minerais pesados.

Perfil C-C' — este perfil é uma continuação para norte do perfil anterior, iniciando-se na margem esquerda do Rio Cocó, até a Praia do Farol, no Porto do Mucuripe. Neste perfil foram feitas 23 estações com 69 leituras, variando entre 4 a $12\ \mu\text{r/h}$, conforme a figura 3-A. A maioria das leituras ficaram em torno de $5\ \mu\text{r/h}$, sendo que o valor de $12\ \mu\text{r/h}$, encontra-se associado a um esgoto localizado na Praia do Futuro. Neste caso, acredita-se que este valor se relaciona com a ocorrência de detritos residenciais, que talvez provoquem esta pequena anomalia. Os demais valores encontram-se associados a areias quartzosas das praias e ao mangue localizado na margem esquerda do Rio Cocó.

Perfil D-D' — este perfil foi realizado ao longo da Praia de Iracema, Avenida Beira Mar e Dunas do Mucuripe. Foram feitas 9 estações e realizadas 21 leituras ao todo, sendo 9 no estirâncio, 9 na berma e 3 nas dunas. Pelos dados obtidos

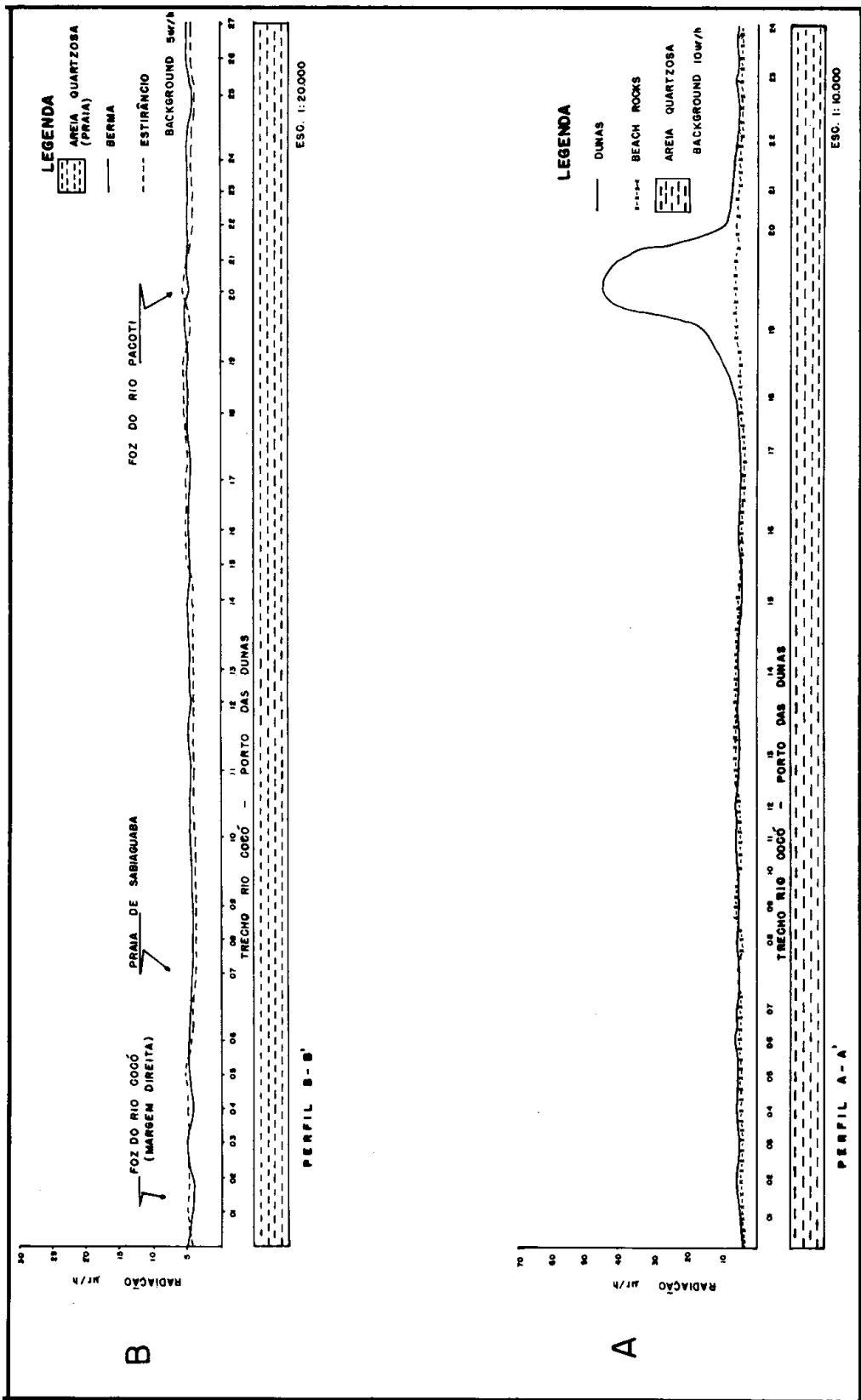


Figura 2 — A: variação nos valores da radiação ao longo do perfil A-A'; B: variação nos valores da radiação ao longo do perfil B-B'.

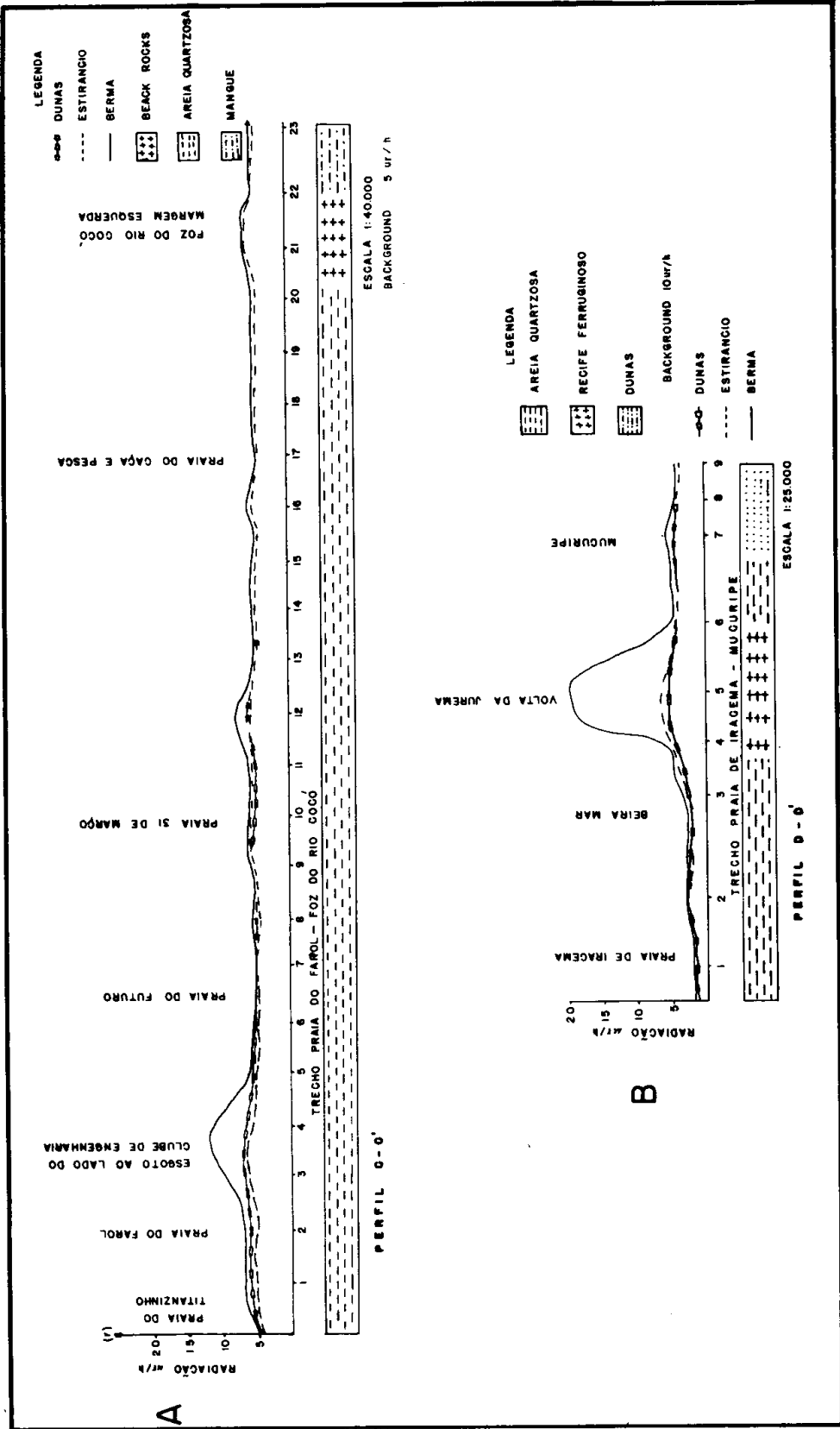


Figura 3 - A: variação nos valores da radiação ao longo do perfil C-C'; B: variação nos valores da radiação ao longo do perfil D-D'.

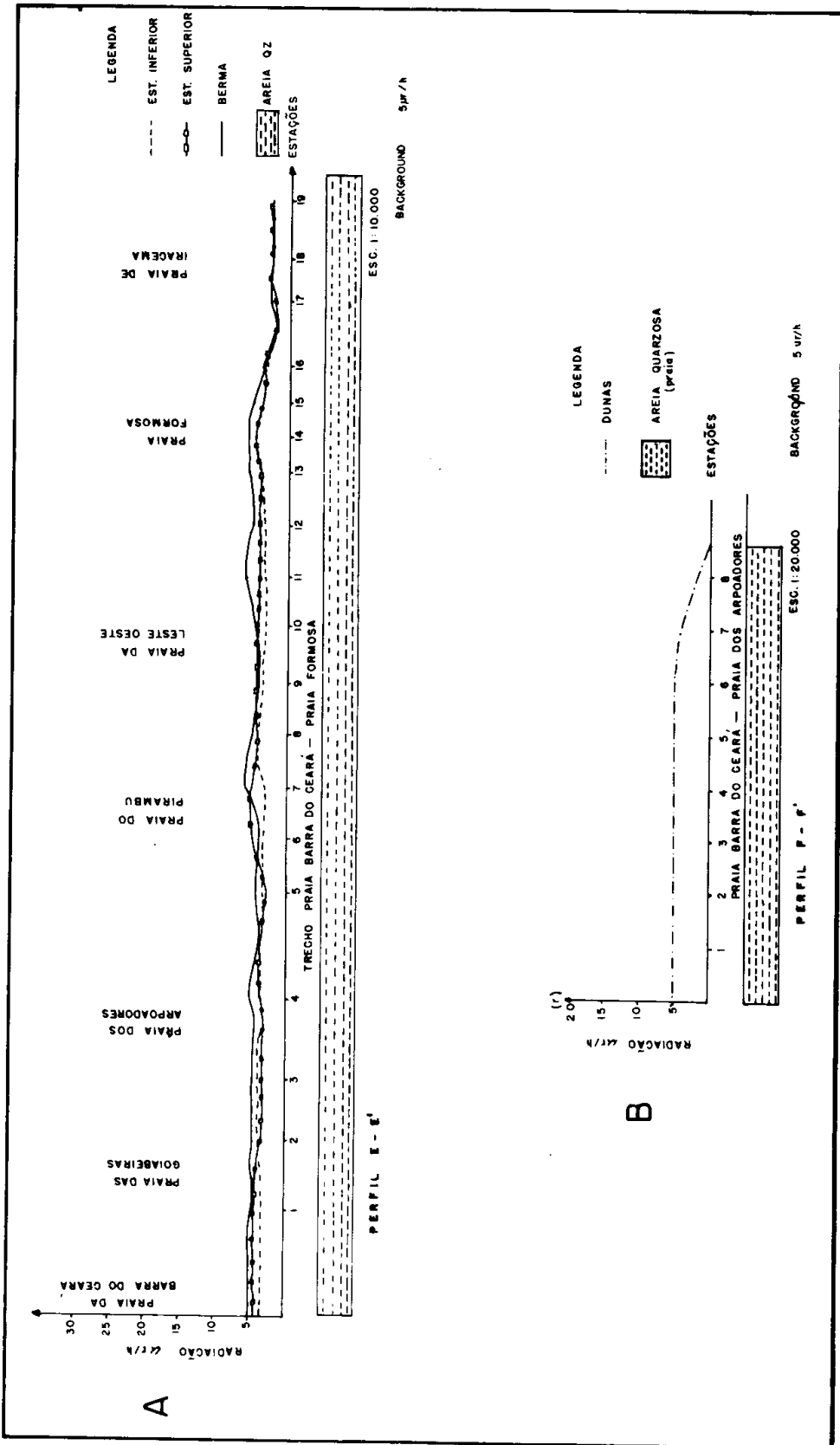


Figura 4 - A: variação nos valores da radiação ao longo do perfil E-E'; B: variação nos valores da radiação ao longo do perfil F-F'.

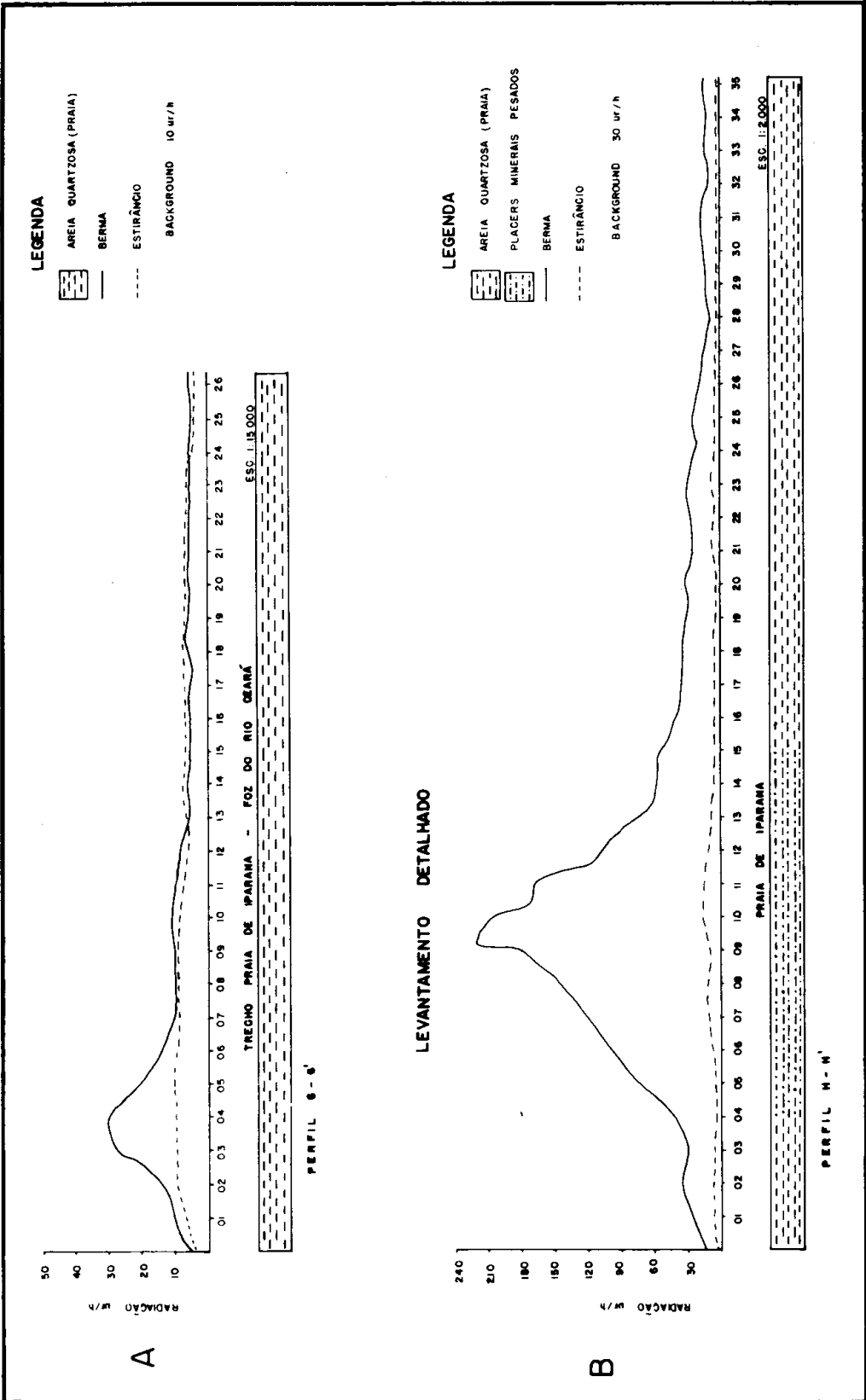


Figura 5 - A: variação nos valores de radiação ao longo do perfil G-G'; B: variação nos valores de radiação ao longo do perfil H-H'.

(figura 3-B), pôde-se observar que as leituras variaram de 3 a 12 $\mu r/h$. Os valores situados abaixo de 5 $\mu r/h$, estão associados a areias quartzosas de praias e dunas, desprovidas de minerais pesados, enquanto o valor de 17 $\mu r/h$ mostra-se associado a ocorrência de rochas-de-praia situadas em frente à Volta da Jurema, significando uma pequena anomalia de caráter local, sem significado econômico.

Perfil E-E' — este perfil foi realizado desde a margem direita do Rio Ceará até a Praia de Iracema, totalizando cerca de 19 estações e 47 leituras, na berma, estirâncio superior e inferior (figura 4-A). Com relação ao perfil, pôde-se dizer que o mesmo é marcado por um comportamento regular nas leituras, que se caracteriza por apresentar valores menores do que 7 $\mu r/h$, em função da ausência de placeres de minerais pesados e pela predominância de areia quartzosa ao longo das praias.

Perfil F-F' — este perfil constou apenas de leituras efetuadas ao longo de 8 estações, nas dunas. Através da análise da figura 4-B, pôde-se observar que as mesmas apresentam valores menores do que 6 $\mu r/h$, fato que pode ser explicado pela quase inexistência de minerais pesados na parte superior das dunas, e por estas serem constituídas de areias quartzosas, não apresentando, portanto, nenhuma anomalia radiométrica.

Perfil G-G' — este perfil foi realizado no trecho compreendido entre a Praia de Iparana e a foz do Rio Ceará, em 26 estações com 52 leituras, no estirâncio e na bema. Pela análise da figura 5-A, observa-se que houve uma variação nas leituras de 5 a 35 $\mu r/h$. O trecho entre as estações 1 e 5 (Praia de Iparana) foi o que apresentou valores anômalos, ligados a placeres ricos em minerais pesados.

As demais leituras ficaram em torno de 10 $\mu r/h$, determinadas possivelmente por pequenas concentrações de minerais pesados.

LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO DE DETALHE

Perfil H-H'

Foi realizado ao longo do perfil G-G', iniciando-se na estação 1 e indo até a estação 7, ao longo do estirâncio e na berma, com espaçamento de 20 metros entre uma estação e outra. Foram realizadas ao todo 35 estações com 70 leituras, perfazendo aproximadamente 800 metros de perfil, conforme pôde-se observar na figura 5-B. Pelos dados obtidos nesse levantamento detalhado, observa-se que se trata de uma área anômala, associada a placeres de minerais pesados, apresentando um trecho com elevados valores de radiação, localizado na berma, entre as estações 5 e 12, cujo máximo de 220 $\mu r/h$, registrado na estação 9, pôde ser considerado significativo do ponto de vista econômico. Outros pequenos picos, com valores entre 15 e 33 $\mu r/h$, mostram também uma relação com placeres de minerais pesados, só que com espessura menor que os anteriores.

Um estudo de minerais pesados efetuado nessa área revelou concentração para os seguintes minerais:

- Ilmenita (1,2 a 31,05 kg/t)
- Zirconita (0,03 a 3,92 kg/t)
- Epidoto (0,5 a 1,8 kg/t)
- Monazita (0,001 a 0,05 kg/t)
- Estaurolita (0,08 a 0,85 kg/t)
- Hornblenda (0,55 a 2,30 kg/t)

DISCUSSÃO

No levantamento radiométrico geral, foram utilizados 7 perfis, totalizando cerca de 300 leituras ao longo de 40 km. Foram escolhidas as escalas de 1:40.000, 1:25.000, 1:20.000, 1:15.000 e 1:10.000, com espaçamento entre os perfis variando de 100 a 400 metros. Como o equipamento utilizado fornecia leituras em Cps (choque por segundo), foi usada a relação "5 Cps = 1 $\mu r/h$,"

com a finalidade de transformação da unidade "miliroentgen por hora", por tratar-se de uma unidade mais técnica e de melhor representação nos gráficos. A radiação cósmica foi subtraída e estava por volta de $0,25 \mu\text{r/h}$. Como se pode observar nos gráficos representando os perfis de leituras, os valores mais comuns encontrados estão na faixa de $5 \mu\text{r/h}$ a $20 \mu\text{r/h}$. Dessa forma, o *background* geral da área encontra-se a meio termo desses valores. Apenas duas anomalias foram detectadas, uma das quais registrada com valor de $40 \mu\text{r/h}$, sobre uma duna após a passagem da ponta do Rio Cocó, e, por varredura, identificada como pontual. A outra anomalia apresentou um valor de $35 \mu\text{r/h}$, na Praia de Iparana, e por ser relacionada com placeres de minerais pesados, foi feito um levantamento de detalhe desse trecho, cujas dimensões de 800 m de comprimento e 30 cm de espessura o definem como economicamente viável por apresentar valores acima de $200 \mu\text{r/h}$.

CONCLUSÕES

1 — Sob o ponto de vista geológico, o método apresenta um comportamento excelente a nível de detalhe, demonstrado nos gráficos, quando se distinguem as litologias: areia quartzosa de praia, placeres com minerais pesados, dunas etc.

2 — A zirconita é o mineral pesado responsável pela alta radioatividade obtida nos placeres da Praia de Iparana e nas dunas da Praia do Porto das Dunas.

3 — Duas áreas anômalas foram detectadas: uma de caráter pontual, localizada nas dunas da Praia Porto das Dunas. A outra anomalia, ligada a placeres de minerais pesados (ilmenita, zirconita, estauroлита, hornblenda e epidoto), localiza-se na Praia de Iparana, perfil G-G'.

4 — O levantamento de detalhe, efetuado na zona anômala do perfil

G-G', permitiu delimitar a extensão dos placeres em aproximadamente 800 m, com espessura média de 30 cm e definida como economicamente viável.

SUMMARY

English title: Radiometric survey in the coastal region of Fortaleza county, Brazil.

A radiometric survey has been carried out along the coastal region of Fortaleza using a cintilometer model SPP-2, through several tracks and profiles during 10 months. The stations along the tracks were placed 100 to 400 meters apart, but in some places where details were necessary it has been done at each 10 meters. The profiles stretched along the river mouths, coastal plains and in Plio-Pleistocene sediments and dunes.

After a general description of local geology and geomorfology associated with the results of the radiometric survey, some conclusions have been worked out such as: under the geologic point of view this method has been proved as an excellent tool to define the different litologies; two placeres have been detected, and the zirconite has been considered as responsible for the high level of anomalies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, E. et al., 1985. *Levantamento radiométrico da costa de Aracati a Icapuí — Ceará — Brasil*. Anais do III Encontro de Gerenciamento Costeiro, Fortaleza.

Andrade, E., 1986. *Geologia sedimentar da costa de Aracati a Icapuí — Ceará — Brasil*. Tese de Mestrado defendida junto ao Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, 112 pp., Recife.

Coutinho, J. M. V. & A. M. Coimbra, 1974. *Os pesados do Barreiras na costa oriental brasileira: estudo de áreas-fonte*, in Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, pp. 27-47, São Paulo.

Gomes, J. R. G. et al., 1981. *Projeto RADAMBRASIL — levantamento de recursos*

naturais. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, 744 pp., Rio de Janeiro.

Morais, J. O., 1968. Contribuição ao estudo dos "beach-rocks" do Nordeste do Brasil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe.*, Recife, 9/11: 79-94.

Morais, J. O., 1980. *Aspectos de geologia ambiental costeira no município de Fortaleza (Estado do Ceará)*. Tese apresentada ao Depar-

tamento de Geociências da Universidade Federal do Ceará, como prerequisite para a seleção do cargo de Professor Titular, 282 pp., Fortaleza.

Morais, J. O. & J. V. Souza, 1971. Transporte e sedimentação de dunas no município de Fortaleza (Ceará - Brasil). *Estudos Sedimentológicos*, Natal 7 (1): 73-81.

Vandoros, P. & M. A. F. Oliveira, 1968. Sobre o fonolito de Mecejana, Ceará. *An. Acad. Bras. Ciên.* Rio de Janeiro, 40 (2): 203-206.