RECONHECIMENTO GAMAMÉTRICO DA REGIÃO CENTRAL DA BAHIA E DA BACIA DO RECÔNCAVO

CLEMIRO FERREIRA

Programa Pesquisa e Pósgraduação em Geofísica/Instituto de Física — Universidade Federal da Bahia.

PEDRO TRINDADE BARRETO

Instituto de Geociências — Universidade Federal da Bahia.

JOAQUIM FERREIRA TORQUATO

Instituto de Física e Projeto Geoquímica — Universidade Federal da Bahia.

ABSTRACT

Methods of gamma spectrometry and scintillation counting were utilized for a rapid inexpensive reconnaissance survey covering a large area between Salvador and Jacobina.

We identified two radioactive anomalies, one around the Apolonio Mine (apatite) near Gavião, and the other around

the Canavieira Mine (gold and uranium) on the Jacobina Ridge.

The advantages of the systematic utilization of this method are worthwhile for detail mapping of small areas as well as regional prospecting.

INTRODUÇÃO

Entre os elementos radioativos naturais, o potássio-40 e as famílias radioativas do urânio-238 e do tório-232 desempenham papel de maior importância em estudos geológicos, devido ao fato desses elementos serem detetáveis de modo mais ou menos simples e o conhecimento de suas distribuições serem importantes no estudo da crosta terrestre. A presença desses elementos na crosta é uma consequência da diferenciação geoquímica que ocorreu durante o processo de sua formação.

Como consequência da sua abundância inicial na crosta terrestre e da ordem de grandeza de suas meias-vidas, o

potássio-40, o urânio-238 e o tório-232 desempenham um papel preponderante no estudo da radioatividade das rochas (Cheminée e Nordemann, 1963), sendo detetáveis, entre outros métodos, por espectrometria gama, pelo fato de serem eles mesmos ou seus descendentes emissores gama.

A finalidade principal do presente trabalho foi o reconhecimento gamamétrico da região compreendida entre Salvador e Jacobina, onde antecipadamente sabíamos da existência de minerais radioativos (área de Jacobina - Bahia) com o fim de testar a aplicação deste método ao estudo rápido de grandes regiões.

MATÉRIAL E MÉTODOS

Para a execução do presente trabalho foram realizadas medidas em campo (gamametria) e no laboratório (espectrometria gama).

As medidas da atividade gama total (contagem de todas radiações com energia igual ou superior a 50 KeV) dos solos ou rochas no campo foram efetuadas com o auxílio de um cintilômetro tipo SPP-3, marca SRAT. Este aparelho consta essencialmente de um cristal cintilador de iodeto de sódio ativado com talio, com dimensões de 2,5 centímetros de diâmetro e 3,8 centímetros de altura, associado à eletrônica convencional, com possibilidade de discriminação de vários níveis de energia, embora para este estudo, foi usado sempre o limiar de energia de 50 KeV.

A maioria das medidas foram efetuadas com o equipamento instalado em um veículo Ford Rural, estando o detector alojado na parte exterior trazeira do veículo, fixado a uma altura de aproximadamente 1,60 metros do solo. Devido aos fatores geométricos e de absorção da radiação gama na matéria, a zona analisada é nestas condições aproximadamente igual a um círculo de 30 metros de diâmetro (para 90% da contagem registrada), alcançando ainda uma profundidade de solo de 20 a 40 centímetros, função da natureza e densidade do solo e da energia da radiação gama emitida (Ferreira, C - 1973). A velocidade de deslocamento do veículo, anotada com os demais dados de interpretação do perfil, variou de 20 a 70 quilômetros por hora. As variações da atividade radioativa foram anotadas em função da quilometragem indicada por um totalizador aferido, com anotação de numerosos pontos de referência geográfica (cidades, vilas, rios, pontes, marcos de estradas, etc.).

Em escala detalhada foram efetuados alguns quilômetros de perfis a pé com localização a mais exata possível efetuada por levantamento topográfico, principalmente na área compreendida entre Gavião e Vila de Fátima. Devido às fracas espessuras asfálticas das estradas e do papel radioativo pouco importante da pavimentação (absorção fraca devido ao número atômico médio baixo e radioatividade quase nula (Barreto, P.T. - 1974), os perfis efetuados, andando sobre estradas asfaltadas, foram analisados de modo crítico.

A resolução horizontal, que representa a possibilidade de detecção de anomalias, ou as variações devidas à separação de zonas radioativas diferentes, é função de numerosos fatores entre os quais a altura a que o detector está colocado, a constante de tempo do circuito de integração (valor frequentemente usado: 6,6 segundos sobre a sensibilidade de 50 pulsos por segundo) e a velocidade do carro (Ferreira, C - 1973). Uma constante de tempo de ordem de 6 segundos corresponde a uma distância percorrida de 100 metros à velocidade de 60 quilômetros por hora. Para procurar uma definição melhor da anomalia é necessário perfilar com velocidades inferiores ou seja detalhar os casos interessantes com perfis transversais a estrada, efetuados a pé. Esses perfis transversais, seguindo um sistema de malhas, tem por finalidade retirar dúvidas quanto a origem da radiação detetada, ou quando for o caso avaliar a extensão da anomalia (Barreto, P.T. - 1974). As dúvidas surgem principalmente quando se tem uma geometria 2r perfeita sem rochas aflorantes. Isto foi feito nos casos da anomalia de Gavião e da Serra de Jacobina, na região da Mina Canavieira.

As medidas de espectrometria gama foram efetuadas utilizando um espectrômetro gama de baixo ruído de fundo, tendo como componente principal um cristal cintilador de iodeto de sódio ativado com talio com 10 centímetros de diâmetro e 8 centímetros de altura, associado a uma fotomultiplicadora com janela de quartzo, instalado no interior de uma proteção de chumbo (16cm) e ferro (2,5cm) com um peso total de 10 toneladas. A parte eletrônica é formada por um analisador multicanal (1024 canais) com uma calibração de 10 KeV/canal.

Para as medidas de espectrometria gama foi usado o mesmo método de Barreto, P.T. - 1974 (método da tangente) e consiste essencialmente de analisar-se uma quantidade fixa (800grs.) de amostra moída a uma granulometria pré-fixada, com uma geometria também mantida constante, obtendo-se desse modo uma reprodutibilidade bastante boa. Os rendimentos de detecção (para análise) foram: 583 KeV(Th) e 607 KeV (U) 95cph/mg. e 590cph/mg. do tório e urânio respectivamente; 1460 KeV(K) 215cph/g. e 2615 KeV(Th) 41cph/mg.

Por outro lado a amostragem de rochas e solos foi efetuada de modo a se obter sempre as mais representativa, concentrada em geral sobre a rocha sã, e em casos especiais sobre a alterada. A quantidade de amostra foi sempre suficiente para delas se obter amostras de mão, lâminas delgadas e eventualmente para análises difratométricas a Raios-X. A amostra não obedeceu uma malha regular pré-estabelecida, mas foi efetuada em função das informações geológicas obtidas e em função do comportamento radiométrico local, o que a tornou bastante representativa das variações faciológicas regionais e locais.

Uma interpretação dos resultados de gamametria, só tem valor quando intimamente associada à geologia, uma vez que, como é sabido da literatura, cada tipo de rocha responde de maneira diferente de acordo com a quantidade de elementos radioativos presentes.

Para uma melhor esquematização e apresentação dos resultados, resolvemos dividir a região estudada em duas áreas, as quais passaremos a definir como Área I a região compreendida entre Salvador e a cidade de Jacobina, passando por Feira de Santana, Tanquinho, Riachão de Jacuípe, Gavião e Capim Grosso e Área II a região da Serra de Jacobina, situada nos arredores da Mina Canavieira (serras da Lagartixa e do Córrego).

Assim, e de uma maneira geral, procuraremos a seguir esboçar o caminho geológico que foi varrido pelo cintilômetro. Como o presente trabalho trata exclusivamente de um reconhecimento ao longo de um percurso de mais de 350 quilômetros de uma região na Serra de Jacobina (Mina Canavieira), começaremos pelo perfil entre Salvador e Jacobina (Área I). A estrutura geológica está esquematizada na Figura 1, por baixo do perfil cintilométrico.

Os primeiros 20 quilômetros do percurso, partindo de Salvador, foram percorridos em cima de um embasamento granulítico de idade Trans-Amazônica, recoberto em alguns trechos por sedimentos terciários do Grupo Barreiras.

O segundo trecho que pode ser individualizado são os sedimentos da Bacia do Recôncavo que, partindo das imediações do quilômetro 20 do perfil se estendem até ao quilômetro 82. Os primeiros sedimentos encontrados são do Cretáceo inferior - Formação Ilhas, formados essencialmente por folhetos, arenitos e siltitos com intercalações de lentes de calcário. Próximo do quilômetro 30 aparece a Formação São Sebastião a qual se estende até aproximadamente ao quilômetro 52 com uma pequena exposição, cerca do quilômetro 38, provocada por falhamentos da Formação Ilhas. A Formação São Sebastião, colocada estratigraficamente acima da Formação Ilhas, na região do perfil, é formada por bancadas de arenitos e folhelhos esverdeados passando a avermelhados, siltitos e por vezes, calcários colíticos. Do quilômetro 52 ao 61 ocorre novamente a Formação Ilhas, assentando do seu lado Oeste, através de discordância estratigráfica, na Formação Sergi formada por arenitos finos a conglomeráticos e bancadas de argila. Do quilômetro 64 a 73 temos a Formação Candeias colocada estratigraficamente entre as Formações Ilhas e Sergi, formada por folhelhos com lentes de arenitos e calcário. Depois volta a aparecer a Formação Sergi até ao quilômetro 79 e aí ocorre, até ao final da bacia, a Formação Aliança com bancos de arenitos e folhelhos vermelhos.

Um terceiro trecho facilmente separável e geologicamente

diferente, é o que ocorre entre o limite da Bacia do Recôncavo, (quilômetro 82) e se estende até ao quilômetro 255. Ali vamos encontrar as rochas que fazem parte do cinturão móvel de Mascarenhas (1976) as quais se distribuem entre os seguintes tipos petrográficos: granulitos cinzas de idade provável Trans-Amazônica (Cordani, 1973) cortados por corpos graníticos muito ricos em potássio, intrudidos há cerca de 1700 milhões de anos, charnochitos, gnaisses e migmatitos.

Entre os quilômetros 255 e 267, ocorrem gnaisses graníticos de cor rósea, fortemente recortados por diques de anfíbolitos, os quais conforme veremos mais adiante, parecem ser os responsáveis pela anomalia de Gavião.

Cerca do quilômetro 270 começa a aparecer a Formação Capim Grosso, de idade Terciária, formada por areias, siltes e conglomerados, a qual se prolonga até à região da Falha de Mairi, recobrimdo um embasamento gnaissico/migmatítico (Grupo Caraíbas) com diques de anfíbolito subordinados.

Da Falha de Mairi até à cidade de Jacobina as rochas do Grupo Jacobina, primeiro com elevado grau de metamorfismo (fácies anfíbolito), constituídas por migmatitos, gnaisses, quartzitos e calcossilicatas. unidade P E C J 2 da carta geológica ao milionésimo e depois, rochas de fácies epizonal, formadas por quartzitos, xistos, filitos e metaconglomerados (Serra de Jacobina propriamente ditas) - unidade P E C J 1.

A Área 2 descrita neste trabalho, compreende aos afloramentos que pertencem à Mina Canavieira e seus arredores. Esta Mina está situada (Figura 2) (Esta figura apresenta apenas a parte final do perfil 2) em plena Serra de Jacobina, na Formação Serra do Córrego, a qual é formada essencialmente por quartzitos interestratificados e conglomerados auríferos e uraníferos. Na parte inferior da formação, ocorrem, por vezes, lentes de quartzo - moscovita - xisto (Cox, 1970 e Cox et al, 1964).

Gross (1968 sub-dividiu esta formação em 4 membros de acordo com o seguinte esquema:

1. Quartzito superior - com espessura aproximada superior a 1000 metros;
2. Conglomerado superior - com espessura aproximada superior a 2000 metros;
3. Quartzito inferior - com espessura aproximada superior a 200 metros;
4. Conglomerado inferior - com espessura aproximada superior a 150 metros.

Na região da Mina Canavieira (Serra do Córrego e seus prolongamentos para o Sul) a espessura destes membros é bem variável, e torna-se difícil determinar as suas espessuras reais uma vez que o conglomerado superior está separado do quartzito inferior por uma falha de grande ângulo através da qual se deu a intrusão de um dique de rocha ultramáfica com 150 metros de espessura.

As camadas de conglomerados variam de espessuras desde poucos centímetros até mais de 20 metros, apresentando-se contínuas ou lenticulares na Mina Canavieira e ao longo da Serra do Córrego. As suas direções são grosseiramente Norte-Sul com mergulhos de 40° a 70° para Leste. Estratificações cruzadas e marcas de onda são sugestivas das direções de paleo-correntes contrárias aos mergulhos atuais e para Norte (Gross, 1968).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ÁREA I

Os resultados analíticos estão indicados na Tabela 1 e na Figura 1. Uma vez que a Área I atravessa terrenos sedimentares (Bacia do Recôncavo) e terrenos de alto grau de metamorfismo é de se esperar que as características gamamétricas sejam diferentes em ambas as regiões.

O início do perfil (quilômetro 0) está situado ao lado da fábrica Mirca na Avenida Barros Reis em Salvador. Os primeiros 20 quilômetros foram percorridos em cima dos

granulitos de Salvador recobertos por vezes por sedimentos terciários do Grupo Barreiras, caracterizou-se por um background médio de 65 cps, diminuindo este valor para a faixa dos 35 a 40 cps sempre que a estrada atravessa a Formação sedimentar Barreiras.

Do quilômetro 20 ao quilômetro 82 percorremos as formações da Bacia sedimentar do Recôncavo. O padrão normal observado foi de pequenos contrastes entre as diferentes formações geológicas como consequência da litologia predominante em cada uma delas conforme passamos a descrever.

A Formação São Sebastião manteve-se num nível de 40 cps nos trechos mais pelíticos da sessão, caindo para 35 cps nos trechos siltíticos com intercalações arenosas.

A Formação Ilhas, no trecho próximo à falha de Salvador representou valores que oscilam entre 45 a 50 cps, como consequência ou da sua litologia ser constituída por um conglomerado muito grosseiro com blocos de gnaisses e granitos ou por se situar nos arredores da falha de Salvador, podendo ter ocorrido através dela percolação de substâncias radioativas. Estes valores foram os mais elevados em todo o Super Grupo/Bahia. Os folhelhos desta formação representam valores que oscilam entre 40 e 45 cps, sendo igualmente os mais elevados para este tipo de rocha em toda a Bacia do Recôncavo. Nos trechos onde ocorrem arenitos e siltitos o nível médio cai para um valor entre 30 a 35 cps, mais baixo que na associação similar da Formação São Sebastião.

A Formação Candeias foi a que apresentou nível de contagem mais baixo de todas as rochas do Super Grupo Bahia, mantendo-se constante entre 25 a 30 cps onde ocorrem margas e oscilando entre 35 a 40 cps nos trechos onde afloram folhelhos.

Na Formação Sergi, essencialmente arenosa, a contagem manteve-se ao redor de 30 cps, elevando-se este valor para 35 cps nos trechos onde os arenitos se apresentaram mais argilosos.

A Formação Aliança apresentou-se em toda sua extensão com um valor médio oscilando entre 35 a 40 cps.

Pela observação da localização das anomalias positivas ou negativas, durante o percurso, parece existir uma associação íntima entre estas e determinados falhamentos que ocorrem na bacia, como pode ser observado nos quilômetros 37, 64, 73 e 82. Neste trecho do percurso foram coletadas 11 amostras (PB-180 a PB-190) destinadas a análises quantitativas de U, Th e K por espectrometria gama. Com exceção da Formação São Sebastião parece haver uma diminuição dos teores de Th à medida que caminhamos estratigraficamente para baixo (Tabela 1).

O restante do percurso da Área I pode ser dividido em dois trechos: um compreendido entre o limite da Bacia do Recôncavo (quilômetro 82) e o quilômetro 240 (cerca de 14 quilômetros depois de Vila de Fátima) e também por apresentar características gamamétricas semelhantes, entre o quilômetro 270 (cerca do posto Itatiaia) e a cidade de Jacobina e o outro situado entre os dois limites anteriormente citados, fica localizado na região de Gavião entre os quilômetros 240 e 270.

Em relação ao primeiro trecho, encontramos entre o limite da Bacia do Recôncavo e o quilômetro 90 pequenas oscilações no nível energético emitido, resultantes provavelmente da exposição naquela região do embasamento granulítico. Daí até o entroncamento para Jacobina (BR-324 com BR-116) o nível do background mantém-se baixo, ao redor de 20 a 25 cps, em virtude da região se apresentar coberta pela formação terciária do Grupo Barreiras, em concordância com o verificado com os 10 primeiros quilômetros do percurso.

Seguindo pela BR-324, até o quilômetro 240 do nosso perfil, somente encontramos, como digno de evidência, uma anomalia ($\approx$ 85 cps) na região de Tanquinho (quilômetro 159 do nosso perfil), sendo isto devido a ocorrência de um corpo de biotita-granito que ali aflora. Todo o restante deste trecho

situado em cima de granulitos e diatexitos apresenta background médio compreendido entre 30 e 40 cs.

Do quilômetro 270 até a cidade de Jacobina, passamos pela Formação Capim Grosso a qual, pela sua similaridade litológica com a Formação Barreiras, igualmente apresenta um background bastante baixo (25 cps), se estendendo até a falha de Mairi onde entramos na unidade inferior do Grupo Jacobina, a qual, com exceção da região compreendida entre os rios Itapicuru e Itapicurumirim (50 cps), se apresenta com background bastante baixo ($\approx$ 20 cps). A razão da pequena anomalia entre os rios citados é devida a ocorrência e exposição de rochas graníticas, contrastando com os arredores gnaissico-migmatíticos.

O outro trecho (quilômetro 240 a 270) compreende o que chamamos de anomalia de Gavião. Esta região apresentou o nível de contagem mais elevado de todo o perfil 1, a qual atinge até valores de 250 cps, cerca de 10 vezes o background médio. Essa anomalia se estende por aproximadamente 30 quilômetros, transversalmente às estruturas geológicas regionais. Na maior parte desse trecho observamos pequenas depressões freqüentemente com delgadas cobertas arenosas, no lado direito da estrada, no sentido Salvador-Jacobina, enquanto que no lado esquerdo, são freqüentes os afloramentos de granulitos e gnaisses.

Devido à intensidade da anomalia, foram realizadas algumas incursões à pé, nos arredores da estrada, visando localizar mais precisamente as fontes de radiações. Desse modo coletaram-se 20 amostras para serem analisadas por espectrometria gama, nos locais indicados no perfil 1, assim como estudos petrográficos.

Como se pode notar através dos resultados de espectrometria gama apresentados na Tabela 1 (amostras PB-6, 7, 8, 9, 81, 103, 104, 105, 110, 151, 152, 153, 163, 164, 166 e CF-270), a característica marcante da repartição radiogeológica desse trecho é um elevado teor em tório em contraste com a quase ausência de urânio, bem como um enriquecimento em potássio proveniente das fases tardias da evolução geológica regional. De um modo resumido, podemos ainda salientar que o enriquecimento em tório se reflete nos processos de mineralização conforme se verifica a partir dos resultados da Tabela 1, e ainda mais

- que a apatita que ocorre na região de Gavião é radioativa devido principalmente à presença de tório;

- que os veios mais possantes de apatita são também aqueles que apresentam maiores teores de tório, sugerindo um relacionamento entre a abundância do elemento traço e a potencialidade da zona mineralizada, conforme pode ser observado nas Figuras 3 e 4, sendo que a primeira é um mapa cintilométrico, realizado na Mina de apatita Apolônio, localizada a 14 quilômetros da Vila de Gavião na direção Sudoeste. Aí nota-se que exatamente na trincheira principal, encontramos as mais altas taxas de contagem. Por outro lado vemos em delineado, através dos contornos de isogamas, a direção predominante do veio de apatita. Pela Figura 4 do perfil cintilométrico transversal ao veio de apatita também podemos facilmente relacionar a alta taxa de contagem com o veio de apatita;

- que há uma tendência de diminuição do teor de urânio proporcionalmente ao aumento do teor de tório, tanto na apatita como na apatita mais rocha encaixante, enquanto o teor de potássio é diretamente proporcional ao teor de tório;

- que nos granulitos básicos o comportamento é semelhante, verificando-se uma diminuição no teor de urânio e aumento no teor de potássio com o aumento do teor de tório;

- que as rochas metamórficas silicatadas (principalmente gnaisses porfiroblásticos e graníticos), apresentam gradientes das relações Th/U bastante semelhantes, enquanto que os gradientes das relações Th/K e U/K são bem distintos o que permite diferenciá-las na repartição dos elementos radioativos, sendo que nos gnaisses graníticos a não linearidade das relações Th/U e U/K indicam um enriquecimento

relativo em urânio que é tanto mais acentuado quanto menor for a quantidade de potássio na rocha;

— De acordo com os estudos petrográficos realizados por Barreto, 1974, o tório está presente na apatita sob a forma de pequenas inclusões de minerais de torita (às vezes também zircão) e como impureza na rede cristalina do mineral. Como por exemplo, as amostras PB-7, PB-8 e PB-9 apresentaram inclusões do mineral interpretado como torita. Por outro lado, em várias amostras de gnaiss granítico da região de Gavião, encontrou-se inclusões de grandes cristais de monazita.

ÁREA II

Conforme o já descrito anteriormente, a Área II compreende a Mina Canavieira e seus arredores, situada em pleno Grupo Jacobina. Em agosto de 1953 S.D. Bateman (1958) através da análise química de uma amostra verificou a presença na área de U_3O_8 , com concentrações da ordem de 0,10%. Por meio da correlação dos seus trabalhos com os de White, 1956 e outros, Bateman concluiu que na região.

- toda radioatividade significativa está confinada ao nível piritoso;

- a maior parte do urânio está concentrada na parte central do nível piritoso com espessura variável de 0,6 a 1,0 metro e com teores médios em urânio estimados em 0,05%, podendo apresentar em amostras individuais teores com mais de 0,4%;

- concluiu ainda Bateman que estes depósitos são similares aos de Blind River (Canadá) e aos da região de Witwatersrand (África do Sul).

Conhecendo-se portanto a presença de urânio nessa região, com o fim de testar os métodos aqui utilizados, foram efetuados na região quatro perfis cintilométricos (Figuras 5, 6, 7 e 8), sendo que o perfil de N° 2 (centro da cidade de Jacobina a Mina Canavieira) apresentou um background médio de 30 cps com uma única anomalia da ordem de 100 cps, no quilômetro 6,5, no local onde a estrada cruza o Riacho Canavieira. Esta anomalia poderá ser explicada, devida a presença de uma falha na área a qual poderá ser responsável pela concentração de minerais de urânio.

O perfil n° 3 compreendido entre a entrada da Mina Canavieira e a Serra do Córrego (700 metros de extensão) tem os seus primeiros 400 metros quase que totalmente sobre um dique de rocha ultrabásica, infletindo depois para Este, cortando a Formação Serra do Córrego, atingindo o embasamento cristalino. Verificou-se um background médio, variando entre 30 e 70 cps, com uma forte anomalia nos primeiros 100 metros do perfil, os quais correspondem aos arredores da entrada da Mina. Podemos salientar ainda que próximo aos 450 metros do perfil onde este atravessa o Riacho Canavieira, expondo parte do conglomerado da Formação Serra do Córrego, o background passa abruptamente de 25 a 75 cps.

O perfil n° 4 com uma extensão aproximada de 200 metros está totalmente situado em cima na Formação Serra do Córrego e inicia-se no vale de falha que corta o perfil 3, estendendo-se para Sudoeste. Este perfil foi o que menos resultados apresentou para este trabalho, uma vez que a radiação gama registrada se situou em um valor mais ou menos constante e bastante baixo (30 a 40 cps).

O perfil n° 5 com uma extensão de 500 metros, inicia-se a partir dos 80 metros do início do perfil n° 4 e estende-se para Oeste, correndo a primeira centena de metros em cima da Formação Serra do Córrego, e o restante em cima da formação Rio do Ouro. O background médio foi em torno de 30 cps, apresentando no entanto uma anomalia (120 cps) aproximadamente a 230 metros do início do perfil, anomalia essa provavelmente relacionada a uma falha que passa no local.

Da observação da área como um todo verificamos que nos locais onde o urânio está associado ao ouro num nível

estratigráfico bem definido (conglomerado com matriz piritosa) a taxa de contagem atinge localmente os maiores valores detetados em toda a região do presente trabalho. Aí ocorrem por vezes valores da ordem de 7.500 cps, valores estes não só encontrados na localidade da Mina Canavieira, mas também na região da Mina da Serra Branca. Estes valores elevados ocasionalmente coincidem com as zonas mais cizalhadas.

Por outro lado, nos perfis efetuados ao longo da Serra do Córrego e Serra da Lagartixa constatamos uma queda na taxa de contagem nas regiões cizalhadas que não correspondem ao nível estratigráfico piritoso da Mina Canavieira, conforme se pode constatar da observação dos perfis 2, 3, 4 e 5.

Igualmente foi verificado no vale de falha próximo do local onde corre o Riacho Canavieira, contagens elevadas, a Norte da Mina Canavieira. Pela observação da área chegamos à conclusão que estas contagens são devidas não só ao acúmulo de minerais radioativos ao longo da falha, mas também à presença constante de blocos rolados e cascalheira do conglomerado piritoso (perfil nº 2).

Os resultados das análises de urânio, tório e potássio por espectrometria gama, das amostras coletadas (Tabela nº 2) mostraram um baixo teor de Th e U nas rochas ultramáficas contra um elevado teor dos mesmos nas faixas mineralizadas, que correspondem a níveis estratigráficos bem definidos (o piritoso e o liberino da Serra do Córrego, amostras PB-5, 50 e 52).

Amostras anteriormente citadas foram coletadas ao nível piritoso da Mina de Ouro (Canavieira) e nos evidenciam a concentração de elemento radioativo (urânio) essencialmente nesse nível. Fora do nível piritoso as concentrações de urânio caem bruscamente, mesmo nos demais quartzitos da Formação Rio do Ouro (amostras PB-51, 60, 57, 58 e 62). O mesmo podemos notar em relação às amostras coletadas através do perfil nº 5 (CF-4, 11, 16 e 18) embora a relação Th/U seja bem maior.

Essa diferença no gradiente Th/U está relacionada provavelmente a processos sedimentares. Os dados favorecem uma origem detrítica para o ouro, associado com a precipitação e concentração do urânio e formação de pirita por ser o ambiente naquela altura, um meio redutor.

CONCLUSÕES

— Embora algumas conclusões já tenham sido apresentadas neste trabalho, podemos salientar resumidamente que a apatita de Gavião é radioativa, sendo sua radioatividade

anormalmente elevada devido principalmente ao tório, e que os veios mais possantes de apatita, são também aqueles que apresentam maiores teores de tório (chegando a 1780 ppm) sugerindo um relacionamento entre a abundância do elemento traço e a potencialidade de mineralização.

— Nos gnaisses graníticos a não linearidade das relações $Th \times U$ e $U \times K$ indicam um enriquecimento relativo em urânio que é tanto mais acentuado quanto menor for a quantidade de potássio na rocha. Estes resultados estão em oposição com resultados obtidos em diversas localidades do mundo para rochas ígneas, como por exemplo nas lavas vulcânicas do "Lassen Volcanic National Park California E.U.A." (Evans et al, 1941; Adams et al, 1954).

— No caso da Serra de Jacobina, a distribuição do urânio, tório e potássio dão indicações de que a presença de ouro nas zonas fraturadas é mais acidental do que relacionada às mineralizações de origem magmática por preenchimento das mesmas. Isto é comprovado pelo comportamento observado para a atividade gama total e da correlação urânio-ouro.

— A distribuição dos elementos radioativos, em relação ao metamorfismo, nesses dois exemplos estudados, sugere uma possibilidade de concentração de tório em ambiente de metamorfismo extremamente elevado (da fácies granulito), que parece ser desfavorável para o urânio se concentrar. De modo inverso, o ambiente metamórfico de baixo grau de metamorfismo (verde-anfibolito) em rochas metaclásticas grosseiras (metaconglomerados e quartzitos) vem confirmar a favorabilidade de ocorrência de urânio associada a jazimentos aurífero-piritosos como os já mundialmente conhecidos de Bind River (Canadá), Witwatersrand (África do Sul).

— Corroborando as conclusões anteriores verificamos que ao longo de mais de 350 quilômetros de perfis efetuados, só em duas regiões se registraram anomalias radioativas dignas de menção. A primeira na região de Gavião (Bahia) onde os minerais de tório associados às ocorrências de Apatita (Ferreira, 1973 e Barreto, 1974) permitem uma delimitação rápida do veio mineralizado apesar de toda a região ser praticamente plana e não apresentar indícios externos daquele mineral. A segunda na região da Mina Canavieira onde o urânio ocorre normalmente associado ao ouro, aqui o estudo radiológico permite não só delimitação do corpo mineralizado com urânio, mas também fornece indicações preciosas para a prospecção rápida do ouro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao BNDE, FINEP e CAPES pelo suporte financeiro que permitiu a realização deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, J.A.S. — 1954 — Uranium and thorium contents of volcanic Rock Nuclear Geology. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- BARRETO, P.T. — 1974 — Utilização de Métodos Nucleares Geofísicos no Estudo dos Jazimentos de Apatita de Gavião e Ouro da Serra de Jacobina — Bahia. Tese de Mestrado, PPPG-UFBA.
- CHEMINÉE, J.L. e NORDEMANN, D. — 1963 — Dosage du Potassium, de l'Uranium, du Radium et Thorium, par spectrometrie gamma dans les laves d'Auvergne, du Velay et de la Province Sicilienne. Bull. Soc. Geol. France — 7^{ème} série. Tome V: 218-231.
- CORDANI, U.G. — 1973 — Evolução geológica pré-cambriana da faixa costeira do Brasil, entre Salvador e Vitória. Tese de Livre Docência, Univ. São Paulo, 98 pp.
- COX, D.P. — 1967 — Regional environment of the Jacobina auriferous conglomerate, Bahia — Brasil. Econ. Geol. 62: 773-780.

- COX, D.P.; LEO, G.W. e CARVALHO, J.P.P. — 1964 — Geologia da parte sul da serra de Jacobina na Bahia. D.N.P.M. — D.G.M., Bol. 209.
- EVANS, R.D. and GOODMAN, C. — 1941 — Radioactivity of Rocks Bull. of Geol. Soc. Amer. 52.
- FERREIRA, C. — 1973 — Espectrometria Gama de Campo: Determinação das Condições de Detecção, Aplicação ao Mapeamento de uma Jazida de Apatita. Tese de Mestrado. PPPG-UFBA.
- GROSS, W.H. — 1968 — Evidence for a modified placer origin for auriferous conglomerates, Canavieira Mine Jacobina, Brasil. Econ. Geol. 3: 271-276.
- MASCARENHAS, J.F. — 1976 — Estruturas do tipo "Greenstone Belt" no leste da Bahia. XXIX Congr. Bras. Geol. — Belo Horizonte.
- WHITE, M.G. — 1956 — Uranium in the Serra de Jacobina, State of Bahia, Brasil - Intern. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, Genebra, 6: 140-142.

TABELA 1
(área 1)

MATERIAL	Nº CAMPO	Th (PPM)	U (PPM)	K (%)	K/U $\times 10^{-4}$	Th/U
Apatita e Piroxenito	PB-6	310,0 $\pm$ 31,0	11,0 $\pm$ 2,00	0,80 $\pm$ 0,10	0,07	28,0
Apatita e U. Básica	PB-11	718,0 $\pm$ 72,0	4,3 $\pm$ 0,90	n.d.	0,00	167,0
Apatita	PB-8	1144,0 $\pm$ 115,0	1,0	1,1 $\pm$ 0,20	1,00	1144,0
Apatita	PB-7	1540,0 $\pm$ 155,0	11,3	0,9 $\pm$ 0,15	0,08	136,3
Apatita	PB-9	1780,0 $\pm$ 180,0	3,5 $\pm$ 0,80	n.d.		508,6
Piroxenito	PB-60	44,0 $\pm$ 4,5	2,6 $\pm$ 0,50	1,2 $\pm$ 0,14	0,46	17,0
Piroxenito	PB-81	5,8 $\pm$ 0,6	0,3 $\pm$ 0,08	1,4 $\pm$ 0,15	4,38	18,0
Vermiculita	PB-10	32,0 $\pm$ 3,3	0,6 $\pm$ 0,16	4,1 $\pm$ 0,40	6,83	53,3
Solo arenoso	PB-99	240,0 $\pm$ 24,0	n.d.	2,1 $\pm$ 0,30	—	—
Solo argiloso	PB-98	107,0 $\pm$ 11,0	0,2	4,0 $\pm$ 0,40	20,00	535,0
Solo argiloso	PB-100	21,0 $\pm$ 2,3	n.d.	0,2 $\pm$ 0,03	—	—
U. Básica alterada	PB-78	5,6 $\pm$ 0,8	0,8 $\pm$ 0,20	0,5 $\pm$ 0,06	0,63	7,0
Folhelho Kss	PB-180	10,4 $\pm$ 1,0	1,2 $\pm$ 0,25	2,8 $\pm$ 0,28	2,35	8,6
Folhelho Kis	PB-181	13,4 $\pm$ 1,4	1,4 $\pm$ 0,30	2,0 $\pm$ 0,20	1,44	9,5
Folhelho Kist	PB-182	11,4 $\pm$ 1,2	0,6 $\pm$ 0,13	1,9 $\pm$ 0,19	3,42	20,7
Folhelho Kc	PB-183	13,9 $\pm$ 1,4	0,7 $\pm$ 0,15	1,5 $\pm$ 0,15	2,23	21,0
Arenito Ks	PB-185	5,7 $\pm$ 0,6	0,5 $\pm$ 0,11	1,4 $\pm$ 0,14	3,00	12,1
Arenito C Ks	PB-184	4,3 $\pm$ 0,5	0,6 $\pm$ 0,14	0,9 $\pm$ 0,09	1,45	6,9
Arenito D Ks	PB-187	10,2 $\pm$ 1,2	1,4 $\pm$ 0,30	1,7 $\pm$ 0,17	1,22	7,3
Arenito E Ks	PB-188	7,7 $\pm$ 0,8	0,4 $\pm$ 0,10	1,7 $\pm$ 0,17	4,33	19,2
Arenito D Ks	PB-186	6,7 $\pm$ 0,7	0,6 $\pm$ 0,14	1,2 $\pm$ 0,12	1,98	11,0
Arenito KA	PB-189	4,2 $\pm$ 0,5	0,4 $\pm$ 0,09	1,7 $\pm$ 0,17	4,86	12,0
Arenito KA	PB-190	7,5 $\pm$ 0,8	0,6 $\pm$ 0,14	2,4 $\pm$ 0,24	3,85	12,3
Pegmatito	PB-3	70,0 $\pm$ 7,0	0,1	3,3 $\pm$ 0,40	33,00	700,0
Pegmatito	CF-27D	48,5 $\pm$ 5,0	0,0	5,6 $\pm$ 0,60	—	—
Pegmatito	PB-110	3480,0 $\pm$ 350,0	n.d.	1,8 $\pm$ 0,40	—	—
Gnaiss	CF-27G	880,0 $\pm$ 90,0	0,0	1,8 $\pm$ 0,18	—	—
Gnaiss	PB-109	770,0 $\pm$ 77,0	0,0	0,6 $\pm$ 0,07	—	—
Gnaiss	PB-163	6,7 $\pm$ 0,9	1,0 $\pm$ 0,20	0,8 $\pm$ 0,08	0,78	6,7
Gnaiss	PB-164	2,4 $\pm$ 0,5	1,0 $\pm$ 0,20	1,8 $\pm$ 0,18	2,35	1,8
Gnaiss	PB-168	152,0 $\pm$ 15,0	2,5 $\pm$ 0,80	3,1 $\pm$ 0,32	1,24	60,8
R. Ultrabásica	CF-21	2,8 $\pm$ 0,3	0,7 $\pm$ 0,20	n.d.	0,00	4,0
Quartzito	CF-14	5,4 $\pm$ 0,6	1,6 $\pm$ 0,30	0,3 $\pm$ 0,03	0,20	3,5
Quartzito	CF-6	n.d.	0,1 $\pm$ 0,03	n.d.	—	—
Quartzito	CF-3	2,4 $\pm$ 0,3	0,6 $\pm$ 0,12	0,2 $\pm$ 0,02	0,40	4,2
Quartzito	CF-4	0,7 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,06	n.d.	—	2,3
Quartzito	CF-7		0,4 $\pm$ 0,80	n.d.	—	2,5
Granulito	PB-151	66,0 $\pm$ 7,0	0,0	0,5 $\pm$ 0,06	—	—
Granulito	PB-152	30,0 $\pm$ 3,2	0,3 $\pm$ 0,20	1,4 $\pm$ 0,14	5,27	115,4
Granulito	PB-153	227,0 $\pm$ 23,0	n.d.	3,8 $\pm$ 0,38	—	—
Milonito	PB-166	17,0 $\pm$ 2,0	0,0	1,1 $\pm$ 0,12	—	—

TABELA 1

MATERIAL	Nº CAMPO	Th (PPM)	U (PPM)	K (%)	K/U x 10 ⁻⁴	Th/U
Milonito	PB-105	14,7 ± 0,31	0,3 ± 0,30	1,2 ± 0,04	3,90	49,0
Milonito	PB-103	1,9 ± 0,3	0,3 ± 0,10	0,5 ± 0,05	1,85	7,3
Milonito	PB-104	2,4 ± 0,4	n.d.	0,4 ± 0,05	—	—
Migmatido	CF-25	28,0 ± 3,0	0,3 ± 0,05	3,7 ± 0,38	14,80	113,0
Sedimento	E9/10	9,6 ± 1,2	0,5 ± 0,20	2,0 ± 0,20	4,26	20,4
Filito	CF- 12	13,0 ± 1,3	2,0 ± 0,40	2,3 ± 0,20	1,25	6,5

Kss = Cretaceo, Formação São Sebastião

Kis = Cretaceo, Formação Ilhas (superior)

Kist = Cretaceo, Formação Ilhas (inferior)

KC = Cretaceo, Formação Candeias

KS = Cretaceo, Formação Sergi

KA = Cretaceo, Formação Aliança

C, D e E — Níveis estratigráficos.

TABELA 2

(área 2)

MATERIAL	Nº CAMPO	Th (PPM)	U (PPM)	K (%)	K/U x 10 ⁻⁴	Th/U
Quartzito Branco	CF-4	0,7 ± 0,1	0,3 ± 0,07	0,1 ± 0,01	0,17	2,4
Alteração Manganês-Ferro	CF-11	9,9 ± 1,0	2,0 ± 0,40	0,3 ± 0,04	0,18	4,9
Quartzito Silicioso	CF-16	3,5 ± 0,4	0,9 ± 0,20	0,6 ± 0,06	0,61	3,9
Quartzito Cizalhado	CF-18	2,9 ± 0,3	4,0 ± 0,80	0,3 ± 0,04	0,09	0,7
Quartzito	PB-5	170,0 ± 20,0	650,0 ± 130,00	n.d.	0,00	0,3
Quartzito	PB-50	120,0 ± 15,0	660,0 ± 130,00	n.d.	0,00	0,2
Quartzito	PB-52	35,0 ± 4,0	135,0 ± 30,00	n.d.	0,00	0,3
Quartzito	PB-51	2,2 ± 0,4	8,5 ± 1,80	0,4 ± 0,04	0,05	0,3
Quartzito	PB-58	11,0 ± 1,1	6,0 ± 1,20	0,4 ± 0,04	0,07	1,8
Quartzito	PB-60	6,0 ± 0,6	4,0 ± 0,80	0,3 ± 0,04	0,08	1,5
Quartzito	PB-57	9,2 ± 1,0	14,0 ± 3,00	0,7 ± 0,08	0,05	0,7
Quartzito	PB-62	4,8 ± 0,6	1,2 ± 0,30	0,3 ± 0,03	0,25	4,0

CF — Amostras colhidas na região da Serra de Jacobina (perfil nº 5)

PB — Amostras colhidas na Mina Canaveira

PB — dama 2 da mina

PB-5 — centro do nível piritoso

PB-50 — centro do nível piritoso

PB-52 — nível piritoso

PB-51 — topo do nível piritoso

PB-58 — 30 cm abaixo do controle interior do nível piritoso

PB-60 — 50 cm abaixo do contato inferior do nível piritoso

PB-62 — 100 cm abaixo do contato inferior do nível piritoso

PB-57 — 50 cm acima do contato superior do nível piritoso

FIG.0 - MAPA ÍNDICE DAS ÁREAS ESTUDADAS

CONTINUAÇÃO PERFIL - I

CONTINUAÇÃO PERFIL - I

ESBÔÇO GEOLÓGICO DAS ADJACENCIAS DA MINA CANAVIEIRAS SERRA DE JACOBINA - BAHIA

FIG - 3

PERFIL - 5