



# PERFILAGEM GAMA DE POÇOS COMO SUPORTE NO ESTUDO DE FOSFATOS SEDIMENTARES. EXEMPLO DE CASO: IRECE- BAHIA

Miguel Ângelo Mané, A. J. Melfi, D. J. R. Nordemann e J. J. Oliveira

IAG-USP; INPE; UFBA - Brasil

## Resumo

A perfilagem gama de poços tem como objetivo principal o registro da emissão natural dos elementos radioativos das rochas que constituem a litologia das formações. Ela é usada particularmente para localizar e correlacionar formações litológicas em profundidade com os resultados obtidos por outras metodologias. Nos ambientes sedimentares, a análise pela radiação gama reflete principalmente o conteúdo de folhelhos, porque os elementos radioativos tendem a se concentrar nessas rochas e nas argilas.

A exemplo de muitas mineralizações, os fosfatos têm na sua estrutura cristalina a inclusão de minerais radioativos que, devido as características de emissão espontânea por parte de seus núcleos, podem ser detectadas por métodos geofísicos servindo de guias de prospeção para essas mineralizações. O conhecimento em profundidade das distribuições de uma mineralização, permite estimar seu potencial e interesse econômico servindo de guia para a sua exploração.

---

## INTRODUÇÃO

Os elementos radioativos naturais  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{238}\text{U}$  desempenham papel predominante no estudo da radioatividade natural das rochas da crosta terrestre, devido a sua abundância e ordem de grandeza de suas meias-vidas, e à possibilidade de detectá-los por espectrometria gama, diretamente, ou através de seus descendentes (Nordemann, 1966). Esses núcleos têm, como característica relevante, o decaimento natural com emissão de partículas e radiação eletromagnética gama. A fraca absorção da radiação gama pela matéria permite localizá-los com facilidade, mapear a área superficial e estudar o meio em que se encontram, permitindo avaliar as condições e a necessidade de implementar pesquisas visando a viabilização econômica de minerais associados.

A atenuação dos raios gama é determinada pelo tipo de material que atravessam. A espessura do material reduz a intensidade original a uma fração definida, sendo a relação na forma exponencial dada pela equação 1:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

onde  $\mu$  é o coeficiente de absorção do meio.  $I$  e  $I_0$  são as intensidades da radiação medida e da radiação inicial respectivamente. A energia média dos raios gama naturais é de 1 MeV e o intervalo de investigação em sedimentos é aproximadamente de 30 cm. Cerca da metade das emissões gama detectadas em furos de sondagem e poços em geral, originam-se dentro de uma distância de 12 cm (5") da parede do furo ou poço. Os revestimentos de um modo geral reduzem em cerca de 30% a intensidade de radiação (Nery, 1994).

Em Irecê, parte importante da reserva do minério fosfatado, e de mais fácil exploração, está associada a formações secundárias superficiais, que até o momento não foram devidamente caracterizados (Ferrari, 1994).

A partir de vários trabalhos, entre os quais, os da CPRM (Monteiro 1988, 1985 e 1990, Bomfim et al., 1985), verificou-se que os depósitos de fosfato na região, apresentam altos teores de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , chegando a 30%. É importante frisar que, o índice percentual dos teores encontrados nos fosfatos de Irecê, têm bom potencial comercial.

Desta forma, parece ser extremamente importante a procura e o desenvolvimento de métodos de prospeção, rápidos e de baixo custo, que permitam não só a identificação desses depósitos, mas também a definição de sua geometria e auxiliem na exploração econômica.

## SITUAÇÃO GEOLÓGICA

Geologicamente a área estudada situa-se na unidade estrutural denominada Bacia de Irecê (Misi, 1979), localizada na porção central do Cráton São Francisco, onde se depositou a seqüência carbonática do Grupo Una, cronocorrelata com os sedimentos do Grupo Bambuí. A região é constituída de coberturas sedimentares do Proterozóico Superior, afetada pela Orogênese Brasileira (600 Ma  $\pm$  100 Ma).

Bomfim et al. (1985) executaram um mapeamento sistemático na bacia de Irecê, onde foram determinadas as fácies sedimentares e os ambientes deposicionais associados. Estes estudos permitiram interpretar três ciclos deposicionais, um inicial, um final transgressivo e um intermediário regressivo. Esse autor mostra que a seqüência carbonática é variável e são comuns a presença de dolomitos e intercalações argilosas.

Conforme Misi (1993), o Grupo Una é produto de sedimentação epicontinental, influenciada por variações cíclicas das taxas de subsidência e sedimentação. São reconhecidos cinco ciclos de sedimentação que começam por um ambiente

continental, em parte glacial (Formação Bebedouro), e prosseguem pelo estabelecimento de sedimentação marinha que vai de rasa a relativamente profunda (Formação Salitre).

Os estudos geológicos realizados por alguns autores na região de Irecê (Monteiro, 1988, 1989, 1990; Neves et al., 1985; Srivastava, 1982), permitiram verificar que:

- os fosfatos sedimentares, com teores de até 39% de  $P_2O_5$ , encontram-se, intimamente, associados a colônias de estromatólitos que aparecem na seqüência regressiva;
- os depósitos de Irecê, ainda não totalmente caracterizados, tanto no que diz respeito à reserva de fosfatos, quanto à definição de sua geometria, são semelhantes aos da Índia, que representam um dos maiores depósitos do mundo, com uma reserva estimada em 50 milhões de toneladas.

## AQUISIÇÃO DOS DADOS

A perfilagem dos poços foi feita com um equipamento do IAG/USP, que compreende um perfilador Geologger 3030 modelo 3433 - módulo GW, da Oyo Corporation. O perfilador é adaptado a uma sonda para a medida conjugada e simultânea de radiação gama natural (contagem total em cps), resistividade aparente (Ohm/m) e polarização espontânea (mV). A medida de atividade gama total é feita através de um detector de NaI(Tl) de 2" x 0,5", com pulso de entrada negativo, nível de discriminação de energia de 100 keV fixo e faixas de medida de 200, 2k, 20kps além da função automática.

A medida de resistividade conta com dois eletrodos, um de 16" para a normal curta e o outro de 64" para a normal longa. Os eletrodos de resistividade registram medidas em 200 $\Omega$ , 2k $\Omega$  e 20k $\Omega$ /m com uma transmissão de energia na frequência de 20Hz em onda quadrada e corrente constante de 1,5 ou 15mA. A polarização espontânea é medida na faixa de  $\pm 2000$  mV com resolução de 1 mV.

Durante a perfilagem, é reproduzido simultaneamente um gráfico mostrando uma das opções de medida escolhida no display. Os dados obtidos das três leituras (gama natural, polarização espontânea e resistividade elétrica), são acumulados em arquivos binários utilizando-se disquetes de 3,5" que foram transferidos para um microcomputador. Para a transferência dos dados, foi elaborado um programa em Pascal, transformando-os de binário para ASCII, permitindo a construção dos gráficos, usando-se software apropriado em microcomputador PC.

## RESULTADOS

Os gráficos obtidos dos seis poços perfilados, mostram uma boa correlação com os dados litológicos dos respectivos poços, fornecidos pela Geoservi. De um modo geral, a camada alterada (solo + alterita) com espessura média de 4 m é a parte que contribui com a maior radiação medida na superfície. O solo em sua parte superficial é formado de materiais resultantes da desagregação tanto dos calcários como dos estromatólitos, além de uma matriz argilosa e orgânica. Nos lugares onde existe acúmulo de material orgânico, as contagens começam com níveis elevados na superfície.

Os poços perfilados foram denominados de PGS, PDCM, PWLCD1, PWLCD2, PMRMCSA e PIPS todos de acordo com as siglas dos proprietários das fazendas agrícolas.

As contagens gama total obtidas para cada um dos poços perfilados, está representada na tabela 1. Além da perfilagem gama natural obtida, foram também medidas as desintegrações em função do tempo (cps) utilizando-se um gamaespectrômetro portátil (GAD6/GSP3) da Scintrex. Vale comentar que a disparidade entre as contagens gama total do perfilador Geologger e do gamaespectrômetro portátil Scintrex, se devem a diferenças no tamanho dos detectores, na área investigada e no tempo de exposição para cada um deles. Para o perfilador a leitura é instantânea, tendo em conta a velocidade de deslocamento do detector ao longo do poço. Entretanto, o gamaespectrômetro faz uma integração por 300s para cada ponto medido, com estatísticas de contagem superior.

Tabela representativa dos dados obtidos com o Geologger e com GAD6/GSP3  
Valores expressos em cps (contagens por segundo)

	GAD6/GSP3 - GEOLOGGER											
	PGS		PDCM		PWLCD1		PWLCD2		PMRMCSA		PIPS	
C. Total	721,4	20	765,1	46	756,5	35	674,9	30	695,5		726,5	25
K	3,28		3,86		3,35		4,2		4,07		3,74	
U	1,42		2,22		1,94		1,89		1,35		1,69	
Th	1,64		1,29		1,61		1,77		1,34		1,66	

Os gráficos obtidos, mostram que os poços localizados dentro das áreas mineralizadas (CBPM, 1991), tiveram contagens (cps) maiores, o que indica concentração maior de elementos radioativos a nível de superfície junto dos referidos poços. Esses poços são PDCM, PWLCD1 e PIPS. Também se observaram picos importantes em profundidade, correlacionando com o resultado litológico das amostras colhidas ao longo da perfuração, de acordo como os dados da GEOSERVI.

O exemplo de perfis plotados a seguir, mostra gráficamente a variação da emissão gama em função da profundidade, podendo-se observar nitidamente as anomalias do nível freático acusados pelos gráficos de resistividade aparente e polarização espontânea. Pode-se observar que nos pontos de início de nível freático o perfil de radiação gama não sofre alteração. Isso mostra que a litologia apresenta camadas bem definidas em termos de radioatividade das rochas que as compõe.

O perfil da figura 1 (Poço Washington L. C. Dourado) mostra as camadas **a** e **b** com pouca variação radiométrica. Pela descrição litológica o solo é argiloso, marron escuro, seguido de uma camada de calcário cinza escura microcristalina, com intercalações de calcário semi-alterado, fragmentação média a grossa com forte reação ácida. Essa descrição vai até 6 m de profundidade (conforme a Geoservi), o que coincide com os picos de emissão gama próximos da superfície.

A contagem gama total dada pelo Geologger, está em torno de 30 cps, mais ou menos a 2 metros de profundidade onde se observa somente a camada de solo. Esse ponto dentro da área mineralizada, está mesmo em cima da faixa de fosfato.

Na camada **c** onde se observa calcário cinza escuro a preto com textura microcristalina e fragmentação média com forte reação ácida, verifica-se o nível freático a aproximadamente 30 m. Só que o maior pico de contagem gama está um pouco antes com 70 cps. Isso indica um enriquecimento de material radioativo, refletindo a presença de mineralização de fosfato nessa profundidade.

O perfil gama (Figura 2) mostra um início de contagem em torno de 25 cps e que se prolonga até os 47 metros de profundidade, onde aparece um grande pico de aproximadamente 90 cps. Essa anomalia é vista também no perfil de resistividade aparente, e conforme a descrição litológica, corresponde a letra **b** na mesma figura sendo uma camada composta por calcário cinza de fragmentação média, microcristalino, apresentando na passagem dos 54 m aos 56 m fragmentos de calcita. Essas intrusões de calcita teriam como delimitador superior da camada a interface aos 47 metros, que é o pico anômalo de emissão gama. Embora o perfil litológico não mostre mudança na profundidade dos 47 metros, é evidente que é um ponto de anomalia muito expressiva (pico de 100 cps), indicando a presença de minerais radioativos. O pico menor de 50 cps, aparece por volta dos 72 m antes da divisão litológica que ocorre a 80 metros.

## CONCLUSÕES

Os poços perfilados na área de estudo mostram que a camada que contribui com as anomalias em superfície não passa de 1m de profundidade, embora picos anômalos podem ser observados ao longo dos perfis. Vale salientar que Flicoteaux (1993), observou mineralizações de fosfato a 40m de profundidade no furo SL53. Nessa área, o poço PWLCD2 se encontram dentro das faixas de mineralização mapeadas pela CBPM. Os picos anômalos vistos em profundidade confirmam a presença de mineralização fosfatada conforme o furo SL53. Uma análise gamaespectrométrica de laboratório das amostras retiradas durante a perfuração, poderiam definir melhor a emissão gama das camadas para outros elementos radioativos e suas associações com a mineralização fosfatada.

## REFERÊNCIAS

**Bomfim, L. F. C.; Rocha, A. J. D.; Pedreira, A. J.; Moraes Filho, J. C. de; Guimarães, J. T.; Tesch, N. A. - 1985 - Projeto *Bacia de Irecê* - Relatório Final, Salvador, CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 3v. Contrato SME/CPM/CPRM.**

**CBPM (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral) – 1993 – Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê. Por Sousa, S. L.; Série arquivos abertos 2.**

**Mané, M. A. – 1998 – Aplicações de métodos Geofísicos (Gamaespectrométricos e Perfilagem de Poços) e Imagens de Satélite TM/Landsat na caracterização de zonas mineralizadas em fosfato (estudo de caso: Irecê – Bahia). Tese de doutoramento. IAG/USP.**

**Monteiro, M. D. - 1990 - Projeto Irecê-Lapão, 3ª Etapa - Reprogramação. Relatório não publicado, convênio SME/CBPM, Salvador, Janeiro 1990, 2 vol.**

**Nery, G. G. – 1984 - Curso de Perfilagem Geofísica em Poços Tubulares para Suprimento de Água Subterrânea (de 16 a 18 de Março). Organizado pelo Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo - IAG/USP.**

**Nordemann, D. - 1966 - Émissions gamma de quelques météorites et roches terrestres; Évaluation de la radioactivité du sol lunaire. Thèse Doct. d'État, Université de Paris, France. Rapport. CEA - R 3017.**

## AGRADECIMENTOS

De forma simples e sincera, quero agradecer a todos que colaboraram de forma pessoal, apoio financeiro e material para que a presente pesquisa chegasse ao seu êxito. A CBPM (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral), a CPRM (Companhia de pesquisa de Recursos Minerais), ao IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, ao IRD (Instituto de Radioproteção e Dosimetria), ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e a CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior.

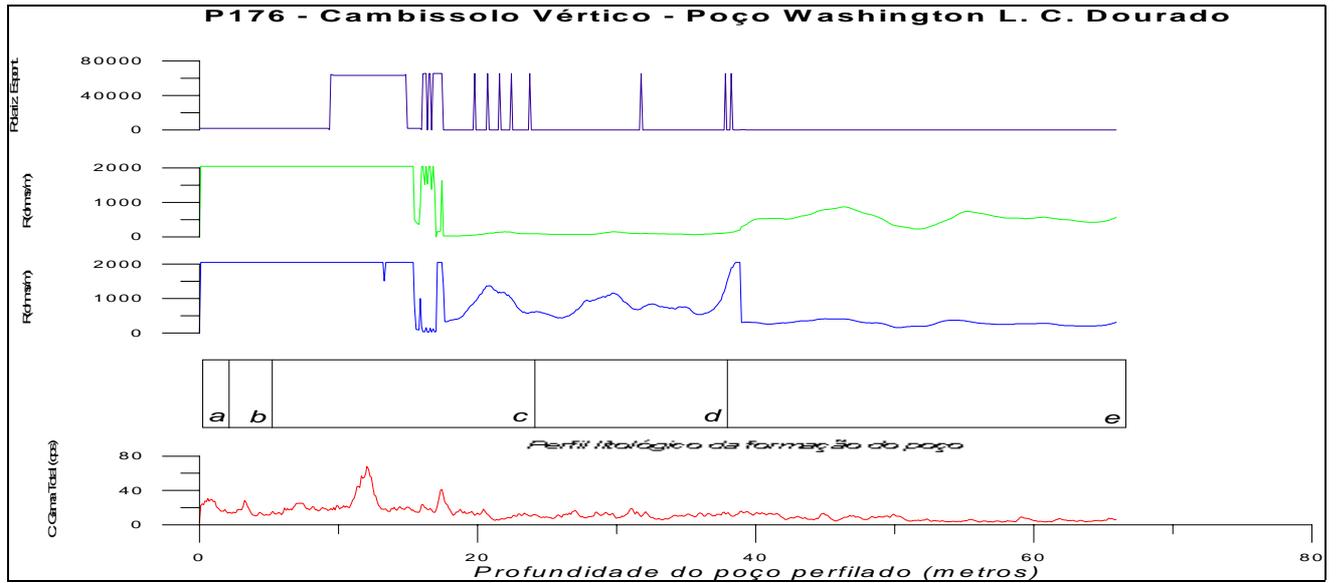


Figura 1 - Resultado da perfilagem do poço PWLCD2

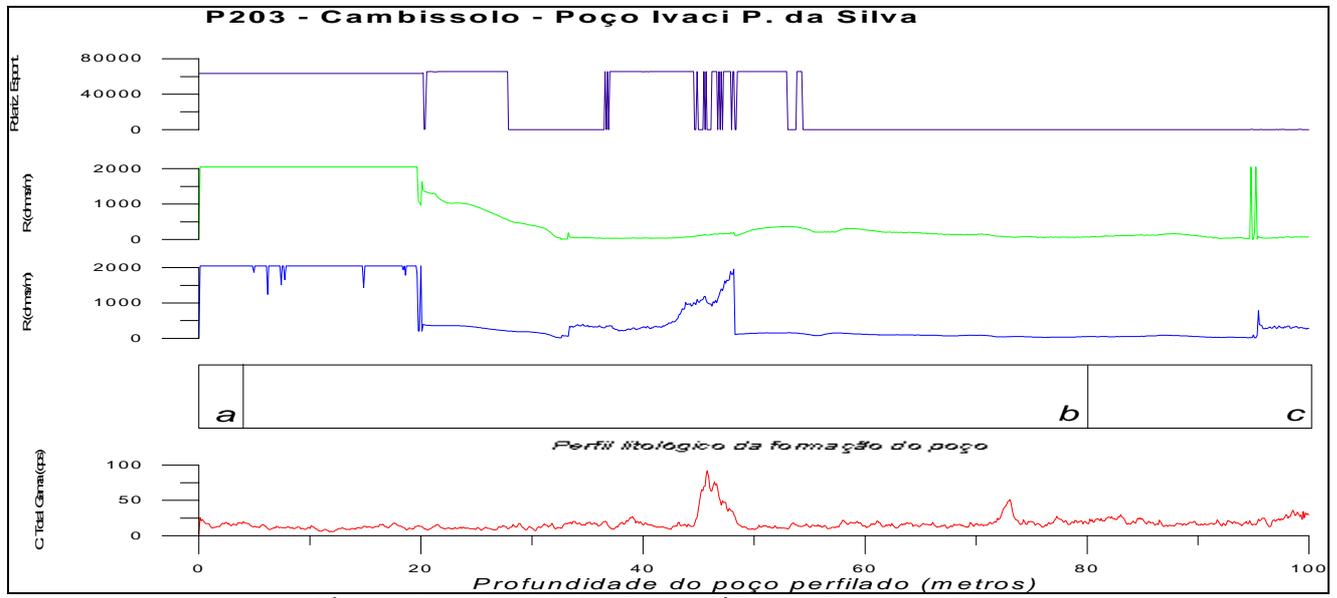


Figura 2 - Resultado da perfilagem do poço PIPS