

João Guilherme Barbosa dos Santos

**Avaliação Qualitativa de Argilominerais em Rochas da Formação
Resende (Bacia de Volta Redonda - RJ) utilizando a
Gamaespectrometria**

Monografia de Graduação (Geologia)

UFRJ
Rio de Janeiro
2019



UFRJ

João Guilherme Barbosa dos Santos

Avaliação Qualitativa de Argilominerais em Rochas da Formação Resende (Bacia de Volta Redonda – RJ) Utilizando a Gamaespectrometria

Monografia submetida ao Final do Curso de graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção do grau de em Geologia.

Área de concentração:

Geologia / Geofísica

Orientador:

Fábio André Perosi - UFRJ

Rio de Janeiro
Agosto 2019

João Guilherme Barbosa dos Santos

Título: Avaliação Qualitativa de Argilominerais em Rochas da Formação Resende (Bacia de Volta Redonda – RJ) utilizando a Gamaespectrometria / João Guilherme Barbosa dos Santos - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2019.

59 f.: il, anexos 1 e 2;

Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Curso de graduação em Geologia, 2019.

Orientador: Fábio André Perosi

1. Geologia. 2. Geologia / Geofísica – Monografia de Graduação. I. Fábio André Pérosi. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Curso de graduação em Geologia. III. Avaliação Qualitativa de Argilominerais em Rochas da Formação Resende (Bacia de Volta Redonda – RJ) utilizando a Gamaespectrometria.

João Guilherme Barbosa dos Santos

Avaliação Qualitativa de Argilominerais em Rochas da Formação Resende (Bacia de Volta Redonda – RJ) utilizando a Gamaespectrometria

Monografia submetida ao Final do Curso de graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção do grau de em Geologia.

Área de concentração:

Geologia / Geofísica

Orientador:

Fábio André Perosi – UFRJ

Aprovada em: 01 / 08 / 2019

Por:

Fábio André Perosi, D.sc., UFRJ (orientador)

Claudio Limeira de Mello, D.sc., UFRJ

Thiago Gonçalves Carelli, M. Sc., UFRJ

UFRJ
Rio de Janeiro
2019

Dedicatória,

Dedico a conclusão do curso de Graduação em Geologia da UFRJ, aos meus pais, meu irmão, meus avós, meus tios e tias, minha namorada, meus amigos e a todos que me ajudaram e me motivaram a realizar esse sonho de me tornar Geólogo da UFRJ.

Agradecimentos

Várias pessoas me acompanharam nesta etapa da minha vida acadêmica e gostaria de expressar meu agradecimento:

Ao meu orientador, Prof. Fábio André Perosi, pela oportunidade de participar deste projeto e pelas suas sugestões na elaboração deste trabalho.

À Petrobras, que financiou do Projeto "CARACTERIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO E DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E PERMOPOROSAS DE ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS" e também financiou o PRH-PB 234, o qual fui integrante e contemplado com uma bolsa de iniciação científica.

Aos meus queridos pais, que proporcionaram com esforço e determinação, toda minha passagem, na realização desse sonho de me tornar Geólogo.

Ao servidor, técnico Eng. José Roberto Delboni, pelo auxílio na aquisição dos dados em campo e no processamento dos dados de GPS no LAGEP/UFRJ (Laboratório de Geofísica e Petrofísica).

À família Leijoto, proprietária do terreno, especialmente aos Sr. Robson e Sr. José Luiz, que disponibilizam o estudo na área, sem nenhum problema.

A todos os demais colegas deste projeto e do curso, e também, aos demais servidores do Departamento de Geologia, abraço especial para todos os motoristas, que colaboraram nesta jornada.

A todos meus familiares e amigos que sempre estiveram comigo, ao longo de todo esse período, um agradecimento especial a minha vó e a minha namorada, que sempre me deram todo o apoio necessário.

Epígrafe,

A utilização do gamaespectrômetro portátil, em superfície, como ferramenta utilizada na tentativa de se determinar diferentes tipos de argilominerais em rochas da Formação Resende, na Bacia de Volta Redonda, RJ.

Resumo

SANTOS, João Guilherme. **Título:** Avaliação Qualitativa de Argilominerais em Rochas da Formação Resende (Bacia de Volta Redonda – RJ) utilizando a Gamaespectrometria. Rio de Janeiro, 2019. 59 f. Monografia – Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Neste trabalho fez-se uma avaliação qualitativa dos principais argilominerais presentes no afloramento estudado, através da gamaespectrometria, utilizando dados de radiação gama adquiridos com um gamaespectrômetro portátil ao longo de 242 pontos, espalhados pela superfície do afloramento. Também foi realizada uma interpolação dos dados pontuais obtidos, para ser feita uma análise referente à distribuição espacial dos mesmos. Esse estudo foi pensado com o objetivo de se gerar mais conhecimento sobre situações reais de difícil ou impossível acesso, estudando situações semelhantes disponíveis. O gamaespectrômetro é uma extensão do cintilômetro que separa em três canais, *ranges* de energia, as radiações gama (γ) provenientes da desintegração natural do Urânio, do Tório e do Potássio, de acordo com a energia de seus fótons. O afloramento do presente estudo se encontra no depocentro principal da Bacia de Volta Redonda que está inserida no segmento central do Rift Continental do Sudeste do Brasil, de idade paleógena. Para este estudo, foi montada no afloramento uma malha com quadrículas de 2 x 2 metros, ao longo de 54 m de largura e 18 m de altura, que serviu de guia para a aquisição dos dados de radiação gama e localização dos pontos de aquisição. Após os dados serem coletados, eles foram processados e interpretados. Como resultados, foram elaborados mapas da contagem total de radiação emitida, do teor de U, Th e K. Através do diagrama Th/K foram identificados os seguintes argilominerais: esmectita, caolinita, illita e, também, argilas interestratificadas. Suas distribuições espaciais ao longo do afloramento foram apresentadas em forma de um mapa de pontos da razão Th/K. A correlação dos argilominerais (inferidos através dos dados de gamaespectrometria) com as litologias foi satisfatória e, em alguns pontos, foram corroboradas pelos resultados de análises de difração de Raios-X.

Palavras-chave: Argilominerais; Gamaespectrometria; Bacia de Volta Redonda

Abstract

SANTOS, João Guilherme. **Título:** Qualitative evaluation os clay minerals in rocks of Resende Formation (Volta Redonda Basin – RJ) using gamma-spectrometry. Rio de Janeiro, 2019. 59 f. Monografia Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

In this work, a qualitative evaluation of the main clay minerals present in the studied outcrop was made by gamma-spectrometry, using gamma radiation data acquired with a portable gamma-spectrometer over 242 points, spread over the surface of the outcrop. An interpolation of the obtained point data was also performed, to make an analysis regarding their spatial distribution. This study was designed to generate more knowledge about real situations that are difficult or impossible to access by studying similar situations available. The gamma-spectrometer is an extension of the scintimeter that separates into three channels, energy ranges, the gamma radiations (γ) from the natural disintegration of uranium, thorium and potassium according to the energy of their photons. The outcrop of the present study is located in the main depocenter of the Volta Redonda Basin, which is inserted in the central segment of the Continental Riffe of Southeastern Brazil, of paleogenic age. For this study, a 2 x 2 meter grid, 54 m wide and 18 m high, was constructed on the outcrop as a guide for the acquisition of gamma radiation data and location of the acquisition points. After the data was collected, it was processed and interpreted. As a result, maps of the total emitted radiation count, the U, Th, and K content were prepared. Through the Th/K diagram, the following clay minerals were identified: esmetite, kaolinite, illite and also mixed layer clays. Their spatial distributions along the outcrop were presented as a Th/K ratio point map. The clay minerals correlations (were identified by gamma-spectrometry) with the outcrop lithologies are satisfactory and, at some points, those correlations have been corroborated by the results of x-ray diffraction analyzes.

Key-Words: clay minerals, Gamma-spectrometry, Volta Redonda Basin

Lista de Figuras

Figura 1: Espectro eletromagnético. Extraído de http://www.if.ufrgs.br	4
Figura 2: Ilustração efeito fotoelétrico. Extraído de http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br	6
Figura 3: Ilustração efeito Compton. Extraído de http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br	7
Figura 4: Ilustração produção de pares. Extraído de http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br	7
Figura 5: Exemplo de gráfico Th/K utilizado para determinação do tipo de argilomineral. Obs.: os pontos plotados, são somente um exemplo. Extraído de Klaja e Dudek (2016).	12
Figura 6: Localização do afloramento, do presente trabalho e as principais vias de acesso. Extraído de Maciel (2016).	14
Figura 7: Conjunto de bacia sedimentares inseridas no contexto tectônico do <i>Rift</i> Continental do Sudeste do Brasil. Extraído de Vogel (2018).	15
Figura 8: Coluna estratigráfica da Bacia de Volta Redonda, incluindo as fases de sua evolução tectônica (Negrão et al. 2015).	16
Figura 9: Mapa geológico da bacia de Volta Redonda integrado ao embasamento. As informações sobre o embasamento foram compiladas por Negrão (2014) de acordo com PRONAGEO – CPRM/UERJ (2007).	18
Figura 10: Aspectos gerais do afloramento estudado. São destacados os contatos litológicos e as estruturas tectônicas mais evidentes. Extraído de (Maciel 2016).	19
Figura 11: Seção litológica do afloramento. Extraído do 2º Workshop do Projeto "CARACTERIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO E DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E PERMOPOROSAS DE ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS".	20
Figura 12: Foto do gamaespectômetro portátil utilizado, da marca <i>Radiations Solutions Inc.</i> , modelo RS-230 BGO Super-SPEC, extraído do manual do aparelho.	22
Figura 13: Espectro de energias de cada um dos elementos coletados na campanha: K; Th e U. Da esquerda para a direita o primeiro pico é o do K o segundo o do U e o terceiro o do Th.	23
Figura 14: Exemplo da planilha feita, a partir dos dados iniciais de U, Th e K do gamaespectômetro. Mostrando os pontos de GPS correlacionados com cada local que foi feita a aquisição.	24
Figura 15: Seção geológica com os locais que foram feitas as análises com difração de raios x, comparando com o resultado obtido para o tipo de argilomineral, pela razão Th/K, segundo Klaja e Dudek (2016).	25

Figura 16: Mapa da distribuição espacial da radiação total, em ppm, detectada no afloramento. Retângulos em amarelo sinalizam local onde a radiação se mostrou mais intensa.	26
Figura 17: Mapa da distribuição espacial da radiação Th, em ppm, detectada no afloramento. Retângulos em amarelo sinalizam local onde a radiação se mostrou mais intensa.	27
Figura 18: Mapa da distribuição espacial da radiação U, em ppm, detectada no afloramento. Retângulo em amarelo sinaliza o local onde a radiação se mostrou mais intensa.....	28
Figura 19: Mapa da distribuição espacial da radiação K, em porcentagem, detectada no afloramento. Retângulo em amarelo sinaliza o local onde a radiação se mostrou mais intensa.	29
Figura 20: Mapa de interpolação, proveniente da razão entre tório e potássio, a fim de possibilitar a interpretação do tipo de argilomineral,	30
Figura 21: Exemplo de gráfico utilizado para interpretação dos tipos de argilominerais presentes no afloramento. (obs.: a legenda, explica os locais onde essas amostras foram coletadas, não tem nenhuma relação, com o presente trabalho). Extraído de Schlumberger (1985).	33
Figura 22: Comparação entre o mapa de distribuição espacial através de interpolação e a seção geológica do afloramento.	36
Figura 23: Comparação entre o mapa de distribuição espacial através de interpolação e a seção geológica do afloramento.	37

Lista de Quadros

Quadro 1: Características físicas e químicas de U, Th e K. Modificado de Klaja e Dudek (2016).....	10
Quadro 2: Aplicação do espectro de raios gama, na interpretação geológica. Modificado de Klaja e Dudek (2016).	11
Quadro 3: Pontos de DRX com argilominerais, e sua correspondência com o gamaespectrômetro portátil. Extraído de Galvão (2019) e Cunha (2019).	34

SUMÁRIO

Dedicatória	v
Agradecimentos	vi
Epígrafe	vii
Resumo	viii
<i>Abstract</i>	ix
Lista de Figuras	x
Lista de Quadros	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO.....	2
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
4 ÁREA DE ESTUDO.....	13
5 MATERIAL E MÉTODO	21
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
7 CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS.....	38
8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	39
ANEXO 1.....	40
ANEXO 2.....	46

1 INTRODUÇÃO

Os métodos geofísicos vêm sendo utilizados há décadas, como informações adicionais muito importantes, em estudos de geologia. O presente estudo trata-se da utilização de um gamaespectrômetro portátil, em uma malha de 2 x 2 metros, ao longo de 18 metros de altura e 54 metros de extensão lateral, onde foram coletados na superfície de um afloramento, 242 pontos com valores da radiação gama natural. A partir desses dados de radiação gama adquiridos, será possível ter-se uma ideia, acerca da determinação do tipo de argilomineral que está presente no afloramento.

O estudo do presente trabalho versa sobre a aplicação de uma técnica geofísica, que já vem sendo muito utilizada em perfilagem geofísica de poços, em superfície. Com o objetivo de tentar possibilitar, de uma forma mais rápida e economicamente mais viável, a determinação de argilominerais presentes em um dado afloramento da Formação Resende, na Bacia de Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro.

O gamaespectrômetro portátil utilizado consegue adquirir dados, em três canais diferentes: Canal do Potássio, do Urânio e do Tório. Esses canais são intervalos do espectro de energia da radiação gama, característicos da desintegração natural de cada um desses elementos, respectivamente: K = 1,46 MeV, U = 1,76 MeV e Th = 2,62 MeV.

Segundo Klaja e Dudek (2016), através da radiação gama proveniente de elementos radioativos, nesse caso, Urânio, Tório e Potássio, é possível se obter uma ideia do tipo de argilomineral presente em determinado local, mais precisamente, a determinação do tipo de argilomineral vai estar diretamente ligada à razão Th/K do local que está sendo estudado.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é fazer a análise qualitativa da distribuição espacial de argilominerais em rochas de um afloramento de arenitos pouco consolidados da Formação Resende (Eoceno, *Rift* Continental do Sudeste do Brasil, Bacia de Volta Redonda - RJ) utilizando dados de gamaespectrometria. É sabido que a presença de argilominerais pode influenciar o fluxo de fluidos no interior de um reservatório, através do fechamento de poros ou cavidades. O objetivo deste estudo reside na importância de se saber os tipos de argilominerais presentes e como sua distribuição espacial pode estar relacionada com algumas litologias ou feições do afloramento. Tendo em vista, que esse afloramento, formado por arenitos pouco consolidados, pode ser considerado um afloramento com características semelhantes a reservatórios de hidrocarbonetos com características parecidas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados aspectos conceituais a respeito da gama-espectrometria, principal abordagem do estudo, e de propriedades relacionadas à radioatividade dos elementos químicos radioativos, Urânio (U), Tório (Th) e Potássio (K) e das substâncias as quais eles são componentes.

3.1 Radioatividade

Segundo Chassot (1995), no ano de 1896, Antoine Henri Becquerel, um pouco depois de Wilhelm Conrad Roentgen, em 1895, descobrir o raio X (Figura 1), descobriu que minerais que continham Urânio ou até mesmo sais do elemento, passavam de opacos para luminosos e que afetavam os raios X. A descoberta da radioatividade foi logo seguida do descobrimento do Polônio e do Rádio, a partir do Urânio, por Marie Curie. Praticamente, ao mesmo tempo, Gerhard C. Schmidt também descobre que o Tório era mais um elemento radioativo.

3.1.1 Constituintes do núcleo

Segundo Telford e Keys (1987), um átomo é composto de um núcleo carregado positivamente, circundado por elétrons orbitais, que são suficientes, em número, para balancear a carga nuclear positiva. O próton, por sua vez, é a parte que é carregada positivamente, com massa de $1,7 \times 10^{-24}$ g. O número de prótons no núcleo determina o tipo de elemento. Já o nêutron partícula que possui carga nula é um pouco maior que o próton. O único elemento que não possui nêutrons é o hidrogênio. O elétron, constituinte de fora do núcleo, é carregado de forma negativa e possui massa de $1/1840$ da massa do próton. Em certas desintegrações, o núcleo pode ejetar uma partícula com as mesmas características de um elétron, chamada então de partícula beta (β). Outra partícula comumente ejetada em desintegrações de núcleo é a partícula alfa (α). Essa, por sua vez, é equivalente a um núcleo de Hélio (He), que consiste, em 2 prótons e 2 nêutrons e é carregada positivamente. Ainda, durante a desintegração nuclear, radiação eletromagnética pura, representando o excesso de energia, é frequentemente emitida do núcleo excitado, tais radiações são chamadas de fótons gama (γ).

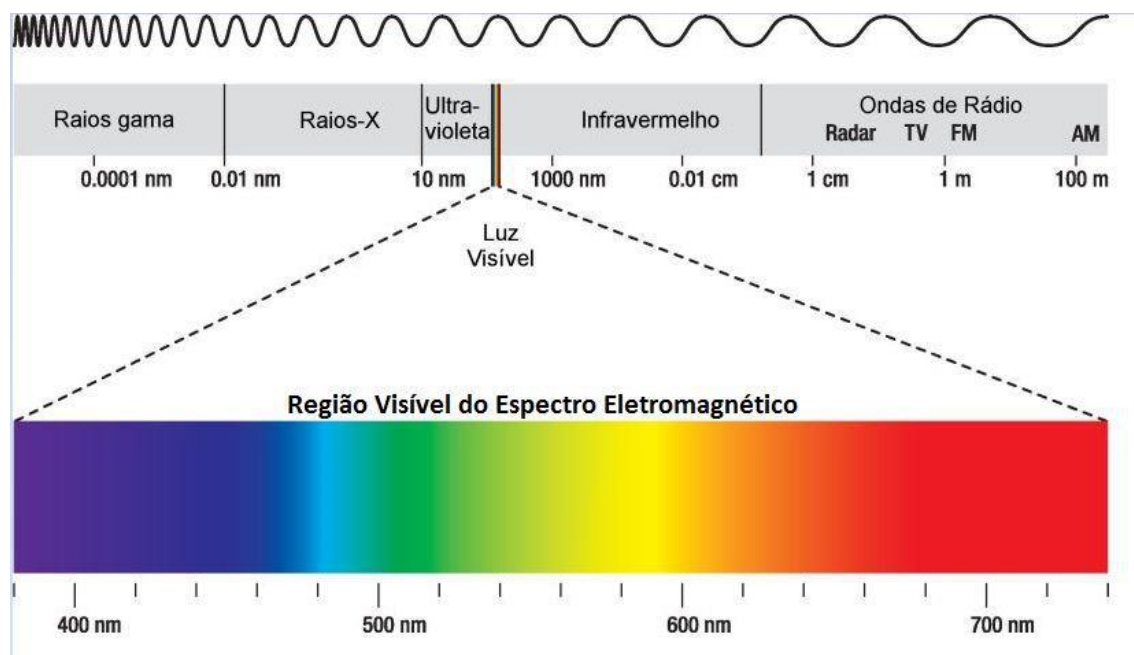


Figura 1: Espectro eletromagnético. Extraído de <http://www.if.ufrgs.br>.

3.1.2 Desintegração nuclear

Simultaneamente aos seus estudos pioneiros em física nuclear, Sir. Ernest Rutherford investigou a radiação emanada de partículas naturais (elementos radioativos) e mostrou que tais emanações consistiam nos três tipos mencionados acima, α , β , γ . (Telford e Keys, 1987). Todos esses três tipos de radiação produzem três diferentes efeitos, em graus variados, sendo eles:

- a) Afetam as emulsões fotográficas, do mesmo modo que a luz.
- b) Ionizam gás, transformando-o em um gás eletricamente conduzido.
- c) Produzem fosforescência ou “cintilações”, em certos minerais e compostos químicos.

Esses três tipos de radiação, provenientes da desintegração natural do núcleo, possuem diferentes graus de penetração, sendo eles:

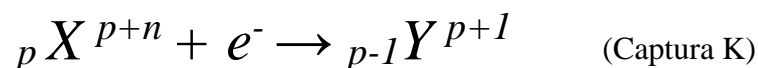
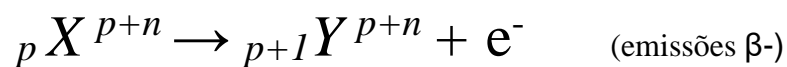
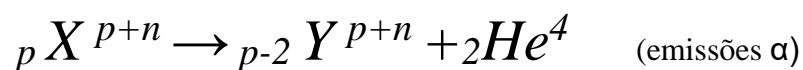
- i. (α): Facilmente bloqueadas por uma folha de papel;
- ii. (β): São bloqueadas por alguns milímetros de alumínio;
- iii. (γ): Já a radiação gama exige vários centímetros de chumbo.

Fato é que essas faixas de penetração da radiação gama, é uma complicada função da energia característica das partículas e da densidade ou do número atômico do meio que eles vão transitar. É sabido que essa faixa varia com a energia inicial e a taxa de dissipação de energia. Esse é um complexo processo de espalhamento, colisão e absorção, envolvendo os átomos do material fonte e o resultado da ionização ao longo do caminho.

A energia máxima liberada em desintegrações naturais de núcleos é geralmente em torno de 3 MeV (1 MeV= 10⁶ elétron-volts). Mesmo no ar, essa faixa de 3 MeV, α e β resistem a poucos centímetros e metros, respectivamente. Por outro lado os raios- γ , conseguem viajar centenas de metros no ar.

Vale ressaltar que tratando - se de emissão de partículas α , β , γ , têm-se mais um tipo de transmutação, chamado de "Captura-K", que ocorre em inúmeros elementos radioativos. Nesse processo, um elétron, da camada mais próxima do núcleo do átomo, camada K, salta para o núcleo, que irá emitir raios- γ ; Como resultado da captura desse elétron, ocorre que, o número atômico diminuí, em um, e, com isso, acarreta na criação de um novo elemento químico.

As equações que representam a transição do elemento X \rightarrow Y, por emissão de partículas α , β ou γ e Captura de elétron, são:



3.1.3 Modos de absorção da radiação

Segundo Telford e Keys (1987) os três modos mais importantes de interação entre os fótons de raio γ com o meio absorvedor são: fotoelétrico, Compton e produção de pares.

▪ **Efeito fotoelétrico:**

Esse efeito envolve a interação de um fóton γ com um elétron orbital (Figura 2). Se, por sua vez a $E_{(\text{fóton})} > E_{(\text{lig. do } e^-)}$, essa energia vai ser transferida para o elétron, com isso, o elétron mais externo vai ser ejetado do átomo. A $E_{(\text{cinética})}$ do elétron ejetado, vai ser aproximadamente a diferença entre a $E_{(\text{fóton})} - E_{(\text{lig. do } e^-)}$. O fotoelétron gerado, a partir da reação, comporta-se como partícula β . Vale ressaltar que é mais efetivo em elementos com número atômico Z elevado e energias menores que 1 MeV.

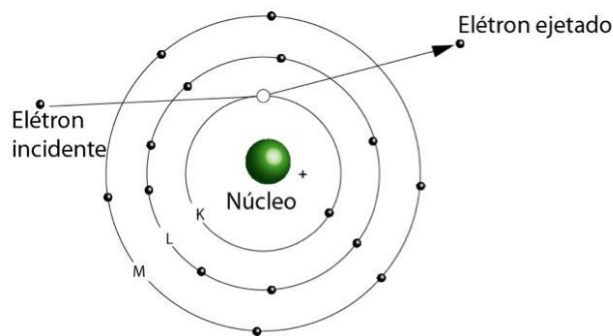


Figura 2: Ilustração efeito fotoelétrico. Extraído de <http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br>.

▪ **Efeito Compton:**

Esta interação envolve a colisão elástica do fóton com um elétron orbital, onde os momentos e as energias são conservados (Figura 3). Parte da energia do fóton incidente é transferida para o elétron, e o fóton resultante é espalhado de sua trajetória inicial. A magnitude do efeito vai depender do nº de elétrons orbitais do absorvedor, sendo diretamente proporcional a Z e, como o Efeito fotoelétrico, é mais significativo, em matérias com nº atômico elevado. A importante diferença é que no Efeito fotoelétrico, o fóton γ é completamente absorvido, já no Efeito Compton, o fóton é espalhado e sua energia é reduzida. Após sofrer várias colisões Compton, o fóton poderá ser absorvido por interação fotoelétrica, devido a sua energia já ter reduzido o suficiente, para tal interação ocorrer. O Efeito Compton torna-se dominante entre energias γ de 0,6 – 4 MeV.

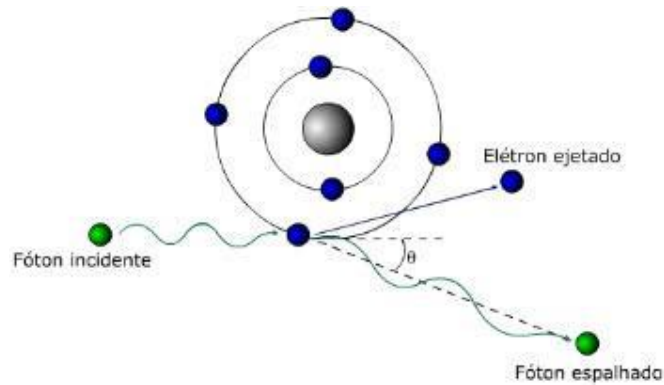


Figura 3: Ilustração efeito Compton. Extraído de <http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br>.

▪ **Produção de Pares:**

Este processo ocorre quando, um fóton γ , com energia igual ou superior a 1,02 MeV passa próximo do núcleo atômico (Figura 4). O fóton poder ser dizimado neste campo elétrico com a subsequente formação de par elétron-pósitron. Este processo torna-se dominante para fótons de altas energias (> 5 MeV), quando o Efeito fotoelétrico e Compton decrescem, por conta do aumento de energia dos fótons. A produção de pares, tal como o efeito fotoelétrico resulta na absorção de fóton γ . O pósitron origina 2 fótons de 0,51 MeV, através de reação de aniquilação.

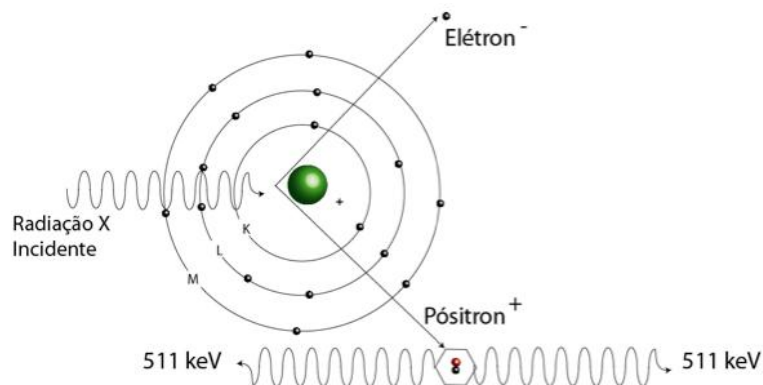


Figura 4: Ilustração produção de pares. Extraído de <http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br>.

3.1.4 Processo de decaimento radioativo

Em 1902, Rutherford e Soddy, segundo Telford e Keys (1987), anunciaram a teoria da transformação radioativa, na qual eles declararam que quando um elemento emite radiação α ou β , ele transmudara em um novo elemento. A taxa de desintegração varia para cada núcleo radioativo e essa variação pode ser muito grande, por exemplo, a do ${}_{84}\text{Po}^{212} \approx 10^{-7}$ segundos e a do ${}_{82}\text{Pb}^{204} \approx 10^{19}$ anos. Eles ainda de-

monstram que a taxa de mudança era proporcional ao número de átomos presentes e não era afetado por processos físicos ou químicos nas proximidades. A partir dessas demonstrações chegou-se ao conceito de Meia Vida ($t_{1/2}$).

▪ Conceito de taxa de decaimento

Para um dado radionuclídeo, cada núcleo tem uma probabilidade definida de decaimento em uma dada unidade de tempo. Esta probabilidade possui valor constante que é uma característica particular de cada radioisótopo. Pode-se dizer então que, para qualquer ponto no tempo, uma fração constante do núcleo radioativo vai estar se desintegrando. Esta fração constante de decaimento, como já mencionado, é peculiar para cada espécie individual e é independente de toda pressão e temperatura possível.

Para um dado instante, a taxa de decaimento será proporcional ao n° de átomos radioativos do isótopo presente (N), e é dado por:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

Onde t é o tempo e λ é a constante de decaimento do isótopo. O sinal negativo (-) indica que N decresce com t transcorrido. Rearranjando a equação, têm-se:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

▪ Equilíbrio radioativo

Suponha-se que o nuclídeo filho de $^{222}\text{Rn}_{86}$ ($t_{1/2} = 3,82$ dias) de número de massa 222 da série do U, é acumulado em um recipiente, juntamente com seu pai $^{226}\text{Ra}_{88}$ ($t_{1/2} = 1622$ anos). O início do processo, têm-se apenas, Ra puro, sendo o Rn gerado na mesma proporção em que o Ra decai.

Nos primeiros instantes, o número de átomos de Rn é ínfimo, de tal modo que faz com que sua taxa de decaimento seja desprezível quando comparada com a sua de criação. Contudo, após um considerável período de tempo, as duas taxas tornam-se, praticamente, iguais e a atividade do Rn entra em equilíbrio radioativo com a de Ra. Portanto, a atividade do nuclídeo filho está condicionada à do pai. Para uma quantidade muito grande de átomos e considerando que o sistema existe a tanto tempo que o mesmo possa ser representado pelo tempo $\rightarrow \infty$, pode-se escrever:

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} N_1^0$$

Onde, cada N_i representa o nº de átomos do i-ésimo nuclídeo da série radioativa presente no instante t e λ_i é a sua respectiva constante de decaimento. Logo, o número de átomos que decaem por unidade de tempo é igual ao número de átomos formados no mesmo intervalo de tempo, no caso de um sistema fechado contendo os membros de uma série radioativa natural.

3.2 Gamaespectrometria

Segundo Telford e Keys (1987), o espectrômetro de radiação gama é uma extensão do cintilômetro, que utiliza detectores capazes de discriminar as energias das radiações, permitindo a visualização do espectro de energia do decaimento de elementos químicos radioativos. Tais como: $K^{40} = 1,46$ MeV; $U = 1,76$ MeV e $Th = 2,62$ MeV, tornando possível a identificação, da quantidade dos radioelementos presentes em relação a um determinado tempo de aquisição dos dados. Eles podem ser tanto portáteis (utilizado no presente trabalho), quanto utilizados em aviões para uma gamaespectrometria aérea.

Espectrômetros desse tipo vêm sendo usados em estudos relacionados à radiação gama em laboratórios de física nuclear por vinte anos. Eles utilizam o fato de

que a intensidade do pulso da luz, conseqüentemente, a amplitude da voltagem do pulso, é proporcional a energia original dos raios gama.

Quando os raios perdem toda sua energia inicial, de uma só vez, pelo efeito fotoelétrico, isso é 100% verdade, até mesmo quando se primeiro ele perder energia por espalhamento ou por produção de pares, resultando em fotoelétrons de menor energia, isso ainda vai resultar em um pulso com a mesma amplitude, proporcionando que os raios gama não escapem do cristal que os está absorvendo. Isso é verdade porque todo esse processo ocorre essencialmente simultâneo, se considerado que os raios gama, são radiação eletromagnéticas e viajam na velocidade da luz.

O espectrômetro de fótons gama de superfície é muito utilizado na prospecção mineral, mapeamento geológico e geofísico (tema deste trabalho), monitoramento da radiação natural do meio ambiente, avaliação da radioatividade de materiais de construção e de objetos antropogênicos.

3.2.1 Parâmetros gamaespectrométricos e relações de U, Th e K utilizados

Segundo Klaja e Dudek (2016), U, Th e K apresentam diferentes características físicas e químicas. Como pode ser observado no (Quadro 1):

Elemento	Características
Tório	<ul style="list-style-type: none">• Insolúvel em água.• Usualmente encontrado em folhelhos, podem oferecer alguma informação no conteúdo de argila.• Encontrado em minerais pesados em rochas ígneas.
Urânio	<ul style="list-style-type: none">• Geralmente não está relacionado a rochas que contenham argila.• Depende do conteúdo de matéria orgânica.
Potássio	<ul style="list-style-type: none">• Um dos componentes básicos dos folhelhos.• Indica presença de Feldspatos e Micas.• Principal ocorrência é como óxido (K_2O)• Se estabiliza como argilomineral como KCL.

Quadro 1: Características físicas e químicas de U, Th e K. Modificado de Klaja e Dudek (2016).

Ainda, segundo Klaja e Dudek (2016), outras características interessantes, são as provenientes da relação em Th/K (Quadro 2), que será a mais utilizada no presente estudo, pois é com análise desta relação, que será feita a tentativa de se obter o tipo de argilomineral presente nas rochas do afloramento estudado.

Razão	Significado
Th/K	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento de tipos de minerais, que representam várias fácies. • Determinação dos tipos de condições sedimentares, distância de antigas linhas de costa. • Determinação de mudanças diagenéticas em sedimentos argilosos. • Determinação do tipo de argilomineral: a razão de Th/K cresce da esquerda para direita: glauconita – muscovita – illita – (<i>Mixed layer minerals</i>) argilas interestratificadas – caolinita – bauxita.

Quadro 2: Aplicação do espectro de raios gama, na interpretação geológica. Modificado de Klaja e Dudek (2016).

3.2.2 Avaliação do tipo de argilomineral

Segundo Klaja e Dudek (2016), a determinação do tipo de argilomineral está restrita a cinco tipos, que possuem relevância para indústria de óleo: clorita, glauconita, illita, caolinita, esmectita. Argilominerais são formados em ambientes continentais e marinhos, que vão influenciar a sua variabilidade, no que diz respeito à composição química. O tipo de argilomineral que é gerado em cada ambiente é fortemente influenciado pelas reações ocorridas nos sedimentos e pelo ambiente diagenético, por exemplo, a caolinita é formada em um pH entre 5,5 – 7,8, já a esmectita, em um pH acima de 7,8. Já é do conhecimento de todos, que são vários os fatores que podem influenciar na mudança de pH, a acidificação do ambiente pode ser resultado de erupções vulcânicas, reação de águas juvenis, oxidação da matéria orgânica, passando para turfa ou para carvão, e ainda crescimento e desenvolvimento da flora.

Cada argilomineral está fortemente ligado com a variabilidade do conteúdo de isótopos radioativos, principalmente Tório e Potássio. A razão Th/K depende também da estrutura cristalina do mineral, suas dimensões, concentração de íons radioativos durante a formação do mineral e dos processos climáticos e diagenéticos, a partir do

momento de formação do mineral. O tipo de argilomineral dominante deve ser determinado, baseado na plotagem, em um gráfico Th/K (Figura 5). Klaja e Dudek 2016)

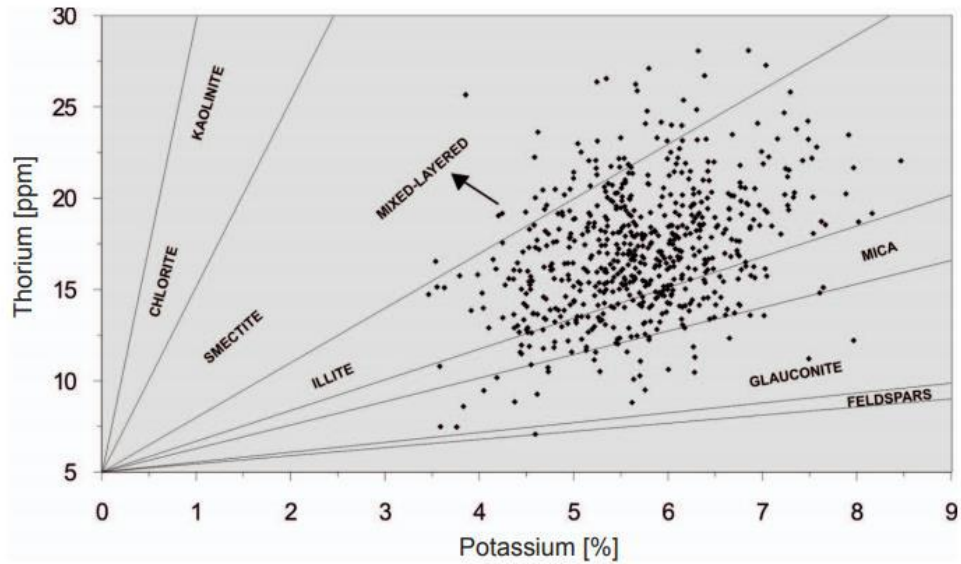


Figura 5: Exemplo de gráfico Th/K utilizado para determinação do tipo de argilomineral. Obs.: os pontos plotados, são somente um exemplo. Extraído de Klaja e Dudek (2016).

4 ÁREA DE ESTUDO

4.2 Localização

O afloramento em estudo localiza-se na borda sul do Gráben de Casa de Pedra, principal depocentro da bacia de Volta Redonda (RJ), (Figura 6). O afloramento está localizado em terreno privado, às margens da Rodovia do Contorno. O acesso à Rodovia do Contorno se dá a partir da Rodovia dos Metalúrgicos (VRD-001) ou pela Rodovia Lúcio Meira (BR-393). As coordenadas do afloramento são UTM (WGS84) 0597428E/7507066S, Zona 3.

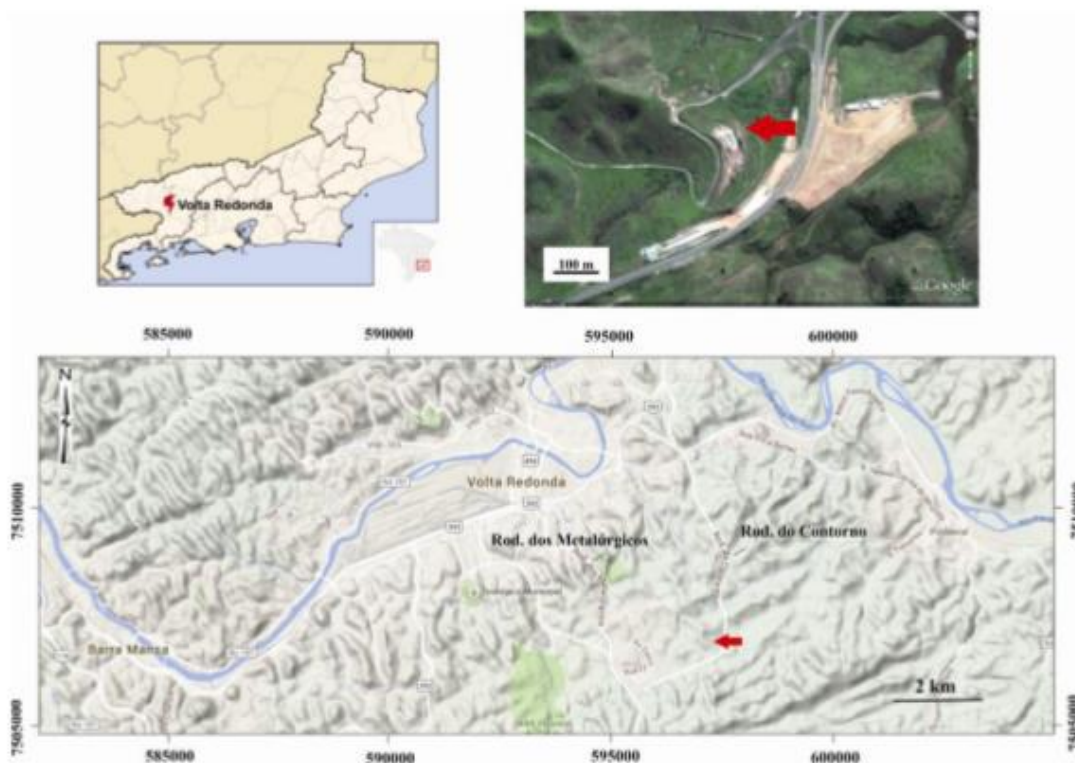


Figura 6: Localização do afloramento, do presente trabalho e as principais vias de acesso. Extraído de Maciel (2016).

4.2 Contexto Geológico

O *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) possui, aproximadamente, 900 km de extensão. Ele situa-se entre as cidades de Tijucas do Sul, no estado do Paraná, e o litoral norte do estado do Rio de Janeiro. Morfologicamente, o RCSB apresenta-se como uma faixa alongada estreita e deprimida, conforme direção ENE, seguindo a orientação da região costeira atual, da qual dista cerca de 70 km. (Riccomini et al. 2004)

A Bacia de Volta Redonda situa-se no segmento central do RCSB (Figura 7), juntamente com as bacias de Resende, São Paulo e Taubaté. Esse segmento se localiza na região do médio vale do rio Paraíba do Sul. (Riccomini et al., 2004)

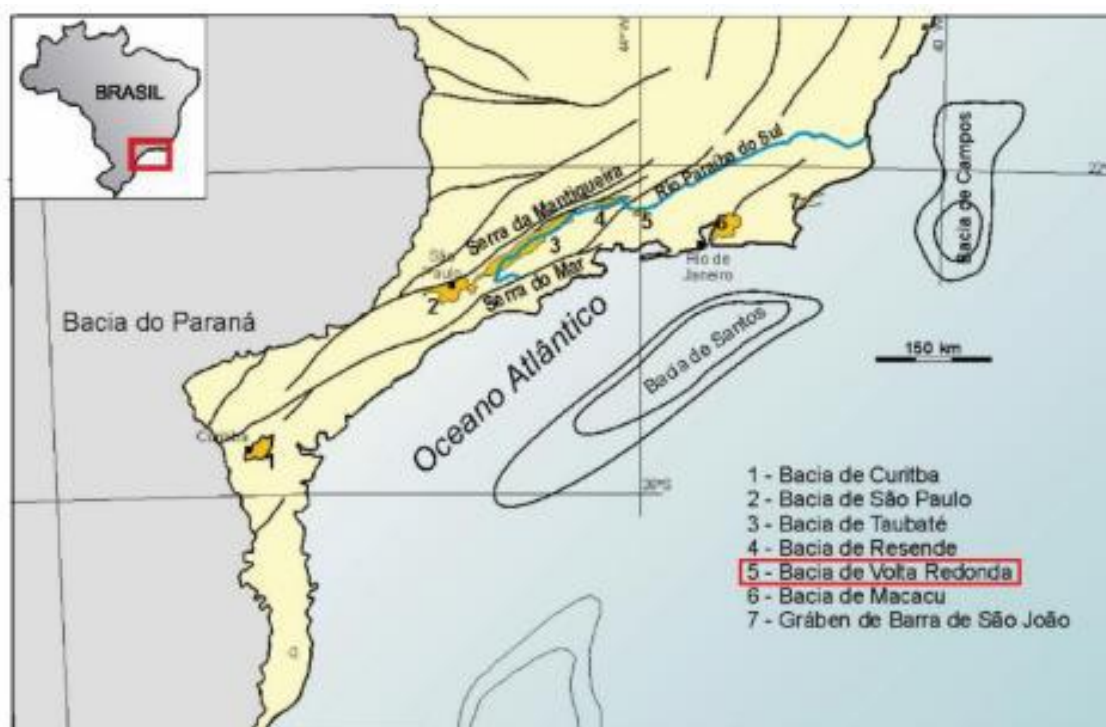


Figura 7: Conjunto de bacia sedimentares inseridas no contexto tectônico do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. Extraído de Vogel (2018).

A Bacia de Volta Redonda está inserida no segmento central da Faixa Ribeira, sobre terrenos proterozóicos a eopaleozóicos, caracterizados por complexos ortoderivados paleoproterozóicos, complexos paragnáissicos neoproterozóicos e suítes intrusivas neoproterozóicas.

4.3 Estratigrafia da Bacia de Volta Redonda

De acordo com Sanson et al. (2006) e Negrão et al. (2015), a estratigrafia da Bacia de Volta Redonda é composta por um preenchimento sedimentar de unidades litoestratigráficas primordialmente fluviais (Figura 8).

Ainda, segundo Negrão et al. (2015), a Formação Ribeirão dos Quatis é a unidade litoestratigráfica mais antiga registrada na Bacia de Volta Redonda e corresponde a depósitos típicos de um sistema fluvial entrelaçado conglomerático, anterior à fase principal de reativação do sistema de falhas de direção ENE-WSW (Figura 9), responsável pela gênese da bacia (Ramos, 2003; Sanson, 2006; Negrão, 2014). Estes autores admitem que esta sucessão sedimentar se depositou, em um intervalo de tempo desde o Paleoceno até o Eoceno inicial, em um sistema fluvial que fluía

em vales encaixados em estruturas do embasamento proterozóico, na região entre as atuais bacias de Resende e Volta Redonda.

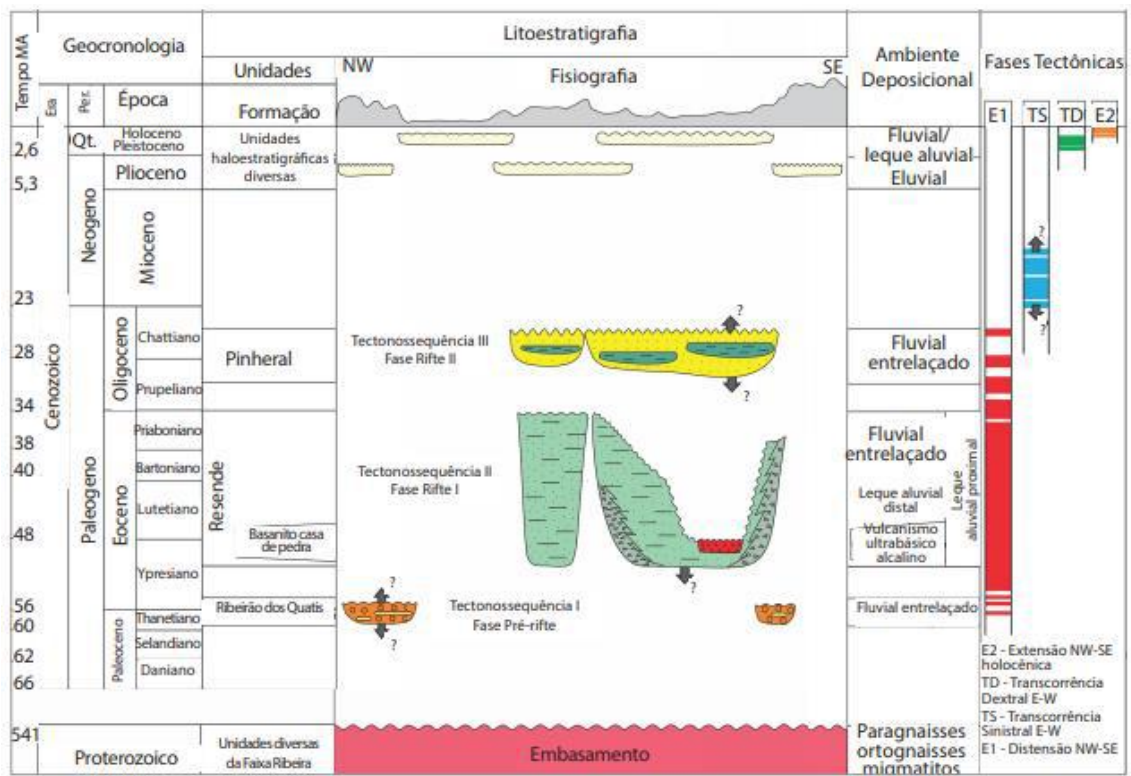


Figura 8: Coluna estratigráfica da Bacia de Volta Redonda, incluindo as fases de sua evolução tectônica (Negrão et al. 2015).

Ainda, segundo Negrão et al. (2015), sucedendo a Formação Ribeirão dos Quatis encontra-se a Formação Resende, principal preenchimento sedimentar da bacia, constituída por arenitos feldspáticos e conglomerados finos, com intercalações de lamitos arenosos e arenitos lamosos, esverdeados; nas porções proximais às bordas da bacia, foram depositados sedimentos fanglomeráticos. Os depósitos da Formação Resende (Figura 8) são associados a leques aluviais interdigitados a sistemas fluviais axiais de padrão entrelaçado. Está relacionada à fase principal de sedimentação da Bacia de Volta Redonda.

Intercalados à Formação Resende, encontram-se derrames de lavas ankaramíticas (rochas ultrabásicas alcalinas, ricas em fenocristais de olivina e de augita) – Basanita Casa de Pedra. Esses derrames são encontrados no extremo oeste do Gráben de Casa de Pedra. Essas lavas foram datadas pelos métodos K-Ar (43,8 +/- 6,2 e 41,7 +/- 5,7 Ma) e Ar-Ar (48,3 +/- 0,5 e 47,6 +/- 0,7 Ma), que, respectivamente,

apontaram idade com valores entre o Eoceno médio e Eoceno inicial (Riccomini et al.1983; Riccomini et al. 2004).

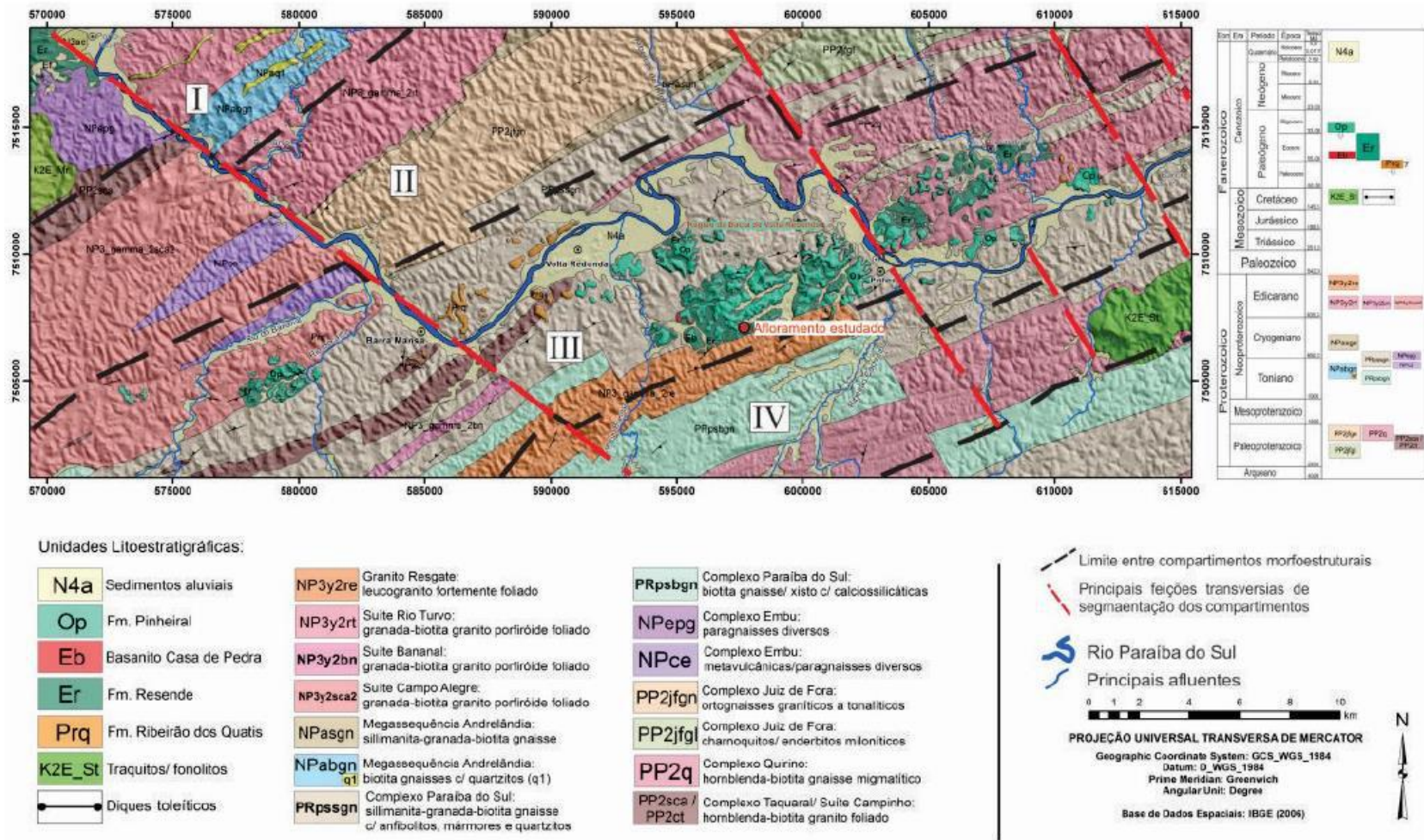


Figura 9: Mapa geológico da bacia de Volta Redonda integrado ao embasamento. As informações sobre o embasamento foram compiladas por Negrão (2014) de acordo com PRONAGEO – CPRM/UERJ (2007).

4.4 Local de estudo

O afloramento estudado consiste em um corte de orientação S-N, com aproximadamente 18 metros de altura e 54 metros de extensão lateral. Segundo Maciel (2016), é caracterizado, estratigraficamente, por intervalos lenticulares extensos e tabulares de arenitos (litologia predominante), conglomerados e lamitos, típicos da Formação Resende. Na parte superior do afloramento, são identificados arenitos da Formação Pinheiral, muito intemperizados.

Ainda segundo Maciel (2016), O padrão estratigráfico é seccionado por duas expressivas falhas normais (Figura 10), F1 (seta vermelha) e F2 (seta azul), com orientação ENE-WSW e mergulhos opostos, dividindo o afloramento em três blocos principais, compondo uma arquitetura de gráben e *horstes*. No bloco a sul (Figura 10), há o predomínio de camadas de arenitos e conglomerados, diferentemente do bloco central, onde predominam arenitos e lamitos, e do bloco norte caracterizado por camadas conglomeráticas, mais abundantes, areníticas e lamíticas (Figura 11).

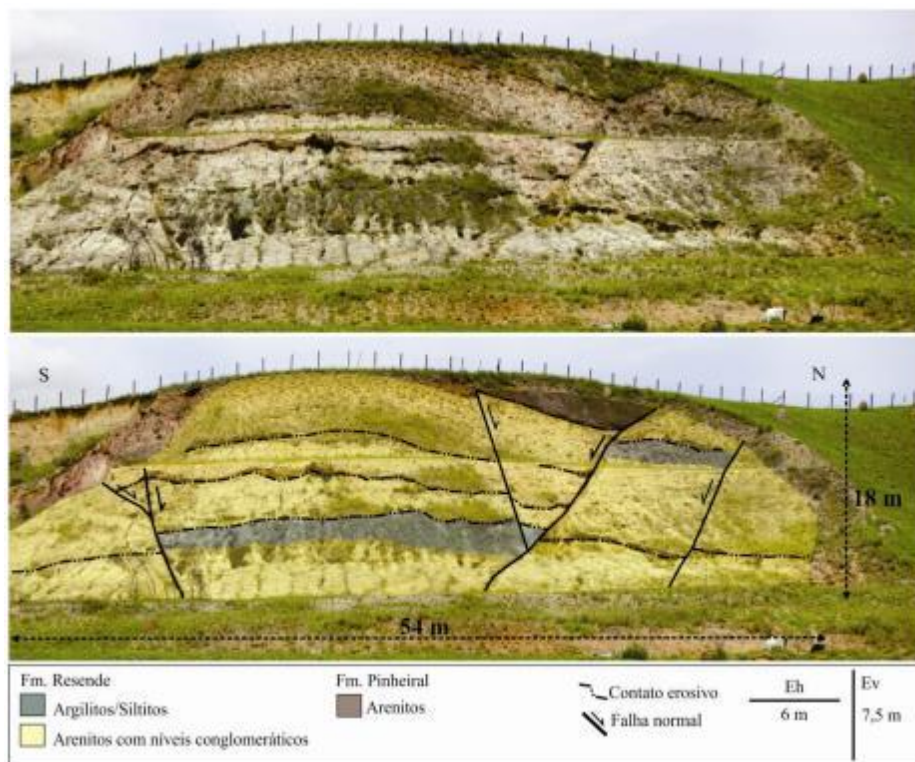


Figura 10: Aspectos gerais do afloramento estudado. São destacados os contatos litológicos e as estruturas tectônicas mais evidentes. Extraído de (Maciel 2016).

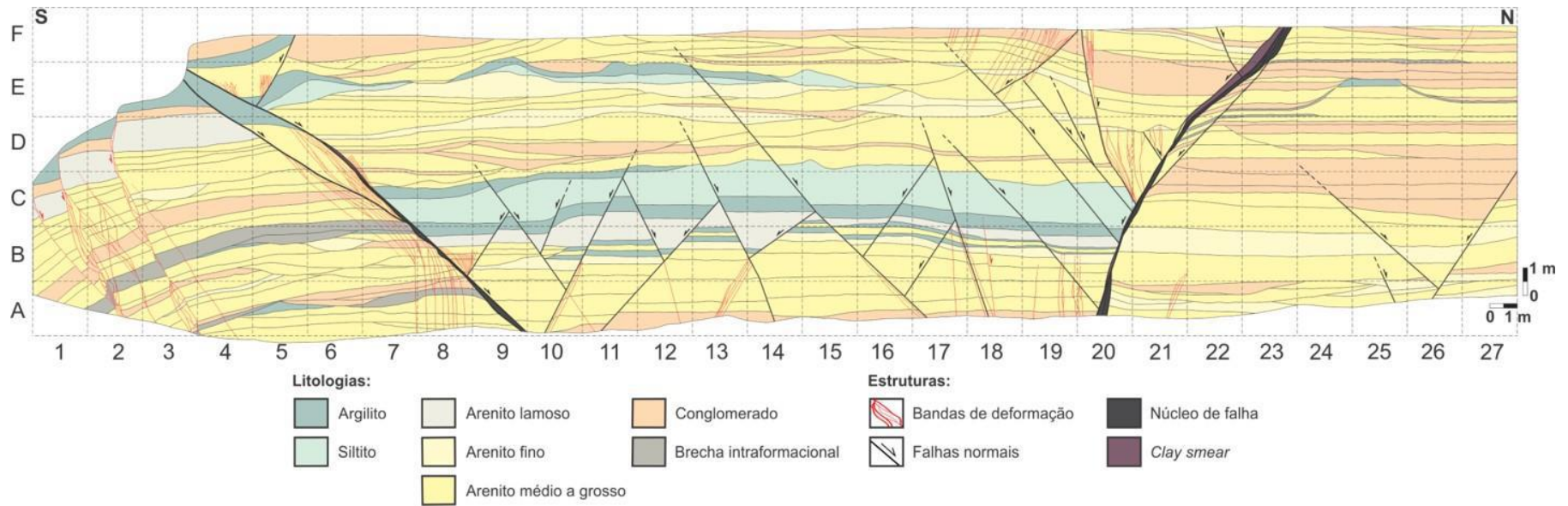


Figura 11: Seção litológica do afloramento. Extraído do 2º Workshop do Projeto "CARACTERIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO E DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E PERMOPOROSAS DE ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS".

5 MATERIAL E MÉTODO

Para o georeferenciamento dos pontos foi utilizado um aparelho de GPS com o sistema ProMark2 com o *software Ashtec Solutions*. Para obter uma melhor eficácia na localização dos pontos coletados, foram utilizadas duas bases como referência: uma base fixa no afloramento, proveniente do próprio conjunto do aparelho, e outra base fixa, cadastrada no IBGE, situada em Barra Mansa.

As medições foram feitas, em quatro campanhas diferentes, todas serviram para aquisição de dados de radiação gama e de localização desses dados. No local onde se encontra o afloramento, foi colocada uma malha de 2 x 2 metros, ao longo de 18 metros de altura e 54 metros de extensão lateral. Nas primeiras três campanhas foram feitas medições ao longo da malha, por integrantes do projeto e do Laboratório de Geofísica e Petrofísica (LAGEP/UFRJ), em diferentes épocas do ano, a fim de se tentar filtrar os melhores resultados devido a alguma possível interferência climática no momento da aquisição, relacionado à disponibilidade de satélites, no caso do GPS ou algum possível erro de leitura das radiações gama, relacionado ao gamaespectrômetro. Na quarta e última campanha, foi feita coleta de dados em pontos específicos, relacionados à litologia e estrutura do local e não mais tendo como referência a malha.

O aparelho de GPS trabalha da seguinte forma: após ser feita a escolha do local desejado para ser colocada a base fixa, que irá servir de referência para a aquisição de dados, é preciso escolher o local de aquisição dos pontos. Feito isso, bolha-se o nível da antena e é necessário esperar durante um tempo de 120 segundos ou dois minutos, para que os dados do local possam ser coletados com melhor acurácia. Após o tempo de espera necessário, pode ser feita a mudança de local para o próximo ponto.

Nesse caso, como foram utilizadas duas bases, foi feito o processamento em relação as duas e foi escolhida aquela com menor erro de localização, que ao invés de ser a base fixa do aparelho que estava mais próxima do afloramento, foi à base do IBGE, situada em Barra Mansa, especificações da mesma em anexo. Após esco-

lhida a base, se adiciona os pontos adquiridos na campanha, a modalidade de aquisição utilizada foi a *stop and go*, que nada mais é, que a forma como os pontos foram coletados, escolhe-se um local, é feito o registro e após disso passa-se para um novo. Feita a escolha dos melhores resultados referentes à melhor base fixa, só resta, serem feitos os ajustes e os dados estão prontos para serem utilizados.

5.1 Gamaespectrômetro portátil

Para a aquisição de dados relacionados ao gamaespectrômetro, foi utilizado um aparelho portátil da marca *Radiations Solutions Inc.*, do modelo RS-230 BGO Super-SPEC (Figura 12), que utiliza um detector de 103 cm³ com Óxidos de Germânio e Bismuto (BGO = sistema vítreo GeO₂ – Bi₂O₃), que é extremamente sensível e muito mais eficiente, quando comparado a um cristal de Iodeto de Sódio (NaI), normalmente utilizado em outros equipamentos, este teria que ser 3 vezes maior para ter a mesma sensibilidade do detector utilizado neste estudo.



Figura 12: Foto do gamaespectrômetro portátil utilizado, da marca *Radiations Solutions Inc.*, modelo RS-230 BGO Super-SPEC, extraído do manual do aparelho.

O aparelho tem a função de captar os dados em três faixas, *ranges*, diferentes de energia (espectros de energia) (Figura 13), para K, U e Th, respectivamente os valores desses picos energéticos são $K^{40} = 1,46 \text{ MeV}$; $U = 1,76 \text{ MeV}$ e $Th = 2,62 \text{ MeV}$. Após a integração das contagens para cada faixa energia, converte-se os valores para porcentagem, em relação ao K e para partículas por milhão (ppm) em relação a U e Th.

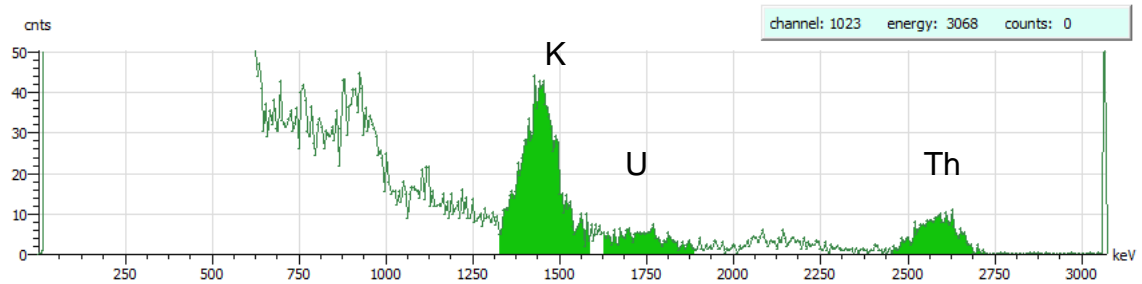


Figura 13: Espectro de energias de cada um dos elementos coletados na campanha: K; Th e U. Da esquerda para a direita o primeiro pico é o do K o segundo o do U e o terceiro o do Th. Extraído do software GeoView.

Em campo, a utilização do aparelho é simples. Ele se estabiliza automaticamente, ao ligar o aparelho e depois de feito esse *background*, o mesmo está pronto para ser utilizado. As medições que devem ser executadas, no mínimo, em uma janela de aquisição de 30 segundos, por conta de a radiação ser uma medida estatística, logo não teria sentido coletar um dado somente em um momento específico, o resultado poderia representar um erro. Para melhor logística e confiabilidade dos dados, foi utilizado o tempo de aquisição igual o do GPS de 120 segundos. Cada ponto coletado é gravado na memória do equipamento.

Terminada a campanha de campo, se faz necessário fazer o transporte dos dados do aparelho para o computador, a fim de se prosseguir com processamento dos dados. A análise, a seleção e o processamento dos dados são realizados em uma planilha de cálculo (Excel ou qualquer *software* livre). A partir desta planilha são gerados os gráficos das concentrações dos elementos radioativos e os diagramas de suas razões (Th/K, U/Th e K/U), vide Figura 14, a seguir e tabela em anexo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Id	POINT_X	POINT_Y	K	U	Th	Th_K	Th_U	U_K	Total	
2	3136	597478,0403	7507024,914	3,2	2,3	11,7	3,65625	5,086956522	0,71875	15,4	
3	3137	597477,6752	7507026,756	3,3	5,3	24,2	7,333333333	4,566037736	1,606060606	24,5	
4	3138	597482,0329	7507029,336	2,9	6,5	26,7	9,206896552	4,107692308	2,24137931	25,8	
5	3139	597483,9458	7507030,677	2,4	3,9	20,7	8,625	5,307692308	1,625	19,7	
6	3140	597486,0016	7507031,026	2,6	5,1	25,8	9,923076923	5,058823529	1,961538462	23,8	
7	3141	597486,1128	7507028,328	2,3	3,9	20,2	8,782608696	5,179487179	1,695652174	17,7	
8	3142	597486,2001	7507026,978	3,5	2,2	10,6	3,028571429	4,818181818	0,628571429	16,2	
9	3143	597484,3506	7507026,827	4,1	3	12,5	3,048780488	4,166666667	0,731707317	17,6	
10	3144	597484,0093	7507025,284	3,8	7	50,3	13,23684211	7,185714286	1,842105263	40,2	
11	3145	597487,992	7507026,605	3	1,4	9,7	3,233333333	6,928571429	0,466666667	13,6	
12	3148	597490,6691	7507027,215	3,1	6,4	24,4	7,870967742	3,8125	2,064516129	24,8	
13	3149	597490,4971	7507026,527	3,5	5,4	34,7	9,914285714	6,425925926	1,542857143	29,9	
14	3150	597492,0846	7507026,58	3,1	5,4	37,3	12,03225806	6,907407407	1,741935484	30,8	
15	3151	597494,0183	7507026,778	2,8	4,8	25	8,928571429	5,208333333	1,714285714	23,4	
16	3152	597493,9587	7507027,559	2,8	4,7	25,6	9,142857143	5,446808511	1,678571429	24	

Figura 14: Exemplo da planilha feita, a partir dos dados iniciais de U, Th e K do gamaespectômetro. Mostrando os pontos de GPS correlacionados com cada local que foi feita a aquisição.

Como outrora mencionado, para a elaboração dos mapas de distribuição espacial e dos gráficos, foram coletados 242 pontos de aquisição em uma malha, já anteriormente descrita, e agora apresentada na Figura 15. Nesses pontos foram coletados dados de GPS e de radiação gama e, posteriormente, foram armazenados em uma planilha.

Esta planilha foi utilizada para o processamento dos dados de gamaespectrometria e a correlação destes com os dados de GPS. (Planilha esta, que se encontra em Anexo 1). Com os dados devidamente prontos, foram exportados para o *ArcGis* para a confecção dos mapas de distribuição espacial, através de ferramentas de interpolação.

Foram utilizados ainda, alguns dados de análises de difração de raios x, provenientes dos trabalhos de Galvão (2019) e Cunha (2019), a fim de se comparar os resultados obtidos pelo gamaespectrômetro e assim comprovar se estavam correspondendo ou não (Figura 15).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

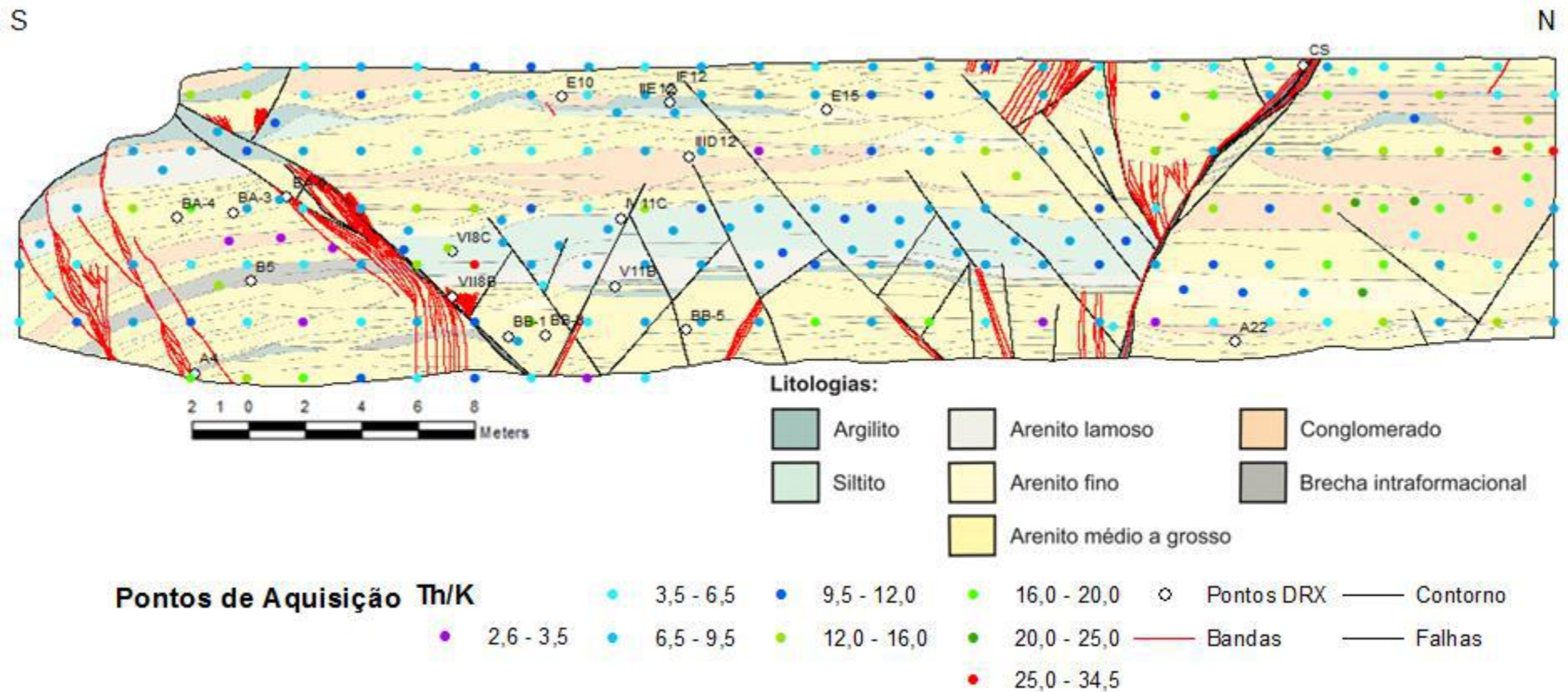


Figura 15: Seção geológica com os locais que foram feitas as análises com difração de raios x, comparando com o resultado obtido para o tipo de argilomineral, pela razão Th/K, segundo Klaja e Dudek (2016).

Na (Figura 16), é apresentado o mapa da contagem total (soma de toda a radiação emitida pelo afloramento). Os dados obtidos mostram basicamente três pontos de maior intensidade de radiação, dois do lado Norte do afloramento e um no lado Sul do mesmo afloramento, que estão destacados a seguir pelos retângulos amarelos. Essa intensidade elevada, do lado Norte, pode estar relacionada à presença maior de um conglomerado, que por sua vez, possui alguns fragmentos líticos na sua composição e também um teor elevado de K-feldspato.

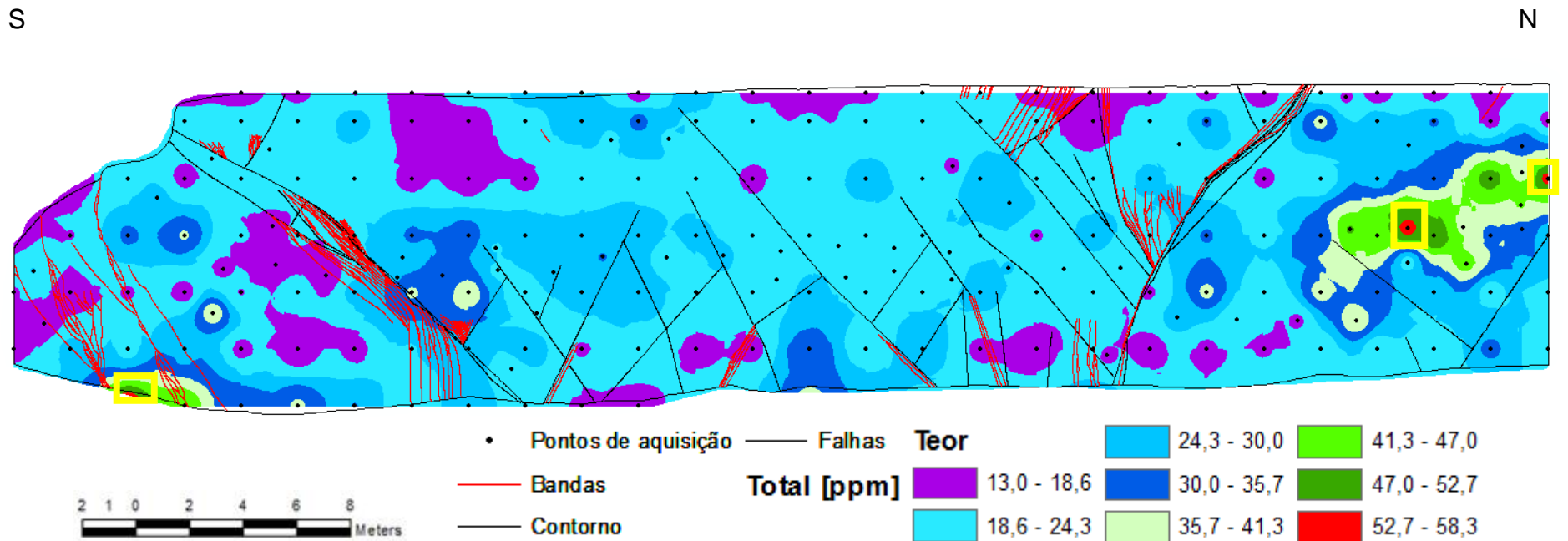


Figura 16: Mapa da distribuição espacial da radiação total, em ppm, detectada no afloramento. Retângulos em amarelo sinalizam local onde a radiação se mostrou mais intensa.

Já em relação ao tório, os locais onde a concentração do mesmo apresentou seus números mais elevados (Figura 17), foram justamente os três pontos de aquisição onde a radiação total do afloramento também se fez presente em maior quantidade. Que será novamente destacado pelos quadrados amarelos.

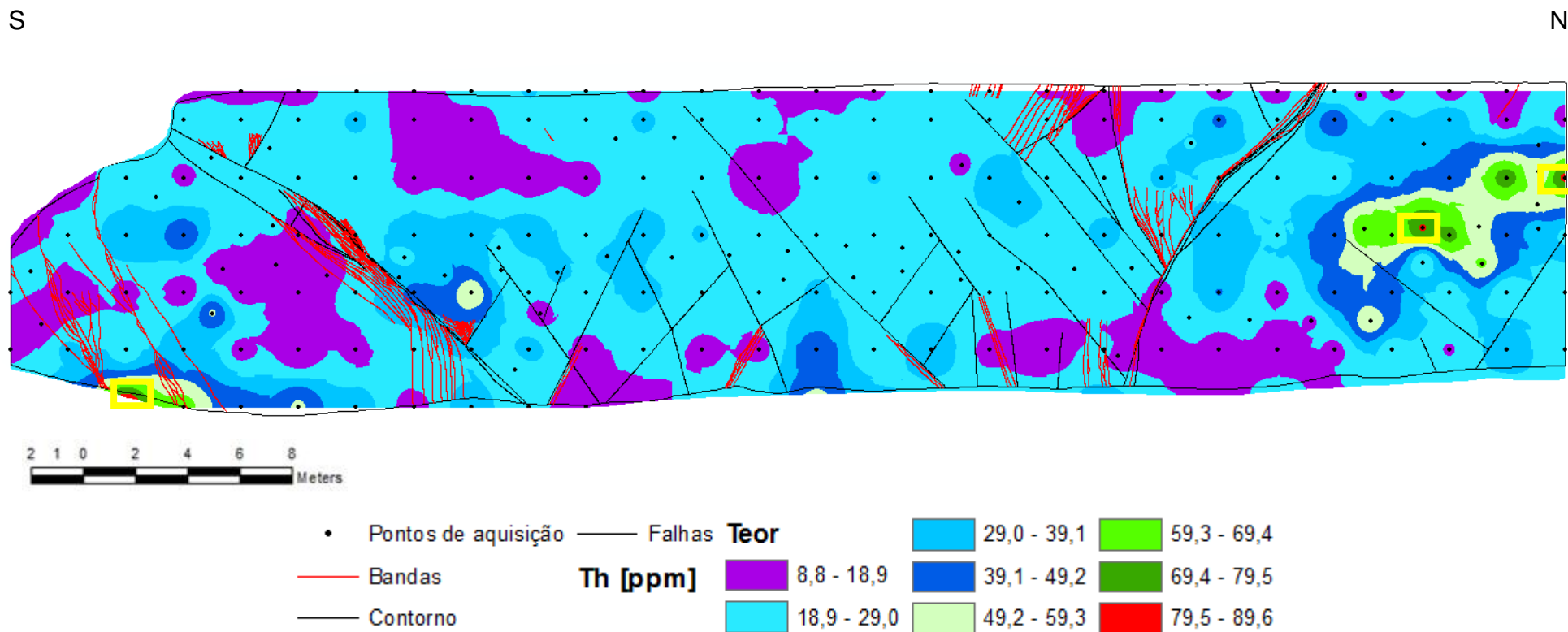


Figura 17: Mapa da distribuição espacial da radiação Th, em ppm, detectada no afloramento. Retângulos em amarelo sinalizam local onde a radiação se mostrou mais intensa.

Para o urânio (Figura 18), somente um ponto de aquisição apresentou uma quantidade elevada de radiação. Coincidentemente, esse local também está do lado Norte do afloramento, no mesmo local onde a radiação proveniente do Tório apresentou uma intensidade elevada e logo, provavelmente, também pode estar relacionada aos fragmentos líticos que estão presentes no conglomerado.

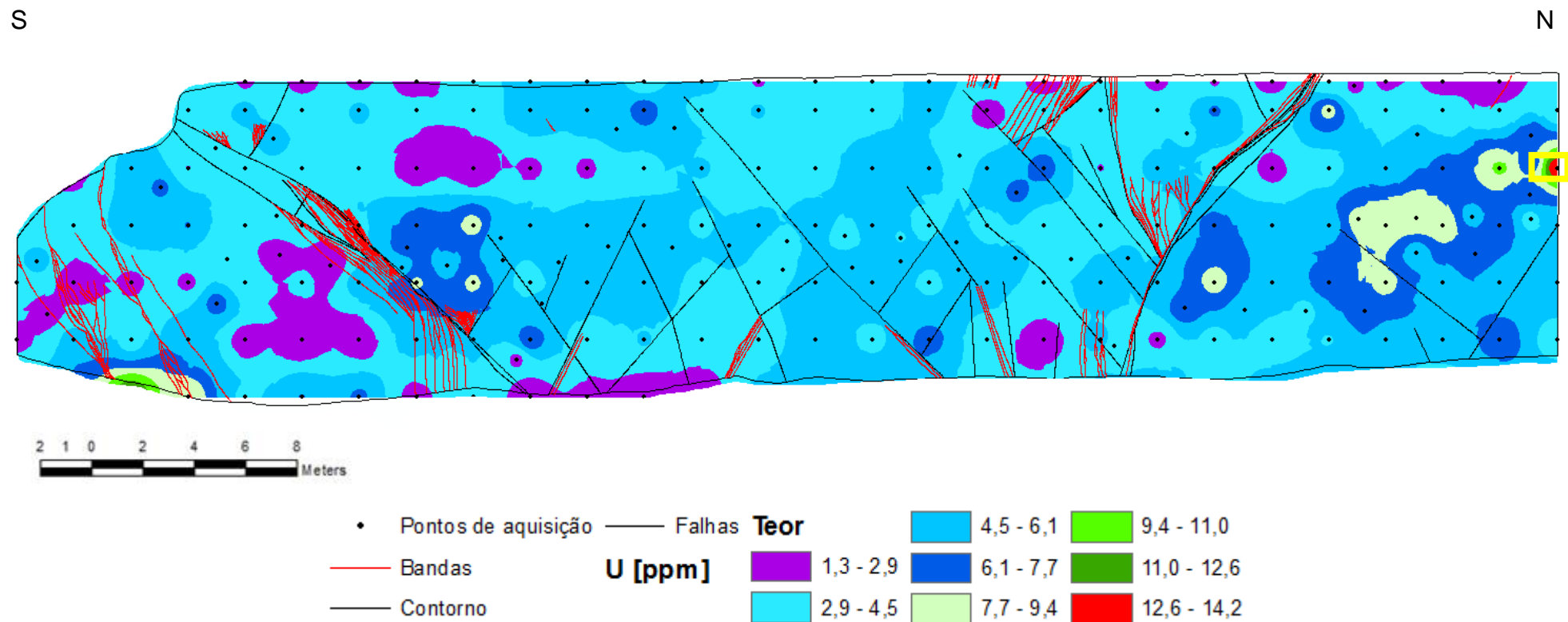


Figura 18: Mapa da distribuição espacial da radiação U, em ppm, detectada no afloramento. Retângulo em amarelo sinaliza o local onde a radiação se mostrou mais intensa.

Por sua vez, nessa interpolação proveniente da quantidade de potássio no afloramento, esperou-se uma marcação bem definida, em relação ao argilito, presente tanto no bloco baixo quanto nos blocos altos, porém, o resultado não mostra muito bem essa relação direta. Sugere-se a interpretação que o nível de concentração de potássio seja relativamente alto em todo afloramento, não deixando o argilito se sobressair nessa análise. Porém, o local com a radiação mais intensa continuou sendo o lado Norte do afloramento onde se fazem presentes com em maior quantidade os conglomerados.

S

N

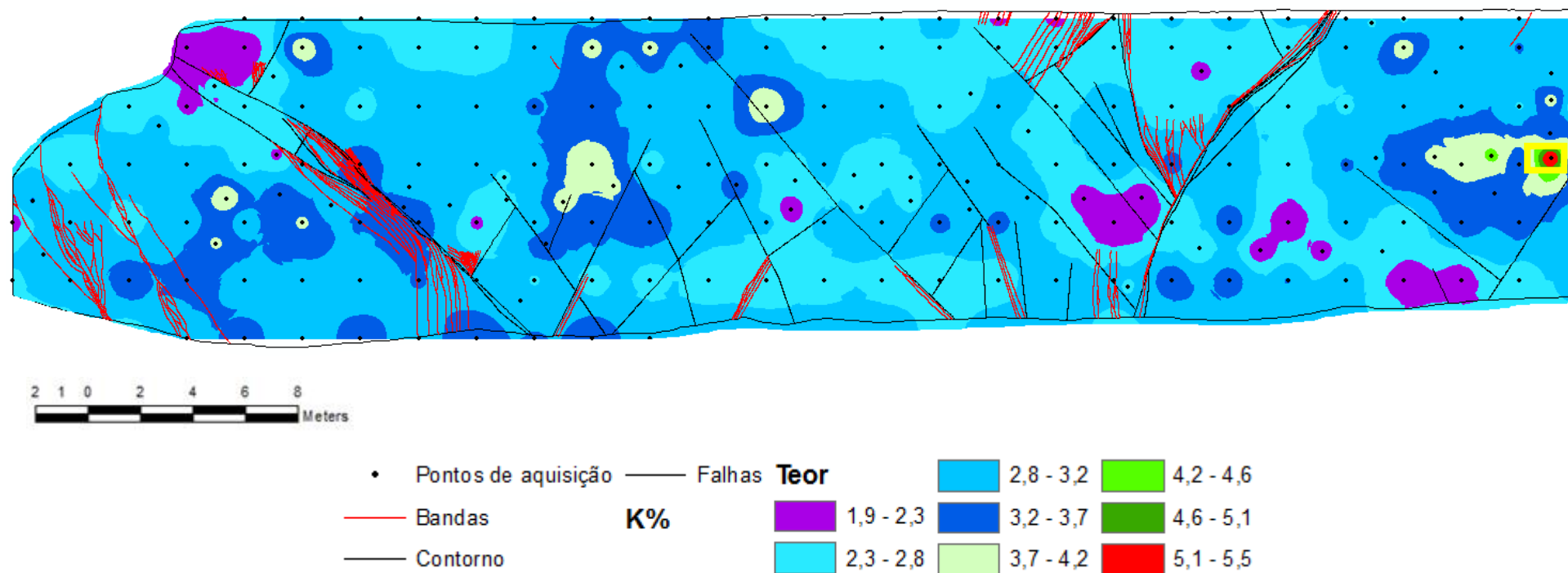


Figura 19: Mapa da distribuição espacial da radiação K, em porcentagem, detectada no afloramento. Retângulo em amarelo sinaliza o local onde a radiação se mostrou mais intensa.

Já no mapa de interpolação da razão Th/K (Figura 20), é preciso salientar para a distribuição das cores, onde, do menor para o maior, o roxo está representando a Ilita, os azuis, juntos (3,5 - 12), estão representando o campo das *mixed layer clays* (argilas interestratificadas), no qual, não dá para fazer a distinção entre o tipo de argila presente podendo ser tanto esmectita, caolinita ou ilita. Os verdes, juntos (12 - 25) representam o campo da caolinita e para completar, o vermelho representa a presença de minerais pesados que contêm tório.

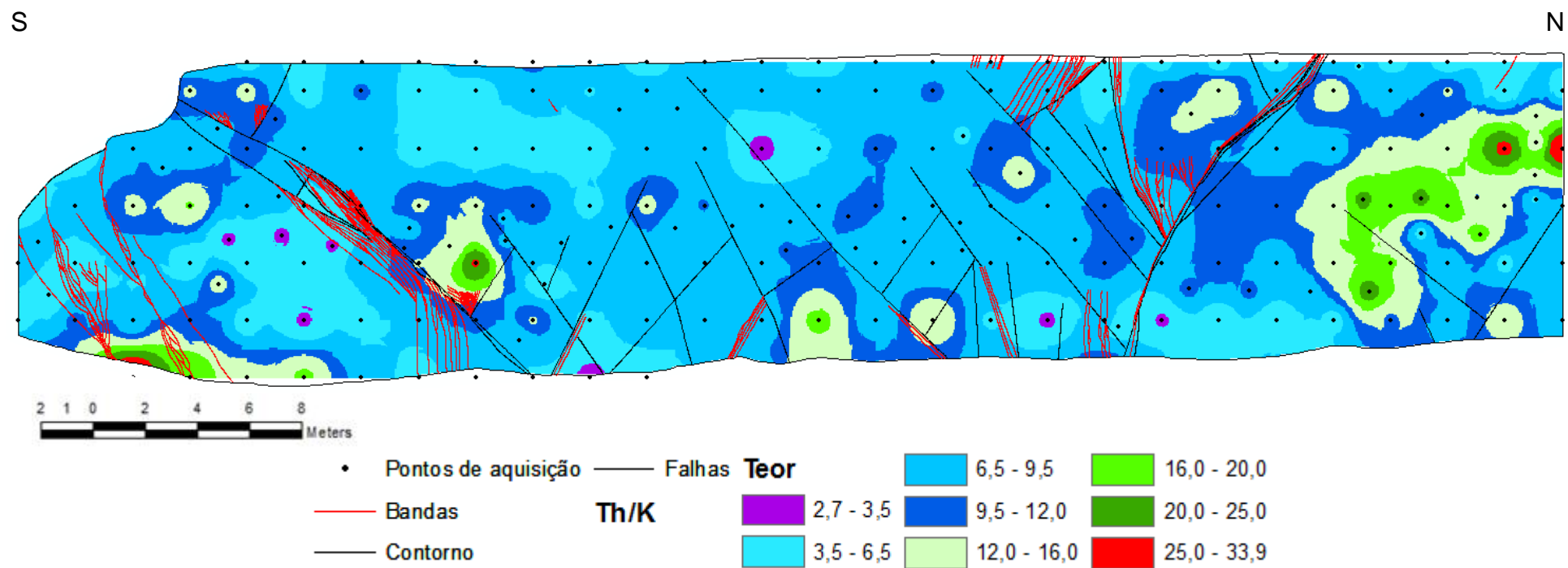


Figura 20: Mapa de interpolação, proveniente da razão entre tório e potássio, a fim de possibilitar a interpretação do tipo de argilomineral, no afloramento.

Após terem sido gerados os mapas, foi feito um gráfico da distribuição dos pontos de aquisição, afim de uma melhor visualização da distribuição dos mesmos, no gráfico Th/K que, segundo Klaja e Dudek (2016), é utilizado no auxílio da interpretação de argilominerais presentes. Vale ressaltar que o roxo é Ilita, os verdes são caolinita, os azuis são as argilas interestratificadas e o vermelho, minerais pesados que contêm tório.

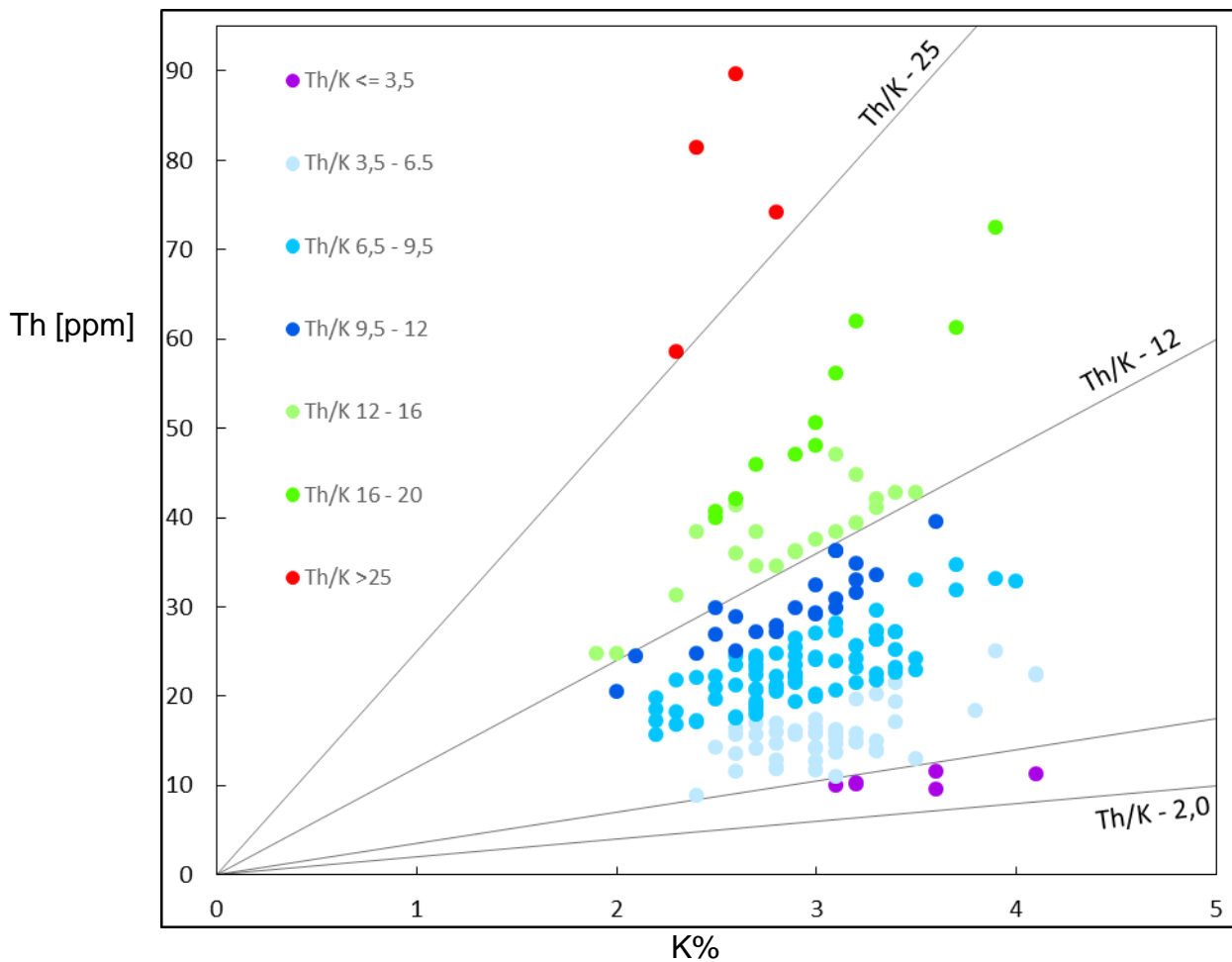


Gráfico 1: Gráfico de Th/K, dos pontos de aquisição de dados do afloramento.

Pode-se ser observado que a maioria dos pontos cai no campo entre 3,5 e 12, na faixa caracterizada como argilas interestratificadas, onde, infelizmente, não se consegue diferenciar o tipo de argila através do gamaespectrômetro portátil. A segunda maior concentração é no campo entre 12 e 25, que corresponde a caolinita. Outros poucos pontos, são observados no campo da ilita 2 e 3,5 e no campo de minerais pesados que contem Tório >25, na razão Th/K.

A título de visualização da distribuição dos pontos (Gráfico 1), seguindo mais a escala do gráfico modelo, outro gráfico foi gerado.

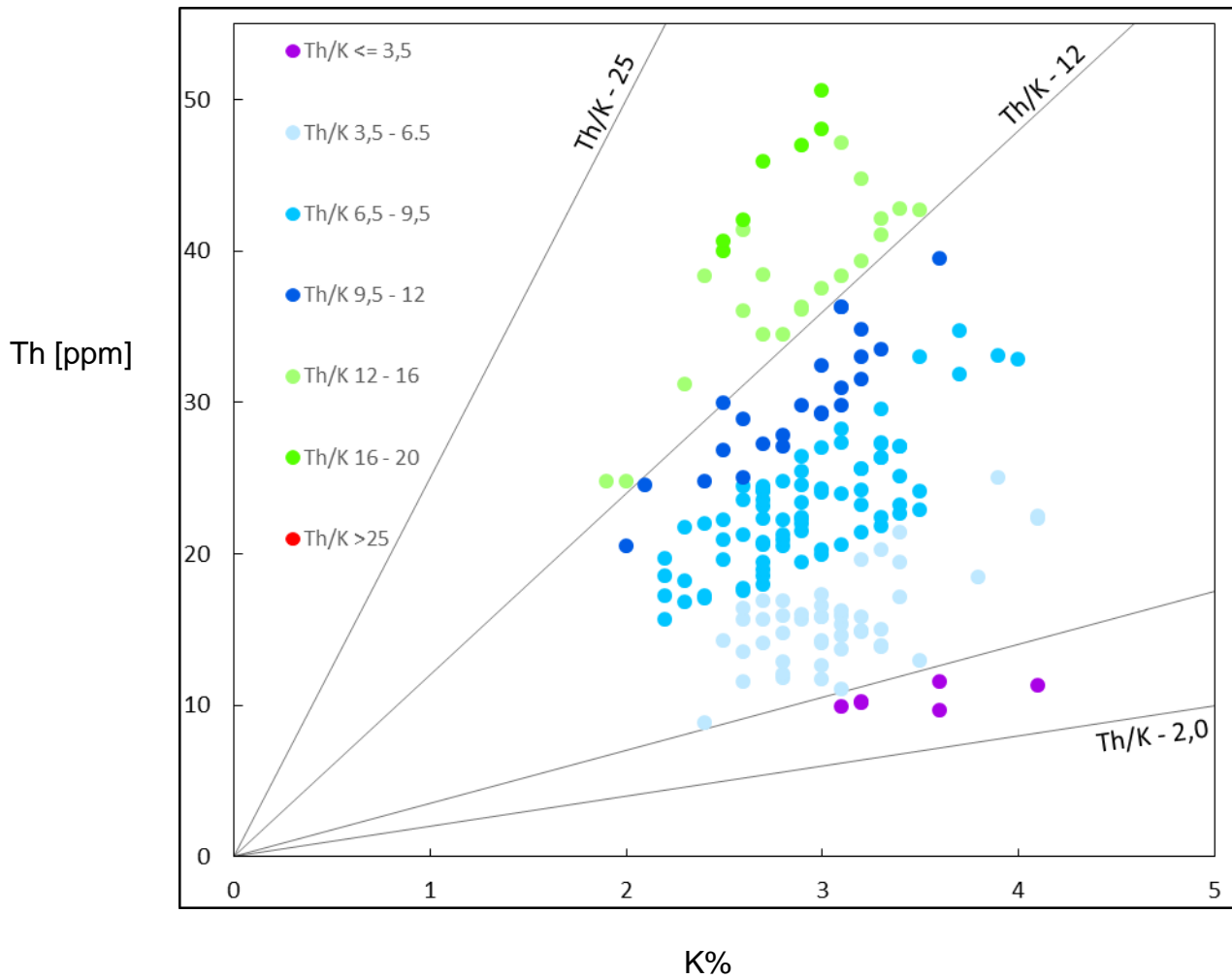


Gráfico 2: Gráfico de Th/K, dos pontos de aquisição de dados do afloramento, em menor escala.

O gráfico utilizado como parâmetro (Figura 21), com os limites da interpretação dos tipos de argilomineral, provenientes da interpretação da razão Th/K.

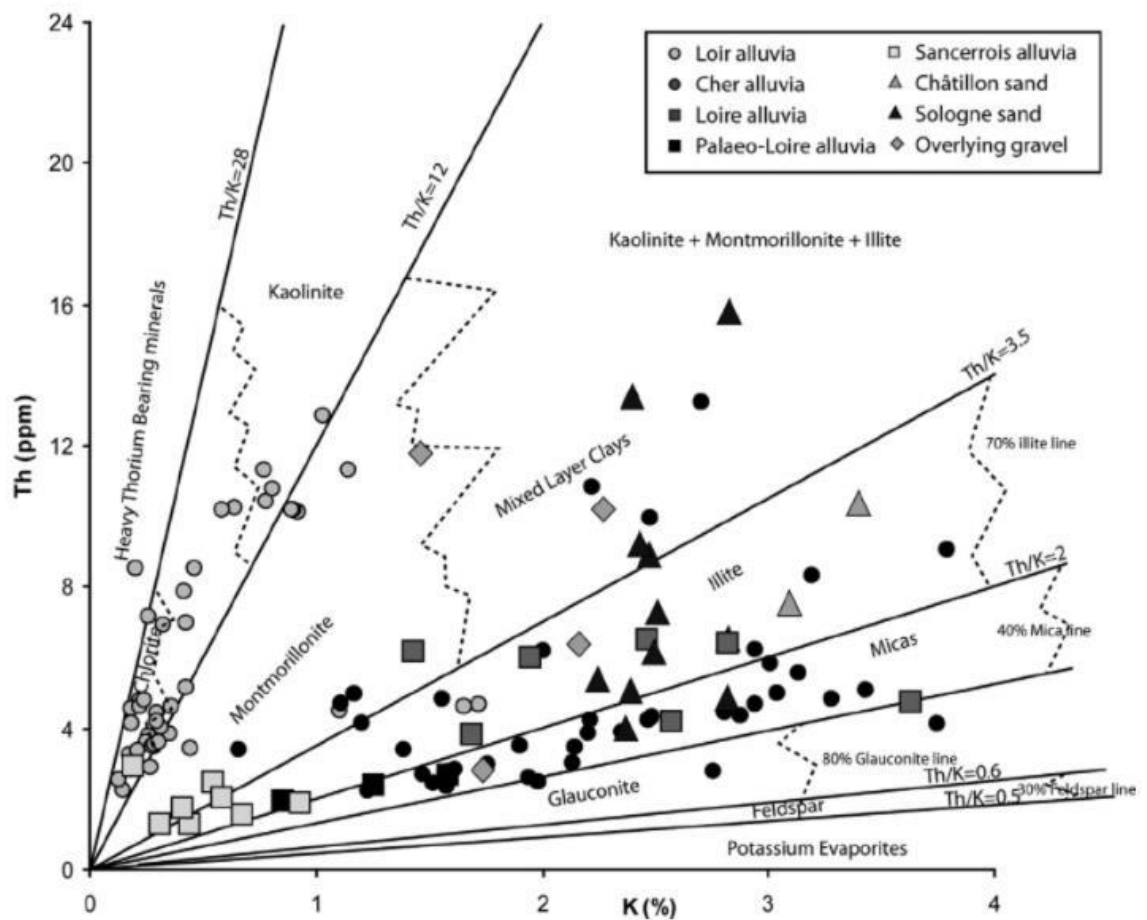


Figura 21: Exemplo de gráfico utilizado para interpretação dos tipos de argilominerais presentes no afloramento. (obs.: a legenda, explica os locais onde essas amostras foram coletadas, não tem nenhuma relação, com o presente trabalho). Extraído de Schlumberger (1985).

Os pontos de DRX, utilizados para validação dos resultados do gamaespectrômetro portátil, são mostrados na tabela 3, a seguir. Os pontos que caíram no campo MLC, não são possíveis de fazer a distinção do argilomineral com os dados de espectrometria (são necessárias outros tipos de análises), pois o gamaespectrômetro não consegue diferenciar os tipos de argilominerais nessa situação. Contudo, para alguns pontos identificados como caolinita houve uma correlação satisfatória, considerando-se que a análise de DRX é bem mais precisa.

Obs.: MLC = Mixed Layer Clays (argilas interestratificadas).

Pontos DRX	Argilomineral	Gamaespectrômetro
BA-4	S, K	K
BA-3	S, K	MLC
BA-0	S, K	MLC
B5	S, I, K	MLC
A4	S, K	K
VI8C	S, I, K	K
BB-1	S, K	MLC
BB-3	S, K	K
BB-5	S, K	MLC
V11B	S, K	MLC
IV11C	S, I, K	MLC
E 10	S, K	MLC
IIID12	S, K	MLC
E 15	S, I, K	MLC
IIE12	S, I, K	MLC
IF12	S, I, K	MLC
CS	S, I, K	MLC
A22	S, I, K	MLC

Quadro 3: Pontos de DRX com argilominerais, e sua correspondência com o gamaespectrômetro portátil. Extraído de Galvão (2019) e Cunha (2019).

Após a comparação, ponto a ponto, fica claro que os dados obtidos nos pontos (BA-4, A4, VI8C, BB-3), através do gamaespectrômetro portátil correspondem, parcialmente, aos resultados provenientes das análises de DRX, nas amostras locais. No auxílio da caracterização do tipo de argilomineral presente, como já mencionado, é utilizado à razão Th/K (Figura 22).

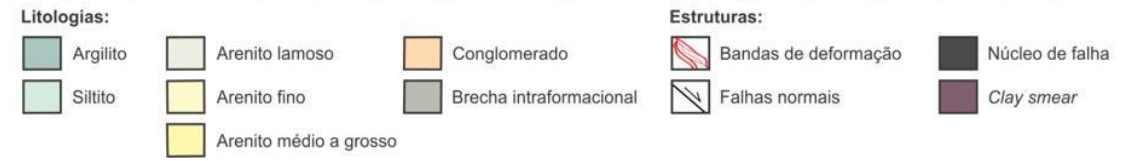
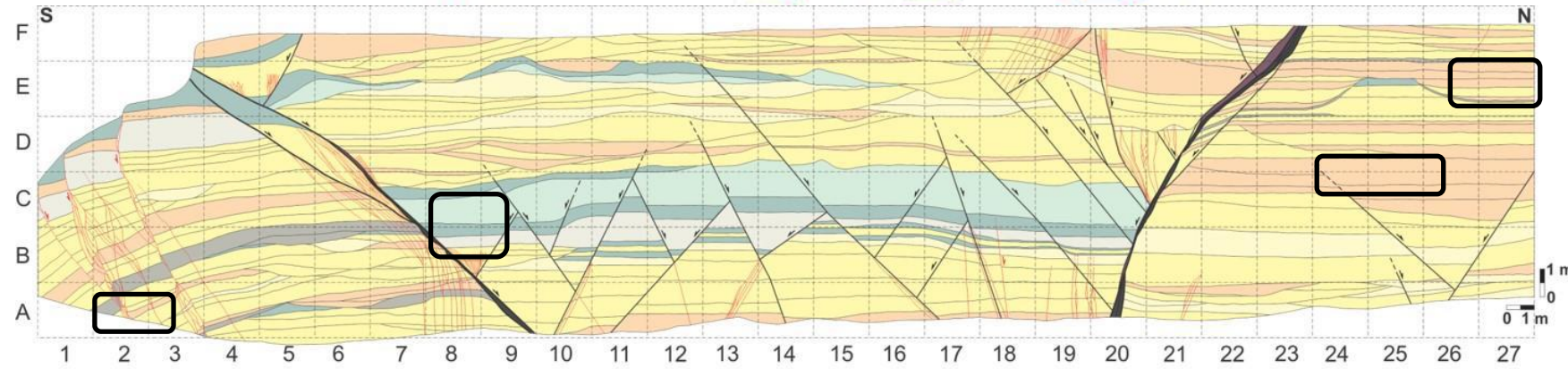
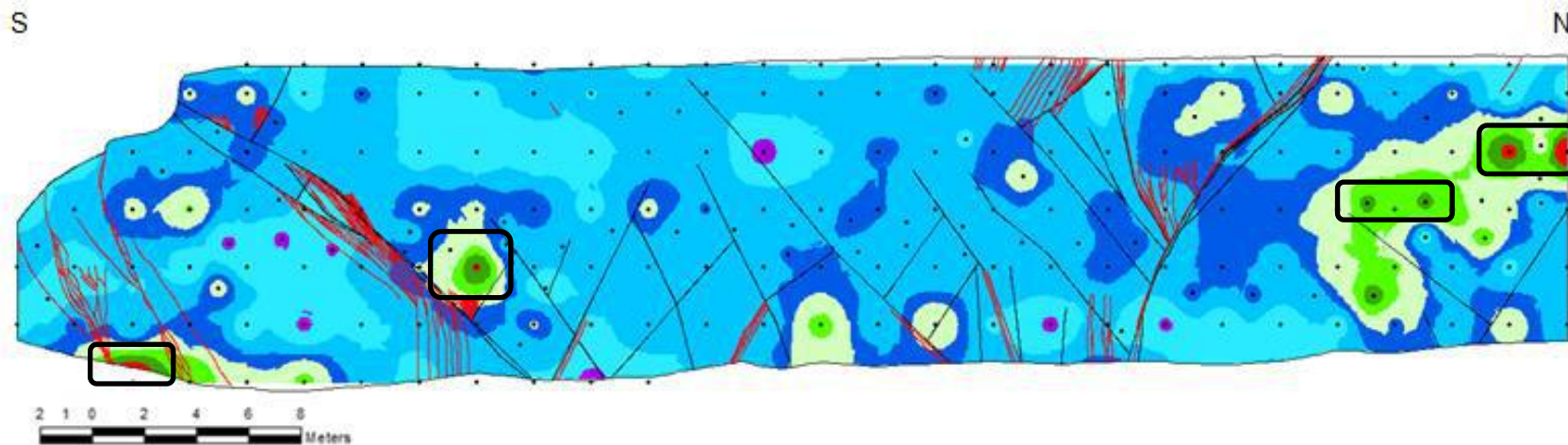


Figura 22: Comparação entre o mapa de distribuição espacial através de interpolação e a seção geológica do afloramento.

Comparando a seção geológica com o mapa de interpolação referente à razão Th/K, utilizando os retângulos pretos para destacar os locais, e levando em consideração que os 3 tons de azul, referem-se a, illita + caolinita + esmectita, os 3 tons de verde, referem-se à caolinita e o vermelho a minerais pesados que contêm Tório.

Pode ser observado, coerentemente, um aparecimento de caolinita, no mapa de interpolação, possivelmente relacionada ao conglomerado, no lado norte da seção geológica. Isso se dá por conta do K- feldspato presente no conglomerado estar alterando para caolinita ao longo desse tempo sofrendo intemperismo. Como pode ser percebido, os três principais argilominerais encontrados no afloramento foram esmectita, caolinita e illita. Também foi localizado, quatro pontos de aquisição, que indicam minerais pesados que contêm tório.

Por outro lado, comparando o mapa de interpolação de potássio, com a seção geológica (Figura 23), pode-se observar que o resultado não é o esperado, tendo em vista que o argilito, por apresentar um elevado teor e K em sua composição, deveria apresentar uma resposta mais elevada em relação aos arenitos, quanto à quantidade de potássio. Porém, após análises interpretou-se que o afloramento, como um todo, possui a quantidade de potássio elevada, por conta dos conglomerados, e não o argilito, que possui uma quantidade baixa.

A maioria dos pontos com os valores mais altos relacionados ao potássio foi justamente no conglomerado no lado norte do afloramento, alguns pontos no próprio arenito, no lado sul, e um ponto também no lado sul, próximo da falha, está relacionado ao argilito (Figura 23). Como pode ser observado a seguir, destacado pelos retângulos pretos:

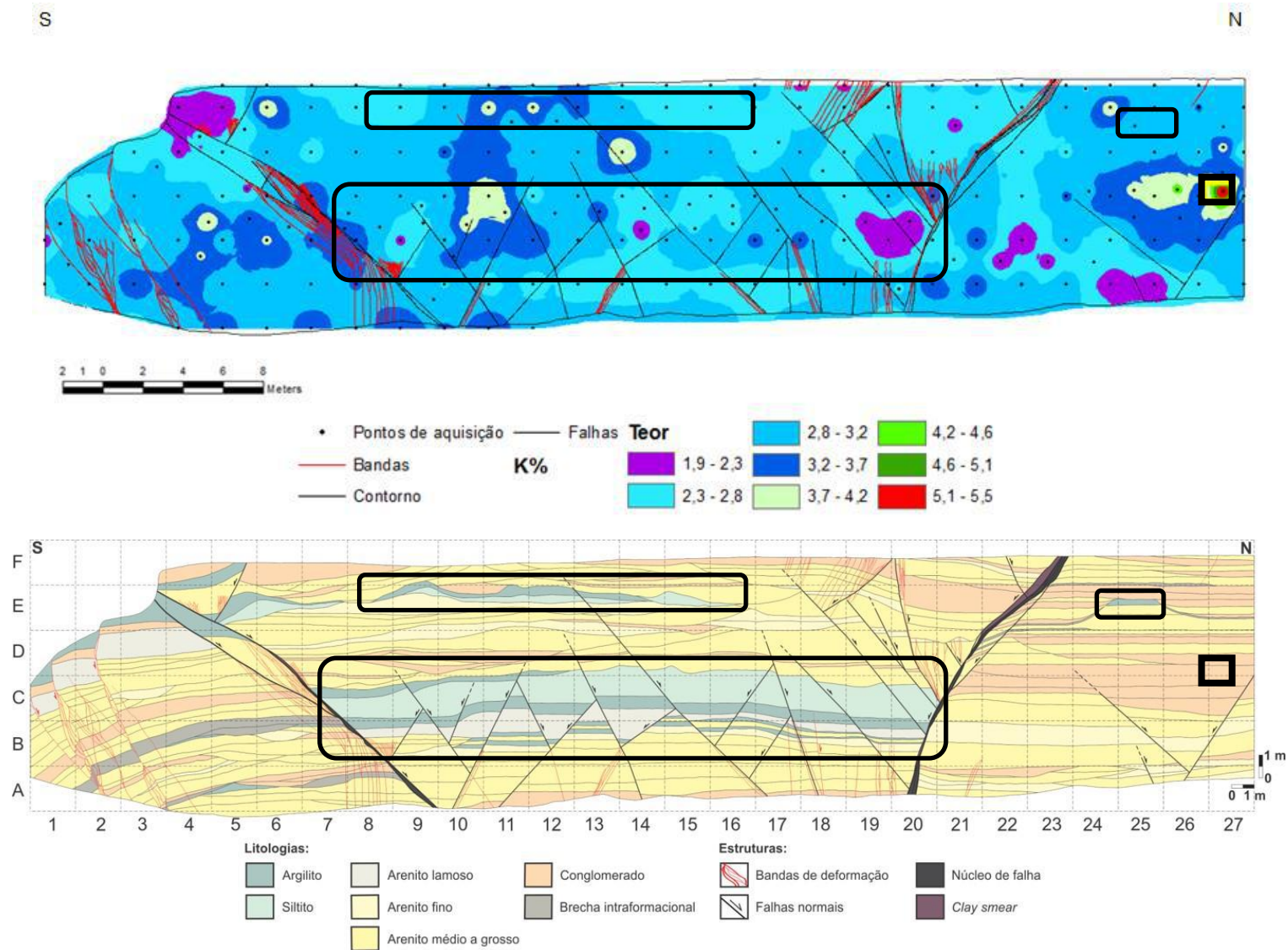


Figura 23: Comparação entre o mapa de distribuição espacial através de interpolação e a seção geológica do afloramento.

7 CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS

O mapa de distribuição espacial e o diagrama que caracteriza os tipos de argilominerais, satisfazem parcialmente o objetivo proposto neste trabalho. A gamaespectrometria mostrou-se uma boa ferramenta para auxiliar a classificar esses argilominerais em um ambiente de afloramento (geralmente é utilizada em perfilagem geofísica de poços com o auxílio de outros tipos de medições). O métodos de gamaespectrometria não tem resolução suficiente para classificar completamente os argilominerais, por isso são recomendados outros estudos complementares como análises de difração de raios-x (DRX) por exemplo.

No diagrama Th/K, observou-se que uma grande quantidade de pontos (amostras) foi classificado na região das argilas interestratificadas cuja diferenciação, entre os tipos de estratificação, é impossível de se obter através da gamaespectrometria. São necessários outros tipos de análises, pois a gamaespectrometria responde aos fótons gama emitidos por um volume de rocha de uma determinada região em torno do sensor (volume amostrado aproximadamente 25 cm³).

O próximo passo a ser realizado, com as informações obtidas neste trabalho, é tentar avaliar o quanto esses argilominerais afetam a distribuição no fluxo em relação às falhas e também o quanto afetam o valor médio de porosidade e permeabilidade no afloramento, considerando esse afloramento como se fosse uma célula de um modelo de reservatório (pois os modelos computacionais de reservatório são formados por células de dezenas de metros, ou seja, aproximadamente, a mesma ordem de grandeza do tamanho do afloramento). E para essa etapa pode-se considerar que a gamaespectrometria ofereceu bons resultados de apoio para a interpretação uma vez que apresenta um mapa de distribuição por todo o afloramento que será utilizado em conjunto com os resultados da DRX.

8 Bibliografia

Negrão et. al 2015. “Mapa Geológico Do Cenozoico Da Região Da Bacia de Volta Redonda (RJ, Segmento Central Do Rift Continental Do Sudeste Do Brasil): Identificação de Novos Grabens e Ocorrências Descontínuas, e Caracterização de Estágios Tectonossedimentares.” *Brazilian Journal of Geology* 45(2):273–91.

Riccomini et. al 2014. “Evolução Geológica Do Rift Continental Do Sudeste Do Brasil.” *De Legibus et Consuetudinibus Angliae* 416–40.

Sanson et. al 2006. “Bacias Sedimentares Brasileiras, Bacia de Volta Redonda.”

Chassot, Attico. 1995. “Raios x e Radioatividade.” *Química Nova Na Escola* (2):19–22.

Klaja, Jolanta and Lidia Dudek. 2016. “Geological Interpretation of Spectral Gamma Ray (SGR) Logging in Selected Boreholes.” *Nafta-Gaz* 72(1):3–14.

Maciel, Ingrid. 2009. “Caracterização Da Deformação Rúptil Em Afloramento Da Formação Resende, Bacia de Volta Redonda.”

Vogel. 2018. “Caracterização Macroscópica e Microscópica de Aspectos Texturais e Estruturais Relacionados à Deformação Rúptil de Arenitos Pouco Consolidados (Formação Resende, Bacia de Volta Redonda) e Aspectos Permoporosos Associados.” 1(Figura 29):47–89.

W. M. Telford; D. A. Keys, L. P. Geldart; R. E. Sheriff; 1987. *Applied Geophysics*. 14º. New York: Press Syndicate of University of Cambridge.

ANEXO 1

Id	Latitude	Longitude	K	U	Th	Th/K	Total
3136	597478,0403	7507024,914	3,2	2,3	11,7	3,7	15,4
3137	597477,6752	7507026,756	3,3	5,3	24,2	7,3	24,5
3138	597482,0329	7507029,336	2,9	6,5	26,7	9,2	25,8
3139	597483,9458	7507030,677	2,4	3,9	20,7	8,6	19,7
3140	597486,0016	7507031,026	2,6	5,1	25,8	9,9	23,8
3141	597486,1128	7507028,328	2,3	3,9	20,2	8,8	17,7
3142	597486,2001	7507026,978	3,5	2,2	10,6	3,0	16,2
3143	597484,3506	7507026,827	4,1	3	12,5	3,0	17,6
3144	597484,0093	7507025,284	3,8	7	50,3	13,2	40,2
3145	597487,992	7507026,605	3	1,4	9,7	3,2	13,6
3148	597490,6691	7507027,215	3,1	6,4	24,4	7,9	24,8
3149	597490,4971	7507026,527	3,5	5,4	34,7	9,9	29,9
3150	597492,0846	7507026,58	3,1	5,4	37,3	12,0	30,8
3151	597494,0183	7507026,778	2,8	4,8	25	8,9	23,4
3152	597493,9587	7507027,559	2,8	4,7	25,6	9,1	24
3154	597496,0026	7507026,692	3,9	5,8	31,4	8,1	29,7
3153	597495,4073	7507025,27	3,7	5,1	15,3	4,1	21
3191	597494,5249	7507023,329	3	2,6	21	7,0	20,2
3155	597497,7185	7507027,242	3,8	5,6	30,1	7,9	30,2
3156	597499,9939	7507027,215	2,9	5	21,2	7,3	21,5
3157	597501,9518	7507027,295	3,5	4,9	25,4	7,3	25,3
3190	597498,0095	7507031,356	3	4,8	24,3	8,1	23,6
3189	597500,06	7507031,396	3	5,2	22,5	7,5	23,9
3158	597503,9997	7507027,427	2,5	4,2	21,2	8,5	20,4
3159	597503,8674	7507026,448	2,1	4,1	20,4	9,7	18,8
3161	597506,0105	7507027,639	2,4	3,7	26,3	11,0	21
3160	597506,2751	7507026,527	2,8	5,4	22,8	8,1	23,3
3162	597507,9684	7507027,559	2,8	4,5	22,1	7,9	21,4
3163	597507,9684	7507026,739	2,7	5,5	22,2	8,2	21,6
3164	597509,9528	7507027,401	3	5,5	25,3	8,4	24,3
3165	597510,0057	7507026,451	2,9	5	25,4	8,8	23,4
3166	597512,0134	7507026,871	3,1	4,8	27,3	8,8	24,5
3167	597513,9607	7507026,829	2,2	4,2	19,8	9,0	18,7
3168	597515,9504	7507026,871	2,1	4,7	21,7	10,3	20,2
3173	597515,4636	7507023,802	2,8	3,3	14,6	5,2	17,3
3186	597512,0557	7507029,136	2,7	6,6	38,6	14,3	30
3187	597510,0449	7507030,427	2,7	3,1	15,3	5,7	17,4
3169	597517,9401	7507025,115	2,5	7,3	25,4	10,2	26,6
3170	597520,0567	7507025,03	2,1	5,5	21,1	10,0	20
3171	597522,1734	7507025,009	2,2	4,2	18,3	8,3	17,9
3172	597524,2478	7507025,009	2,6	7,4	57	21,9	40,1

3185	597518,0247	7507031,216	2,3	4,4	28,8	12,5	21,3
3184	597523,8932	7507032,851	2,8	2,6	17,8	6,4	17,9
3183	597526,0998	7507031,168	2,9	4,7	31,8	11,0	26,8
3182	597530,0845	7507031,129	3	7,1	39,1	13,0	32,7
3181	597530,0845	7507030,202	3,9	6,6	52,8	13,5	39,8
3180	597530,0448	7507029,078	3,5	7,1	54,3	15,5	41,6
3179	597530,0712	7507028,205	5,6	3,8	34,8	6,2	35,1
3178	597528,0339	7507028,311	4,3	5,3	51,3	11,9	40,6
3177	597526,0628	7507028,245	3,8	9,4	80,7	21,2	55,2
3176	597524,0255	7507028,205	3,2	8,4	67,8	21,2	47,4
3174	597526,0628	7507027,054	3,3	5	18,5	5,6	21,8
3175	597528,1266	7507027,001	3,5	7,7	60,5	17,3	43,2
1974	597496,9941	7507022,003	3,6	2,7	9,6	2,7	18,4
3073	597502,9966	7507030,003	4,1	3,1	11,3	2,8	18
2993	597512,9943	7507024,003	3,2	1,9	10,1	3,2	15,1
2980	597486,9951	7507024,003	3,2	1,8	10,2	3,2	14,4
3061	597478,9973	7507030,003	3,1	2,3	9,9	3,2	14,7
2995	597516,9942	7507024,003	3,6	2,6	11,5	3,2	16,6
3068	597492,9969	7507030,003	3,1	1,4	11	3,5	15
3123	597504,9978	7507033,003	2,4	3,4	8,8	3,7	13
2996	597518,9942	7507024,003	3,5	3,8	12,9	3,7	17,4
3007	597482,9958	7507026,003	3	2,6	11,7	3,9	16,3
2997	597520,9941	7507024,003	3,3	3,6	13,8	4,2	18,4
1985	597518,9935	7507022,003	3	2,9	12,6	4,2	18,3
3069	597494,9968	7507030,003	3,3	2,8	13,9	4,2	17,8
3128	597514,9975	7507033,003	2,8	3,5	11,8	4,2	15,1
3032	597476,9967	7507028,003	2,8	3	12	4,3	15,5
2087	597526,9972	7507033,003	3,1	2	13,7	4,4	16,2
3092	597492,9975	7507032,003	2,6	3,2	11,5	4,4	13,8
3110	597528,9965	7507032,003	3,3	3	15	4,5	17,5
3120	597498,998	7507033,003	2,8	3,2	12,8	4,6	15,4
1975	597498,9941	7507022,003	3,2	2,1	14,8	4,6	16,8
1987	597522,9934	7507022,003	3,2	6	14,9	4,7	21,3
3005	597478,996	7507026,003	3	2	14,1	4,7	16,4
2088	597528,9971	7507033,003	3,1	1,3	14,6	4,7	16,5
3130	597518,9974	7507033,003	3	2,8	14,2	4,7	16,9
3009	597486,9957	7507026,003	3,8	3,2	18,4	4,8	21,8
1971	597490,9943	7507022,003	3,1	2,4	15,3	4,9	20,1
3067	597490,9969	7507030,003	3,2	1,7	15,8	4,9	17,3
3070	597496,9967	7507030,003	3,4	2,7	17,1	5,0	19,4
2998	597522,994	7507024,003	3,1	4,5	15,9	5,1	19,6
3113	597484,9984	7507033,003	2,6	2,7	13,5	5,2	15,8
3091	597490,9976	7507032,003	2,7	3,4	14,1	5,2	16,4
2979	597484,9951	7507024,003	3,1	2,1	16,2	5,2	17,3
3114	597486,9983	7507033,003	2,8	2,5	14,7	5,3	17
3008	597484,9958	7507026,003	3	3,8	15,8	5,3	18,5

3111	597530,9964	7507032,003	3	3	15,8	5,3	17,5
3129	597516,9975	7507033,003	2,9	2,6	15,6	5,4	16,1
3089	597486,9977	7507032,003	4,1	3,5	22,3	5,4	23,5
3042	597496,9961	7507028,003	4,1	5,3	22,5	5,5	25,1
2981	597488,995	7507024,003	3	1,8	16,5	5,5	17,2
3131	597520,9974	7507033,003	2,9	2,1	16	5,5	16,4
2086	597524,9972	7507033,003	2,8	2,7	15,9	5,7	15,8
3103	597514,9969	7507032,003	2,5	3	14,2	5,7	16,1
3030	597528,9945	7507026,003	3,4	4,7	19,4	5,7	21,4
3037	597486,9964	7507028,003	3	3,9	17,3	5,8	19,4
3112	597482,9984	7507033,003	2,7	3,2	15,6	5,8	16,8
3116	597490,9982	7507033,003	2,6	2,2	15,6	6,0	16,5
2975	597476,9954	7507024,003	2,8	2,6	16,9	6,0	17,6
1973	597494,9942	7507022,003	3,3	1,9	20,2	6,1	21,3
3074	597504,9965	7507030,003	3,2	3,8	19,6	6,1	20,8
2985	597496,9948	7507024,003	2,7	3,7	16,9	6,3	18,3
3052	597516,9955	7507028,003	3,4	3,4	21,4	6,3	22,7
2992	597510,9944	7507024,003	2,6	3,7	16,4	6,3	17,9
3094	597496,9974	7507032,003	3,9	5,3	25	6,4	27,5
2977	597480,9953	7507024,003	3,5	4	22,9	6,5	22,9
1976	597500,994	7507022,003	3,3	2	21,8	6,6	20,1
3006	597480,9959	7507026,003	2,7	2,8	17,9	6,6	18,5
3002	597530,9938	7507024,003	3	3,3	19,9	6,6	19,6
3065	597486,997	7507030,003	3,1	3,7	20,6	6,6	21,2
3020	597508,9951	7507026,003	3,4	4,2	22,6	6,6	23,7
3132	597522,9973	7507033,003	3,2	3,2	21,4	6,7	21,1
3013	597494,9955	7507026,003	2,9	3,6	19,4	6,7	20,6
2987	597500,9947	7507024,003	2,6	3,3	17,5	6,7	17,5
3079	597514,9962	7507030,003	3	2,9	20,2	6,7	20,2
2982	597490,995	7507024,003	3,3	5,1	22,4	6,8	24,3
3124	597506,9978	7507033,003	2,6	3,1	17,7	6,8	17,8
3096	597500,9973	7507032,003	3,4	3,9	23,2	6,8	23,8
3122	597502,9979	7507033,003	2,7	2,8	18,5	6,9	17,3
3038	597488,9963	7507028,003	3,5	4,4	24,1	6,9	23,6
2990	597506,9945	7507024,003	2,7	4,2	18,9	7,0	19,8
2988	597502,9946	7507024,003	2,4	3,8	17	7,1	17,4
1990	597528,9932	7507022,003	2,2	4,1	15,6	7,1	17,6
3024	597516,9949	7507026,003	2,4	4,6	17,2	7,2	18,2
3045	597502,9959	7507028,003	2,7	4,8	19,4	7,2	20,2
3046	597504,9959	7507028,003	3,2	5,5	23,2	7,3	23,8
3063	597482,9971	7507030,003	2,3	2,9	16,8	7,3	17,1
3082	597520,9961	7507030,003	2,8	2,4	20,5	7,3	18,3
3029	597526,9946	7507026,003	3,4	5,3	25,1	7,4	24,9
3097	597502,9972	7507032,003	2,9	4,7	21,5	7,4	21,9
3083	597522,996	7507030,003	2,8	3,9	20,9	7,5	19,4
1981	597510,9937	7507022,003	3,2	2,8	24,2	7,6	21

3078	597512,9963	7507030,003	2,8	6,6	21,2	7,6	22,4
2994	597514,9943	7507024,003	2,9	5,3	22	7,6	22,6
3050	597512,9956	7507028,003	2,7	3,1	20,6	7,6	18,2
3036	597484,9964	7507028,003	2,7	3	20,7	7,7	18,9
3093	597494,9975	7507032,003	2,9	5,8	22,3	7,7	23,1
3071	597498,9967	7507030,003	3,1	4	23,9	7,7	23
3072	597500,9966	7507030,003	2,9	4,6	22,4	7,7	21,8
3026	597520,9948	7507026,003	2,2	5,6	17,2	7,8	19,4
3115	597488,9983	7507033,003	2,5	2,6	19,6	7,8	18,6
3127	597512,9976	7507033,003	2,3	2,4	18,2	7,9	17,1
1984	597516,9936	7507022,003	2,8	7	22,2	7,9	22,9
3014	597496,9954	7507026,003	3,3	5,4	26,3	8,0	26,6
1977	597502,994	7507022,003	3,3	4,9	26,3	8,0	23,5
3021	597500,9979	7507033,003	3,4	5	27,1	8,0	26,5
3021	597510,995	7507026,003	3,4	5	27,1	8,0	26,5
3019	597496,998	7507033,003	3,2	5,1	25,6	8,0	24,3
3019	597506,9952	7507026,003	3,2	5,1	25,6	8,0	24,3
3049	597510,9957	7507028,003	3	3,9	24	8,0	23,1
3031	597530,9945	7507026,003	2,9	6,1	23,4	8,1	23,9
3125	597508,9977	7507033,003	3	5,6	24,3	8,1	22,4
1988	597524,9933	7507022,003	2,6	4,3	21,2	8,2	19,9
3108	597524,9966	7507032,003	4	4	32,8	8,2	27,5
3010	597488,9957	7507026,003	3,3	5,4	27,2	8,2	25,9
3066	597488,997	7507030,003	2,7	4,1	22,3	8,3	20,7
1986	597520,9935	7507022,003	3,3	5,9	27,3	8,3	27
3033	597478,9966	7507028,003	2,5	3,1	20,9	8,4	18,6
3000	597526,9939	7507024,003	2,2	4,9	18,5	8,4	19
3017	597502,9953	7507026,003	2,9	4,4	24,5	8,4	22,9
3095	597498,9973	7507032,003	3,9	7,4	33,1	8,5	32,4
3076	597508,9964	7507030,003	2,7	5,1	23,1	8,6	23,6
3015	597498,9954	7507026,003	3,7	5,9	31,8	8,6	28,7
3022	597512,995	7507026,003	2,7	4,4	23,5	8,7	22,1
3016	597500,9953	7507026,003	2,9	4,1	25,4	8,8	22,8
3059	597530,9951	7507028,003	3,1	4,8	27,3	8,8	25,3
3101	597510,997	7507032,003	2,8	2,1	24,8	8,9	21,5
3098	597504,9972	7507032,003	2,5	3,2	22,2	8,9	19,7
3102	597512,9969	7507032,003	2,7	3,7	24,1	8,9	20,6
1979	597506,9939	7507022,003	3,3	6,5	29,5	8,9	29,8
3004	597476,996	7507026,003	2,2	3,5	19,7	9,0	18,5
2986	597498,9947	7507024,003	2,7	4,6	24,2	9,0	23,1
3048	597508,9958	7507028,003	3	4,1	27	9,0	23,9
1980	597508,9938	7507022,003	2,7	5,1	24,4	9,0	22,8
3062	597480,9972	7507030,003	2,6	4,7	23,5	9,0	21,7
1982	597512,9937	7507022,003	3,1	3,3	28,2	9,1	22,4
3081	597518,9961	7507030,003	2,9	4,3	26,4	9,1	23,2
3106	597520,9967	7507032,003	2,4	4,4	22	9,2	19,9

1972	597492,9943	7507022,003	3,7	3,4	34,7	9,4	27,9
3099	597506,9971	7507032,003	2,6	4,2	24,4	9,4	21
1970	597488,9944	7507022,003	3,5	6,4	33	9,4	30,1
3126	597510,9976	7507033,003	2,3	4,8	21,7	9,4	20,2
3044	597500,996	7507028,003	3,1	4,4	29,8	9,6	25,4
3117	597492,9982	7507033,003	2,6	3,8	25	9,6	22,1
3047	597506,9958	7507028,003	2,8	5,2	27,1	9,7	23,3
2983	597492,9949	7507024,003	3	5,1	29,2	9,7	26,9
3075	597506,9965	7507030,003	3	6,1	29,3	9,8	26,3
3090	597488,9976	7507032,003	3,2	4,9	31,5	9,8	27,6
3100	597508,9971	7507032,003	2,8	4,8	27,8	9,9	23,4
2976	597478,9953	7507024,003	3,1	5,2	30,9	10,0	26,1
1989	597526,9933	7507022,003	2,7	3	27,2	10,1	21,9
2978	597482,9952	7507024,003	3,3	5,4	33,5	10,2	28,7
3023	597514,9949	7507026,003	2	5,4	20,5	10,3	19,9
3118	597494,9981	7507033,003	2,9	5,3	29,8	10,3	25,9
3051	597514,9956	7507028,003	3,2	4	33	10,3	27,7
3064	597484,9971	7507030,003	2,4	3,8	24,8	10,3	20,7
3104	597516,9968	7507032,003	2,5	4,1	26,8	10,7	22,7
3018	597504,9952	7507026,003	3	5,9	32,4	10,8	27,3
3041	597494,9962	7507028,003	3,2	4,7	34,8	10,9	28,4
3025	597518,9948	7507026,003	3,6	8,4	39,5	11,0	37
3054	597520,9954	7507028,003	2,6	5,2	28,9	11,1	23,8
2999	597524,994	7507024,003	2,1	5,2	24,5	11,7	20,7
3077	597510,9963	7507030,003	3,1	4,9	36,3	11,7	30
3053	597518,9955	7507028,003	3,1	6,6	36,3	11,7	30,2
3080	597516,9962	7507030,003	2,5	4,9	29,9	12,0	25,3
3011	597490,9956	7507026,003	3,5	8,1	42,7	12,2	36,6
3109	597526,9965	7507032,003	3,2	4	39,3	12,3	30,5
2984	597494,9948	7507024,003	2,8	7,4	34,5	12,3	29,9
3034	597480,9966	7507028,003	3,1	5,3	38,3	12,4	30,7
3087	597482,9978	7507032,003	2	4,5	24,8	12,4	20,9
3058	597528,9952	7507028,003	3,3	7,7	41	12,4	34,2
3084	597524,9959	7507030,003	2,9	4,8	36,1	12,4	27,9
3040	597492,9962	7507028,003	3	8,5	37,5	12,5	33,2
3039	597490,9963	7507028,003	2,9	6,9	36,3	12,5	30,8
1968	597484,9945	7507022,003	3,4	4,4	42,8	12,6	33,3
3055	597522,9953	7507028,003	3,3	5,1	42,1	12,8	32,2
3043	597498,996	7507028,003	2,7	5,1	34,5	12,8	27
3088	597484,9977	7507032,003	1,9	4,9	24,8	13,1	22
1964	597476,9947	7507022,003	2,3	4,4	31,2	13,6	24,2
1991	597530,9932	7507022,003	2,6	7,9	36	13,8	29,7
3085	597526,9959	7507030,003	3,2	6,5	44,7	14,0	33,2
3001	597528,9939	7507024,003	2,7	7,4	38,4	14,2	31,3
3027	597522,9947	7507026,003	3,1	7,3	47,1	15,2	37,6
3105	597518,9968	7507032,003	2,6	6,4	41,4	15,9	30,8

2991	597508,9944	7507024,003	2,4	6,7	38,3	16,0	28,8
3107	597522,9967	7507032,003	3	8,4	48	16,0	37,5
1965	597478,9947	7507022,003	2,5	7,9	40	16,0	28,4
1983	597514,9936	7507022,003	2,6	5	42	16,2	33,2
3035	597482,9965	7507028,003	2,9	6,2	47	16,2	36,2
3028	597524,9946	7507026,003	2,5	8,3	40,6	16,2	31,6
3056	597524,9953	7507028,003	3,7	9	61,3	16,6	45,5
1969	597486,9944	7507022,003	3	6,2	50,6	16,9	36,4
2989	597504,9946	7507024,003	2,7	5,1	45,9	17,0	34,7
1978	597504,9939	7507022,003	3,1	6,1	56,1	18,1	39,1
3057	597526,9952	7507028,003	3,9	9,1	72,4	18,6	51,9
1967	597482,9945	7507022,003	3,2	8,8	62	19,4	44,5
3012	597492,9956	7507026,003	2,3	8,2	58,6	25,5	39,8
3086	597528,9958	7507030,003	2,8	9,7	74,1	26,5	49,3
2059	597530,9958	7507030,003	2,4	14,3	81,4	33,9	54,3
1966	597480,9946	7507022,003	2,6	12,9	89,7	34,5	58,4

ANEXO 2

Ponto 93870 :DER-RJ, cidade de Barra Mansa 93870

<http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=93870>

Contato: Sr. José Roberto Rosendo da Silva e Sr. Gelson Antônio Monteiro, ambos do DER-RJ.
Tel.: (24) 3326-1945. Existe energia elétrica a 7 m do marco.



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	93870	Nome da Estação :	93870	Tipo :	Estação GPS
Município :	BARRA MANSA			UF :	RJ
Última Visita:	16/07/2012	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	22 ° 33 ' 21,10338 " S	Altitude Ortométrica(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	44 ° 09 ' 18,43267 " W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	376,414	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	16/07/2012				
Data Cálculo	14/08/2012				
Sigma Latitude(m)	0,002				
Sigma Longitude(m)	0,002				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,013				
UTM(N)	7.505.399,122				
UTM(E)	586.867,493				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 30/07/2018 - Relatório em : ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_altimetrica/relatorio/relatorio_REALT_2018.pdf
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em : ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planialtimetrica/relatorio/rel_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html>
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015 disponível em : ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/hormas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf

Localização

No canto Sudeste do pátio da 5ª Residência do DER-RJ, Rua Crispim Almeida, 266 - Bairro Boa Sorte em Barra Mansa-RJ.

Descrição

Pilar de concreto de formato cilíndrico medindo 1,10 m de altura e 0,50 m de diâmetro, com base de 0,70 m de altura e 1,00 m de largura, tendo escada de acesso. Possui no topo um dispositivo de centragem forçada, padrão IBGE e uma chapa de identificação na face a 0,70 m do mesmo topo, estampada: SAT 93870.

Observação

Contato: Sr. José Roberto Rosendo da Silva e Sr. Gelson Antônio Monteiro, ambos do DER-RJ. Tel.: (24) 3326-1945. Existe energia elétrica a 7 m do marco.