

**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS
E MEIO AMBIENTE**

**CONTRIBUIÇÃO DO ESPALHAMENTO
COMPTON NA GERAÇÃO DE MAPAS
RADIOMÉTRICOS**

Eder Queiroz Barbosa

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Rio Claro (SP)
2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

EDER QUEIROZ BARBOSA

CONTRIBUIÇÃO DO ESPALHAMENTO COMPTON NA GERAÇÃO DE MAPAS RADIOMÉTRICOS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: **Prof. Dr. Daniel Marcos Bonotto**

Rio Claro - SP
2023

B238c Barbosa, Eder Queiroz
Contribuição do espalhamento Compton na geração de mapas
radiométricos / Eder Queiroz Barbosa. -- Rio Claro, 2023
306 p. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Daniel Marcos Bonotto

1. Geoquímica. 2. Geofísica Nuclear. 3. Radiometria. 4.
Espectrometria de Raio Gama. 5. Calibração. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa tem como objetivo melhorar a forma como medimos elementos radioativos em amostras do meio ambiente e geológicas. Isso é crucial porque esses elementos naturais podem afetar a saúde humana e o meio ambiente. Desenvolvendo métodos mais precisos de medição, poderemos entender melhor onde esses elementos estão presentes na natureza, incluindo áreas urbanas e suas construções, o que é vital para avaliar riscos e tomar decisões para proteger a saúde e o ecossistema.

Imagine que nossa pesquisa funciona como uma lupa, permitindo-nos ver detalhes minuciosos nas amostras. Isso nos ajuda a identificar áreas com potencial de exploração, investigação e contaminação. Resultados mais precisos permitem que autoridades e especialistas implementem ações de redução de riscos, execução de políticas de segurança e promoção da saúde pública. Além disso, estes métodos de acurácia também podem ser úteis em estudos geológicos, como a busca por recursos naturais valiosos e identificação de reservas minerais. Isso pode beneficiar a economia, permitindo a exploração sustentável desses recursos.

Em resumo, esperamos que nossa pesquisa aumente a compreensão acerca dos elementos radioativos em nosso ambiente, levando a ações mais eficazes para proteger nossa saúde, economia e recursos naturais. Os elementos urânio, tório e potássio desempenham papéis cruciais em nossas vidas de várias maneiras:

- **Urânio:** É vital na produção de energia nuclear, oferecendo uma fonte poderosa e relativamente limpa de eletricidade. Também é usado na medicina para tratamentos oncológicos e tem importância militar. Na geologia, é usado para datar rochas e entender a história da Terra.
- **Tório:** Menos conhecido, pode ser uma fonte de energia nuclear mais segura em reatores. Já teve aplicações na indústria eletrônica e na melhoria de lâmpadas incandescentes.
- **Potássio:** Fundamental na agricultura, é um componente-chave em fertilizantes que aumentam a qualidade e a quantidade das colheitas, contribuindo para a segurança alimentar global. É usado em várias indústrias, incluindo alimentos, química e medicina.

Medir as emissões radioativas desses elementos pode fornecer informações sobre outros recursos minerais e energéticos valiosos, auxiliar na avaliação da qualidade da água subterrânea e identificar fontes de contaminação. Portanto, há um universo de aplicações da gamaespectrometria que sustentam nossa sociedade.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research aims to improve how we measure radioactive elements in environmental and geological samples. This is crucial because these natural elements can impact human health and the environment. By developing more accuracy measurement methods, we can better understand where these elements are present in nature, including urban areas and their structures, which is vital for assessing risks and making decisions to protect health and the ecosystem.

Imagine our research as a magnifying glass, allowing us to see intricate details in samples. This helps us identify areas with potential for exploration, investigation, and contamination. More accurate results enable authorities and experts to implement risk reduction actions, execute safety policies, and promote public health. Additionally, these accurate methods can also be useful in geological studies, such as seeking valuable natural resources and mineral reserves identification. This can benefit the economy by enabling sustainable exploitation of these resources.

In summary, we hope that our research enhances the understanding of radioactive elements in our environment, leading to more effective actions to protect our health, economy, and natural resources. The elements uranium, thorium, and potassium play crucial roles in our lives in various ways:

- **Uranium:** It is vital in nuclear energy production, offering a powerful and relatively clean source of electricity. It is also used in medicine for cancer treatments and has military significance. In geology, it is used to date rocks and understand Earth's history.
- **Thorium:** Less known, it can be a safer source of nuclear energy in reactors. It has had applications in the electronics industry and improving incandescent lamps.
- **Potassium:** Fundamental in agriculture, it is a key component in fertilizers that enhance the quality and quantity of crops, contributing to global food security. It is used in various industries, including food, chemistry, and medicine.

Measuring the radioactive emissions of these elements can provide information about other valuable mineral and energy resources, aid in assessing groundwater quality, and identify sources of contamination. Therefore, there is a universe of gamma spectrometry applications that underpin our society.

IMPACTO POTENCIAL DE ESTA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene como objetivo mejorar la forma en que medimos elementos radioactivos en muestras del medio ambiente y geológicas. Esto es crucial porque estos elementos naturales pueden afectar la salud humana y el medio ambiente. Desarrollando métodos de medición más precisos, podremos comprender mejor dónde se encuentran estos elementos en la naturaleza, incluyendo áreas urbanas y sus construcciones, lo cual es vital para evaluar riesgos y tomar decisiones para proteger la salud y el ecosistema.

Imagina que nuestra investigación funciona como una lupa, permitiéndonos ver detalles minuciosos en las muestras. Esto nos ayuda a identificar áreas con potencial de exploración, investigación y contaminación. Resultados más precisos permiten que autoridades y expertos implementen acciones de reducción de riesgos, ejecuten políticas de seguridad y promuevan la salud pública. Además, estos métodos de precisión también pueden ser útiles en estudios geológicos, como la búsqueda de recursos naturales valiosos e identificación de reservas minerales. Esto puede beneficiar la economía, permitiendo la explotación sostenible de estos recursos.

En resumen, esperamos que nuestra investigación aumente la comprensión acerca de los elementos radioactivos en nuestro entorno, llevando a acciones más efectivas para proteger nuestra salud, economía y recursos naturales. Los elementos uranio, torio y potasio desempeñan roles cruciales en nuestras vidas de diversas maneras:

- **Uranio:** Es vital en la producción de energía nuclear, ofreciendo una fuente poderosa y relativamente limpia de electricidad. También se utiliza en medicina para tratamientos oncológicos y tiene importancia militar. En geología, se utiliza para datar rocas y comprender la historia de la Tierra.
- **Torio:** Menos conocido, puede ser una fuente de energía nuclear más segura en reactores. Ha tenido aplicaciones en la industria electrónica y en la mejora de lámparas incandescentes.
- **Potasio:** Fundamental en la agricultura, es un componente clave en fertilizantes que aumentan la calidad y la cantidad de los cultivos, contribuyendo a la seguridad alimentaria global. Se utiliza en diversas industrias, incluyendo la alimentaria, química y médica.

Medir las emisiones radioactivas de estos elementos puede proporcionar información sobre otros recursos minerales y energéticos valiosos, ayudar en la evaluación de la calidad del agua subterránea e identificar fuentes de contaminación. Por lo tanto, hay un universo de aplicaciones de la espectrometría gamma que sostienen nuestra sociedad.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

EDER QUEIROZ BARBOSA

CONTRIBUIÇÃO DO ESPALHAMENTO COMPTON NA GERAÇÃO DE MAPAS RADIOMÉTRICOS

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof(a). Dr(a). Daniel Marcos Bonotto
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Profa. Dra. Tatiani de Paula Pinotti Sabaris Meglhioratti
SENAI/São Caetano do Sul (SP)

Dra. Marina Lunardi
Pós-Doutoranda/IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Jorge Luis Nepomuceno de Lima
UNIR/Porto Velho (RO)

Prof. Dr. José Reinaldo Cardoso Nery
UNIFAP/Macapá (AP)

Conceito: Aprovado.

Rio Claro/SP, 29 de junho de 2023.

A Rui Barbosa (*In memoriam*),
meu devotado, benemérito e inestimável pai,
cujo amor, apoio e sabedoria continuam e
continuarão a encorajar-me mesmo na sua ausência.
Seu sacrifício, zelo e entusiasmo
residem nestas páginas.

À Deyze Dayane Lima Ovando Barbosa,
minha inefável, virtuosa e amada esposa
que é a minha força e a razão
pela qual busco sempre a superação.
Seu amor, inspiração e incentivo são a luz
que ilumina cada passo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. O autor agradece à CAPES pela bolsa de estudos concedida, ao Prof. Dr. Daniel Marcos Bonotto e à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) pelos auxílios à pesquisa que possibilitaram o desenvolvimento das várias investigações descritas neste trabalho.

Aos amigos Fábio de Oliveira Thomazini, Gabrielle Roveratti Ceccato e Marina Lunardi pela generosa disposição e altruísmo na compilação de arquivos, softwares e fotografias que foram determinantes no desenvolvimento desta tese.

À Dra. Cynthia Romariz Duarte e Me. Gabrielle Roveratti Ceccato pelo zelo, gerenciamento, salvaguarda e concessão dos dados amostrais.

Ao coordenador, Dr. Didier Gastmans, e ao corpo técnico do PPGGMA, especialmente à Lauren e Rosângela pela solicitude, gentileza e zelo no auxílio e efetiva contribuição para o encaminhamento e solvência de todas as etapas formais e burocráticas de todo este percurso acadêmico.

Ao Dr. Daniel Marcos Bonotto por me acompanhar em uma jornada repleta de desafios, aprendizados e superações, na qual a sua orientação se mostrou crucial. Desde o início, sua expertise e dedicação incansável foram fontes de inspiração e elementos determinantes para desenvolver meu potencial. Suas sugestões, críticas construtivas e apoio constante me permitiram não apenas o aprimoramento no campo da pesquisa, mas também pessoal. Por meio deste compartilhamento pude compreender conceitos complexos e avançar com confiança. É inegável que a sua orientação foi um fator primordial para o êxito deste projeto. Seu compromisso em compartilhar conhecimento, sua postura encorajadora e sua capacidade de enxergar potencial mesmo nas situações mais desafiadoras me proporcionaram não apenas o conhecimento técnico, mas também a motivação necessária para superar obstáculos. Seu investimento em minha formação e no sucesso deste projeto não passaram despercebidos. Agradeço, de coração, por ter sido não apenas um orientador exemplar e com excelência, mas também um mentor e amigo durante toda essa jornada. O impacto virtuoso que repousa em minha trajetória será eternamente valorizado e lembrado.

À minha amada esposa Deyze Dayane Lima Ovando Barbosa que desempenhou um papel fundamental em cada passo desta caminhada. Seu apoio incansável, fé inabalável, gentileza constante, além das palavras encorajadoras nos momentos de dúvida, suas ações afetuosas quando a exaustão se fazia presente, sua confiança e presença durante as noites de estudo intenso fizeram com que cada etapa fosse mais significativa. Seu apoio não se limitou apenas aos momentos de triunfo, mas também foi evidente nos períodos de dificuldade. Desde o início deste caminho, você esteve ao meu lado com um suporte que ultrapassa qualquer descrição.

Seu comprometimento em compartilhar os fardos e as alegrias deste percurso demonstraram a verdadeira essência do companheirismo e do matrimônio. Ouvir suas palavras de encorajamento e partilhar os momentos de celebração com você trouxeram um equilíbrio vital para enfrentar os desafios acadêmicos. Além disso, sua virtude se fez presente como um farol ao longo desta jornada. Sua bondade, empatia, sabedoria e resiliência serviram como inspiração constante e me lembraram da importância de valores profundos em meio ao ambiente acadêmico. Cada página escrita, cada resultado alcançado e cada obstáculo superado carregam um pouco da sua presença, fé, caridade e amor sacrificial.

A todos a minha mais sincera gratidão.

"Deus não nos manda coisas impossíveis,
mas, ao mandar, nos adverte
para que façamos o que pudermos
e peçamos o que não pudermos,
e nos auxilia
para que possamos."

Sermão 131: Santo Agostinho de Hipona

RESUMO

Medidas de espectrometria de raios gama realizadas “in situ”, são de ampla utilidade, além de ser um poderoso método que pode ser empregado em ambos os casos para identificar e quantificar radionuclídeos sem a necessidade do preparo e pré-tratamento físico-químico de amostras e, também, por ser um método não-destrutivo (preservando a integridade da amostra durante a medição). A proposta deste trabalho foi de aprimorar a calibração dos detectores gamaespectrométricos, calcular a incerteza combinada e potenciais efeitos sistemáticos gerados pela interação da radiação gama com a matéria, bem como de fatores que afetam a resposta de diferentes detectores comerciais, como é o caso da resolução em energia, linearidade, eficiência de detecção, o tempo de resposta (LT) e o número total de contagens nas janelas espectrais. A calibração e definição da interferência Compton foi realizada em dois distintos detectores de radiação gama, sendo o primeiro, de NaI(Tl) pertencente ao LABIDRO e outro de NaI(Tl) (portátil) pertencente ao UnesPetro, ambos situados na Unesp de Rio Claro (SP). Por fim foram analisados os dados provenientes do Projeto Rio Preto (GO) (cuja amostragem e tomada de medidas foram realizadas entre 1995 e 2001) e da Formação Irati (entre 2019 e 2021), para a determinação de fatores de interferência da radiação gama nas janelas espectrais dos radionuclídeos naturais de interesse em análises gamaespectrométricas – K , eU e eTh - bem como a confecção de mapas de isolinhas, com base no modelo geoestatístico da “mínima curvatura”, para análise comparativa dos dados com a remoção do efeito Compton nas janelas espectrais de interesse. A quantificação por espectrometria gama possibilitou a mensuração dos radionuclídeos ^{40}K , ^{214}Bi e ^{208}Tl , para um universo de amostras ($n = 288$) proveniente dos dados do Projeto Rio Preto, e ($n = 111$) das rochas da Formação Irati, bem como o uso de modelos geoestatísticos que demonstram a distribuição destes radioelementos na área estudada.

Palavras-chave: *Geoquímica, Geofísica Nuclear, Radiometria, Espectrometria de raio gama, Calibração.*

ABSTRACT

Gamma-ray spectrometry measurements performed "in situ" are widely useful, as well as a powerful method that can be employed in both cases to identify and quantify radionuclides without the need for sample preparation and physical-chemical pretreatment and, also, as a non-destructive method (preserving the sample integrity during measurement). The aim of this work was to improve the calibration of gamma spectrometric detectors, calculate combined uncertainty and potential systematic effects generated by the interaction of gamma radiation with matter, as well as factors affecting the response of different commercial detectors, such as energy resolution, linearity, detection efficiency, response time (LT), and the total number of counts in spectral windows. Calibration and determination of Compton interference were carried out on two distinct gamma radiation detectors, the first being a NaI(Tl) detector belonging to LABIDRO and another portable NaI(Tl) detector belonging to UnespPetro, both located at Unesp Rio Claro (SP). Finally, data acquired from samples taken within the scope of the Rio Preto Project (GO) (whose samples collection and analysis was conducted between 1995 and 2001) and the Irati Formation (carried out between 2019 and 2021), were analyzed to determine the interference factors of gamma radiation in the spectral windows of the natural radionuclides of interest in gamma spectrometric analysis - K , eU , eTh - as well as the creation of contour maps based on the "minimum curvature" geostatistical model for comparative analysis of data with the removal of the Compton effect in the spectral windows of interest. Quantification by gamma spectrometry enabled the measurement of radionuclides ^{40}K , ^{214}Bi , and ^{208}Tl for a universe of samples ($n = 288$) from the Rio Preto Project data and ($n = 111$) from rocks of the Irati Formation, as well as the use of geostatistical models that demonstrate the distribution of these radionuclides in the studied area.

Keywords: *Geochemistry, Nuclear Geophysics, Radiometry, Gamma-ray Spectrometry, Calibration.*

RESUMEN

Las mediciones de espectrometría de rayos gamma realizadas "in situ" son de amplia utilidad y constituyen un poderoso método que puede emplearse en ambos casos para identificar y cuantificar radionúclidos sin necesidad de preparación previa y tratamiento físico-químico de las muestras. Además, es un método no destructivo que preserva la integridad de la muestra durante la medición. El propósito de este trabajo fue mejorar la calibración de los detectores de espectrometría gamma, calcular la incertidumbre combinada y los posibles efectos sistemáticos generados por la interacción de la radiación gamma con la materia, así como los factores que afectan la respuesta de diferentes detectores comerciales, como la resolución en energía, linealidad, eficiencia de detección, tiempo de respuesta (LT) y el número total de recuentos en las ventanas espectrales. La calibración y la definición de la interferencia Compton se llevaron a cabo en dos detectores diferentes de radiación gamma, uno de NaI(Tl) perteneciente al LABIDRO y otro de NaI(Tl) (portátil) perteneciente al UNESPetro, ambos ubicados en la Unesp de Rio Claro (SP). Finalmente, se analizaron los datos obtenidos del Proyecto Rio Preto (GO) (cuyas muestras y mediciones se realizaron entre 1995 y 2001) y de la Formación Irati (entre 2019 y 2021) para determinar los factores de interferencia de la radiación gamma en las ventanas espectrales de interés de los radionúclidos naturales de interés en análisis de espectrometría gamma, como el K , eU y eTh . También se elaboraron mapas de isolíneas basados en el modelo geoestadístico de "mínima curvatura" para analizar comparativamente los datos con la eliminación del efecto Compton en las ventanas espectrales de interés. La cuantificación mediante espectrometría gamma permitió la medición de los radionúclidos ^{40}K , ^{214}Bi y ^{208}Tl en un conjunto de muestras ($n = 288$) provenientes de datos del Proyecto Rio Preto y ($n = 111$) de las rocas de la Formación Irati, así como el uso de modelos geoestadísticos que muestran la distribución de estos radioelementos en el área de estudio.

Palabras-clave: *Geoquímica, Geofísica Nuclear, Radiometría, Espectrometría de rayos gamma, Calibración.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Distribuição da dose à população entre as várias fontes de radiação de fundo.	32
Figura 2	– Localização das jazidas e reservas de urânio no Brasil	34
Figura 3	– Energia de ligação por núcleon para isótopos comuns (adaptado de Shyti (2013)).	39
Figura 4	– Representação tridimensional do vale de estabilidade.	40
Figura 5	– Representação das reações envolvidas na interação de partículas dos raios cósmicos primários com a atmosfera, originando raios cósmicos secundários.	42
Figura 6	– (a) Atividade do ^{222}Rn e seus filhos em função do tempo; (b) Equilíbrio radioativo entre o ^{226}Ra e seu 'filho' ^{222}Rn	52
Figura 7	– Esquema de decaimento do ^{40}K , por intermédio dos seguintes modos: (1) captura eletrônica com emissão de raios γ , (2) captura eletrônica sem emissão de raios γ , (3) emissão de pósitron (β^+), e (4) emissão beta (β^-). Também estão indicadas as energias.	53
Figura 8	– Variação do conteúdo médio de K, eTh e eU para rochas ígneas intrusivas e extrusivas com o aumento no conteúdo de sílica.	60
Figura 9	– Regiões de predominância das 3 formas de interação da radiação γ . As curvas indicam os valores de Z e $h\nu$ para os quais as probabilidades dos processos vizinhos são iguais.	66
Figura 10	– Ilustração da absorção fotoelétrica, onde o raio gama incidente cede toda sua energia para o elétron e desaparece. O espectro à direita ilustra uma distribuição diferencial de uma série de absorções fotoelétricas.	67
Figura 11	– Representação do espalhamento Compton. O espectro à direita ilustra a distribuição da energia do elétron Compton de recuo.	68
Figura 12	– Representação da formação de pares. À direita, está representada a posição do pico de escape duplo no espectro de raios gama.	70
Figura 13	– Interações na função resposta do detector.	72
Figura 14	– Espectros diferenciais para detectores comerciais.	72

Figura 15	–	Espectro de linha da emissão de raios gama do: a) potássio; b) urânio; c) tório.	73
Figura 16	–	Espectro de raios gama típico de detector de NaI(Tl) mostrando a posição das janelas de energia convencionais.	74
Figura 17	–	Alguns tipos de interações secundárias que podem interferir na função resposta dos detectores comerciais.	76
Figura 18	–	Influência da radiação secundária na resposta do detector.	77
Figura 19	–	Estrutura da banda de energia de um cristal cintilador ativado.	77
Figura 20	–	Esquema de uma fotomultiplicadora.	78
Figura 21	–	Diagrama ilustrando a resolução de energia do espectrômetro de raios gama.	79
Figura 22	–	Ilustra a eficiência da conversão de luz de cintilação em elétrons no fotocatodo.	80
Figura 23	–	Espectros gama típicos para (a) ^{137}Cs e (b) ^{60}Co	92
Figura 24	–	Sistema Espectrométrico gama instalado no <i>LABIDRO</i>	92
Figura 25	–	Espectro gama de amostra de pechblenda.	93
Figura 26	–	Espectro gama de amostra de torita.	93
Figura 27	–	Espectro gama do ^{40}K obtido para amostra de KCl.	94
Figura 28	–	Espectro de raios gama sobre fonte mista de <i>U</i> , <i>Th</i> e <i>K</i>	95
Figura 29	–	Esquema de decaimento do (a) ^{137}Cs e (b) ^{60}Co	95
Figura 30	–	Espectro gama obtido para fonte de ^{137}Cs	96
Figura 31	–	Espectro gama obtido para fonte de ^{60}Co , com a presença do pico soma. .	97
Figura 32	–	Espectro gama obtido para pechblenda contendo 1% de <i>U</i>	97
Figura 33	–	Espectro gama obtido para areia monazítica contendo 1% de <i>Th</i> e 0,004% de <i>U</i>	97
Figura 34	–	Espectro gama obtido para KCl.	98
Figura 35	–	Calibração em energia do espectrômetro gama utilizado.	98
Figura 36	–	Curva de calibração do <i>U</i> em concentração.	101

Figura 37	– Curva de calibração do <i>Th</i> em concentração.	101
Figura 38	– Curva de calibração do <i>K</i> em concentração.	102
Figura 39	– Resolução do cristal 2"x2" NaI(Tl) para a energia de 0,661 MeV do ¹³⁷ Cs.	103
Figura 40	– Resolução do cristal 2"x2" NaI(Tl) para a energia de 2,61 MeV do ²⁰⁸ Tl (²³² Th).	103
Figura 41	– Esquema representativo das interações entre as janelas de <i>K</i> , <i>U</i> e <i>Th</i> . A inter- ferência entre janelas de energia denominado fator de <i>stripping</i> é usada para remover a interferência segundo as setas indicadas acima. Comumente são usados os fatores de <i>stripping</i> α , β e γ . Os fatores <i>a</i> , <i>b</i> e <i>g</i> são, geralmente, pequenos ou nulos e por isso, normalmente, são ignorados.	105
Figura 42	– Análise de regressão linear múltipla do <i>software</i> Excel com uma breve descrição de cada parâmetro fornecido.	111
Figura 43	– Possibilidades de correlação entre tipos litológicos e tonalidades de cores em uma Composição Ternária <i>RGB</i>	114
Figura 44	– Detector de NaI(Tl) 2BY2 – DD da ORTEC e monitor <i>digiDART – LF</i>	116
Figura 45	– Padrões utilizados na calibração dos sistemas gamaespectrométricos de Du- arte (2002) e Cecatto (2021) com a definição da uniformidade da geometria dos invólucros hermeticamente selados.	117
Figura 46	– Mapa de localização da área de Estudo e dos pontos de coleta das amostras.	119
Figura 47	– Mapa Hipsométrico da área de estudo e do seu respectivo perfil de drenagem encontrada.	119
Figura 48	– Mapa Geológico da área de estudo, modificado de Filho <i>et al.</i> (1982).	121
Figura 49	– Localização da área de amostragem.	126
Figura 50	– Parte superior do paredão de amostragem. Formação Irati, Pedreira Partecal, Distrito de Assistência.	127
Figura 51	– Croqui da parte superior do paredão de amostragem.	128
Figura 52	– Esquema de amostragem da parte inferior do paredão de amostragem.	128

Figura 53	– Gráfico de dispersão de pontos com a média (linha vermelha) e o desvio padrão (linha roxa); e modelo <i>Box-plot</i> para as leituras no intervalo da janela do ^{40}K	132
Figura 54	– Gráfico de dispersão de pontos com a média (linha vermelha) e o desvio padrão (linha roxa); e modelo <i>Box-plot</i> para as leituras no intervalo da janela do urânio através do ^{214}Bi	132
Figura 55	– Gráfico de dispersão de pontos com a média (linha vermelha) e o desvio padrão (linha roxa); e modelo <i>Box-plot</i> para as leituras no intervalo da janela do tório através do ^{208}Tl	132
Figura 56	– Limite de Detecção pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{40}K	133
Figura 57	– Limite de Detecção pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{214}Bi	134
Figura 58	– Limite de Detecção pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{208}Tl	134
Figura 59	– Limite Crítico pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{40}K	135
Figura 60	– Limite Crítico pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{214}Bi	135
Figura 61	– Limite Crítico pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{208}Tl	136
Figura 62	– Gráfico da relação entre a - taxa de contagem experimental x concentração padrão do radioelemento - pelo modelo de calibração para o potássio (^{40}K).	137
Figura 63	– Gráfico da relação entre a - concentração padrão do radioelemento x taxa de contagem prevista - pelo modelo de calibração para o potássio (^{40}K).	137
Figura 64	– Gráfico da relação entre a - taxa de contagem experimental x concentração padrão do radioelemento - pelo modelo de calibração para o urânio (^{214}Bi).	138
Figura 65	– Gráfico da relação entre a - concentração padrão do radioelemento x taxa de contagem prevista - pelo modelo de calibração para o urânio (^{214}Bi).	138

Figura 66	– Gráfico da relação entre a - taxa de contagem experimental x concentração padrão do radioelemento - pelo modelo de calibração para o tório (^{208}Tl). . .	139
Figura 67	– Gráfico da relação entre a - concentração padrão do radioelemento x taxa de contagem prevista - pelo modelo de calibração para o tório (^{208}Tl). . .	139
Figura 68	– Interferência do Urânio no canal do Tório e do Potássio.	140
Figura 69	– Interferência do Tório no canal do Urânio e do Potássio.	140
Figura 70	– Interferência do Urânio no canal do Tório a partir da concentração dos padrões de U	140
Figura 71	– Interferência do Urânio no canal do Tório a partir da concentração dos padrões de U	141
Figura 72	– Interferência do Urânio no canal do Potássio a partir da concentração dos padrões de U	141
Figura 73	– Definição da interferência do Urânio no Potássio a partir da intensidade nas contagens do urânio.	142
Figura 74	– Interferência do Tório no canal do Urânio a partir da concentração dos padrões de Th	142
Figura 75	– Definição da interferência do Tório no Urânio a partir da intensidade do tório.	143
Figura 76	– Interferência do Tório no canal do Potássio a partir da concentração dos padrões de Th	143
Figura 77	– Definição da interferência do Tório no Urânio a partir da intensidade do tório.	144
Figura 78	– Interferência do Potássio no canal do Urânio a partir da concentração dos padrões de K	144
Figura 79	– Definição da interferência do Potássio no Urânio a partir da intensidade do Potássio.	145
Figura 80	– Interferência do Potássio no canal do Tório a partir da concentração dos padrões de K	145
Figura 81	– Definição da interferência do Potássio no Tório a partir da intensidade do Potássio.	146

Figura 82	– Relação entre a taxa de contagem (Net_{counts}) e a taxa com o desconto da interferência Compton para o Potássio.	146
Figura 83	– Interferência, por amostra, do Urânio e do Tório no Potássio.	147
Figura 84	– Relação entre a taxa de contagem (Net_{counts}) e a taxa com o desconto da interferência Compton para o Urânio.	147
Figura 85	– Interferência, por amostra, do Potássio e do Tório no Urânio.	148
Figura 86	– Relação entre a taxa de contagem (Net_{counts}) e a taxa com o desconto da interferência Compton para o Tório.	148
Figura 87	– Interferência, por amostra, do Urânio e do Potássio no Tório.	149
Figura 88	– Mapas comparativos do Potássio: (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.	150
Figura 89	– Mapas comparativos do Urânio: (a) Duarte (2002) ; (b) com remoção de interferências.	151
Figura 90	– Mapas comparativos do Tório: (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.	152
Figura 91	– Mapas comparativos do <i>Parâmetro</i> ou <i>Fator F</i> : (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.	153
Figura 92	– Mapas da razão entre Urânio e Potássio (eU/K): (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.	154
Figura 93	– Mapas da razão entre Urânio e Tório (eU/eTh): (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.	155
Figura 94	– Mapas da razão entre Tório e Potássio (eTh/K): (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.	156
Figura 95	– Mapas da subtração (diferença) entre os dados de K, eU e eTh de Duarte (2002) com a modelagem desenvolvida neste trabalho: (a) K; (b) eU; (c) eTh.	157
Figura 96	– Mapa Ternário <i>CMY</i> : (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.	158
Figura 97	– Mapa Ternário <i>RGB</i> : (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.	159

Figura 98 – Espectrômetro portátil digiDART e os respectivos anéis de blindagem de chumbo.	160
Figura 99 – Interpolação da intensidade de contagens I_{Th} provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_U	164
Figura 100 – Interpolação da intensidade de contagens I_K provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_U	165
Figura 101 – Interpolação da intensidade de contagens I_U provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_{Th}	165
Figura 102 – Interpolação da intensidade de contagens I_K provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_{Th}	166
Figura 103 – Interpolação da intensidade de contagens I_U provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_K	166
Figura 104 – Interpolação da intensidade de contagens I_{Th} provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_K . como podemos observar pelo 'coeficiente de determinação múltipla' (R-quadrado), não houve correlação para validação de modelo de regressão.	167
Figura 105 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do U na janela do Th	167
Figura 106 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do U na janela do K	168
Figura 107 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do Th na janela do U	168
Figura 108 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do Th na janela do K	169
Figura 109 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do K na janela do U	169
Figura 110 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de C_K após a remoção da interferência Compton na Intensidade de emissão das amostras.	170

Figura 111 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de I_K proveniente exclusivamente de padrão com concentração C_K conhecida.	170
Figura 112 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de C_U após a remoção da interferência Compton na Intensidade de emissão das amostras.	171
Figura 113 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de I_U proveniente exclusivamente de padrão com concentração C_U conhecida.	171
Figura 114 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de C_{Th} após a remoção da interferência Compton na Intensidade de emissão das amostras.	172
Figura 115 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de I_{Th} proveniente exclusivamente de padrão com concentração C_{Th} conhecida.	172
Figura 116 – <i>Box-plot</i> da distribuição dos quartis e seus respectivos intervalos para os valores de concentração do Potássio nos 3 métodos: <i>RC</i> ; <i>RLM</i> e Cecatto (2021).	177
Figura 117 – <i>Box-plot</i> da distribuição dos quartis e seus respectivos intervalos para os valores de concentração do Urânio nos 3 métodos: <i>RC</i> ; <i>RLM</i> e Cecatto (2021).	177
Figura 118 – <i>Box-plot</i> da distribuição dos quartis e seus respectivos intervalos para os valores de concentração do Tório nos 3 métodos: <i>RC</i> ; <i>RLM</i> e Cecatto (2021).	177
Figura 119 – Gráfico de dispersão das concentrações de $K(\%)$ para cada um dos 3 métodos aplicados: Remoção Compton (<i>RC</i>); Regressão Linear Múltipla (<i>RLM</i>) e proveniente de Cecatto (2021).	178
Figura 120 – Gráfico de dispersão das concentrações de $eU(ppm)$ para cada um dos 3 métodos aplicados: Remoção Compton (<i>RC</i>); Regressão Linear Múltipla (<i>RLM</i>) e proveniente de Cecatto (2021).	178
Figura 121 – Gráfico de dispersão das concentrações de $eTh(ppm)$ para cada um dos 3 métodos aplicados: Remoção Compton (<i>RC</i>); Regressão Linear Múltipla (<i>RLM</i>) e proveniente de Cecatto (2021).	179

Figura 122 – Relação entre a 'Intensidade de Contagem Total' (com subtração do <i>BG</i> , mas sem a remoção da interferência Compton) e a 'Intensidade de Contagem com Remoção Compton' (<i>RC</i>)	179
Figura 123 – Interferência gerada na janela do <i>K</i> pelo <i>U</i> e pelo <i>Th</i> , para cada amostra mensurada em 'Intensidade' (<i>cpm/g</i>).	180
Figura 124 – Relação entre a 'Intensidade de Contagem Total' (com subtração do <i>BG</i> , mas sem a remoção da interferência Compton) e a 'Intensidade de Contagem com Remoção Compton' (<i>RC</i>) para o Urânio.	180
Figura 125 – Interferência gerada na janela do <i>U</i> pelo <i>K</i> e pelo <i>Th</i> , para cada amostra mensurada em 'Intensidade' (<i>cpm/g</i>).	181
Figura 126 – Relação entre a 'Intensidade de Contagem Total' (com subtração do <i>BG</i> , mas sem a remoção da interferência Compton) e a 'Intensidade de Contagem com Remoção Compton' (<i>RC</i>) para o Tório.	181
Figura 127 – Interferência gerada na janela do <i>Th</i> apenas pelo <i>U</i> , para cada amostra mensurada em 'Intensidade' (<i>cpm/g</i>); o <i>K</i> não obteve correlação e contagens suficiente para validação de um modelo matemático compatível.	182
Figura 128 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RC</i> e <i>RLM</i> para o <i>K</i>	183
Figura 129 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RC</i> e Cecatto (2021) para o <i>K</i>	183
Figura 130 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RLM</i> e Cecatto (2021) para o <i>K</i>	183
Figura 131 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RC</i> e <i>RLM</i> para o <i>U</i>	184
Figura 132 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RC</i> e Cecatto (2021) para o <i>U</i>	184

Figura 133 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RLM</i> e Cecatto (2021) para o <i>U</i>	184
Figura 134 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RC</i> e <i>RLM</i> para o <i>Th</i>	184
Figura 135 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RC</i> e Cecatto (2021) para o <i>Th</i>	185
Figura 136 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de <i>RLM</i> e Cecatto (2021) para o <i>Th</i>	185

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Série de decaimento do urânio, ^{238}U	44
Tabela 2	– Série de decaimento do actínio, ^{235}U	45
Tabela 3	– Série de decaimento do tório, ^{232}Th	46
Tabela 4	– Principais transições gama na série radioativa natural do ^{238}U , segundo Ward (1981).	91
Tabela 5	– Principais transições gama na série radioativa natural do ^{238}U , segundo Ward (1981).	94
Tabela 6	– Janelas espectrais comumente utilizadas para medidas gamaespectrométricas na investigação de urânio, tório e potássio.	94
Tabela 7	– Calibração em energia para o sistema utilizado.	96
Tabela 8	– Dados obtidos para os nuclídeos de interesse, baseados em fontes de urânio, tório e potássio.	96
Tabela 9	– Descrição dos padrões utilizados na calibração e aplicação de outros procedimentos adotados neste trabalho (adaptado de Duarte (2002)).	99
Tabela 10	– Parâmetros utilizados para a construção das curvas de calibração em concentração dos nuclídeos de interesse (DUARTE, 2002).	100
Tabela 11	– Intervalo em canais dos fotopicos de interesse com base nas janelas de energia indicadas pela Surveying (1991).	104
Tabela 12	– Coluna Estratigráfica para a área do Projeto Rio Preto, segundo Andrade <i>et al.</i> (1981).	122
Tabela 13	– Dados de calibração do gamaespectrômetro do LABIDRO, baseado nos espectros analisados por Duarte (2002).	131
Tabela 15	– Informações sobre os padrões utilizados para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil nos intervalos de interesse para K , eU e eTh	161
Tabela 16	– Dados da amostra de sílica com 99,9% de pureza para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil digiDART.	161

Tabela 17	– Dados das análises para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil digiDART – GA e T_C (cpm).	162
Tabela 18	– Dados das análises para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil digiDART - Net_{counts} e condição para validação de dados.	163
Tabela 19	– Dados das análises para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil digiDART - 'Intensidade efetiva' para diferentes concentrações padronizadas.	163
Tabela 20	– Coeficientes obtidos pela RLM para os cálculos das concentrações através da <i>Intensidade de contagem</i> (cpm/g) de K , U , e Th	164
Tabela 21	– Intervalos de Concentrações por Remoção Compton.	174
Tabela 22	– Intervalos de Concentrações por Regressão Linear Múltipla.	175
Tabela 23	– Intervalos de Concentrações de Cecatto (2021).	176

SUMÁRIO

Impacto Potencial desta Pesquisa	3
Potential Impact of this Research	4
Impacto Potencial de esta Investigación	5
1 INTRODUÇÃO	31
1.1 PRINCIPAIS DEPÓSITOS DE URÂNIO NO BRASIL	33
1.2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	37
2 RADIOATIVIDADE	39
2.1 PRINCÍPIOS GERAIS	39
2.1.1 Radiação Cósmica	41
2.1.2 Tipos de Decaimento Radioativo	43
2.1.3 Natureza estatística do decaimento radioativo	47
2.1.4 Lei de Decaimento e Equilíbrio Radioativo	49
2.1.5 Fontes Naturais de Radiação	52
2.1.6 Ocorrência nas Rochas	54
2.1.6.1 Urânio	54
2.1.6.2 Tório	55
2.1.6.3 Potássio	56
2.1.6.4 Desequilíbrio Radioativo	57
2.1.7 Rádio	58
2.1.8 Radônio	59
2.1.9 Distribuição de <i>K</i> , <i>U</i> e <i>Th</i> em solos e rochas	60
3 GAMAESPECTROMETRIA	62
3.1 ALGUNS ESTUDOS PIONEIROS	62
3.2 USOS DOS RAIOS GAMA	62
3.3 O DETECTOR CINTILADOR DE NAI(TL)	63
3.4 INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA COM A MATÉRIA	65
3.4.1 Absorção fotoelétrica	66

3.4.2	Espalhamento Compton	68
3.4.3	Produção de pares	69
3.5	RESPOSTA DE DETECTORES COMERCIAIS	70
3.6	GEOMETRIA FONTE-DETECTOR	73
3.7	EVENTOS QUE INTERFEREM NA RESPOSTA DO DETECTOR	74
3.7.1	Escape de elétrons secundários	74
3.7.2	Escape de raio-X característico	74
3.7.3	Interações secundárias criadas pelo decaimento radioativo	75
3.7.3.1	Radiação de aniquilação	75
3.7.3.2	<i>Bremsstrahlung</i>	75
3.7.4	Efeitos dos materiais envoltórios	75
3.8	PRINCIPAIS PROPRIEDADES DOS CINTILADORES	77
3.8.1	Resolução em energia	79
3.8.2	Produção de elétrons no fotocátodo da fotomultiplicadora	80
3.9	OUTROS INTERFERENTES NA PERDA DE RESOLUÇÃO	81
3.9.1	Prevenção da perda de resolução	81
3.9.2	Linearidade	82
3.9.3	O fenômeno do ' <i>drift</i> ' dos picos gamaespectrométricos	82
3.9.4	Detecção	84
3.9.4.1	Forma do cristal	84
3.9.4.2	Eficiência de detecção	85
3.9.4.3	Tempo de resposta	87
4	MATERIAIS E MÉTODOS	88
4.1	MONITOR GAMAESPECTROMÉTRICO	88
4.1.1	Espectrômetro	89
4.1.2	Resolução do Sistema Utilizado	90
4.1.3	Fotopicos de Interesse	91
4.1.4	Calibração do sistema em energia	95
4.1.5	Calibração do sistema em concentração	98

4.1.6	Nível Crítico de Detecção	102
4.1.6.1	Resolução do Sistema Utilizado	103
4.1.6.2	Fotopicos de Interesse para o NaI(Tl)	104
4.1.7	Cálculo das concentrações do espectrômetro NaI(Tl)	104
4.1.7.1	Equações de Calibração	105
4.1.7.2	O método de remoção dos fatores de interferência	106
4.1.7.3	O método do Sistema Linear	107
4.1.8	Regressão linear múltipla em Excel	108
4.1.9	Cálculo da razão entre os elementos K , Th e U e <i>parâmetro F</i> . . .	112
4.1.10	Composição ternária RGB ou CMY ($K - eTh - eU$)	113
4.2	GAMAESPECTRÔMETRO DIGIDART NAI(TL) DE 2"X2"	115
5	ÁREAS DE ESTUDO	118
5.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO RIO PRETO (GO) .	118
5.1.1	Aspectos Geológicos da área estudada	120
5.1.1.1	Formação Ticunzal	122
5.1.1.2	Mineralização de urânio	124
5.2	CARACTERÍSTICAS DA FORMAÇÃO IRATI	125
6	RESULTADOS OBTIDOS	130
6.1	AMOSTRAGEM NO PROJETO RIO PRETO (GO)	130
6.1.1	Calibração do gamaespectrômetro de bancada	131
6.1.2	Medidas de <i>background</i> de Duarte (2002)	132
6.1.3	Limites de Detecção e Crítico	133
6.1.4	Cálculo da taxa de contagem	136
6.1.4.1	Cálculo da Interferência e Compton	139
6.1.5	Interpolação das concentrações e geração de mapas geoestatísticos comparativos entre os modelos do presente trabalho e de Duarte (2002)	150
6.1.5.1	Mapa comparativo para teores de K , eU e eTh	150
6.1.5.2	Mapa comparativo para o <i>Parâmetro</i> ou <i>Fator F</i>	153
6.1.5.3	Mapa comparativo para as razões eU/K ; eTh/K ; eU/eTh	154

6.1.5.4	Mapa da diferença	157
6.1.5.5	Mapa Ternário <i>RGB</i> e <i>CMY</i>	158
6.2	AMOSTRAGEM DA FORMAÇÃO IRATI	159
6.2.0.1	Calibração do detector portátil digiDART	160
6.2.0.2	Calibração pelo método da Regressão Linear Múltipla	163
6.2.0.3	Interpolação dos dados	164
6.2.0.4	Resultados Obtidos pelos métodos de Remoção Compton, Regressão Linear Múltipla e por Cecatto (2021)	172
6.2.0.5	Efeitos da dispersão da 'Intensidade de emissão' calculada com e sem a 'Remoção da Interferência Compton' nas amostras de Cecatto (2021).	179
6.2.0.6	Distribuição estatística dos resíduos	182
7	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	186
7.1	DADOS DO PROJETO RIO PRETO (GO)	186
7.2	DADOS DA FORMAÇÃO IRATI	187
	REFERÊNCIAS	190
	ANEXOS	201
	ANEXO A - Contagem total (<i>GA</i>) e cálculo da Intensidade de contagens (<i>I</i>) para os dados obtidos por Duarte (2002).	202
	ANEXO B - Dados da remoção da radiação de fundo e determinação da Intensidade de contagens (<i>cpm/g</i>).	215
	ANEXO C - Interferência Compton e determinação da taxa de contagem para os dados de Duarte (2002).	227
	ANEXO D - Contagens totais <i>GA</i> , tempo (<i>s</i>) e Intensidade de Contagem (<i>cpm/g</i>) provenientes de Duarte (2002).	240
	ANEXO E - Diferença entre os dados de concentração provenientes dos modelos de interpolação do presente trabalho e os de Duarte (2002).	253
	ANEXO F - Determinação das informações geológicas para cada amostra coletada.	266
	ANEXO G - Dados sintetizados de Background, Limites de Detecção e Crítico.	275
	ANEXO H - Contagens totais <i>GA</i> , tempo (<i>s</i>) e taxas de contagem (<i>cpm</i>) provenientes de Cecatto (2021).	276

ANEXO I - Interferência Compton nas 3 janelas espectrais provenientes da calibração por padrões adquiridos da " <i>New Brunswick Laboratory</i> " do "U.S. Departament of Energy Argonne" (Illinois, Estados Unidos) e de ^{40}K elaborados no <i>LABIDRO</i>	283
ANEXO J - Taxas de contagem com subtração do <i>BG (Net)</i> , Intensidade de contagens antes e após a Remoção Compton (<i>RC</i>).	289
ANEXO K - Concentrações provenientes de Cecatto (2021) e para os modelos de interpolação de <i>RC</i> e <i>RLM</i>	295
ANEXO L - Análise de Regressão Linear Múltipla para C_K , C_U e C_{Th} dos dados de Cecatto (2021).	302
ANEXO M - Descrição das informações geológicas para as amostras coletadas por Cecatto (2021).	304

1 INTRODUÇÃO

A aplicação da radioatividade em Geociências é baseada no conhecimento das propriedades físicas das fontes de radiação e na capacidade de detectá-las por meio da análise de dados de sensores remotos. Nas últimas quatro décadas, levantamentos radiométricos com gama espectrômetros portáteis e aerotransportados têm sido cada vez mais utilizados para mapear a distribuição de concentração dos elementos que contribuem para a radioatividade natural em diferentes ambientes geológicos. Essa distribuição tem sido aplicada com sucesso no mapeamento geológico, na prospecção de recursos minerais e em estudos de radioatividade ambiental (GALBRAITH; SAUNDERS, 1983; DICKSON; SCOTT, 1997; WILFORD *et al.*, 1997).

Além disso, levantamentos radiométricos têm sido utilizados recentemente para avaliar a extensão e gravidade da dispersão de elementos radioativos artificiais devido a acidentes em instalações nucleares. Equipamentos adequados para levantamentos espectrométricos de campo, calibração e metodologia de aquisição de dados foram desenvolvidos a partir da década de 1960. Inicialmente propostos como auxiliares na localização de depósitos de urânio, os levantamentos gamaespectrométricos passaram a ter uma amplitude maior de aplicação no mapeamento geológico após a publicação do trabalho de Løvborg *et al.* (1971), que demonstraram sua utilidade na determinação, no campo, das concentrações de urânio e tório na intrusão alcalina de Ilimaussaq, no sul da Groenlândia.

É de suma importância realizar a análise do espectro da radiação de fundo, (*background*) devido à radiação cósmica que bombardeia constantemente o planeta, bem como a radiação ambiental devido a radioatividade natural do ambiente. Existem cinco categorias de radiações de fundo que são classificadas como:

- radioatividade natural dos materiais constituintes do detector em si;
- radioatividade natural dos equipamentos auxiliares, suporte e blindagem posicionados nas imediações do detector;
- radiações da atividade da superfície da terra (radiação terrestre), solo, rochas, materiais de construção, materiais de laboratório, ou outras estruturas distantes;
- radioatividade no ar atmosférico no entorno do detector;
- componentes primários e secundários da radiação cósmica.

As fontes mais significativas de radiações de fundo são ^{40}K , ^{232}Th e ^{238}U . O ^{40}K é uma fonte significativa porque tem uma meia-vida maior do que a idade da terra. ^{232}Th e ^{238}U são

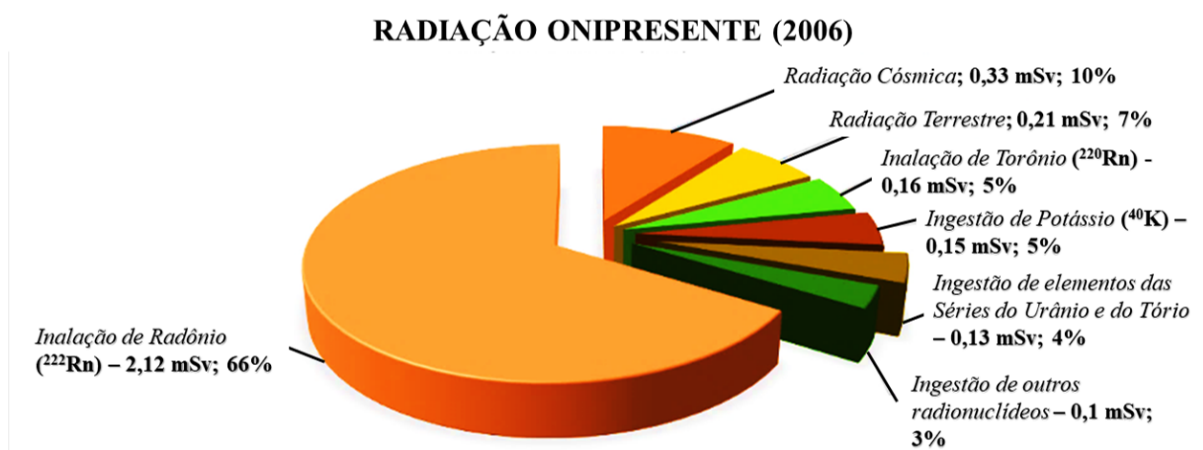
importantes contribuintes para a radiação de fundo por causa de sua abundância em muitos materiais, bem como os elementos filhos produzidos ao longo de suas respectivas séries de decaimento. Nessas séries de descendência, todos os diferentes tipos de radiação são emitidos numa variedade distinta de energias (KAPPKE, 2013).

A radiação cósmica é uma das contribuintes para a radiação de fundo, pois o planeta é bombardeado constantemente por partículas de alta energia, como múons, píons, nêutrons, elétrons, pósitrons, entre outras. Essas partículas, devido às suas baixas taxas de perda de energia, podem ser significativas na contribuição das radiações de fundo. No entanto, altas energias podem gerar pulsos de grande amplitude em um espectro e fornecer leituras falsas para a fonte que está sendo medida (RITTERSDORF, 2007).

O ser humano está exposto continuamente a radiações ionizantes, incluindo as de materiais naturalmente radioativos, provenientes de diversas fontes, como a crosta terrestre, materiais de construção, ar, água, alimentos, entre outros. Materiais de construção contendo elementos radioativos têm sido utilizados em todo o mundo por várias gerações. Como as pessoas passam mais de 80% do tempo em ambientes internos, a radiação desses locais pode provocar exposições prolongadas (ICRP, 2005).

Dados apresentados por Schauer e Linton (2009), ilustrados na Figura 1, mostram que, em média, metade de toda radiação absorvida por um ser humano, incluindo a natural e artificial, é devido ao radônio.

Figura 1 – Distribuição da dose à população entre as várias fontes de radiação de fundo.



Fonte: (SCHAUER; LINTON, 2009)

O radônio, descoberto em 1900 por Friedrich Ernst Dorn e isolado por William Ramsay e Robert Whytlaw-Gray em 1908, é um gás inerte, incolor e tem uma densidade de $9,73 \text{ kg/m}^3$ (a densidade do ar é $1,2 \text{ kg/m}^3$) (BARBOSA, 2011; UFRJ, 2010). Existem vinte isótopos conhecidos do radônio, sendo os principais ^{222}Rn , ^{220}Rn e ^{219}Rn . O ^{222}Rn , proveniente da série radioativa natural do ^{238}U , é gerado pelo decaimento do ^{226}Ra e tem uma meia-vida de 3,82 dias

(UNSCEAR, 2000; LANL, 2003).

Já o ^{220}Rn , proveniente da série radioativa natural do ^{232}Th , é gerado pelo decaimento do ^{224}Ra e tem uma meia-vida de 55,6 segundos. O ^{219}Rn , proveniente da série radioativa natural do ^{235}U , é gerado pelo decaimento do ^{223}Ra e tem meia-vida de 3,96 segundos. Todos são emissores de partículas alfa (??).

De acordo com o Comitê Científico das Nações Unidas sobre Efeitos da Radiação Atômica, mais de 98% da dose de radiação à qual a população está exposta é proveniente de fontes naturais (UNSCEAR, 2000). A interação dos raios cósmicos, que consistem principalmente de prótons de alta energia (cerca de 85%), partículas alfa (cerca de 14%) e núcleos atômicos mais pesados (cerca de 1%), com a atmosfera, produz radionuclídeos na estratosfera ou troposfera, como o ^{14}C (IVANOVICH, 1982).

Portanto, a Terra em si também é uma fonte de elementos radioativos como urânio, tório e potássio, que estão presentes desde a formação do planeta e têm meias-vidas longas que permitem sua existência até os dias atuais (IVANOVICH, 1982). Além disso, a produção nuclear de energia e testes nucleares também contribuem para a radioatividade no planeta (JIA; TORRI, 2007).

Quando as concentrações de radionuclídeos no meio ambiente são mais altas, pode ocorrer maiores danos por radiação e aumentar os riscos e problemas de saúde para os seres humanos, incluindo lesões nos rins, mutagenicidade, câncer de bexiga e rim, leucemia, câncer de testículo, câncer de pulmão, entre outras lesões (JIA *et al.*, 2009). Exposições crônicas ao rádio ou urânio, por exemplo, podem resultar em altas doses de radiação e aumentar o risco de desenvolvimento de câncer (GALHARDI; BONOTTO, 2012).

1.1 PRINCIPAIS DEPÓSITOS DE URÂNIO NO BRASIL

O Brasil é um dos países com maiores recursos de urânio do mundo, com uma quantidade estimada de 244.788 toneladas de urânio contido (U_3O_8) distribuídas entre os Estados da Bahia, Ceará e outros. Além do Brasil, outros países como Austrália, Cazaquistão, Canadá, Rússia, Namíbia, África do Sul, China e Níger também possuem grande potencial de recursos de urânio (LIMA; FILHO, 2021).

Os depósitos mais relevantes de urânio no país são encontrados em Itataia (CE), Espinharas (PB), Lagoa Real (BA), Campos Belos/Rio Preto e Amorinópolis (GO), Quadrilátero Ferrífero e Poços de Caldas (MG) e Figueira (PR) (JAVARONI; MACIEL, 1985), além de Pitinga (AM) (GALBRAITH; SAUNDERS, 1999). A Figura 2 mostra a localização dessas províncias uraníferas no Brasil.

Figura 2 – Localização das jazidas e reservas de urânio no Brasil



Fonte: (INB, 2020)

Os recursos minerais brasileiros aumentaram de 9.400 toneladas, em 1975, para a quantidade atual, podendo ser ampliados por meio de novos trabalhos de prospecção e pesquisa mineral, já que apenas 33% do território nacional foi pesquisado. O Brasil também possui ocorrências de urânio associadas a outros minerais, como os encontrados nos depósitos de Pitinga, no Estado do Amazonas, além de áreas promissoras como a de Carajás, no Pará, que têm um potencial adicional estimado em 300.000 toneladas (INB, 2020).

A reserva de urânio de Itataia (CE), localizada a 170 km sudoeste de Fortaleza, foi descoberta através de um levantamento radiométrico aerotransportado. A geologia da região do depósito é composta por paragneisses com grandes lentes carbonáticas, cortados por apófises graníticas e pegmatíticas. Foram identificados dois tipos de minério: uma massa uniforme de colofano, denominada colofanito, e um segundo tipo em forma de vênulas e stockwork de minério de colofano em mármore, gnaisses e epissienitos. O urânio ainda aparece em hidroxiapatita criptocristalina, que também possui interesse econômico como minério de fosfato (MENDONÇA *et al.*, 1985).

O depósito de Espinharas (PB), localizado a 25 km de Patos, foi detectado por um levantamento radiométrico autoportado, seguido por verificação de campo, avaliação de anomalias e sondagens geológicas. Trata-se de um depósito de urânio epigenético, de origem metassomática, que ocorre em gnaisses e xistos pré-cambrianos com granitos intrusivos associados, que foram

alterados por processos metassomáticos, tais como albitização e hematização, com lixiviação da sílica e enriquecimento em fosfato (SANTOS; ANACLETO, 1985).

A província uranífera de Lagoa Real (BA) está localizada no centro-sul do Estado da Bahia, perto da cidade de Caetité, e foi descoberta por meio de levantamentos aerogeofísicos na região. A mineralização ocorre em albititos, que são rochas com plagioclásio sódico, aegerina-augita e andradita. A geologia da região é resultado de um intenso metassomatismo sódico em rochas granito-gnáissicas e migmatíticas. A uraninita é o único mineral econômico, e os depósitos são monominerálicos. A mineralização ocorre em corpos lenticulares de albitito (OLIVEIRA *et al.*, 1985).

O distrito de Campos Belos está localizado na parte nordeste do Estado de Goiás, entre os municípios de Cavalcante e Campos Belos, em terreno pré-Cambriano. Juntamente com o depósito de Rio Preto, Campos Belos foi descoberto por meio de levantamento aerogeofísico. A mineralização de urânio em Campos Belos está associada à estruturação tectônica, em rochas como quartzo-sericita-xistos com grafita e rochas granito-gnáissicas que pertencem ao Complexo Goiano. Os minerais de urânio determinados são secundários, tais como autunita, torbernita e renardita (ANDRADE *et al.*, 1985).

O distrito uranífero de Amarinópolis, localizado no Estado de Goiás, a 215 km a leste de Goiânia, foi descoberto por meio de levantamento aeroradiométrico. A mineralização de urânio ocorre em arenitos arcoseanos da Formação Ponta Grossa, na borda da Bacia do Paraná. Três formas de mineralização de urânio foram encontradas neste distrito: células geoquímicas, associações com cangas residuais e fraturas, sendo o epigenético o mais importante, na forma de células geoquímicas. Os minerais uraníferos encontrados são a autunita, a sabugalita, a uraninita e a coffinita. O depósito uranífero de Amarinópolis é semelhante aos encontrados no Platô do Colorado e em Wyoming, nos Estados Unidos (HASSANO, 1985).

O Quadrilátero Ferrífero localiza-se a sul de Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais. Os metassedimentos da Formação Moeda, base da Série Minas, são formados principalmente por quartzitos, conglomerados e filitos. Os conglomerados da base da Série Minas são depósitos aluviais e exibem mineralização de urânio e ouro associadas, tais como mineralizações encontradas na África do Sul (VILLAÇA; MOURA, 1985).

O distrito de Poços de Caldas, localizado em Minas Gerais, é um depósito mineralizado em rochas alcalinas que é único em todo o mundo. Dentro desse distrito, há dois principais depósitos: o do Cercado e do Agostinho. A mineralização de urânio está associada a molibdênio e zircão, e as rochas hospedeiras da mineralização são tinguaitos, fonólitos e rochas piroclásticas. No depósito do Cercado, existem quatro tipos distintos de mineralização, incluindo tipo veio primário, tipo oxiredução secundária, mineralização difusa e bolsas de solo reduzido preservado em rochas oxidadas. Estima-se que as reservas sejam de cerca de 26.800 t de U_3O_8 , 25.000 t de MoO_3 e 172.400 t de ZrO_2 (FRAENKEL *et al.*, 1985).

No centro-oeste do Estado do Paraná, o depósito de urânio de Figueira foi descoberto por meio de levantamentos sistemáticos de bacias de carvão no sul e sudeste do Brasil. O depósito é composto por uraninita associada a arenitos, sedimentos carbonosos, matéria orgânica em argilas e carvões. Ele está localizado em sedimentos da Formação Rio Bonito, e seu principal corpo tem forma lenticular e segue um paleocanal de direção norte-sul (MORRONE; DAEMON, 1985).

Em Pitinga, localizado no Amazonas, há a exploração de um depósito de cassiterita presente em granitos estaníferos de um complexo intrusivo multifásico formado por álcali-feldspato granitos, com altos teores de SiO_2 , F e Zr, e baixas concentrações de CaO e MgO (DAOUD, 1988). Como subproduto da exploração da cassiterita, há a obtenção de columbita, que contém mais de 1 bilhão de toneladas de nióbio, tântalo, urânio, zircônio e terras raras.

A Paranapanema trata o urânio como rejeito, já que este é isolado do nióbio e do tântalo. O nióbio é utilizado em ligas de aço para aumentar a dureza e resistência à corrosão, enquanto o tântalo é utilizado na produção de capacitores elétricos. Porém, em parceria com as Indústrias Nucleares do Brasil (INB), a empresa pretende aproveitar o urânio, que segundo Galbraith e Saunders (1999), tem uma reserva de 201 milhões de toneladas de minério, das quais 144 mil são de urânio.

Este estudo enfocou a área do Projeto Rio Preto, realizado no nordeste de Goiás, a oeste do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, com uma área total de 650 km², que engloba a confluência dos rios Claro e Preto. A Nuclebrás, executou o Projeto Rio Preto na década de 70 e início dos anos 80, com o objetivo de realizar o mapeamento geológico básico da região e a caracterização radiométrica por meio de aerogamaespectrometria sem canais discriminados. Duarte (1997) realizou uma caracterização radiométrica preliminar da área de interesse usando espectrometria gama laboratorial com discriminação de canais em amostras coletadas durante o mapeamento geológico da Nuclebrás. Essas amostras foram disponibilizadas para o DPM (Departamento de Petrologia e Metalogenia) da UNESP - Rio Claro após a conclusão do projeto.

Os resultados da concentração de urânio obtidos por Duarte (1997) indicaram a ocorrência de enriquecimento neste radioelemento em alguns litotipos encontrados na área, com valores de até 600 ppm. Já os resultados da concentração de tório situaram-se no contexto daqueles registrados na literatura para os tipos litológicos que ocorrem na área, embora tenham sido registrados teores mais elevados em alguns locais (valores de até 220 ppm). Duarte (2002) complementou o estudo, realizando nova amostragem na área investigada inicialmente.

De acordo com o Comitê Científico das Nações Unidas sobre Efeitos da Radiação Atômica, mais de 98% da dose de radiação à qual a população está exposta é proveniente de fontes naturais (UNSCEAR, 2000). A interação dos raios cósmicos, que consistem principalmente de prótons de alta energia (cerca de 85%), partículas alfa (cerca de 14%) e núcleos atômicos mais pesados (cerca de 1%), com a atmosfera, produz radionuclídeos na estratosfera ou troposfera, como o ^{14}C (IVANOVICH, 1982).

A Terra em si também é uma fonte de elementos radioativos como urânio, tório e potássio, que estão presentes desde a formação do planeta e têm meias-vidas longas que permitem sua existência até os dias atuais (IVANOVICH; HARMON, 1992). Além disso, a produção nuclear de energia e testes nucleares também contribuem para a radioatividade (JIA; TORRI, 2007).

1.2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

Para avaliar os níveis de atividade da radioatividade nos ambientes e suas implicações na saúde humana, bem como para levantamentos que visam a obtenção de dados relevantes a compreensão geológica, mineralógica, ambiental e de segurança em radioproteção é essencial possuir métodos precisos de medição, tanto para planos emergenciais quanto para o monitoramento e quantificação com finalidades específicas do levantamento geofísico. Um importante método para a determinação dos níveis de atividade de deposição em solos é a espectrometria gama *in situ*.

No entanto, é necessário ter conhecimento sobre a eficiência intrínseca do detector e todas as implicações e influências que podem interferir na interpretação, acurácia e fidedignidade dos dados, como por exemplo com base na distribuição de profundidade e geometria da fonte radioativa analisada, para obter uma calibração precisa na eficiência de contagens do detector (por exemplo, Beck *et al.* (1972), Helfer e Miller (1988), ICRU (1994), Nuccetelli (2008)). Uma vez que a eficiência intrínseca do detector é determinada empiricamente e a fluência de fótons no detector para uma fonte particular de distribuição é calculada analiticamente, esses métodos de calibração são comumente denominados semiempíricos.

Esses métodos de calibração são adequados para geometrias simples e determinação de atividades com base na distribuição de profundidade dos elementos em solos e rochas que possam ser descritas por expressões matemáticas. Por esta razão, é crucial ter uma compreensão abrangente dos detectores utilizados, considerando todos os fatores que determinam a resolução e eficiência do detector, bem como as interferências e ruídos que afetam a modelagem estatística dos dados e podem levar a variações significativas na quantificação dos parâmetros dos radionuclídeos naturais medidos.

O efeito Compton é uma das principais fontes de erro em análises gamaespectrométricas com detectores cintiladores, pois pode resultar em uma sobreposição de picos no espectro de energia, dificultando a identificação e quantificação dos radionuclídeos presentes na amostra. Isso ocorre porque o efeito Compton resulta em uma perda de energia do fóton incidente no detector, o que pode levar a uma subestimação da energia do fóton e, consequentemente, à identificação incorreta do radionuclídeo em questão. Além disso, a intensidade do efeito Compton pode variar dependendo da geometria da amostra e do detector, o que torna ainda mais complexa a correção para esse efeito.

Uma das formas de minimizar a interferência do efeito Compton é através do uso de técnicas de correção, como a seleção de regiões de interesse ou o uso de blindagem. Essas técnicas visam isolar os picos de energia dos radionuclídeos de interesse e minimizar a contribuição dos picos sobrepostos.

De acordo com Obed e Mustapha (2018), a correção para o efeito Compton é fundamental para uma análise precisa e confiável em gamaespectrometria. Ainda segundo os autores, a seleção adequada das regiões de interesse pode minimizar significativamente os erros de quantificação associados ao efeito Compton. Por sua vez, Lavi e Beit-Or (2019) destacam que o uso de blindagem é uma das técnicas mais eficazes para minimizar o efeito Compton em análises gamaespectrométricas com detectores cintiladores.

Os trabalhos realizados por Cumming *et al.* (1988), Chiozzi *et al.* (2000), Joshi *et al.* (2016), Jeon *et al.* (2021), Roux e Bezuidenhout (2022) e Biere *et al.* (2023), tratam de métodos de seleção de regiões de interesse em espectros gama para análise de núclídeos em amostras ambientais e nucleares. Já Arine (2016), Almeida (2017) e Lima (2018) apresentaram uma avaliação das incertezas associadas à espectrometria gama, com ênfase na determinação dos limites de detecção. Jeon *et al.* (2021) e Roux e Bezuidenhout (2022) utilizaram algoritmos para análise de sobreposição de picos ou do fenômeno de drift em espectros gama e testaram a eficácia do método. Leite (2006), Villa e Costa (2015), Silva (2015) e Kim *et al.* (2023) propuseram o uso da linguagem de programação para ajuste de picos em espectros gama, demonstrando sua aplicabilidade em estudos gamaespectrométricos.

Todos os estudos indicam que o uso de técnicas automatizadas e algoritmos podem melhorar a precisão e eficiência da análise de espectros gama, permitindo uma melhor caracterização de amostras ambientais e nucleares. Portanto, o objetivo principal deste trabalho consiste em investigar a contribuição do efeito Compton na geração de dados gamaespectrométricos, considerando parâmetros como a seleção de regiões de interesse (*ROIs*) e o uso de blindagens adequadas para a definição e adoção de procedimentos metodológicos adequados, visando o aprimoramento da acurácia das análises. O enfoque será dado no emprego de detectores cintiladores de NaI(Tl) (de bancada e portátil) utilizados no *LABIDRO* (Laboratório de Isótopos e Hidroquímica) e no *UNESPetro* da *UNESP* de Rio Claro (SP).

Uma vez estabelecidos os parâmetros necessários, o protocolo analítico foi aplicado na avaliação da radiometria da área do Projeto Rio Preto, revisando dados de espectrometria gama de um levantamento que envolveu o ^{40}K , eU e eTh em amostras coletadas na região. Também se prestou à análise de perfil radiométrico realizado na Formação Irati, Distrito de Assistência, Rio Claro (SP).

2 RADIOATIVIDADE

2.1 PRINCÍPIOS GERAIS

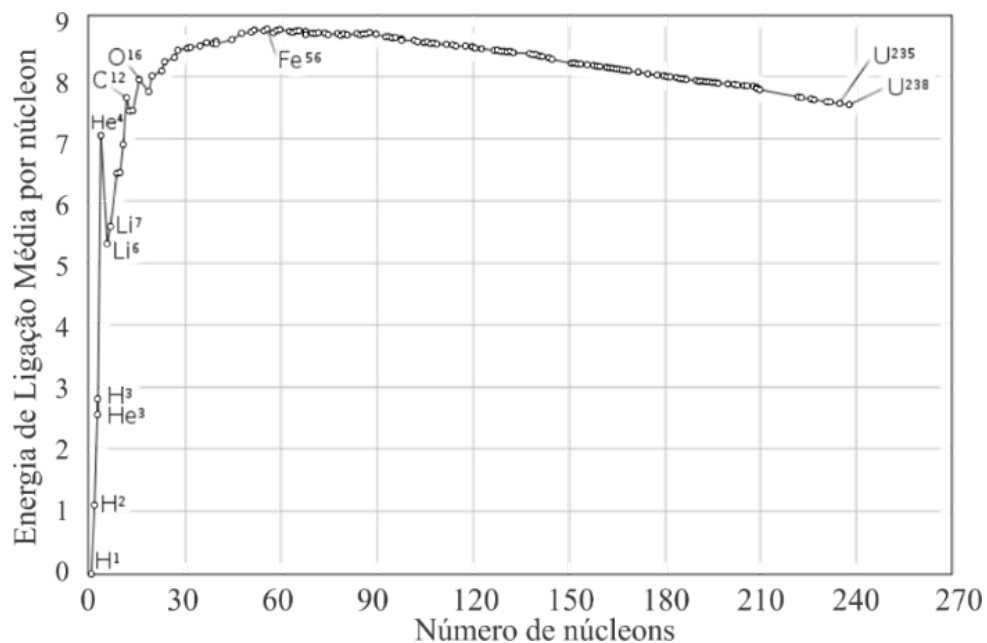
Na natureza, há uma faixa de núcleos instáveis ou radioativos que decaem espontaneamente em núcleos filhos com a emissão de partículas e energia, e que se encontra em torno dos núcleos estáveis até o chumbo. A estabilidade de um núcleo é determinada pela sua energia de ligação, E_b , que é a energia necessária para separar o núcleo em seus constituintes, nêutrons e prótons, e trazê-los para uma distância onde não há interação nuclear forte entre eles.

Conforme Shyti (2013), a energia de ligação de um núcleo depende da relação entre o número de prótons e o número de nêutrons. Se o número de nêutrons difere muito do número de prótons, o núcleo é instável. A energia de ligação pode ser definida por núcleon, ϵ , que é a relação entre a energia de ligação do núcleo e o seu número de massa (equação 2.1):

$$\epsilon = \frac{E_b}{A} \quad (2.1)$$

A energia de ligação por núcleon representa a quantidade de energia necessária para dividir um núcleon (próton ou nêutron) em um núcleo de massa A .

Figura 3 – Energia de ligação por núcleon para isótopos comuns (adaptado de Shyti (2013)).



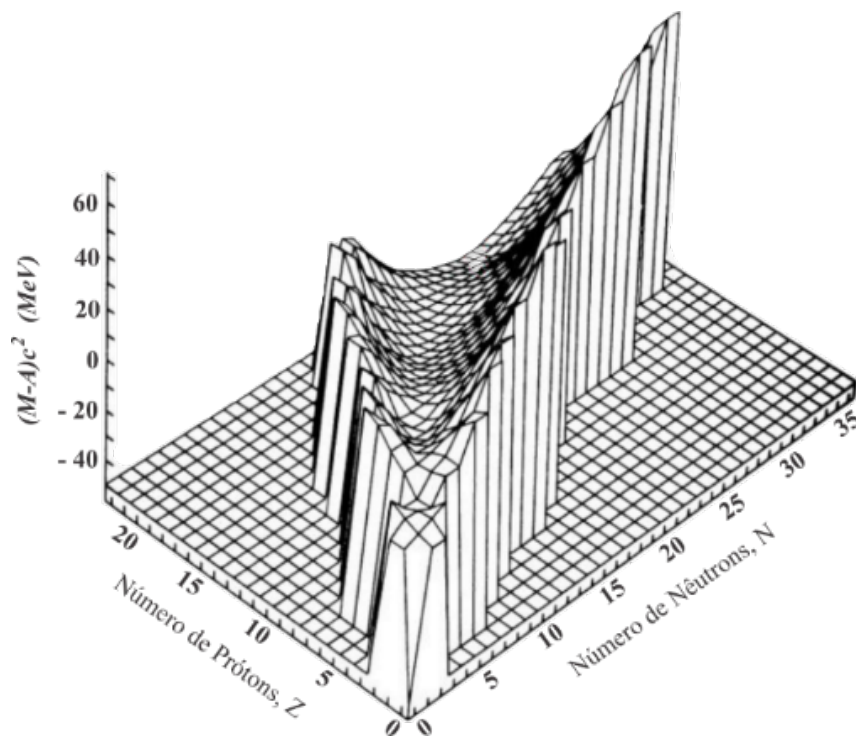
A partir da Figura 3, é possível observar que a energia de ligação nuclear, representada por ϵ , aumenta conforme o número de massa, A , aumenta, até atingir um valor máximo de

8,79 MeV para o ferro, quando A é menor do que 60. A partir desse ponto, a energia diminui gradualmente. Essa diminuição ocorre porque, à medida que o núcleo fica maior, a força nuclear forte que neutraliza a repulsão eletrostática entre os prótons se enfraquece. Isótopos mais pesados do que esses podem gerar energia por fissão nuclear, enquanto isótopos mais leves podem gerar energia por fusão (SHYTI, 2013).

A estabilidade dos átomos é determinada pelas interações entre seus componentes. À medida que o número atômico, Z , aumenta, as forças repulsivas elétricas entre os prótons também aumentam. Para preservar a estabilidade nuclear, o número de nêutrons deve aumentar progressivamente, equilibrando o aumento da repulsão e evitando a deterioração do núcleo.

Os núcleos estáveis têm energias inferiores às dos núcleos instáveis. A energia associada aos núcleos pode ser representada em três dimensões, e a representação gráfica desses núcleos forma o chamado 'vale de estabilidade' (Figura 4).

Figura 4 – Representação tridimensional do vale de estabilidade.



Fonte: adaptado de SHYTI, 2013

Os núcleos instáveis são encontrados longe do fundo do vale de estabilidade, em um dos seus dois lados. A instabilidade pode ser causada por um excesso de nêutrons ou prótons. Para obter uma configuração mais estável, o núcleo pode sofrer um dos dois tipos de decaimento: decaimento α ou β . Além disso, a instabilidade do núcleo não é causada apenas por um excesso de um tipo de nêutron ou próton, mas também por um excesso de energia quando o núcleo está em um estado excitado. Nesses casos, ocorre o decaimento γ , no qual o excesso de energia é liberado na forma de radiação eletromagnética (SHYTI, 2013).

Assim, a radioatividade é um processo em que núcleos instáveis de elementos químicos

emitem partículas e/ou radiação eletromagnética de forma espontânea para alcançar a estabilidade nuclear. Esse fenômeno é amplamente aplicado em vários setores da ciência, como medicina, engenharia, agronomia, geologia e hidrogeologia.

Após a emissão das partículas, que podem ser átomos de hélio duplamente ionizados (partículas alfa), elétrons (partículas beta) ou pósitrons (elétrons carregados positivamente), ocorre a transmutação ou decaimento de um elemento em outro com propriedades físicas e químicas distintas. Embora seja possível a emissão de mais de um tipo de partícula por núcleos de um mesmo elemento químico, a grande maioria dos isótopos radioativos emite apenas um tipo de partícula, segundo FAURE (1987).

Quando o número de átomos que sofrem decaimento por unidade de tempo é igual ao número de átomos formados no mesmo intervalo de tempo, ocorre o equilíbrio radioativo secular. Esse processo começa com apenas o nuclídeo inicial presente, e o nuclídeo subsequente na cadeia de decaimento é gerado à medida que o primeiro sofre decaimento radioativo.

À medida que o segundo nuclídeo se acumula, a taxa uniforme de sua criação se aproxima cada vez mais da taxa crescente de sua decomposição. Após um período de tempo, as duas taxas se tornam praticamente iguais e suas atividades se igualam. Portanto, se um sistema possui equilíbrio radioativo secular, as atividades dos produtos de decaimento dos nuclídeos em uma série de decaimento radioativo natural são iguais entre si.

A série de decaimento radioativo é a sequência formada a partir de um radioisótopo que culmina em decaimentos radioativos até que um isótopo estável seja formado. Os radioisótopos ^{238}U , ^{235}U e ^{232}Th iniciam as três séries naturais de decaimento conhecidas, todas culminando em um isótopo estável de chumbo. Além disso, o interesse nos estudos dos elementos radioativos está relacionado aos impactos que a radioatividade natural emitida por esses elementos pode causar na saúde da população, quando exposta a doses de radioatividade.

2.1.1 Radiação Cósmica

O trabalho de Victor Hess, realizado entre os anos de 1911 e 1913, identificou a existência de uma radiação penetrante na atmosfera terrestre, originária do espaço exterior, denominada de 'raios cósmicos'. Os raios cósmicos primários são compostos principalmente por prótons e partículas alfa altamente energéticas, além de partículas secundárias ou radionuclídeos cosmogênicos gerados continuamente pelo bombardeamento de nuclídeos estáveis na atmosfera por esses raios cósmicos. A composição primária dos raios cósmicos é muito heterogênea, sendo constituída, em sua maioria, por hidrogênio (87%), hélio (12%) e núcleos pesados (1%) com energias de 102 – 1014 MeV, além de elétrons e pósitrons (2%). Os raios cósmicos primários não interagem ainda com a matéria presente na atmosfera terrestre.

Os raios cósmicos causam um contínuo bombardeio da magnetosfera terrestre por um

O fluxo de raios cósmicos que atinge a Terra é altamente variável e depende da latitude geomagnética e da altitude. Os componentes mais comuns desses raios são múons, elétrons e uma pequena porcentagem de nêutrons e prótons. Múons são os componentes mais penetrantes e podem ser uma fonte significativa de ruído em espectroscopia. Quando os raios cósmicos interagem com os átomos da atmosfera, podem ocorrer processos de espalação ou captura de nêutrons, resultando na produção de radionuclídeos cosmogênicos. A espalação é uma reação

nuclear em que um núcleo se divide em núcleos mais leves ao colidir com um nêutron de alta energia ou uma partícula carregada (SHYTI, 2013).

O impacto das partículas de alta energia na atmosfera é mais frequente com átomos e moléculas de nitrogênio e oxigênio, o que resulta em uma cascata de produtos de interações e reações, como prótons secundários, nêutrons e píons carregados/descarregados, além de núcleos de baixo número atômico (Z), como ^3H , ^{14}C , ^7Be , ^{10}Be , entre outros, conhecidos como radionuclídeos cosmogênicos (BARTLETT, 2004).

Esses radionuclídeos emitem beta partículas, exceto o ^7Be , que decai por captura eletrônica e emite raios-gama característicos de 477,6 keV (intensidade de 10,5%). O ^7Be é extensivamente utilizado como traçador para fenômenos de circulação atmosférica e sua variação diurna. Apenas o ^3H e o ^{14}C apresentam risco significativo para a saúde humana. Os prótons secundários e nêutrons geram mais núcleons, iniciando o que é chamado de chuva de hádrons (SHYTI, 2013).

2.1.2 Tipos de Decaimento Radioativo

Existem vários tipos de decaimento radioativo:

- Decaimento alfa: é acompanhado pela liberação de uma partícula alfa (2 prótons e 2 nêutrons);
- Decaimento beta: é realizado com a emissão de uma partícula beta idêntica a um elétron negativamente carregado;
- Decaimento beta⁺: é menos frequente, sendo acompanhado pela emissão de um pósitron (carga positiva);
- Captura eletrônica: ocorre a partir da absorção de um elétron orbital de um átomo pelo núcleo atômico. A substituição da posição do elétron vago é seguida pela emissão de radiação característica (radiação eletromagnética de baixa energia);
- Fissão espontânea: ocorre pela divisão de átomos pesados em dois fragmentos, com a subsequente liberação de nêutrons e energia;
- Decaimento gama: o decaimento de um radionuclídeo geralmente deixa o núcleo recém-formado em um estado energético excitado, sendo o excedente de energia irradiado na forma de raios gama.

Exemplos de cadeias de desintegração são as séries radioativas (ou de decaimento) naturais do ^{238}U , ^{235}U e ^{232}Th (Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 1 – Série de decaimento do urânio, ^{238}U .

Nuclídeo	Meia-Vida	Maiores energias de radiação (MeV) e intensidades		
		α	β	γ
^{238}U	$4,468 \times 10^9$ anos	4,15(23%) 4,19(77%)	—	—
^{234}Th	24,1 dias	—	0,103(19%) 0,191(81%)	0,063(3,5%) 0,093(4%)
^{234}Pa	1,18 min	—	2,29(98%)	0,765(0,30%)
^{234}Pa	6,7 h	—	0,53(66%) 1,13(13%)	1,001(0,60%) 0,10(50%) 0,70(24%) 0,90(70%)
^{234}U	$2,48 \times 10^5$ anos	4,72(28%) 4,77(72%)	—	0,053(0,2%)
^{230}Th	$7,52 \times 10^4$ anos	4,62(24%) 4,68(76%)	—	0,068(0,6%) 0,142(0,07%)
^{226}Ra	1602 anos	4,60(5,5%) 4,78(94,5%)	—	0,186(4%)
^{222}Rn	3,825 dias	5,49(100%)	—	0,510(0,07%)
^{218}Po	3,05 min	6,11(100%)	0,33(100%)	—
^{214}Pb	26,8 min	—	1,03(6%)	0,295(19%) 0,352(36%)
^{218}At	2 s	6,65(6%) 6,70(94%)	0,67(94%)	—
^{214}Bi	19,7 min	5,61(100%)	3,26(100%)	0,609(47%) 1,120(17%) 1,764(17%)
^{214}Po	164 μs	7,83(100%)	—	0,799(0,014%)

Fonte: (IVANOVICH, 1982)

Tabela 2 – Série de decaimento do actínio, ^{235}U .

Nuclídeo	Meia-Vida	Maiores energias de radiação (MeV) e intensidades		
		α	β	γ
^{235}U	7,13x10 ⁹ anos	4,36(18%) 4,39(57%) 4,1-4,6(8%)	—	0,143(11%) 0,185(54%) 0,204(5%)
^{231}Th	25,64 h	—	0,300(~100%)	0,026(2%) 0,084(10%)
^{231}Pa	3,43x10 ⁴ anos	5,01(<20%) 4,99(25,4%) 4,94(22,8%)	—	0,027(6%) 0,29(6%)
^{227}Ac	22 anos	4,95(48,7%) 4,94(36,1%) 4,87(6,9%)	0,046(100%)	0,070(0,08%)
^{227}Th	18,17 dias	5,76(21%) 5,98(24%) 6,04(23%)	—	0,050(8%) 0,237(15%) 0,31(8%)
^{223}Fr	21 min	5,34(0,005%)	1,15(100%)	0,050(40%) 0,080(13%) 0,234(4%)
^{223}Ra	11,68 dias	5,61(26%) 5,71(53,7%) 5,75(9,1%)	—	0,149(10%) 0,270(10%) 0,33(6%)
^{219}Rn	3,92 s	6,42(8%) 6,55(11%)	—	0,272(9%) 0,401(5%)

Fonte: (IVANOVICH, 1982)

Tabela 3 – Série de decaimento do tório, ^{232}Th .

Nuclídeo	Meia-Vida	Maiores energias de radiação (MeV) e intensidades		
		α	β	γ
^{232}Th	$1,39 \times 10^{10}$ anos	3,95(24%) 4,01(76%)	—	—
^{228}Ra	5,75 anos	—	0,055(100%)	—
^{228}Ac	6,13 h	—	2,11(100%)	0,34(15%) 0,908(25%) 0,96(20%)
^{228}Th	1,913 anos	5,34(28%) 5,42(71%)	—	0,084(1,6%) 0,214(0,3%)
^{224}Ra	3,64 dias	5,45(5,5%) 5,68(94,5%)	—	0,241(3,7%)
^{220}Rn	55,6 s	6,30(~100%)	—	0,55(0,07%)
^{216}Po	0,145 s	6,78(100%)	—	—
^{212}Pb	10,64 h	—	0,580	0,239(47%) 0,300(3,2%)
^{212}Bi	60,5 min	6,05(70%) 6,09(30%)	2,25(100%)	0,040(2%) 0,727(7%) 1,620(1,8%)
^{212}Po	304 ns	8,78(100%)	—	—
^{208}Tl	3,1 min	—	1,80(100%)	0,511(23%) 0,583(86%) 0,860(12%) 2,614(100%)

Fonte: (IVANOVICH, 1982)

O tipo de decaimento de nuclídeos instáveis determina a natureza dos átomos recém-formados. As equações 2.2, 2.3 e 2.4 representam as transições de um elemento X para um elemento Y por um modo específico de decaimento estão resumidas a seguir:

$${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + \alpha(\text{emissão } \alpha), \quad (2.2)$$

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + \beta(\text{emissão } \beta), \quad (2.3)$$

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + \alpha(\text{captura eletrônica}), \quad (2.4)$$

Alguns radionuclídeos possuem mais de um modo de decaimento, como é o caso do ^{212}Bi , onde 66% decai por emissão de partículas beta, transformando-se em ^{212}Po , e 34% decai

por emissão de partículas alfa, tornando-se ^{208}Tl . No entanto, independentemente do tipo de radiação, a meia-vida permanece a mesma.

O decaimento radioativo pode ocorrer em uma série (ou cadeia) com vários produtos filhos que também são radioativos e que terminam em um isótopo estável.

Em um sistema fechado e iniciando com uma quantidade especificada de um elemento pai, o número de átomos dos elementos filhos e suas atividades aumentam gradualmente até atingir o equilíbrio radioativo na série de desintegrações.

Nessa condição, as atividades de todos os radionuclídeos da série são idênticas. Dessa forma, a medição da concentração de qualquer elemento filho pode ser usada para estimar a concentração de qualquer radionuclídeo na série de decaimento.

Em condições de equilíbrio, essa relação pode ser expressa conforme equação 2.5:

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3 = \dots = \lambda_i N_i \quad (2.5)$$

2.1.3 Natureza estatística do decaimento radioativo

O decaimento radioativo é um fenômeno estatístico que ocorre independentemente para cada desintegração atômica. Além disso, o intervalo de tempo entre as desintegrações não é constante. Para um grande número de desintegrações aleatórias de um radionuclídeo específico, a frequência de decaimento radioativo é determinada pela distribuição de Poisson. Se $\bar{n}$ é a taxa média de decaimento, a probabilidade de que o número de núcleos atômicos, n , decaia por unidade de tempo é dada por P , conforme descrito por Mafra (1973).

A distribuição de Poisson é usada para modelar eventos aleatórios, como o decaimento radioativo. É uma distribuição discreta que expressa a probabilidade de um número fixo de eventos ocorrendo em um intervalo de tempo específico. A equação 2.6 descreve a distribuição de Poisson:

$$P(n) = \frac{\bar{n}}{n!} e^{(-\bar{n})} \quad (2.6)$$

onde n é o número de eventos, $\bar{n}$ é a taxa média de eventos, e e é a base do logaritmo natural.

No contexto do decaimento radioativo, a distribuição de Poisson é usada para calcular a probabilidade de que um determinado número de núcleos atômicos decaia em um determinado período de tempo. A probabilidade P de que n núcleos atômicos decaiam em um determinado período de tempo é dada pela equação acima. A distribuição de Poisson é uma importante ferramenta para entender e modelar o decaimento radioativo e outros eventos aleatórios em física e outras áreas da ciência.

Na distribuição de Poisson, é garantido que a variância σ^2 da distribuição seja igual

ao seu valor médio. O desvio padrão, σ , pode ser utilizado para estimar a faixa de desvios e erros de medição radiométrica. De acordo com Mafra (1973), a faixa de $\pm 1\sigma$ acima da média abrange 68,3% da distribuição, $\pm 2\sigma$ abrange 95,5% da distribuição e $\pm 3\sigma$ abrange 99,7% da distribuição.

A emissão de partículas e raios gama no decaimento radioativo é proporcional ao número de átomos que estão se desintegrando. O desvio padrão pode ser usado para estimar o intervalo de desvios e erros de medição radiométrica. Se N contagens são registradas durante um intervalo de tempo t , o desvio padrão das contagens gravadas é descrito por Mafra (1973) na equação 2.7:

$$\sigma(N) = \sqrt{\bar{N}} \quad (2.7)$$

onde $\bar{N}$ é a expectativa matemática do número de contagens (a contagem média de medições repetidas). Isso significa que, quanto maior o número de contagens registradas, menor será o desvio padrão e maior será a precisão das medições radiométricas. O desvio padrão é um importante parâmetro estatístico que fornece informações valiosas sobre a distribuição de dados e a confiabilidade das medições.

O desvio padrão fracionário de uma contagem (erro da medição de N) é dado pela equação 2.8:

$$\frac{\sigma(N)}{\bar{N}} = \frac{1}{\sqrt{\bar{N}}} \quad (2.8)$$

Para uma taxa de contagem $n = N/t$ (c/s), o desvio padrão é expresso pela equação 2.9:

$$\sigma(n) = \frac{\sqrt{N}}{t} = \sqrt{\frac{n}{t}} \quad (2.9)$$

O desvio padrão fracionário da taxa de contagem n (erro da medida de n) é expresso pela equação 2.10:

$$\frac{\sigma(n)}{n} = \frac{1}{\sqrt{nt}} \quad (2.10)$$

O 'desvio provável' ($P = 0,5$) representa 0,674 vezes o desvio padrão, e pode ser utilizado como uma medida estatística para estimar o intervalo de variação de uma distribuição. As equações 2.8, 2.9 e 2.10 mostram que a precisão das medições radiométricas pode ser aprimorada pelo (a) aumento do número de contagens registradas, N , (b) aumento da taxa de contagem, n , e (c) aumento do tempo de contagem, t .

Essas melhorias podem ser alcançadas por meio da utilização de equipamentos mais sensíveis, da melhoria da geometria de medição ou do aumento do tempo de contagem. No entanto, na prática, os erros nas medições também são afetados pela radiação de fundo, que deve

ser mantida o mais baixo possível para garantir a integridade do detector. Para uma descrição mais detalhada da teoria da radioatividade, podem ser consultados Adams e Gasparini (1970) e Mares e Tvrdý (1984).

2.1.4 Lei de Decaimento e Equilíbrio Radioativo

O número de prótons presentes no núcleo de um elemento químico X é identificado como Z (número atômico), enquanto a soma de prótons e nêutrons (núcleons) é chamada de A (número de massa). Isótopos são átomos com o mesmo Z , mas diferentes A , representados por AX . Embora tenham as mesmas propriedades químicas, os isótopos possuem propriedades físicas distintas. Isótonos são átomos com o mesmo número de nêutrons, enquanto isóbaros têm o mesmo A . O termo nuclídeo é utilizado quando se faz referência a núcleos ou isótopos/isótonos/isóbaros (KAPLAN, 1978).

Alguns isótopos apresentam um excesso de energia em seus núcleos e, por isso, são instáveis e se desintegram para formar núcleos mais estáveis. Esse processo é acompanhado pela emissão de partículas ou de energia, que é denominada de radiação nuclear. Os nuclídeos com essa característica são chamados de radionuclídeos, e o processo é conhecido como decaimento nuclear ou desintegração. Na série natural, a radioatividade pode ser medida pela atividade (A) dos nuclídeos, definida como (equação 2.11):

$$A = \left| -\frac{dN}{dt} \right| \quad (2.11)$$

Nesta expressão, dN/dt é a taxa de variação do número de nuclídeos por unidade de tempo (equação 2.12):

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \quad (2.12)$$

O coeficiente λ é a constante de decaimento que representa a probabilidade de um nuclídeo desintegrar-se espontaneamente por unidade de tempo (dimensão de tempo^{-1}) e N é o número de átomos no sistema num tempo t (KAPLAN, 1978). A integração da equação 2.12 fornece a equação 2.13:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2.13)$$

onde:

N_t = número de átomos presentes após o tempo $t(s)$

N_0 = número de átomos presentes no tempo $t = 0$

λ = constante de decaimento de um determinado radionuclídeo (s^{-1})

O produto λN resulta na atividade (Bq) do radionuclídeo, sendo que o decaimento radioativo é independente de outras condições físicas. Caso $T_{1/2}$ represente o tempo necessário para a desintegração de metade dos átomos do sistema (ou seja, a meia-vida do nuclídeo), é possível escrever (equação 2.14):

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2.14)$$

Uma situação interessante ocorre quando se permite que um nuclídeo “filho” seja acumulado num recipiente juntamente com o seu “pai”. No início do processo de acumulação tem-se apenas o nuclídeo “pai” puro, sendo o “filho” gerado na mesma proporção em que o “pai” se desintegra. Entretanto, à medida que se tem o acúmulo do “filho”, sua taxa uniforme de criação entra em equilíbrio com a taxa crescente de decaimento do “pai”. Após um intervalo de tempo, as duas taxas tornam-se praticamente iguais e a atividade do “filho” entra em equilíbrio com a do “pai”. A atividade do nuclídeo “filho” fica condicionada à do nuclídeo “pai”, não a ultrapassando. O acúmulo dos produtos de decaimento em uma série radioativa, para um número muito grande de átomos, é descrito pelo sistema de equações diferenciais 2.15:

$$\begin{aligned} dN_1 &= \lambda_1 N_1 dt \\ dN_2 &= (\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2) dt \\ dN_3 &= (\lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3) dt \\ &\vdots \\ dN_i &= (\lambda_{i-1} N_{i-1} - \lambda_i N_i) dt \end{aligned} \quad (2.15)$$

Cada N_i é o número de átomos do i -ésimo elemento da série radioativa presente no instante t e λ_i é a sua respectiva constante de decaimento (KAPLAN, 1978). Se o índice “0” corresponder ao estado inicial no instante $t = 0$, então, assumindo $N_2 = 0$, a integração da segunda equação (dN_2) presente no sistema de equações 2.15, fornece o número de nuclídeos produzidos a partir do decaimento radioativo de um determinado “pai” (equação 2.16):

$$N_2 = \frac{\lambda_1 N_1^0}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t} \quad (2.16)$$

No caso em que $\lambda_2 \gg \lambda_1$, é possível simplificar a expressão para (equação 2.17):

$$N_2 = \frac{\lambda_1 N_1^0}{\lambda_2} \cdot (1 - e^{-\lambda_2 t}) \quad (2.17)$$

Se o sistema existe há muito tempo ($t \rightarrow \infty$), pode-se escrever (equação 2.18):

$$N_2 = \frac{\lambda_1 N_1^0}{\lambda_2} \quad (2.18)$$

Nessas condições $dN_2/dt = 0$ e o número de átomos do produto permanece inalterado (KAPLAN, 1978). O conjunto de equações presente na equação 2.15 indica um estado estacionário, valendo as relações (equação 2.19):

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= \lambda_1 N_1 \\ \frac{dN_2}{dt} &= 0 \\ \frac{dN_3}{dt} &= 0 \\ &\vdots \\ \frac{dN_i}{dt} &= 0 \end{aligned} \quad (2.19)$$

Tal situação estudada por Bonotto (1982) e Torquato e Kawashita (1990) define a condição de “equilíbrio radioativo” ou “equilíbrio secular” estabelecido quando a derivada em função do tempo é igual a zero. Assim, nota-se que o número de átomos que decai por unidade de tempo é igual ao número de átomos formados no mesmo intervalo de tempo, situação que ocorre em sistema fechado para os membros de uma série radioativa natural. Com exceção da primeira equação, dentre aquelas representadas na equação 2.15, em que $\lambda_1 N_1 \approx 0$, para as demais equações tem-se (equação 2.20):

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3 = \dots = \lambda_{i-1} N_{i-1} \quad (2.20)$$

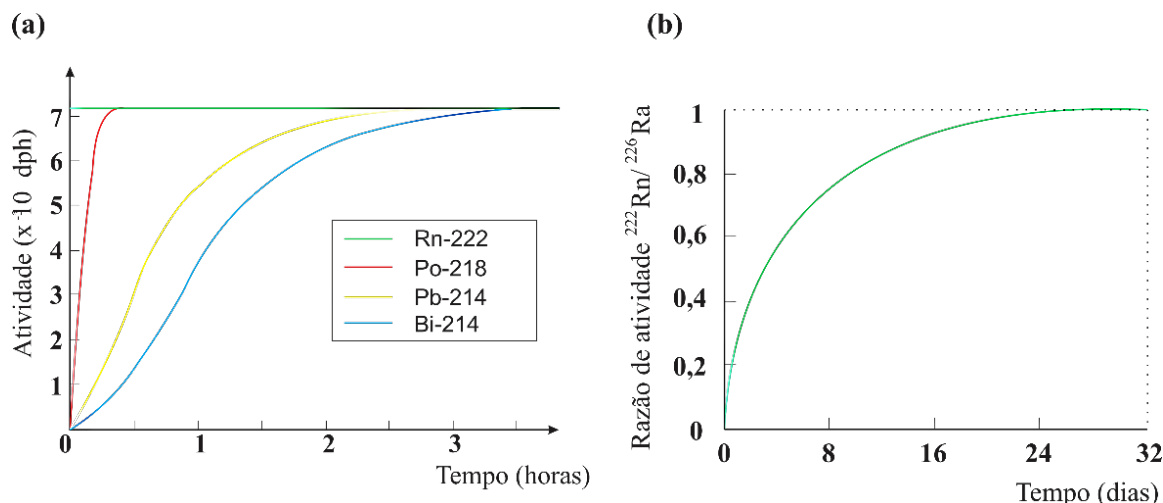
As atividades de todos os núclídeos em filiação são iguais, isto é, o número de núcleos que se desintegram por unidade de tempo é o mesmo qualquer que seja o radioelemento. Portanto, se um sistema é constituído por uma série de decaimento em equilíbrio radioativo secular, as atividades dos produtos de decaimento são iguais entre si. Quando o λ dos “pais” das séries radioativas naturais são extremamente menores que de seus “filhos”, é possível calcular-se, pela lei do decaimento, uma boa aproximação para determinar o tempo no qual os núclídeos de cada série atingirão o equilíbrio radioativo com seus “pais”.

Na série do urânio, iniciada no ^{238}U e encerrada no núclídeo estável ^{206}Pb , tem-se que o equilíbrio radioativo entre os membros intermediários da cadeia é estabelecido em diferentes intervalos de tempo. Por exemplo, a Figura 6a ilustra isto para o ^{222}Rn e seus “filhos”, onde se nota que após cerca de 3,5 horas é atingido o equilíbrio radioativo.

Uma outra situação importante na determinação espectrométrica gama é a que envolve os núclídeos ^{226}Ra e ^{222}Rn da série do urânio, notando-se na Figura 6b que o tempo para o

equilíbrio radioativo ser atingido corresponde a aproximadamente 26 dias, o qual é respeitado para o processamento das análises em laboratório.

Figura 6 – (a) Atividade do ^{222}Rn e seus filhos em função do tempo; (b) Equilíbrio radioativo entre o ^{226}Ra e seu 'filho' ^{222}Rn .



Fonte: adaptado de Lima (1993)

Em um sistema radioativo, um átomo instável pode decair em um átomo estável através da emissão de partículas ou radiação, o que pode levar a um desequilíbrio na concentração de diferentes elementos. No entanto, com o tempo, o sistema pode alcançar um estado de equilíbrio, no qual a taxa de produção de cada elemento é equilibrada pela taxa de decaimento do elemento correspondente, como podemos observar na Figura 6a.

Neste caso em particular, o presente trabalho realiza a análise da energia gama emitida pelo ^{214}Bi proveniente da série do ^{238}U , sendo que este descendente direto do urânio também está abaixo do ^{226}Ra e ^{222}Rn na cadeia de decaimento.

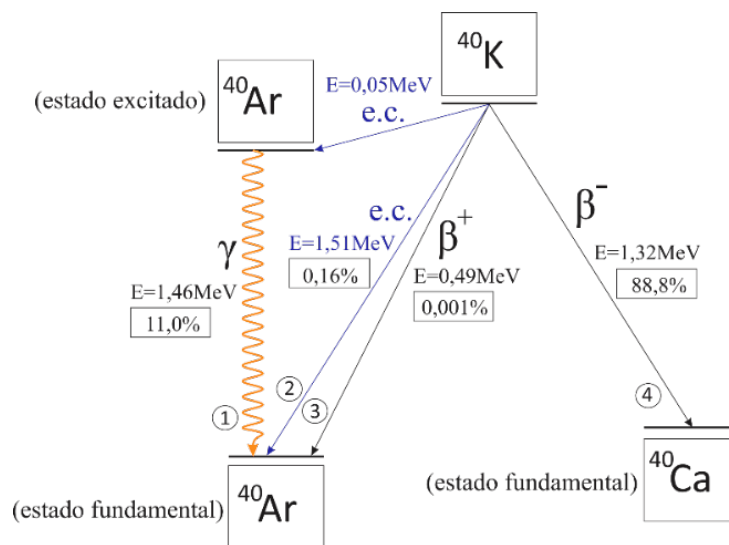
Por esta razão, após a coleta de amostras de solo ou rocha, o material deve ser selado em um recipiente de geometria e volume uniformes para todas as amostras e, posteriormente, deve-se deixar que as amostras atinjam ao menos 7 meias-vidas do ^{222}Rn , para que este entre em equilíbrio secular com o ^{226}Ra (Figura 6b), o qual se espera estar em equilíbrio com o ^{238}U , levando-se em consideração a mobilidade geoquímica destes elementos.

2.1.5 Fontes Naturais de Radiação

Muitos elementos naturais possuem isótopos radioativos, mas apenas o potássio e as séries de decaimento do urânio, actínio e tório possuem radionuclídeos que emitem raios gama com energia e intensidade suficientes para serem medidos por espectrometria de raios gama. Isso ocorre porque eles são relativamente abundantes no ambiente natural. As abundâncias crustais médias desses elementos são de cerca de 2-2,5% para o potássio (*K*), 2-3 ppm para o urânio (*U*) e 8-12 ppm para o tório (*Th*) (HERMAN; SCHIAVONE, 2000).

O isótopo radioativo do potássio é o ^{40}K e está presente em uma proporção de 0,012% do potássio natural. Este isótopo sofre decaimento emitindo raios gama com energia de 1,46 MeV, resultando no isótopo ^{40}Ar . Devido ao fato de que a proporção de ^{40}K no ambiente natural é constante, a medição dos raios gama pode ser utilizada para estimar a quantidade total de potássio presente. A meia-vida do ^{40}K é de $1,3 \times 10^9$ anos.

Figura 7 – Esquema de decaimento do ^{40}K , por intermédio dos seguintes modos: (1) captura eletrônica com emissão de raios γ , (2) captura eletrônica sem emissão de raios γ , (3) emissão de pósitron (β^+), e (4) emissão beta (β^-). Também estão indicadas as energias.



O potássio, ^{40}K decai por emissão de uma partícula β^- em aproximadamente 89% dos casos, formando átomos de ^{40}Ca , enquanto que os 11% restantes desintegram-se por captura eletrônica, formando átomos de ^{40}Ar , com emissão de um fóton gama com energia de 1,46 MeV (Figura 7). Uma vez que não ocorre separação de isótopos de potássio no ambiente natural, o fluxo de radiação gerado pelo ^{40}K no volume de rocha está diretamente proporcional à quantidade de potássio presente (HIODO; FUJIMORI, 1990).

O urânio natural é composto por três isótopos: ^{238}U , ^{235}U e ^{234}U , que correspondem a 99,28%, 0,72% e 0,0054% da abundância do elemento, respectivamente, quando em equilíbrio radioativo. As meias-vidas do ^{238}U e ^{235}U são de $4,46 \times 10^9$ e $7,13 \times 10^8$ anos, respectivamente.

Os isótopos ^{238}U e ^{235}U dão origem às séries de decaimento do urânio e do actínio, respectivamente, onde seus descendentes apresentam meias-vidas que variam de frações de segundo a milhares de anos. As duas séries de decaimento terminam no elemento estável chumbo, sendo que o ^{235}U , após 11 desintegrações (7 do tipo α e 4 do tipo β^-) origina o ^{207}Pb , e o ^{238}U , após 14 desintegrações (8 do tipo α e 6 do tipo β^-) origina o ^{206}Pb . O ^{234}U é um dos três isótopos naturais de urânio, sendo um nuclídeo radiogênico pertencente à cadeia do ^{238}U (BONOTTO, 1986).

O tório ocorre naturalmente como o isótopo radioativo ^{232}Th , que dá origem a uma série de decaimento que termina no isótopo estável de chumbo, ^{208}Pb . A meia-vida do ^{232}Th é de

$1,39 \times 10^{10}$ anos. Na mesma série ocorre outro isótopo natural de tório, o ^{228}Th . Nem o ^{238}U nem o ^{232}Th emitem raios gama, sendo as emissões de raios gama - dos seus produtos radioativos filhos - utilizadas para estimar as suas concentrações.

2.1.6 Ocorrência nas Rochas

2.1.6.1 Urânio

O urânio é um elemento metálico radioativo que pertence ao grupo III-B da tabela periódica, mais especificamente à família dos actinídeos, com número atômico 92 e massa atômica 238,03. Sua configuração eletrônica é dada por $5f^3 6d^1 7s^2$. Possui densidade de $19,05 \text{ g.cm}^{-3}$ a 20°C , com pontos de fusão a 1.132°C e de ebulição a 3.818°C .

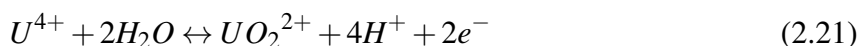
Existem vários íons metálicos similares ao urânio, com raio iônico similar, alta carga positiva e/ou características de coordenação. No entanto, este elemento não é facilmente incorporado como substituto de outros íons metálicos na maioria das rochas comumente formadas e depósitos minerais. Ao invés disso, tende a formar seus próprios minerais (NASH *et al.*, 1981).

O urânio não é encontrado naturalmente como um elemento nativo, pois reage com a água para formar um óxido ou hidróxido (NASH *et al.*, 1981). O dióxido de urânio (UO_2) é o principal composto primário de urânio, ocorrendo na variedade bem cristalizada de uraninita e na forma micro-cristalina de pechblenda. O UO_2 contém pequenas quantidades de rádio, tório, polônio, chumbo e hélio. Oxidação incipiente e perda de urânio por decomposição radioativa podem aumentar a relação oxigênio-urânio, de modo que raramente a uraninita e a pechblenda têm precisamente a composição UO_2 , se aproximando de U_3O_8 (KRAUSKOPF, 1972).

Devido à solubilidade dos minerais de urânio, este elemento pode ser transportado por água superficial ou subterrânea até ambientes redutores, onde se precipita na forma de pechblenda ou coffinita ($\text{USiO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (KRAUSKOPF, 1972).

As propriedades químicas do urânio fazem com que seu comportamento e estado de oxidação variem em diferentes ambientes geológicos. O urânio pode existir em diversos estados de oxidação, como o bivalente (2+), trivalente (3+), tetravalente (4+), pentavalente (5+) e hexavalente (6+), sendo que apenas os estados 2+ e 3+ podem ser obtidos em condições de laboratório (NASH *et al.*, 1981).

Na natureza, os estados mais comuns são o 4+, 5+ e 6+. Embora Langmuir (1978) e Calas (1979) tenham sugerido que o estado de oxidação 5+ possa ser o mais relevante, a geoquímica do urânio tem sido descrita principalmente pelos estados de oxidação 4+ e 6+. A transição do estado de oxidação 4+ para 6+ apresenta um potencial de oxirredução dentro do intervalo normal de variação encontrado nos ambientes geológicos, como pode ser representado pela equação 2.21 onde observamos o urânio em seu estado tetravalente - à esquerda - em transição para o estado hexavalente - à direita.



É provável que compostos que apresentem esses dois estados de oxidação estejam presentes na natureza (KRAUSKOPF, 1972). Embora se saiba que a explicação da origem dos depósitos de urânio não pode ser atribuída apenas a fatores químicos, eles são importantes para entender o enriquecimento do minério. A mineralização superficial pode ter se originado da oxidação de depósitos sedimentares originais ricos em matéria orgânica, enquanto a mineralização não oxidada pode ter sido formada pela lixiviação e redução de depósitos sedimentares originais de material oxidado em arenito.

O comportamento químico do urânio pode explicar o mecanismo de oxidação, dissolução, precipitação e redução, mas a sequência dos eventos deve ser estabelecida a partir de relações geológicas.

2.1.6.2 Tório

O tório é um elemento metálico radioativo que pertence ao grupo III-B da tabela periódica, mais precisamente à família dos actínídeos. Possui número atômico 90, massa atômica de 232,04 e número de coordenação 6. Sua configuração eletrônica é dada por $6d^2 7s^2$. Tem uma densidade de 11,5-11,9 $g.cm^{-3}$ (17°C) e pontos de fusão de 1.740-1.760°C e de ebulição de 4.780-4.800°C.

O tório ocorre naturalmente na forma de cátion tetravalente. É encontrado como um constituinte traço em soluções sólidas em minerais fosfatados, óxidos e silicatos, além de argilas e colóides do solo. Como elemento principal, ocorre em poucos e raros minerais, como a torianita (ThO_2) e a torita ($ThSiO_4$). O primeiro é isomórfico com o urânio e o segundo com o zircão. Por essa razão, grande parte das ocorrências naturais de tório estão incorporadas à estrutura do zircão (DUARTE; BONOTTO, 2000).

A monazita (Ce, La, Y, Th) PO_4 é a principal fonte de tório, contendo de 3 a 9% até 20% de ThO_2 . Minerais ígneos de UO_2 podem formar uma solução sólida completa com ThO_2 . Minerais hospedeiros de tório são altamente resistentes à intempérie e, portanto, o tório tem sido considerado como um elemento imóvel e insolúvel em águas naturais, como atestam dados da concentração de tório nestes ambientes, onde é encontrado em baixas concentrações ou nem ocorre. A concentração de tório em condritos é da ordem de 0,04 ppm, enquanto que nos acondritos é superior a esta (DUARTE, 2002).

A areia monazítica é encontrada no Brasil, Índia e Estados Unidos. Pode ser utilizada como combustível em reatores nucleares, pois o ^{232}Th captura nêutrons lentos e alimenta o ^{233}U . A torianita ou dióxido de tório, ThO_2 , é usada em refratários especiais (CANDOTTI *et al.*, 2006; MOREIRA *et al.*, 1999; FONSECA, 2019).

2.1.6.3 Potássio

O potássio é um elemento metálico prateado e mole que pertence ao grupo I-A dos metais alcalinos na tabela periódica, com número atômico 19, massa atômica 39,1, raio iônico de 1,33 Å, potencial iônico de 0,75 e número de coordenação variando entre 8 e 12. Sua configuração eletrônica é $4s^1$, e sua densidade é de $0,87 \text{ g.cm}^{-3}$, com pontos de fusão a $63,7^\circ\text{C}$ e de ebulição a 760°C . De acordo com Mason (1971), o 'clarke' do potássio é de 2,59%, o que o coloca entre os oito elementos mais abundantes na crosta terrestre. Esses oito elementos perfazem 99% do total de elementos presentes em rochas. Existem três isótopos naturais de potássio: ^{39}K , ^{40}K e ^{41}K , cujas abundâncias são 93,1%, 0,01% e 6,9%, respectivamente.

O potássio ocorre na água do mar e em vários minerais, incluindo a silvita (KCl), carnalita ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) e carnita ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Há muitos outros minerais que contêm potássio, como o salitre, a polialita, a alunita, a carnotita, a apofilita, a muscovita, a flogopita, a biotita, a lepidolita, o microclínio, o ortoclásio e a leucita. Alguns desses minerais são importantes como formadores de rochas (CONCEIÇÃO, 2004).

Os feldspatos potássicos possuem simetria monoclinica (sanidina e ortoclásio) e triclinica (microclínio). A sanidina representa a fase de alta temperatura e baixa pressão; já o ortoclásio e o microclínio são modificações de médias e baixas temperaturas, respectivamente (VLACH, 2002).

Em altas temperaturas, pode ocorrer uma solução sólida completa entre o feldspato potássico monoclinico (sanidina e ortoclásio) e o feldspato sódico triclinico (albita), gerando um feldspato intermediário chamado anortoclásio (PAIVA, 2008).

Em baixas temperaturas, o anortoclásio se exsolve em lamelas subparalelas, com composição alternadamente sódica e potássica (pertitas e antipertitas). A similaridade dos raios iônicos do potássio e do bário gera um isomorfismo entre o ortoclásio e o celsiana, que é o feldspato de bário (COCCO *et al.*, 1969).

Dentro do grupo das micas, o potássio é um elemento de grande importância na formação mineral. A composição geral das micas é dada pela fórmula $\text{W}(\text{X}, \text{Y})_{2-3}\text{Z}_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$, onde W geralmente é representado pelo potássio, uma vez que as micas mais comumente encontradas nas rochas apresentam o potássio em sua composição química (DUARTE, 2002).

O potássio encontrado em rochas e sedimentos carbonáticos está contido exclusivamente na fração não-carbonática. Por outro lado, em folhelhos, o potássio é principalmente encontrado no argilo-mineral, sendo afetado também pela presença de feldspato potássico (PAIVA, 2008).

Em areias e arenitos, a presença do potássio é dada por três minerais: feldspato potássico, mica potássica (illita) e glauconita. No entanto, a formação dessas rochas está associada à área fonte, aos eventos tectônicos, ao relevo e clima. As areias formadas nas fases inicial e final dos ciclos tectônicos contêm quantidades significativas de feldspato potássico. O potássio também

é relevante nos evaporitos, onde os minerais potássicos são altamente solúveis e, portanto, lixiviados dos sedimentos para as águas superficiais e subterrâneas (DUARTE, 2002).

O potássio tem poucos usos como metal, mas seus sais são amplamente utilizados em diversas aplicações. Além disso, o potássio é um elemento essencial para os organismos vivos. Quimicamente, é altamente reativo, lembrando o sódio em seu comportamento e em seus compostos. O superóxido KO_2 , de coloração laranja, que contém o íon O^{2-} , também pode ser formado a partir do potássio (NASCIMENTO; LOUREIRO, 2004).

2.1.6.4 Desequilíbrio Radioativo

A maioria dos sistemas geológicos estão em equilíbrio radioativo, onde as atividades de todos os radioisótopos de cada série envolvida são constantes. Isso ocorre devido ao fato do elemento pai ter uma meia-vida extremamente longa em relação ao elemento filho mais próximo (KAPLAN, 1978). O período necessário para que um sistema fechado, inicialmente contendo os núclídeos pais de cada série natural de decaimento, atinja 98,43% do equilíbrio é cerca de seis vezes a meia-vida do radionuclídeo filho de menor constante de decaimento (KETCHAM, 1996). No entanto, o tempo mais comumente adotado é de 7 meias-vidas, o que representa 99,22% do equilíbrio entre o elemento produzido e a produtividade uniforme e praticamente constante do elemento pai que o precede.

Assim, a série do ^{238}U pode ser considerada em equilíbrio após um período de 1,5 milhões de anos (^{234}U), a série do ^{235}U em 190.000 anos (^{231}Pa) e a série do ^{232}Th em 40 anos (^{228}Ra). Quando a série de decaimento está em equilíbrio, a partir da medida da abundância de um filho, pode-se inferir a abundância do pai. Por exemplo, a medida da concentração de ^{214}Bi pode fornecer a medida da abundância de urânio e a medida da concentração de ^{228}Ac ou ^{208}Tl pode indicar a abundância de tório (IAEA, 1979).

Devido às diferenças nas propriedades químicas e nucleares (meia-vida, energia de recuo, etc.) dos elementos que pertencem às três séries naturais de decaimento, estes podem ser separados durante processos superficiais, como intemperismo, transporte e deposição, rompendo o estado de equilíbrio. Materiais geológicos podem apresentar desequilíbrio devido à entrada ou saída destes elementos do sistema. Se o sistema retornar à condição de fechado, o equilíbrio tende a ser restabelecido pelo acúmulo dos produtos de decaimento da série, ou pelo decaimento de um núclídeo que não tenha sido produzido pelo decaimento de um núclídeo pertencente ao sistema (VASCONCELLOS *et al.*, 1994).

Em ambientes geológicos de superfície, ou em locais próximos a ela, o sistema químico fechado pode não existir, e isso é particularmente verdadeiro nos locais estudados neste trabalho. As mudanças climáticas podem desencadear processos que causam a introdução e a remoção de materiais. Dado que os decaimentos ocorrem em diferentes fases, com propriedades físicas e químicas distintas, é provável que ocorra a dispersão de alguns elementos da cadeia, o que pode

desequilibrar as séries de decaimento. Nesse caso, os produtos intermediários e finais não estarão presentes em proporções esperadas em qualquer ponto. Vários fatores, como a mineralogia dos radioelementos e de suas vizinhanças, a presença de sulfatos e carbonatos, o clima, a superfície hidrológica e a topografia, podem influenciar o grau de desequilíbrio (IAEA, 1979).

Um exemplo da influência do desequilíbrio na análise é a estimativa de ^{238}U e ^{232}Th , em que são utilizados os radionuclídeos ^{214}Bi e ^{208}Tl , respectivamente, e as leituras são designadas como *eU* (equivalente urânio) e *eTh* (equivalente tório). Contudo, a estimativa pode ser incorreta em relação ao decaimento. Para ser significativa, é de suma importância que os membros da família radioativa envolvida estejam em equilíbrio radioativo, ou seja, que a concentração do elemento-pai, determinada pela emissão gama de um de seus filhos, seja precisa. Na série do ^{232}Th , esse equilíbrio raramente é perturbado. No entanto, no caso do urânio, é comum acontecer devido à possibilidade de remoção do radônio (^{222}Rn), um gás que pode escapar do solo ou das rochas e desestabilizar toda a série de decaimento, uma vez que o ^{214}Bi , principal emissor de radiação da série do urânio, se forma após o decaimento do ^{222}Rn (VASCONCELLOS *et al.*, 1994).

De acordo com CUCCIA *et al.* (2006), o equilíbrio radioativo também é afetado pelo tamanho da amostra analisada. Amostras menores e portáteis tendem a apresentar maior grau de desequilíbrio do que amostras maiores ou medidas *in situ* de grandes volumes de material. O grau de desequilíbrio não pode ser facilmente estabelecido por meio de medidas diretas em campo, mas pode ser determinado em laboratório de várias maneiras, como comparando os resultados das análises químicas com as estimativas fundamentadas no processo de desintegração ou medindo a radioatividade dos diferentes produtos de decaimento (VASCONCELLOS *et al.*, 1994).

2.1.7 Rádio

O rádio é um elemento químico que ocorre naturalmente em quatro isótopos: ^{223}Ra , ^{224}Ra , ^{226}Ra e ^{228}Ra . O ^{232}Th decai para ambos ^{228}Ra e ^{224}Ra , enquanto o ^{235}U decai para ^{223}Ra e o ^{238}U decai para o ^{230}Th , o qual por sua vez decai para o ^{226}Ra . O isótopo ^{226}Ra tem o maior tempo de meia-vida, com 1599 anos. Devido aos seus curtos tempos de meia-vida, os radioisótopos de rádio são altamente radioativos. O comportamento químico do rádio na fase aquosa é semelhante ao do bário e do cálcio, embora a química do rádio seja ainda pouco conhecida. O rádio é mais solúvel do que o urânio e o tório e pode ser bioacumulado pelas plantas, como a castanha-do-Pará, ou também chamada de castanha do Brasil. O rádio pode ser substituído em séries de trocas catiônicas, em uma ordem que começa com Sr^{2+} e termina com Li^+ (PATRICIO, 2020).

O ^{228}Ra tem uma meia-vida muito menor, de 5,8 anos, em comparação ao ^{226}Ra . No entanto, o seu 'pai', o ^{232}Th , é muito mais abundante na natureza do que o ^{238}U , o 'pai' do

^{226}Ra . Como resultado, ambos os isótopos são encontrados em águas subterrâneas. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA - *United States Environmental Protection Agency*) propôs um nível de concentração máxima (MCL - *maximum concentration level*) de 20 pCi/L para ambos, ^{226}Ra e ^{228}Ra (VALENTINE; STEARNS, 1994).

A composição de rádio em águas subterrâneas depende do tipo de rocha do aquífero. Rochas ígneas, como granitos, contêm uma grande proporção de urânio e tório, que são os elementos que dão origem ao rádio. Aquíferos graníticos, areias e arenitos derivados da intemperização de granitos têm um alto potencial para conter rádio. Rochas fosfáticas também apresentam altos teores de urânio e rádio (BARBOSA, 2016).

O rádio é um problema não apenas por sua ocorrência natural, mas também por causa de áreas contaminadas decorrentes de operações industriais. Essas áreas estão associadas aos resíduos da mineração de urânio, além de fábricas que produziam tintas radioluminescentes na década de 1950. O rádio foi utilizado e comercializado em relógios até 1968, sendo substituído pelo promécio (^{147}Pm) e trítio (^3H) no início da década de 1960 (BUCHHOLZ; CERVERA, 2008).

2.1.8 Radônio

Há diversos isótopos de radônio, mas o ^{222}Rn é o mais importante em estudos ambientais, pois os outros isótopos têm meia-vida inferior a 1 minuto. O ^{222}Rn é produzido a partir do decaimento do ^{226}Ra e está presente em rochas com altos teores de urânio. Embora possa estar associado a água com baixa concentração de ^{226}Ra dissolvido, o radônio é principalmente proveniente do decaimento do rádio na matriz mineral. Sendo um gás nobre, o radônio não sofre reação química nem é retido na matriz mineral. O radônio é perdido pela água por difusão para a atmosfera e por decaimento radioativo, dando origem a produtos de curta meia-vida até chegar a ^{210}Pb , que tem meia-vida de 21,8 anos (SILVA, 2005).

No Brasil, a Portaria MS nº 2914/2011 (BRASIL, 2011) estabelece os níveis máximos de triagem para atividade alfa total e atividade beta total em 0,5 Bq/L e 1,0 Bq/L, respectivamente, para a qualidade da água potável. Caso esses níveis sejam ultrapassados, uma análise específica para radionuclídeos presentes deve ser realizada. De acordo com a portaria, os resultados devem ser comparados com os níveis de referência de 1 Bq/L para ^{226}Ra (emissor alfa) e 0,1 Bq/L para ^{228}Ra (emissor beta). Outros radionuclídeos também devem ser investigados a pedido da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) (MINGOTE *et al.*, 2013).

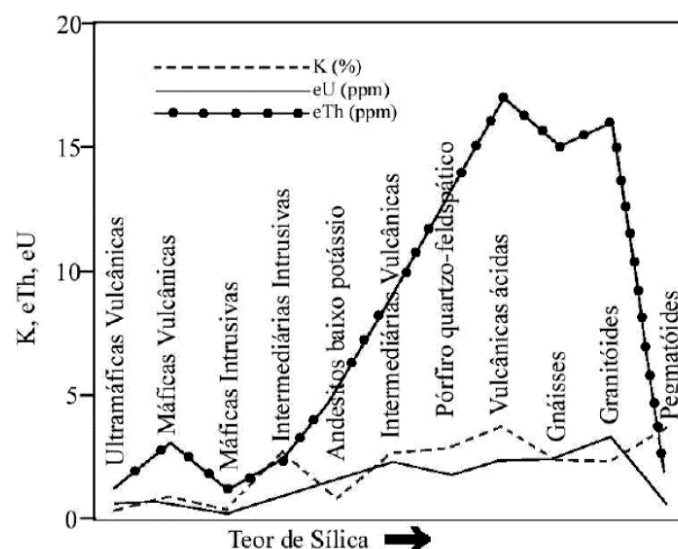
A EPA propôs um nível máximo de contaminação (padrão MCL) de 300 pCi/L para radônio em água potável (FETTER *et al.*, 1999). No entanto, há também preocupação com a saúde relacionada ao acúmulo excessivo de radônio em residências. O radônio pode entrar em construções através da emanção do solo e da difusão do gás através das torneiras quando a água contém concentrações elevadas de radônio.

Os proprietários de redes privadas de distribuição de água são os mais vulneráveis em relação ao radônio presente nas águas. Já as redes públicas de distribuição de água costumam possuir instalações de armazenamento para suprir água em situações de emergência, como incêndios. Nessas instalações, a água permanece por um tempo maior, permitindo que o radônio sofra difusão e decaimento. Por outro lado, redes privadas de distribuição dependem de poços e geralmente possuem apenas uma pequena instalação de armazenamento para manter a pressão (SILVA, 2005; OLIVEIRA, 2013).

2.1.9 Distribuição de K , U e Th em solos e rochas

As coberturas de solo são conhecidas por terem um forte efeito na atenuação da intensidade dos raios gama, o que pode levar a uma radioatividade menor nas rochas e dar a impressão de serem mais máficas, mesmo que a concentração relativa de radionuclídeos nos solos permaneça praticamente a mesma que nas rochas fontes (VASCONCELOS, 2010).

Figura 8 – Variação do conteúdo médio de K , eTh e eU para rochas ígneas intrusivas e extrusivas com o aumento no conteúdo de sílica.



Fonte: modificado de Dickson e Scott (1997)

Dickson e Scott (1997) realizaram análises de teores de K , U e Th em rochas e solos australianos por espectrometria gama e concluíram que os teores mais elevados estão relacionados ao aumento do teor de SiO_2 , especialmente no caso dos teores de Th . Essa relação é apresentada na Figura 8 (VASCONCELLOS *et al.*, 1994).

O ciclo de sedimentação é fundamental para compreender a distribuição de radionuclídeos naturais. Neste ciclo, as concentrações de radionuclídeos perdem a coerência devido à diferença na solubilidade desses elementos. O urânio é facilmente oxidado e se torna solúvel em íons, enquanto o tório é carregado em suspensão com mais facilidade do que em solução, sendo facilmente fixado em argilas e minerais pesados e resistentes à intemperização, como quartzo e silicatos secundários. Portanto, a razão Th/U varia significativamente nos sedimentos, depen-

dendo se as condições de deposição são ambientes oxidantes ou redutores (VASCONCELLOS *et al.*, 1994).

3 GAMAESPECTROMETRIA

3.1 ALGUNS ESTUDOS PIONEIROS

O químico alemão Martin Klaproth descobriu o elemento urânio em 1789, enquanto o físico francês Henri Becquerel descobriu a radioatividade em 1896, o que levou a uma investigação mais profunda sobre a natureza da matéria e ao surgimento da Física Nuclear. Como consequência, foram desenvolvidas técnicas para medir a radioatividade, incluindo detectores tubulares na primeira década do século XX e, posteriormente, detectores de cintilação na década de 1940, que aumentaram significativamente a sensibilidade de medição (IAEA, 2003).

A exploração intensiva de urânio levou à criação das primeiras fontes radiométricas aerotransportáveis nos EUA, Canadá, antiga URSS em 1947 e na Austrália em 1951. Entre as décadas de 1960 e 1970, foram desenvolvidos gama-espectrômetros aerotransportáveis, terrestres e laboratoriais, que foram aplicados à exploração mineral e monitoramento ambiental, permitindo a estimativa *in situ* das concentrações de radioelementos de potássio, urânio e tório. Os desenvolvimentos posteriores incluíram o uso de analisadores multicanais, contadores digitais, detectores semicondutores e melhorias no processamento de dados (IAEA, 2003).

3.2 USOS DOS RAIOS GAMA

O monitoramento remoto da radioatividade ambiental é alcançado, principalmente, por meio da detecção da radiação gama. Os raios gama são a forma mais penetrante de radiação natural e antropogênica. Cada radionuclídeo emite raios gama com energias específicas, características do elemento e isótopo emissor. Existem duas formas de medir a radiação gama: medidores de contagem total, que registram todos os raios gama de diferentes energias, utilizados para monitorar o nível total de radiação e detectar a presença de fontes anômalas; e espectrômetros, que medem a intensidade e energia da radiação, permitindo a identificação da fonte de radiação. A espectrometria de raios gama é uma ferramenta poderosa para monitorar a radiação ambiental (IAEA, 2003).

Há diversos tipos de pesquisa que utilizam a detecção de raios gama. Os espectrômetros podem ser montados em aeronaves, veículos e ser portáteis, para medições em campo, ou de perfilagem, para medições em poços de petróleo. É possível realizar pesquisas no fundo oceânico e, em laboratórios, é possível medir com precisão amostras de rochas e solos. Levantamentos com aquisição de dados de raios gama aéreos e terrestres foram realizados em diversas regiões

do mundo, resultando na compilação e publicação de muitos mapas radiométricos nacionais e regionais (IAEA, 1995; IAEA, 1997; GREEN *et al.*, 1993). Geralmente, os resultados dos levantamentos são registrados em unidades de taxa de dose de raios gama (aquisição da contagem total) ou das concentrações de radioelementos (aquisição com espectrômetros) (IAEA, 2003).

É importante que os instrumentos utilizados sejam adequadamente calibrados. A Agência Internacional de Energia Atômica tem desempenhado um papel fundamental na introdução de normas para calibração de instrumentos de campo para raios gama e no design e elaboração de materiais de referência geológica para espectrometria de raios gama de laboratório (IAEA, 1989; IAEA, 1987). A vantagem dos procedimentos padronizados de calibração e processamento de dados é a possibilidade de combinação e comparação de resultados, permitindo a interpretação de tendências regionais na distribuição de radionuclídeos (IAEA, 2003).

Os levantamentos de raios gama são amplamente utilizados em diferentes campos da ciência, como no mapeamento geológico, geoquímico e ambiental, permitindo a interpretação das características regionais em grandes áreas. Tais pesquisas são utilizadas para mapear solos e explorar minerais, avaliar a dose de radiação terrestre para a população humana, identificar áreas de risco potencial de radiação natural e delimitar áreas de risco do radônio atmosférico (IAEA, 2003).

Além disso, levantamentos regionais são fundamentais para avaliar a contaminação causada pelo homem. Em áreas ao redor de instalações nucleares, como centrais elétricas, pesquisas regulares são realizadas para identificar possíveis liberações acidentais de substâncias radioativas. Da mesma forma, pesquisas são realizadas para avaliar a contaminação em áreas de mineração antiga e industriais. Os raios gama são amplamente utilizados para mapear a precipitação radioativa proveniente de acidentes nucleares e para localizar fontes radioativas perdidas (IAEA, 2003).

3.3 O DETECTOR CINTILADOR DE NAI(TL)

Em torno de 1947, com o surgimento das válvulas fotomultiplicadoras, que podem converter fótons de cintilação em elétrons que são acelerados e multiplicados por uma série de eletrodos denominados 'dínodos', a técnica de detecção por cintilação tornou-se bastante relevante e atualmente é amplamente utilizada. O processo de cintilação é uma técnica disponível para a detecção e espectroscopia de várias radiações (LIMA, 2006).

O contador de cintilação usa o processo de geração de luz para contar eventos de radiação e pode medir radiação gama. Tipicamente, o elemento sensor de radiação gama é um cristal de iodeto de sódio ativado com tálio NaI(Tl). A energia da radiação gama incidente é depositada e convertida em um fóton de luz. O fóton gerado está na região violeta do espectro óptico, com sua

intensidade sendo proporcional à energia depositada pelo raio gama incidente. Uma vantagem do cintilador é sua alta eficiência de contagem para raios gama incidentes no detector (LIMA, 2006).

É importante que o cristal esteja bem protegido do ambiente, pois é altamente higroscópico e absorve vapor de ar, o que o torna inutilizável. No entanto, eles são fabricados hermeticamente selados, com o cristal dentro de uma capa de alumínio com janela de vidro. A capa impede que as partículas beta e alfa alcancem o cristal. Com o tempo de uso, os cristais ficam amarelados, o que afeta sua eficiência e resolução. Um guia de luz é colocado entre o cintilador e a fotomultiplicadora, servindo como condutor ótico e acoplamento (LIMA, 2006).

O cristal de NaI(Tl) é sensível à radiação se submetido por longos períodos a altas exposições, o que causa uma degradação na performance da cintilação, pois danos foram observados para níveis de radiação maiores que 1 *Gray* (100 *rad*). O cristal não deve ser exposto à radiação ultravioleta de lâmpadas fluorescentes ou similares (LIMA, 2006).

O cristal de NaI é um material sensível à radiação que, quando ativado com tálio (Tl) em uma concentração muito baixa de cerca de 0,094 gramas, é capaz de gerar luz a partir da energia depositada pela radiação. Por exemplo, um cristal de 2 polegadas de diâmetro por 0,25 polegadas de comprimento pesa cerca de 47,24 gramas. É importante destacar que o iodeto de tálio é tóxico quando usado em sua forma pura, e uma quantidade superior a 1 grama por pessoa pode ser letal. Portanto, se o compartimento for danificado, é recomendável manuseá-lo com luvas de borracha e retornar o detector danificado ao fabricante ou guardá-lo em local adequado, de acordo com as regulamentações federais aplicáveis (LIMA, 2006).

Conforme Lima (2006), o cintilador é um tipo de detector que usa a conversão de energia radiante em luz para contar eventos de radiação e medir espectros. Os processos luminescentes utilizados nos cintiladores podem ser classificados em: (i) luminescência por excitação eletrônica, (ii) luminescência por transferência de energia, (iii) luminescência por ativação, e (iv) luminescência por recombinação.

- fluorescência: quando sua emissão de luz ocorre durante a excitação num tempo menor que 10^{-8} segundos;
- fosforescência: quando sua emissão de luz ocorre depois de cessado a excitação (depois de 10^{-8} segundos), geralmente tardio e com comprimento de onda maior;
- fluorescência atrasada: quando sua emissão se dá muito tempo após a excitação e no mesmo espectro da fluorescência;

O material cintilador ideal deve possuir as seguintes propriedades:

- deve converter a energia cinética das partículas carregadas em luz com alta eficiência;
-

- a conversão deve ser linear – a luz produzida deve ser proporcional à energia depositada;
- o meio deve ser transparente à luz emitida, a fim de permitir uma boa coleta de luz;
- o tempo de decaimento da luminescência deve ser o menor possível;
- o material deve ser de boa qualidade ótica;
- o índice de refração deve ser próximo ao do vidro para permitir eficiente união do cintilador de luz com o tubo fotomultiplicador;
- pode ser obtido em diferentes tamanhos e formas.

3.4 INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA COM A MATÉRIA

A radiação gama faz parte do espectro eletromagnético e consiste em raios que se propagam a uma velocidade constante c (velocidade da luz) e apresentam energia discreta (E), frequência (f) e comprimento de onda (λ). Essas grandezas estão relacionadas pela equação 3.1:

$$E = h \cdot f = \frac{hc}{\lambda} \quad (3.1)$$

onde:

h = constante de Planck = $6,6261 \times 10^{-34} \text{ Js}$;

c = velocidade da luz.

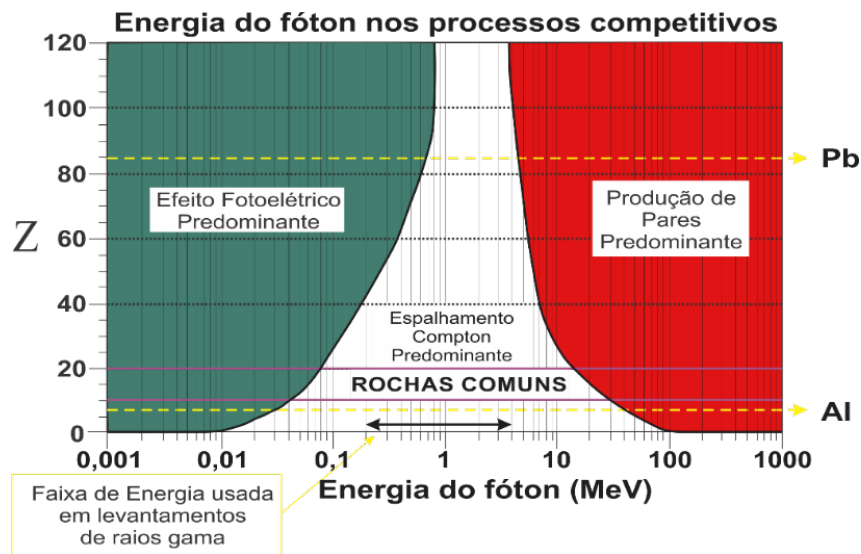
A radiação eletromagnética com energia menor que 40 keV é composta pelos raios X , enquanto os raios gama fazem parte da faixa do espectro eletromagnético onde a energia é maior que 40 keV . Os raios gama interagem com os átomos da matéria através de três processos principais: efeito fotoelétrico, espalhamento Compton e produção de pares (ICRU, 1994).

Em baixas energias, o efeito fotoelétrico é o processo predominante, onde um elétron de um átomo colide com um quantum gama e toda a energia é absorvida. Já em energias moderadas, o espalhamento Compton predomina, resultando na perda de parte da energia do fóton incidente para um elétron (KNOLL, 2010).

Em altas energias, acima de $1,02 \text{ MeV}$, ocorre a produção de pares, que resulta na criação de um par elétron-pósitron no campo eletrostático de um núcleo. A escolha de detectores com alto número atômico é a melhor opção para a espectrometria, uma vez que a absorção fotoelétrica é o processo mais desejado e varia de acordo com o número atômico do material (KNOLL, 2010).

A seção transversal σ (m^2) representa a probabilidade de um fóton interagir com a matéria e depende da energia do fóton e da composição do meio absorvente. A Figura 9 mostra a relação entre os processos de espalhamento e absorção, a energia do fóton incidente e o número atômico do meio absorvente. Para os raios gama terrestres naturais (energia até 2,615 MeV) e para meios absorventes como rocha, água e ar, o processo de interação predominante é o espalhamento Compton (KNOLL, 2010).

Figura 9 – Regiões de predominância das 3 formas de interação da radiação γ . As curvas indicam os valores de Z e $h\nu$ para os quais as probabilidades dos processos vizinhos são iguais.



Fonte: modificado de Evans e Noyau (1955)

De maneira geral, os fótons de raios gama, após serem emitidos, tendem a perder energia por meio de sucessivos eventos de espalhamento Compton, até que a energia restante seja absorvida por meio do efeito fotoelétrico. Como resultado da interação entre os raios gama e a matéria, é possível observar que a intensidade da radiação diminui com a distância em relação à fonte. Para descrever a absorção de raios gama de uma energia específica, é utilizado um coeficiente de atenuação linear μ (m^{-1}) ou um coeficiente de atenuação de massa μ/ρ (m^2/kg).

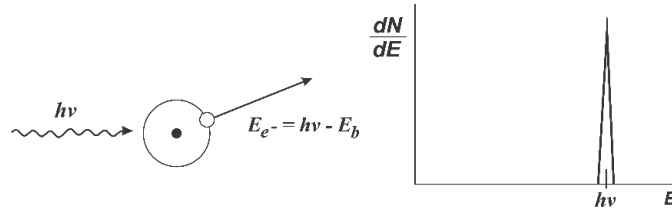
Quando se trata de um feixe estreito de raios gama, a atenuação pode ser modelada por uma função exponencial. Em relação aos radionuclídeos naturais, a faixa de absorção de raios gama é de cerca de 700 m no ar, 0,5 m nas rochas e alguns cm no chumbo. Vale ressaltar que os raios gama apresentam energia discreta que é específica para cada radionuclídeo, e por serem o componente mais penetrante da radiação natural e artificial, são amplamente utilizados em estudos de radiação ambiental (KNOLL, 2010).

3.4.1 Absorção fotoelétrica

Durante a interação entre um fóton incidente e a matéria, é possível que o fóton desapareça, transferindo toda a sua energia para um único elétron orbital que é expelido com uma energia cinética bem definida, como ilustrado na Figura 10. A energia cinética do elétron é

determinada pela diferença entre a energia do fóton incidente e a energia de ligação do elétron na camada eletrônica de origem. Em geral, o elétron é expelido da camada K , que apresenta uma energia de ligação de alguns keV para materiais com número atômico (Z) baixo e de dezenas de keV para materiais com Z alto (KNOLL, 1989).

Figura 10 – Ilustração da absorção fotoelétrica, onde o raio gama incidente cede toda sua energia para o elétron e desaparece. O espectro à direita ilustra uma distribuição diferencial de uma série de absorções fotoelétricas.



Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

Durante a interação entre um fóton e a matéria, o fóton pode transferir toda a sua energia para um elétron na camada K , resultando no desaparecimento do fóton e na emissão de um fotoelétrons com energia cinética $E_{ke} = (h\nu - E_B)$, onde E_{ke} é a energia cinética do fotoelétrons, $h\nu$ é a energia do fóton incidente e E_B é a energia de ligação do elétron na camada K . Esse efeito é mais comum para *raios-X* e *raios-γ* de baixa energia (cerca de 100 keV). A probabilidade de que ocorra a absorção fotoelétrica é diretamente proporcional ao número atômico elevado à 4ª potência e inversamente proporcional à energia do fóton elevada à 3ª potência (KNOLL, 1989), como expresso pela equação 3.2:

$$\sigma_{\text{efeito fotoelétrico}} \propto \frac{Z^4}{E^3} \quad (3.2)$$

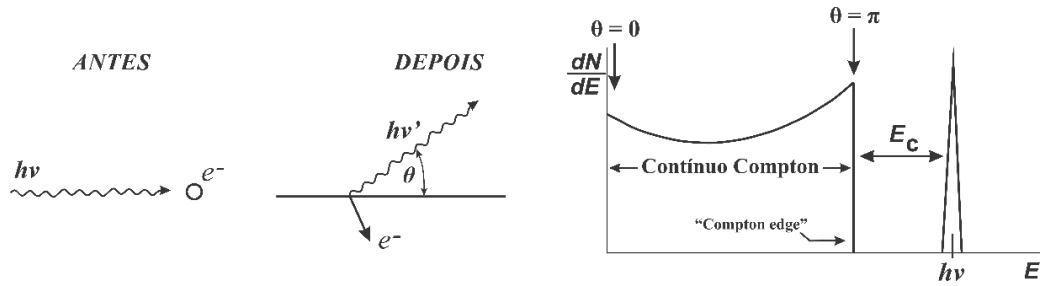
Após a criação da vacância eletrônica, a energia é liberada na forma de *raio-X* característico ou transferida para um elétron das camadas mais externas do átomo, que pode ser arrancado, formando um elétron Auger. No caso do iodo, o *raio-X* característico é emitido em 88% das vezes. Os elétrons Auger têm um alcance limitado devido à sua baixa energia, mas os *raios-X* característicos podem percorrer alguns milímetros antes de serem reabsorvidos, embora sua fuga possa ser significativa em alguns casos (KNOLL, 1989).

A absorção fotoelétrica permite a medida da energia do *raio-γ* incidente, pois a energia do fóton é transferida para um elétron que é expelido. Se nada escapa do detector, a soma das energias cinéticas dos elétrons criados deve ser igual à energia do fóton do *raio-γ* incidente. Se o *raio-γ* é monoenergético, a energia cinética total dos elétrons sempre será igual à energia do *raio-γ* incidente. Sob essas condições, a distribuição diferencial de uma série de absorções fotoelétricas deve ser uma função *delta*. A Figura 10 mostra essa distribuição, onde dN/dE e E representam, respectivamente, o número de pulsos e a energia do *raio-γ* incidente (KNOLL, 1989).

3.4.2 Espalhamento Compton

O resultado do espalhamento Compton é a criação de um elétron de recuo e um fóton de raio gama espalhado. A divisão de energia entre eles depende do ângulo de espalhamento (KNOLL, 1989).

Figura 11 – Representação do espalhamento Compton. O espectro à direita ilustra a distribuição da energia do elétron Compton de recuo.



Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

A energia do gama espalhado é dada pela equação 3.3:

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \left[\left(\frac{h\nu}{m_0c^2} \right) \cdot (1 - \cos \theta) \right]} \quad (3.3)$$

O ângulo de espalhamento do fóton é representado por θ , e a energia de repouso do elétron é igual a $m_0c^2 = 0,511$ MeV. Durante um processo de espalhamento Compton, ilustrado na Figura 11, o fóton incidente transfere parte de sua energia para o elétron, resultando na emissão de um raio gama espalhado (KNOLL, 1989).

A energia cinética do elétron de recuo pode ser calculada usando a equação 3.4:

$$E_e = (h\nu - h\nu') = h\nu \cdot \frac{\left[\frac{h\nu}{m_0c^2} \cdot (1 - \cos \theta) \right]}{\left[1 + \frac{h\nu}{m_0c^2} \cdot (1 - \cos \theta) \right]} \quad (3.4)$$

Dois extremos podem ser identificados:

- Quando $\theta \approx 0$, $h\nu' \approx h\nu$ e $E_e \approx 0$. Nesse extremo, o elétron de recuo possui uma energia muito pequena e o fóton espalhado possui praticamente a mesma energia do fóton incidente.
- Quando $\theta \approx \pi$. Esse extremo representa a energia máxima que pode ser transferida ao elétron de recuo.

$$E_e = (h\nu - h\nu') = h\nu \cdot \frac{\left[\frac{h\nu}{m_0c^2} \cdot (1 - \cos \theta) \right]}{\left[1 + \frac{h\nu}{m_0c^2} \cdot (1 - \cos \theta) \right]} \quad (3.5)$$

$$E_e|_{\theta=\pi} = h\nu \cdot \frac{\left(\frac{2h\nu}{m_0c^2}\right)}{\left(1 + \frac{2h\nu}{m_0c^2}\right)} \quad (3.6)$$

Em condições normais, todos os ângulos de espalhamento podem ocorrer, resultando em uma transferência contínua de energia para o elétron de recuo. Assim, para um raio gama de energia específica, a distribuição de energia do elétron segue o espectro ilustrado na Figura 11.

O valor do gap de energia, E_c , que representa a diferença entre a energia máxima do elétron de recuo Compton e a energia do fóton incidente, é determinado pela seguinte equação 3.7:

$$E_c = h\nu - E_e|_{\theta=\pi} = h\nu \cdot \frac{(h\nu)}{\left(1 + \frac{2h\nu}{m_0c^2}\right)} \quad (3.7)$$

No limite em que a energia do fóton incidente é grande, ou $h\nu \gg \left(\frac{m_0c^2}{2}\right)$, essa diferença de energia tende a um valor constante igual a (equação 3.8):

$$E_c \cong \frac{m_0c^2}{2} (= 0,256 \text{ MeV}) \quad (3.8)$$

O espalhamento Compton assume que o efeito ocorre com elétrons livres. No material dos detectores atuais, a energia de ligação dos elétrons pode afetar a forma do contínuo Compton. Esse efeito será mais notável para raios gama incidentes de baixa energia. Eles envolvem o arredondamento da subida do contínuo perto do extremo e introduz um declive finito na descida abrupta do joelho Compton. Esses efeitos são sempre mascarados pela resolução de energia do detector, mas podem ficar evidentes em espectros utilizando detectores com alta resolução (KNOLL, 1989).

A probabilidade de um espalhamento Compton acontecer é diretamente proporcional à energia do fóton e inversamente proporcional ao número atômico do material (equação 3.9), ou seja:

$$\sigma_{esp. \text{ Compton}} \propto \frac{E}{Z} \quad (3.9)$$

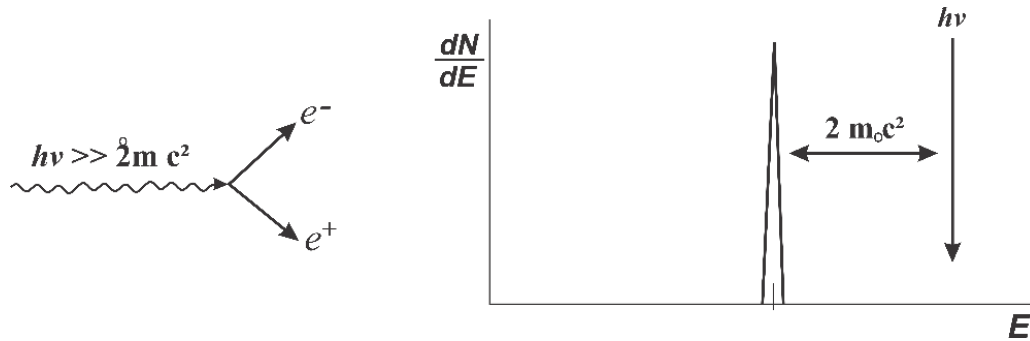
3.4.3 Produção de pares

O processo de formação de pares ocorre no campo gerado pelo núcleo e é caracterizado pela criação de um par elétron-pósitron em um ponto específico, com a consequente dissolução do fóton incidente. Para que o par possa ser criado, é necessário que uma energia mínima de $2.m_0.c^2$ seja atingida, sendo essa energia de $1,022 \text{ MeV}$ para raios gama. Se a energia do raio

gama incidente for maior que $1,022 \text{ MeV}$, o excesso de energia é repartido igualmente entre o elétron e o pósitron como energia cinética (KNOLL, 1989).

A Figura 12 ilustra o processo de formação de pares que ocorre em materiais com alto número atômico e para raios gama de alta energia.

Figura 12 – Representação da formação de pares. À direita, está representada a posição do pico de escape duplo no espectro de raios gama.



Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

Para energias típicas, o elétron ou o pósitron percorrem poucos milímetros antes de perder toda a sua energia no material absorvedor. A energia cinética total (*elétron + pósitron*) criada pelo fóton incidente é representada graficamente como uma função Delta deslocada em $2.m_0.c^2$ da energia do fóton incidente, como mostrado na Figura 12.

A produção de pares é um processo complexo, pois o pósitron não é uma partícula estável. Quando sua energia cinética se torna muito baixa, comparável à energia térmica dos elétrons do material, o pósitron se aniquila com um elétron do material (KNOLL, 1989).

Nesse ponto, ambos desaparecem e surgem dois fótons de aniquilação com energia $m_0c^2 = 0,511 \text{ MeV}$ cada um. O tempo necessário para o pósitron perder energia e se aniquilar é muito curto, então a radiação de aniquilação ocorre em 'coincidência' com a produção de pares. A probabilidade de produção de pares ocorrer é proporcional a (equação 3.10):

$$\sigma_{F_{\text{pares}}} \propto E_2 (E - 1,02 \text{ MeV}) \quad (3.10)$$

3.5 RESPOSTA DE DETECTORES COMERCIAIS

O espectro de raios gama para baixas energias, onde a produção de pares não é significativa, é composto por um contínuo Compton e um fotopico. À medida que a energia do fóton incidente diminui, a área relativa do fotopico aumenta. Para energias abaixo de 100 keV , o contínuo Compton pode desaparecer completamente. Para energias intermediárias, a possibilidade de múltiplas dispersões seguidas de escape do último fóton disperso permite que a energia total

depositada seja maior do que a energia depositada por uma única dispersão com escape do fóton disperso (KNOLL, 1989).

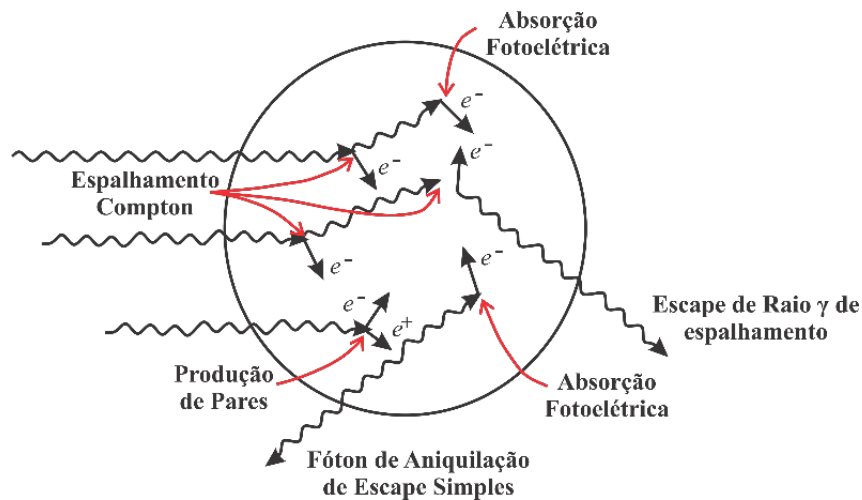
Esses eventos múltiplos podem preencher a lacuna entre a borda Compton e o fotopico, assim como distorcer a forma do contínuo prevista para uma única dispersão. Se a energia do raio gama incidente for grande o suficiente para evitar a produção de pares, os fótons de aniquilação podem escapar ou sofrer alguma interação dentro do detector. Se ambos os fótons de aniquilação escaparem sem interação, será formado o pico de escape duplo. Mas pode ocorrer que apenas um fóton de aniquilação escape e o outro seja totalmente absorvido, contribuindo para o pico de escape simples que aparece no espectro com energia de $h - m_0c^2$. Outras possibilidades existem, onde um ou ambos os fótons de aniquilação podem perder parte de sua energia por dispersão Compton e depois escapar (KNOLL, 1989).

A resposta de um detector real de raios gama dependerá do tamanho, da forma, da composição do detector e dos detalhes geométricos das condições de irradiação. Algumas propriedades da resposta do detector são geralmente interessantes em espectrometria. A fração de fótons é definida como a razão entre a área do fotopico (ou pico de energia total) e a área abaixo de toda a resposta do detector (KNOLL, 1989).

A eficiência de detecção é uma medida direta da probabilidade de um raio gama depositar toda a sua energia dentro do detector por qualquer processo. No entanto, a resposta do detector pode ser afetada por diversos fatores, incluindo as interações do raio gama com o detector e a eletrônica de leitura. Um exemplo é a presença de picos de escape duplo ou simples, que fazem parte da resposta do detector e, em algumas circunstâncias, podem ser maiores que o fotopico (KNOLL, 2010).

A razão entre a área do pico de escape simples ou duplo e a área do fotopico é uma propriedade da resposta do detector que pode ajudar na interpretação de espectros complexos. Essa razão pode ser utilizada para estimar a eficiência de detecção em energias fora da região do fotopico, onde a eficiência pode ser mais baixa. Além disso, a análise de picos de escape pode fornecer informações sobre a geometria do detector e o material detector (GILMORE, 2008).

Figura 13 – Interações na função resposta do detector.

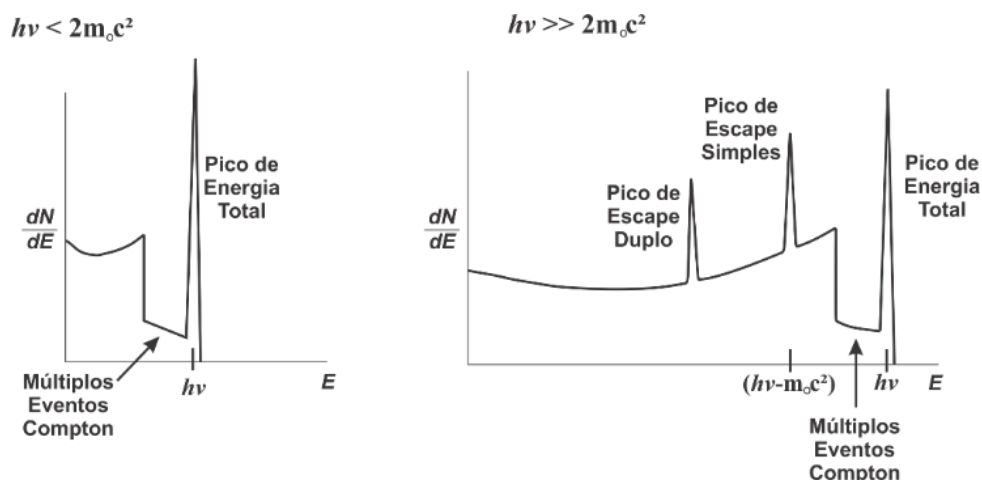


Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

Para o caso dos detectores comerciais, a Figura 13 ilustra as interações que podem afetar a função resposta do detector para baixas, médias e altas energias dos raios gama incidentes (LIMA, 2006). É importante notar que a função resposta do detector pode variar significativamente dependendo do tipo de detector e do material detector utilizado. Por exemplo, detectores de Geiger-Müller apresentam uma resposta diferente daquela dos detectores de cintilação, como o cintilador de NaI(Tl) mencionado anteriormente.

A Figura 14 ilustra o comportamento para detectores comerciais dos espectros diferenciais para diferentes níveis de energia do fóton incidente. É possível observar a formação do fotopico e dos picos de escape, bem como a diminuição da eficiência em energias mais altas. A análise desses espectros é fundamental para a calibração do detector e para a interpretação de medidas quantitativas de atividade em amostras radioativas (KNOLL, 2010).

Figura 14 – Espectros diferenciais para detectores comerciais.

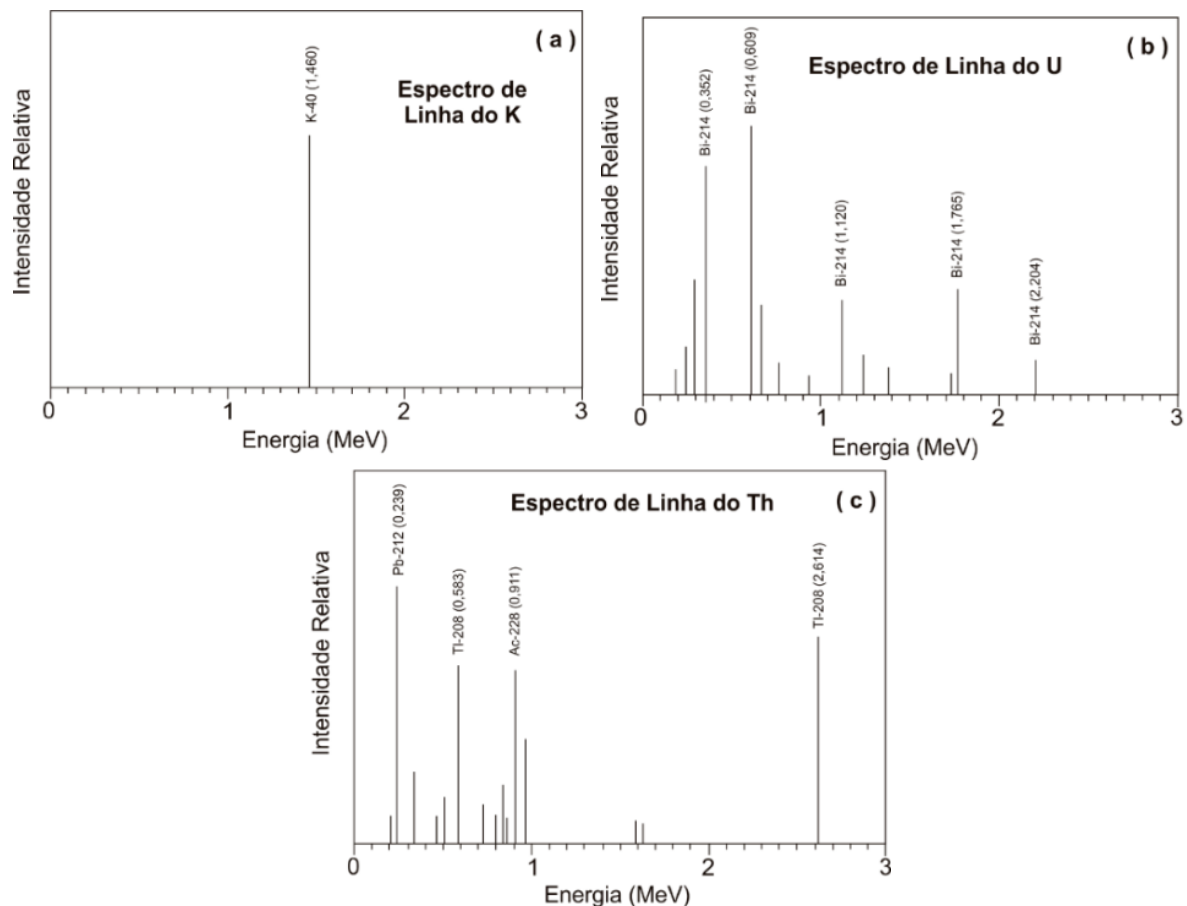


Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

3.6 GEOMETRIA FONTE-DETECTOR

A espessura da fonte tem um efeito significativo sobre a forma de espectros observados. Com o aumento da espessura da fonte há acúmulo do espalhamento Compton contínuo devido a dispersão nas fontes. Os fotopicos são assim reduzidos em relação ao Compton de fundo. Como fótons de baixa energia são mais facilmente atenuados do que fótons de grande energia, este efeito é mais pronunciado em menores energias (KNOLL, 1989).

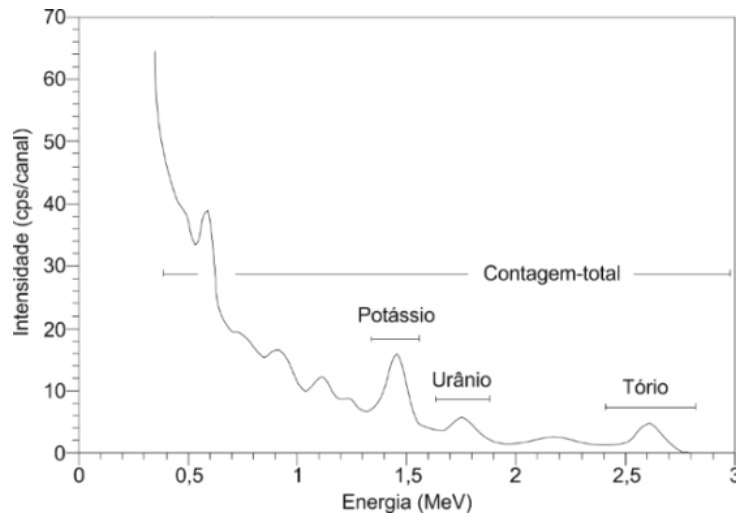
Figura 15 – Espectro de linha da emissão de raios gama do: a) potássio; b) urânio; c) tório.



Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

Na Figura 15 estão ilustrados espectros de linha para potássio, urânio e tório. A radiação emitida pela Terra é diminuída tanto na fonte quanto pelo material que se encontra entre a fonte e o detector.

Figura 16 – Espectro de raios gama típico de detector de NaI(Tl) mostrando a posição das janelas de energia convencionais.



Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

O espectro observado é afetado pela quantidade de material que atua na atenuação entre a fonte e o detector. À medida que a atenuação aumenta, a intensidade dos picos de energia é reduzida em comparação com a energia contínua. Portanto, os espectros medidos são influenciados pela concentração e pela geometria da fonte, bem como pela altura do detector em relação ao solo ou rocha, a espessura de qualquer sobrecarga não-radioativa e pela resposta do detector (Figura 16) (KNOLL, 1989).

3.7 EVENTOS QUE INTERFEREM NA RESPOSTA DO DETECTOR

3.7.1 Escape de elétrons secundários

Se o detector não é grande comparado com o alcance dos elétrons secundários, então, uma fração significativa dos elétrons pode escapar do detector e essa energia não será coletada. A forma do contínuo Compton será alterada a favor das menores amplitudes (LIMA, 2006).

Como alguns eventos do fotopico serão perdidos, então, a *photofraction* será reduzida em comparação com o caso onde não há escape de elétrons.

3.7.2 Escape de raio-X característico

Na maioria dos casos, a energia do *raio-X* é reabsorvida. Mas se a absorção fotoelétrica ocorrer perto da superfície do detector, então, o *raio-X* pode escapar. Nesse caso, a energia depositada no detector diminui pela quantidade de energia do *raio-X* que escapou. Um novo pico irá aparecer na função resposta e será localizado a uma distância igual à energia de escape do *raio-X* característico. Esses picos são chamados picos de escape de *raio-X* e são mais evidentes

para baixas energias de raios gama incidentes e para detectores cuja razão superfície–volume é grande (LIMA, 2006).

3.7.3 Interações secundárias criadas pelo decaimento radioativo

3.7.3.1 Radiação de aniquilação

Se a fonte de radiação gama consistir em um radionuclídeo que decai pela emissão de pósitron, é esperado um pico adicional de $0,511\text{ MeV}$ no espectro devido aos fótons de aniquilação criados. Na maioria dos processos monitorados, os materiais possuem espessura suficiente para frear todos os pósitrons, que vão se aniquilando na região imediatamente envolvida no processo. Essa região produz $0,511\text{ MeV}$ de radiação de aniquilação, que é adicionada ao espectro gama esperado pelo decaimento dos radionuclídeos associados ao processo (LIMA, 2006).

3.7.3.2 *Bremsstrahlung*

Este processo é mais significativo para elétrons que possuem energia a partir de poucos MeV. É possível que a radiação de *Bremsstrahlung* escape sem interagir com o detector. Quando isso ocorre, o efeito na função resposta é semelhante ao escape dos elétrons. Em ambos os casos, a forma da função resposta é modificada, mas novos picos não são introduzidos (LIMA, 2006).

As fontes mais comuns de raios gama decaem por meio da emissão de partículas beta negativas ($^-$). Para evitar que as partículas beta depositem sua energia no detector e compliquem o espectro gama, é utilizado um material externo. No entanto, durante a absorção, algumas radiações secundárias na forma de *Bremsstrahlung* são geradas e podem interagir com o detector, contribuindo para o espectro.

O espectro de *Bremsstrahlung* pode ter energia máxima igual à energia da partícula beta, mas também pode possuir energias menores. Como o espectro de *Bremsstrahlung* é contínuo, ele não cria novos picos, mas adiciona um contínuo em todo o espectro, sobrepondo valores.

A inclusão dessa contribuição não pode ser subtraída como *background*, o que pode causar erros quantitativos na medição das áreas dos picos. Para minimizar esse efeito, o uso de absorvedores de beta com baixo número atômico, como o berílio, é sempre recomendado (LIMA, 2006).

3.7.4 Efeitos dos materiais envoltórios

Em situações práticas, o detector usado para a espectrometria gama é envolvido por outro material que pode interagir na resposta. O detector é encapsulado para produzir uma barreira contra umidade e luz ou é montado com uma estrutura a vácuo. Os materiais envoltórios podem

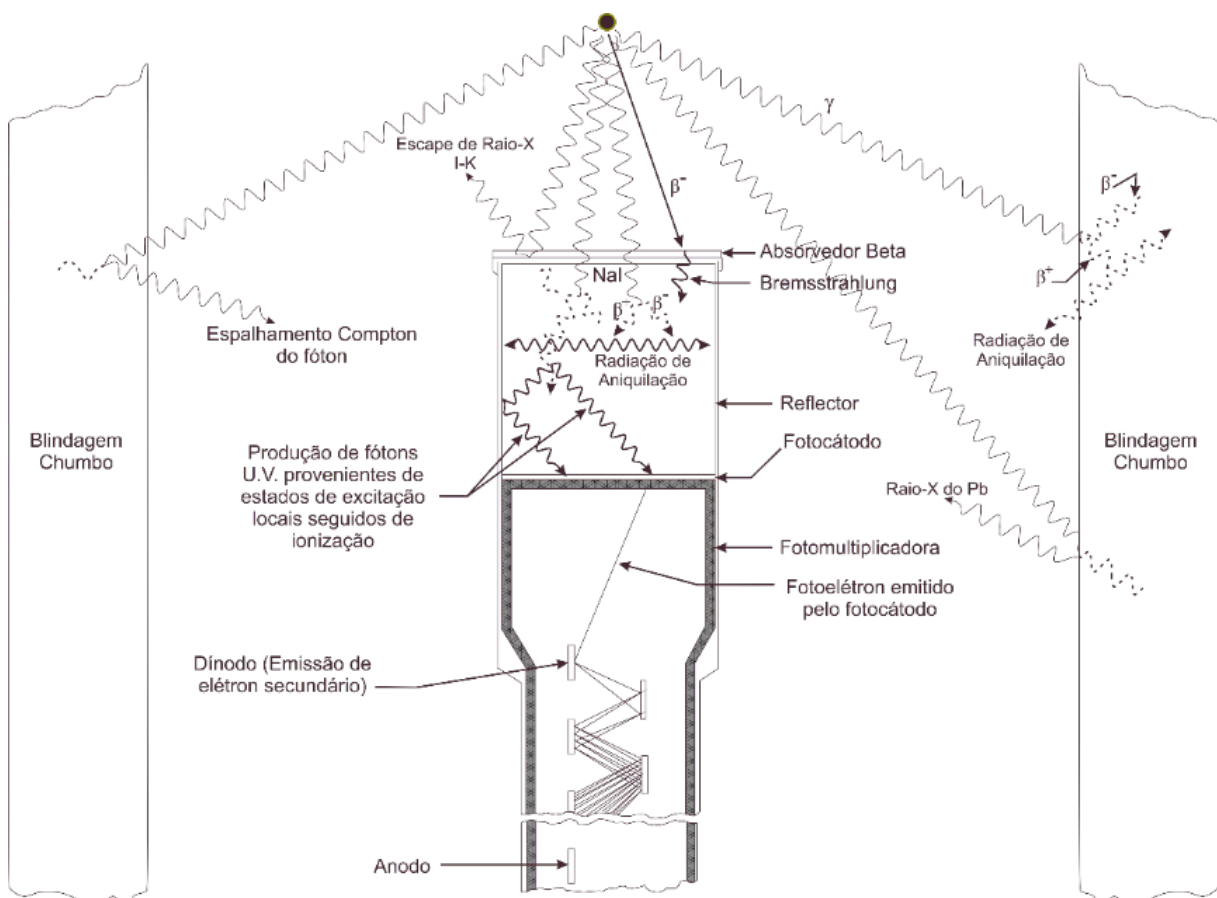
produzir radiações secundárias, como espalhamento Compton e fotoelétrico, que interferem na detecção da radiação gama da amostra. Além disso, os materiais envoltórios podem apresentar contaminação radioativa, gerando interferências nas análises.

Para minimizar esses efeitos, é importante escolher cuidadosamente os materiais envoltórios, que devem ter baixa contaminação radioativa e baixa seção transversal para radiação gama. Além disso, é necessário realizar correções para os efeitos dos materiais envoltórios na análise de dados, através de simulações computacionais e experimentos.

Um estudo realizado por Diniz *et al.* (2018), investigou o efeito de diferentes materiais envoltórios na detecção de radiação gama com detectores de NaI(Tl) e mostrou que a escolha do material envoltório pode afetar significativamente a eficiência e resolução do detector.

Portanto, é importante considerar cuidadosamente os materiais envoltórios utilizados em análises gama com detectores de NaI(Tl) e realizar correções para minimizar seus efeitos na análise de dados.

Figura 17 – Alguns tipos de interações secundárias que podem interferir na função resposta dos detectores comerciais.

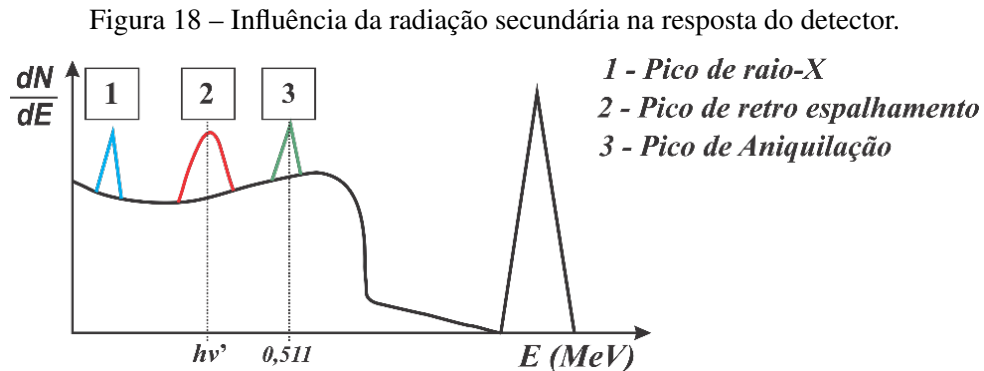


Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

A fim de diminuir o ruído de fundo natural, a maioria dos detectores gama utiliza a técnica de blindagem. No entanto, é importante lembrar que todos os materiais utilizados na blindagem apresentam potenciais fontes de radiação secundária. Caso essa radiação interaja com

o detector, ela pode afetar a forma do espectro. A Figura 17, conforme apresentada por Lima (2006), ilustra algumas possibilidades dessa influência.

Além disso, a resposta do detector também pode ser influenciada pelos materiais circunvizinhos, como pode ser visto no espectro de energia apresentado na Figura 18.



Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (1989) por Barbosa (2016)

3.8 PRINCIPAIS PROPRIEDADES DOS CINTILADORES

Diversas substâncias apresentam propriedades cintilantes quando expostas a radiação ionizante, como é o caso do iodeto de sódio. Esses materiais são amplamente utilizados em detectores, que convertem a luz visível emitida pelos cintiladores em sinais elétricos. O cristal de NaI(Tl) é um exemplo de detector inorgânico que apresenta cintilação devido à configuração dos estados de energia de seus elétrons, os quais são definidos pela sua rede cristalina (LIMA, 2006). Essa estrutura cristalina possui bandas discretas de energia, como pode ser observado na Figura 19. A banda de valência é onde os elétrons encontram-se ligados, enquanto que a banda de condução é onde os elétrons podem se mover. Já a banda proibida é a região em que os elétrons não são encontrados.

Figura 19 – Estrutura da banda de energia de um cristal cintilador ativado.

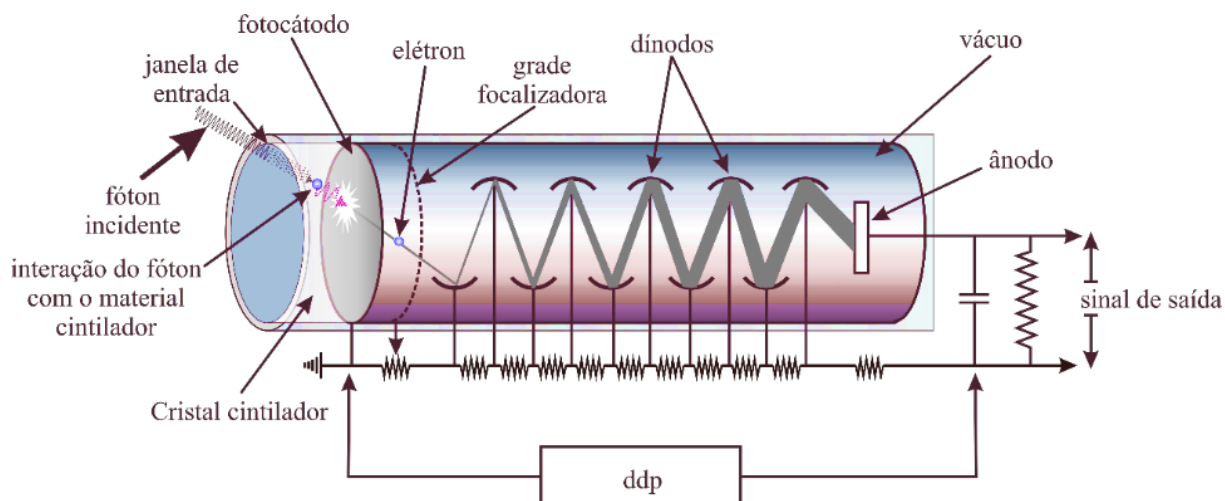


Fonte: traduzido e vetorizado de Knoll (2010) por Barbosa (2016)

Na prática, alguns materiais, como o iodeto de sódio, cintilam quando expostos à radiação ionizante. Para utilizá-los em detectores, a luz visível emitida pelos cintiladores precisa ser convertida em sinal elétrico. O cristal de NaI(Tl) é um exemplo de detector inorgânico que cintila

devido à configuração dos estados de energia de seus elétrons, ilustrados na Figura 19, que se encontram apenas em algumas bandas discretas de energia, como a banda de valência, onde os elétrons estão ligados, e a banda de condução, onde os elétrons podem mover-se (LIMA, 2006).

Figura 20 – Esquema de uma fotomultiplicadora.



Fonte: traduzido e vetorizado de Cherry *et al.* (2003) por Barbosa (2016)

Quando um fóton de *raio-X* ou *raio- γ* atinge o material, pode ocorrer a emissão de um elétron primário e a produção de elétrons secundários, que vão preenchendo a banda de condução e criando buracos na banda de valência. Em cristais puros, o retorno desses elétrons para a banda de valência é um processo ineficiente, pois o fóton que ele emite ao retornar pode ser reabsorvido. Para resolver esse problema, uma pequena quantidade de impureza, como o Tl, é adicionada para criar níveis de energia ligeiramente acima da banda de valência e ligeiramente abaixo da banda de condução. Nesse caso, o elétron emite um fóton ao sair da banda de condução e, ao sofrer nova desexcitação para uma banda acima da banda de valência, emite outro fóton (LIMA, 2006).

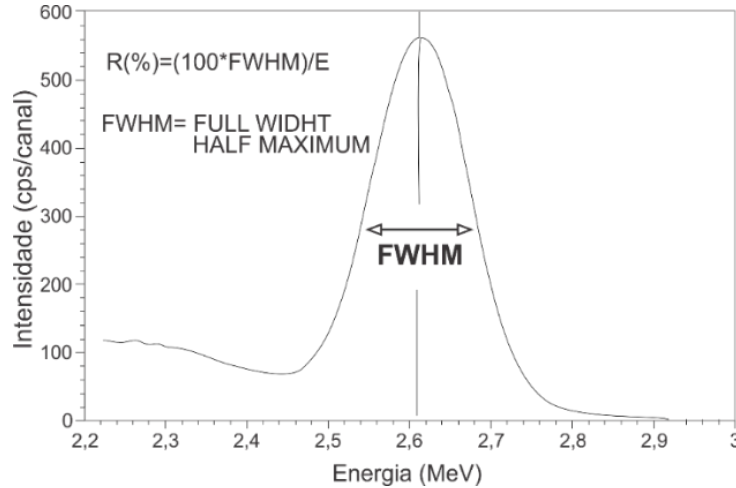
Os fótons de cintilação produzidos pelo NaI(Tl) não possuem energia suficiente para permitir a transição de um elétron da banda de valência para a banda de condução, o que significa que esses fótons não são reabsorvidos no material e conseguem percorrer grandes distâncias dentro do cristal (KNOLL, 2010). A quantidade de fótons de cintilação produzida pelo NaI(Tl) é pequena, aproximadamente 38.000 fótons/MeV, por isso são utilizadas fotomultiplicadoras para produzir um pulso de corrente elétrica quando um pequeno sinal luminoso incide sobre elas.

A fotomultiplicadora consiste em um fotocátodo e dinodos, cujo esquema está representado na Figura 20. Ao receber o sinal luminoso, o fotocátodo emite elétrons que são acelerados por uma diferença de potencial até o primeiro dínodo e, após essa colisão, mais elétrons são ejetados e direcionados ao segundo dínodo. Esse processo se repete ao longo da cadeia de dinodos até que os elétrons atinjam o ânodo da fotomultiplicadora, formando uma corrente elétrica com intensidade adequada para análise (CHERRY *et al.*, 2003).

3.8.1 Resolução em energia

A resolução de um detector é uma medida de sua capacidade de discriminar dois picos que são próximos em energia.

Figura 21 – Diagrama ilustrando a resolução de energia do espectrômetro de raios gama.



Fonte: traduzido e vetorizado de Reilly *et al.* (1991) por Barbosa (2016)

Uma propriedade importante de um detector é a resolução a uma fonte monoenergética (Figura 21 (REILLY *et al.*, 1991)). A energia de resolução do espectrômetro é definida como a largura total de um fotopico à meia altura da amplitude máxima (*FWHM*), expressa em porcentagem (equação 3.11).

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{FWHM}{H_0} \quad (3.11)$$

onde:

FWHM é a largura a meia altura e

H_0 é o canal central do pico

O parâmetro usado para especificar a resolução do detector é a largura total do fotopico na metade de sua máxima altura (*FWHM*). Se uma forma gaussiana padrão é assumida para o fotopico, a *FWHM* é dada pela equação 3.12:

$$FWHM = 2\sigma\sqrt{\ln 2} \quad (3.12)$$

O parâmetro σ é responsável pelo controle da amplitude da Gaussiana. A alta resolução, caracterizada por um pequeno *FWHM*, não só facilita a identificação de picos próximos e distintos, mas também reduz a incerteza na subtração do Compton contínuo, já que esta se torna uma fração menor da atividade total na região do pico. Para espectros de *raios-γ* complexos, é desejável obter a melhor resolução possível em termos de energia (REILLY *et al.*, 1991).

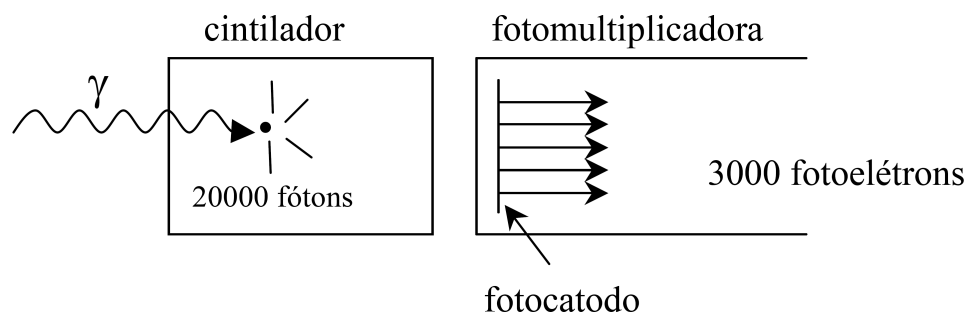
Existem limitações naturais e tecnológicas que afetam a precisão com que a energia de um evento de detecção de raios gama pode ser registrada pelo sistema detector. A precisão natural da energia é limitada pelas flutuações estatísticas associadas aos processos de produção de carga no interior do detector. Além disso, efeitos eletrônicos, como ruído, pulsos '*pileup*' e configurações inadequadas de 'pólo-zero', podem perturbar a integridade da tensão dos pulsos de energia total. Embora esses efeitos eletrônicos sejam menos importantes com o avanço da tecnologia, eles ainda podem afetar a resolução do sistema de contagem (REILLY *et al.*, 1991).

Na aplicação de raios gama em detecção não destrutiva (NDA), os dois detectores mais comumente usados são o detector de cintilação de NaI(Tl) e o detector de estado sólido de germânio. O detector NaI(Tl) produz picos de energia total mais largos do que os observados pelo germânio (REILLY *et al.*, 1991).

3.8.2 Produção de elétrons no fotocátodo da fotomultiplicadora

A principal causa da largura do pico nos cintiladores é a flutuação estatística. Essa flutuação se torna mais significativa após a conversão das cintilações em elétrons no fotocátodo da fotomultiplicadora. Por exemplo, no cintilador de NaI(Tl), a eficiência é de aproximadamente 12%, o que significa que se forem produzidos 20.000 fótons de cintilação, apenas 15.000 interagirão com o fotocátodo, criando cerca de 3.000 fotoelétrons. Esse número representa o sinal mais fraco na cadeia de formação do pulso, uma vez que será amplificado nos estágios subsequentes da fotomultiplicadora (GILMORE, 2008).

Figura 22 – Ilustra a eficiência da conversão de luz de cintilação em elétrons no fotocátodo.



Fonte: traduzido e vetorizado de Lima (2006) por Barbosa (2016)

A altura do sinal produzido na fotomultiplicadora é diretamente proporcional ao número de fotoelétrons coletados. Para eventos com a mesma energia depositada no cristal, a amplitude do pulso apresentará flutuações devido à variação estatística do número de fotoelétrons em cada evento. Se a distribuição de Poisson for assumida, o desvio padrão do número de fotoelétrons será a raiz quadrada do valor médio. Caso a distribuição seja gaussiana, a largura à meia altura (*FWHM*) do pico será 2,35 vezes o desvio padrão.

Em situações práticas, a *FWHM* é considerada proporcional à raiz quadrada da energia do raio gama. A média da amplitude do pulso é diretamente proporcional à energia do raio gama

(equação 3.13), ou seja:

$$R = \frac{FWHM}{H_0} = \frac{K \cdot (E)^{1/2}}{E} = \frac{K}{(E)^{1/2}} \quad (3.13)$$

3.9 OUTROS INTERFERENTES NA PERDA DE RESOLUÇÃO

De acordo com Lima (2006), a perda de resolução de energia nos cintiladores pode ser devido a dois fatores principais.

- O primeiro é a resolução intrínseca do cristal, que é geralmente menor do que 2%. No entanto, a não uniformidade na eficiência de coleta de luz pode levar a flutuações maiores e, conseqüentemente, um alargamento do pulso, especialmente em grandes detectores.
- O segundo fator é a variância introduzida pela fotomultiplicadora, que pode ser significativa devido à uniformidade de coleta dos fotoelétrons pelo fotocátodo e à flutuação estatística da multiplicação dos elétrons. É importante notar que diferentes tipos de fotomultiplicadoras apresentam variações consideráveis em sua performance.

Um componente mais sutil da resolução intrínseca do cristal é a não linearidade da resposta do cintilador de NaI(Tl), que pode originar perda de resolução. Se a radiação incidente interagir e gerar dois ou mais elétrons secundários através de um único ou múltiplos espalhamentos Compton seguidos pela absorção fotoelétrica, a não linearidade pode ser ainda mais significativa. Além disso, mesmo em caso de uma simples absorção fotoelétrica, o átomo que fica excitado pode converter sua energia de excitação na forma de elétron Auger. Conseqüentemente, um fluxo de fótons incidentes monoenergéticos pode levar a uma extensa distribuição de energia dos elétrons dentro do cristal, e se a resposta do cristal não é linear com a energia dos elétrons, o rendimento total de luz será diferente de evento para evento, dependendo dos detalhes de subdivisão de energia entre os vários elétrons que são produzidos.

Esses efeitos são especialmente significativos para energias de raios gama de poucas centenas de keV, para os quais as múltiplas interações são predominantes. É comum usar o ^{137}Cs (0,662 MeV) como padrão para relacionar o número de canais com a energia. A resolução para detectores cilíndricos de NaI(Tl) é cerca de 6% a 7%. No entanto, se a forma do cristal não for cilíndrica, a dificuldade de coleta de luz pode tornar a resolução ainda pior.

3.9.1 Prevenção da perda de resolução

Medições com cintiladores podem levar muitas horas ou até dias, o que pode causar perda de resolução devido a variações no ganho da fotomultiplicadora e outros componentes

do circuito. Técnicas para minimizar esses efeitos funcionam melhor quando há um único pico isolado no espectro, a partir do qual um erro no sinal pode ser derivado para ajustar a variação do ganho. No entanto, esses métodos podem ser impraticáveis se não houver um pico isolado no espectro ou se a taxa de contagem for baixa (LIMA, 2006).

Uma alternativa é produzir uma fonte de luz de referência dentro do pacote do cintilador para gerar um pico artificial no espectro. Se os pulsos de luz têm intensidade constante, um sinal de *feedback* pode ser gerado para ajustar o ganho do sistema de modo a manter os picos em uma posição constante no espectro. As fontes de luz usadas podem ser uma combinação de radionuclídeos com um fósforo adequado ou um sinal eletrônico (LIMA, 2006).

3.9.2 Linearidade

A eficiência de cintilação, que é a quantidade de luz gerada por unidade de energia, é influenciada pelo tipo de partícula e sua energia cinética. Em um espectrômetro ideal, a eficiência de cintilação deve permanecer constante independentemente da energia da partícula, e a resposta do cintilador deve ser perfeitamente linear (LIMA, 2006).

Para elétrons detectados em cintiladores de NaI(Tl), a eficiência de detecção varia suavemente com a energia dos elétrons. Na espectrometria de elétrons, espera-se alguma não linearidade. Já para raios gama, a média da altura dos pulsos observados é quase linear com a energia dos fótons, mas medidas de não linearidade são necessárias (LIMA, 2006).

3.9.3 O fenômeno do '*drift*' dos picos gamaespectrométricos

O fenômeno do '*drift*' em picos espectrais gama é um problema comum encontrado em análises gamaespectrométricas de detectores de iodeto de sódio (NaI(Tl)). Ele é caracterizado pela variação da posição do pico de energia em relação ao tempo de aquisição, mesmo quando a energia do sinal de entrada é mantida constante. Esse efeito pode levar a erros sistemáticos na análise de dados e é uma das principais fontes de incerteza na quantificação de radionuclídeos em amostras ambientais e industriais.

O '*drift*' pode ser causado por vários fatores, incluindo:

- variações na temperatura do detector,
 - instabilidade do circuito eletrônico,
 - mudanças na posição do cristal em relação ao fotomultiplicador,
 - mudanças na posição do fotomultiplicador em relação ao cristal, e a
 - degradação do cristal e/ou do fotocátodo ao longo do tempo.
-

Além disso, as impurezas no cristal podem causar flutuações no ganho do fotomultiplicador, resultando em '*drift*' no espectro. Para compensar o '*drift*', várias técnicas foram desenvolvidas, como o uso de fontes de referência para monitorar a estabilidade do sistema de detecção, a correção do espectro por meio da subtração de um espectro de fundo adquirido em um período de tempo diferente, a calibração regular do detector e a utilização de algoritmos de correção específicos.

Diversos estudos foram realizados para investigar o fenômeno do '*drift*' em detectores gamaespectrométricos de NaI(Tl). Um artigo publicado por Yoo *et al.* (2004) analisou os efeitos do '*drift*' na análise de espectros gama de amostras ambientais e propôs um método para minimizar o erro causado por esse efeito. Já o estudo realizado por Han *et al.* (2015) investigou os efeitos do '*drift*' na detecção de radionuclídeos em alimentos e propôs uma correção baseada em análises de amostras padrão. Além disso, vários artigos revisaram as técnicas de correção do '*drift*' e sua eficácia na análise de espectros gama, incluindo o estudo de Pommé *et al.* (2013).

Em resumo, o fenômeno do '*drift*' em picos espectrais gamaespectrométricos é uma questão importante a ser considerada na análise de espectros de raios gama em detectores gamaespectrométricos de NaI(Tl). Existem várias causas possíveis para o '*drift*', e diversas técnicas têm sido desenvolvidas para compensar esse efeito e minimizar seus efeitos na quantificação de radionuclídeos. Uma vasta gama de trabalhos já publicados podem ser consultados para maior compreensão do tema, bem como para o desenvolvimento e aplicação das metodologias utilizadas:

a) Uso de fontes de referência para monitorar a estabilidade do sistema de detecção:

- Carlos (2006),
- Dickson e Løvborg (1984),
- Caciolli *et al.* (2012).

b) Correção do espectro por meio da subtração de um espectro de fundo adquirido em um período de tempo diferente:

- Chen *et al.* (2021).

c) Correção do espectro em tempo real e definição de canais referentes aos fotopicos de interesse por meio de dispositivos de estabilização de espectro:

- Dudley e Scarpatetti (1963),
 - Brendle (1977),
 - Marlow (1962),
 - Martinčič *et al.* (1977).
-

d) Calibração regular do detector:

- Zeng *et al.* (2014),
- Khandaker (2011),
- Covell (1963).

e) Utilização de algoritmos e *machine learning* para correções específicas:

- Olmos *et al.* (1994),
- Qi *et al.* (2022),
- Kim *et al.* (2019),
- Casanovas *et al.* (2012),
- Daniel *et al.* (2020),
- Samatov *et al.* (2007),
- Graaf *et al.* (2011).

3.9.4 Detecção

3.9.4.1 Forma do cristal

Existem duas formas comumente utilizadas para aplicações com raios gama. A primeira consiste em um cilindro circular sólido, que é fácil de fabricar e encapsular, podendo ser diretamente montado com a face circular da fotomultiplicadora. Se a relação altura-diâmetro do cilindro não for grande, as propriedades de coleta de luz são favoráveis nessa geometria (LIMA, 2006).

No entanto, se a relação altura-diâmetro for pequena, a resolução pode ser melhorada pela inserção de um guia de luz entre o cristal e a fotomultiplicadora, a fim de espalhar a luz uniformemente para todo o fotocátodo. Um guia de luz, também conhecido como tubo de luz, é um componente utilizado em detectores gama espectrométricos para transmitir a luz produzida nos cristais cintiladores até os fotocátodos. Os cristais cintiladores são materiais que emitem luz quando interagem com partículas carregadas, como fótons gama. Essa luz emitida é então capturada por um fotocátodo, que converte a luz em sinais elétricos detectáveis.

Em muitos casos, os cristais cintiladores são maiores do que os fotocátodos, e pode haver dificuldade em direcionar a luz emitida pelo cristal diretamente ao fotocátodo. É aí que entra o guia de luz ou tubo de luz. Ele é um dispositivo óptico que consiste em um material transparente, como plástico ou vidro, que é colocado entre o cristal cintilador e o fotocátodo. A luz emitida pelo cristal é transmitida através do guia de luz de forma eficiente, mesmo que o fotocátodo esteja em uma posição diferente ou menor em tamanho.

O guia de luz atua como um condutor de luz, redirecionando os fótons de luz emitidos pelo cristal para o fotocátodo, garantindo que a maior parte da luz seja capturada e convertida em sinais elétricos. Isso contribui para melhorar a eficiência da detecção e a resolução em energia dos detectores gama espectrométricos, permitindo uma medição mais precisa das energias dos fótons gama incidentes.

Os primeiros dispositivos de detecção, foram criados utilizando cristais cintiladores de iodeto de sódio dopado com tálio (NaI(Tl)) ou iodeto de cério dopado com tálio (CsI(Tl)), os quais eram acoplados opticamente a fotomultiplicadoras. Dado o tamanho dessas fotomultiplicadoras, guias de luz eram empregados entre o cristal e a fotomultiplicadora. No entanto, com o avanço das fotomultiplicadoras de dimensões reduzidas e a incorporação de componentes como fotodiodos, a detecção dos fótons de luz emitidos pelos cristais cintiladores se tornou mais eficiente, resultando em melhor resolução em energia (COSTA, 2006).

A alta resolução em energia é crucial para a rejeição de raios gama espalhados por meio do efeito Compton. Esses raios gama dispersos, como resultado do processo de espalhamento, podem originar-se de regiões distintas daquelas pretendidas, gerando interações indesejadas no detector. Os detectores nas sondas estão sujeitos à incidência desses raios gama, que geralmente possuem energia inferior à dos radioisótopos emitidos. Essa característica possibilita que sondas equipadas com detectores de resolução energética suficiente para diferenciar a energia dos raios gama originais daquela dos raios gama dispersos reduzam falsas contagens provenientes do espalhamento Compton, proporcionando uma localização mais precisa do ponto alvo (COSTA, 2006).

A tecnologia empregando cristais cintiladores como NaI(Tl) ou CsI(Tl), conectados a fotomultiplicadoras por meio de fibras ópticas ou guias de luz, oferece alta confiabilidade e eficiência na detecção de raios gama, embora esteja suscetível à fragilidade mecânica das fotomultiplicadoras (COSTA, 2006).

A segunda forma de cristal é um cilindro circular com um poço construído ao longo do seu eixo. Nessa geometria, a amostra a ser contada é posicionada no fundo do poço, permitindo uma alta eficiência de contagem, uma vez que quase todos os raios gama, emitidos isotropicamente, são interceptados pelo cristal. Para baixas contagens, a eficiência pode se aproximar de 100% nessa geometria. No entanto, para altas energias, essa vantagem pode ser perdida, já que o caminho médio através do cristal é menor do que se o raio gama incidir externamente em um cristal sólido (LIMA, 2006).

3.9.4.2 Eficiência de detecção

Os dados de eficiência do detector são normalmente apresentados na forma de gráficos do valor da eficiência em função da energia dos raios gama (LIMA, 2006). Alguns aspectos adicionais merecem ser considerados.

- A eficiência de detecção é um parâmetro importante para avaliar o desempenho de um detector de raios gama e pode ser classificada como absoluta e intrínseca, dependendo da geometria do detector e da fonte de radiação. Além disso, a escolha do tipo de evento a ser detectado, como fotopicos ou eventos totais, pode afetar a eficiência medida.

$$Eficiência\ absoluta = \left(\frac{N^{\circ}\ part\acute{ic}ulas\ detectadas}{N^{\circ}\ de\ part\acute{ic}ulas} \right) \quad (3.14)$$

$$Eficiência\ intr\acute{i}nseca = \left(\frac{N^{\circ}\ part\acute{ic}ulas\ detectadas}{N^{\circ}\ de\ part\acute{ic}ulas\ incidentes\ no\ detector} \right) \quad (3.15)$$

- O tamanho e a forma do cristal são fatores cruciais que afetam a eficiência de detecção, mas a espessura do cristal na direção do raio gama incidente é o fator mais importante. Outras dimensões do detector também podem afetar a eficiência de forma suave.
- A eficiência de detecção também depende do tamanho e natureza física da fonte e é sensível à distância entre a fonte e o detector. No entanto, essa dependência é mais suave para a eficiência intrínseca.
- Qualquer absorção que ocorra entre o ponto de emissão do raio gama e o cristal afetará a eficiência de detecção. Existem dois métodos para gerar dados de eficiência: medição direta da taxa de contagem usando fontes com atividade conhecida (precisão de 1%) -normalmente, o técnico deve utilizar várias fontes com diferentes energias para levantar a curva de eficiência de detecção - e cálculo da eficiência baseado em probabilidades de interação dos raios gama. O cálculo da eficiência total envolve a integração das probabilidades de interação para todos os caminhos (equação 3.16).

$$\left(1 - e^{-\mu l} \right) \quad (3.16)$$

onde,

μ - coeficiente linear de absorção

l – caminhos

Para geometrias mais complexas, o cálculo da integração pode não ser possível de forma analítica, sendo necessária a utilização do método de 'Monte Carlo', que consiste em simulações computacionais de múltiplas interações. Esse método permite o cálculo de resultados específicos para a geometria do detector e a energia dos raios gama, porém, está sujeito a incertezas estatísticas que são determinadas pelo número de ocorrências calculadas. Portanto, os resultados obtidos não podem ser generalizados.

3.9.4.3 Tempo de resposta

O cristal de NaI(Tl) é comumente usado como detector de radiação devido à sua alta eficiência de conversão e resposta de cintilação. No entanto, o tempo de decaimento do pulso de cintilação é relativamente longo, em torno de 230 ns , o que pode ser problemático em aplicações que exigem uma resposta rápida para altas taxas de contagem.

Além disso, foi observado que a adição de certos produtos ao cristal de NaI(Tl) resulta em uma fosforescência com tempo característico de decaimento de cerca de 0,15 segundos, que contribui em cerca de 9% para o total de luz produzido. Outro componente de fosforescência com vida mais longa também é detectado devido à constante de tempo do ânodo do tubo fotomultiplicador ser geralmente mais curta que esses tempos de decaimento. Nesses casos, cada fotoelétron associado à fosforescência é resolvido individualmente, resultando em uma série de pulsos de elétrons únicos que seguem o pulso de cintilação principal. No entanto, esses pulsos geralmente são de baixa amplitude e não são de interesse na medição, especialmente em baixas taxas de contagem.

Em algumas aplicações, no entanto, a sensibilidade de um único elétron é necessária e a influência desses pulsos fosforescentes pode ser significativa. Em altas taxas de contagem, a fosforescência pode ser construída devido à sobreposição de muitos pulsos precedentes, resultando em um 'brilho retardado' indesejável. Portanto, o uso de NaI(Tl) nessas aplicações deve ser cuidadosamente considerado (LIMA, 2006).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MONITOR GAMAESPECTROMÉTRICO

A análise da distribuição e intensidade da radioatividade presente em rochas é um tema de grande importância para os estudiosos de geofísica e geocronologia, pois isso ajuda na seleção de materiais para datação geológica e no cálculo da produção de calor no interior da Terra. Além disso, esses estudos também interessam aos geofísicos que buscam depósitos de minerais radioativos. Estudos mostram que um pequeno nível de radioatividade está presente em todas as rochas e minerais, o que antes era atribuído à presença de traços de urânio e tório e seus produtos de decaimento. Entretanto, investigações posteriores mostraram que o isótopo de potássio ^{40}K também contribui significativamente para a radioatividade natural.

A espectrometria é um método amplamente utilizado na identificação e quantificação de elementos, incluindo elementos radioativos. Esse método é altamente sensível, rápido e de fácil uso, sendo rotineiramente aplicado na solução de problemas analíticos em geoquímica. Com ele, é possível mensurar amostras que contêm misturas complexas de radionuclídeos, com atividades que variam desde nanocuries ($n\text{Ci} = 10^{-9} \text{ Ci}$) até picocuries ($p\text{Ci} = 10^{-12} \text{ Ci}$), em períodos de tempo que variam entre poucos segundos até muitas horas.

De acordo com Ward (1981), a espectrometria de raios gama possui dois objetivos principais:

- detectar depósitos de urânio e tório diretamente e
- realizar mapeamentos geológicos através da detecção e delimitação da distribuição lateral de urânio, tório e potássio nas superfícies rochosas e no solo.

A detecção direta de depósitos de urânio não é a principal aplicação da espectrometria de raios gama, pois exige a presença de urânio ou de seus produtos de decaimento radioativo a uma distância de 0,2 a 0,45 m da superfície. Por isso, a principal utilização da técnica é o mapeamento geológico, que pode ser usado indiretamente na busca por depósitos de metais pesados como o chumbo, ou básicos como cobre e zinco, além de ajudar na detecção e delimitação das rochas fonte onde ocorrem os depósitos de urânio ou de onde eles podem ter sido originados. No entanto, Killeen (1979) ressalta que o estudo da espectrometria de raios gama é apenas uma parte de uma complexa série de investigações inter-relacionadas usadas na exploração do urânio.

A espectrometria de raios gama, através da análise da energia dos picos, permite a identificação direta dos radionuclídeos presentes em amostras que emitem radiação gama. Essas

determinações, assim como a espectrometria alfa ou beta, são possíveis porque as transições nucleares relacionadas à emissão gama são específicas de cada radionuclídeo. No entanto, a espectrometria gama tem algumas vantagens sobre os outros métodos, principalmente devido à grande penetração dos raios gama em comparação com partículas alfa e beta (IVANOVICH; HARMON, 1992).

A preparação das amostras para leituras de espectrometria de raios gama é simples, não-destrutiva e não requer “*spike*”, permitindo que os diversos radioelementos de interesse sejam analisados simultaneamente.

4.1.1 Espectrômetro

O espectrômetro de raios gama é composto por um sensor gama e circuitos eletrônicos que separam a radiação incidente no cristal em dois ou mais componentes de energia. A faixa de energia utilizada para detecção está entre 100 KeV - 3 MeV, sendo que somente radiações provenientes de até 30 cm de profundidade são detectadas. Quando a radiação gama emitida por uma fonte radioativa interage com um cristal cintilador de NaI(Tl), são produzidos pulsos de pequena amplitude que são pré-amplificados e aplicados a um amplificador para serem analisados.

Os pulsos apresentam alturas variáveis que dependem diretamente da energia das radiações e são discriminados de acordo com suas alturas, fornecendo espectros relacionados com a energia da radiação gama emitida nas transições nucleares. O analisador de altura de pulsos é responsável por essa separação.

Existem vários mecanismos de interação entre um feixe de radiação gama e um cristal de NaI(Tl), mas apenas o efeito fotoelétrico e o espalhamento Compton são considerados. Durante a interação, apenas uma fração da energia primária do fóton é convertida em energia cinética de elétrons, sendo que o restante permanece com os fótons secundários. Se luz é produzida durante a interação, ela se adiciona àquela gerada pelos elétrons liberados no processo primário e a saída total de luz é proporcional à energia primária do fóton. Todos esses estágios das interações ocorrem quase simultaneamente, resultando em um único ‘*flash*’ de luz (BONOTTO, 1990).

No efeito fotoelétrico, quando um fóton secundário é produzido como raio X, ele é absorvido no cintilador, gerando um pulso de luz de energia proporcional à energia primária do fóton, exceto quando o elétron escapa do cintilador antes de atingir o estado estacionário. Já no efeito Compton, uma fração relativamente grande da energia primária pode permanecer com o fóton espalhado, dependendo do ângulo de espalhamento e da energia do fóton primário, e essa energia pode não ser detectada, resultando em um pulso de luz com energia menor do que a do fóton incidente (BONOTTO, 1990).

Considerando esses mecanismos de interação, um espectro típico de radiação gama

apresenta um conjunto de picos relacionados com as transições nucleares, cada um correspondendo a um determinado nuclídeo presente na amostra. O número de contagens em cada pico é proporcional à quantidade do nuclídeo presente na amostra e à eficiência do detector para aquela energia de radiação (CRESSWELL *et al.*, 2011). A partir dessas informações, é possível determinar a composição da amostra e, em alguns casos, sua origem geográfica (BRODIE *et al.*, 2013).

- *Pico de Absorção Total* (fotopico): quando se verifica no cintilador completa absorção da energia do fóton incidente; resulta principalmente do efeito fotoelétrico mas também pode resultar do efeito Compton se ocorrerem suficientes eventos de espalhamento que permitam a completa dissipação da energia.
- *Contínuo Compton*: resulta da absorção no cristal da energia transferida aos elétrons durante os eventos com ângulo de espalhamento diferentes daqueles necessários para “frear” o fóton incidente.
- *Pico de Retroespalhamento*: o retroespalhamento ocorre quando o fóton gama sofre interações Compton no material que circunda o detector; os quanta retroespalhados dessas interações sofrem interações fotoelétricas com o cristal de NaI(Tl) (BONOTTO, 1990).

A Figura 23 apresenta os espectros gama característicos do ^{137}Cs e do ^{60}Co , indicando a posição das interações mencionadas anteriormente. Já a Figura 24 ilustra o sistema utilizado neste estudo, que consiste em uma blindagem de chumbo contendo o pré-amplificador e o cristal de NaI(Tl), conectados a uma fonte de alta tensão. A amostra é inserida na blindagem de chumbo em um recipiente de alumínio. O sinal é conduzido do pré-amplificador para o amplificador, que, por sua vez, é conectado a um multicanal ligado a um microcomputador que processa o sinal para contagem. O *software* utilizado para o processamento dos dados obtidos é o Maestro II, da EG & G - ORTEC, que está instalado no sistema disponível no LABIDRO - Laboratório de Isótopos e Hidroquímica, do Departamento de Geologia - IGCE.

4.1.2 Resolução do Sistema Utilizado

A obtenção de espectros gama de qualidade é essencial para identificar os diversos nuclídeos emissores de radiação presentes na amostra. Para isso, é necessário determinar a resolução do sistema de detecção, que mede a capacidade do detector em discriminar diferentes picos. Essa medida pode ser calculada pela equação 4.1

$$R = \frac{\delta E}{E} \cdot 100 \quad (4.1)$$

- onde R é a resolução em porcentagem,

- δE é a largura à meia altura do pico (*FWHM*) em número de canais e
- E é o número do canal do centróide do fotopico.

Utilizando uma fonte monoenergética de ^{137}Cs , obteve-se uma resolução de 9,52% para o fotopico de 0,66 MeV. Esse valor é comum para detectores de cintilação de NaI(Tl) (BONOTTO, 1990).

4.1.3 Fotopicos de Interesse

O nuclídeo ^{238}U sofre uma série de decaimentos até chegar ao estado estável ^{206}Pb , passando por diversos produtos intermediários, conforme apresentado na Tabela 1. Durante este processo, são emitidos raios gama de 72 níveis discretos de energia (WARD, 1981). As principais transições gama que podem ser investigadas no espectro obtido para a amostra de pechblenda são ilustradas na Tabela 4 e na Figura 25. É importante ressaltar que a razão entre a energia gama total emitida pelo ^{238}U e ^{235}U em seu estado natural é de aproximadamente 50:1, fazendo com que as emissões gama na série do ^{235}U sejam de interesse secundário em relação às daquelas do ^{238}U (WARD, 1981).

Tabela 4 – Principais transições gama na série radioativa natural do ^{238}U , segundo Ward (1981).

Nuclídeo	Meia-vida	Energia de cada quantum (MeV)	Número de quanta por evento de decaimento
^{214}Bi	19,7 min.	2,204	0,052
		1,764	0,163
		1,120	0,166
		0,609	0,417
^{214}Pb	26,8 min.	0,352	0,377

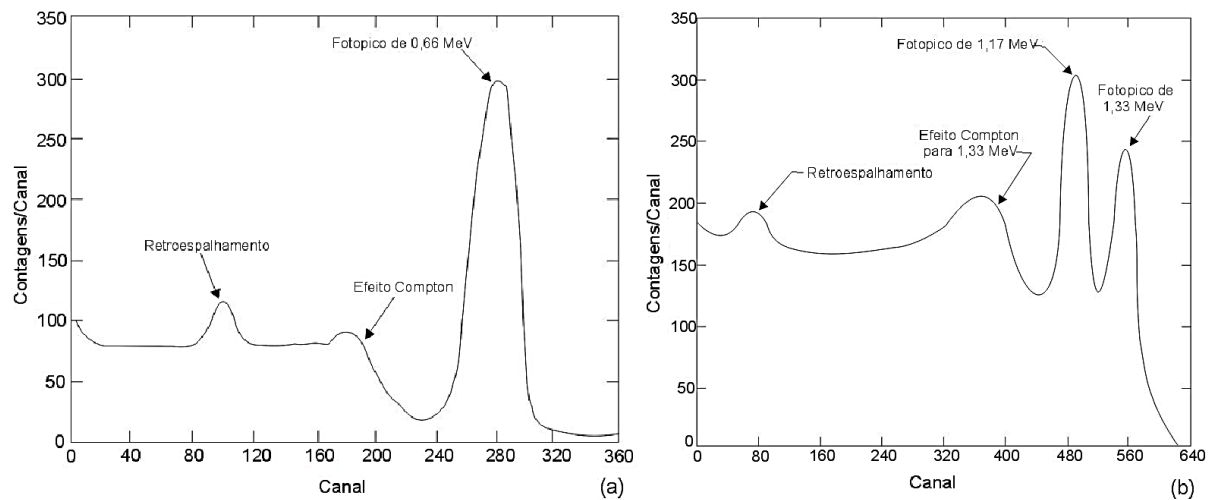
O decaimento do nuclídeo de tório ^{232}Th para o estável ^{208}Pb envolve a emissão de raios gama de 46 níveis discretos de energia, como apresentado na Tabela 5, que pode ser investigada no espectro obtido para a amostra de torita, ilustrado na Figura 26. Os produtos intermediários do decaimento estão listados na Tabela 3 (WARD, 1981).

A pechblenda e a torita são dois minerais importantes para análises gamaespectrométricas, uma vez que contêm elementos radioativos que emitem radiação gama. A pechblenda, por exemplo, é uma variedade de uraninita, um mineral de urânio, que é uma fonte natural de urânio e de outros elementos radioativos da série do urânio, como o tório e o rádio. Já a torita é um mineral que contém tório e outros elementos da série do tório. A utilização desses minerais na análise gamaespectrométrica tem como objetivo determinar as concentrações de elementos radioativos presentes nas amostras, bem como identificar a presença de minerais contendo esses elementos.

Segundo Ward (1981), a análise de radiação gama é uma técnica importante para a determinação da concentração de urânio, tório e outros elementos radioativos em rochas, solos e

sedimentos.

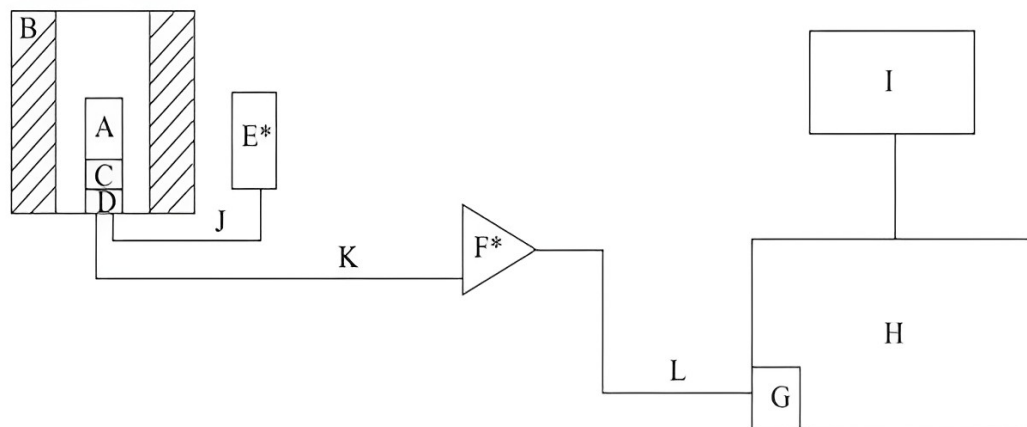
Figura 23 – Espectros gama típicos para (a) ^{137}Cs e (b) ^{60}Co .



Fonte: ORTEC (1984)

Já Santos *et al.* (2018) destacam que a análise de radiação gama é uma ferramenta útil para a avaliação da radioatividade natural em ambientes terrestres, permitindo a identificação de áreas com altos níveis de radiação e a avaliação dos riscos associados a essas áreas, possibilitando a avaliação dos riscos associados à exposição à radiação e contribuindo para a compreensão da distribuição e comportamento desses elementos na natureza.

Figura 24 – Sistema Espectrométrico gama instalado no LABIDRO.



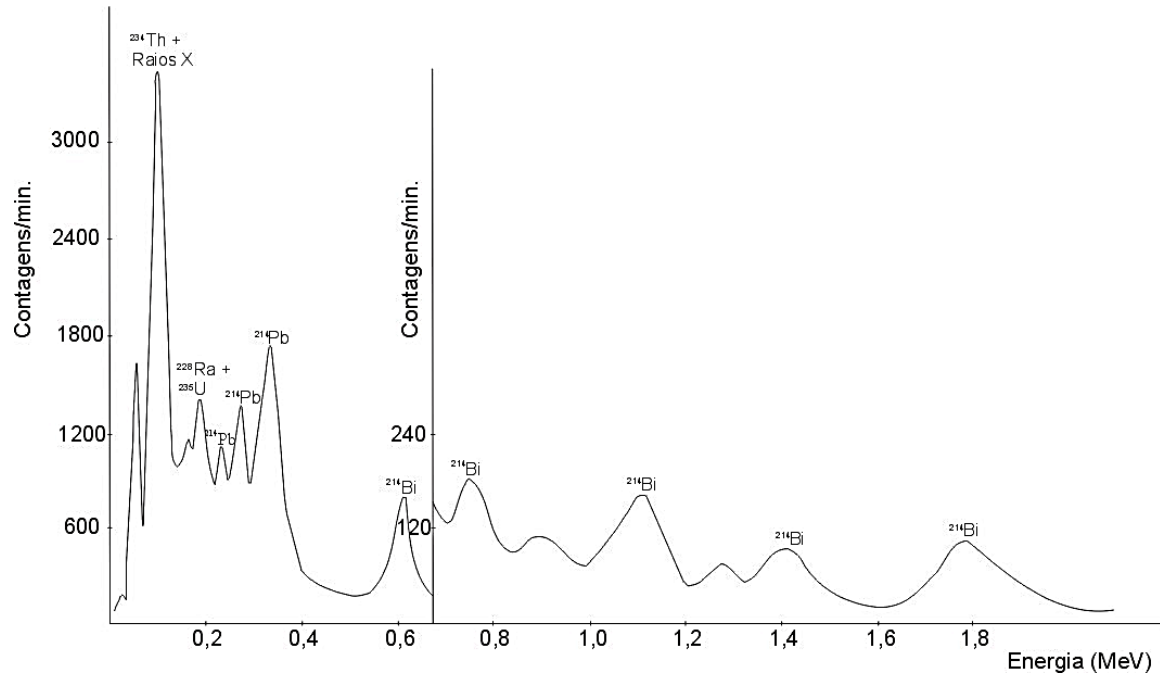
A- NaI(Tl) 3"x3" crystal; **B-** Lead shielding; **C-** Photomultiplier; **D-** Pre amplifier;
E- HV power supply (1000V); **F-** Amplifier; **G-** ASPEC MCA (ORTEC Model 927);
H- Microcomputer; **I-** Printer; **J, K and L-** Cables; * NIM BIN

Fonte: vetorizado de Barbosa (2016)

O núcleo do elemento químico tório-232 (^{232}Th) passa por um processo de decaimento radioativo e se transforma no elemento estável chumbo-208 (^{208}Pb) por meio de produtos intermediários, conforme descrito na Tabela 3. Durante esse processo, 46 raios gama de diferentes

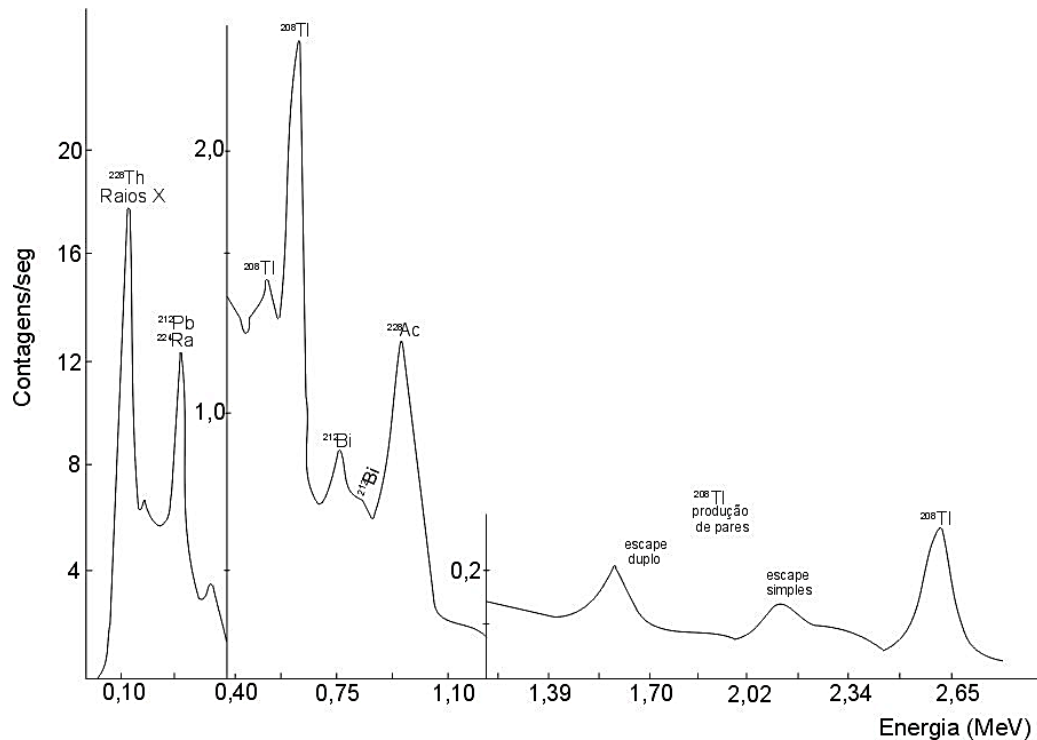
níveis discretos de energia são emitidos. As principais transições desses raios gama são apresentadas na Tabela 5 (WARD, 1981) e podem ser observadas no espectro obtido a partir de uma amostra de torita, como ilustrado na Figura 26.

Figura 25 – Espectro gama de amostra de pechblenda.



Fonte: adaptado de Adams e Gasparini (1970)

Figura 26 – Espectro gama de amostra de torita.

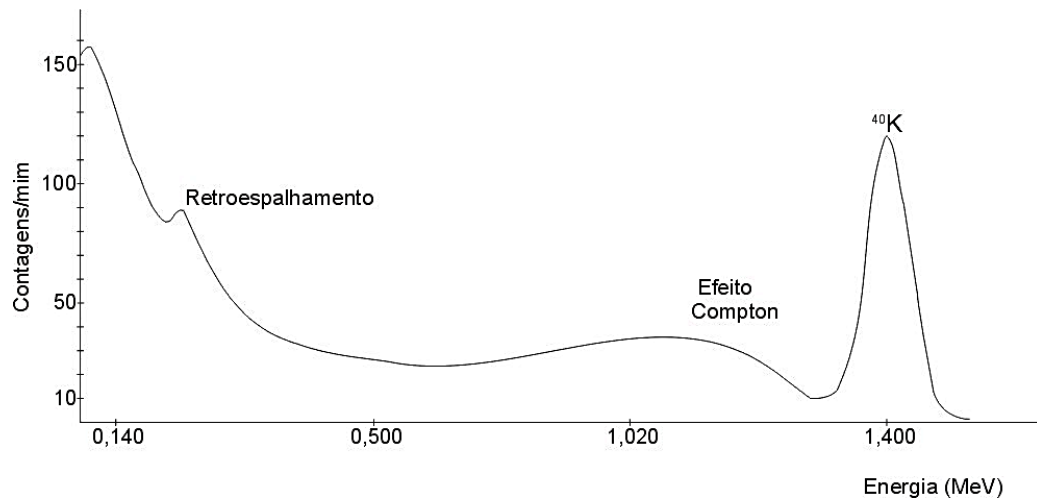


Fonte: adaptado de Adams e Gasparini (1970)

Como mencionado anteriormente, o isótopo de potássio ^{40}K emite raios gama de 1,46 MeV por meio de captura eletrônica. Adams Gasparini (1970) apresentaram um espectro obtido

para uma amostra de KCl, ilustrando claramente a emissão de raios gama pelo ^{40}K . A Figura 27 mostra o espectro obtido naquele estudo.

Figura 27 – Espectro gama do ^{40}K obtido para amostra de KCl.



Fonte: adaptado de Adams e Gasparini (1970)

Tabela 5 – Principais transições gama na série radioativa natural do ^{238}U , segundo Ward (1981).

Nuclídeo	Meia-vida	Energia de cada quantum (MeV)	Número de quanta por evento de decaimento
^{228}Ac	6,1 horas	0,960	0,100
^{212}Pb	10,6 horas	0,239	0,470
^{208}Tl	3,1 min.	2,620	0,337
		0,583	0,293

Para determinar as janelas espectrais apropriadas para a gamaespectrometria do U , Th e K , é preciso selecionar emissões gama que não se sobreponham e estejam relacionadas a diferentes radioelementos. Essa seleção deve atender aos requisitos descritos na Tabela 6.

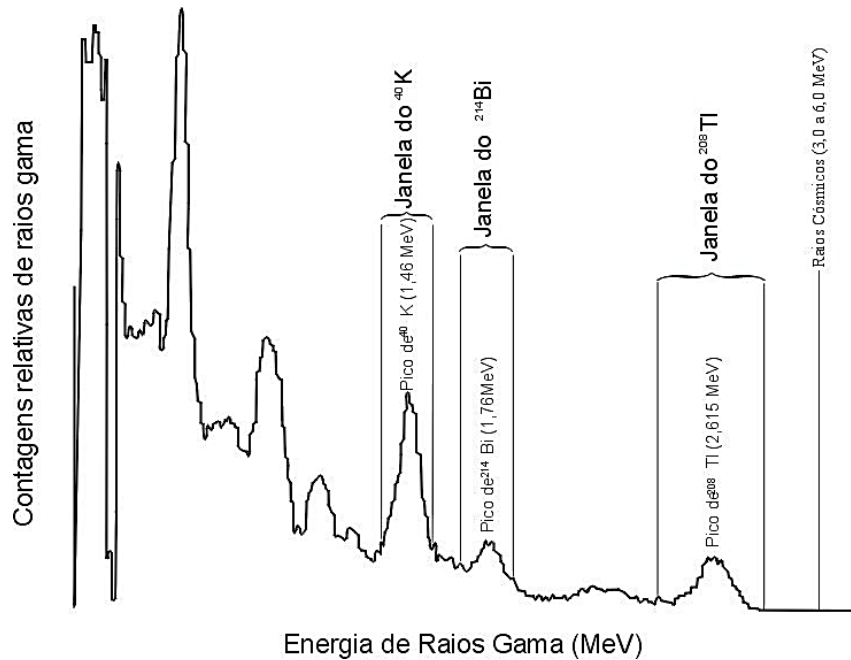
Tabela 6 – Janelas espectrais comumente utilizadas para medidas gamaespectrométricas na investigação de urânio, tório e potássio.

Intervalo de Energia (MeV)	Radioelemento	Radioisótopo e emissão gama monitorada (MeV)
1,36 - 1,56	Potássio (K)	^{40}K (1,46)
1,66 - 1,86	Urânio (eU)	^{214}Bi (1,76)
2,42 - 2,82	Tório (eTh)	^{208}Tl (2,62)

Na espectrometria gama convencional, os nuclídeos medidos são o ^{40}K , o ^{214}Bi e o ^{208}Tl , e os resultados são normalmente expressos em termos de taxas de contagem. No entanto, é preferível expressar os resultados em termos de concentrações equivalentes de urânio e tório, utilizando os prefixos ' eU ' e ' eTh ' (KILLEEN, 1979). Essas determinações são baseadas no pressuposto de que há equilíbrio radioativo entre o ^{238}U e o ^{232}Th e seus descendentes nas séries de decaimento correspondentes.

Quando urânio, tório e potássio estão presentes em um espectro, ele se assemelha ao apresentado na Figura 28. As linhas individuais são alargadas nos picos devido à utilização de um cristal de baixa resolução de NaI(Tl) no sistema de detecção.

Figura 28 – Espectro de raios gama sobre fonte mista de *U*, *Th* e *K*.

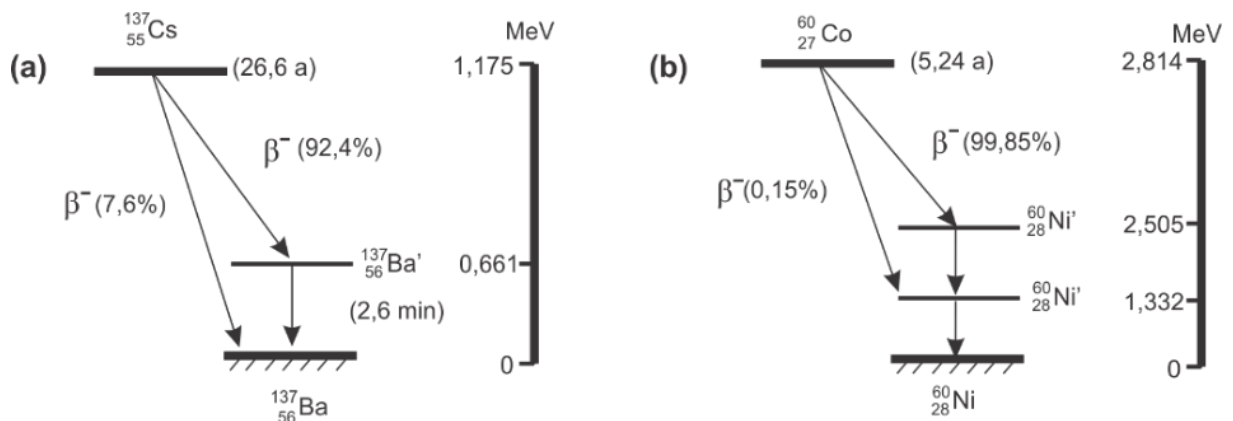


Fonte: adaptado de Ward (1981)

4.1.4 Calibração do sistema em energia

Com a finalidade de tornar a leitura espectrométrica exequível, procede-se uma calibração do sistema gamaespectrométrico utilizado. No presente trabalho foram utilizadas fontes monoenergéticas de energia conhecida, como o ^{137}Cs e o ^{60}Co (Figura 29).

Figura 29 – Esquema de decaimento do (a) ^{137}Cs e (b) ^{60}Co .



Fonte: vetorizado por Barbosa (2016)

As Figuras 30 e 31 apresentam os espectros obtidos a partir de fontes de ^{137}Cs e ^{60}Co , respectivamente, e os dados utilizados para calibrar o sistema estão listados na Tabela 7. Para

analisar os núclídeos de interesse neste trabalho (^{40}K , ^{214}Bi e ^{208}Tl) foram realizadas leituras em amostras de pechblenda, areia monazítica e KCl, em espectrômetros de bancada, resultando nos espectros mostrados nas Figuras 32, 33 e 34. Com base nesses resultados, a Tabela 8 foi construída, representando a energia e canal de ocorrência dos núclídeos de interesse. Utilizando as informações das Tabelas 7 e 8, a curva de calibração para o sistema gamaespectrométrico foi traçada, como ilustrado na Figura 35, a fim de realizar as leituras.

Tabela 7 – Calibração em energia para o sistema utilizado.

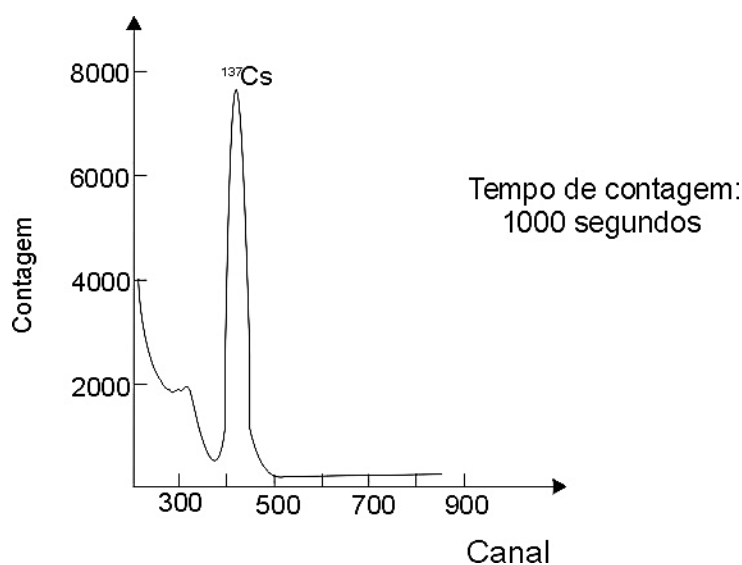
Núclídeo	Canal	Energia(MeV)
^{137}Cs	416	0,661
^{60}Co	736	1,173
^{60}Co	832	1,332
^{60}Co	1568	2,405

Tabela 8 – Dados obtidos para os núclídeos de interesse, baseados em fontes de urânio, tório e potássio.

Núclídeo	Canal	Energia(MeV)
^{40}K	876	1,46
^{214}Bi	1000	1,76
^{208}Tl	1485	2,62

É importante destacar que a determinação de eTh foi realizada utilizando o ^{208}Tl , que emite radiação gama de 2,62 MeV. Para a criação da curva de calibração, o 'pico soma' do ^{60}Co foi utilizado. Esse pico é observado quando ocorrem transições nucleares coincidentes, ou seja, quando a meia-vida de um nível intermediário de energia é menor que o tempo de resposta do detector.

Figura 30 – Espectro gama obtido para fonte de ^{137}Cs .

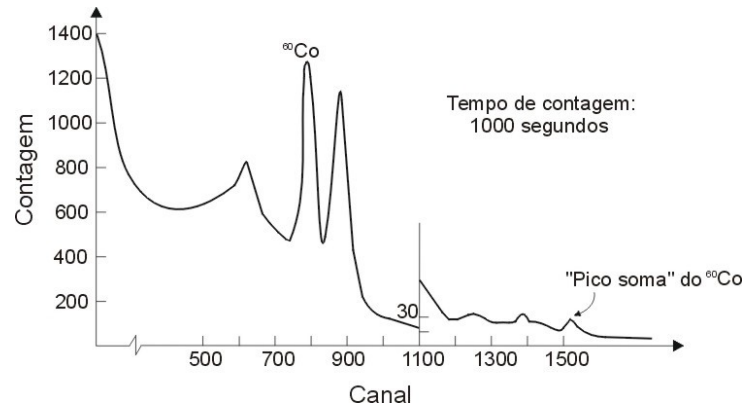


Fonte: adaptado de Duarte (2002)

No caso de duas transições, como as verificadas para o ^{60}Co , pode-se observar um pico para cada uma delas, além do 'pico soma', que corresponde à soma das energias das duas

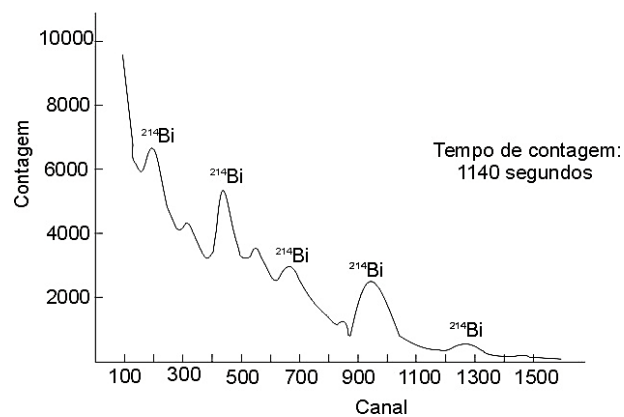
transições nucleares e pode ser observado na distribuição de altura de pulsos. A Figura 31 apresenta o espectro do ^{60}Co , mostrando a ocorrência do 'pico soma'.

Figura 31 – Espectro gama obtido para fonte de ^{60}Co , com a presença do pico soma.



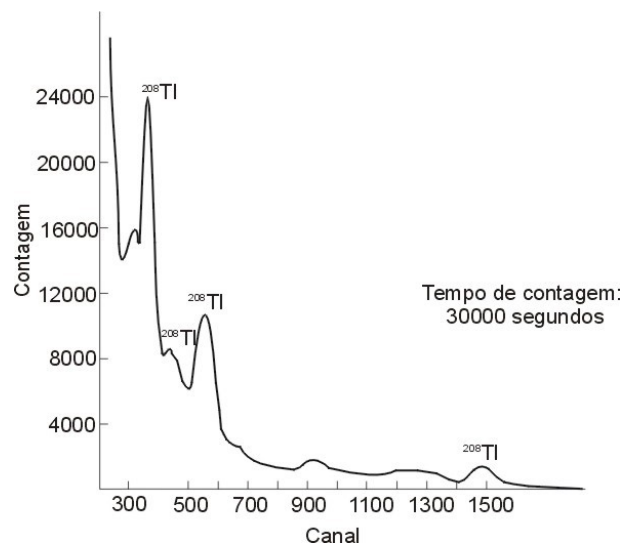
Fonte: adaptado de Duarte (2002)

Figura 32 – Espectro gama obtido para pechblenda contendo 1% de U .



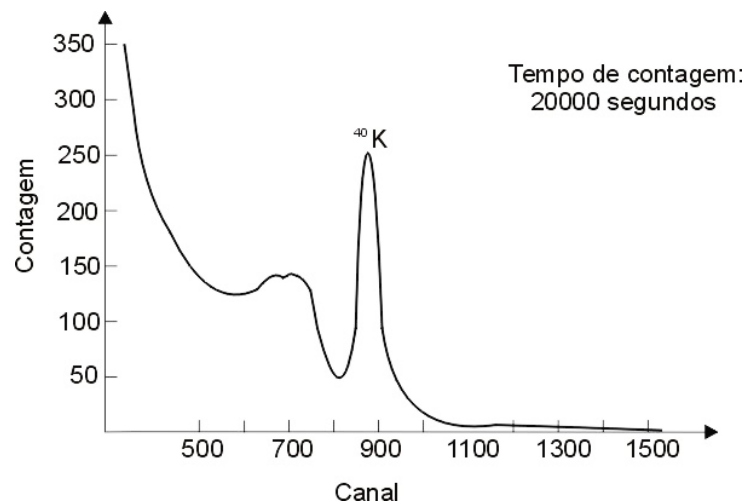
Fonte: adaptado de Duarte (2002)

Figura 33 – Espectro gama obtido para areia monazítica contendo 1% de Th e 0,004% de U .



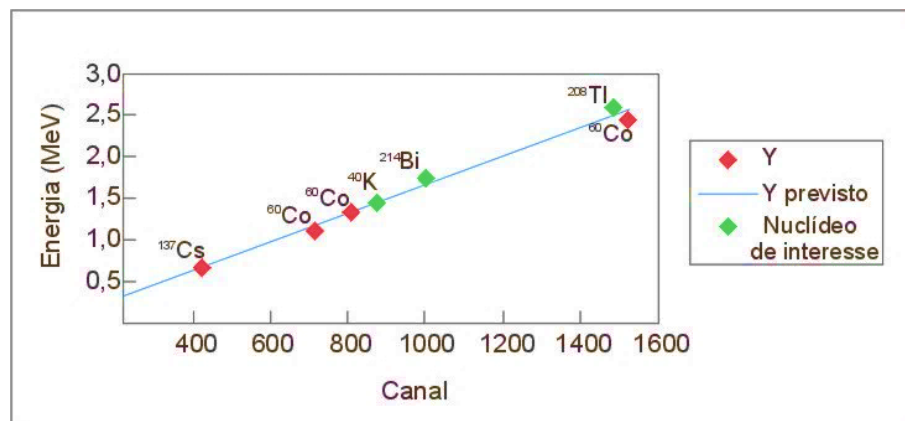
Fonte: adaptado de Duarte (2002)

Figura 34 – Espectro gama obtido para KCl.



Fonte: adaptado de Duarte (2002)

Figura 35 – Calibração em energia do espectrômetro gama utilizado.



Fonte: adaptado de Duarte (2002)

4.1.5 Calibração do sistema em concentração

Foi realizada a calibração do sistema gamaespectrométrico utilizado para a determinação de concentrações. Para isso, foram utilizados padrões com concentrações conhecidas dos nuclídeos de interesse, conforme apresentado na Tabela 9.

Os padrões utilizados para medir a concentração de urânio foram adquiridos do “*New Brunswick Laboratory*” do “*U.S. Department of Energy Argonne*”, localizado em Illinois, nos Estados Unidos. Esses padrões consistem de amostras de pechblenda com códigos *NBL – 101 – A*, *NBL – 102 – A*, *NBL – 103 – A*, *NBL104 – A*, *NBL – 105 – A*, *NBL – 106 – A* e *NBL – 107 – A*.

A taxa de contagem no fotopico do ^{214}Bi foi determinada para essas amostras, subtraindo-se as contagens totais na região do pico das contagens da radiação de fundo na mesma região. O tempo de contagem também foi considerado na determinação da taxa de contagem. Essa análise foi realizada utilizando-se um sistema espectrométrico, conforme ilustrado na Figura 24.

Os resultados obtidos por Duarte (2002) estão apresentados na Tabela 10, e a intensidade efetiva da amostra foi expressa como taxa de contagem por massa na última coluna da tabela.

A partir desses resultados, foi possível traçar a curva de calibração da concentração de urânio (C_U) em função da intensidade efetiva (I_U), que é linear e pode ser expressa pela equação 4.2 apresentada na Figura 36.

$$\log(C_U) = 1,057. (\log I_U) + 2,578 \quad (4.2)$$

Tabela 9 – Descrição dos padrões utilizados na calibração e aplicação de outros procedimentos adotados neste trabalho (adaptado de Duarte (2002)).

Padrão	Código	Composição	Massa	Concentração
K				
K – 1	LII – KCL – 1	61,5 g de KCl		52%
K – 2	LII – KCL – 2	54,16 g de sílica 28,9 g KCl	83,06 g	25%
K – 3	LII – KCL – 3	80,12 g de sílica 5,80 g de KCl	85,92 g	5%
K – 4	LII – KCL – 4	82,11 g de sílica 2,90 g de KCl	85,01 g	2,5%
K – 5	LII – KCL – 5	84,72 g de sílica 0,5 g de KCl	85,22 g	0,5%
K – 6	LII – KCL – 6	50 g de sílica	50 g	0%
U				
U – 1	NBL – 101 – A	Pechblenda e SiO ₂	50 g	10.070 ppm
U – 2	NBL – 102 – A	Pechblenda e SiO ₂	50 g	1.025 ppm
U – 3	NBL – 103 – A	Pechblenda e SiO ₂	50 g	499 ppm
U – 4	NBL – 104 – A	Pechblenda e SiO ₂	48,96 g	98,8 ppm
U – 5	NBL – 105 – A	Pechblenda e SiO ₂	50 g	10,2 ppm
Th				
Th – 1	NBL – 106 – A	Areia Monazítica e SiO ₂	50 g	1% Th (10.290 ppm) 0,04% U (400 ppm)
Th – 2	NBL – 107 – A	Areia Monazítica e SiO ₂	50 g	0,1% Th (1.028 ppm) 0,004% U (40 ppm)
Th – 3	NBL – 108 – A	Areia Monazítica e SiO ₂	50 g	0,05% Th (515 ppm) 0,002% U (20 ppm)
Th – 4	NBL – 109 – A	Areia Monazítica e SiO ₂	48,96 g	0,01% Th (105,2 ppm) 0,0004% U (4 ppm)
Th – 5	NBL – 110 – A	Areia Monazítica e SiO ₂	50 g	0,001% Th (10,4 ppm) 0,00004% U (0,4 ppm)
Th – 6	LII – Th – 1	Areia Monazítica e SiO ₂	50 g	0,0005% Th (5 ppm)
Th – 7	LII – Th – 2	Areia Monazítica e SiO ₂	50 g	0,00025% Th (2,5 ppm)
Th – 8	LII – Th – 3	Areia Monazítica e SiO ₂	50 g	0,000125% Th (1,25 ppm)

Para a medição da concentração de tório, foi utilizada a areia monazítica adquirida junto ao “New Brunswick Laboratory” do “U.S. Department of Energy”, nos Estados Unidos.

Essa areia tinha os códigos *NBL – 106 – A*, *NBL – 107 – A*, *NBL – 108 – A*, *NBL – 109 – A* e *NBL – 110 – A*. Além disso, foi utilizado um padrão elaborado no LABIDRO a partir de uma amostra de sedimento de corrente proveniente do Morro do Ferro em Poços de Caldas, MG.

Os resultados da leitura espectrométrica para os padrões NBL estão apresentados na Tabela 10 e foram utilizados para traçar a curva de calibração da concentração de tório (C_{Th}) em função da intensidade efetiva (I_{Th}), expressa pela equação 4.3 apresentada na Figura 37.

$$\log(C_{Th}) = 1,075.(\log I_{Th}) + 3,273 \quad (4.3)$$

Tabela 10 – Parâmetros utilizados para a construção das curvas de calibração em concentração dos núclídeos de interesse (DUARTE, 2002).

Código do Padrão	Massa (g)	Conc.* []	Tempo de contagem (min)	Número de Contagens	Taxa de Contagem (cpm)**	Intensidade efetiva (cpm.g ⁻¹)
<i>U</i>						
<i>NBL – 101 – A</i>	50,00	10000	358,12	251247	701,58	14,031
<i>NBL – 102 – A</i>	50,00	1000	220,62	26163	118,59	2,372
<i>NBL – 103 – A</i>	50,00	500	1435,4	77245	53,81	1,076
<i>NBL – 106 – A</i>	50,00	400	575,32	57672	100,24	2,005
<i>NBL – 104 – A</i>	48,6	100	1023,92	10711	10,46	0,213
<i>NBL – 107 – A</i>	50,00	40	1273,27	15366	12,07	0,241
<i>NBL – 105 – A</i>	50,00	10	2695,88	3024	1,12	0,022
<i>Th</i>						
<i>NBL – 106 – A</i>	50,00	10000	575,32	109200	189,808	3,796
<i>NBL – 107 – A</i>	50,00	1000	1273,27	36561	28,714	0,574
<i>NBL – 108 – A</i>	50,00	500	1439,77	23545	16,353	0,327
<i>NBL – 109 – A</i>	48,96	100	1089,25	3683	3,381	0,069
<i>NBL – 110 – A</i>	50,00	10	2613,52	1051	0,402	0,008
<i>LII – Th – 1</i>	50,00	5	1409,53	424	0,301	0,006
<i>LII – Th – 2</i>	50,00	2,5	1461,10	133	0,091	0,002
<i>K</i>						
<i>LII – KCl – 1</i>	61,05	52	530,4	70536	132,986	2,178
<i>LII – KCl – 2</i>	83,06	25	484,62	29854	61,603	0,741
<i>LII – KCl – 3</i>	85,92	5	979,20	11712	11,961	0,139
<i>LII – KCl – 4</i>	85,01	2,5	1020,92	7053	6,908	0,081
<i>LII – KCl – 5</i>	85,22	0,5	1769,57	2304	1,302	0,0153

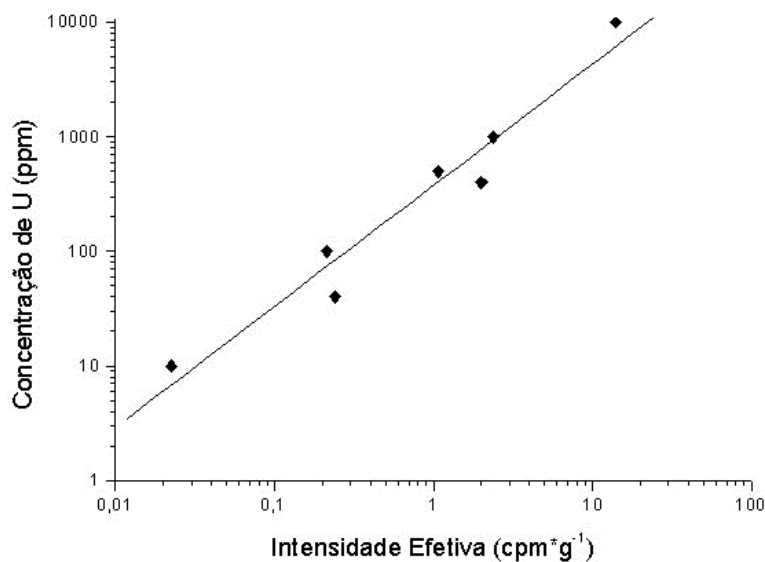
* *U* e *Th* em ppm (partes por milhão) e *K* em %

** cpm - contagens por minuto

Para a determinação da concentração de potássio, utilizou-se KCl (P.A.) puro com uma concentração de 52% de *K* (código *LII – KCl – 1*). Foi realizada a mistura e homogeneização com sílica pura, adicionando 54,16g de sílica a 28,9g de KCl (código *LII – KCl – 2*), 80,12g

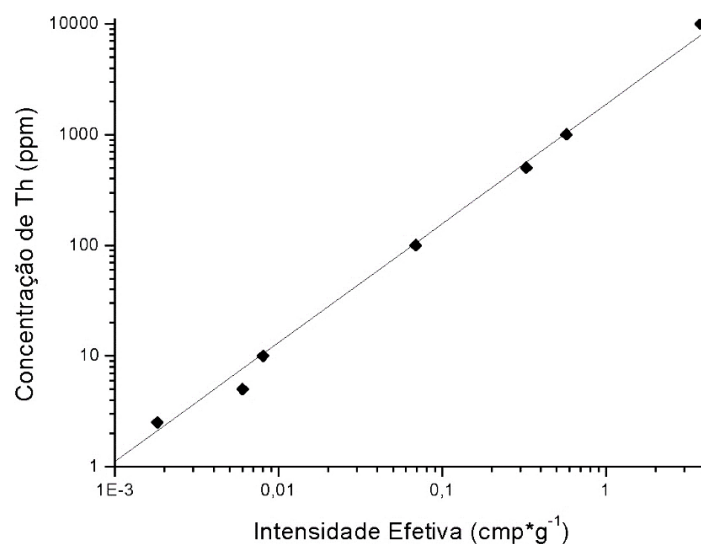
de sílica a 5,80g de KCl (código *LII – KCl – 3*), 82,11g de sílica a 2,90g de KCl (código *LII – KCl – 4*) e 84,72g de sílica a 0,5g de KCl (código *LII – KCl – 5*).

Figura 36 – Curva de calibração do *U* em concentração.



Fonte: adaptado de Duarte (2002)

Figura 37 – Curva de calibração do *Th* em concentração.



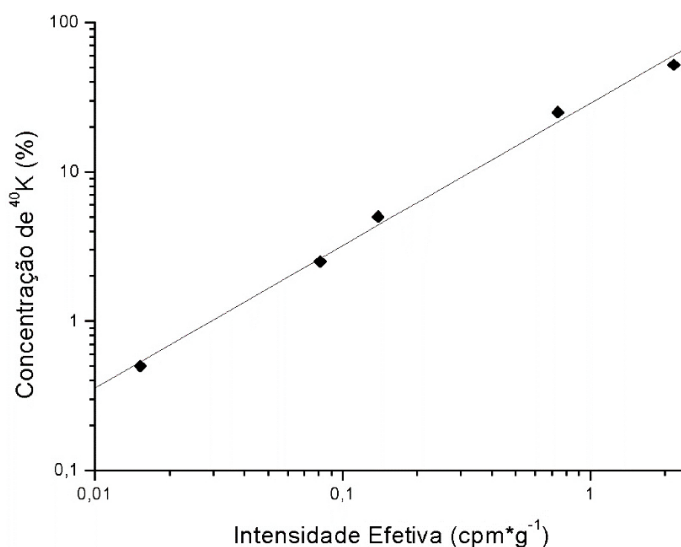
Fonte: adaptado de Duarte (2002)

Assim como para os outros dois nuclídeos, os parâmetros relativos ao fotopico ⁴⁰K para esses 'padrões' foram determinados no sistema espectrométrico ilustrado na Figura 24, e os resultados obtidos (equação 4.4) estão na Tabela 10.

A partir desses resultados, foi possível traçar a curva de calibração em concentração para o potássio (C_K) em função da intensidade efetiva (I_K), expressa pela equação 4.4 apresentada na Figura 38, descrita por:

$$\log(C_K) = 0,953 \cdot (\log I_K) + 1,459 \quad (4.4)$$

Figura 38 – Curva de calibração do K em concentração.



Fonte: adaptado de Duarte (2002)

4.1.6 Nível Crítico de Detecção

Em algumas amostras, a taxa de contagem em um pico de interesse foi baixa, o que exigiu a verificação de se o sinal encontrado correspondia realmente à detecção do pico devido ao radionuclídeo. Para realizar essa verificação, foi empregado o nível crítico (L_C), estabelecido por Currie (1968), que serve como base para a decisão estatística a posteriori. Para determinar o valor de L_C (em número de contagens) para cada amostra, é necessário fazer leituras da radiação de fundo nas regiões dos picos de interesse, ou seja, ^{40}K , ^{214}Bi e ^{208}Tl . Para isso, as medidas da radiação de fundo nessas regiões serão usadas na expressão de Currie (1968).

$$L_C = \frac{N_B + (2,33 \cdot \sqrt{N_B})}{t} \quad (4.5)$$

O artigo de Duarte (2002) apresenta os parâmetros utilizados para a análise das amostras, incluindo L_C (limite crítico), L_D (limite de detecção), N_B (número de contagens da radiação de fundo para cada janela de interesse) e t (tempo em minutos de cada aquisição de dados). Os valores dos limites de detecção calculados foram comparados com as contagens dos padrões utilizados na calibração do detector de NaI(Tl), a fim de identificar as emissões gama provenientes dos padrões analisados.

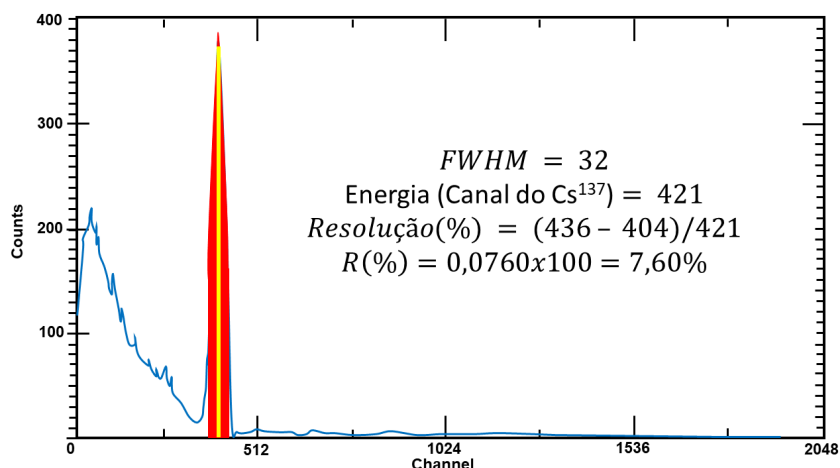
Quando as contagens líquidas no pico excederam L_C , foi considerado que o radionuclídeo de interesse foi detectado na amostra. Caso contrário, foi estabelecido o limite de detecção L_D (CURRIE, 1968) em número de contagens, utilizando a equação correspondente.

$$L_D = \frac{N_B + (2,71 + 4,61 \cdot \sqrt{N_B})}{t} \quad (4.6)$$

4.1.6.1 Resolução do Sistema Utilizado

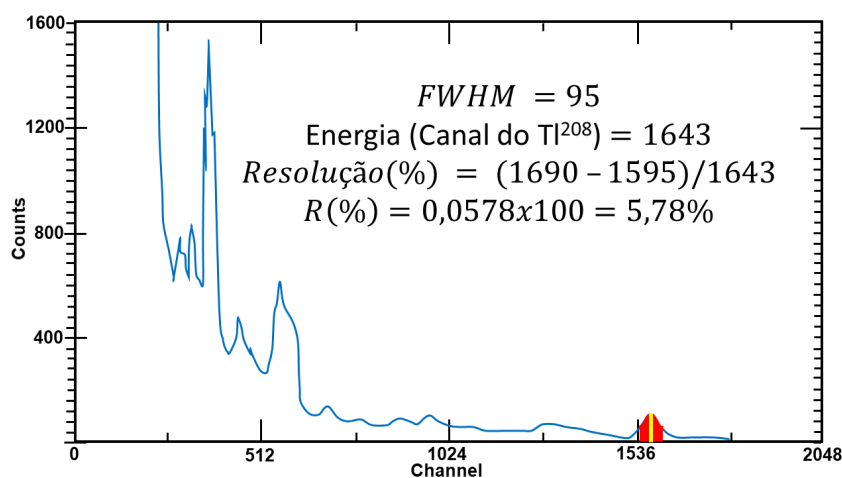
A resolução do detector NaI(Tl) foi avaliada por meio da análise dos fotopicos de energia conhecida do ^{137}Cs e do ^{208}Tl , apresentados nas Figuras 39 e 40. Verificou-se que a resolução obtida para o fotopico de 661 keV do ^{137}Cs foi de 7,60%, a qual está de acordo com o intervalo de 6 – 7,5% relatado em outros estudos sobre a resolução deste tipo de cintilador.

Figura 39 – Resolução do cristal 2"x2" NaI(Tl) para a energia de 0,661 MeV do ^{137}Cs .



Fonte: autoria própria

Figura 40 – Resolução do cristal 2"x2" NaI(Tl) para a energia de 2,61 MeV do ^{208}Tl (^{232}Th).



Fonte: autoria própria

4.1.6.2 Fotopicos de Interesse para o NaI(Tl)

Os picos de interesse correspondem aos intervalos entre os canais (*eixo X*) do espectro gerado, que são utilizados para integrar o número de contagens de cada um dos três radioelementos de interesse. Além disso, o intervalo total de contagem também pode ser utilizado com base nas janelas padrões de energia gama recomendadas para o mapeamento de radioelementos naturais (SURVEYING, 1991). A calibração em energia permitiu a determinação dos intervalos mencionados na Tabela 11.

Tabela 11 – Intervalo em canais dos fotopicos de interesse com base nas janelas de energia indicadas pela Surveying (1991).

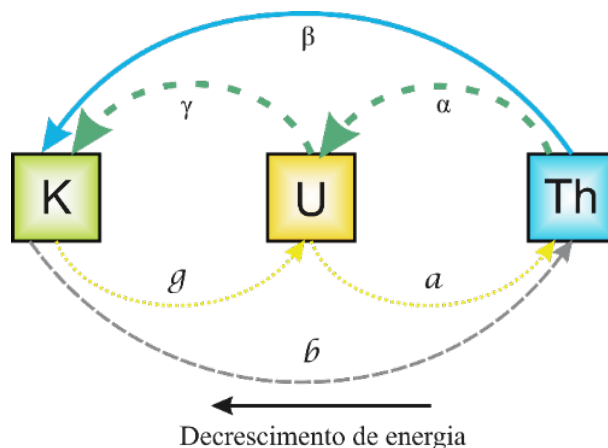
Janela (Window)	Nuclídeo	Faixa de Energia (MeV)	Canais (Channel)
Potássio	^{40}K	1,370 – 1,570	803 – 926 836 – 986
Urânio	^{214}Bi	1,660 – 1,860	980 – 1142 1040 – 1202
Tório	^{208}Tl	2,410 – 2,810	1490 – 1682 1550 – 1742

4.1.7 Cálculo das concentrações do espectrômetro NaI(Tl)

Para converter as taxas de contagem obtidas nas janelas do *K*, *U* e *Th* em concentrações, foi utilizado o método de correção de *stripping*, que permite determinar as taxas líquidas de contagem dos radioelementos em cada janela sem a interferência das outras (DARNLEY *et al.*, 1986). Esse procedimento envolve a determinação de dois conjuntos de constantes de calibração: as razões de *stripping* (coeficientes de espalhamento Compton) e as constantes de sensibilidade de cada uma das três janelas correspondentes a cada radioelemento (*K*, *U* e *Th*).

As razões de *stripping* são obtidas comparando as contagens detectadas em uma janela em relação às contagens detectadas em outra janela quando uma fonte pura de urânio, tório ou potássio é utilizada (Figura 41).

Figura 41 – Esquema representativo das interações entre as janelas de K , U e Th . A interferência entre janelas de energia denominado fator de *stripping* é usada para remover a interferência segundo as setas indicadas acima. Comumente são usados os fatores de *stripping* α , β e γ . Os fatores a , b e g são, geralmente, pequenos ou nulos e por isso, normalmente, são ignorados.



Fonte: adaptado de Gomes (2003)

A concentração é então determinada através da relação entre as taxas de contagem nas janelas e as sensibilidades das janelas. As sensibilidades das janelas são expressas como contagens por minuto em cada janela por unidade de concentração e são dependentes da eficiência do instrumento, do seu limiar de discriminação, do tamanho do detector e da geometria da medida.

A notação adotada para a correção de *stripping* é a seguinte: α , β e γ são as taxas de contagem em uma janela de energia mais baixa em relação às de uma janela de energia mais alta, enquanto as razões de *stripping* reversas a , b e g são as taxas de contagem em uma janela de energia mais alta em relação às de uma janela de energia mais baixa. As razões de *stripping* e as sensibilidades das janelas são geralmente determinadas por meio de medidas em blocos de concreto de calibração.

4.1.7.1 Equações de Calibração

Para realizar a calibração, primeiramente foram definidos intervalos de energia, também chamados de janelas espectrais, em torno dos picos de absorção total de energia dos radionuclídeos naturais ^{40}K , ^{214}Bi e ^{208}Tl . Essas janelas foram selecionadas de forma a abranger uma fração significativa da área de cada pico de absorção total, ao mesmo tempo em que se minimiza a interferência de picos de absorção total vizinhos ao pico de interesse. Além dessas janelas, foi definida uma janela de contagem total, que cobre quase todo o intervalo de energia correspondente aos espectros dos radionuclídeos naturais.

Ao expor o espectrômetro a uma fonte de radiação, cada janela espectral acumula, durante um período de tempo de integração, as contagens relacionadas ao pico de absorção total do radionuclídeo correspondente presente na fonte, contagens associadas ao espalhamento Compton de fótons gama de maior energia e contagens associadas à radiação de fundo. A janela de contagem total acumula as contagens de todo o espectro.

A taxa de contagem bruta em cada janela espectral ($n_{total\ bruta}$, nK_{bruta} , nU_{bruta} e nTh_{bruta}) é definida como o número de contagens acumuladas dividido pelo tempo de integração. Já a taxa de contagem associada à radiação de fundo em cada janela espectral ($n_{total\ fundo}$, nK_{fundo} , nU_{fundo} e nTh_{fundo}) é estimada por meio da exposição do espectrômetro a uma fonte estéril. A diferença entre as taxas de contagem brutas e as taxas de contagem de fundo resulta nas taxas de contagem com fundo removido (n_{total} , nK , nU e nTh).

4.1.7.2 O método de remoção dos fatores de interferência

O método consiste na aplicação da regressão linear múltipla para determinar como cada fator de interferência contribui para a radioatividade observada. Com base nos resultados da regressão, é possível calcular a radioatividade corrigida para a amostra, eliminando os efeitos dos fatores de interferência sobre os intervalos de interesse nos espectros gama.

Esse método é muito importante e usual pois permite a retificação quantitativa da interferência que pode distorcer a medição da radioatividade em uma amostra. Isso é especialmente importante em aplicações ambientais e de exploração mineral, onde a precisão na medição da radioatividade é crucial. No método de remoção dos fatores de interferência, as equações para se determinar os coeficientes de calibração de um espectrômetro gama têm a seguinte estrutura:

$$(nTh)_{liq} = (nTh) - a(nU)_{liq} - b(nK)_{liq} \quad (4.7)$$

$$(nU)_{liq} = (nU) - \alpha(nTh)_{liq} - g(nK)_{liq} \quad (4.8)$$

$$(nK)_{liq} = (nK) - \gamma(nU)_{liq} - \beta(nTh)_{liq} \quad (4.9)$$

As taxas de contagens líquidas $(nTh)_{liq}$, $(nU)_{liq}$ e $(nK)_{liq}$ correspondem às contagens que formam cada um dos picos de absorção total sem nenhuma outra interferência, conforme descrito por Strobino (2006). As equações 4.7, 4.8 e 4.9 estabelecem que a interferência de um espectro sobre as outras duas janelas espectrais é proporcional a área do seu pico de absorção total. As constantes α e β são os fatores de interferência do espectro do tório sobre as janelas do urânio e do potássio, respectivamente, enquanto γ é a constante de correção da interferência do espectro do urânio sobre a janela do potássio, e a é a constante de interferência do espectro do urânio sobre a janela do tório.

Como o espectro natural do urânio apresenta um pico de absorção total de baixa intensidade no intervalo de energias correspondentes à janela espectral do tório, presume-se que o fator de interferência a seja pequeno. Os fatores g e b representam, respectivamente, as interferências do espectro do potássio sobre as janelas do urânio e do tório. No entanto, como o potássio tem um espectro gama monoenergético, com um pico de energia total muito menor do que as energias dos picos de absorção total do ^{214}Bi e do ^{208}Tl , espera-se que esses fatores sejam iguais a zero.

A conversão das taxas de contagens líquidas em concentrações de potássio (C_K), urânio (C_U) e tório (C_{Th}) é realizada por meio das constantes de sensibilidade das janelas espectrais (S_K), (S_U) e (S_{Th}), conforme a seguinte equação:

$$C_i = \frac{n_{i,liq}}{S_i}, \quad i = K, U, Th \quad (4.10)$$

onde:

$(n_i)_{liq}$ = taxa de contagens líquidas do elemento i , e

S_i = constante de sensibilidade da janela espectral correspondente ao elemento i .

Essas informações foram descritas por Strobino (2006) e são importantes para o cálculo das concentrações de elementos em um dado material.

4.1.7.3 O método do Sistema Linear

As equações utilizadas para calcular as constantes de calibração de um espectrômetro portátil através do método do sistema linear podem ser diretamente derivadas das equações do método dos fatores de interferência. Esse método permite relacionar as taxas de contagem, com o fundo removido, às concentrações de tório, urânio e potássio na seguinte forma matricial:

$$\begin{bmatrix} n_K \\ n_U \\ n_{Th} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{K,K} & \alpha_{K,U} & \alpha_{K,Th} \\ \alpha_{U,K} & \alpha_{U,U} & \alpha_{U,Th} \\ \alpha_{Th,K} & \alpha_{Th,U} & \alpha_{Th,Th} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_K \\ C_U \\ C_{Th} \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

onde a matriz do sistema representa os coeficientes de interferência entre as janelas espectrais.

Comparando-se as equações 4.7 - 4.10 com a matriz do sistema da equação 4.11 temos:

$$\alpha = \frac{\alpha_{U,Th}}{\alpha_{Th,Th}} \quad (4.12)$$

$$\beta = \frac{\alpha_{K,Th}}{\alpha_{Th,Th}} \quad (4.13)$$

$$\gamma = \frac{\alpha_{K,U}}{\alpha_{U,U}} \quad (4.14)$$

$$a = \frac{\alpha_{Th,U}}{\alpha_{U,U}} \quad (4.15)$$

$$b = \frac{\alpha_{Th,K}}{\alpha_{K,K}} \quad (4.16)$$

$$g = \frac{\alpha_{U,K}}{\alpha_{K,K}} \quad (4.17)$$

$$S_K = \alpha_{K,K} \quad (4.18)$$

$$S_U = \alpha_{U,U} \quad (4.19)$$

$$S_{Th} = \alpha_{Th,Th} \quad (4.20)$$

Das equações 4.16 e 4.17, espera-se que os coeficientes $\alpha_{(Th,K)}$ e $\alpha_{(U,K)}$ sejam nulos. O sistema de equações 4.12 a 4.20 consiste em uma forma conveniente de se obter os fatores de interferência (α , β , γ e a) e as sensibilidades das janelas (S_K , S_U e S_{Th}) quando se dispõem de padrões de calibração mistos. Uma alternativa para a calibração de um espectrômetro gama sem o cálculo dos fatores de interferência e das sensibilidades é escrever formalmente o inverso da equação 4.11 na forma:

$$\begin{bmatrix} C_K \\ C_U \\ C_{Th} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{K,K} & \beta_{K,U} & \beta_{K,Th} \\ \beta_{U,K} & \beta_{U,U} & \beta_{U,Th} \\ \beta_{Th,K} & \beta_{Th,U} & \beta_{Th,Th} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_K \\ n_U \\ n_{Th} \end{bmatrix} \quad (4.21)$$

onde os coeficientes $\beta_{(U,K)}$ e $\beta_{(Th,K)}$ também devem ser nulos.

$$\begin{bmatrix} \beta_{K,K} & \beta_{K,U} & \beta_{K,Th} \\ \beta_{U,K} & \beta_{U,U} & \beta_{U,Th} \\ \beta_{Th,K} & \beta_{Th,U} & \beta_{Th,Th} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{K,K} & \alpha_{K,U} & \alpha_{K,Th} \\ \alpha_{U,K} & \alpha_{U,U} & \alpha_{U,Th} \\ \alpha_{Th,K} & \alpha_{Th,U} & \alpha_{Th,Th} \end{bmatrix}^{-1} \quad (4.22)$$

Embora seja mais prático, quando não se deseja obter os fatores de interferência e as sensibilidades, podemos calcular os coeficientes da matriz (Equação 4.22) diretamente a partir dos dados experimentais de calibração.

$$E = \Gamma_K \cdot n_K + \Gamma_U \cdot n_U + \Gamma_{Th} \cdot n_{Th} \quad (4.23)$$

4.1.8 Regressão linear múltipla em Excel

Para realizar a calibração do sistema de detecção dos dados analisados neste trabalho, foi utilizado o *software* Excel - O Microsoft Excel é um editor de planilhas produzido pela Microsoft - que utiliza o método dos mínimos quadrados para realizar a regressão linear. A regressão linear é um procedimento estatístico que busca estabelecer uma equação matemática que descreva o relacionamento entre duas ou mais variáveis. Essa equação pode ser usada para estimar ou prever valores futuros de uma variável com base em valores conhecidos ou supostos de outra variável.

De acordo com Stevenson *et al.* (1986), a correlação mede a força ou grau de relacionamento entre duas variáveis, enquanto a regressão fornece uma equação matemática que descreve esse relacionamento. A regressão analisa dados amostrais para determinar como e se duas ou mais variáveis estão relacionadas entre si em uma população. O resultado desse processo é uma

equação matemática que descreve essa relação e pode ser usada para fazer previsões de valores futuros de uma variável com base em valores conhecidos ou supostos da outra variável (SELL, 2005).

A regressão linear múltipla envolve três ou mais variáveis, sendo uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes, com o objetivo de melhorar a capacidade de previsão em comparação com a regressão linear simples. Quando a regressão múltipla envolve três variáveis, resulta em um plano, e quando envolve ' n ' variáveis, resulta em um hiperplano. No caso deste estudo, temos quatro variáveis envolvidas, portanto, teremos um hiperplano como resultado da regressão.

De acordo com Sell (2005), a regressão é utilizada para diversos fins, incluindo:

- a) a estimativa de valores de uma variável com base em outra variável conhecida,
- b) a explicação dos valores de uma variável a partir dos valores de outra variável, e
- c) a previsão de valores futuros de uma variável. A correlação, por sua vez, mede o grau de associação entre duas variáveis, indicando até que ponto os valores de uma variável estão relacionados com os valores da outra.

A regressão, através da estimativa de parâmetros, demonstra o efeito da variável explicativa (X) sobre a variável dependente (Y), enquanto a correlação mede a associação entre Y e a variável independente X (SELL, 2005).

No contexto da regressão múltipla, a multicolinearidade pode surgir quando duas variáveis explicativas X_1 e X_2 , ou uma delas e as outras incluídas na equação do modelo, apresentam correlação quase perfeita, o que significa que elas medem essencialmente a mesma coisa (MATOS, 2000). Esses aspectos fundamentais relacionados à regressão múltipla serão explorados a seguir:

- O R^2 ajustado é uma medida do grau de ajustamento da equação de regressão múltipla aos dados amostrais. Ele exibe o coeficiente de determinação múltipla, que indica a proporção da variação em Y explicada pela variação em X . Um R^2 próximo a 1 indica um ajuste perfeito, enquanto um valor próximo a 0 indica um ajuste inadequado. O coeficiente de determinação ajustado leva em conta o número de variáveis e o tamanho da amostra. Ele é uma modificação do coeficiente múltiplo de determinação de R^2 e mede a aderência da equação de regressão aos dados amostrais.
- A *variância residual*, S^2 , é uma medida do grau de dispersão entre os valores observados e os valores estimados de Y . O erro-padrão da estimativa é a raiz quadrada de S^2 e representa a dispersão em torno da reta de regressão. É uma medida de dispersão da estimativa do parâmetro indicada pelos dados amostrais.

- A *Estatística F* é utilizada para testar o efeito conjunto das variáveis independentes sobre a dependente. A hipótese nula (H_0) indica que nenhum dos X afeta Y , enquanto a hipótese alternativa (H_1) assegura que, pelo menos, uma das variáveis independentes influenciará a variável dependente Y . O nível de significância para rejeitar a hipótese nula é geralmente escolhido como 0,05. Se o valor da Estatística F for menor que 0,05, a regressão é significativa; se for maior ou igual a 0,05, a regressão não é significativa.
- A *Estatística T* é utilizada para testar se o efeito de cada uma das variáveis independentes sobre a dependente é estatisticamente significativo. O intervalo de confiança é um intervalo dentro do qual o valor verdadeiro do parâmetro populacional cairá, respeitando um determinado nível de confiança. Se a hipótese nula for rejeitada e o valor estimado de “ β_i ” for positivo, zero não pertencerá ao intervalo.
- O *Valor P* é o maior valor de nível de significância para o qual o teste é significativo ou é o maior valor de nível de significância que rejeita a hipótese nula, H_0 . Ele é uma medida de significância global da equação de regressão múltipla e uma boa medida de aderência da equação aos dados amostrais. Para julgar a significância do teste, o *Valor P* é comparado com o nível de significância ou erro tolerado escolhido. A equação de regressão linear múltipla é representada por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \dots + \beta_i.X_i \quad (4.24)$$

onde:

Y = representa a variável dependente,

β_0 = intercepto ou a interseção,

$\beta_1; \beta_2; \dots; \beta_i$ = coeficientes angulares e

$X_1; X_2; \dots; X_i$ = representam as variáveis independentes.

- Um teste de hipótese é um procedimento que usa dados amostrais para determinar se uma hipótese é válida ou não. Uma hipótese é uma afirmação condicional sobre uma população, e existem dois tipos de hipóteses:

Figura 42 – Análise de regressão linear múltipla do *software* Excel com uma breve descrição de cada parâmetro fornecido.

<i>Estatística de regressão</i>		
R múltiplo	0,931173872	= raiz quadrada de R^2
R-Quadrado	0,86708478	= coeficiente de determinação – $R^2 = 1 - (SQR/SQT)$
R-quadrado ajustado	0,861659669	= $1 - (1 - R^2) * ((T-1)/(T-K))$, onde T=dimensão amostra, K=n. de regressores
Erro padrão	6,069610535	= erro padrão da regressão = raiz quadrada da variância estimada
Observações	52	= dimensão da amostra

ANOVA (Análise de Variância)					
	<i>gl</i> (graus de liberdade)	<i>SQ</i> (soma de quadrados)	<i>MQ</i> (média de quadrados)	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
	2				
Regressão (fonte de variação explicada)	(graus de liberdade do numerador no teste F)	11776,18388 (SQR)	5888,091939 (MQR=SQR/2)	159,828025 (MQR/MQE)	3,36962E-22 (Prob($F_{crítico} > F$))
	49				
Resíduo (variação não explicada)	(graus de liberdade do denominador no teste F)	1805,16843 (SQE)	36,84017205 (MQE=SQE/49) (variância estimada)		
Total	51	13581,35231 (SQT)			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i> (dos coeficientes)	<i>Stat t</i> (teste t calculado)	<i>valor-P</i> (Prob ($t_{crítico} > t$))	<i>95% inferiores</i> (limites intervalos de confiança)	<i>95% superiores</i>
Interseção ($\hat{\beta}_0$)	104,7855136	6,482718984	16,16382167	2,83516E-21	91,75800996	117,8130172
P ($\hat{\beta}_1$)	-6,641930069	3,191192928	-2,081331407	0,042650528	-13,05486847	-0,228991673
A ($\hat{\beta}_2$)	2,984298953	0,166936136	17,87689007	4,11139E-23	2,648828431	3,319769475

Fonte: (BRANCHI, 2010)

- A hipótese nula ($H_0 \rightarrow \beta_0; \beta_1; \beta_2; \dots; \beta_i = 0$) é aquela em que se assume que não há diferença entre a informação fornecida pela realidade e a afirmação da hipótese.
- A hipótese alternativa ($H_1 \rightarrow \beta_0; \beta_1; \beta_2; \dots; \beta_i \neq 0$) é aquela em que se assume que há diferença entre a informação fornecida pela realidade e a afirmação da hipótese.

Nesses termos, um teste de hipótese é um método para avaliar se os dados amostrais fornecem evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula e aceitar a hipótese alternativa. O objetivo é determinar se há evidências estatísticas para acreditar que uma hipótese é verdadeira ou não. Isso é feito calculando-se um valor de teste a partir dos dados amostrais e comparando-o com um valor crítico que é derivado de uma distribuição estatística apropriada. Se o valor de teste é maior do que o valor crítico, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que a hipótese alternativa é verdadeira. Caso contrário, não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula.

É importante destacar que o sucesso de um teste de hipótese depende de vários fatores, como o tamanho da amostra, o nível de significância escolhido e a precisão das medidas coletadas. Além disso, a escolha da hipótese alternativa deve ser cuidadosamente considerada, pois ela deve ser relevante e consistente com os objetivos do estudo.

Portanto, um teste de hipótese é uma ferramenta importante na análise estatística de dados e é amplamente utilizado em diversas áreas do conhecimento, como na ciência, engenharia, medicina, economia e outras. É um processo sistemático e rigoroso que ajuda a tomar decisões informadas com base em evidências empíricas.

Neste trabalho, foi adotado como critério um valor de $\alpha = 0,05 = 5\%$ como nível de significância para a aceitação ou rejeição de hipóteses. A Figura 42 contém uma ilustração dos resultados fornecidos pela análise de regressão linear do *software* Excel com todos os testes estatísticos mencionados e uma breve explicação dos parâmetros fornecidos.

4.1.9 Cálculo da razão entre os elementos K , Th e U e parâmetro F

O objetivo principal do cálculo da razão entre os elementos K , Th e U é observar como a concentração de um elemento varia em relação aos outros elementos no terreno. Em certas áreas, uma mesma região pode apresentar contrastes positivos e/ou negativos para ambos os elementos, o que pode fazer com que nuances importantes em uma dada área de pesquisa mineral, unidade litológica ou domínio geotectônico sejam ignorados. Os radioelementos têm diferentes mobilidades no meio, o que significa que muitas características geológicas de uma região podem ser mais bem estudadas com o uso de mapas geofísicos de razão entre esses elementos.

Por exemplo, enquanto o potássio é extremamente móvel, o urânio depende de seu estado de oxidação para passar de uma fase mais inerte para uma fase mais móvel no meio ambiente, e o tório tem a menor mobilidade entre os três radioelementos por existir naturalmente em sua forma reduzida. Nessas situações, é útil empregar as razões entre os radioelementos para mapear variações locais na proporção entre K , Th e U .

Essas variações não se restringem apenas à análise regional de domínios tectônicos, mas também podem ser mapeadas em uma única rocha. Por exemplo, rochas graníticas formadas por diferentes pulsos magmáticos podem apresentar diferentes fácies. Áreas onde processos metassomáticos associados a mineralizações de interesse econômico, como alteração hidrotermal potássica, podem ser realçadas com o uso de razões K/Th e K/U .

Os mapas de razão U/Th e eU/K também são uma boa fonte de dados para projetos de pesquisa que investigam mineralizações associadas a rochas formadas por material rico em matéria orgânica, como depósitos de grafita, uma vez que a adsorção por matéria orgânica é um dos principais mecanismos de transporte do urânio durante o ciclo do urânio no meio ambiente. Portanto, o cálculo da razão entre os elementos K , Th e U é uma ferramenta valiosa para entender as variações espaciais e a distribuição de elementos químicos na geologia.

O objetivo do cálculo da razão entre os elementos K , Th e U é avaliar como a concentração de um elemento varia em relação aos outros no terreno. Às vezes, a mesma região apresenta contrastes positivos e/ou negativos para ambos os elementos, o que pode obscurecer certas

nuances em uma área de pesquisa mineral, unidade litológica ou domínio geotectônico, quando analisados separadamente. Os radioelementos têm mobilidades diferentes no meio ambiente, e mapas geofísicos de razão entre os radioelementos podem fornecer informações importantes sobre as características geológicas de uma região. As razões entre K , Th e U são particularmente úteis em situações em que o potássio é muito móvel, o urânio depende de seu estado de oxidação para se tornar móvel e o tório tem a menor mobilidade dos três radioelementos.

As razões também podem mostrar variações locais na proporção entre K , Th e U , mesmo em uma única rocha. Em áreas com processos metassomáticos associados a mineralizações de interesse econômico, como alteração hidrotermal potássica, as razões K/eTh e K/eU podem ser úteis para realçar essas áreas. Projetos de pesquisa que investigam mineralizações associadas a rochas formadas por material rico em matéria orgânica, como depósitos de grafita, podem usar mapas de razão U/eTh e eU/K para ajudar na delimitação de áreas alvo, uma vez que a adsorção por matéria orgânica é um dos principais mecanismos de transporte do urânio durante o ciclo do urânio no meio ambiente.

Existem várias aplicações para esse tipo de mapa, que dependem do objetivo do projeto e da seleção cuidadosa dos parâmetros de exploração a serem empregados pelo geofísico. Um exemplo é o *parâmetro F* (GNOJEK; PRICHYTAL, 1985), que mostra a relação entre os elementos de maior mobilidade (K e U) em relação ao elemento químico mais relacionado à litologia (Th). Esse mapa fornece uma estimativa de regiões propensas a fenômenos de transporte e acumulação de material contendo teores de K e/ou U em sua composição mineral, que podem estar associadas a mineralizações de interesse, como ouro, cobre e ferro. O cálculo do *parâmetro F* segue a seguinte expressão:

$$F = K \cdot \frac{eU}{eTh} \quad (4.25)$$

onde:

K , Th e U = concentrações dos respectivos elementos em ppm.

O mapa de razão F pode ser útil em projetos de exploração mineral para identificar áreas com potencial mineral, regiões propensas ao acúmulo relevante de K e U , ou para delinear zonas de alteração hidrotermal em uma região.

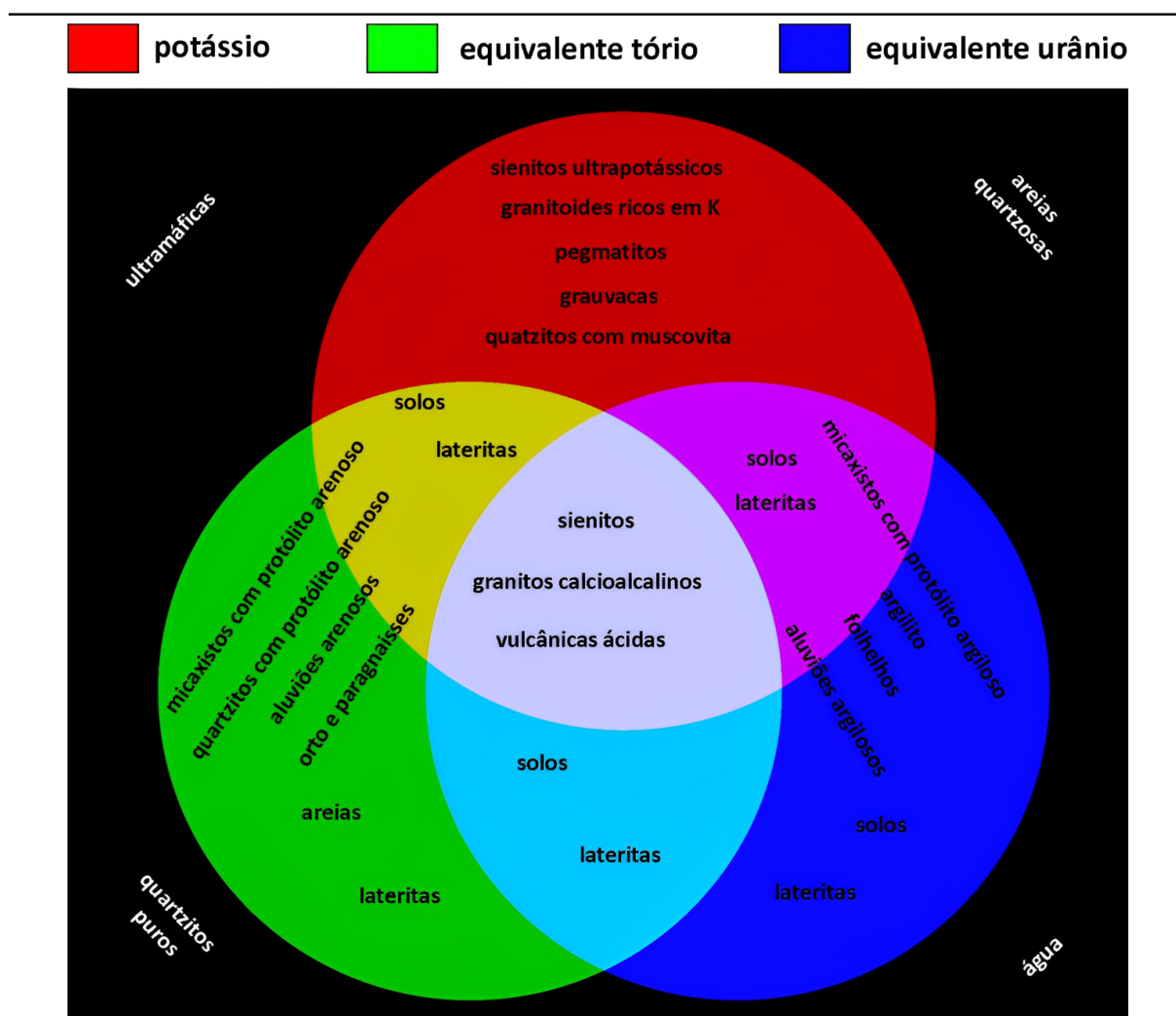
4.1.10 Composição ternária RGB ou CMY ($K - eTh - eU$)

O uso do mapa de composição ternária RGB (*Red, Green, Blue*) é comum na pesquisa mineral e no mapeamento geofísico. Esse mapa combina os três radioelementos (K , eTh , eU), sendo que o potássio é representado no canal vermelho, o tório no canal verde e o urânio no canal azul (Figura 43). No entanto, em algumas situações, esse mapa pode apresentar problemas de visualização, tornando difícil a identificação de contrastes entre K , eTh e eU em algumas regiões.

Para solucionar esse problema, pode-se gerar um mapa *CMY* de composição ternária, onde o potássio é representado pela cor ciano, o tório pela cor magenta e o urânio pela cor amarelo. Essa técnica permite visualizar a distribuição dos radioelementos de forma simultânea e facilita a interpretação das tonalidades de cor diferentes do mapa, o que ajuda na identificação dos tipos de rochas associados a cada região (SOUSA, 2021).

As rochas félsicas, como os granitos, têm um teor mais alto de radioelemento do que as rochas ultrabásicas e máficas. No mapa *RGB*, as rochas graníticas aparecem em coloração branca, enquanto as rochas máficas e ultramáficas geralmente aparecem em coloração escura. Algumas rochas, como os granitos de suítes calcioalcalinas de alto potássio, granitos shoshoníticos e sienogranitos, apresentam uma coloração de magenta a vermelho intenso devido ao alto teor de potássio em seus minerais, como o K-feldspato e as micas (SOUSA, 2021).

Figura 43 – Possibilidades de correlação entre tipos litológicos e tonalidades de cores em uma Composição Ternária *RGB*.



Fonte: adaptado de SORDI (2020)

Já as rochas metamórficas apresentam uma variedade de assinaturas gamaespectrométricas. Por exemplo, alguns ortogneisses podem ter altos níveis de tório em relação ao *K* e *eU*,

resultando em uma coloração mais esverdeada no mapa *RGB*. No entanto, a interpretação desses dados requer cuidados, uma vez que há ambiguidade associada ao processo de interpretação e correlação geológica de dados geofísicos. Por exemplo, a relação entre a concentração de um determinado radioelemento e um tipo específico de rocha pode variar significativamente em diferentes regiões. Além disso, outros fatores, como a presença de minerais acessórios e o grau de alteração da rocha, também podem influenciar a distribuição dos radioelementos no meio (SOUSA, 2021).

O mapa de Composição Ternária *RGB* tem o potencial de distinguir diferentes unidades geológicas, porém também pode levar a interpretações ambíguas, como ilustrado na Figura 43. Por exemplo:

- a) A cor vermelha no mapa pode estar correlacionada com a presença de granitos ou sedimentos imaturos, como grauvacas;
- b) A cor branca pode indicar a ocorrência de sienitos ou rochas vulcânicas ácidas;
- c) Já a cor preta pode ser associada a rochas ultramáficas ou arenitos puramente quartzosos;
- d) Por fim, a cor verde pode estar relacionada a metassedimentos ou lateritas.

Portanto, é essencial incorporar informações adicionais e realizar uma análise cuidadosa para evitar interpretações equivocadas dos dados gamaespectrométricos, a fim de obter resultados confiáveis em estudos geológicos e exploração de recursos minerais.

4.2 GAMAESPECTRÔMETRO DIGIDART NAI(TL) DE 2"X2"

O detector de NaI(Tl) *2BY2 – DD* da *ORTEC* é acoplado ao *digiDART – LF* (um monitor LCD que permite a visualização e armazenamento dos dados de campo) e possui um pré-amplificador interno e fonte de alimentação de alta tensão encapsulada dentro de uma robusta carcaça de alumínio (Figura 44).

Ele inclui um fornecimento de alta tensão ajustável, uma rede de polarização ativa e um pré-amplificador de detecção de cargas. A incorporação de uma rede ativa de polarização na base do *photomultiplier tube* (PMT - tubo fotomultiplicador) elimina conexões de cabo de alta tensão com fontes *high voltage* (HV - alta voltagem) externas volumosas. A rede de polarização ativa permite alta taxa de operação com mudanças mínimas de pico. O modelo *2BY2 – DD* recebe energia através do *digiDART – LF*. O peso do detector é de aproximadamente 4,6 kg (10lb).

O detector foi utilizado nas análises dos padrões e amostras da Formação Irati coletadas e quantificadas por Cecatto (2021). A Figura 45 ilustra a geometria e os materiais que perfazem os

invólucros selados hermeticamente para a calibração do sistema portátil, e para a leitura espectral das amostras coletadas.

Figura 44 – Detector de NaI(Tl) 2BY2 – DD da ORTEC e monitor *digiDART – LF*.



Fonte: ORTEC e Brochures (2012).

Um total de 111 amostras da Formação Irati foram lidas no gamaespectrômetro *digiDART*, sendo que algumas amostras exibiram resultados abaixo do limite de detecção e foram portanto retificadas para a validação dos dados amostrados.

A coleta de amostras foi realizada ao longo do paredão em três seções distintas: superior, média e inferior, como ilustrado na Figura 50. As amostras foram obtidas a partir de diferentes tipos de rochas, incluindo calcário, folhelho e diabásio. O esquema de amostragem para a parte superior pode ser visualizado na Figura 51, enquanto o esquema para a parte inferior está representado na Figura 52.

Figura 45 – Padrões utilizados na calibração dos sistemas gamaespectrométricos de Duarte (2002) e Cecatto (2021) com a definição da uniformidade da geometria dos invólucros hermeticamente selados.



Fonte: Autoria Própria

5 ÁREAS DE ESTUDO

Nesse capítulo será apresentada a descrição das 2 áreas referentes aos dados coletados para a aplicação da metodologia descrita neste trabalho, com a finalidade de compreender e refinar a análise quantitativa de levantamentos gamaespectrométricos, considerando a remoção da contribuição do espalhamento Compton e como ela pode interferir no cálculo e interpretação dos dados radiométricos.

5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO RIO PRETO (GO)

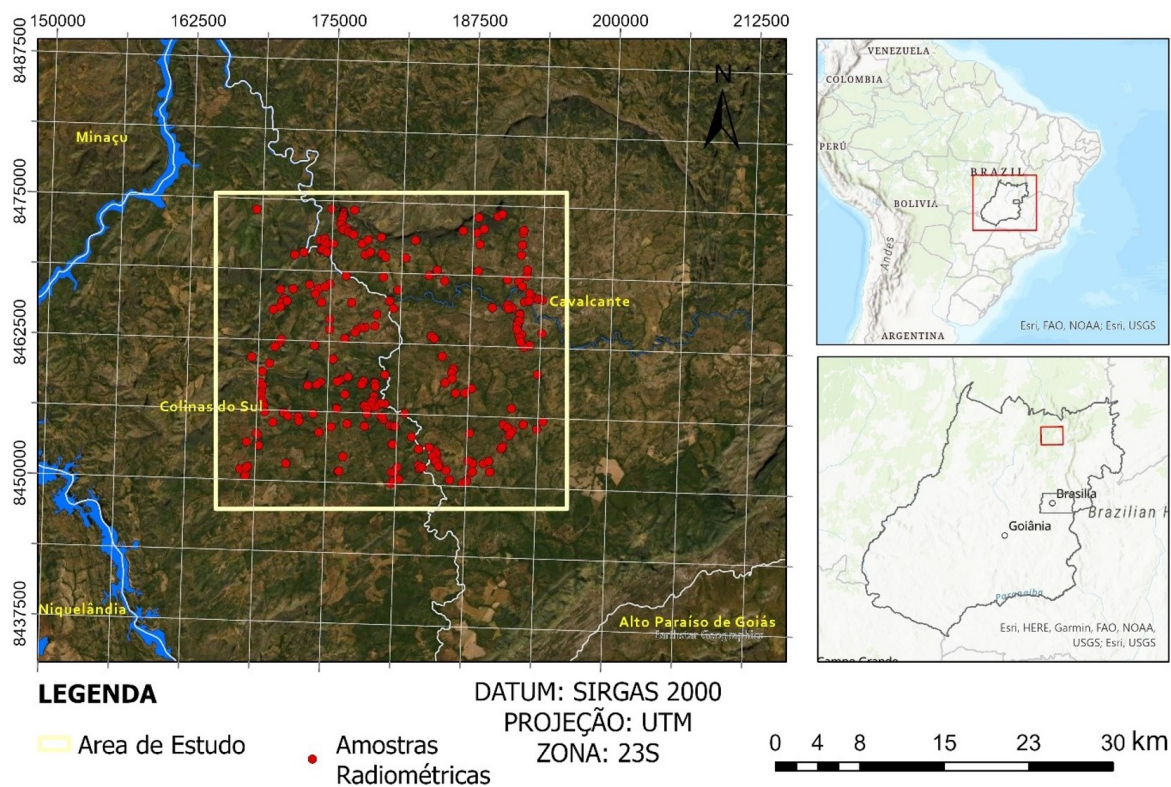
A região estudada está localizada no nordeste do Estado de Goiás, em uma área de aproximadamente 650 km², delimitada pelos meridianos 47°50' e 48°05' W e pelos paralelos 13°47' e 14°00' S, incluindo as confluências dos rios Claro e Preto (Figura 46). As amostras utilizadas neste estudo foram coletadas durante uma expedição realizada por Duarte (2002) entre o final de janeiro e o início de março de 2001, permitindo complementar dados inicialmente apresentados por Duarte (1997).

A área é caracterizada por sua beleza natural, incluindo vastas chapadas e uma rica rede hidrográfica com numerosas cachoeiras e poços de água cristalina. Está localizada a oeste do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, em Goiás.

A região estudada faz parte da bacia hidrográfica do rio Tocantins, sendo o Rio Preto seu principal afluente. A drenagem da região é dominada pelo Rio Preto e seus afluentes, com destaque para o rio Claro. A rede de drenagem é influenciada pela litologia e pela estrutura subjacente, apresentando padrões dendríticos abertos com baixa densidade de ramificação em substratos gnáissicos e padrões dendríticos mais densos em xistos com vales em 'V' fechados. Em áreas com a presença de estruturas dômicas, como corpos graníticos e gnáissicos de composição granodiorítica, a rede de drenagem assume padrões radiais divergentes (FILHO *et al.*, 1982).

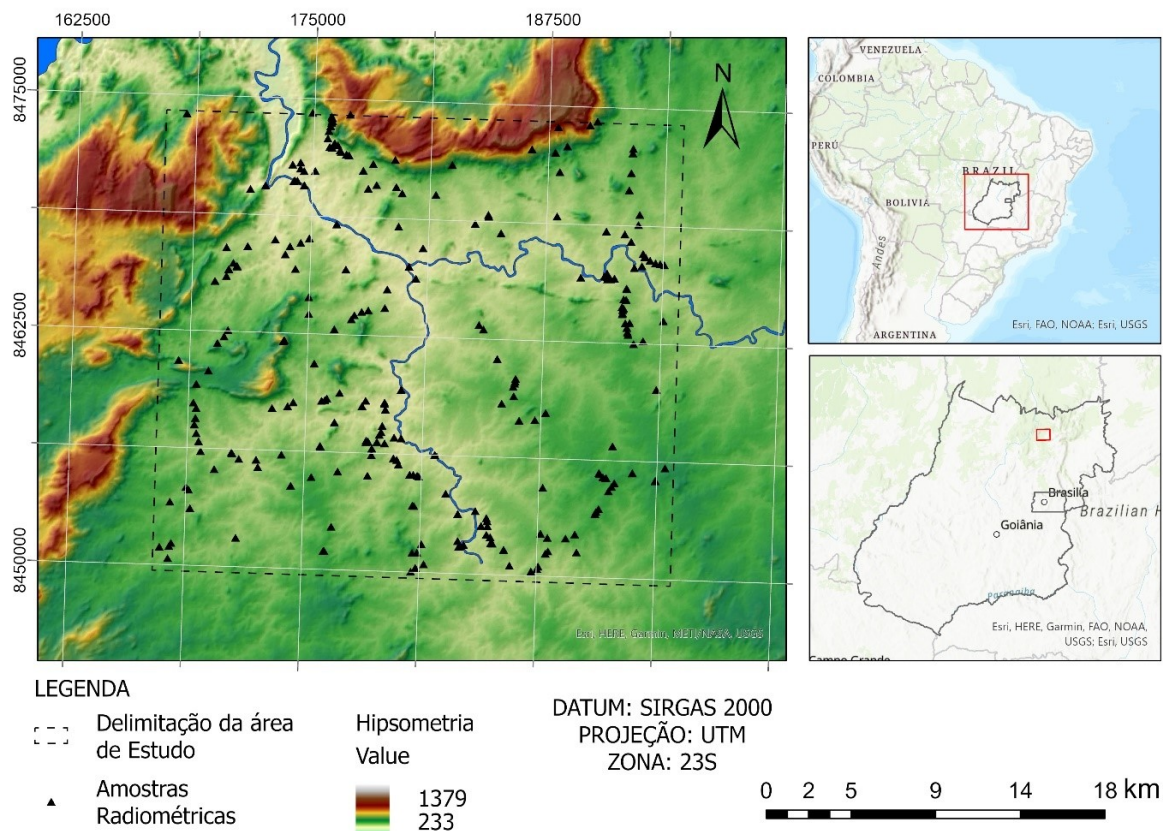
A Figura 47 representa a hipsometria e rede de drenagem da área de estudo, evidenciando a forte influência estrutural no relevo e na drenagem, com alinhamentos notáveis na direção leste-oeste e alinhamentos secundários na direção noroeste. Possui três principais direções de alinhamento, o que indica a presença de fraturas nas direções leste-oeste (EW), norte-sul (NS) e noroeste (NW). A área está situada na Região do Planalto Central Goiano, mais especificamente na unidade do Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí, de acordo com (FILHO *et al.*, 2000). Essa região faz parte do Domínio dos Planaltos de Estruturas Dobradas, com relevo resultante da exumação de estruturas dobradas em vários ciclos tectônicos.

Figura 46 – Mapa de localização da área de Estudo e dos pontos de coleta das amostras.



Fonte: Duarte (2002)

Figura 47 – Mapa Hipsométrico da área de estudo e do seu respectivo perfil de drenagem encontrada.



Fonte: Duarte (2002)

As características estruturais da área de estudo explicam as particularidades do relevo na região. Essa região está localizada no Domínio dos Planaltos de Estruturas Dobradas e apresenta feições de relevo resultantes da exumação de estruturas dobradas durante vários ciclos tectônicos, evidenciando diferentes estilos estruturais que explicam as características do relevo.

A região norte da área é dominada pela Serra Ticunzal, que é composta principalmente por quartzitos e tem elevações que ultrapassam os 1.000m. Na parte noroeste da área, a oeste do Rio Preto, o relevo é mais fraturado devido à presença de rochas graníticas, que sustentam as Serras dos Coelho e do Zéfiro. Entre a Serra Ticunzal e a dos Coelho, na interface entre granitos e quartzitos, encontra-se a Serra do Funil, que é assim chamada por abrigar o funil do Rio Preto.

A região possui um clima tropical quente e semiúmido do tipo AW de Köepen, com duas estações bem definidas: uma seca, entre abril e setembro, e uma chuvosa, entre outubro e março, com média anual de precipitação entre 1500 e 1700 mm (MARTINS, 1999).

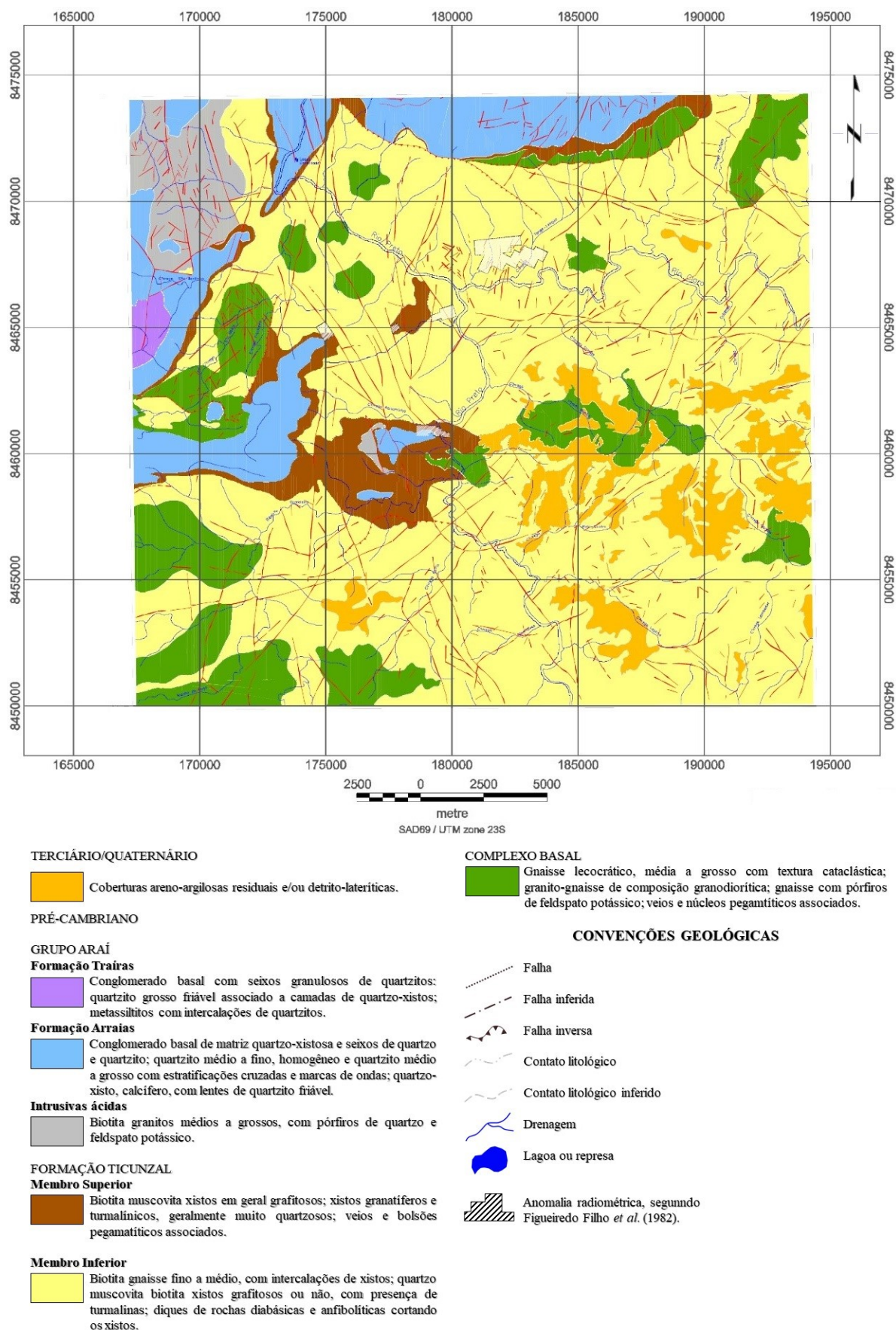
Os solos da região são pobres e ácidos devido aos processos intensos de lixiviação e laterização. A cobertura de solos latossólicos e lateritas é extensa e pouco dissecada, com solos regolitosolos pedregosos e fragmentos de rochas semi-alteradas nas bordas. Há também saprolito lateritizado em pequenas pastilhas sobre xistos e filitos.

Nas encostas dos maciços graníticos pode haver formação de um latossolo mais profundo. Além disso, são comuns extensas coberturas arenosas elúvio-coluvionares, chamadas de areiões, nas áreas de quartzitos e no sopé das escarpas lateríticas (PINTO, 1986).

5.1.1 Aspectos Geológicos da área estudada

A área em estudo está localizada na porção setentrional da Faixa de Dobramentos Brasília, pertencente à Província Tocantins. As rochas predominantes na região são metassedimentares de baixo grau e rochas granito-gnáissicas que representam o embasamento da área.

A geologia descrita neste trabalho é baseada em Andrade *et al.* (1981), que realizaram o mapeamento geológico na área do Projeto Rio Preto. O Tabela 12 apresenta a coluna estratigráfica da região do Projeto Rio Preto, mostrando a disposição das unidades litoestratigráficas presentes na área. A Figura 48 apresenta o mapa geológico esquemático da região, elaborado por Filho *et al.* (1982).

Figura 48 – Mapa Geológico da área de estudo, modificado de Filho *et al.* (1982).

Fonte: Duarte (2002)

Tabela 12 – Coluna Estratigráfica para a área do Projeto Rio Preto, segundo Andrade *et al.* (1981).

Era / SUPER ÉON	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA			LITOLOGIA
	Grupo	Formação	Membro	
Cenozóico				Coberturas areno-argilosas residuais, coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas, bancos de areia dos rios Preto e Claro.
P	Araí	Traíras		Quartzo-xistos com lentes de quartzitos friáveis e camadas de metassiltitos. Conglomerado basal com seixos imaturos de quartzitos e matriz quartzítica.
R				
É		Arraías		Quartzo-xisto calcífero, associado a quartzitos finos, bem laminados e bem estratificados, localmente com abundantes cristais de magnetita. Quartzito fino a médio e quartzito médio a grosseiro, com estratificação cruzada e marcas de ondas. Conglomerado basal de matriz quartzo-xistos com seixos de quartzito e quartzito.
C				
A				
M	Intrusivas Ácidas		Biotita-granito grosseiro, com fenocristais de quartzo azul e feldspato.	
B				
R		Ticunzal	Superior	Biotita-muscovita-xistos em geral grafitosos. Xistos granatíferos e turmalínicos, comumente quartzosos, passando a quartzo-xistos mais ao topo. Veios pegmatíticos.
I				
A				
N		Inferior	Biotita-gnaiss finos (paragnaisses), cinza-claros, granatíferos, finamente foliados, comumente cataclasados, intercalados com biotita-muscovita xistos, grafitosos ou não. Anfibolitos, veios pegmatíticos. Diques de rochas básicas.	
O				
	Complexo Basal			Gnaisses (ortognaisses) de composição granodiorítica/tonalítica, grosseiros, leucocráticos, com foliação pouco conspícua. Veios pegmatíticos. Granito-gnaiss, cinza, com pórfiros de feldspato potássico com ou sem orientação. Núcleos de migmatito.

5.1.1.1 Formação Ticunzal

A Formação Ticunzal é composta por uma série de rochas xistosas com intercalações de paragnaisses, que estão localizadas entre os ortognaisses do Complexo Basal e os quartzitos da Formação Arraías, pertencentes ao Grupo Araí. Essa sequência é conhecida como a 'unidade xistosa' de acordo com Marini *et al.* (1978).

A Formação Ticunzal é bastante comum na área de pesquisa e possui dois membros distintos.

- Membro Inferior: é composto por uma sequência de gnaisses com intercalações de xistos, às vezes grafitosos, com espessura máxima estimada em 300 metros.
- Membro Superior: é composto por uma sequência de xistos grafitosos com quantidades crescentes de quartzo em direção ao topo da formação, atingindo um extremo de quartzo-xistos. Nesta posição da unidade, ocorrem intercalações de quartzo-xistos com níveis de xistos granatíferos e turmalínicos, com pouca ou nenhuma grafita e muito quartzo. A espessura média estimada para esse pacote é de 250 metros.

Em termos metamórficos, a paragênese mineral identificada por estudos petrográficos indica que a Formação Ticunzal é uma unidade litoestratigráfica de baixo grau metamórfico, que pode ser classificada na fácies xisto verde, zona da granada (almandina) ou grau fraco, de acordo com Turner (1968, *apud* Andrade *et al.* (1981)) e Winkler (1977, *apud* Andrade *et al.* (1981)), respectivamente. Essa sequência de rochas sugere que se trata de uma unidade derivada de rochas sedimentares pelíticas e pelito-arenosas que sofreram metamorfismo regional e/ou dinamotermal (ANDRADE *et al.*, 1981).

Do ponto de vista petrográfico, os tipos litológicos mais comuns encontrados na região são os xistos biotita-muscovita, geralmente grafíticos, e os paragnaisses. Embora existam outras variedades de xistos com granada, clorita e turmalina, esses tipos são menos comuns.

Os paragnaisses são formados por biotita-gnaisses finos, cinza-claros, granatíferos e finamente foliados, com um bandamento evidente. Além de ocorrerem junto aos xistos inferiores, essas rochas apresentam características mineralógicas, texturais e metamórficas distintas dos gnaisses do Complexo Basal.

Em geral, os paragnaisses da Formação Ticunzal são compostos essencialmente por plagioclásio, quartzo, biotita e granada, indicando um baixo grau metamórfico, juntamente com uma foliação nem sempre bem desenvolvida (ANDRADE *et al.*, 1981). Afloramentos típicos de paragnaisses são encontrados às margens de córregos e rios, formando blocos retrabalhados e esculpidos pelas águas.

Em relação aos xistos, o tipo mais característico encontrado na região é o biotita-muscovita, frequentemente de cor vermelho-escuro devido à oxidação dos minerais que contêm ferro em sua composição, como a biotita. Em termos de mineralogia, eles são compostos de muscovita, biotita, quartzo e grafita, esta última com ampla distribuição, aparecendo tanto na forma de disseminações, quanto em concentrações locais, formando horizontes com mais de um metro de espessura. Os minerais acessórios são representados por raros opacos. Em muitos casos, há leitos de quartzo no meio dos xistos, concordantes com sua estrutura e textura.

Na Formação Ticunzal, o Membro Superior apresenta veios e bolsões pegmatíticos nos xistos, onde a mineralogia é composta por quartzo, muscovita, alguns feldspatos e cristais de turmalina. Esses veios e bolsões são encontrados em pequenos afloramentos de estradas, em pequenos cortes de estrada e em pequenos morros. Além disso, níveis de quartzo ajudam a sustentar os afloramentos. Algumas trincheiras abertas pela Nuclebrás durante o mapeamento ainda podem ser encontradas.

As rochas do Membro Superior da Formação Ticunzal são politectônicas e polimetamórficas, apresentando deformações de vários eventos, incluindo o Grupo Araí e um evento anterior. Uma característica notável é a presença de cristais de muscovita deformados, conhecidos como 'mica fish', resultantes do cisalhamento brasileiro (FILHO *et al.*, 2000).

Filões e núcleos pegmatíticos são frequentes nas rochas de ambos os membros da Forma-

ção Ticunzal, assim como numerosos veios de quartzo. Além disso, ocorrem diques de rochas básicas, representados por gabro e diabásio, de dimensões modestas, cortando discordantemente a estruturação geral dos gnaisses e xistos.

De acordo com Marini *et al.* (1984), a Formação Ticunzal teria uma idade paleoproterozoica. Essa interpretação é parcialmente confirmada pelos dados de Neto (1983) obtidos através da análise Rb-Sr, que determinaram duas retas de referência com idades em torno de 2.000 e 2.500 milhões de anos para amostras da Formação Ticunzal e para rochas granito-gnaissicas do embasamento.

5.1.1.2 Mineralização de urânio

A mineralização de urânio na área do Projeto Rio Preto se encontra exclusivamente na Formação Ticunzal. Uma das hipóteses para a gênese do depósito sugere que os xistos da Formação Ticunzal são a fonte de urânio, que teria sido remobilizado e concentrado em zonas estruturalmente favoráveis (ANDRADE *et al.*, 1985).

Os minerais secundários predominantes na superfície da área mineralizada são autunita. Em subsuperfície, ocorre urânio primário na forma de uraninita. Entretanto, estes minerais não foram encontrados durante a realização do trabalho de Duarte (2002) (ANDRADE *et al.*, 1985).

A mineralização de urânio está geralmente associada às rochas xistosas, especialmente às rochas de quartzo-muscovita-biotita-xistos grafitosos ou não, granatíferos ou não. No entanto, os níveis de xisto pobres em biotita, como os sericita-muscovita xistos, são estéreis. Nem todos os biotita-xistos apresentam concentrações de urânio. Veios de quartzo esfumaçados ocorrem próximos à mineralização (ANDRADE *et al.*, 1985).

Com base nos dados existentes, as zonas alteradas hidrotermalmente são o principal elemento controlador da mineralização uranífera. A mineralização preenche pequenas fraturas e, ocasionalmente, concorda com a xistosidade da rocha. Nessas áreas, a mineralização está disposta no plano S_0/S_1 dos xistos (ANDRADE *et al.*, 1985).

A mineralização é caracterizada pela associação mineralógica da biotita, pirita/calcopirita, clorita e hematita. No entanto, a presença desses minerais não implica em uma mineralização de urânio com teores significativos (ANDRADE *et al.*, 1985).

Marini *et al.* (1984) destacam que as características da Formação Ticunzal, como situação estratigráfica, características de sedimentação, petrográficas e metalogenéticas, tectônica e grau de metamorfismo, são muito semelhantes às das formações hospedeiras dos depósitos de urânio tipo veio do Proterozóico inferior da Austrália (Ranger) e do Canadá (Rabbit Lake).

5.2 CARACERÍSTICAS DA FORMAÇÃO IRATI

A outra área de estudo para aplicação dos métodos gamaespectrométricos está localizada na Bacia do Paraná, uma região que abrange aproximadamente 1,5 milhão de km² e está distribuída entre os países Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. A Bacia do Paraná é caracterizada por uma sequência de depósitos sedimentares e magmáticos que compreende seis unidades estratigráficas. Essas unidades foram depositadas desde o Neo-Ordoviciano, cerca de 458 milhões de anos atrás, até o Neocretáceo, há aproximadamente 90 milhões de anos. A espessura desses depósitos pode chegar a até 7 km no depocentro da bacia (MILANI *et al.*, 2006).

A amostragem foi realizada na Formação Irati, localizada no Estado de São Paulo. Essa formação expõe toda a seção permiana da Bacia do Paraná, incluindo o Grupo Itararé, de idade permo-carbonífera, a Formação Tatuí (Grupo Guatá) e o Grupo Passa Dois (formações Irati e Corumbataí). A Formação Irati é subdividida em dois membros: Taquaral e Assistência (BARBOSA; GOMES, 1958; MILANI *et al.*, 2007; HOLZ *et al.*, 2010).

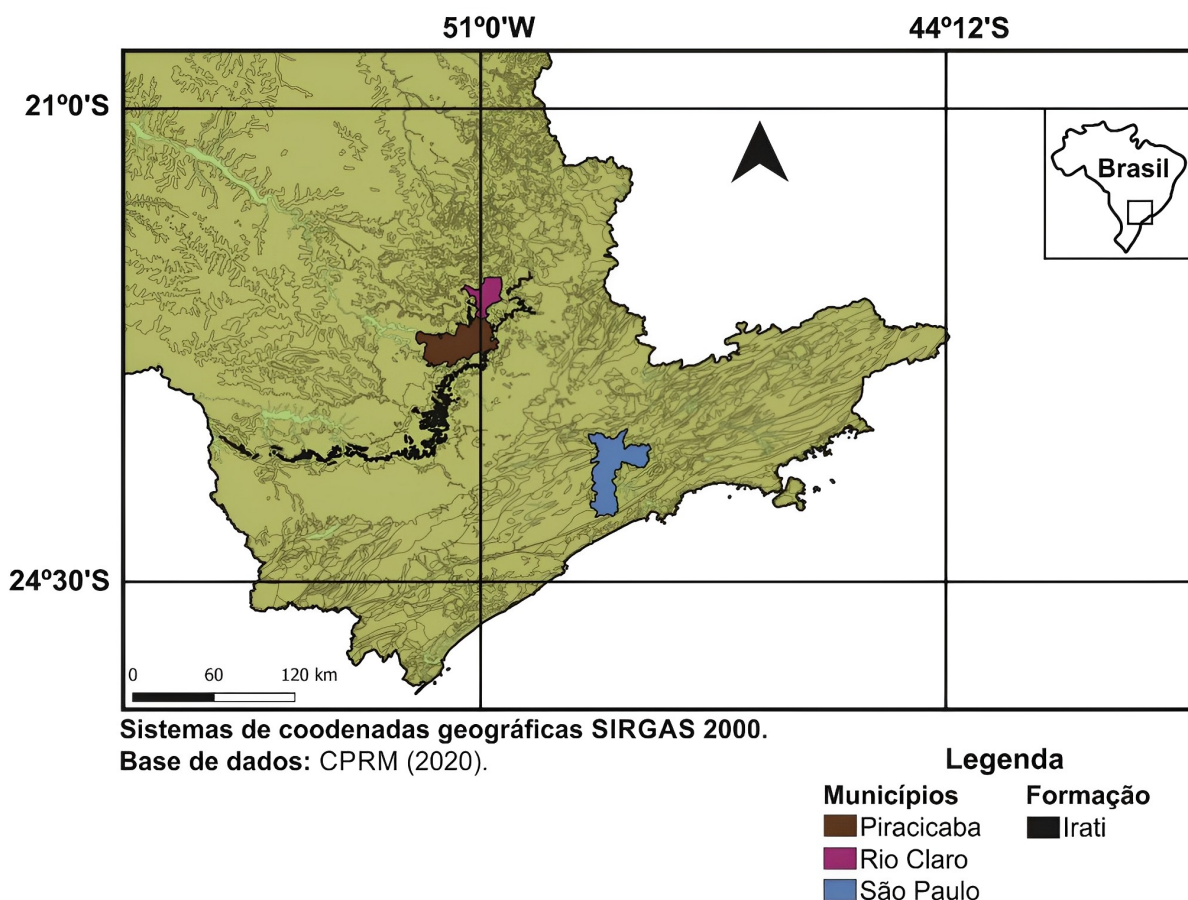
A Formação Irati, mostrada na Figura 49, corresponde à unidade basal do Grupo Passa Dois na Bacia do Paraná. Apesar de sua pequena espessura, a Formação Irati desperta interesse tanto econômico quanto científico, sendo a unidade permiana com a maior extensão geográfica contínua lateral na Bacia do Paraná. Ela apresenta características litofaciais únicas, como evaporitos e a alternância de calcários dolomíticos e folhelhos betuminosos. Outro aspecto relevante é a presença de mesossaurídeos (répteis aquáticos primitivos), que possibilitam excelentes correlações estratigráficas com unidades eopermianas do sul da África (LAGES, 2004).

Irati, que significa 'rio do mel' na língua tupi (AMARAL, 1967), foi o termo introduzido por White (1908 *apud* Neto (1993)) para descrever a primeira coluna estratigráfica proposta para a Bacia do Paraná. Essa coluna representa uma espessa sucessão de folhelhos pretos pirobetuminosos, que contém fósseis do réptil *Mesosaurus brasiliensis*. A seção-tipo dessa coluna está localizada aproximadamente 3 km ao sul da estação ferroviária da cidade de Irati, no Estado do Paraná.

Existe um consenso em relação à vasta extensão e homogeneidade dos depósitos que deram origem à Formação Irati. Esses depósitos incluem ambientes de fundo periodicamente anóxicos que resultaram nos folhelhos betuminosos característicos da formação. Além disso, há uma interpretação unânime de que houve uma calmaria tectônica significativa durante a deposição da Formação Irati (LAGES, 2004).

A Formação Irati é composta principalmente por estruturas tectônicas caracterizadas por falhas, mas também apresenta áreas atectônicas menores e localizadas que resultaram em dobras causadas por deslizamentos subaquáticos. Esses deslizamentos também foram responsáveis pela formação de brechas calcárias e níveis pouco espessos de brecha calcária intraformacional no banco da base da formação deste estudo.

Figura 49 – Localização da área de amostragem.



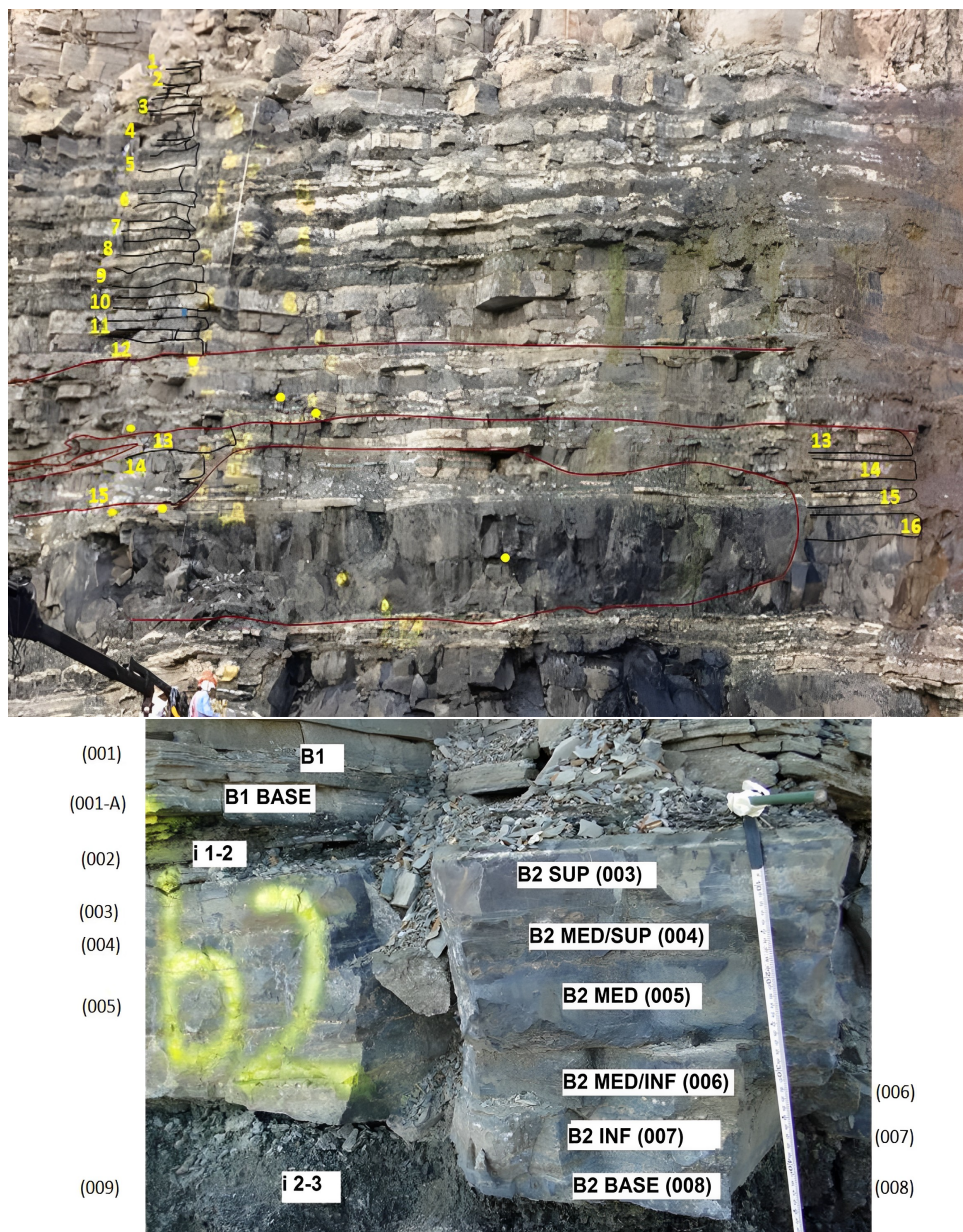
Fonte: Cecatto (2021)

A litologia do Irati varia consideravelmente em termos das proporções de calcário e folhelho, mas suas características são semelhantes e distintas, tornando-o uma formação excelente e fundamental para o estudo estratigráfico do Gondwana. Nas ocorrências da formação localizadas mais ao norte, como nas áreas próximas à cidade de Limeira e ao Distrito de Assistência (Município de Rio Claro) (Figura 50), é comum observar uma alternância de dois conjuntos de camadas com diferenças nas espessuras.

A coleta de amostras utilizadas neste trabalho foi realizada ao longo do paredão em três seções distintas: superior, média e inferior. As amostras foram obtidas a partir de diferentes tipos de rochas, incluindo calcário, folhelho e diabásio. O esquema de amostragem para a parte superior pode ser visualizado na Figura 51, enquanto o esquema para a parte inferior está representado na Figura 52.

Um conjunto é centimétrico, variando de 0,5 a 2 cm de espessura, e às vezes separado por finas lâminas milimétricas de folhelho, conferindo um aspecto de sedimentação rítmica. O segundo conjunto é decimétrico, indicando a alternância de fases de sedimentação homogênea durante longos períodos, seguidas por fases de sedimentação intermitente, que provavelmente refletem variações climáticas. Para melhor interpretação dos dados, dividiu-se por categorias: folhelhos, calcários e diabásios conforme o Anexo M (AMARAL, 1967).

Figura 50 – Parte superior do paredão de amostragem. Formação Irati, Pedreira Partecal, Distrito de Assistência.

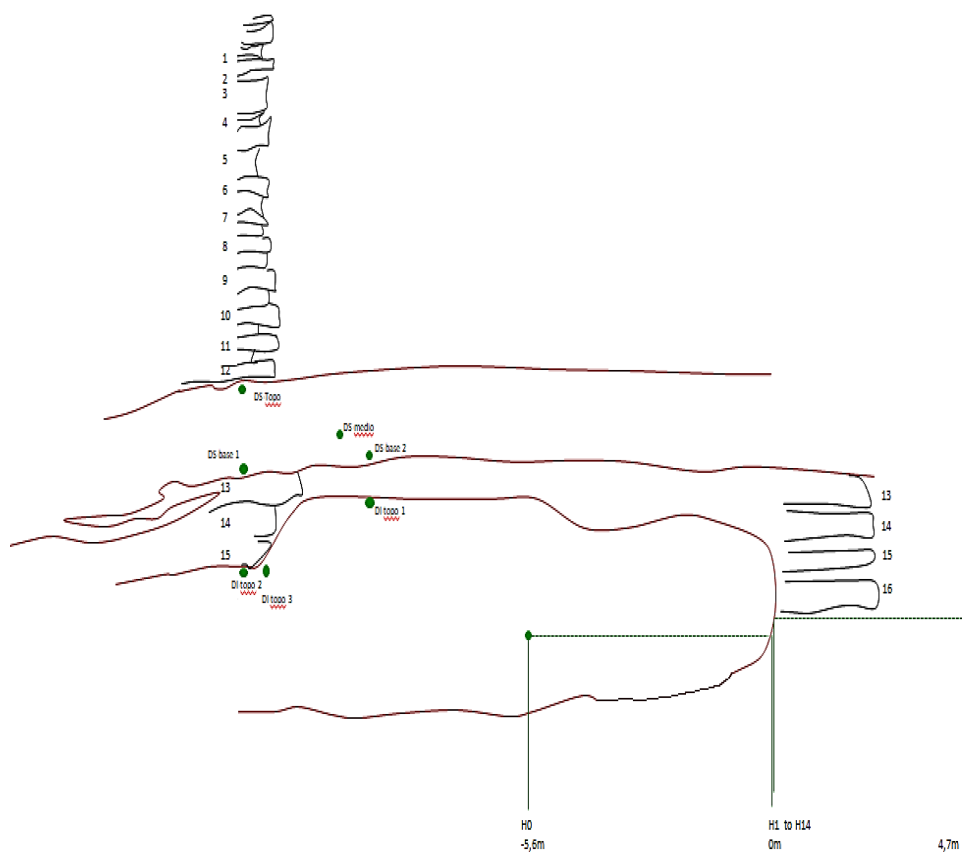


Fonte: Cecatto (2021)

O interesse atual na Formação Irati tem aumentado devido à busca crescente pela compreensão das ocorrências de petróleo em fraturas de calcário. Essa formação contém folhelhos betuminosos do período Permiano, que apresentam potencial para a geração de hidrocarbonetos líquidos.

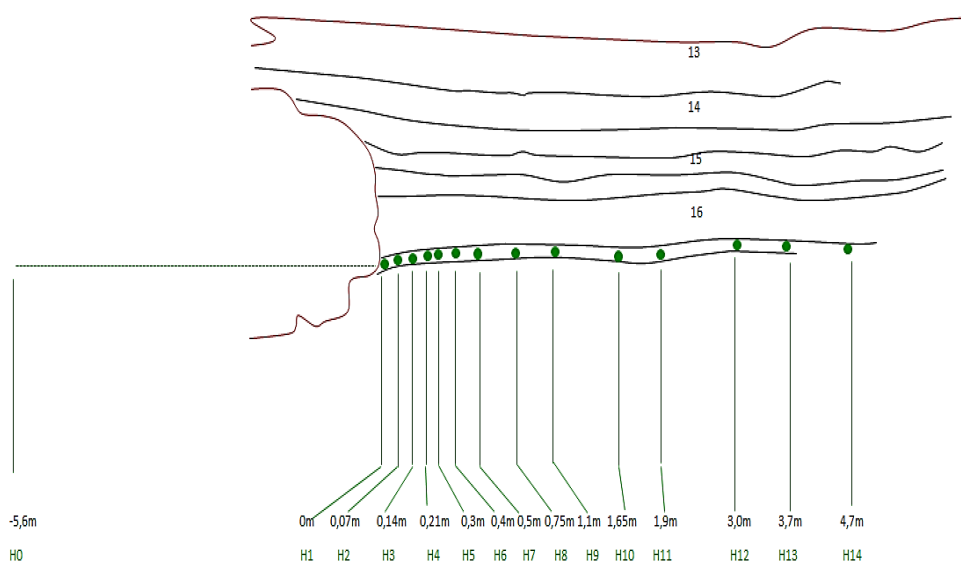
No final da década passada, o mercado energético passou por uma grande revolução devido à exploração dos folhelhos oleígenos, também conhecidos como *oil shales*, e ao aumento na produção de petróleo e gás natural provenientes dessas rochas, consideradas reservatórios não-convencionais de hidrocarbonetos (SLATT, 2011).

Figura 51 – Croqui da parte superior do paredão de amostragem.



Fonte: Descrição realizada pelo geólogo Mitsui Arai, *UNESPetro* - Centro de Geociências Aplicadas ao Petróleo. Segundo Cecatto (2021).

Figura 52 – Esquema de amostragem da parte inferior do paredão de amostragem.



Fonte: Descrição realizada pelo geólogo Mitsui Arai, *UNESPetro* - Centro de Geociências Aplicadas ao Petróleo. Segundo Cecatto (2021).

Isso levou vários países a se tornarem autossuficientes na produção de gás natural e petróleo, mesmo que por um curto período de tempo, resultando na recuperação de suas economias enfraquecidas (KPMG, 2014). Ao mesmo tempo, outros países resistiram à exploração

devido a questões ambientais, apesar de possuírem vastas ocorrências dessas rochas em seus territórios (KPMG, 2014).

No contexto global, o interesse pelo óleo extraído dessas rochas, conhecido como 'óleo de xisto', não é algo novo. Já no início do século XX, países como Estados Unidos, França, Itália, Alemanha e Escócia reconheciam o potencial econômico dessas rochas e acreditavam que poderiam suprir a escassez interna de energia, substituindo o carvão (McKee (1925); Leith (1931)).

No caso do Brasil, os estudos geoquímicos e geológicos dos folhelhos orgânicos como potenciais geradores de hidrocarbonetos datam de um período anterior à exploração e produção de petróleo e gás natural a partir de reservatórios convencionais. Isso se deve ao fato de que, na época, a demanda por combustíveis e derivados de petróleo no país era suprida por empresas estrangeiras, uma vez que não se vislumbrava a existência de grandes reservatórios de hidrocarbonetos em território nacional. Isso colocava o Brasil, que estava em plena expansão econômica, em uma posição de dependência dessas empresas, sujeito a interrupções ou restrições no fornecimento (MARASCHIN; RAMOS, 2015).

6 RESULTADOS OBTIDOS

6.1 AMOSTRAGEM NO PROJETO RIO PRETO (GO)

Foram coletadas 212 amostras na área de pesquisa, em um total de 196 pontos de afloramento, que foram localizados por meio de *Global Positioning System (GPS)*. Todas as litologias encontradas foram amostradas, com ênfase na Formação Ticunzal, pois é a formação que abriga a mineralização de urânio na área.

Além dos 196 pontos de amostragem, foram adicionados mais 76 pontos mapeados pela Nuclebrás durante o Projeto Rio Preto, numerados a partir do ponto 197. Esses dados possuem as mesmas informações coletadas durante o trabalho de campo, ou seja, coordenadas geográficas e resultados de análises gamaespectrométricas.

O trabalho de campo realizado por (DUARTE, 2002) utilizou o mapa geológico de Filho *et al.* (1982) na escala 1:25.000, as cartas topográficas Araí, Niquelândia e Minaçu (GO) do Ministério do Exército na escala 1:100.000 e uma imagem de satélite Landsat 7 na composição colorida 543 e Pan, cena 221_070, de 15/06/2000, com resolução de 15 m e escala de 1:25.000.

Parte de cada amostra coletada foi britada e pulverizada para análise gamaespectrométrica. As amostras pulverizadas para análise foram acondicionadas em caixas de alumínio e mantidas por pelo menos 1 mês (pouco mais de 7 meias-vidas do ^{222}Rn) para que o equilíbrio radioativo secular na série do urânio pudesse ser alcançado.

6.1.1 Calibração do gamaespectrômetro de bancada

As equações de calibração, que são derivadas dos dados disponíveis no Anexo F, estão detalhadas neste capítulo. Essas equações são obtidas usando os dados descritos a seguir, que levam em consideração a definição dos canais com os fotopicos de interesse e a contagem da área total (*Gross Area*).

Tabela 13 – Dados de calibração do gamaespectrômetro do LABIDRO, baseado nos espectros analisados por Duarte (2002).

Código	Concentração	Massa (g)	Δ canais K	Δ canais U	Δ canais Th	Data	GA _K	GA _U	GA _{Th}															
K1	52,0%	61,50	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	29/01/1996	104648	±	323,49	±	3384	±	58,17	±	1474	±	38,39	
K2	25,0%	83,06	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	01/02/1996	45089	±	212,34	±	2402	±	49,01	±	1295	±	35,99	
K3	5,0%	85,92	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	31/01/1996	25095	±	158,41	±	4545	±	67,42	±	2595	±	50,94	
K4	2,5%	85,01	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	30/01/1996	17273	±	131,43	±	4837	±	69,55	±	2745	±	52,39	
K5	0,5%	85,22	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	29/01/1996	17606	±	132,69	±	8631	±	92,90	±	5016	±	70,82	
K6	0,0%	50,00	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	28/01/1996	12120	±	110,09	±	6972	±	83,50	±	4050	±	63,64	
U (ppm)																								
U1	10070	50,00	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	23/01/1996	1271594	±	1127,65	±	1074161	±	1036,42	±	32539	±	180,39	
U2	1025	50,00	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	24/01/1996	83831	±	289,54	±	71940	±	268,22	±	2300	±	47,96	
U3	499	50,00	803	-	926	980	-	1142	1490	-	1682	13/03/1996	240034	±	489,93	±	240903	±	490,82	±	7331	±	85,62	
U4	98,8	48,96	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	24/01/1996	43240	±	207,94	±	35354	±	188,03	±	3345	±	57,84	
U5	10,2	50,00	803	-	926	980	-	1142	1490	-	1682	10/03/1996	29249	±	171,02	±	22835	±	151,11	±	8044	±	89,69	
Th (ppm)																								
Th1	10290	400	50,00	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	25/01/1996	449735	±	670,62	±	443670	±	666,09	±	486082	±	697,20
Th2	1028	40	50,00	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	25/01/1996	106739	±	326,71	±	142782	±	377,87	±	110241	±	332,03
Th3	515	20	50,00	803	-	926	980	-	1142	1432	-	1624	12/03/1996	58860	±	242,61	±	58419	±	241,70	±	65230	±	255,40
Th4	105,2	4	48,96	836	-	986	1040	-	1202	1550	-	1742	26/01/1996	17784	±	133,36	±	13359	±	115,58	±	12116	±	110,07
Th5	10,4	0,4	50,00	803	-	926	980	-	1142	1432	-	1624	08/03/1996	21833	±	147,76	±	15852	±	125,90	±	9773	±	98,86
Th6	5		50,00	803	-	926	980	-	1142	1432	-	1624	02/05/1996	11560	±	107,52	±	7910	±	88,94	±	4883	±	69,88
Th7	2,5		50,00	803	-	926	980	-	1142	1432	-	1624	03/05/1996	11288	±	106,24	±	7551	±	86,90	±	4610	±	67,90
Th8	1,25		50,00	803	-	926	980	-	1142	1432	-	1624	05/05/2001	16523	±	128,54	±	12699	±	112,69	±	7217	±	84,95

6.1.2 Medidas de *background* de Duarte (2002)

O comportamento das leituras de *background* do gamaespectrômetro de NaI(Tl) do LABIDRO foi analisado para determinar os Limites de Detecção e Crítico. Cada medida foi registrada em um intervalo de tempo médio durante o qual as amostras foram submetidas às leituras do detector gama. Os dados foram posteriormente utilizados para remover o *background* (*Net Counts*) de cada amostra. A variação do *background* foi observada entre Outubro de 1995 e Setembro de 2002 e está ilustrada nas figuras 53, 54 e 55.

Figura 53 – Gráfico de dispersão de pontos com a média (linha vermelha) e o desvio padrão (linha roxa); e modelo *Box-plot* para as leituras no intervalo da janela do ^{40}K .

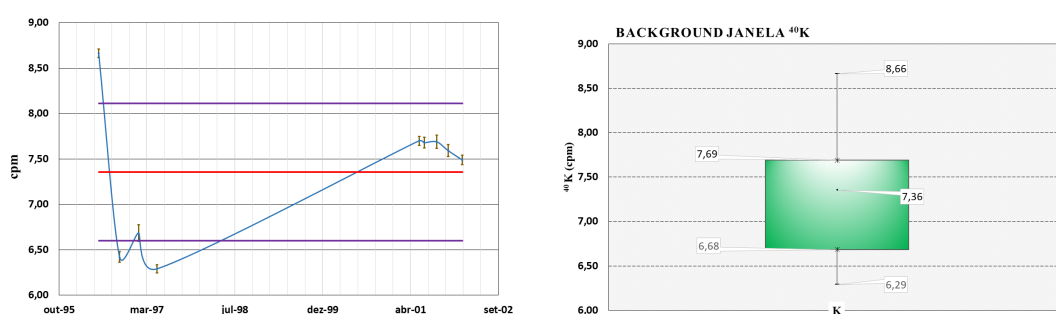


Figura 54 – Gráfico de dispersão de pontos com a média (linha vermelha) e o desvio padrão (linha roxa); e modelo *Box-plot* para as leituras no intervalo da janela do urânio através do ^{214}Bi .

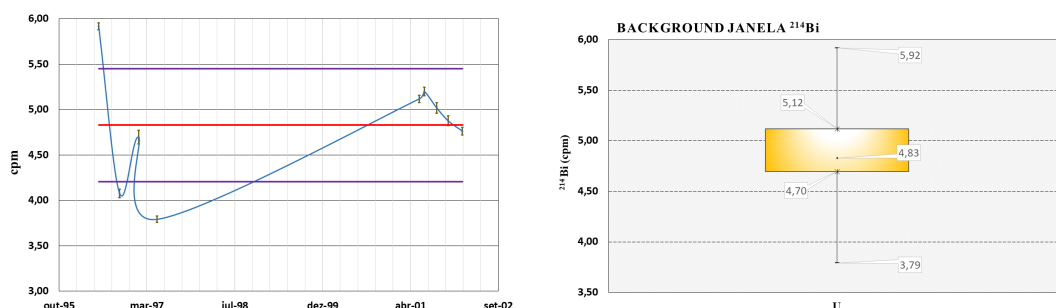
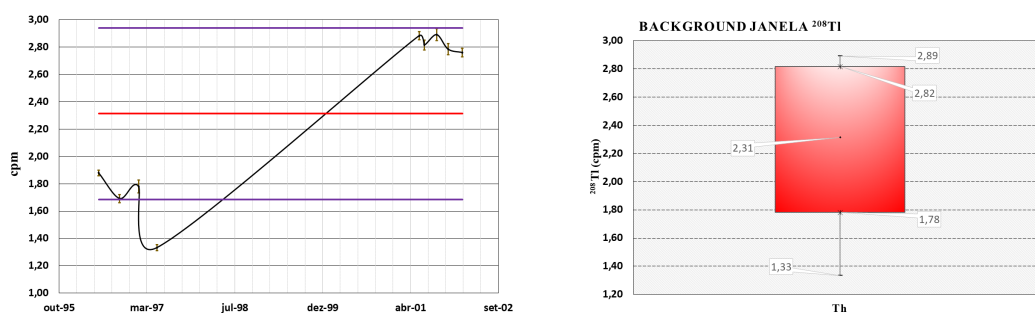


Figura 55 – Gráfico de dispersão de pontos com a média (linha vermelha) e o desvio padrão (linha roxa); e modelo *Box-plot* para as leituras no intervalo da janela do tório através do ^{208}Tl .



Os dados foram submetidos a uma análise estatística com o objetivo de gerar gráficos de dispersão e de análise pelo modelo *Box-plot*.

6.1.3 Limites de Detecção e Crítico

Com base nos resultados do *background* (BG) apresentados nas figuras 53, 54 e 55, foi possível criar modelos estatísticos que descrevem o comportamento do gamaespectrômetro ao longo do tempo em que as leituras foram realizadas. Os gráficos a seguir são o resultado da análise dos dados mencionados na seção anterior e estão detalhados no Anexo D.

Figura 56 – Limite de Detecção pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{40}K .

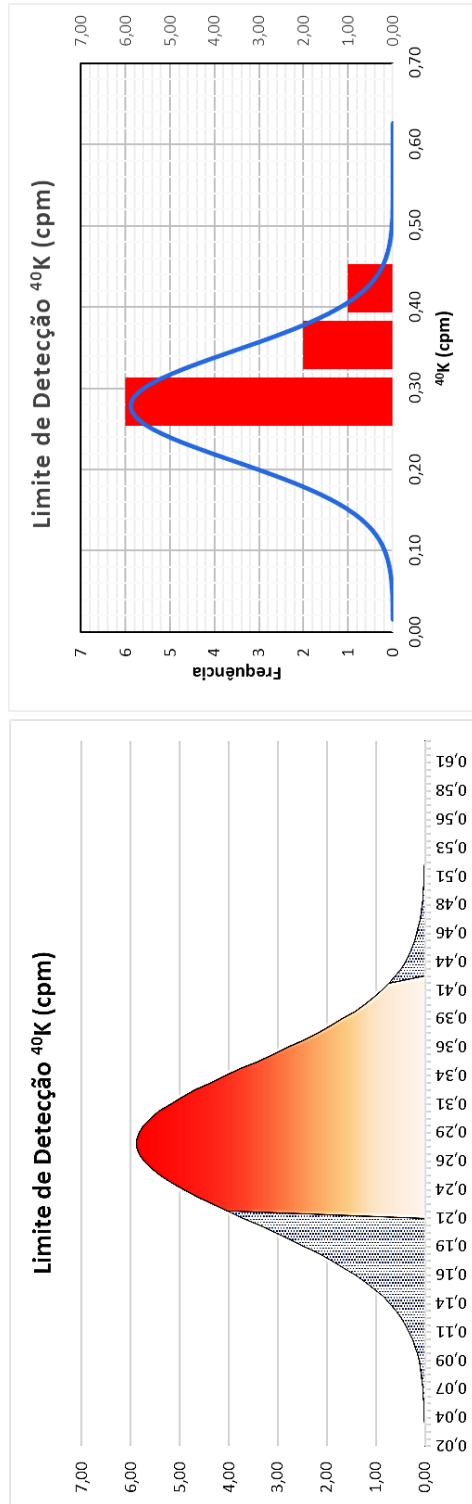


Figura 57 – Limite de Detecção pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{214}Bi .

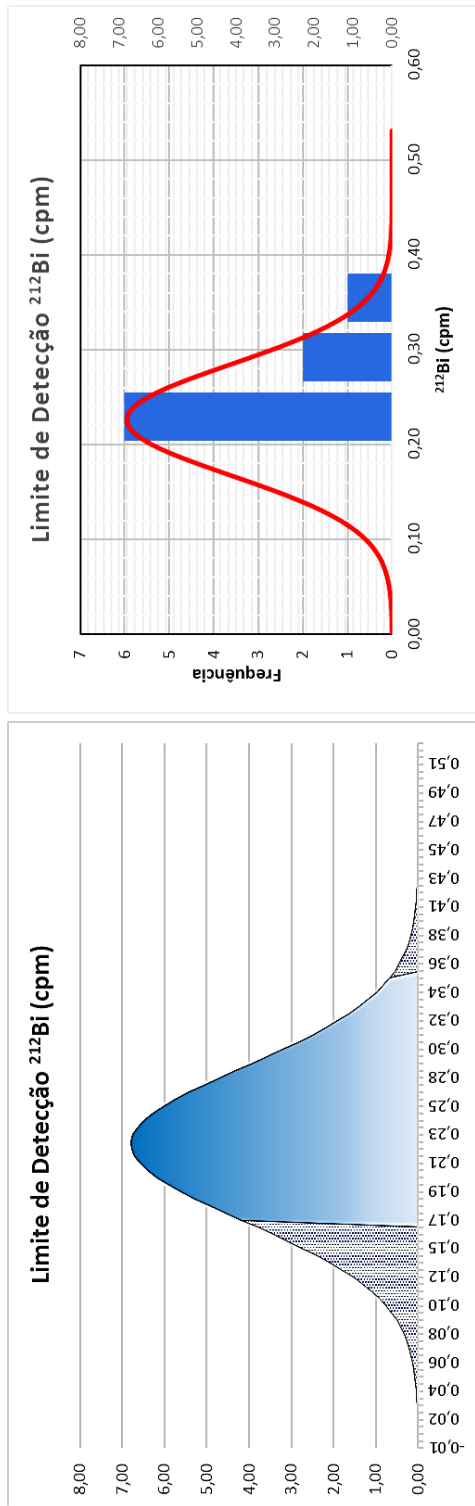


Figura 58 – Limite de Detecção pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{208}Tl .

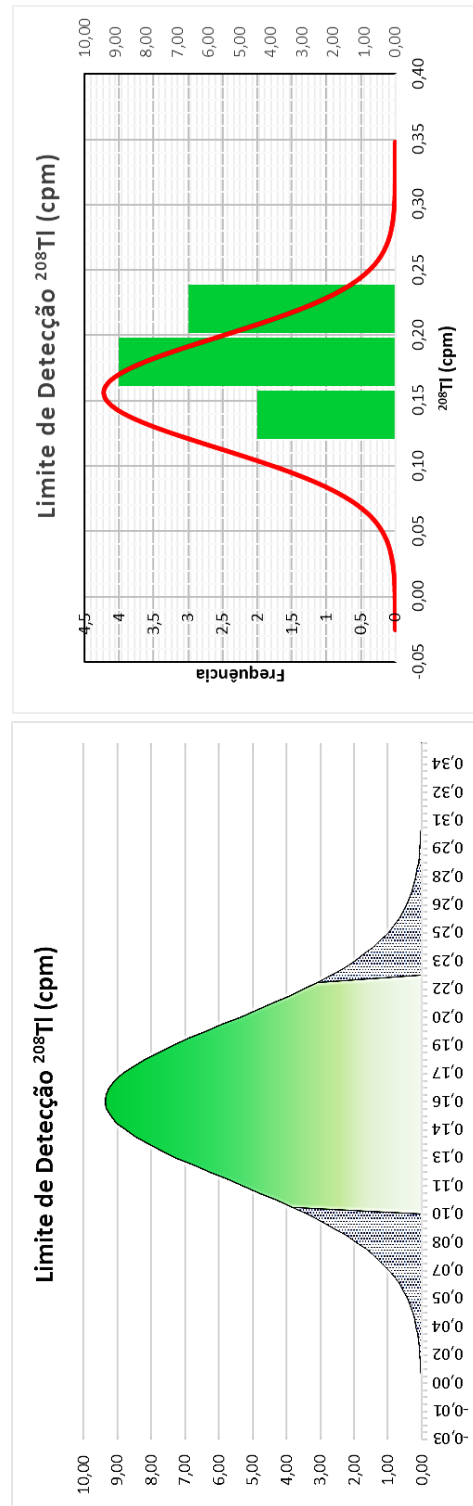


Figura 59 – Limite Crítico pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{40}K .

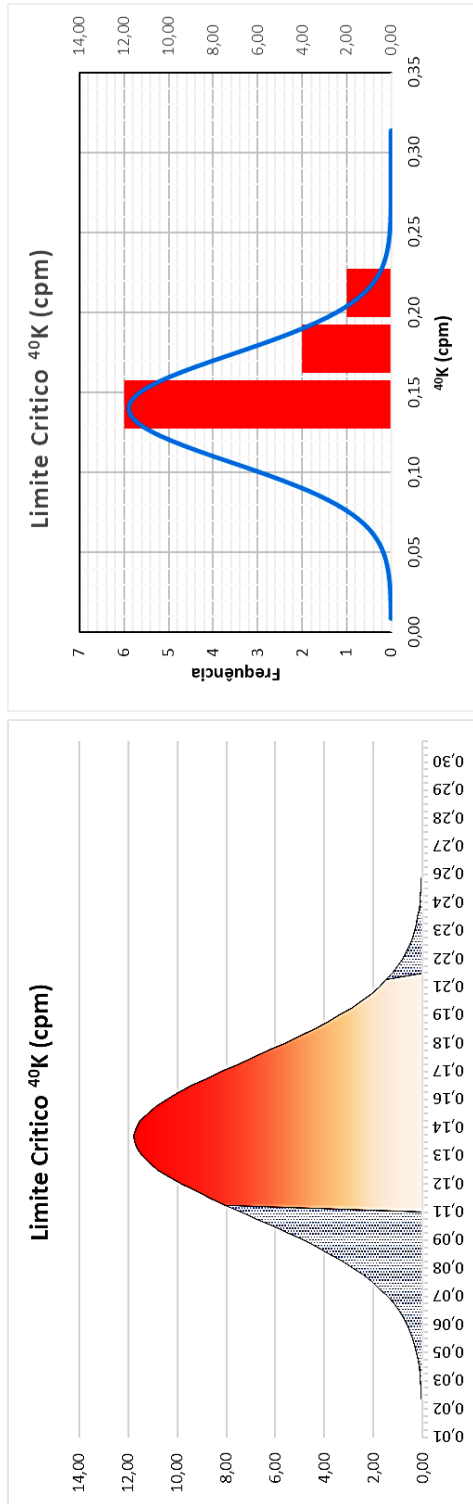


Figura 60 – Limite Crítico pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{214}Bi .

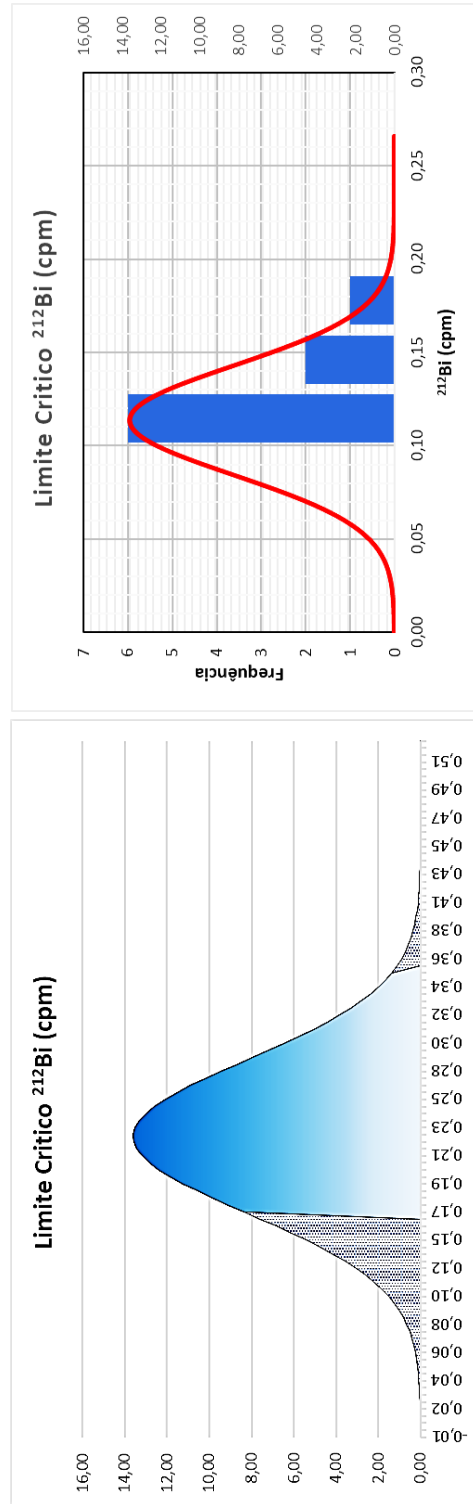
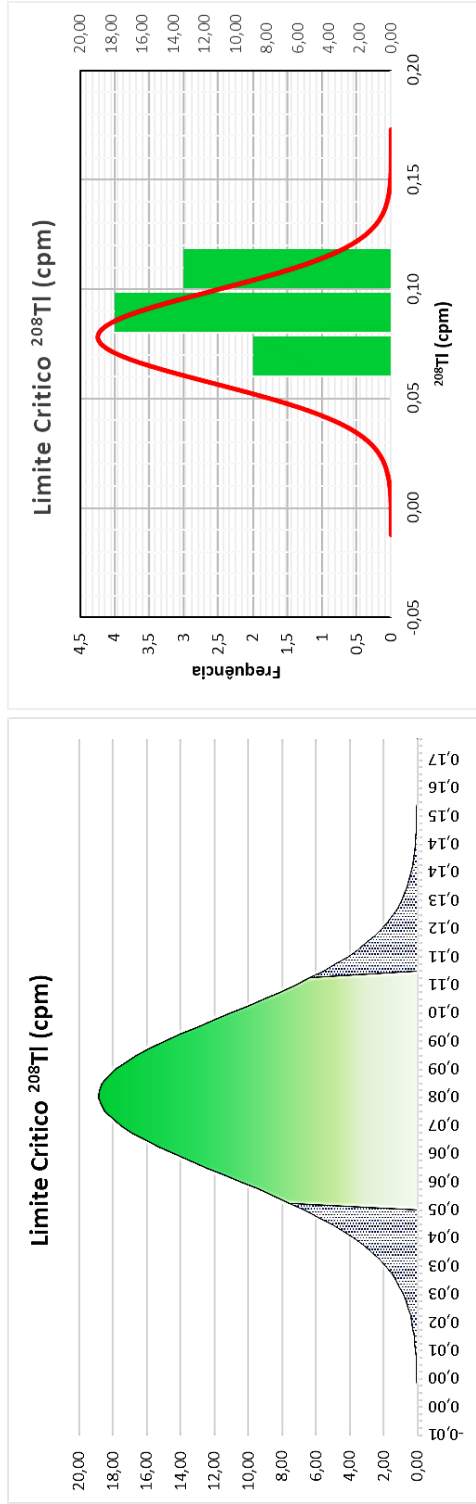


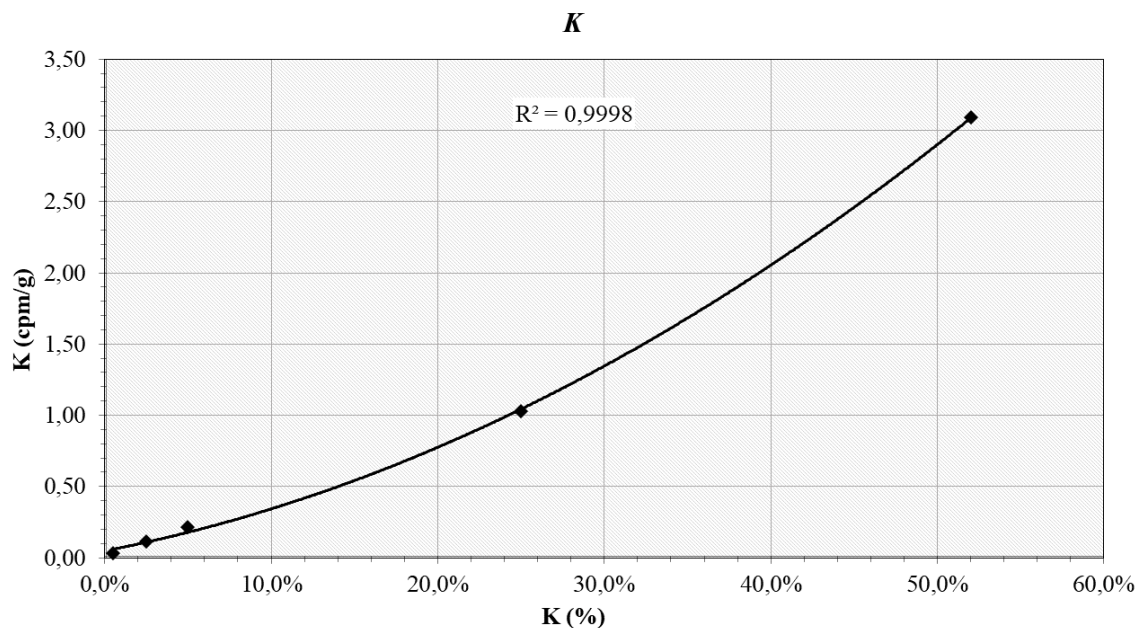
Figura 61 – Limite Crítico pelo modelo de distribuição normal e pelo método do gráfico de barras para o ^{208}Tl .



6.1.4 Cálculo da taxa de contagem

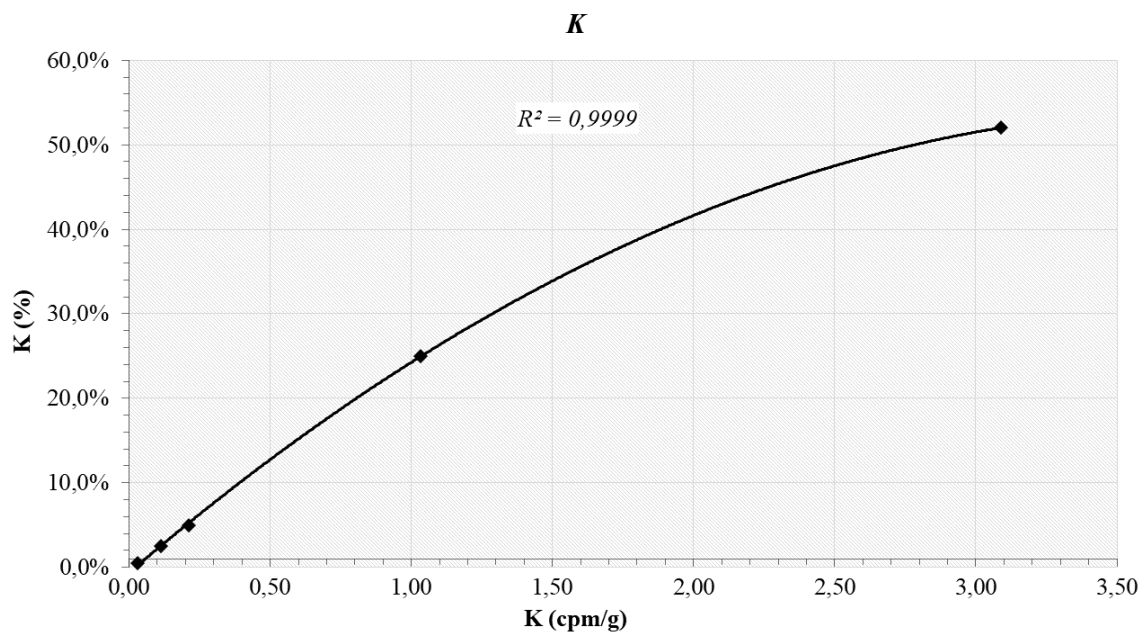
Algumas equações foram definidas para a elaboração das curvas de calibração para os radioelementos K , U e Th , permitindo estimá-los a partir de dados experimentais da taxa de contagem após a remoção da radiação de fundo (BG) e dos fatores de interferência nas leituras espectrais. Esses procedimentos foram detalhados ao longo deste trabalho e o resultado final foi a obtenção das curvas apresentadas nesta seção.

Figura 62 – Gráfico da relação entre a - taxa de contagem experimental x concentração padrão do radioelemento - pelo modelo de calibração para o potássio (^{40}K).



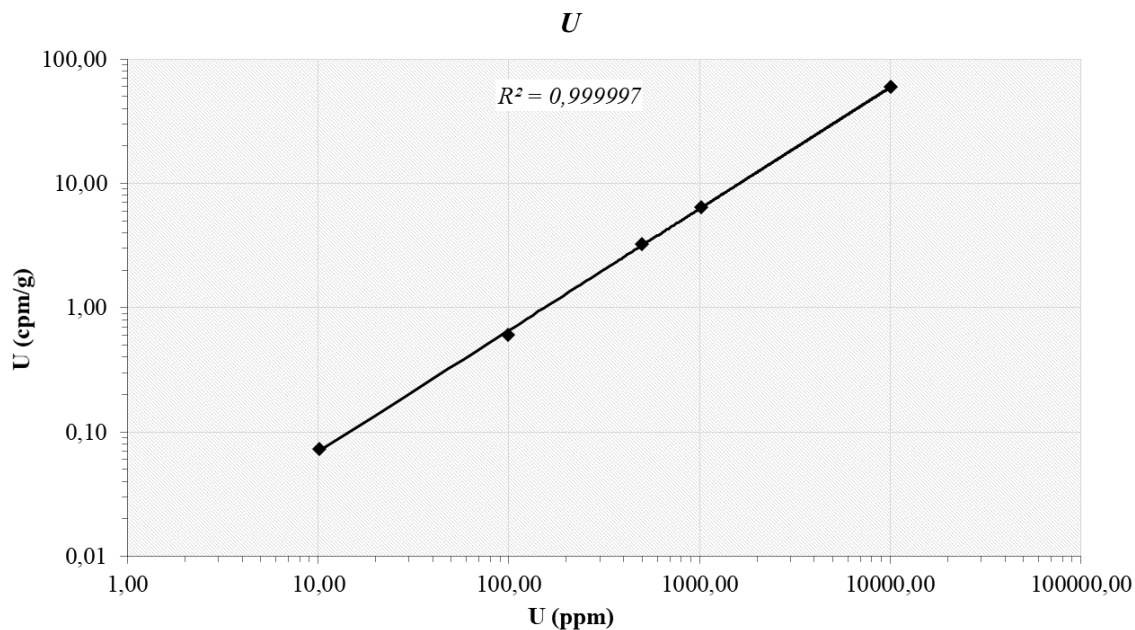
$$I_K \text{ (cpm/g)} = 6,895445577833.C_K^2 + 2,256871653115.C_K + 0,048015406646 \quad (6.1)$$

Figura 63 – Gráfico da relação entre a - concentração padrão do radioelemento x taxa de contagem prevista - pelo modelo de calibração para o potássio (^{40}K).



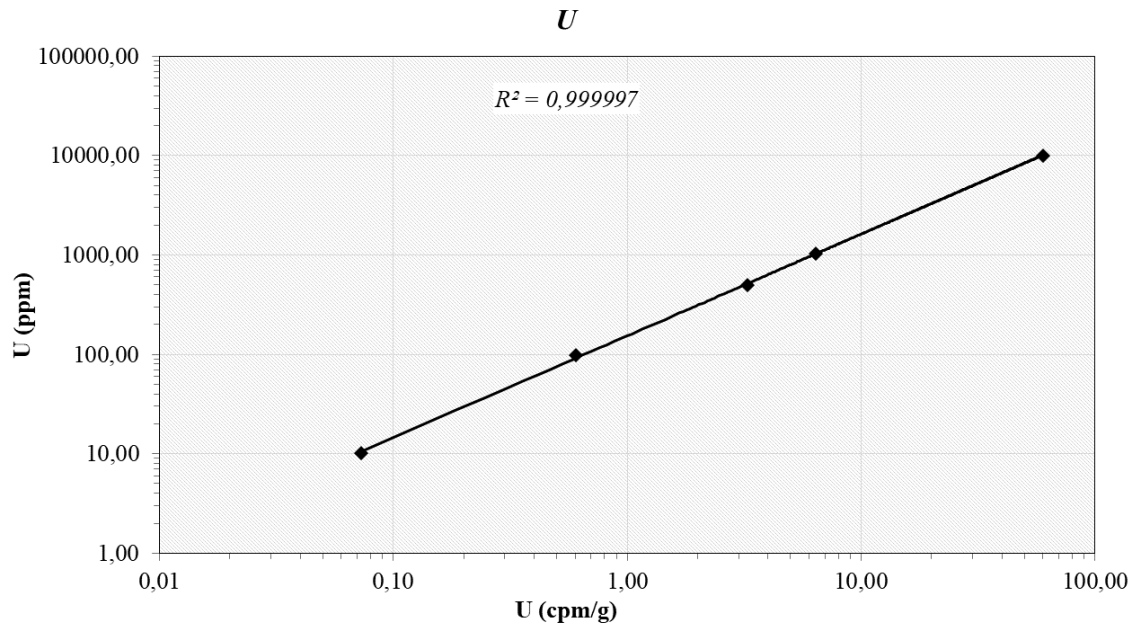
$$C_K \text{ (%) } = -0,03756028104.I_K^2 + 0,286437896899.I_K + 0,006307340749 \quad (6.2)$$

Figura 64 – Gráfico da relação entre a - taxa de contagem experimental x concentração padrão do radioelemento - pelo modelo de calibração para o urânio (^{214}Bi).



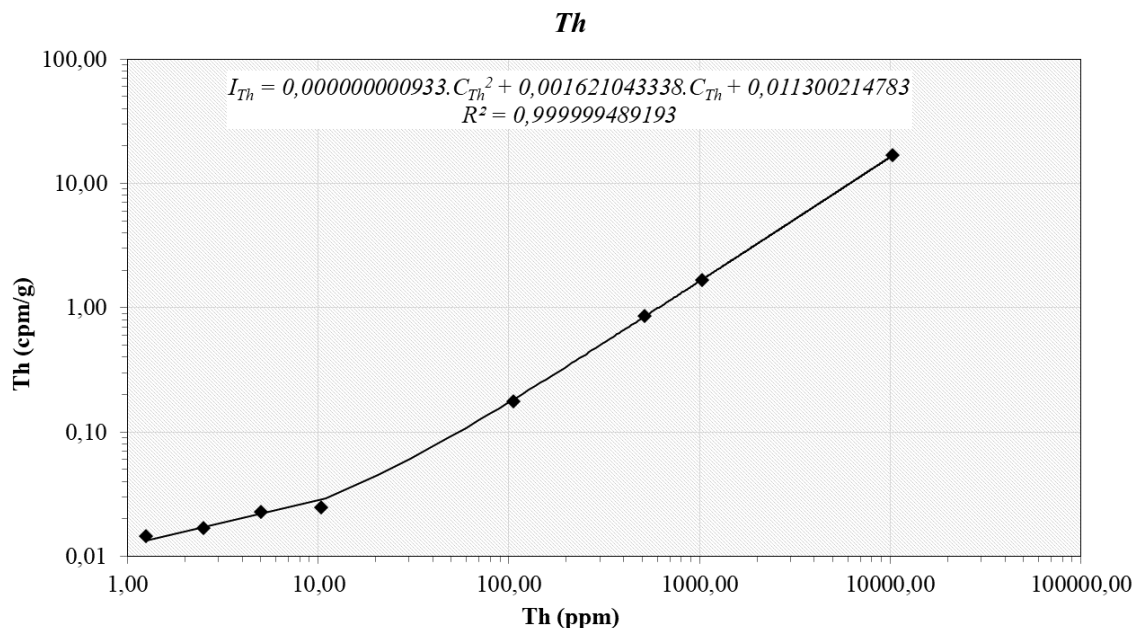
$$I_U \text{ (cpm/g)} = 0,007286726291 \cdot C_U^{0,977651633750} \quad (6.3)$$

Figura 65 – Gráfico da relação entre a - concentração padrão do radioelemento x taxa de contagem prevista - pelo modelo de calibração para o urânio (^{214}Bi).



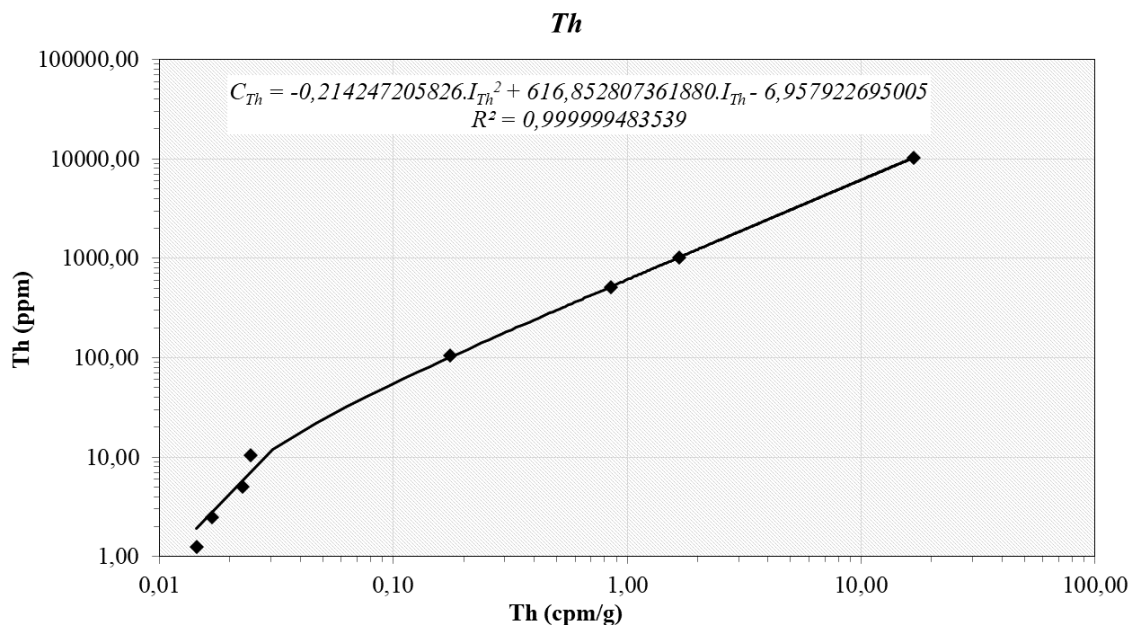
$$C_U = 153,610544666440 \cdot I_U^{1,022593656452} \quad (6.4)$$

Figura 66 – Gráfico da relação entre a - taxa de contagem experimental x concentração padrão do radioelemento - pelo modelo de calibração para o tório (^{208}Tl).



$$I_{Th}(\text{cpm/g}) = 0,000000000933.C_{Th}^2 + 0,001621043338.C_{Th} + 0,011300214783 \quad (6.5)$$

Figura 67 – Gráfico da relação entre a - concentração padrão do radioelemento x taxa de contagem prevista - pelo modelo de calibração para o tório (^{208}Tl).



$$C_{Th}(\text{ppm}) = -0,214247205826.I_{Th}^2 + 616,852807361880.I_{Th} + 6,957922695005 \quad (6.6)$$

6.1.4.1 Cálculo da Interferência e Compton

Os gráficos a seguir descrevem a distribuição normal da interferência predominante do urânio e do tório nas demais janelas espectrais dos fotópicos de interesse. Posteriormente e com a

modelagem matemática da distribuição dos dados de calibração, baseado nos padrões utilizados, foi possível definir as equações que melhor descrevem o comportamento das contagens de cada um dos 3 elementos nas demais janelas de contagem.

Figura 68 – Interferência do Urânio no canal do Tório e do Potássio.

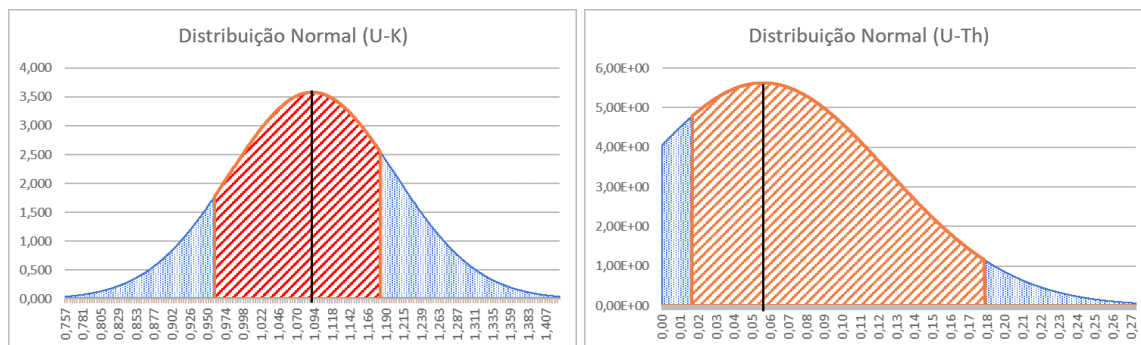


Figura 69 – Interferência do Tório no canal do Urânio e do Potássio.

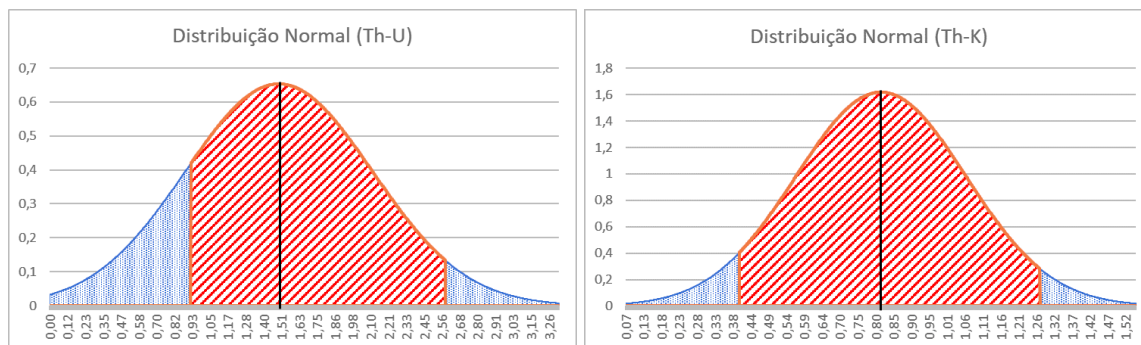
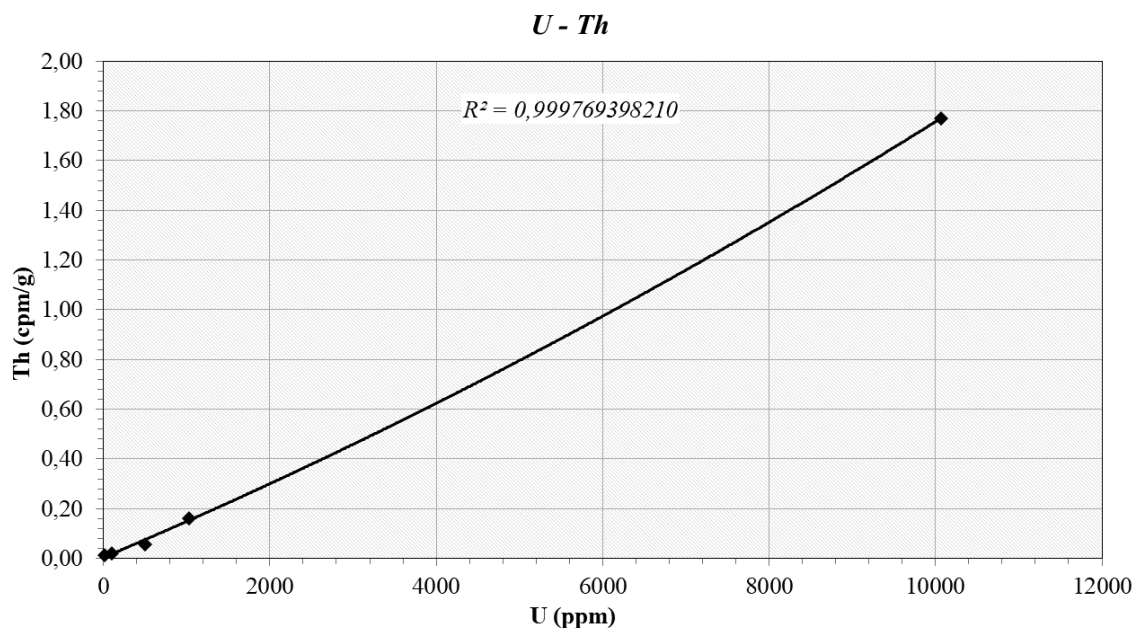
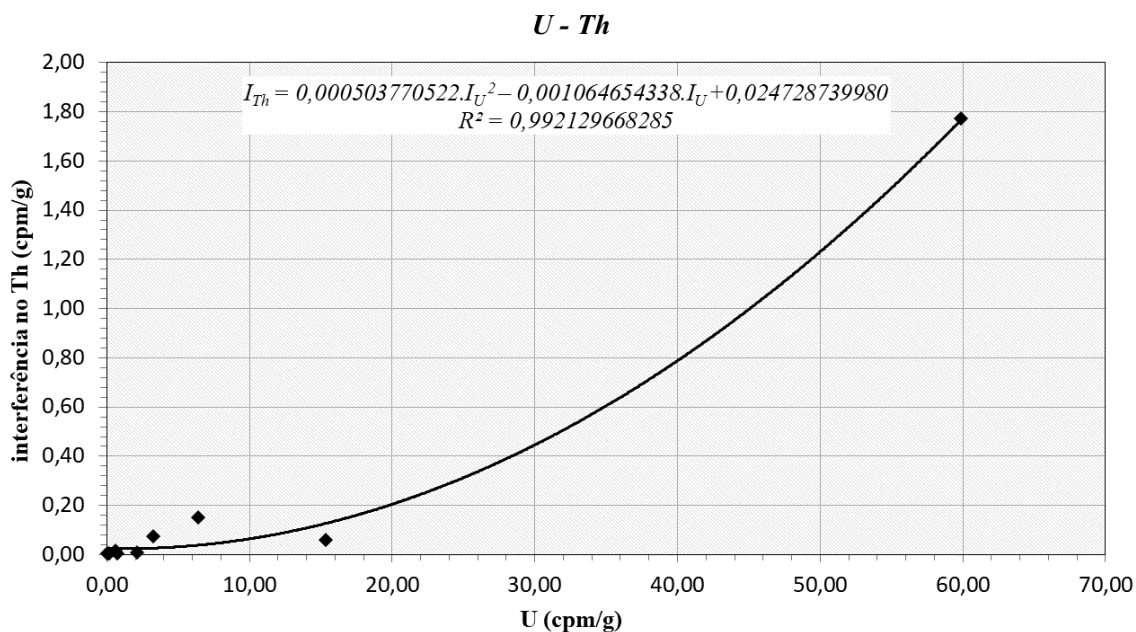


Figura 70 – Interferência do Urânio no canal do Tório a partir da concentração dos padrões de U.



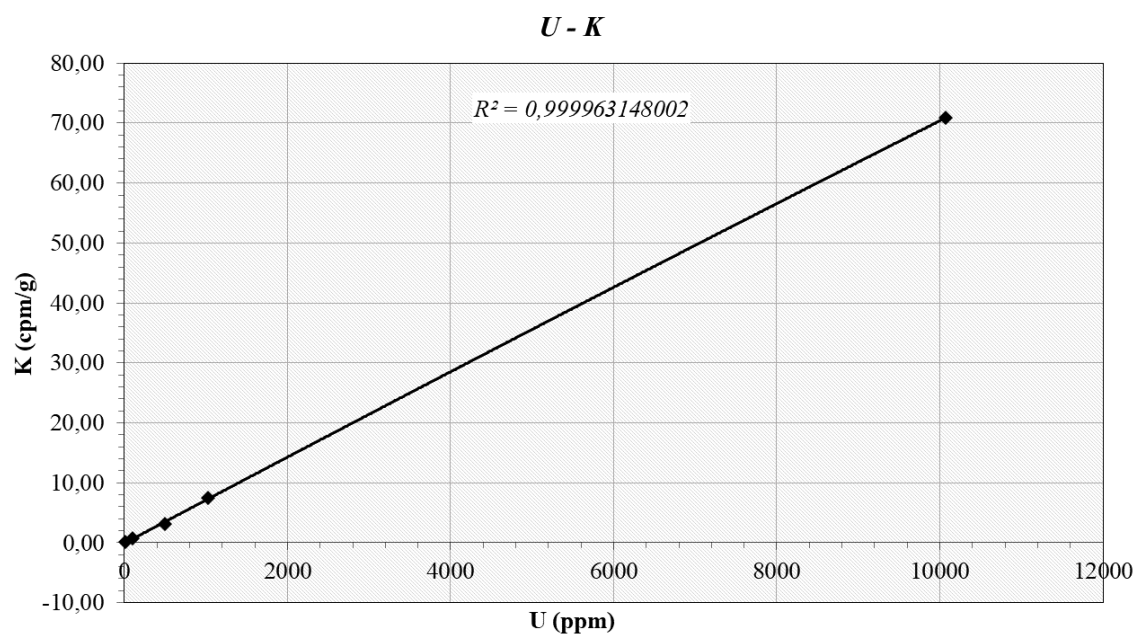
$$I_{Th} = 0,000000003369.C_U^2 + 0,000141559984.C_U + 0,003833567611 \quad (6.7)$$

Figura 71 – Interferência do Urânio no canal do Tório a partir da concentração dos padrões de U.



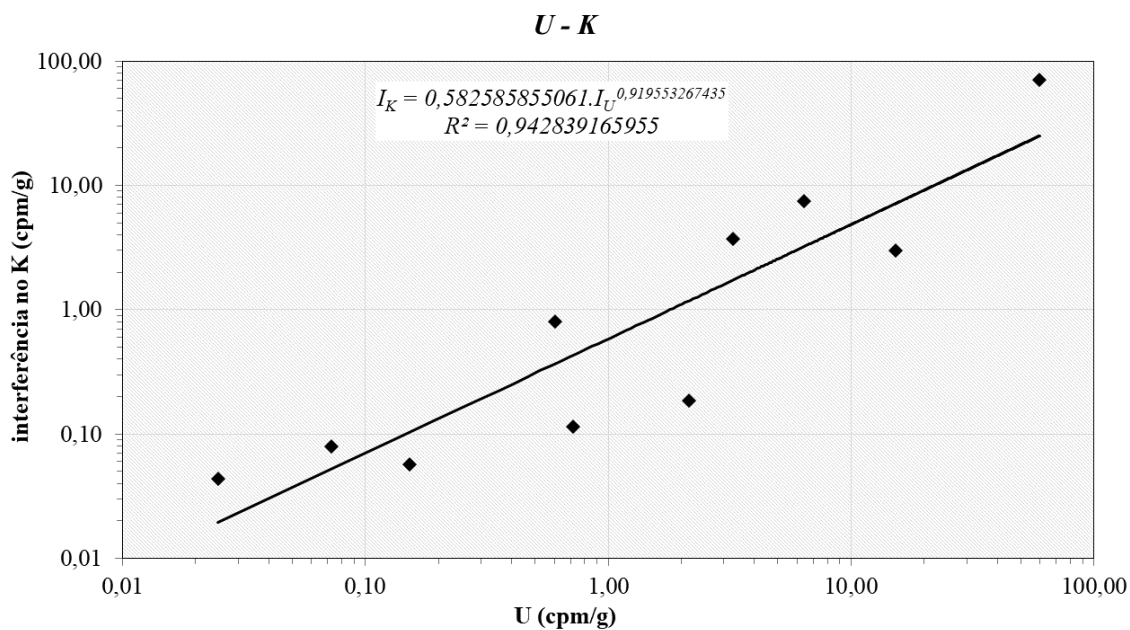
$$I_{Th}(\text{cpm/g}) = 0,000503770522.I_U^2 - 0,001064654338.I_U + 0,024728739980 \quad (6.8)$$

Figura 72 – Interferência do Urânio no canal do Potássio a partir da concentração dos padrões de U.



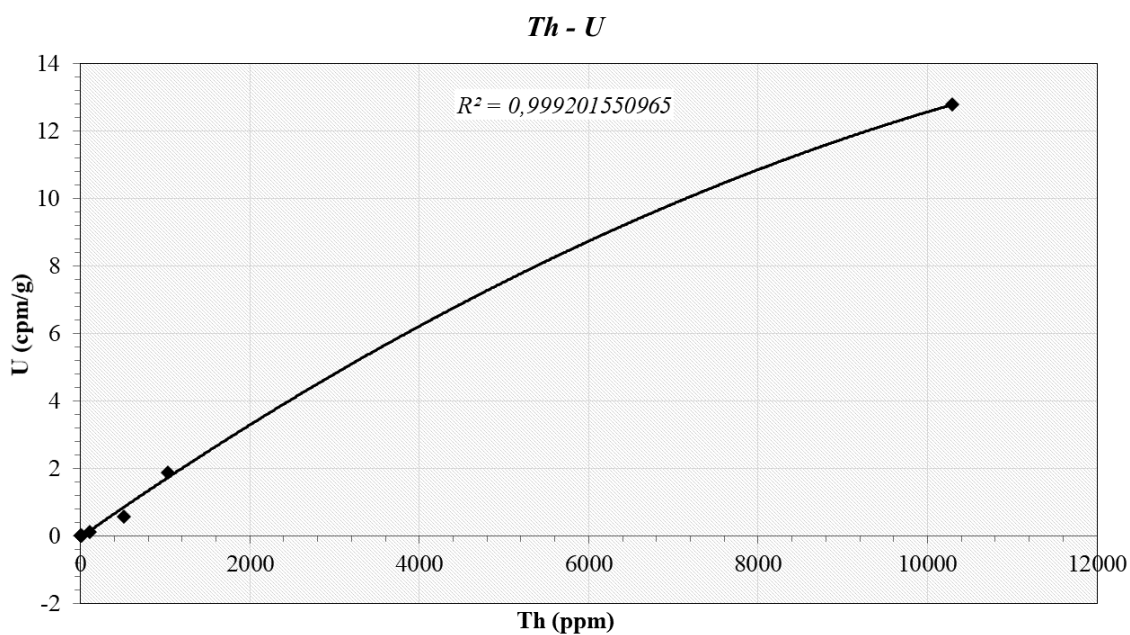
$$I_K(\text{cpm/g}) = -0,000000017365.C_U^2 + 0,007220995122.C_U - 0,084547623175 \quad (6.9)$$

Figura 73 – Definição da interferência do Urânio no Potássio a partir da intensidade nas contagens do urânio.



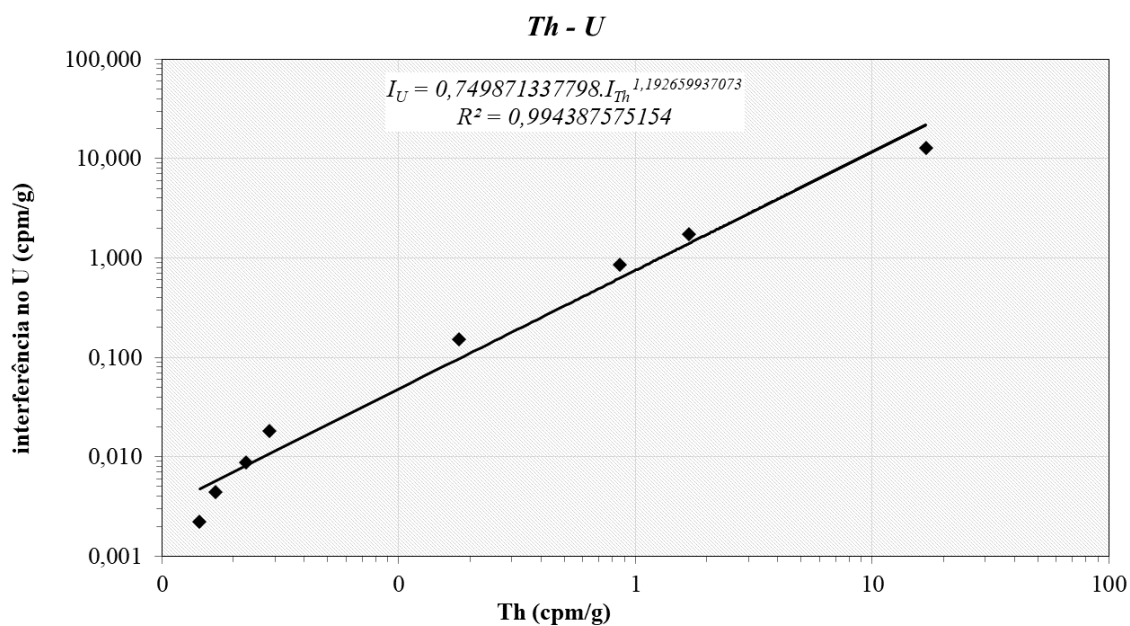
$$I_K (\text{cpm/g}) = 0,582585855061.I_U^{0,919553267435} \quad (6.10)$$

Figura 74 – Interferência do Tório no canal do Urânio a partir da concentração dos padrões de Th.



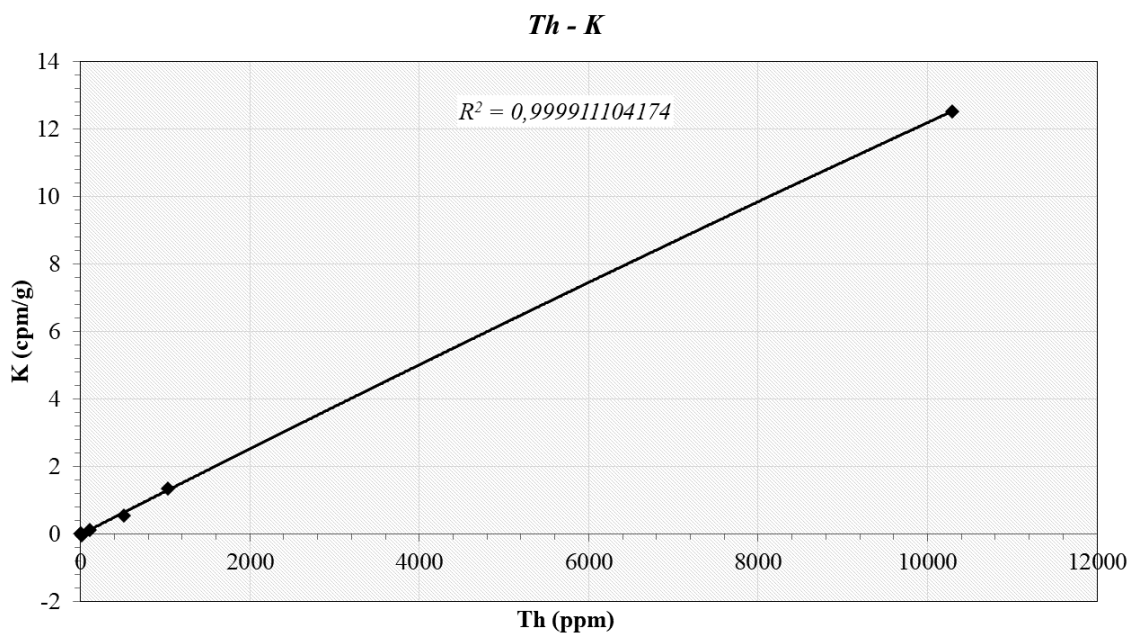
$$I_U (\text{cpm/g}) = -0,000000050503.C_{Th}^2 + 0,001764331134.C_{Th} - 0,034578479008 \quad (6.11)$$

Figura 75 – Definição da interferência do Tório no Urânio a partir da intensidade do tório.



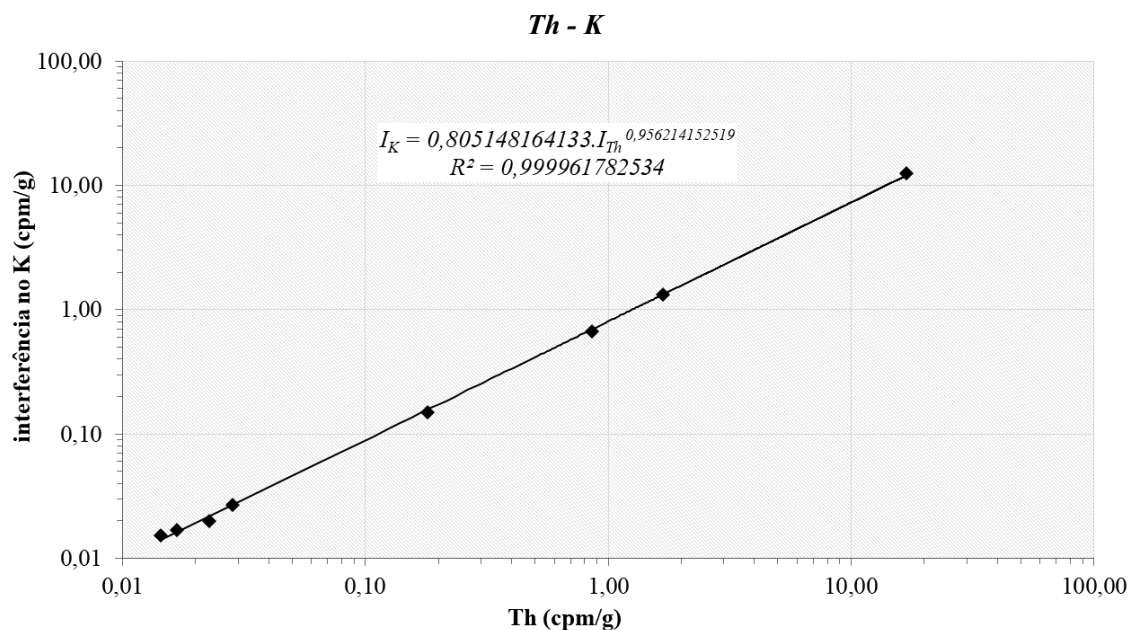
$$I_U (cpm/g) = 0,749871337798.I_{Th}^{1,192659937073} \quad (6.12)$$

Figura 76 – Interferência do Tório no canal do Potássio a partir da concentração dos padrões de Th.



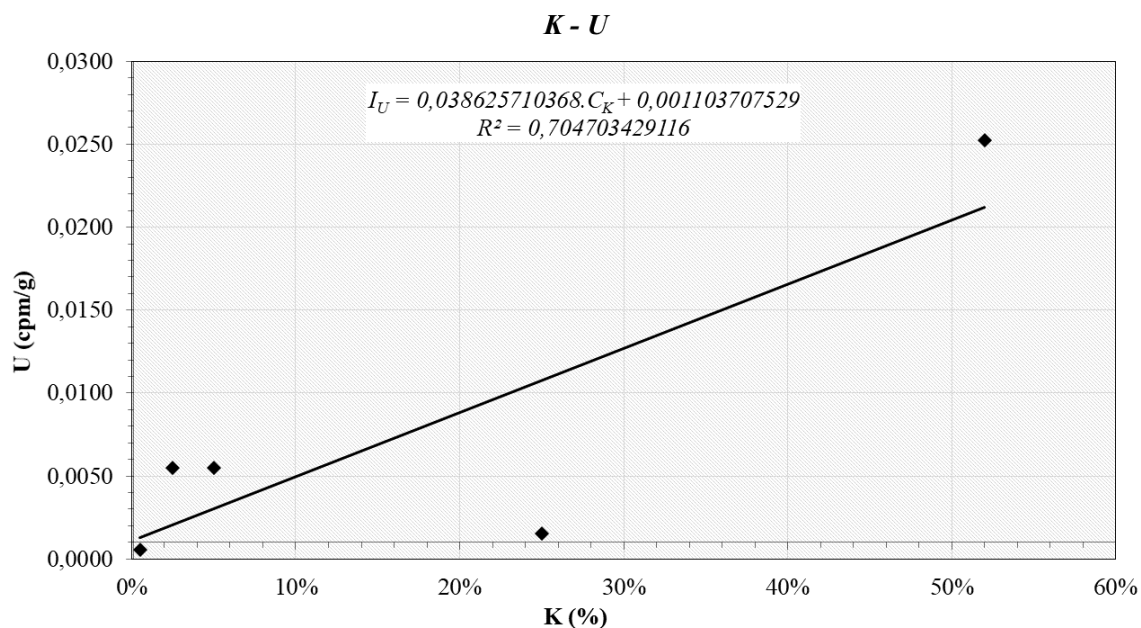
$$I_K (cpm/g) = -0,000000006128.C_{Th}^2 + 0,001280831386.C_{Th} - 0,013593169516 \quad (6.13)$$

Figura 77 – Definição da interferência do Tório no Urânio a partir da intensidade do tório.



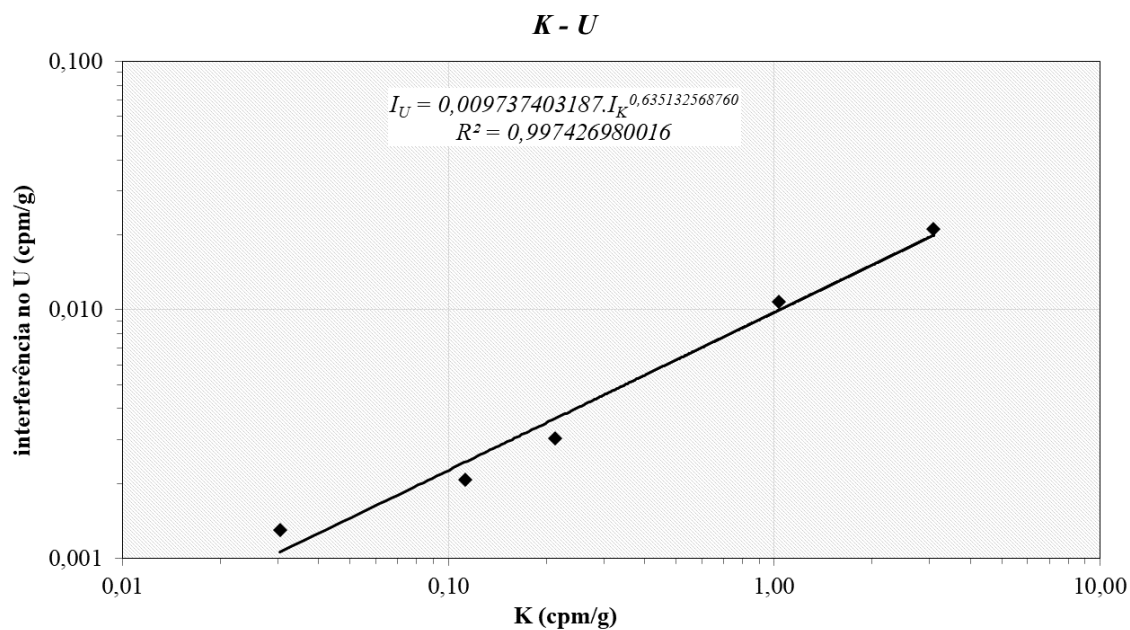
$$I_K = 0,805148164133.I_{Th}^{0,956214152519} \quad (6.14)$$

Figura 78 – Interferência do Potássio no canal do Urânio a partir da concentração dos padrões de K.



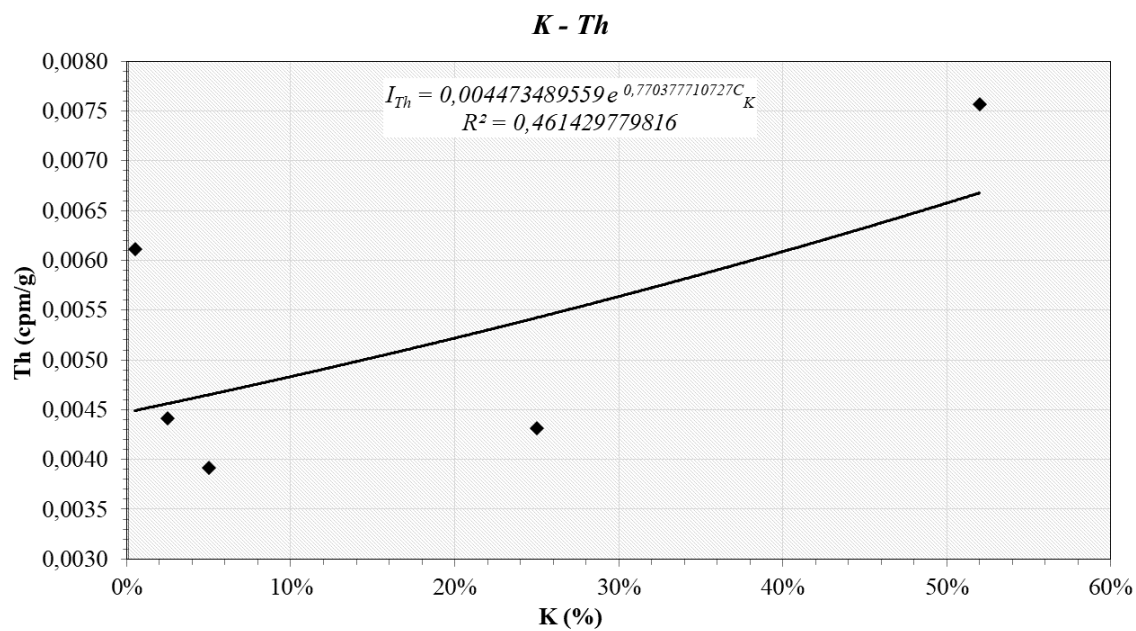
$$I_U (cpm/g) = 0,038625710368.C_K + 0,001103707529 \quad (6.15)$$

Figura 79 – Definição da interferência do Potássio no Urânio a partir da intensidade do Potássio.



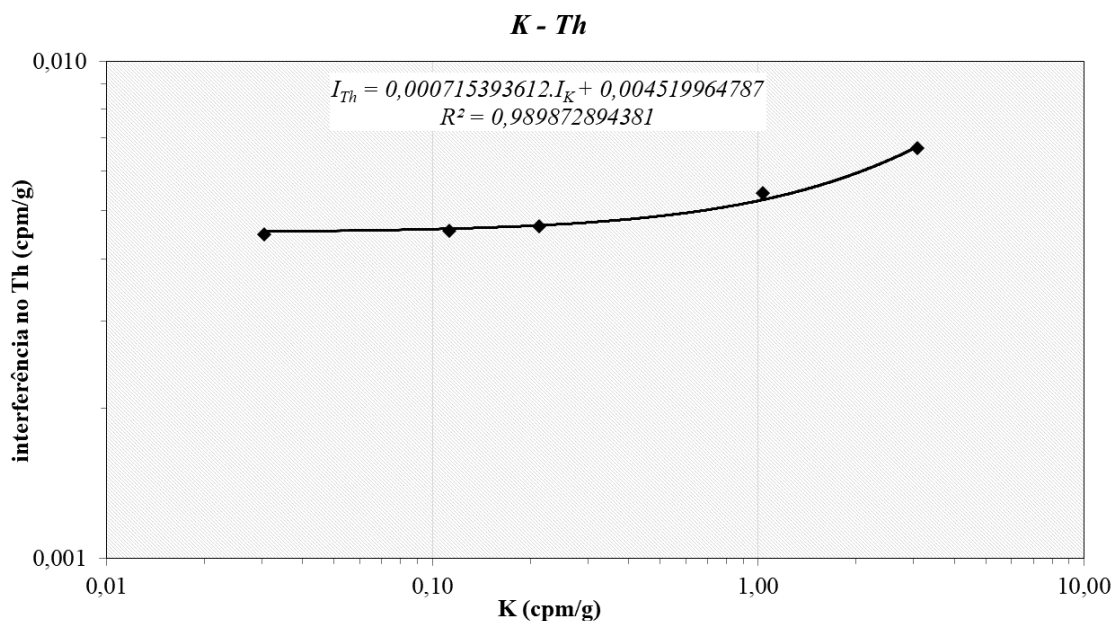
$$I_U (cpm/g) = 0,038625710368.C_K + 0,001103707529 \quad (6.16)$$

Figura 80 – Interferência do Potássio no canal do Tório a partir da concentração dos padrões de K.



$$I_{Th} (cpm/g) = 0,004473489559.e^{0,770377710727.C_K} \quad (6.17)$$

Figura 81 – Definição da interferência do Potássio no Tório a partir da intensidade do Potássio.



$$I_{Th}(cpm/g) = 0,000715393612.I_K + 0,004519964787 \quad (6.18)$$

Os modelos aqui mencionados foram a base utilizada para o cálculo dos descontos de interferência Compton, bem como para a definição final das concentrações obtidas pelo reprocessamento dos dados obtido por Duarte (2002).

Figura 82 – Relação entre a taxa de contagem (Net_{counts}) e a taxa com o desconto da interferência Compton para o Potássio.

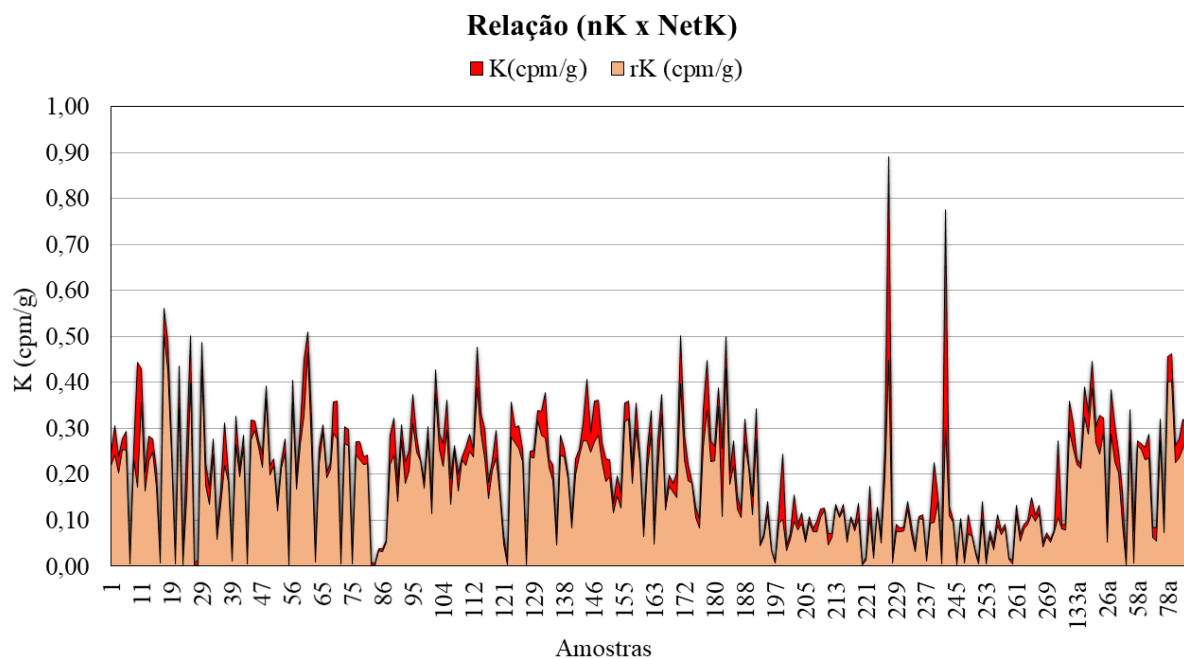


Figura 83 – Interferência, por amostra, do Urânio e do Tório no Potássio.

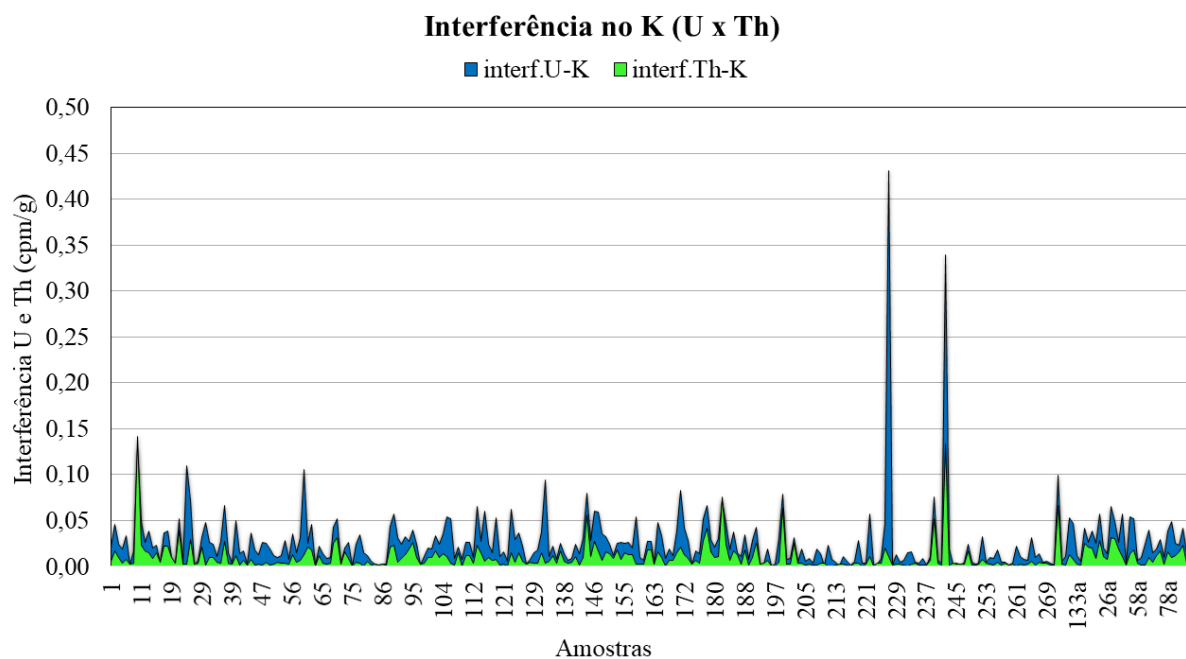


Figura 84 – Relação entre a taxa de contagem (Net_{counts}) e a taxa com o desconto da interferência Compton para o Urânio.

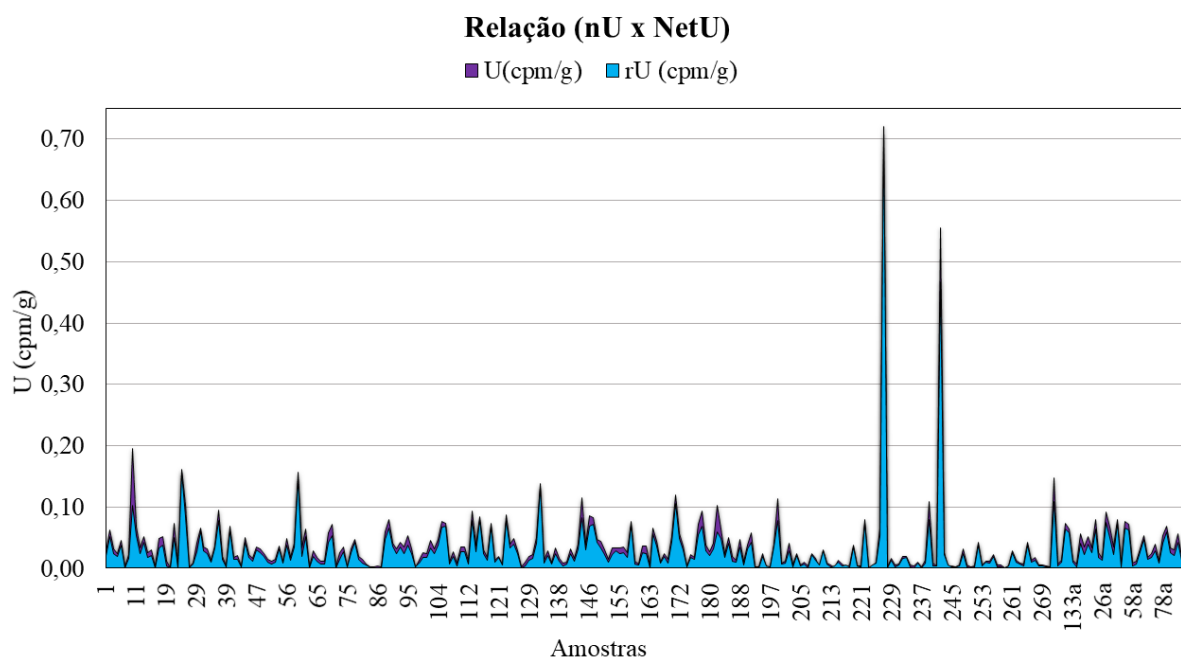


Figura 85 – Interferência, por amostra, do Potássio e do Tório no Urânio.

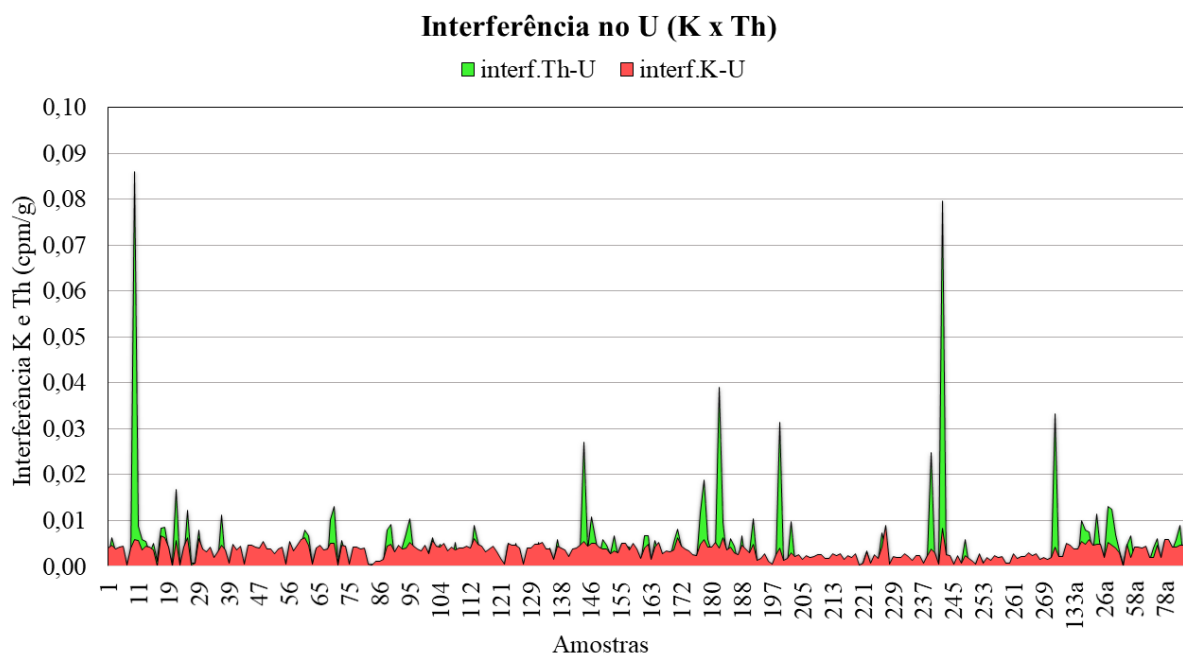


Figura 86 – Relação entre a taxa de contagem (Net_{counts}) e a taxa com o desconto da interferência Compton para o Tório.

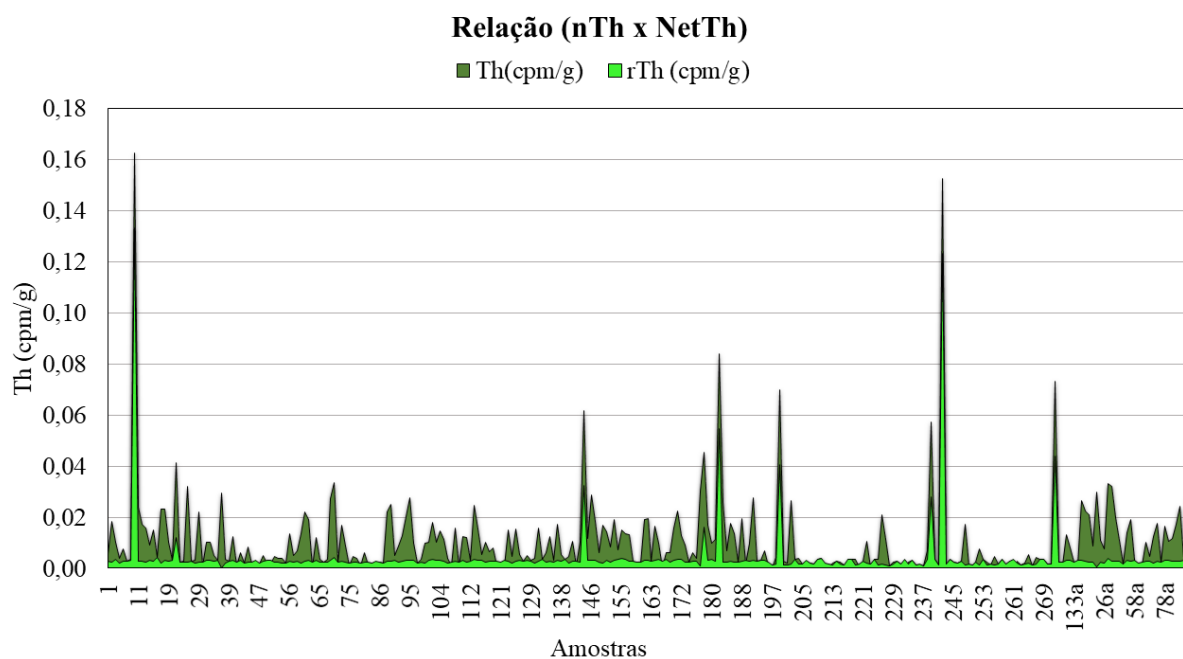
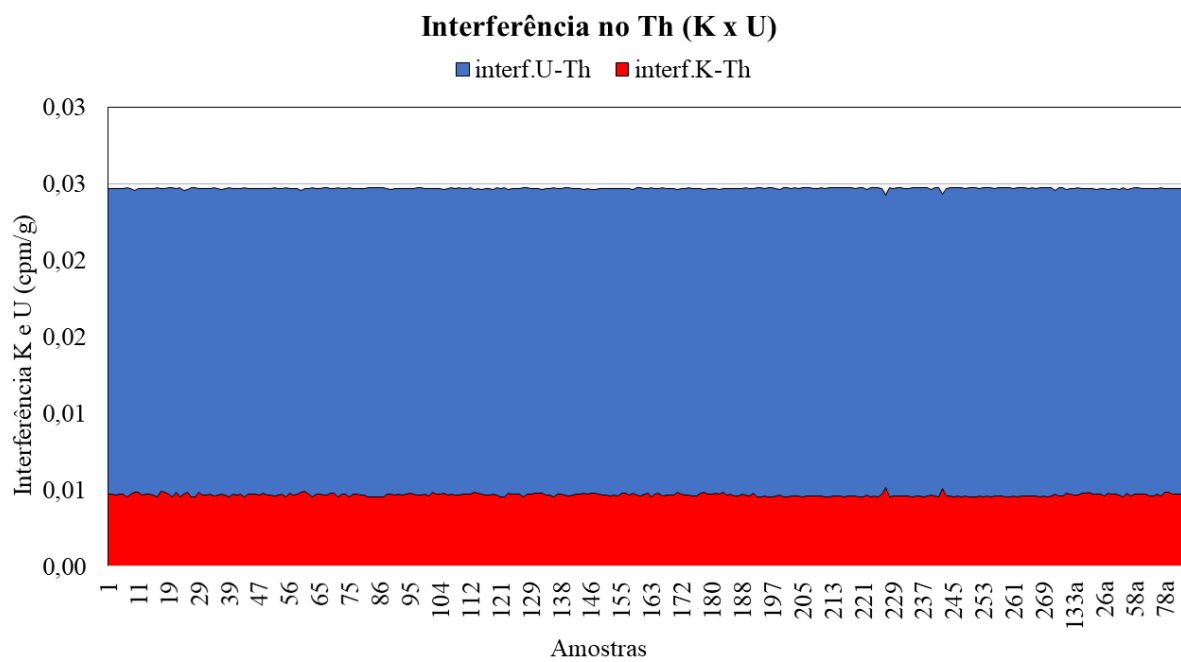


Figura 87 – Interferência, por amostra, do Urânio e do Potássio no Tório.



6.1.5 Interpolação das concentrações e geração de mapas geoestatísticos comparativos entre os modelos do presente trabalho e de Duarte (2002)

6.1.5.1 Mapa comparativo para teores de K , eU e eTh

Figura 88 – Mapas comparativos do Potássio: (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.

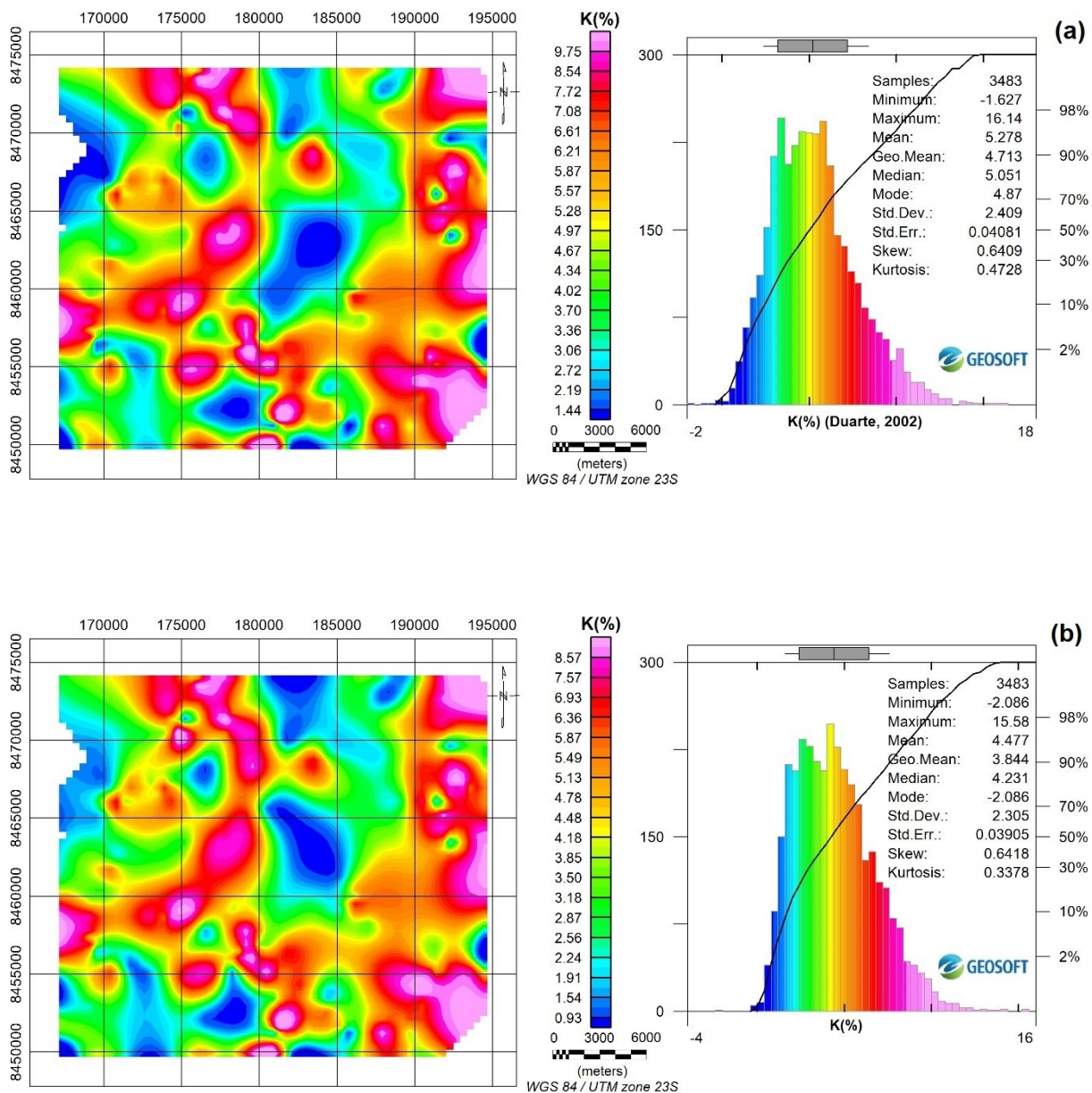


Figura 89 – Mapas comparativos do Urânio: (a) Duarte (2002) ; (b) com remoção de interferências.

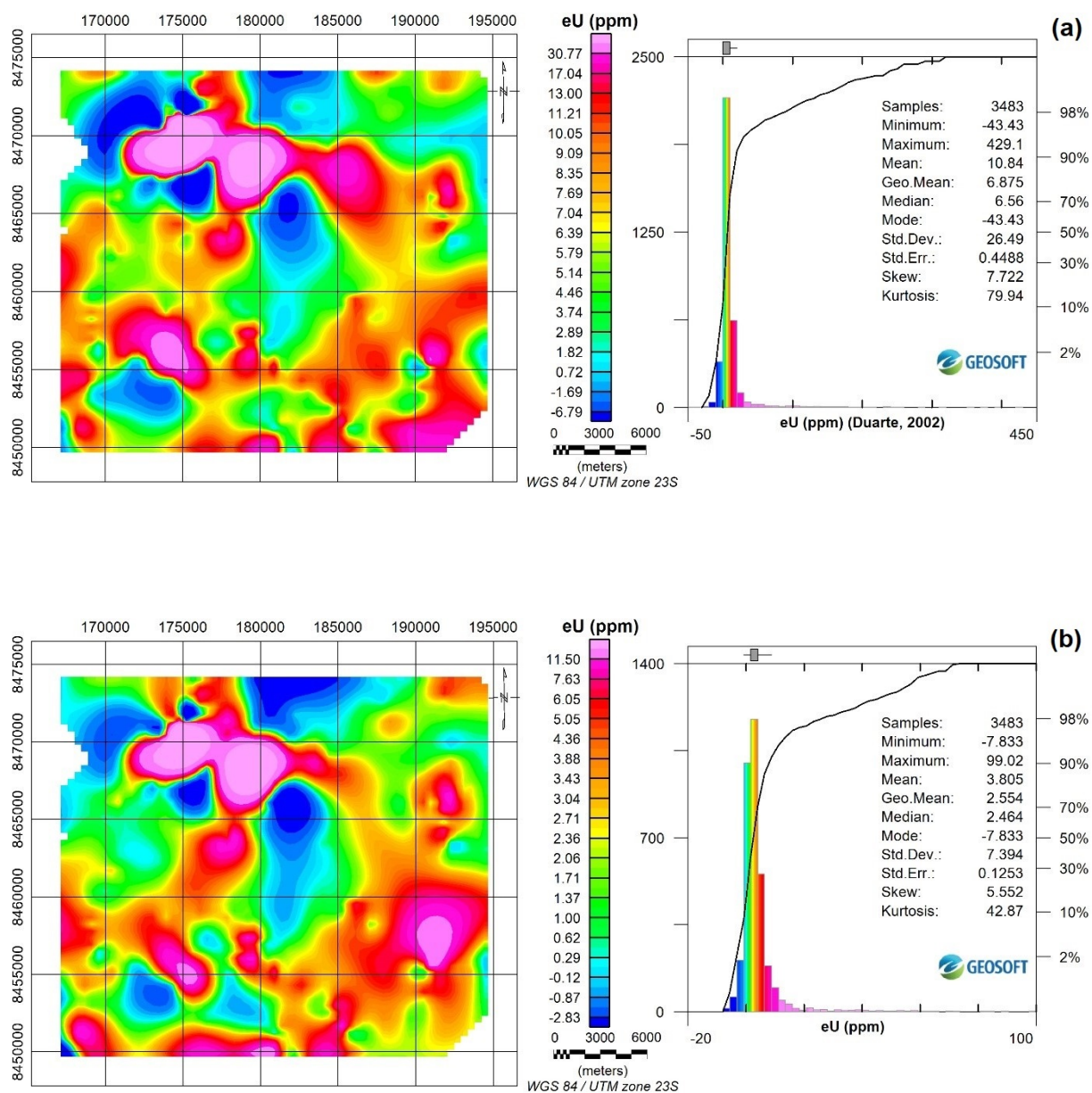
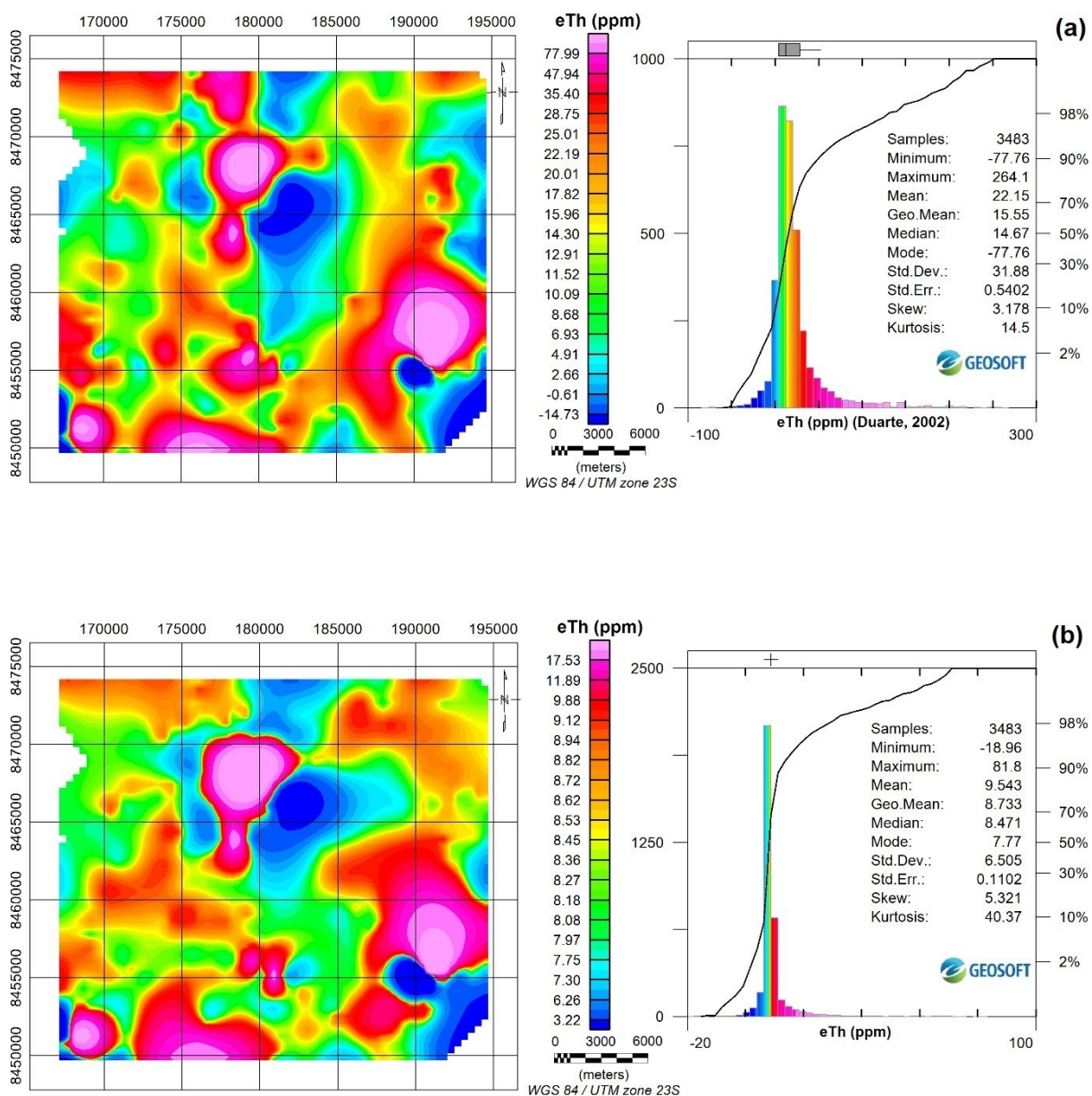
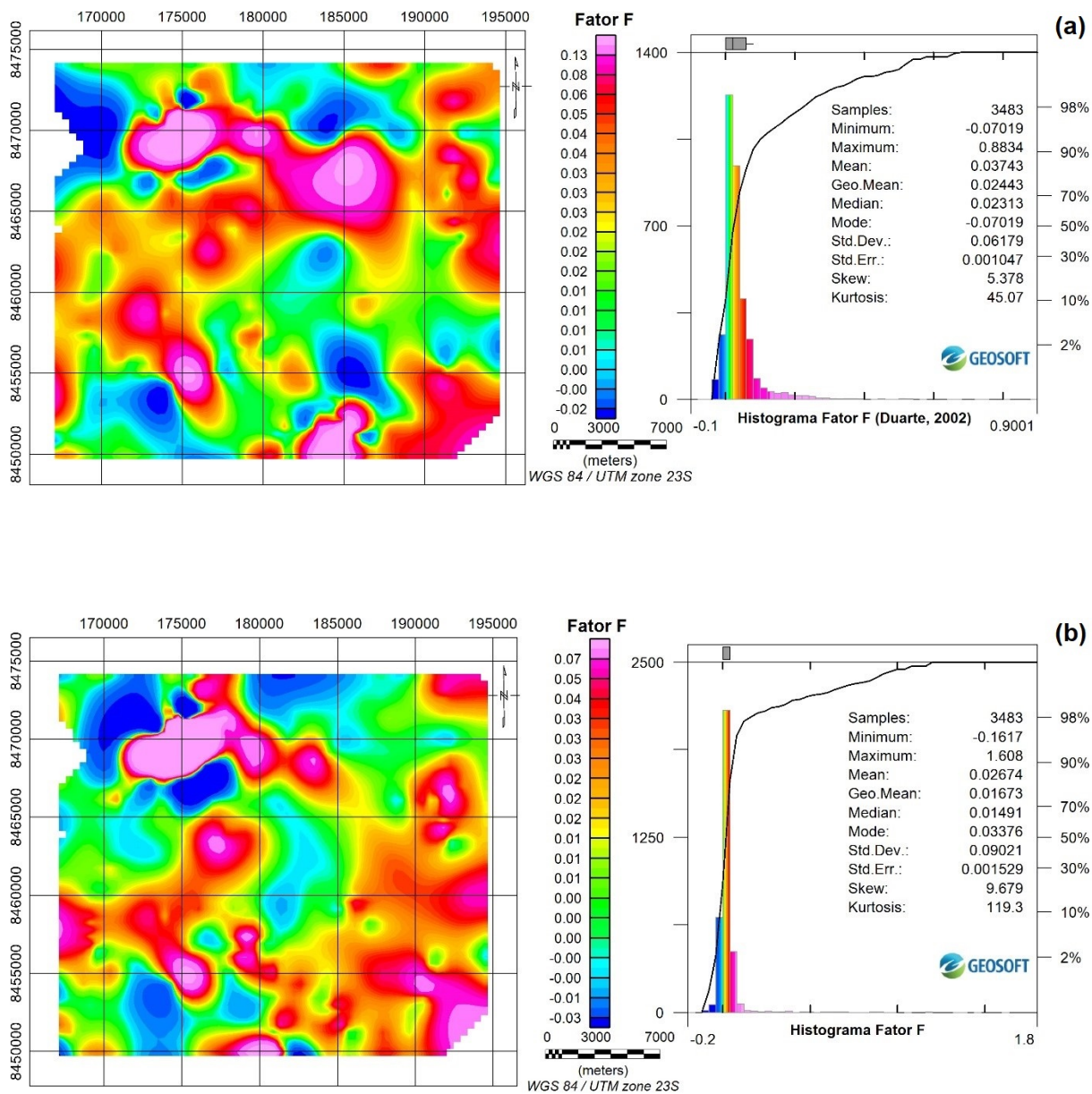


Figura 90 – Mapas comparativos do Tório: (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.



6.1.5.2 Mapa comparativo para o *Parâmetro* ou *Fator F*

Figura 91 – Mapas comparativos do *Parâmetro* ou *Fator F*: (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.



6.1.5.3 Mapa comparativo para as razões eU/K ; eTh/K ; eU/eTh

Figura 92 – Mapas da razão entre Urânio e Potássio (eU/K): (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.

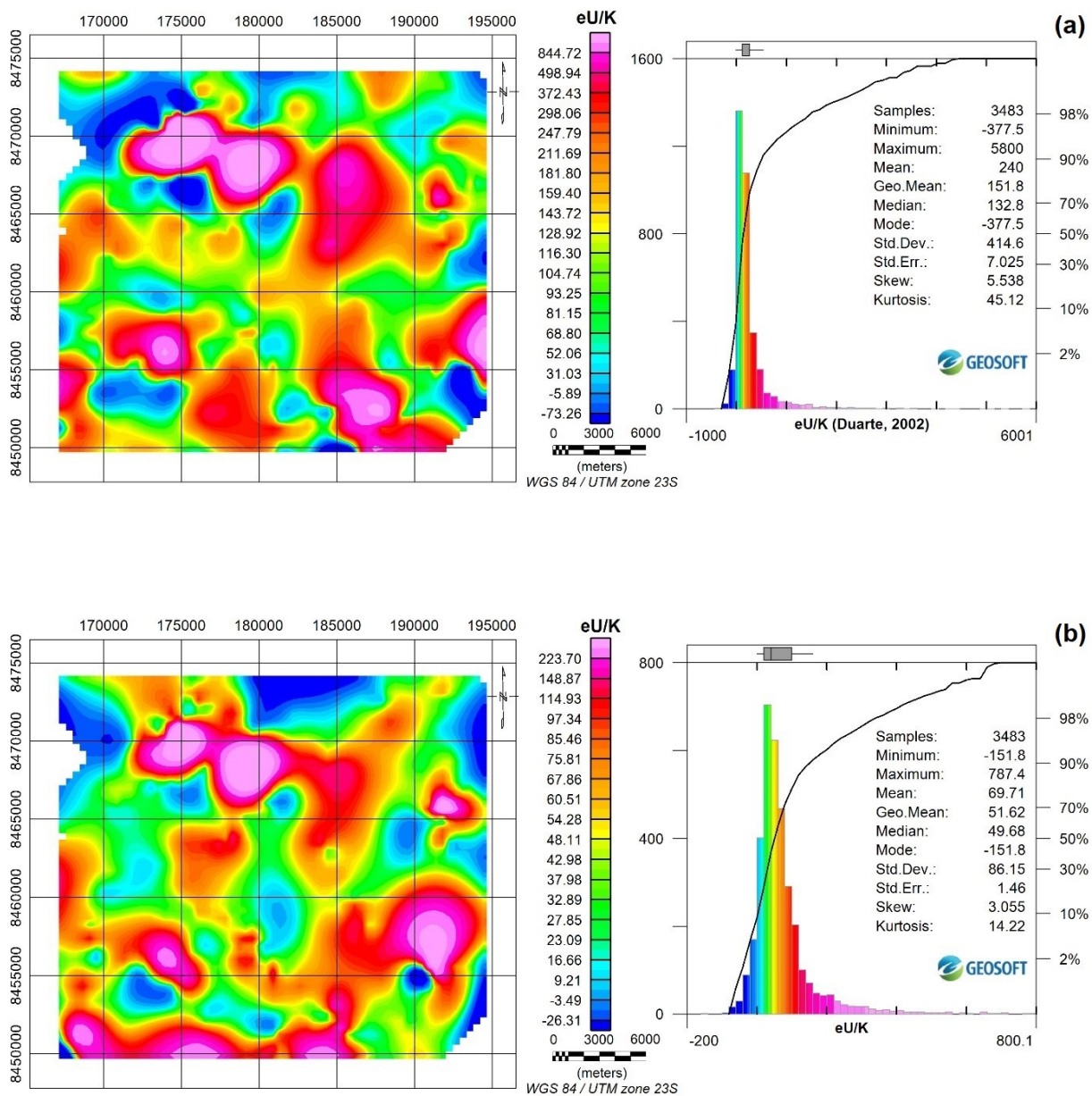


Figura 93 – Mapas da razão entre Urânio e Tório (eU/eTh): (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.

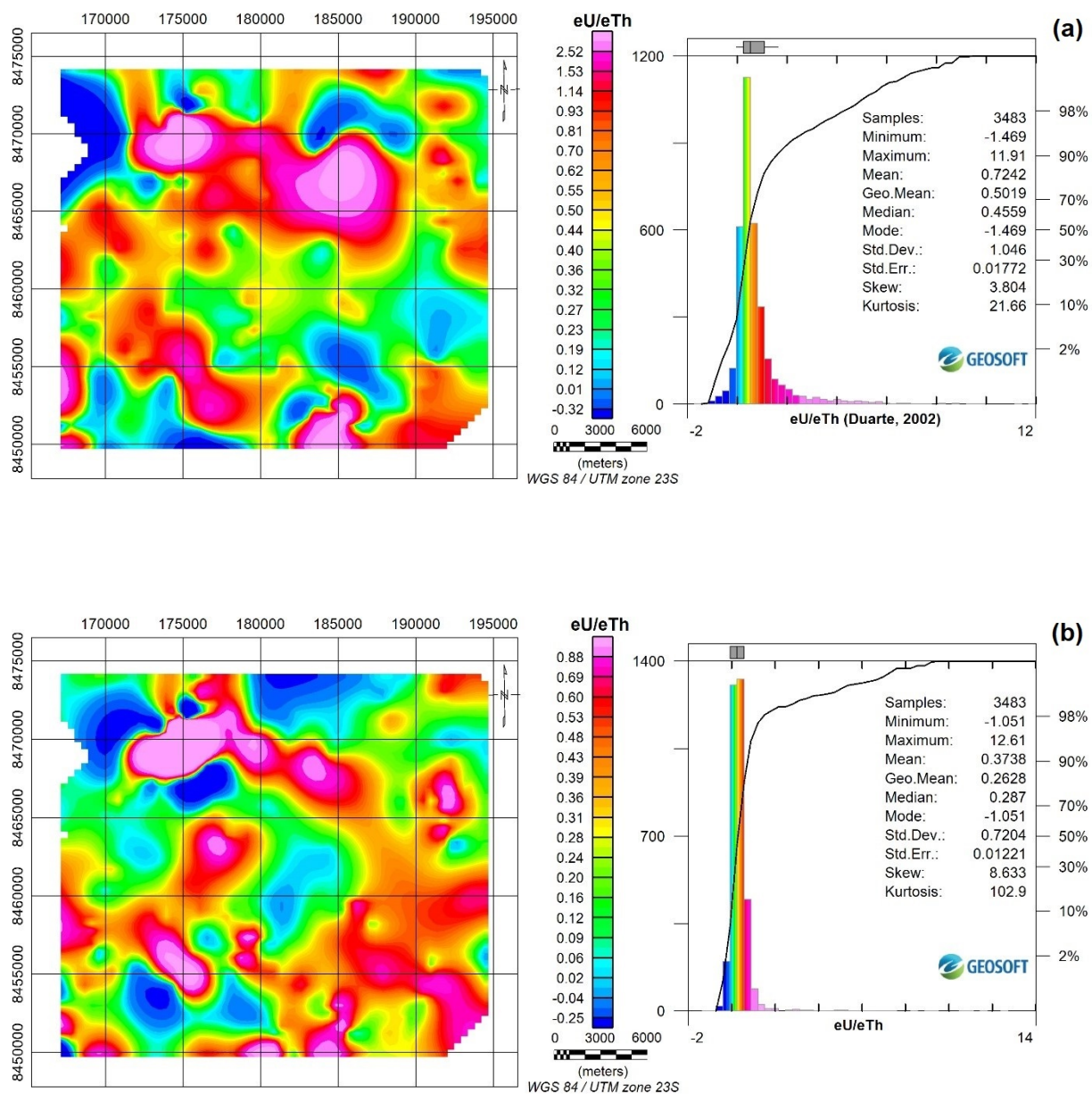
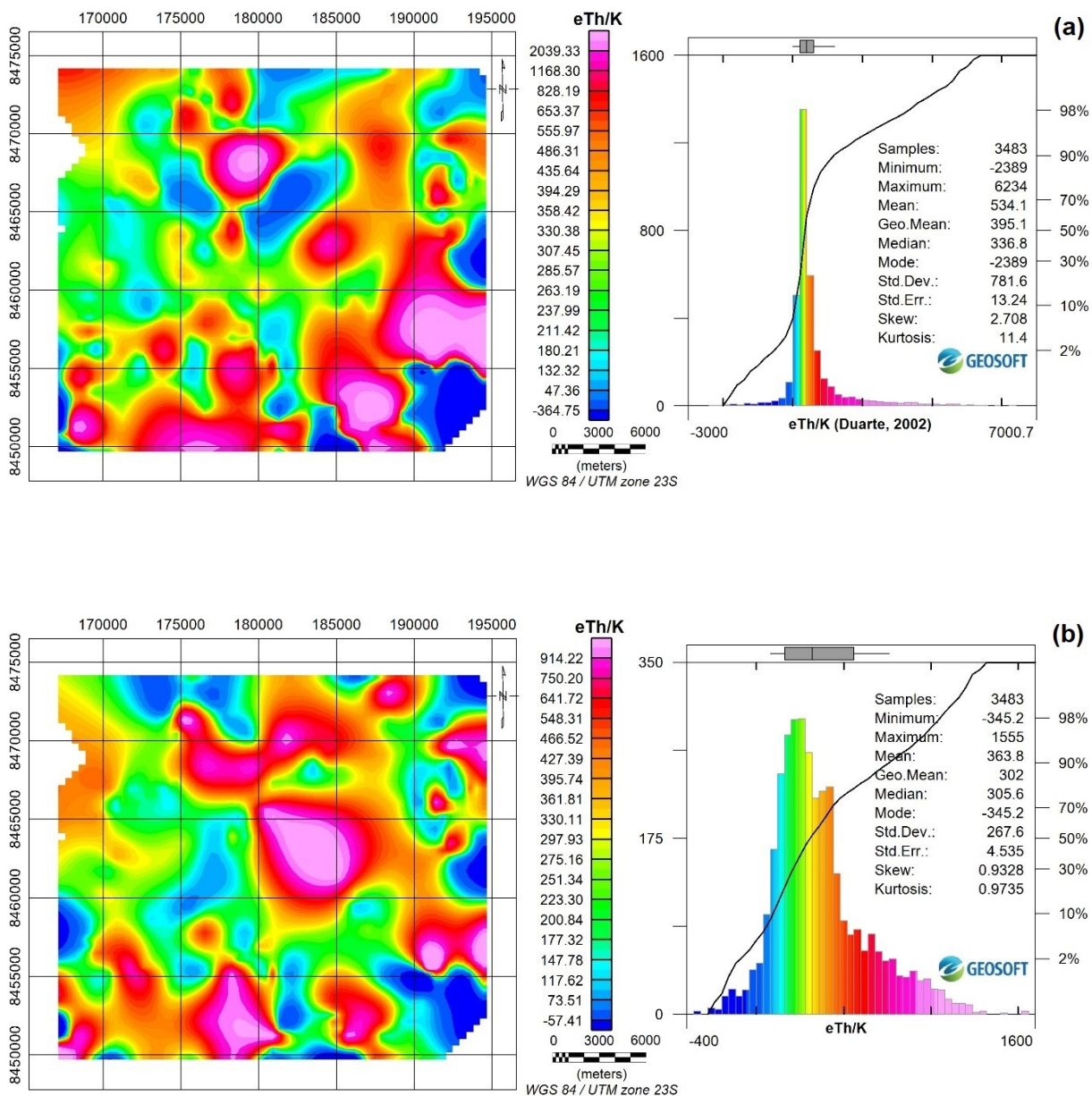
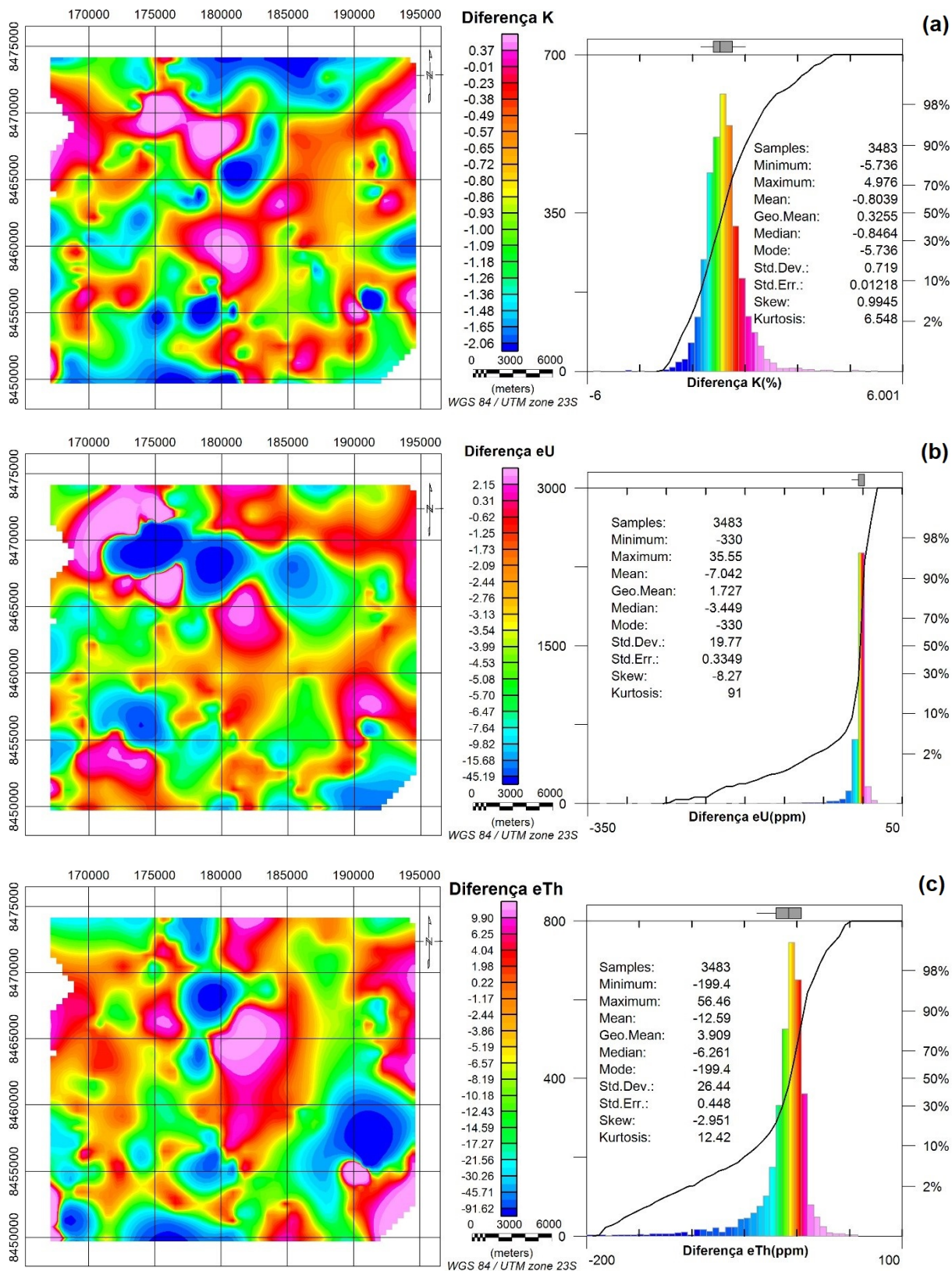


Figura 94 – Mapas da razão entre Tório e Potássio (eTh/K): (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.



6.1.5.4 Mapa da diferença

Figura 95 – Mapas da subtração (diferença) entre os dados de K, eU e eTh de Duarte (2002) com a modelagem desenvolvida neste trabalho: (a) K; (b) eU; (c) eTh.



6.1.5.5 Mapa Ternário *RGB* e *CMY*

Figura 96 – Mapa Ternário *CMY*: (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.

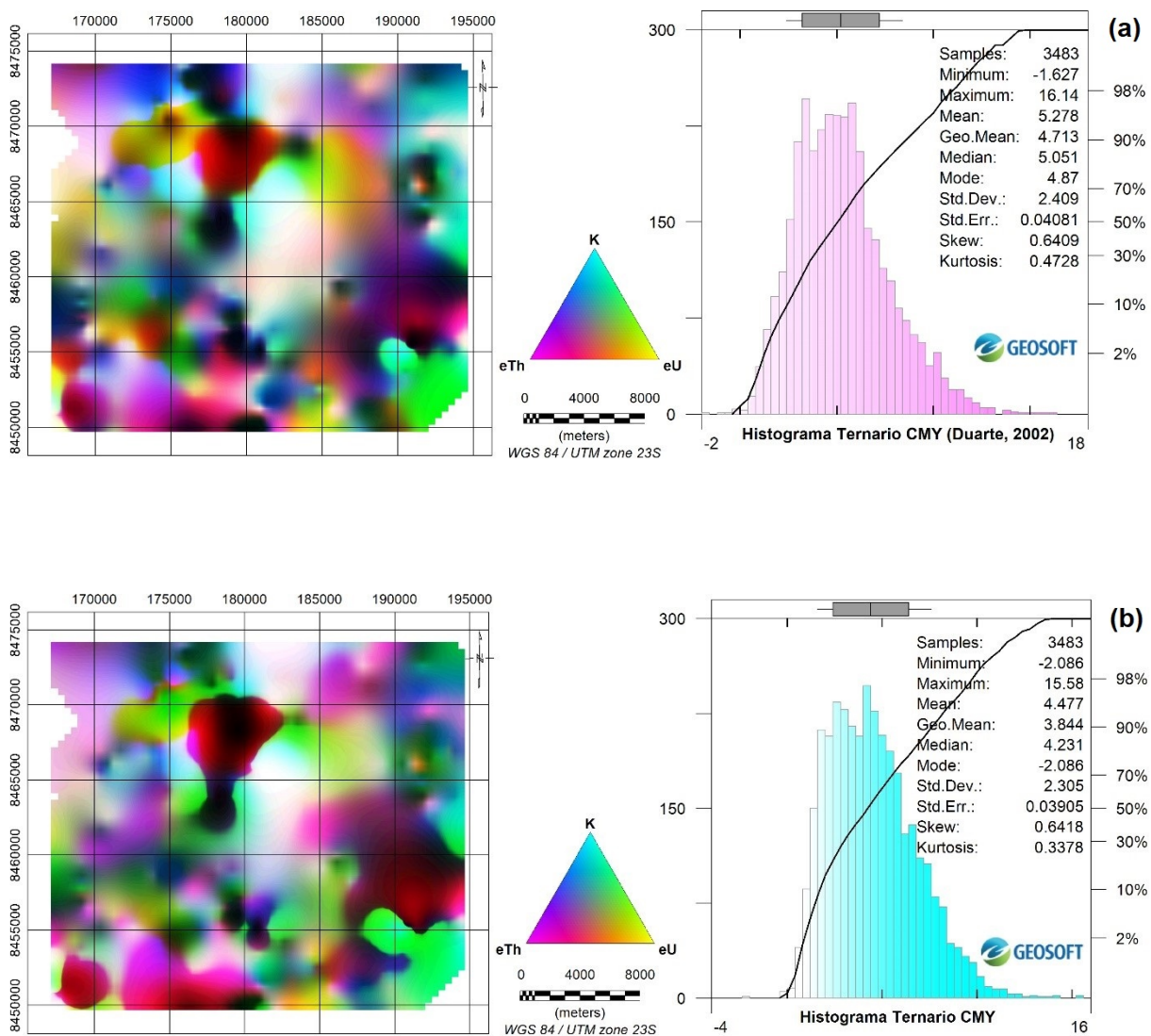
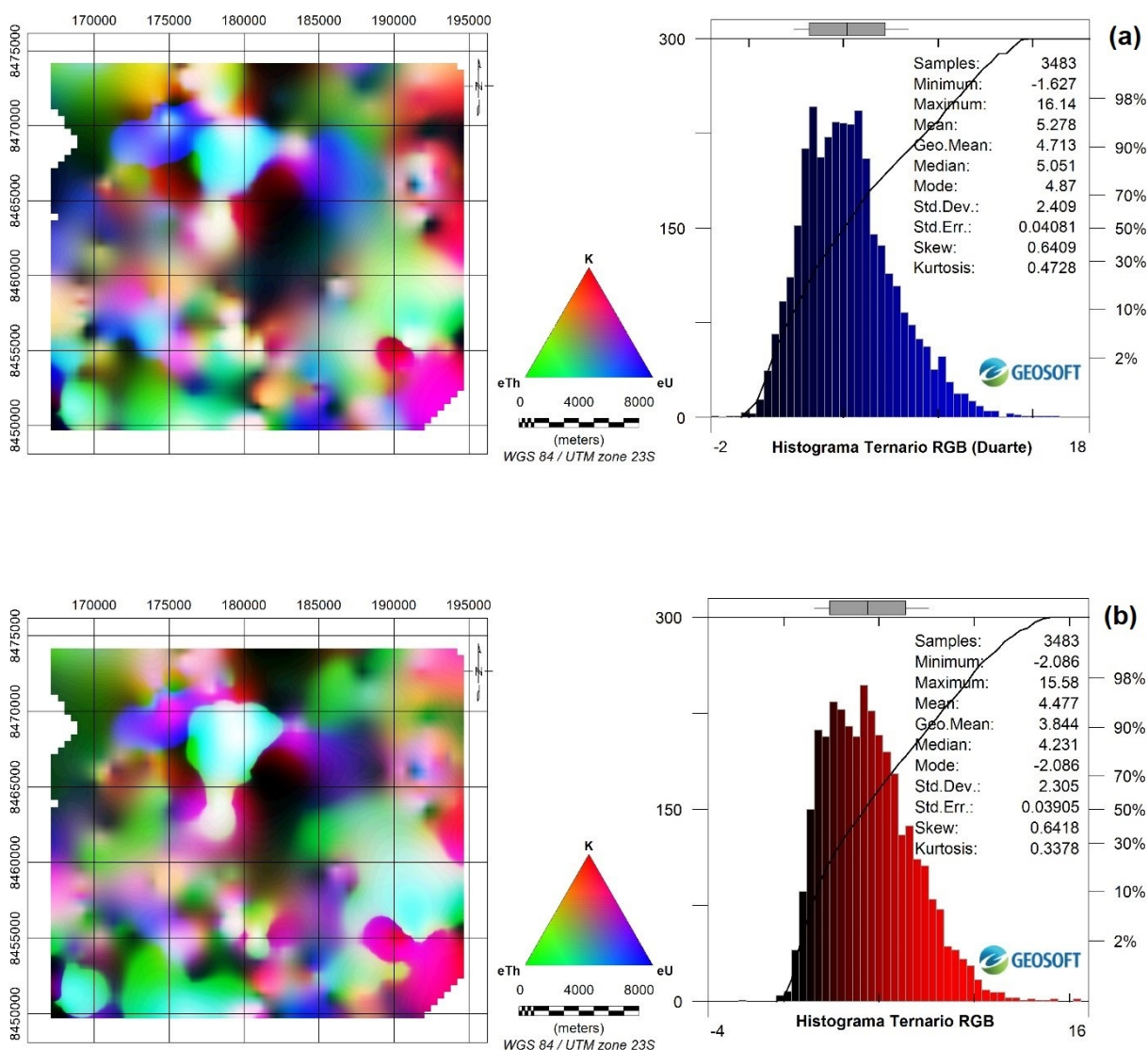


Figura 97 – Mapa Ternário RGB: (a) Duarte 2002; (b) com remoção de interferências.



6.2 AMOSTRAGEM DA FORMAÇÃO IRATI

Os resultados apresentados ao longo desta seção, estão relacionados aos dados coletados e analisados por (CECATTO, 2021), cujas análises gamaespectrométricas foram realizadas com o detector portátil de NaI que é ativado com a adição de concentração muito baixa de tálio (Tl), aproximadamente 0,094 gramas, para um cristal de 2 polegadas (2"x2") de diâmetro por 0,25 polegadas de comprimento, tendo seu peso total de 47,24 gramas.

Os espectrômetros portáteis manuais são amplamente utilizados em estudos de campo. Espectrômetros gama portáteis têm até 100 cm³ de cristais de NaI(Tl) como detectores, e vários limiares de energia operados por interruptor. O limite pode ser ajustado para uma baixa energia, para medição de contagem total, e para energias ligeiramente abaixo de 1,46 MeV, 1,76 MeV e 2,62 MeV para medição de K, eU e eTh, respectivamente. Uma fonte de emissão de raios gama como referência é usada para ajuste de ganho do instrumento. Espectrômetros de limiar com

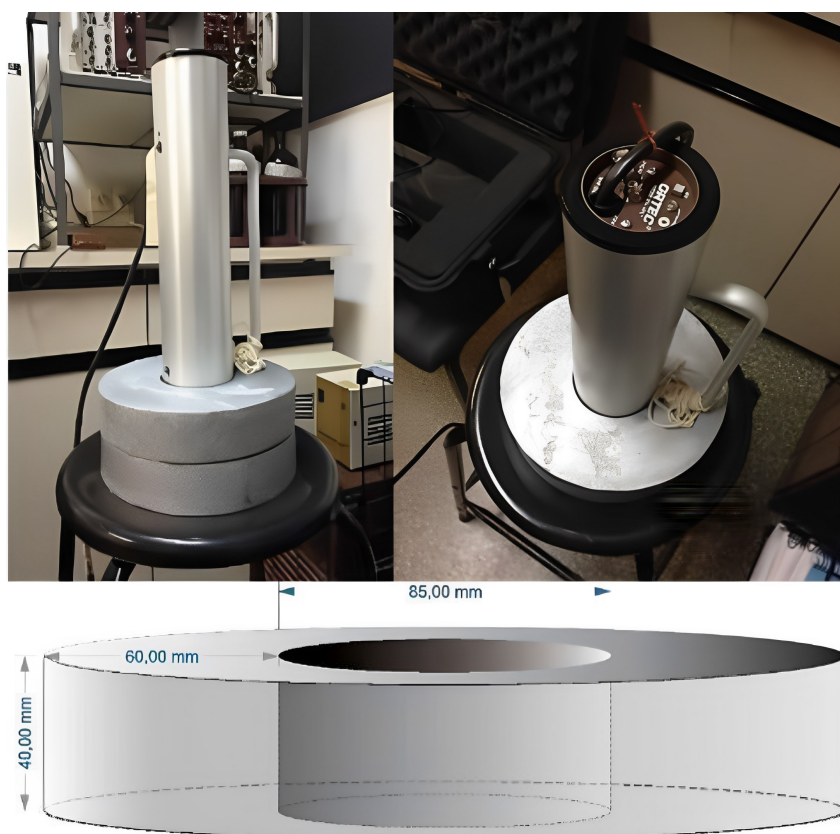
volumes pequenos de cristal são adequados para medições brutas em locais de anomalias de contagem total.

6.2.0.1 Calibração do detector portátil digiDART

Para a calibração do detector ORTEC foram confeccionados 2 cilindros de chumbo com 6 cm de espessura por 4 cm de altura e diâmetro interno de 8,5 cm. Estes cilindros foram posicionados conforme a Figura 98, de forma a blindar a contribuição da radiação lateral incidente no detector.

As análises feitas por meio dos padrões de KCl para o intervalo do ^{40}K , de pechblenda para o intervalo do ^{238}U e de monazita para o intervalo do ^{232}Th , foram tomadas sob 2 anéis de blindagem de chumbo para a aferição de contagens com menor interferência de raios gama provenientes dos materiais no entorno do detector como podemos observar na Figura 98.

Figura 98 – Espectrômetro portátil digiDART e os respectivos anéis de blindagem de chumbo.



A Tabela 15 fornece os respectivos dados de nomenclatura, tempo de análise, padrões utilizados e suas respectivas concentrações para $K(\%)$, eU e eTh , além dos intervalos de interesse para integração de dados.

Tabela 15 – Informações sobre os padrões utilizados para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil nos intervalos de interesse para K , eU e eTh .

Padrão Código	Massa (g)	LT (s)	K	U	Th	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
			Canais			Concentrações		
LII-KCL-1	50,00	2001,92	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	52%	0	0
LII-KCL-2	50,00	3924,1	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	25%	0	0
LII-KCL-4	50,00	10336,22	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	2,5%	0	0
LII-KCL-5	50,00	19984,18	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	0,5%	0	0
NBL - 102 - A	50,00	956,68	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	0%	1025	0
NBL - 104 - A	48,96	3597,54	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	0%	98,8	0
NBL - 105 - A	50,00	10583,88	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	0%	10,2	0
NBL - 107 - A	50,00	1111,88	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	0%	40	1028
NBL - 109 - A	48,96	2482,4	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	0%	4	105,2
NBL - 110 - A	50,00	6658,38	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	0%	0,4	10,4
BG SiO ₂	28,00	20000	754 - 886	940 - 1054	1380 - 1528	0%	0	0

Para a tomada das contagens de *background* foram confeccionadas amostras de sílica com 99,9% (BARBOSA *et al.*, 2018) de pureza e com a mesma geometria dos padrões utilizados para a calibração do sistema, bem como das amostras analisadas e apresentadas ao longo desta seção. A análise do *background* (BG) por intermédio de uma amostra de sílica pura, com geometria semelhante a das amostras e padrões, possibilita a determinação do 'Limite de Detecção' e 'Limite Crítico' das leituras de calibração do sistema.

Tabela 16 – Dados da amostra de sílica com 99,9% de pureza para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil digiDART.

K			U			Th		
Gross Area (GA)								
17361	±	131,76	5089	±	71,34	2681	±	51,78
Taxa de Contagem (Tc)								
52,08	±	0,40	15,27	±	0,21	8,04	±	0,16
LC (cpm)								
0,92	±	3,04E-04	0,50	±	4,14E-04	0,36	±	4,86E-04
LC (cpm/g)								
0,03	±	1,09E-05	0,02	±	1,48E-05	0,01	±	1,73E-05
LD (cpm)								
1,83	±	6,02E-04	0,99	±	8,19E-04	0,72	±	9,61E-04
LD (cpm/g)								
0,07	±	2,15E-05	0,04	±	2,92E-05	0,03	±	3,43E-05

Estes valores são importantes para a determinação da validação dos dados obtidos com a remoção do *BG*, que devido a variabilidade, bem como pelo *drift* espectral do detector, pode apresentar valores absolutos negativos para amostras de baixas concentrações dos radioelementos naturais estudados, e também pela não disponibilidade de padrões com concentrações intermediárias dos radionuclídeos isolados (inferiores a 20% para ⁴⁰K e a 50ppm para *eU* e *eTh*) e alguns padrões que dispõem das mesmas concentrações intermediárias de forma conjunta para os 3 radionuclídeos.

É o caso dos padrões *NBL – 107 – A*, *NBL – 109 – A* e *NBL – 110 – A* cuja composição associam monazita (²³²Th) e pechblenda (²³⁸U). As Tabelas 17, 18 e 19 apresentam os dados obtidos e calculados para posterior aplicação dos métodos de *RC* e *RLM* que serão apresentados posteriormente, e cujos dados detalhados estão apresentados nos anexos deste trabalho.

Tabela 17 – Dados das análises para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil digiDART – *GA* e *Tc* (cpm).

Padrão Código	Gross Area (GA)			Taxa de Contagem (Tc)		
	nK	nU	nTh	rK (cpm)	rU (cpm)	rTh (cpm)
LII-KCL-1	4348,00 ± 65,94	536,00 ± 23,15	264,00 ± 16,25	130,31 ± 1,98	16,06 ± 0,69	7,91 ± 0,49
LII-KCL-2	5709,00 ± 75,56	1054,00 ± 32,47	518,00 ± 22,76	87,29 ± 1,16	16,12 ± 0,50	7,92 ± 0,35
LII-KCL-4	9591,00 ± 97,93	2736,00 ± 52,31	1504,00 ± 38,78	55,67 ± 0,57	15,88 ± 0,30	8,73 ± 0,23
LII-KCL-5	17039,00 ± 130,53	4846,00 ± 69,61	2586,00 ± 50,85	51,16 ± 0,39	14,55 ± 0,21	7,76 ± 0,15
NBL - 102 - A	3303,00 ± 57,47	1861,00 ± 43,14	156,00 ± 12,49	207,15 ± 3,60	116,72 ± 2,71	9,78 ± 0,78
NBL - 104 - A	3903,00 ± 62,47	1421,00 ± 37,70	479,00 ± 21,89	65,09 ± 1,04	23,70 ± 0,63	7,99 ± 0,37
NBL - 105 - A	10534,00 ± 102,64	2987,00 ± 54,65	1595,00 ± 39,94	59,72 ± 0,58	16,93 ± 0,31	9,04 ± 0,23
NBL - 107 - A	1655,00 ± 40,68	717,00 ± 26,78	667,00 ± 25,83	89,31 ± 2,20	38,69 ± 1,44	35,99 ± 1,39
NBL - 109 - A	2292,00 ± 47,87	734,00 ± 27,09	471,00 ± 21,70	55,40 ± 1,16	17,74 ± 0,65	11,38 ± 0,52
NBL - 110 - A	5680,00 ± 75,37	1566,00 ± 39,57	892,00 ± 29,87	51,18 ± 0,68	14,11 ± 0,36	8,04 ± 0,27

Os dados apresentados são provenientes da análise gamaespectrométrica dos padrões utilizados por Cecatto (2021), cujos espectros foram quantificados, para os 3 intervalos de interesse, através do estabelecimento de 3 janelas fixas (canais) com a finalidade de minimizar variações significativas provenientes do *drift* espectral, sobretudo por influência de variações da radiação de fundo e de interferência que podem aumentar a propagação de erros no número de contagens.

Tabela 18 – Dados das análises para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil digiDART - Net_{counts} e condição para validação de dados.

	Tc - Bg SiO2 (cpm)			Condição p/ validação dados		
	Net K	Net U	Net Th	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
LII-KCL-1	78,23 ± 2,02	0,80 ± 0,73	-0,13 ± 0,51	78,23 ± 2,02	0,80 ± 0,73	0,36 ± 0,51
LII-KCL-2	35,21 ± 1,22	0,85 ± 0,54	-0,12 ± 0,38	35,21 ± 1,22	0,85 ± 0,54	0,36 ± 0,38
LII-KCL-4	3,59 ± 0,69	0,62 ± 0,37	0,69 ± 0,27	3,59 ± 0,69	0,62 ± 0,37	0,69 ± 0,27
LII-KCL-5	-0,93 ± 0,56	-0,72 ± 0,30	-0,28 ± 0,22	0,92 ± 0,56	0,50 ± 0,30	0,36 ± 0,22
NBL - 102 - A	155,07 ± 3,63	101,45 ± 2,71	1,74 ± 0,80	155,07 ± 3,63	101,45 ± 2,71	1,74 ± 0,80
NBL - 104 - A	13,01 ± 1,11	8,43 ± 0,66	-0,05 ± 0,40	13,01 ± 1,11	8,43 ± 0,66	0,36 ± 0,40
NBL - 105 - A	7,63 ± 0,70	1,67 ± 0,38	1,00 ± 0,27	7,63 ± 0,70	1,67 ± 0,38	1,00 ± 0,27
NBL - 107 - A	37,23 ± 2,23	23,42 ± 1,46	27,95 ± 1,40	37,23 ± 2,23	23,42 ± 1,46	27,95 ± 1,40
NBL - 109 - A	3,32 ± 1,22	2,47 ± 0,69	3,34 ± 0,55	3,32 ± 1,22	2,47 ± 0,69	3,34 ± 0,55
NBL - 110 - A	-0,90 ± 0,79	-1,16 ± 0,42	-0,01 ± 0,31	0,92 ± 0,79	0,50 ± 0,42	0,36 ± 0,31

Tabela 19 – Dados das análises para a calibração do sistema gamaespectrométrico portátil digiDART - 'Intensidade efetiva' para diferentes concentrações padronizadas.

	Intensidade Efetiva			Concentrações		
	IK (cpm/g)	IU (cpm/g)	ITh (cpm/g)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
LII-KCL-1	1,56 ± 0,04	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	52,0%	-	-
LII-KCL-2	0,70 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	25,0%	-	-
LII-KCL-4	0,07 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	2,5%	-	-
LII-KCL-5	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,5%	-	-
NBL - 102 - A	3,10 ± 0,07	2,03 ± 0,05	0,03 ± 0,02	0,0%	1025,0	-
NBL - 104 - A	0,27 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,0%	98,8	-
NBL - 105 - A	0,15 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,0%	10,2	-
NBL - 107 - A	0,74 ± 0,04	0,47 ± 0,03	0,56 ± 0,03	0,0%	40,0	1028,0
NBL - 109 - A	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,0%	4,0	105,2
NBL - 110 - A	0,02 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,0%	0,4	10,4

6.2.0.2 Calibração pelo método da Regressão Linear Múltipla

Como descrito anteriormente neste trabalho, um dos métodos implementados para calibração do sistema consiste na 'Regressão Linear Múltipla' (*RLM*) que tem por base o método dos 'Mínimos Quadrados' como uma ferramenta capaz de prever a correlação entre diferentes variáveis e como elas podem interferir na determinação quantitativa umas das outras.

Para a aplicação do método, distintamente dos passos seguidos para a 'Remoção Compton', temos como elemento fundamental a determinação das *Net Counts*, ou seja, a subtração das contagens relativas ao *background* no espectro gama das análises dos padrões e, posteriormente, das amostras que serão calculadas a partir destes modelos.

Portanto, ao fim deste processo, realizado com os mesmos dados de leitura dos padrões descritos nesta seção, introduzimos a *RLM* e obtemos os respectivos coeficientes para os cálculos

das concentrações relativas às contagens, nos 3 intervalos de interesse, para a obtenção das concentrações de C_K , C_U e C_{Th} que podem ser viastos na Tabela 20.

Tabela 20 – Coeficientes obtidos pela *RLM* para os cálculos das concentrações através da *Intensidade de contagem (cpm/g)* de K , U , e Th .

Coeficientes	C_K	C_U	C_{Th}
Interseção	$-0,001391953 \pm 0,007113079$	$1,401364942 \pm 2,466627287$	$-17,15404203 \pm 3,934625575$
IK (cpm/g)	$0,342763417 \pm 0,011383659$	$-5,639789493 \pm 3,947551287$	- ± -
IU (cpm/g)	$-0,523059897 \pm 0,017927527$	$519,7437819 \pm 6,216791367$	$-23,67222872 \pm 5,666653962$
ITh (cpm/g)	$-0,015709307 \pm 0,032775901$	$-358,935172 \pm 11,36581421$	$1887,439063 \pm 20,79248429$

As equações 6.19, 6.20 e 6.21 abaixo derivam dos coeficientes tabelados e apresentados na Tabela 20.

$$C_K = 0,3428.I_K - 0,5231.I_U - 0,0157.I_{Th} - 0,0014 \quad (6.19)$$

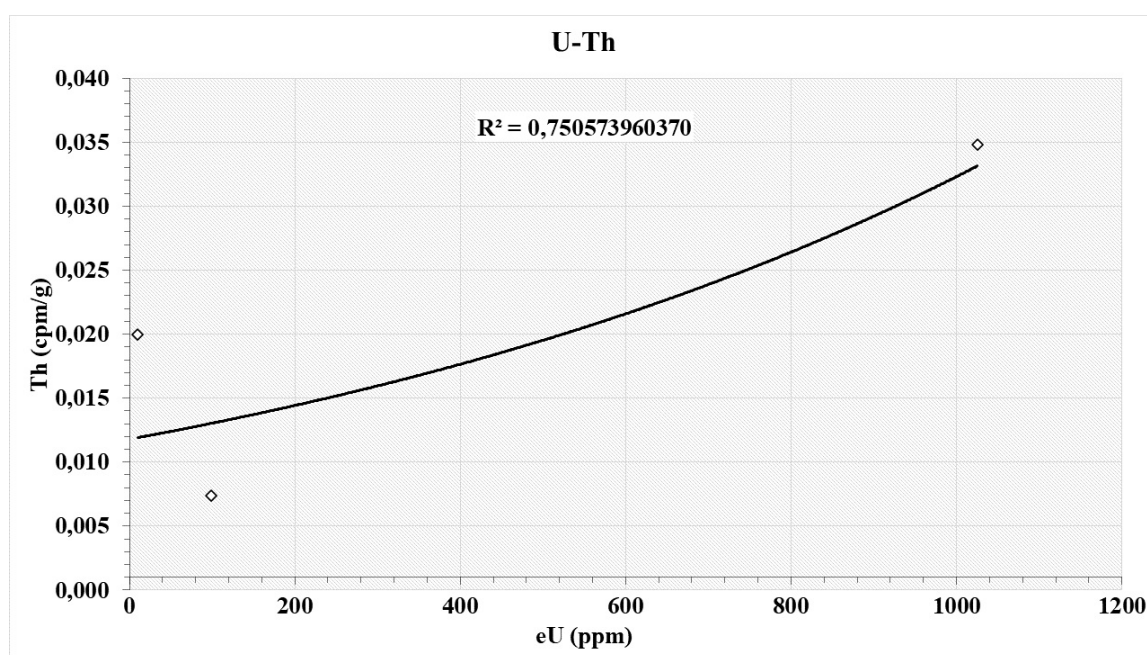
$$C_U = -5,6398.I_K + 519,7438.I_U - 358,9352.I_{Th} + 1,4014 \quad (6.20)$$

$$C_{Th} = -23,6722.I_U + 1887,4391.I_{Th} - 17,1540 \quad (6.21)$$

6.2.0.3 Interpolação dos dados

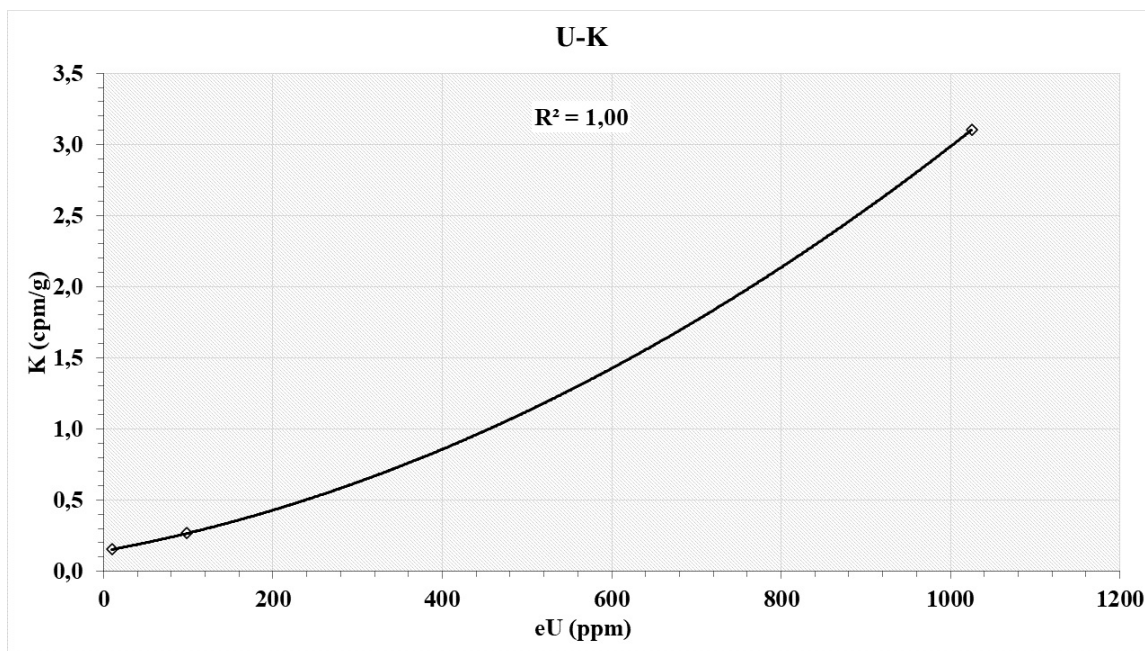
Os gráficos a seguir, bem como as equações matemáticas estão descritas de forma detalhada para a compreensão dos cálculos, passo a passo, determinados com o intuito de compreender e mensurar as interferências nas janelas espectrais de interesse, de acordo com concentrações dos 3 radionuclídeos naturais de interesse.

Figura 99 – Interpolação da intensidade de contagens I_{Th} provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_U .



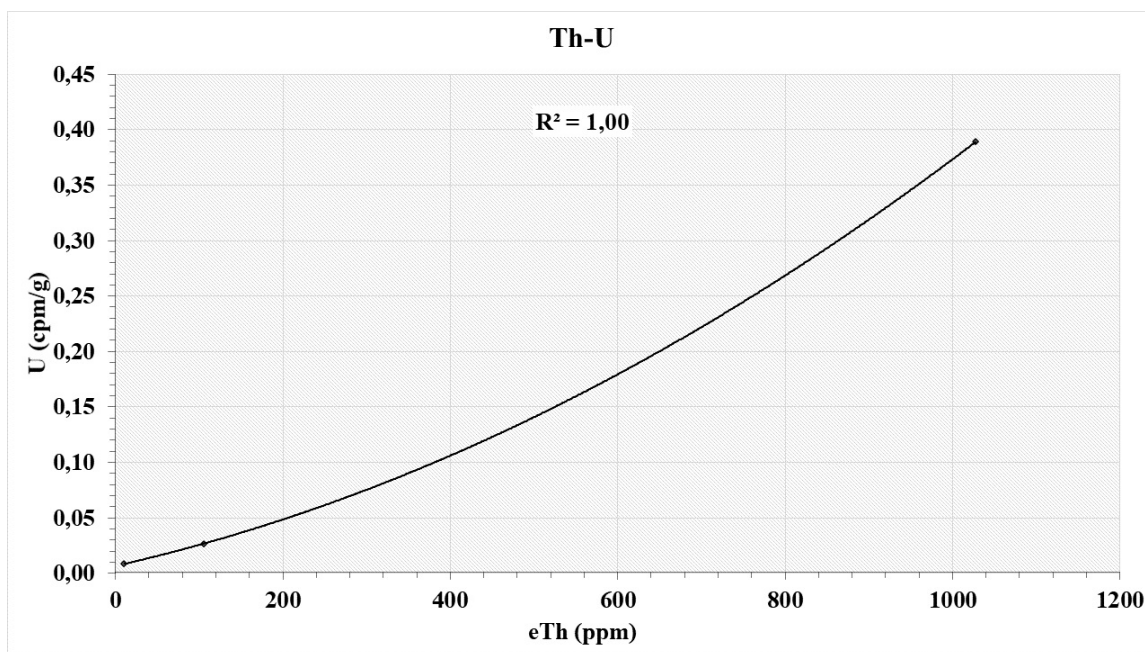
$$I_{Th} = 0,011791892583.e^{(0,001008020159.C_U)} \quad (6.22)$$

Figura 100 – Interpolação da intensidade de contagens I_K provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_U .



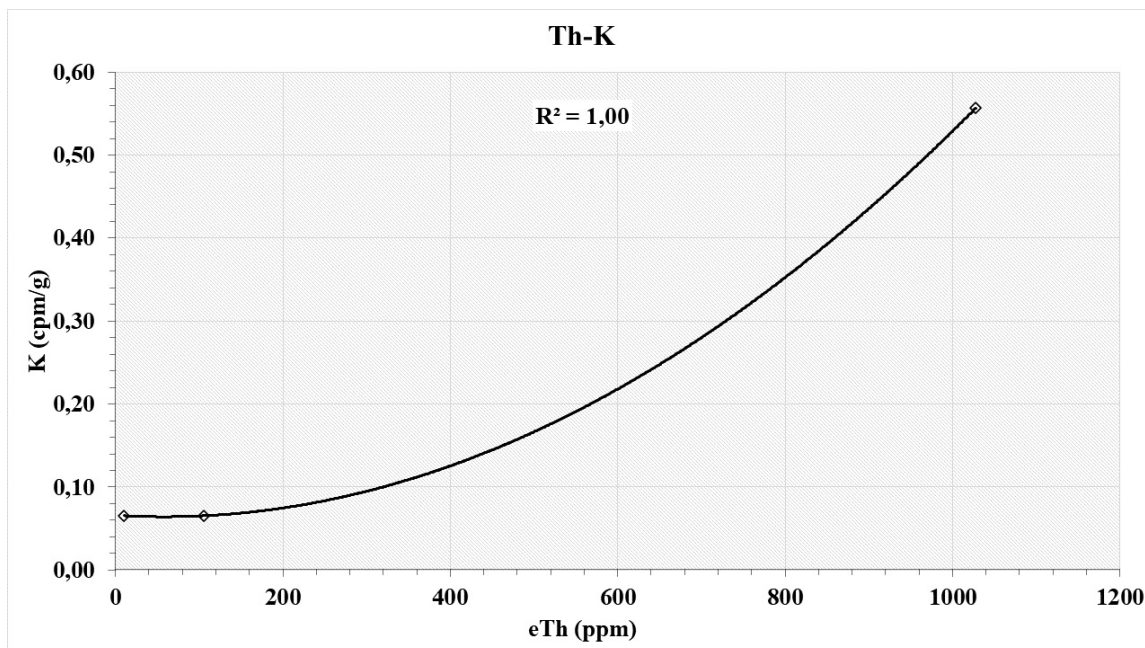
$$I_K = 0,000001759353.C_U^2 + 0,001084446943.C_U + 0,141440205215 \quad (6.23)$$

Figura 101 – Interpolação da intensidade de contagens I_U provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_{Th} .



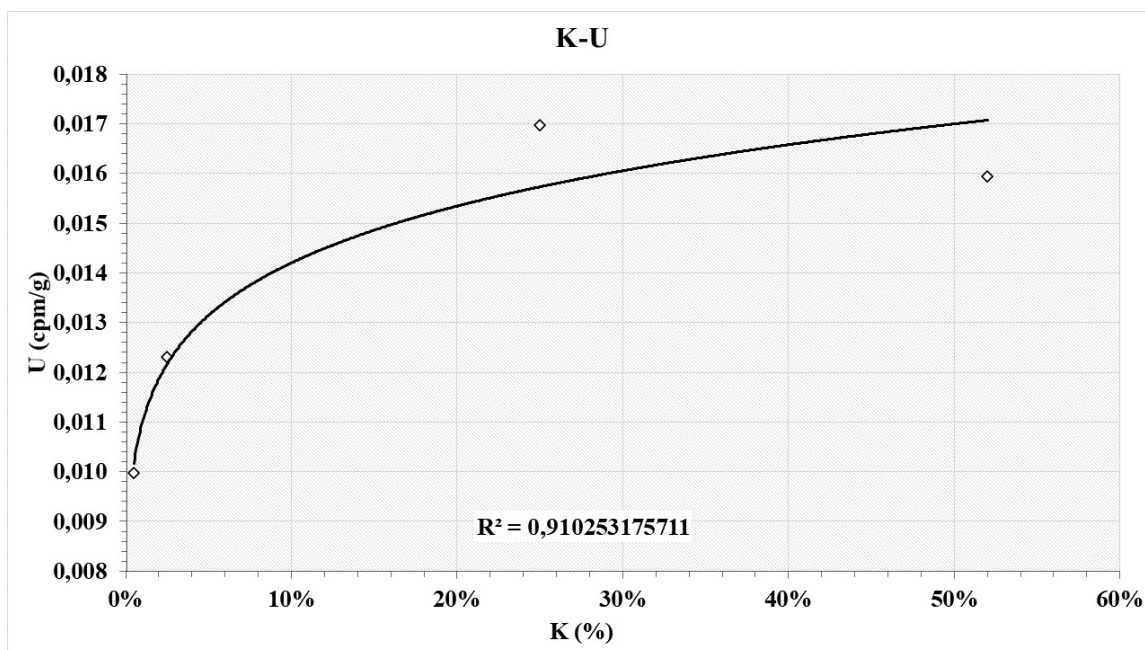
$$I_U = 0,000000196704.C_{Th}^2 + 0,000169945698.C_{Th} + 0,006615045139 \quad (6.24)$$

Figura 102 – Interpolação da intensidade de contagens I_K provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_{Th} .



$$I_K = -0,000000074686.C_{Th}^2 + 0,000617252633.C_{Th} + 0,001262532064 \quad (6.25)$$

Figura 103 – Interpolação da intensidade de contagens I_U provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_K .



$$I_U = 0,018364897854.C_K^{0,111622791501} \quad (6.26)$$

Figura 104 – Interpolação da intensidade de contagens I_{Th} provenientes da interferência de concentrações crescentes de C_K . como podemos observar pelo 'coeficiente de determinação múltipla' (R^2 -quadrado), não houve correlação para validação de modelo de regressão.

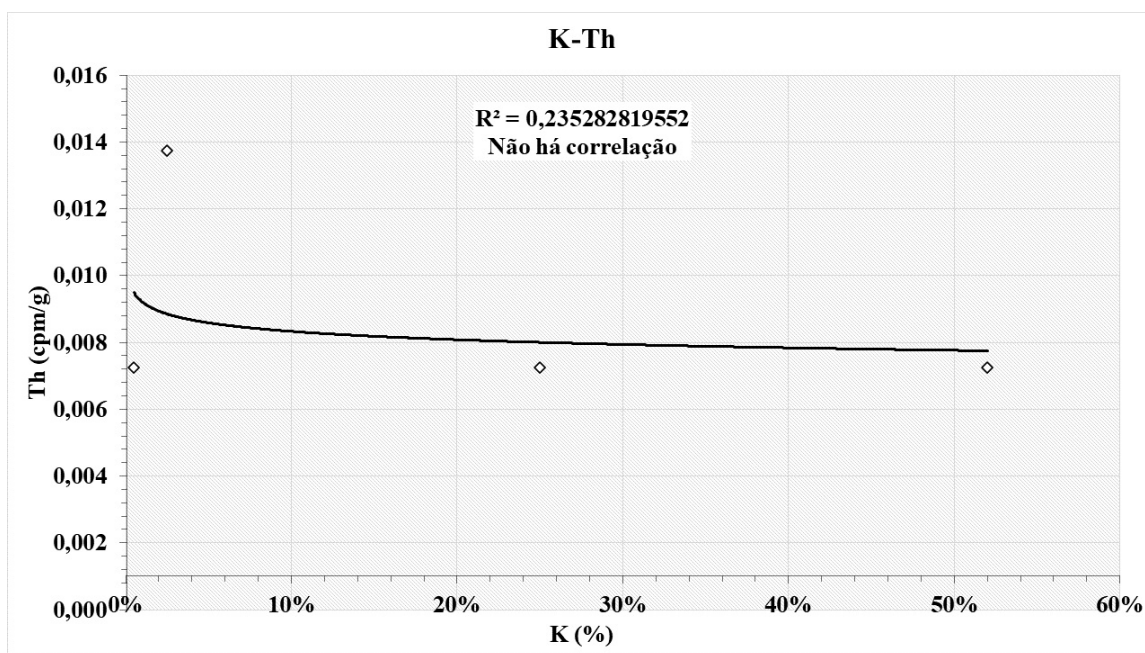
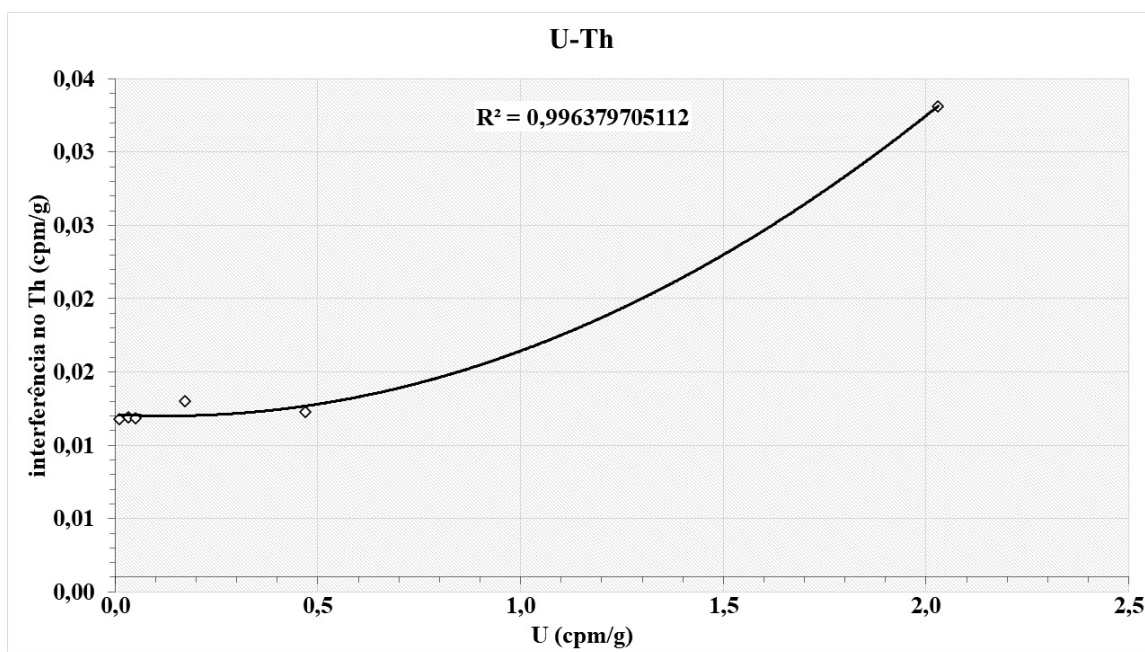
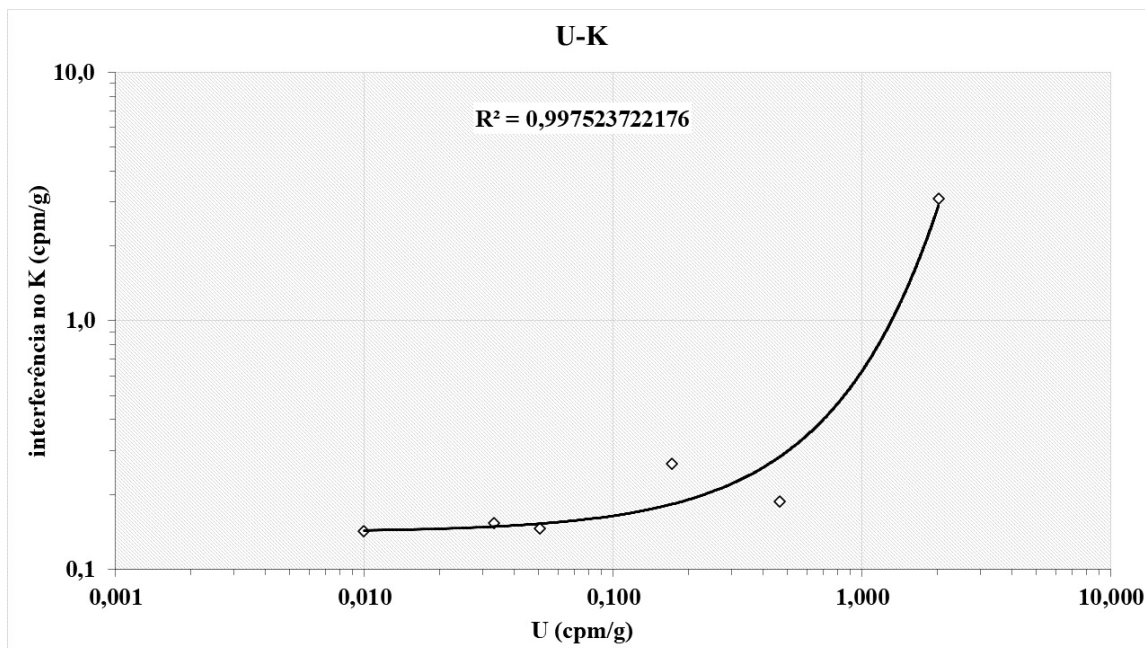


Figura 105 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do U na janela do Th.



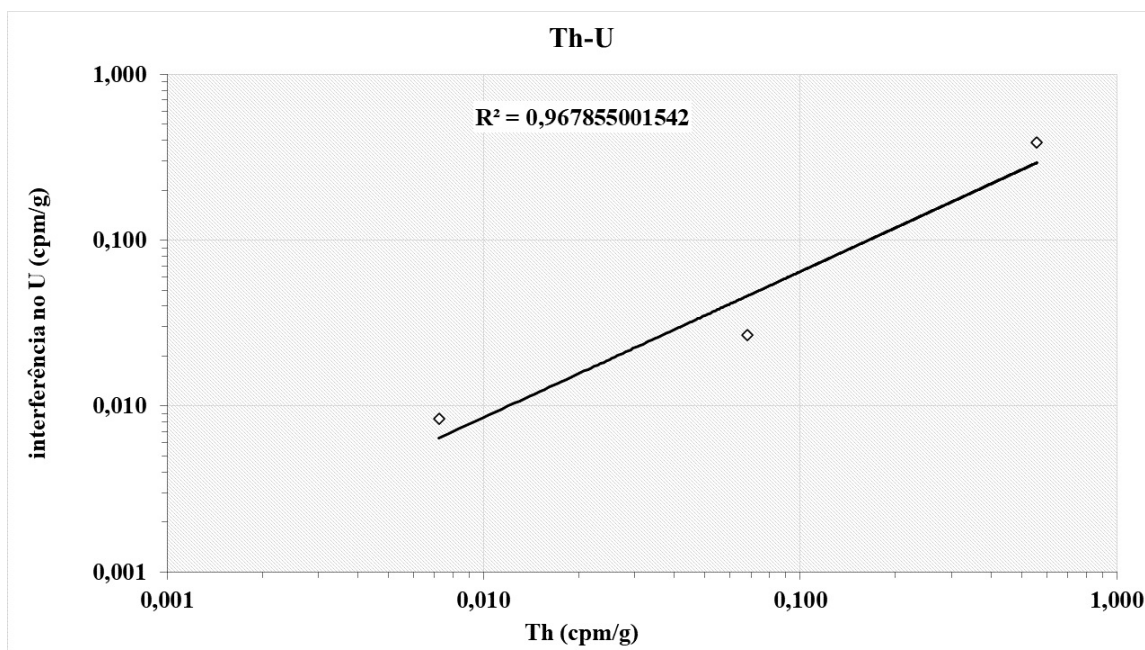
$$I_{Th} = 0,005857927262 \cdot I_U^2 - 0,001525184534 \cdot I_U + 0,012101302426 \quad (6.27)$$

Figura 106 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do *U* na janela do *K*.



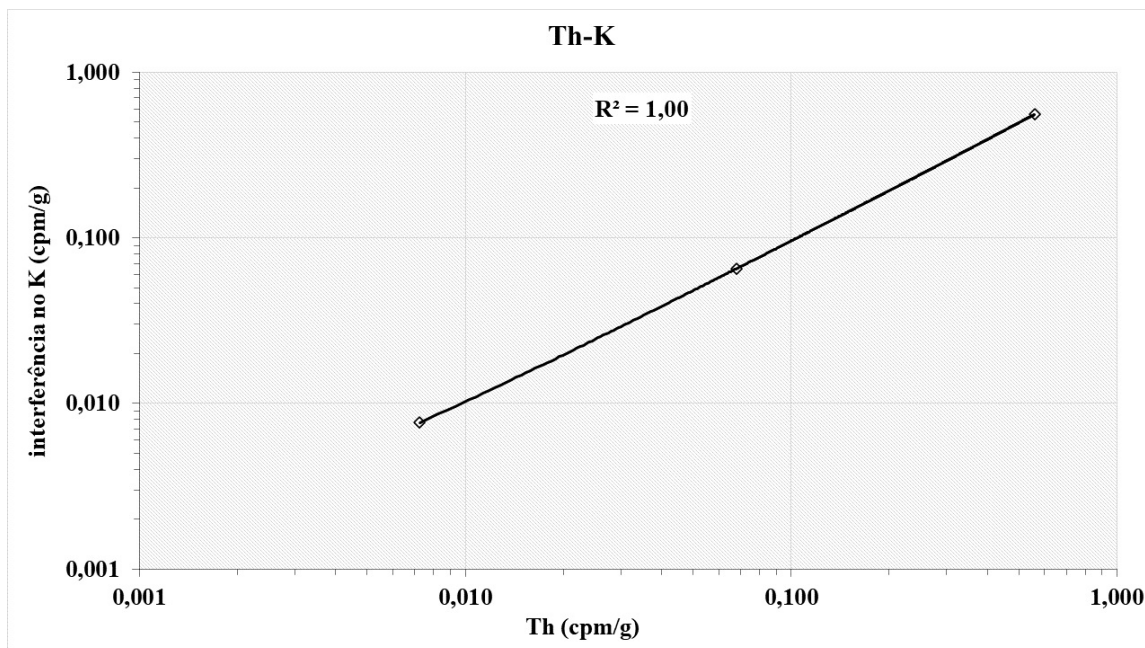
$$I_K = 0,141234413359 \cdot e^{(1,490758913927 \cdot I_U)} \quad (6.28)$$

Figura 107 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do *Th* na janela do *U*.



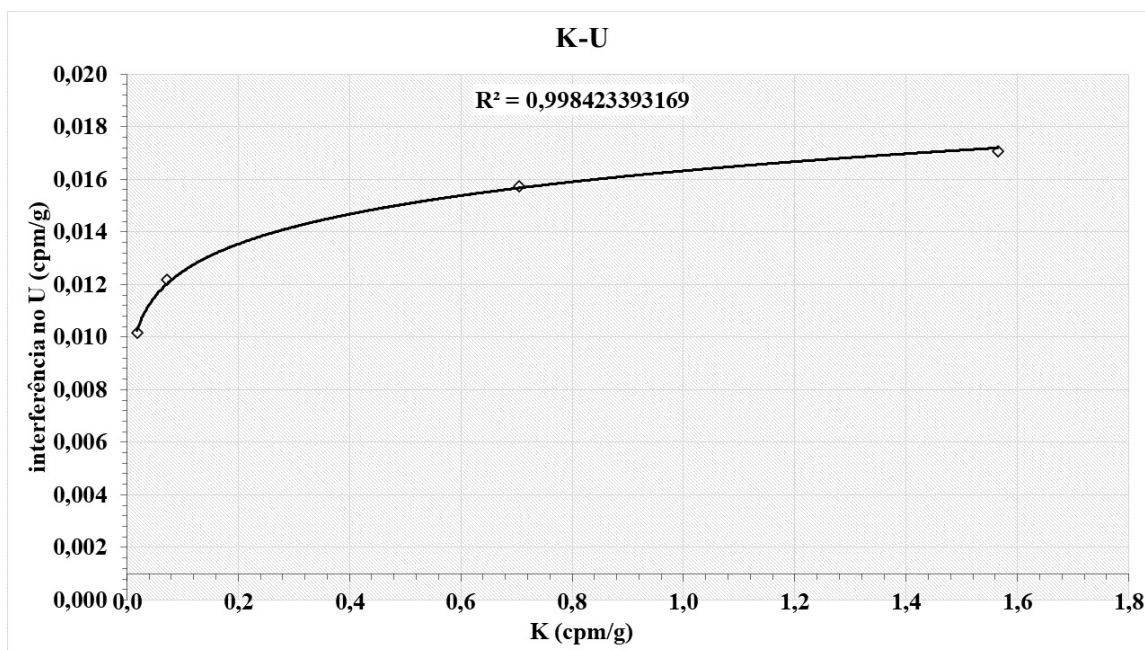
$$I_U = 0,703354110933 \cdot I_{Th}^{0,705397305608} \quad (6.29)$$

Figura 108 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do *Th* na janela do *K*.



$$I_K = 0,100973247620.I_{Th}^2 + 0,938174584532.I_{Th} + 0,000877504473 \quad (6.30)$$

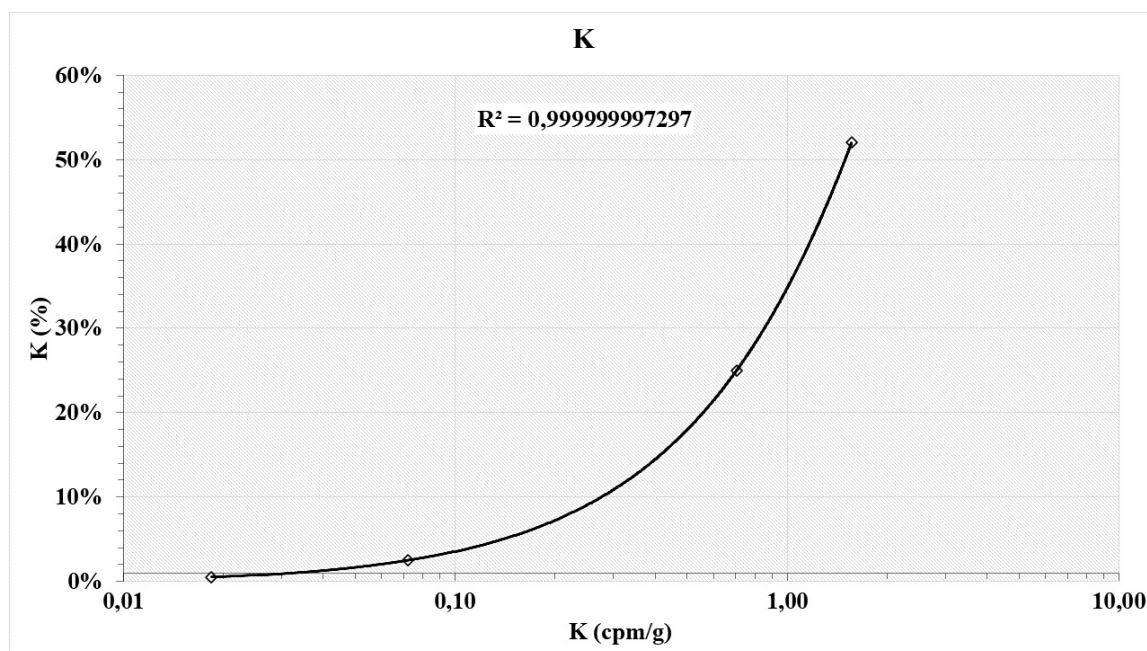
Figura 109 – Interpolação para a definição da interferência Compton direta da 'Intensidade de emissão' do *K* na janela do *U*.



$$I_U = 0,016321170413.I_K^{0,116215705140} \quad (6.31)$$

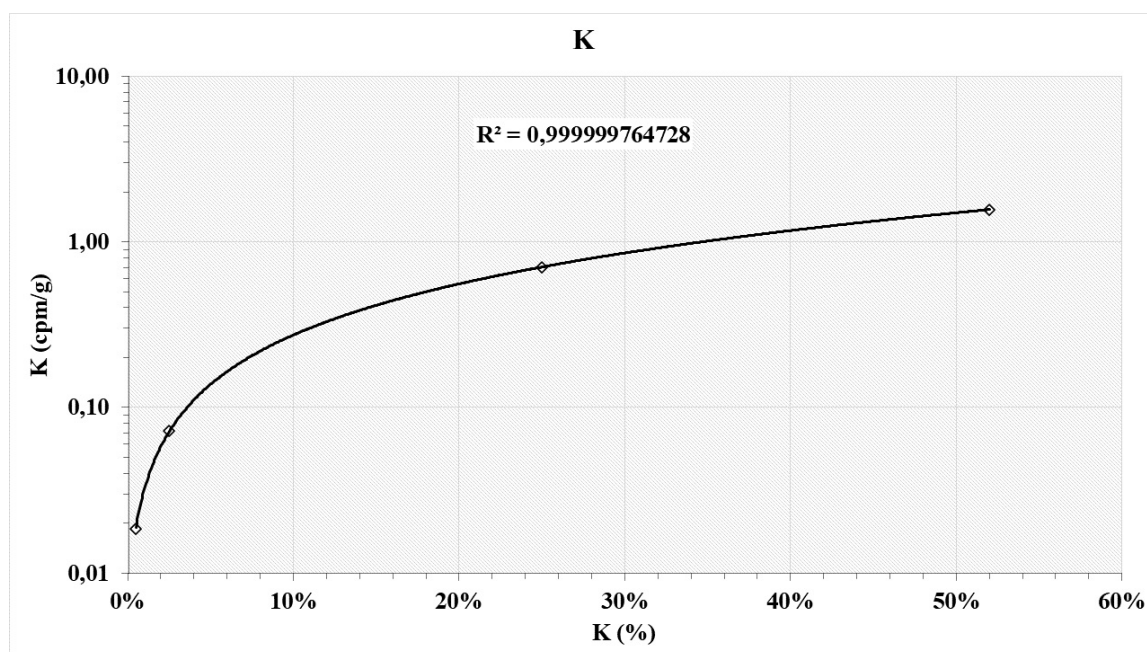
Finalmente, por intermédio desses dados conseguimos determinar as equações de concentração de *K*(%), *eU* e *eTh*.

Figura 110 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de C_K após a remoção da interferência Compton na Intensidade de emissão das amostras.



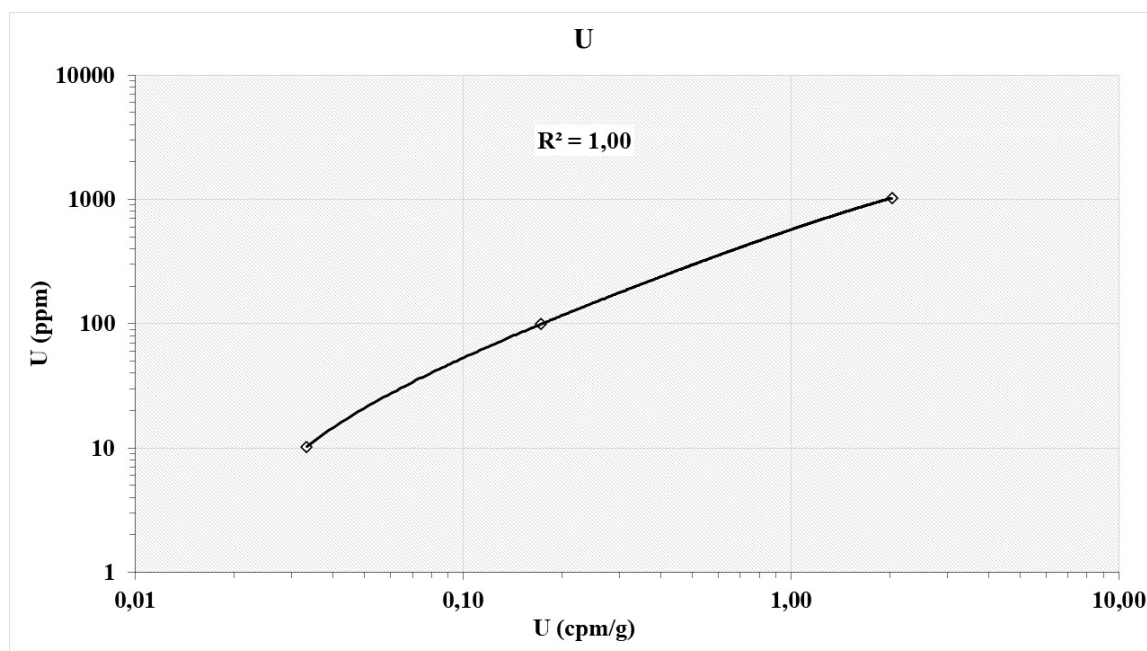
$$C_K = -0,028138167916.I_K^2 + 0,377624698003.I_K - 0,001960704702 \quad (6.32)$$

Figura 111 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de I_K proveniente exclusivamente de padrão com concentração C_K conhecida.



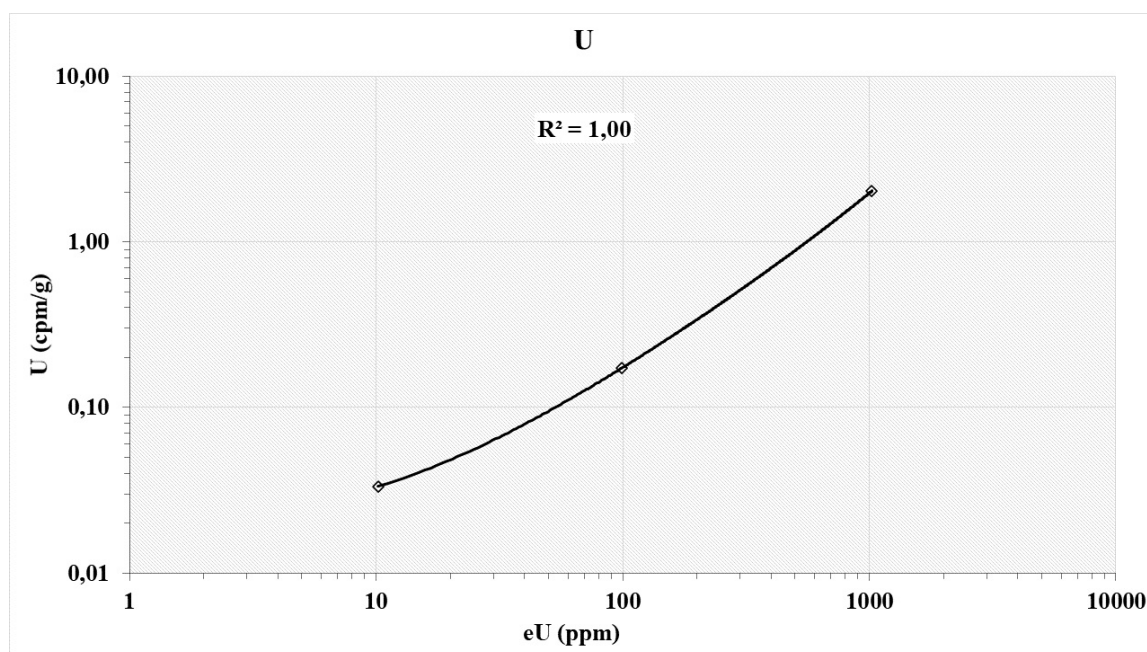
$$I_K = 0,755354749427.C_K^2 + 2,605002027918.C_K + 0,005774380919 \quad (6.33)$$

Figura 112 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de C_U após a remoção da interferência Compton na Intensidade de emissão das amostras.



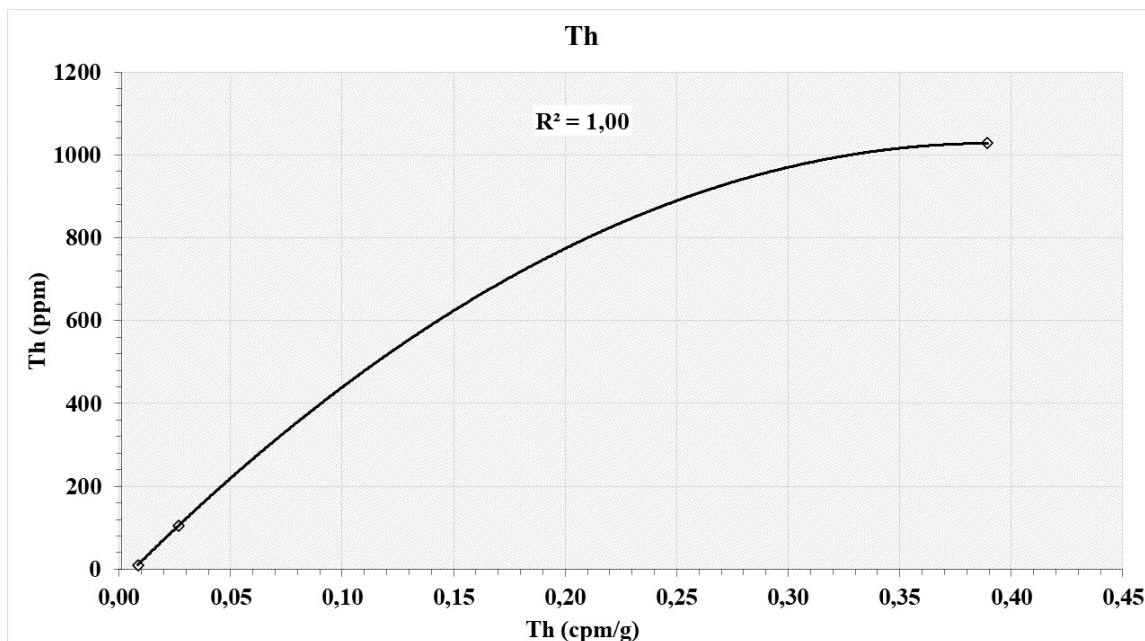
$$C_U = -69,655273627897.I_U^2 + 652,154929988065.I_U - 11,456335894925 \quad (6.34)$$

Figura 113 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de I_U proveniente exclusivamente de padrão com concentração C_U conhecida.



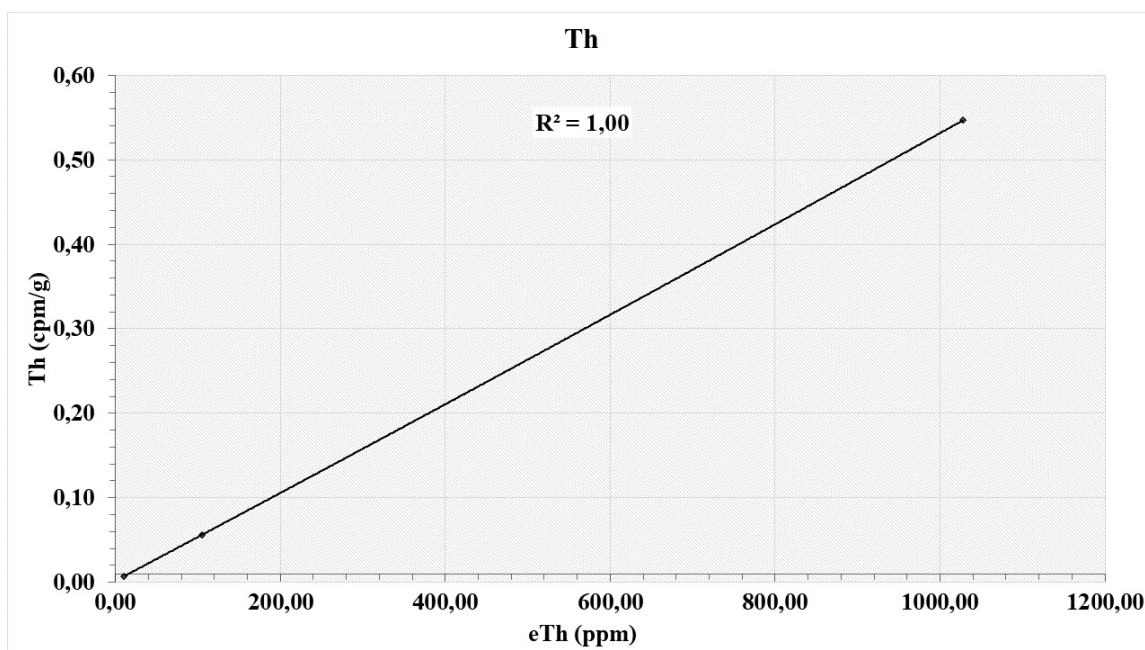
$$I_U = 0,000000430525.C_U^2 + 0,001520872252.C_U + 0,017768282458 \quad (6.35)$$

Figura 114 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de C_{Th} após a remoção da interferência Compton na Intensidade de emissão das amostras.



$$C_{Th} = -7.875,676590180950.I_{Th}^2 + 5.813,657578829160.I_{Th} - 41,501404650499 \quad (6.36)$$

Figura 115 – Interpolação dos dados para a definição de modelo matemático para o cálculo de I_{Th} proveniente exclusivamente de padrão com concentração C_{Th} conhecida.



$$I_{Th} = 1,2512.10^{-8}.C_{Th}^2 + 5,1716.10^{-4}.C_{Th} + 1,8588.10^{-3} \quad (6.37)$$

6.2.0.4 Resultados Obtidos pelos métodos de Remoção Compton, Regressão Linear Múltipla e por Cecatto (2021)

Nesta seção apresenta-se a distribuição das frequências estatísticas para as concentrações obtidas pelos 2 métodos aqui implementados (Remoção Compton - RC e Regressão Linear Múltipla - RLM), bem como das concentrações determinadas por Cecatto (2021).

As Tabelas 21, 22 e 23 a seguir apresentam os dados das concentrações obtidas para 11 classes amostrais com suas respectivas frequências. O método de 'Regressão Linear Múltipla' foi utilizado como base de trabalhos anteriores realizados por Barbosa (2016) e Barbosa *et al.* (2018).

Tabela 21 – Intervalos de Concentrações por Remoção Compton.

K(%)			eU(ppm)			eTh(ppm)		
Classe	Valor Médio	f_i F_{AC} Fi (%)	Classe	Valor Médio	f_i F_{AC} Fi (%)	Classe	Valor Médio	f_i F_{AC} Fi (%)
0,00% – 2,03%	1,01%	77 77 64%	0,20 – 9,46	4,83	95 95 79%	2,42 – 77,18	39,80	46 46 38%
2,03% – 4,05%	3,04%	24 101 84%	9,46 – 18,71	14,08	9 104 87%	77,18 – 151,95	114,57	24 70 58%
4,05% – 6,08%	5,06%	7 108 90%	18,71 – 27,97	23,34	5 109 91%	151,95 – 226,72	189,34	26 96 80%
6,08% – 8,10%	7,09%	0 108 90%	27,97 – 37,23	32,60	2 111 93%	226,72 – 301,49	264,10	16 112 93%
8,10% – 10,13%	9,12%	5 113 94%	37,23 – 46,48	41,86	0 111 93%	301,49 – 376,25	338,87	3 115 96%
10,13% – 12,15%	11,14%	1 114 95%	46,48 – 55,74	51,11	4 115 96%	376,25 – 451,02	413,64	0 115 96%
12,15% – 14,18%	13,17%	2 116 97%	55,74 – 65,00	60,37	4 119 99%	451,02 – 525,79	488,40	2 117 98%
14,18% – 16,20%	15,19%	0 116 97%	65,00 – 74,26	69,63	0 119 99%	525,79 – 600,55	563,17	0 117 98%
16,20% – 18,23%	17,22%	1 117 98%	74,26 – 83,51	78,89	0 119 99%	600,55 – 675,32	637,94	2 119 99%
18,23% – 20,26%	19,24%	1 118 98%	83,51 – 92,77	88,14	0 119 99%	675,32 – 750,09	712,70	0 119 99%
20,26% – 22,28%	21,27%	2 120 100%	92,77 – 102,03	97,40	1 120 100%	750,09 – 824,86	787,47	1 120 100%
MÁX	22,28%		102,03			824,86		
MÍN	0,00%		0,20			2,42		
MÉDIA	2,98%		9,64			148,31		

Tabela 22 – Intervalos de Concentrações por Regressão Linear Múltipla.

K(%)				eU(ppm)				eTh(ppm)			
Classe	Valor Médio	fi	F _{AC} Fi (%)	Classe	Valor Médio	fi	F _{AC} Fi (%)	Classe	Valor Médio	fi	F _{AC} Fi (%)
0,00 %	— 1,97 %	0,98 %	27 27 23 %	4,29	— 15,88	33 33 28 %	12,01	— 46,23	29,12	49 49 41 %	
1,97 %	— 3,94 %	2,95 %	42 69 58 %	15,88	— 27,46	38 71 59 %	46,23	— 80,45	63,34	33 82 68 %	
3,94 %	— 5,91 %	4,92 %	24 93 78 %	27,46	— 39,05	15 86 72 %	80,45	— 114,68	97,56	24 106 88 %	
5,91 %	— 7,87 %	6,89 %	12 105 88 %	39,05	— 50,64	16 102 85 %	114,68	— 148,90	131,79	9 115 96 %	
7,87 %	— 9,84 %	8,86 %	2 107 89 %	50,64	— 62,22	5 107 89 %	148,90	— 183,12	166,01	0 115 96 %	
9,84 %	— 11,81 %	10,83 %	4 111 93 %	62,22	— 73,81	1 108 90 %	183,12	— 217,35	200,24	2 117 98 %	
11,81 %	— 13,78 %	12,80 %	1 112 93 %	73,81	— 85,39	5 113 94 %	217,35	— 251,57	234,46	0 117 98 %	
13,78 %	— 15,75 %	14,77 %	3 115 96 %	85,39	— 96,98	3 116 97 %	251,57	— 285,79	268,68	1 118 98 %	
15,75 %	— 17,72 %	16,73 %	2 117 98 %	96,98	— 108,57	2 118 98 %	285,79	— 320,02	302,91	1 119 99 %	
17,72 %	— 19,69 %	18,70 %	1 118 98 %	108,57	— 120,15	1 119 99 %	320,02	— 354,24	337,13	0 119 99 %	
19,69 %	— 21,66 %	20,67 %	1 119 99 %	120,15	— 131,74	1 120 100 %	354,24	— 388,46	371,35	0 119 99 %	
MÁX	21,66 %			131,74				388,46			
MÍN	0,00 %			4,29				12,01			
MÉDIA	4,62 %			31,53				67,88			

Tabela 23 – Intervalos de Concentrações de Cecatto (2021).

K(%)				eU(ppm)				eTh(ppm)											
Classe	Valor	Médio	$f_i F_{AC}$	Fi (%)	Classe	Valor	Médio	$f_i F_{AC}$	Fi (%)	Classe	Valor	Médio	$f_i F_{AC}$	Fi (%)					
Diferença $K_{RLM} - K_{Cecatto}$																			
Diferença $eU_{RLM} - eU_{Cecatto}$																			
Diferença $eTh_{RLM} - eTh_{Cecatto}$																			
0,01%	−	0,16%	33	33	28%	1,11	−	19,24	10,18	38	38	32%	1,18	−	26,32	13,75	12	12	10%
0,16%	−	0,31%	13	46	38%	19,24	−	37,38	28,31	28	66	55%	26,32	−	51,45	38,89	28	40	33%
0,31%	−	0,46%	23	69	58%	37,38	−	55,51	46,44	21	87	73%	51,45	−	76,59	64,02	36	76	63%
0,46%	−	0,61%	28	97	81%	55,51	−	73,64	64,57	11	98	82%	76,59	−	101,73	89,16	23	99	83%
0,61%	−	0,76%	5	102	85%	73,64	−	91,77	82,71	2	100	83%	101,73	−	126,87	114,30	8	107	89%
0,76%	−	0,92%	10	112	93%	91,77	−	109,91	100,84	3	103	86%	126,87	−	152,00	139,44	2	109	91%
0,92%	−	1,07%	6	118	98%	109,91	−	128,04	118,97	1	104	87%	152,00	−	177,14	164,57	2	111	93%
1,07%	−	1,22%	0	118	98%	128,04	−	146,17	137,11	0	104	87%	177,14	−	202,28	189,71	3	114	95%
1,22%	−	1,37%	0	118	98%	146,17	−	164,30	155,24	0	104	87%	202,28	−	227,42	214,85	2	116	97%
1,37%	−	1,52%	0	118	98%	164,30	−	182,44	173,37	0	104	87%	227,42	−	252,55	239,98	0	116	97%
1,52%	−	1,67%	1	119	99%	182,44	−	200,57	191,50	0	104	87%	252,55	−	277,69	265,12	2	118	98%
MÁX	1,67%					200,57						277,69							
MÍN	0,01%					1,11						1,18							
MÉDIA	0,40%					33,87						73,41							

As Figuras 116, 117 e 118 apresentam os intervalos, quartis, de ocorrência dos dados de concentração para os 3 métodos descritos.

Figura 116 – *Box-plot* da distribuição dos quartis e seus respectivos intervalos para os valores de concentração do Potássio nos 3 métodos: *RC*; *RLM* e Cecatto (2021).

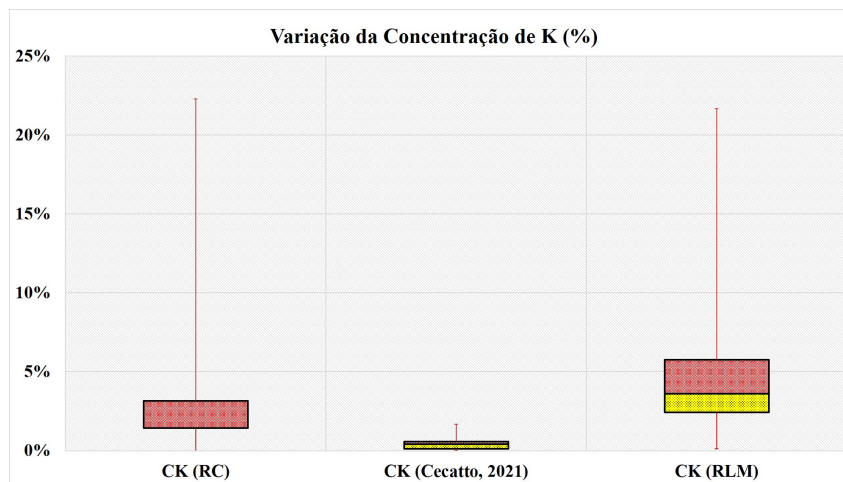


Figura 117 – *Box-plot* da distribuição dos quartis e seus respectivos intervalos para os valores de concentração do Urânio nos 3 métodos: *RC*; *RLM* e Cecatto (2021).

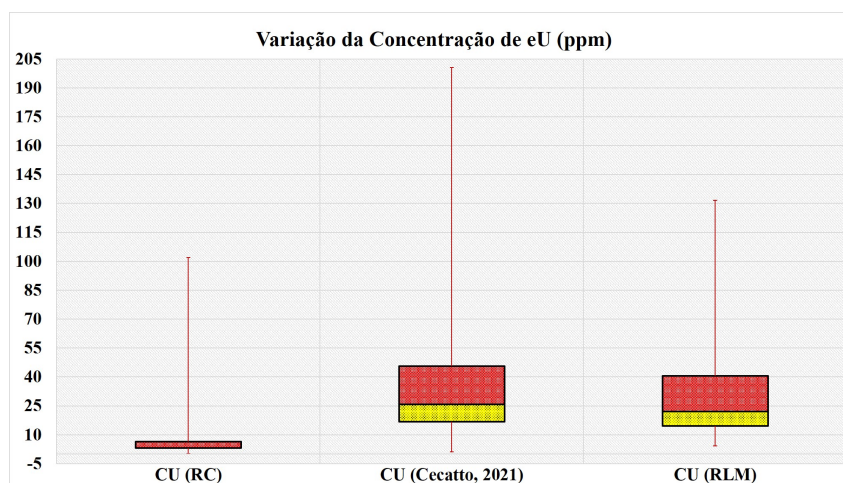
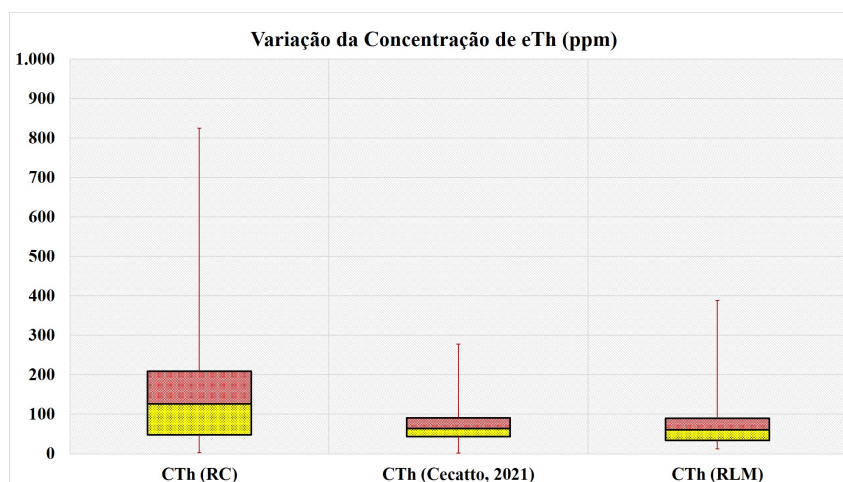


Figura 118 – *Box-plot* da distribuição dos quartis e seus respectivos intervalos para os valores de concentração do Tório nos 3 métodos: *RC*; *RLM* e Cecatto (2021).



O Anexo L apresenta os parâmetros da interpolação dos dados de calibração com subtração do *BG* para o método de 'Regressão Linear Múltipla', que estão demonstrados na Tabela 22

e graficamente, em associação com o método de 'Remoção Compton' e de Roveratti e Bonotto (2022), como pode ser visto nas Figuras 119, 120 e 121.

Figura 119 – Gráfico de dispersão das concentrações de $K(\%)$ para cada um dos 3 métodos aplicados: Remoção Compton (*RC*); Regressão Linear Múltipla (*RLM*) e proveniente de Cecatto (2021).

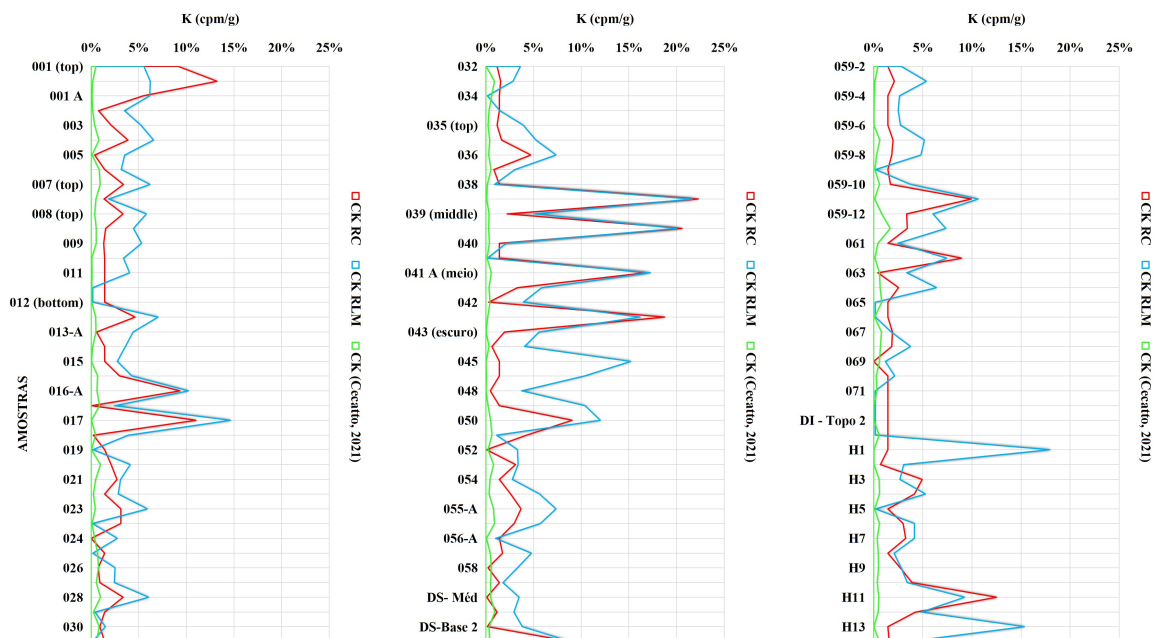


Figura 120 – Gráfico de dispersão das concentrações de $eU(ppm)$ para cada um dos 3 métodos aplicados: Remoção Compton (*RC*); Regressão Linear Múltipla (*RLM*) e proveniente de Cecatto (2021).

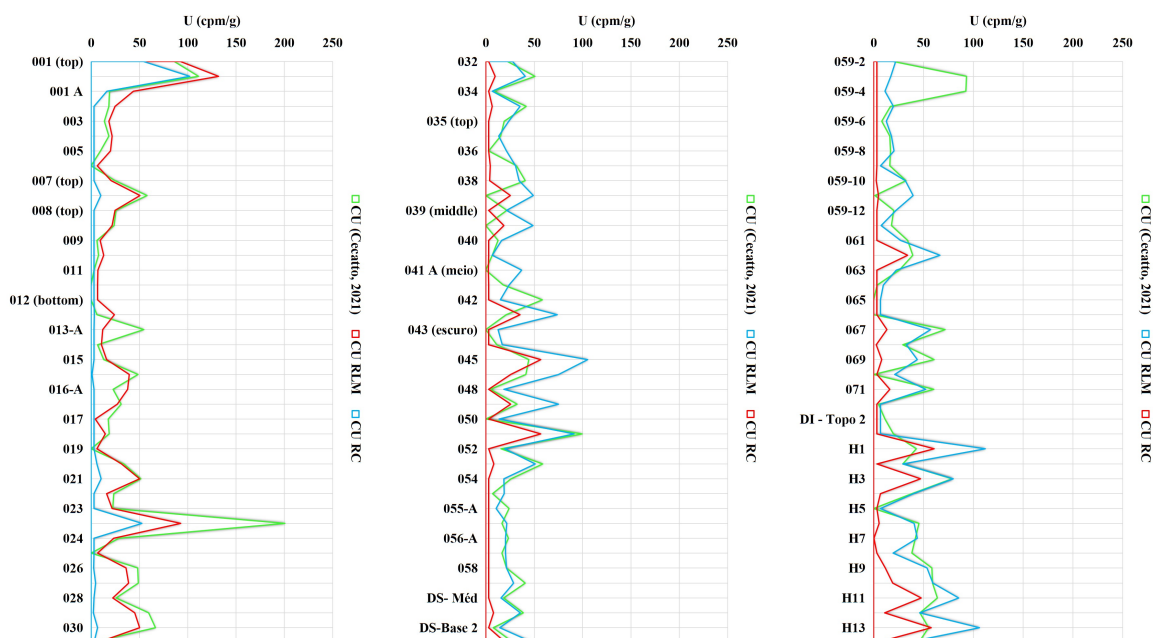
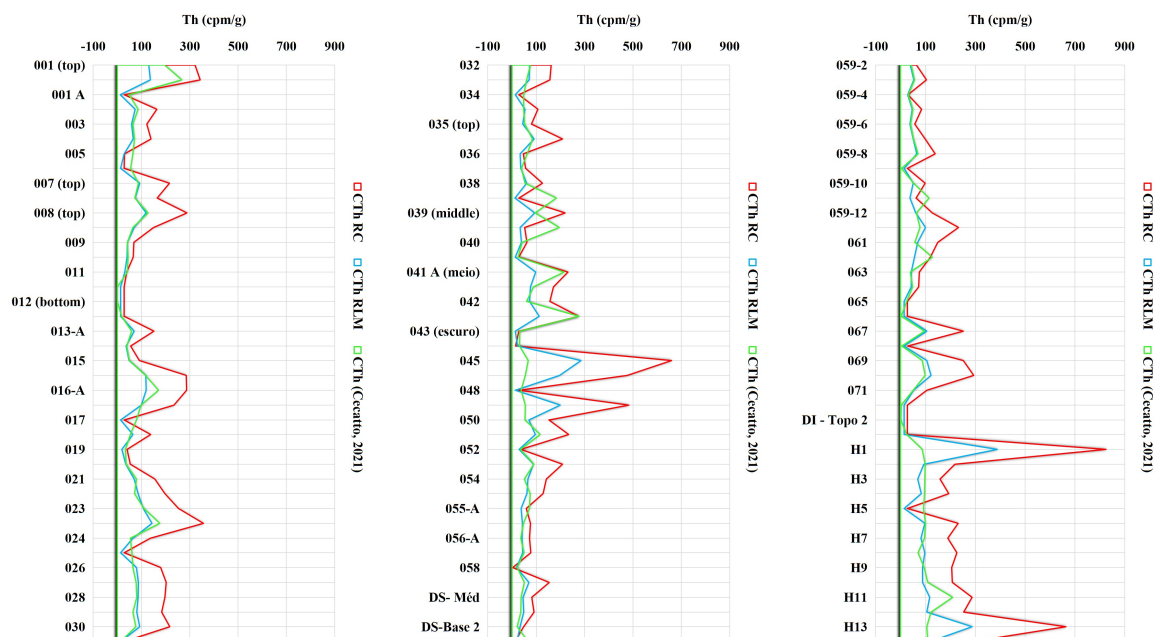


Figura 121 – Gráfico de dispersão das concentrações de $eTh(ppm)$ para cada um dos 3 métodos aplicados: Remoção Compton (*RC*); Regressão Linear Múltipla (*RLM*) e proveniente de Cecatto (2021).



6.2.0.5 Efeitos da dispersão da 'Intensidade de emissão' calculada com e sem a 'Remoção da Interferência Compton' nas amostras de Cecatto (2021).

As Figuras 122 a 127 apresentam a distribuição dos valores absolutos e após a *RC* para as 111 amostras da Formação Irati.

Figura 122 – Relação entre a 'Intensidade de Contagem Total' (com subtração do *BG*, mas sem a remoção da interferência Compton) e a 'Intensidade de Contagem com Remoção Compton' (*RC*)

para o Potássio.

Relação ($I_K(\text{total}) \times I_K(\text{RC})$)

■ $I_{K\text{total}}(\text{cpm/g})$ ■ $I_K(\text{cpm/g})$

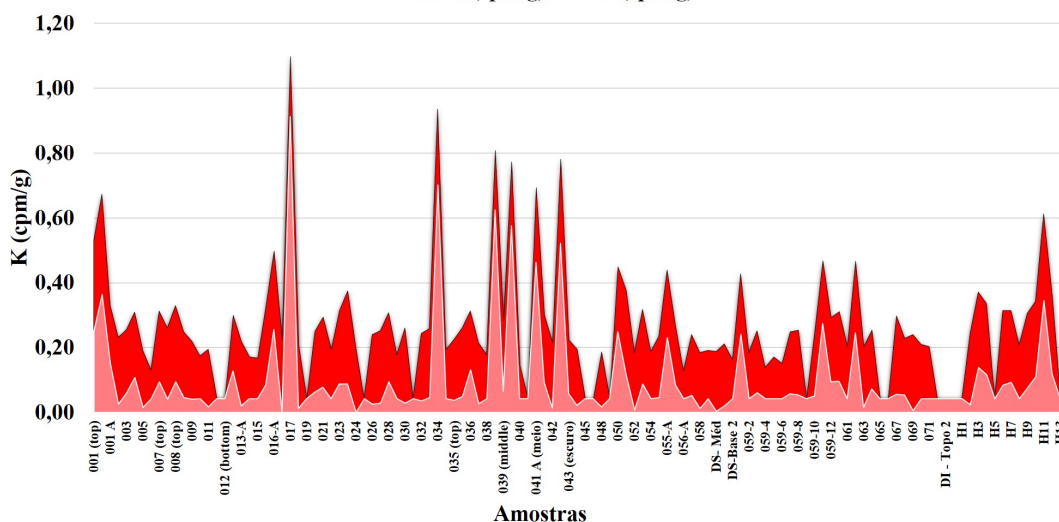


Figura 123 – Interferência gerada na janela do K pelo U e pelo Th, para cada amostra mensurada em 'Intensidade' (cpm/g).

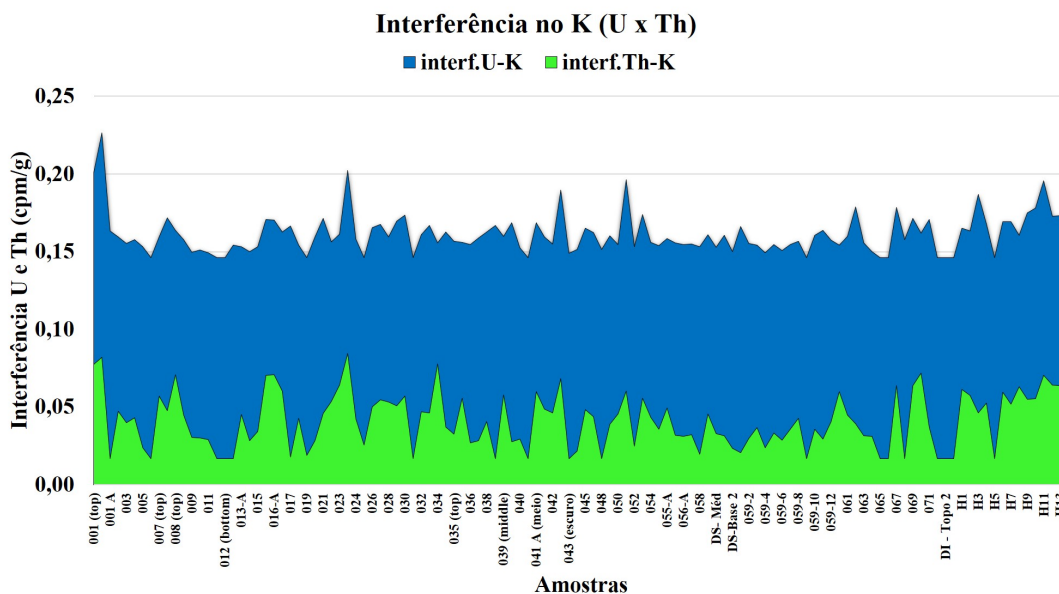


Figura 124 – Relação entre a 'Intensidade de Contagem Total' (com subtração do BG, mas sem a remoção da interferência Compton) e a 'Intensidade de Contagem com Remoção Compton' (RC) para o Urânio.

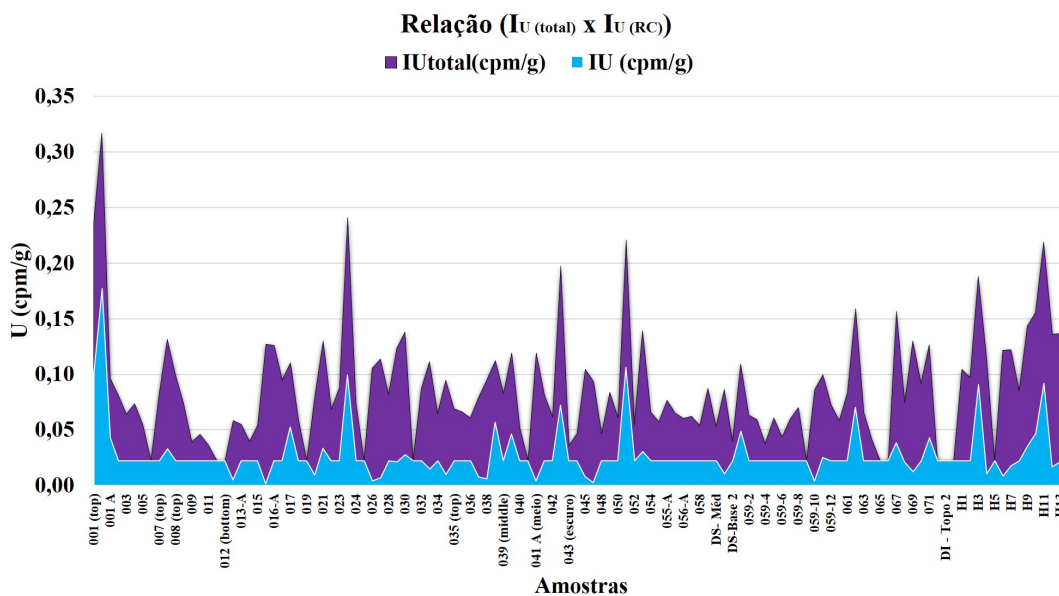


Figura 125 – Interferência gerada na janela do U pelo K e pelo Th , para cada amostra mensurada em 'Intensidade' (cpm/g).

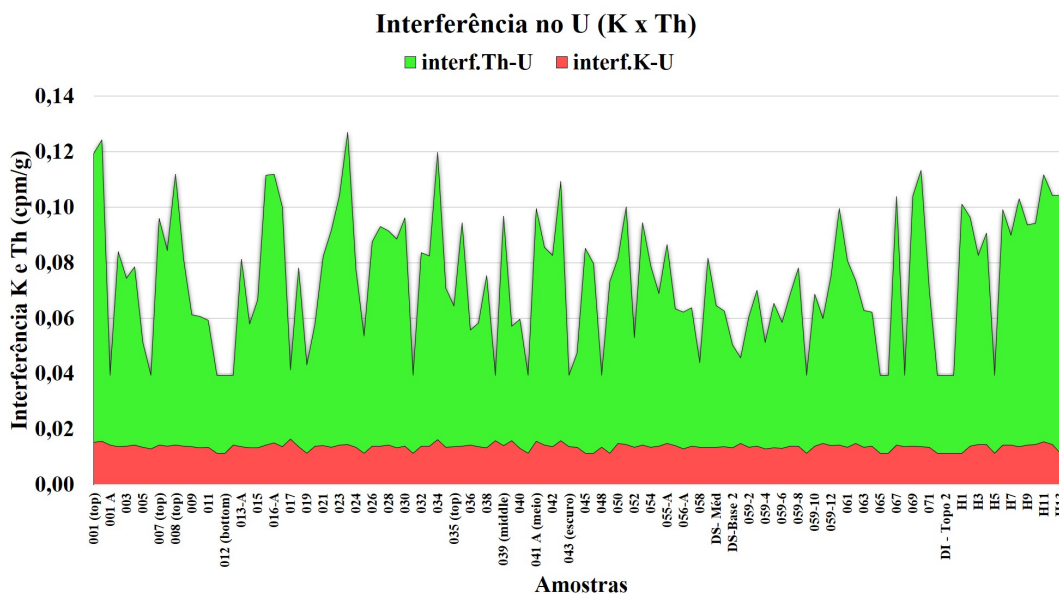


Figura 126 – Relação entre a 'Intensidade de Contagem Total' (com subtração do BG , mas sem a remoção da interferência Compton) e a 'Intensidade de Contagem com Remoção Compton' (RC) para o Tório.

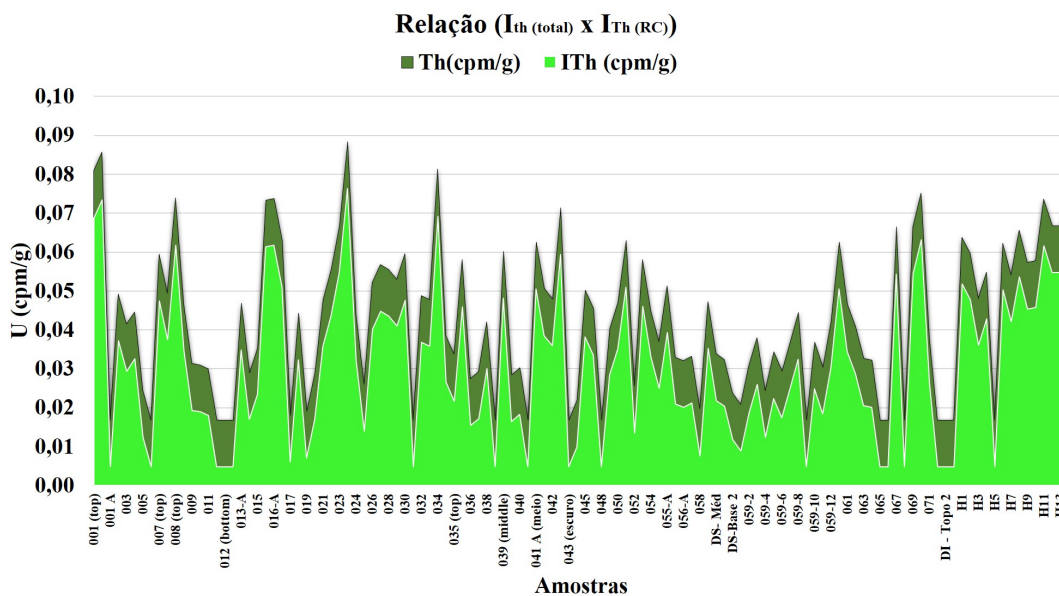
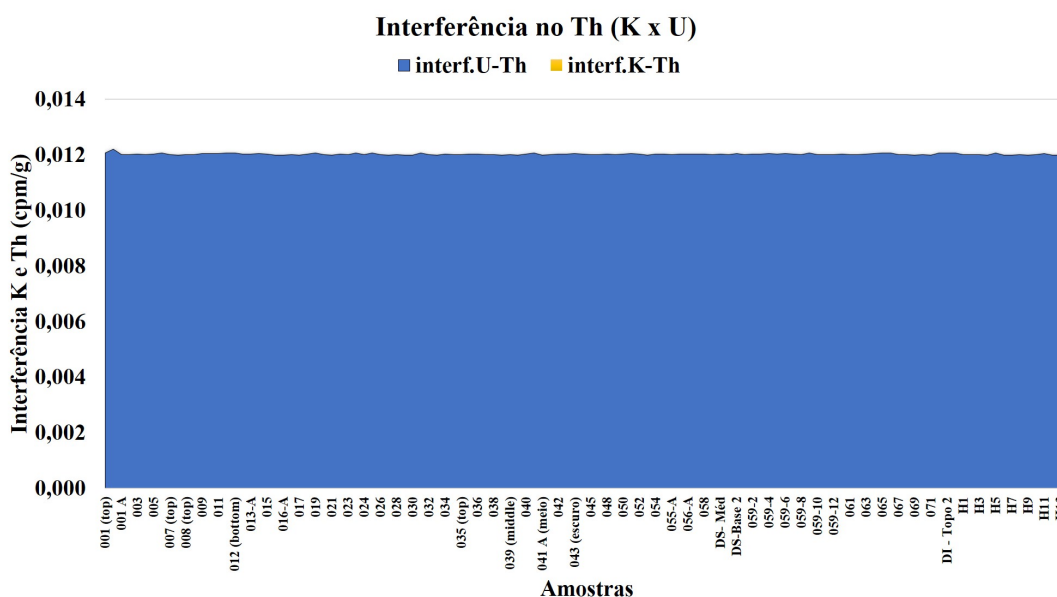


Figura 127 – Interferência gerada na janela do *Th* apenas pelo *U*, para cada amostra mensurada em 'Intensidade' (*cpm/g*); o *K* não obteve correlação e contagens suficiente para validação de um modelo matemático compatível.



6.2.0.6 Distribuição estatística dos resíduos

As Figuras 128 a 136 apresentam a distribuição gaussiana e a frequência de ocorrência de valores residuais para 11 diferentes classes amostrais na forma de histograma. Estes gráficos demonstram o comportamento residual dos resultados da subtração entre os diferentes métodos aplicados (*RC*, *RLM* e provenientes de Cecatto (2021)).

Os valores mínimos e máximos residuais encontrados para a subtração entre os 3 diferentes métodos são apresentados a seguir:

1. Resíduos da Subtração de *RC* – *RLM*:

- *K*(%): *Mín* = -16,51%; *Máx* = 6,99%.
- *eU*(*ppm*): *Mín* = -51,18; *Máx* = -1,27.
- *eTh*(*ppm*): *Mín* = -16,27; *Máx* = 436,39.

2. Resíduos da Subtração de *RC* – Cecatto (2021):

- *K*(%): *Mín* = -0,84%; *Máx* = 22,19%.
- *eU*(*ppm*): *Mín* = -148,06; *Máx* = 25,40.
- *eTh*(*ppm*): *Mín* = -154,79; *Máx* = 738,04.

3. Resíduos da Subtração de *RLM* – Cecatto (2021):

- *K*(%): *Mín* = -0,68%; *Máx* = 21,57%.

- $eU(ppm)$: $Mín = -107,89$; $Máx = 69,29$.
- $eTh(ppm)$: $Mín = -170,81$; $Máx = 301,64$.

Figura 128 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RC* e *RLM* para o *K*.

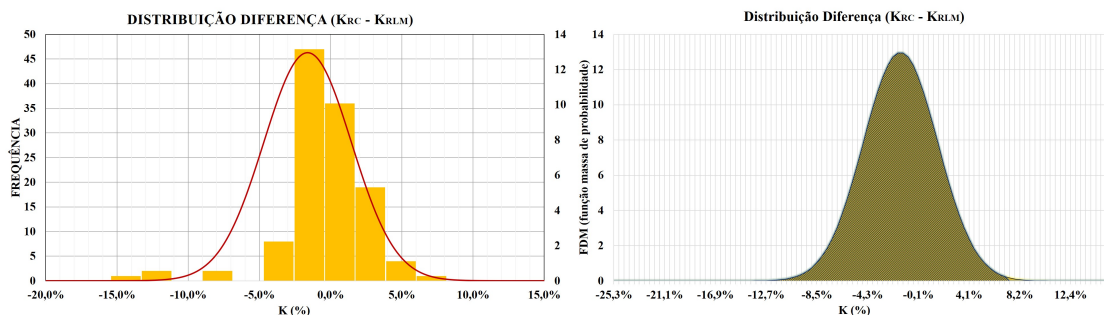


Figura 129 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RC* e Cecatto (2021) para o *K*.

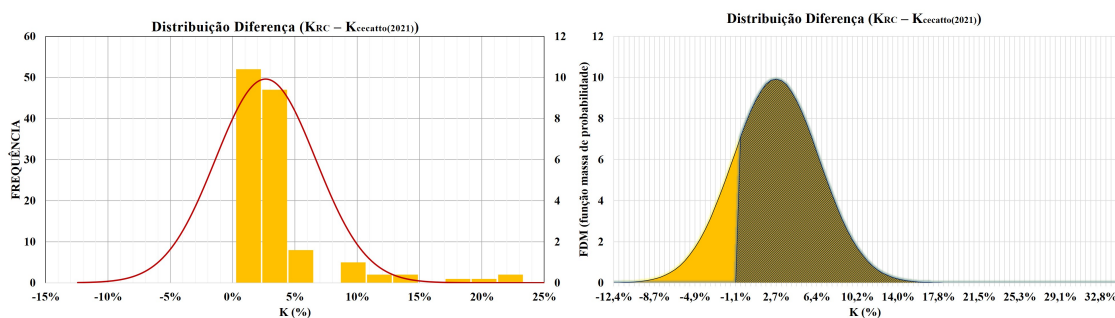
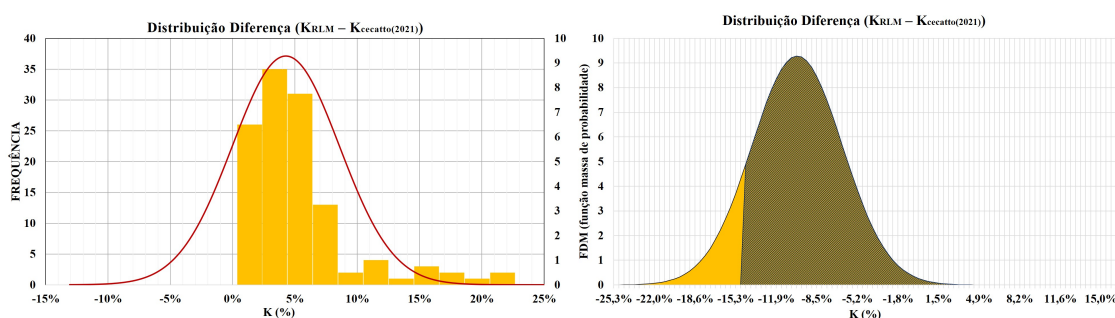


Figura 130 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RLM* e Cecatto (2021) para o *K*.



Como podemos observar tanto na distribuição dos valores de concentração e, de forma mais acentuada, através da diferença entre os valores amostrais determinados pelos diferentes métodos, é importante avaliar quais os parâmetros ou metodologias acabam por delimitar valores tão discrepantes para algumas das amostras analisadas por Cecatto (2021).

Alguns elementos foram levantados ao longo da análise estatística e, sobretudo, da análise metodológica aplicada por Cecatto (2021), que não determina uma interpolação de dados no qual as interferências sejam correlacionadas e dimensionadas para uma melhor definição dos dados amostrais. Tais elementos são apresentados na conclusão deste trabalho.

Figura 131 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RC* e *RLM* para o *U*.

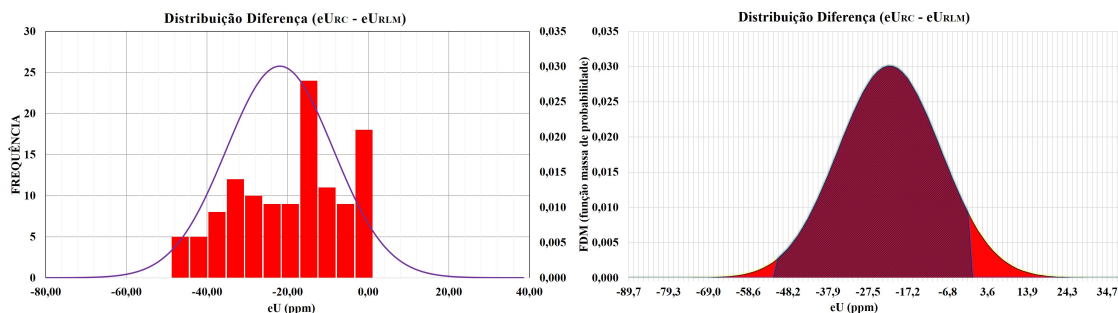


Figura 132 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RC* e Cecatto (2021) para o *U*.

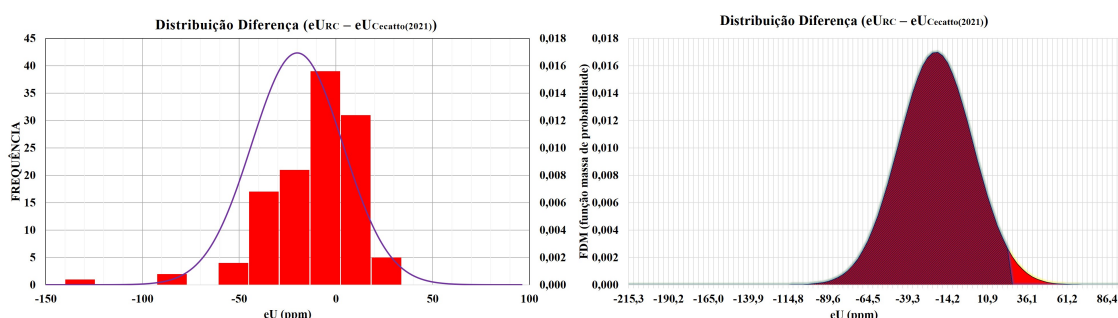


Figura 133 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RLM* e Cecatto (2021) para o *U*.

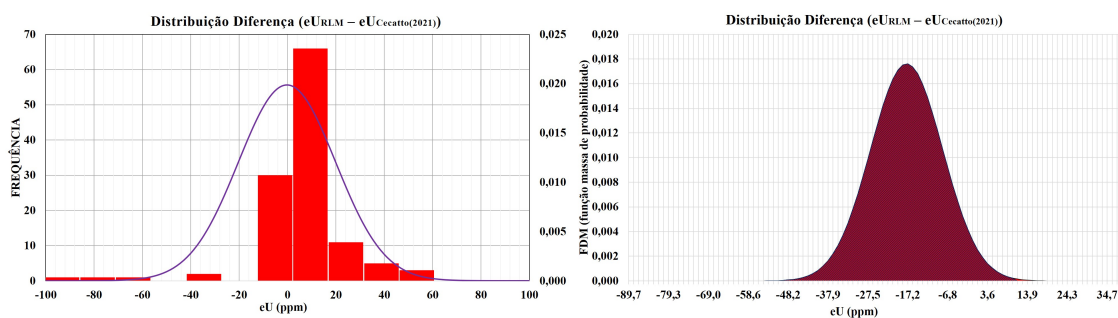


Figura 134 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RC* e *RLM* para o *Th*.

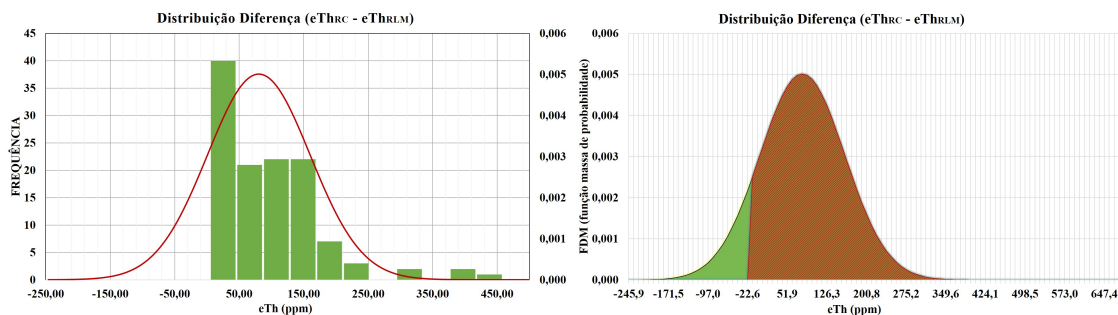


Figura 135 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RC* e Cecatto (2021) para o *Th*.

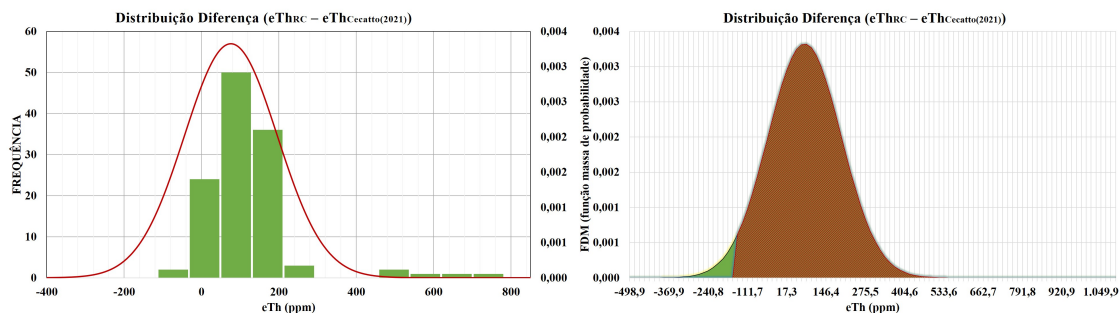
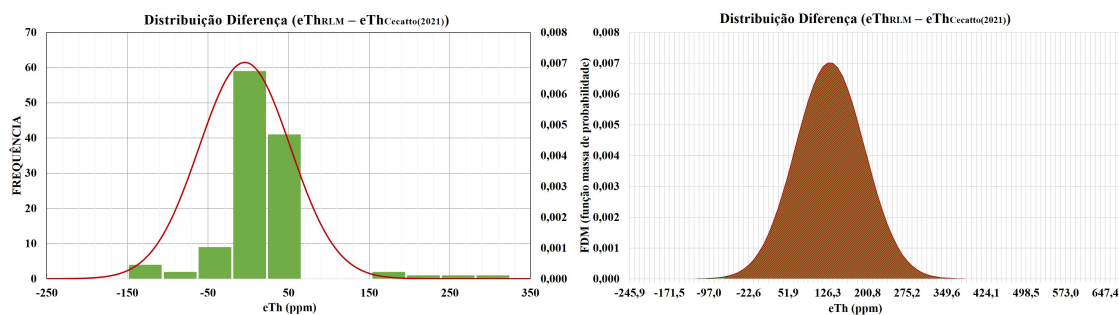


Figura 136 – Distribuição Gaussiana e histograma de frequência por classes para os dados de subtração, amostra por amostra, entre o método de *RLM* e Cecatto (2021) para o *Th*.



7 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Em suma, existe uma variedade de técnicas que podem ser usadas para minimizar o efeito Compton em análises gamaespectrométricas com detectores cintiladores. A escolha da técnica mais adequada depende da aplicação específica e das características da amostra e do detector. Neste trabalho foi utilizado o método da seleção das regiões de interesse (*ROIs*) baseadas nos 3 radionuclídeos principais utilizados em levantamentos gamaespectrométricos para diversos fins em estudos geológicos, prospecção mineral, estudos ambientais e radioproteção.

A idéia do método se baseia no fato de que, a partir de um espectro gama, existem picos característicos de radionuclídeos específicos, que correspondem às energias dos raios gama emitidos por esses nuclídeos. Ao selecionar as regiões de interesse em torno desses picos, é possível remover o espalhamento Compton associado a eles, mantendo apenas o sinal de interesse.

7.1 DADOS DO PROJETO RIO PRETO (GO)

Uma melhor caracterização dos radioelementos naturais presentes na área do Projeto Rio Preto (GO) foi possível através da integração dos resultados obtidos por Duarte (2002), sobretudo no âmbito das análises de espectrometrias gama.

Para o desenvolvimento deste trabalho fez-se necessário determinar as curvas de calibração em energia e concentração para a utilização do sistema espectrométrico gama. Foram determinados os limites críticos de detecção para ^{40}K , ^{214}Bi e ^{208}Tl , pois, em alguns casos, os valores encontrados para os dois últimos nuclídeos poderiam estar abaixo dos níveis da radiação de fundo (*background*). Também foram quantificados os erros associados às detecções para que os cálculos de concentração de radioelementos pudessem ser efetuados. A investigação por meio de modelo geoestatístico de interpolação de dados pelo método de “Mínima Curvatura”, para a determinação da distribuição dos radioelementos na área de estudo foi efetuada através do *software Geosoft OASIS Montaj*.

O modelo interpolativo de maior interesse no presente estudo está relacionado ao que ilustra as diferenças entre os valores de concentração com a subtração dos fatores de interferência em relação àqueles definidos pelo trabalho de Duarte (2002). Como pudemos observar, os valores de concentração para os radionuclídeos de interesse foram significativos:

- $\text{K}(\%) = \text{máx}: 4,98\% \mid \text{mín}: -5,74\%$

- $eU = \text{máx:}35,55 \text{ ppm} \mid \text{mín: } -330 \text{ ppm}$
- $eTh = \text{máx:}56,46 \text{ ppm} \mid -199,4 \text{ ppm}$

O mapa Ternário também nos permite analisar de modo mais plausível as zonas de maior enriquecimento para cada elemento analisado, fazendo a associação com o aspecto litológico da área estudada. Como pudemos notar, as maiores amplitudes diferenciais entre os dados atuais e aqueles definidos por Duarte (2002), permitiram concluir que os pontos onde houveram os maiores valores de enriquecimento de urânio e tório, foram também os locais com as maiores diferenças percentuais entre os dados obtidos, algumas vezes sendo inferior a 50% dos dados apresentados no trabalho de Duarte (2002).

Tais valores demonstram claramente a importância de se definir métodos de calibração eficientes e mais precisos, que considerem não apenas a calibração baseando-se em padrões que possibilitem a integração dos dados por meio de valores condizentes com a finalidade e variabilidade estatística do estudo sugerido, valendo salientar a dificuldade em se determinar uma curva de calibração mais exata, quando utilizamos padrões com valores de concentração que extrapolam em muito os valores mais comumente associados aos estudos geofísicos e geológicos.

Portanto, a confecção de uma maior quantidade de padrões com variações de concentração de radionuclídeos dentro de uma faixa média do que comumente encontramos em campo, seria de grande valia para a definição de modelos matemáticos mais precisos.

Além disso fica claro a importância de compreender e de definir modelos matemáticos que possam remover significativamente os fatores que interferem na leitura, sobretudo aqueles relacionados ao contínuo Compton e suas implicações no incremento de valores que não representam a concentração real dos elementos estudados.

Os mapas de isovalores construídos a partir dos valores de concentração dos radioelementos, sugerem áreas anômalas condicionadas, principalmente, à Formação Ticunzal. Ainda é possível realizar uma amostragem mais direcionada, buscando veios e fraturas, direções estruturais favoráveis, onde podem ter se concentrado alterações de caráter hidrotermal.

7.2 DADOS DA FORMAÇÃO IRATI

Conforme demonstrado nas análises gamaespectrométricas provenientes da Formação Irati, foi possível aplicar 2 métodos adicionais ao de Cecatto (2021), que consiste na mesma metodologia demonstrada e implementada por Duarte (2002). Os métodos de *Remoção Compton (RC)* e de *Regressão Linear Múltipla (RLM)* foram aplicados aos dados de calibração do sistema *digiDART* e comparados posteriormente com as concentrações determinadas no estudo anterior.

Como foi possível verificar nos resultados obtidos, tanto na *RC* quanto na *RLM*, ocorreram valores abruptos em concentração para os 3 radionuclídeos. Uma análise pormenorizada dos passos seguidos para a obtenção dos valores de *Intensidade Efetiva (cpm/g)* mostram que alguns cálculos efetuados podem estar associados a uma propagação de erros que dificulta ainda mais a quantificação dos dados integrados.

Alguns pontos fundamentais podem ser destacados como recomendações a serem seguidas para uma maior precisão e efetividade da calibração e da quantificação dos dados integrados, são eles:

- a) *Frequência de tomadas do BG*: Um dos passos que podem corroborar tais diferenças significativas se dá na contabilização das *Net counts*, ou contagens com desconto do *background* (radiação de fundo). Notamos que ao longo do período de análise gama das amostras de Cecatto (2021), apenas 2 tomadas de medidas foram realizadas num intervalo de semanas. Isso dificulta demasiadamente o entendimento das variações que podem ocorrer no sistema, sobretudo pela interferência da radiação de materiais circundantes (mas em menor grau, devido a blindagem), e sobretudo pelas oscilações da radiação cósmica e do *drift* gerado nos espectros do detector de NaI(Tl).
 - b) *Uso do BG de maior amplitude numa base deficiente de dados*: Para a definição dos dados incorporados aos métodos deste trabalho, e tendo em vista as duas leituras de *BG* realizadas num período de semanas, convencionou-se o uso da média como uma forma de diminuir a propagação de erros já implícita em qualquer condição de mensuramento dos dados. No entanto, os resultados de Cecatto (2021) foram convencionados a partir do uso individualizado do *BG*, sendo em grande parte determinado com o uso do de maior amplitude (sendo tais valores situados entre 1,5-2,0 vezes superior).
 - c) *Consideração da interferência do efeito Compton e de energias gama que sobrepõe os picos de interesse*: Este fator é um dos que mais dificulta a interpretação dos dados e a correlação com métodos que, invariavelmente, tentam associar as contagens de forma independente aos radionuclídeos de interesse, desconsiderando suas demais emissões gama e o contínuo Compton por eles gerado. A remoção das contagens interferentes nas janelas de interesse com a subsequente calibração do sistema pela interpolação das leituras dos padrões vigentes, acaba por gerar modelos mais precisos, mas que podem potencializar as distinções dos valores absolutos calculados para cada amostra.
 - d) *O drift do sistema gamaespectrométrico, e a necessidade da realização de releituras para integrações insatisfatórias ou de interpolação com margem diferencial significativa*: Um dos fenômenos que interfere numa integração mais eficiente dos intervalos gamaespectrométricos, diz respeito ao *drift* espectral, um fenômeno descrito neste trabalho e que depende do uso de métodos adequados, tais como os demonstrados por autores em seções
-

anteriores, para que se consiga delimitar integrações com menor propagação de erros e discriminação de intervalos.

- e) *Uso de mais padrões com concentrações intermediárias definidas para radionuclídeos puros ou em associação:* A calibração do sistema é um passo fundamental e necessário para a quantificação dos dados, no entanto nem sempre os padrões apresentam valores de concentração que são condizentes com as amostras ambientais coletadas em campo. Definir padrões com valores intermediários para os 3 radionuclídeos naturais é de fundamental importância para que se consiga interpolar os dados com uma correlação satisfatória e gerar modelos matemáticos precisos para posterior aplicação nos dados amostrais.
- f) *Uniformidade da geometria, massa e dos materiais recipientes para selar hermeticamente as amostras:* Um requisito apropriado e diferencial para uma melhor leitura gama, é a uniformidade dos parâmetros no qual as amostras serão acondicionadas. Diferentes massas, com presença maior de materiais inertes não emissores, podem contribuir para variações nas energias gama que chegam até o cristal cintilador. O tipo do material do recipiente utilizado também pode contribuir significativamente, e podemos verificar neste trabalho que materiais perfazem os invólucros dos padrões de urânio e tório em relação aos de potássio e das amostras coletadas. A densidade do material, relacionada aos núcleos atômicos presentes nos materiais, acabam por contribuir não apenas com a blindagem de radiações gama emitidas pelos radionuclídeos de interesse, mas podem também aumentar a incidência de energias provenientes de interações Compton que podem ocasionar eventos em outros intervalos de leitura, bem como diminuir as contagens do radionuclídeo associado.

Portanto é de fundamental importância que tais aspectos sejam observados nas análises gamaespectrométricas, visando atender a necessidade permanente de aprimorar a metodologia de pesquisa, bem como a de geração de dados confiáveis e de excelência para a produção do conhecimento tecnológico e científico.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, J. A.; GASPARINI, P. **Gamma-ray spectrometry of rocks**. [S.l.]: Elsevier, 1970.
- ALMEIDA, J. da S. **ESTUDO DAS IMPUREZAS RADIOATIVAS GAMA EMISSORAS PRESENTES NOS RADIOFÁRMACOS PRODUZIDOS NO IPEN-CNEN/SP**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2017.
- AMARAL, S. E. **Contribuição ao conhecimento geológico, petrográfico e sedimentológico da Formação Irati, no Estado de São Paulo**. 136 p. Tese (Doutorado) — Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1967.
- ANDRADE, S.; LIBERAL, G.; FILHO, J. Depósitos de urânio de campos belos e rio preto, goias. In: **Principais depósitos minerais do Brasil**. [S.l.: s.n.], 1985. p. 169–175.
- ANDRADE, S. *et al.* Projeto rio preto—mapeamento geológico—escala 1: 25.000 relatório final.[sl]: Nuclebrás/suppm. **Relatório Interno**, 1981.
- ARINE, B. B. R. Melhoria do índice de detecções na espectrometria gama em amostras ambientais usando inteligência artificial. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2016.
- BARBOSA, E. Q. Calibração de detectores cintiladores e sua aplicação em medidas radiométricas. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2016.
- BARBOSA, E. Q.; BONOTTO, D. M.; ROVERATTI, G. Standardization of a NaI(Tl) scintillation detector and its use on environments for geology teaching in a brazilian university. **Environmental earth sciences**, Springer, v. 77, p. 1–13, 2018.
- BARBOSA, L. **Análise da concentração de Radônio-222 nas águas subterrâneas e solo de Curitiba e região metropolitana**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- BARBOSA, O.; GOMES, F. A. Pesquisa de petróleo na bacia do rio corumbataí. **Boletim do DNPM/DGM**, v. 171, p. 40, 1958.
- BARTLETT, D. Radiation protection aspects of the cosmic radiation exposure of aircraft crew. **Radiation Protection dosimetry**, Oxford University Press, v. 109, n. 4, p. 349–355, 2004.
- BECK, H. L.; GOGOLAK, C.; DECAMPO, J. **In situ Ge(Li) and NaI(Tl) gamma-ray spectrometry**. [S.l.], 1972.
- BIERE, P. *et al.* Calibration of a 5x5 nai (tl) for prompt in-situ gamma-ray spectrometry system. **Materials and Geoenvironment**, v. 68, n. 1, p. 1–5, 2023.
- BONOTTO, D. **Aplicação dos dados do fracionamento isotópico $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ nos problemas geoquímicos dos aquíferos de Águas da Prata (SP)**. Tese (Doutorado) — Dissertação de Mestrado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1982.
- BONOTTO, D. **Aplicações hidrogeoquímicas naturais das séries do U ($4n+2$) e Th ($4n$) no Morro do Ferro, Poços de Caldas (MG)**. 1986, 378p. Tese (Doutorado) — Tese (Doutorado em Geofísica) - Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986.
-

BONOTTO, D. M. The alpha spectrometry technique used in geological sample analysis. spikes em espectrometria alfa para análise de amostras geológicas. **Geociencias;(Brazil)**, 1990.

BRANCHI, B. A. **Excel na Análise de Regressão. Pontifícia Universidade Católica. [Online] PUC - Campinas.** 2010.

BRASIL. **Ministério da Saúde: Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011:** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. diário oficial [da] república federativa do brasil, Brasília, df. 2011. [Online; acesso em 10-Maio-2020]. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>.

BRENDLE, M. A microprocessor-controlled digital spectrum stabilizer. **Nuclear Instruments and Methods**, Elsevier, v. 141, n. 3, p. 577–586, 1977.

BRODIE, C. R. *et al.* A multi-isotope and trace element investigation of gold mineralisation in the archean western gneiss region of norway. **Ore Geology Reviews**, v. 51, p. 102–125, 2013.

BUCHHOLZ, M.; CERVERA, M. Radium historical items catalog. **Oak Ridge: Oak Ridge Institute for Science and Education**, 2008.

CACIOLLI, A. *et al.* A new fsa approach for in situ γ ray spectroscopy. **Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 414, p. 639–645, 2012.

CALAS, G. Etude expérimentale du comportement de l'uranium dans les magmas: États d'oxydation et coordinance. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Elsevier, v. 43, n. 9, p. 1521–1531, 1979.

CANDOTTI, E. *et al.* Ata do simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no brasil: primeira reunião 25 de abril de 1956. **Cadernos SBPC, n. 15, 2006,(Primeira reunião)**, SBPC, 2006.

CARLOS, D. U. **Development and Building of Radioactive Concrete Pads for calibration of the airborne and ground gamma-ray spectrometers, used in mineral exploration and hydrocarbons; Desenvolvimento e construçao de blocos de concreto radioativo para calibracao de espectrometros gama portateis e aerotransportados, utilizados em exploracao mineral e de hidrocarbonetos.** 2006.

CASANOVAS, R.; MORANT, J.; SALVADÓ, M. Temperature peak-shift correction methods for nai (tl) and labr3 (ce) gamma-ray spectrum stabilisation. **Radiation measurements**, Elsevier, v. 47, n. 8, p. 588–595, 2012.

CECATTO, G. R. Análise comparativa da performance de distintos gamaespectrômetros no estudo da formação irati, bacia do paraná. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021.

CHEN, Y. *et al.* Gamma spectrum stabilization method based on nonlinear least squares optimization. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 169, p. 109515, 2021.

CHERRY, S. R. *et al.* **Physics in nuclear medicine.** [S.l.]: Soc Nuclear Med, 2003. v. 3.

CHIOZZI, P. *et al.* Laboratory application of nai (tl) γ -ray spectrometry to studies of natural radioactivity in geophysics. **Applied Radiation and isotopes**, Elsevier, v. 53, n. 1-2, p. 127–132, 2000.

COCCO, G. *et al.* Potassium. **Handbook of Geochemistry**, cap. 19, New York: Springer-Verlag : In: WEDEPOHL, K.H. (Ed.), v. 2, 1969.

CONCEIÇÃO, F. T. d. Geochemical behavior of radionuclides and heavy metals in soils from corumbatai river basin (sp), brazil; comportamento geoquímico de radionuclídeos e metais pesados em solos da bacia do rio corumbatai (sp). 2004.

COSTA, F. E. d. **Desenvolvimento de sondas cirúrgicas radioguiadas com semicondutores de TlBr e com cristais cintiladores de CsI(Tl)**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2006.

COVELL, D. Quality control for the gamma-ray scintillation spectrometer. **Nuclear Instruments and Methods**, Elsevier, v. 22, p. 101–108, 1963.

CRESSWELL, A. J. *et al.* The measurement of plutonium and uranium isotope ratios in soil by gamma-ray spectrometry. **Journal of Environmental Radioactivity**, Elsevier, v. 102, n. 5, p. 465–469, 2011.

CUCCIA, V. *et al.* Estudo da distribuição de radionuclídeos naturais na bauxita, processo bayer e seus produtos e resíduos. **Belo Horizonte, Brazil**, 2006.

CUMMING, J.; PAREKH, P.; MURALI, A. A novel approach to the determination of iridium via ge-coincidence/nai (tl)-anticoincidence gamma-ray spectrometry. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment**, Elsevier, v. 265, n. 3, p. 468–474, 1988.

CURRIE, L. Limits for qualitative detection and quantitative determination. application to radiochemistry. **Analytical Chemistry**, ACS Publications, v. 40, n. 3, p. 586–593, 1968.

DANIEL, G. *et al.* Automatic and real-time identification of radionuclides in gamma-ray spectra: a new method based on convolutional neural network trained with synthetic data set. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, IEEE, v. 67, n. 4, p. 644–653, 2020.

DAOUD, W. **Granitos estan íferos de Pitinga, Amazonas: Contexto geológico e depósitos minerais associados**. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1988.

DARNLEY, A.; SWETTENHAM, S.; POTVIN, R. **Radioactivity map of Canada**. [S.l.]: The Survey, 1986.

DICKSON, B. L.; LØVBORG, L. An australian facility for the calibration of portable gamma-ray spectrometers. **Exploration Geophysics**, Taylor & Francis, v. 15, n. 4, p. 260–262, 1984.

DICKSON, B. L.; SCOTT, K. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 187–200, 1997.

DINIZ, C. *et al.* Gamma spectrometry with a NaI(Tl) detector: Monte carlo simulations and experimental results. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Springer, v. 318, n. 3, p. 2005–2015, 2018.

DUARTE, C. R. **Relações Radiométricas e isotópicas na área do Projeto Rio Preto (GO).** Tese (Doutorado) — Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista . . . , 1997.

DUARTE, C. R. Radioelementos naturais na área do projeto rio preto (go). Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2002.

DUARTE, C. R.; BONOTTO, D. M. A radioatividade das rochas na área do projeto rio preto-goiás. *Geochimica Brasiliensis*, 2000.

DUDLEY, R.; SCARPATETTI, R. tabilization of a gamma scintillation spectrometer against zero and gain drifts. **Nuclear Instruments and Methods**, Elsevier, v. 25, p. 297–313, 1963.

EVANS, R.; NOYAU, A. **582, The Atomic Nucleus Vol. 582.** [S.l.]: McGraw-Hill, 1955.

FAURE, G. New developments and applications in isotope geoscience: papers/sixth international conference on geochronology, cosmochronology and isotope geology (icogvi), cambridge, great britain, june 30 to july 4, 1986. **Chemical geology**, Elsevier, v. 66, n. 1-2, p. VIII–177, 1987.

FETTER, C. W.; BOVING, T. B.; KREAMER, D. K. **Contaminant hydrogeology.** [S.l.]: Prentice hall Upper Saddle River, NJ, 1999. v. 1138.

FILHO, J. L.; REZENDE, A.; SILVA, A. d. Geologia e recursos minerais do estado de goiás e do distrito federal. CPRM, METAGO, UnB, 2000.

FILHO, P. F. *et al.* Projeto rio preto. **Relatório Interno**, NUCLEBRÁS/SUPPM, 1982.

FONSECA, C. J. d. Análise comparativa da sensibilidade do fator de multiplicação de nêutrons à perturbação entre um reator pwr abastecido a UO_2 ou $\text{UO}_2 + \text{ThO}_2$. 2019.

FRAENKEL, M. *et al.* Jazida de urânio no planalto de poços de caldas, minas gerais. In: **Principais depósitos minerais do Brasil.** [S.l.: s.n.], 1985. p. 89–103.

GALBRAITH, J. H.; SAUNDERS, D. F. Rock classification by characteristics of aerial gamma-ray measurements. **Journal of Geochemical Exploration**, Elsevier, v. 18, n. 1, p. 49–73, 1983.

GALBRAITH, J. H.; SAUNDERS, D. F. Crescem as reservas brasileiras de urânio. **Brasil Nuclear**, v. 18, p. p.22, 1999.

GALHARDI, J.; BONOTTO, D. M. Radon in groundwater contaminated by dissolved hydrocarbons in santa bárbara d' oeste, são paulo state, brazil. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 70, n. 10, p. 2507–2515, 2012.

GILMORE, G. **Introduction to Radiation Detectors and Electronics.** Bristol, UK: Institute of Physics Publishing, 2008.

GNOJEK, W. H.; PRICHYTAL, M. W. Geological mapping by airborne gamma ray spectrometry. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 23, n. 1-2, p. 1–40, 1985. ISSN 0375-6742. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0375674285900469>>.

GOMES, M. J. da S. **UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS EM SAMBAQUIS FLUVIAIS, REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA DE IGUAPE–SP/PR.** Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2003.

GRAAF, E. Van der *et al.* Monte carlo based calibration of scintillation detectors for laboratory and in situ gamma ray measurements. **Journal of environmental radioactivity**, Elsevier, v. 102, n. 3, p. 270–282, 2011.

GREEN, B. M. R.; LOMAS, P.; HUGHES, J. **Radiation atlas: natural sources of ionizing radiation in Europe**. [S.l.], 1993.

HAN, M. *et al.* Evaluation of peak drift and energy resolution of high-purity germanium detector in gamma-ray spectrometry. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 306, n. 1, p. 221–227, 2015.

HASSANO, S. Deposito de uranio de amorinopolis, goias. In: **Principais depositos minerais do Brasil**. [S.l.: s.n.], 1985. p. 157–167.

HELPER, I. K.; MILLER, K. M. Calibration factors for ge detectors used for field spectrometry. **Health Physics**, LWW, v. 55, n. 1, p. 15–29, 1988.

HERMAN, C.; SCHIAVONE, G. R. Gamma-ray spectrometry in the environment. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 52, n. 5, p. 959–970, 2000.

HIODO, F. Y.; FUJIMORI, K. Desenvolvimento de instrumentação em geofísica nuclear e sua aplicação no morro do ferro. 1990.

HOLZ, M. *et al.* A stratigraphic chart of the late carboniferous/permian succession of the eastern border of the paraná basin, brazil, south america. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, p. 381–399, 2010.

IAEA. **Gamma Ray Surveys in Uranium Exploration**. [S.l.]: International Atomic Energy Agency (Corporate Author). Technical Report Series, nº186, 1979.

IAEA. **Preparation and Certification of IAEA Gamma ray Spectrometry Reference Materials RGU-1, RGTh-1 and RGK-1**. [S.l.]: International Atomic Energy Agency (Corporate Author). Techn.Report - IAEA/RL/148, 1987.

IAEA. **Construction and Use of Calibration Facilities for radiometric Field Equipment**. [S.l.]: International Atomic Energy Agency (Corporate Author). Technical Report Series, nº309, 84p, 1989.

IAEA. **Application of Uranium Exploration Data and Techniques in Environmental Studies**. [S.l.]: International Atomic Energy Agency (Corporate Author). Vienna : TECDOC-827, 1995.

IAEA. **Uranium Exploration Data and Techniques Applied to the Preparation of Radioelement Maps**. [S.l.]: International Atomic Energy Agency (Corporate Author). TECDOC-980, 1997.

IAEA. **Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data**. [S.l.]: International Atomic Energy Agency (Corporate Author). TECDOC-1363. 172 p. ISSN 1011–4289, 2003.

ICRP. **International Commission on Radiation Protection. ICRP 99 - Low Dose Extrapolation of Radiation Related Cancer Risk**. [S.l.]: Oxford : Pergamon Press. Annals of ICRP, vol. 35, nº4, 2005.

ICRU. **Gamma ray Spectrometry in the Environment. Bethesda, USA : International Commission On Radiation Units and Measurements.** [S.l.]: ICRU Report 53, 1994.

INB. **Onde podemos encontrar recursos de urânio no Brasil?** [Indústrias Nucleares do Brasil S.A., 29 de Setembro de 2020, 2020. [Online; acesso em 5-Fevereiro-2022]. Disponível em: <<https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/onde-podemos-e-ncontrar-reservas-de-uranio-no-brasil?Origem=426>>.

IVANOVICH, M. The phenomenon of radioactivity. In: **Uranium series disequilibrium: applications to environmental problems.** [S.l.: s.n.], 1982.

IVANOVICH, M.; HARMON, R. **1992: Uranium Series Disequilibrium: Applications to Environmental Problems.** [S.l.]: Clarendon Press, 1992.

JAVARONI, J.; MACIEL, A. Prospeção e pesquisa de urânio no Brasil. atuação da nuclebras (1975-1984). In: **Principais depósitos minerais do Brasil.** [S.l.: s.n.], 1985. p. 81–87.

JEON, B. *et al.* Deep learning-based pulse height estimation for separation of pile-up pulses from nai (tl) detector. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, IEEE, v. 69, n. 6, p. 1344–1351, 2021.

JIA, G.; TORRI, G. Estimation of radiation doses to members of the public in Italy from intakes of some important naturally occurring radionuclides (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{224}Ra and ^{210}Po) in drinking water. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 65, n. 7, p. 849–857, 2007.

JIA, G.; TORRI, G.; MAGRO, L. Concentrations of ^{238}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{224}Ra , ^{210}Po , ^{210}Pb and ^{212}Pb in drinking water in Italy: reconciling safety standards based on measurements of gross α and β . **Journal of Environmental Radioactivity**, Elsevier, v. 100, n. 11, p. 941–949, 2009.

JOSHI, T. *et al.* A comparison of the detection sensitivity of the poisson clutter split and region of interest algorithms on the radmap mobile system. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, IEEE, v. 63, n. 2, p. 1218–1226, 2016.

KAPLAN, I. Física nuclear–2ª edição, editora Guanabara Dois. **Rio de Janeiro**, 1978.

KAPPKE, J. Medidas das concentrações de rádio em águas minerais disponíveis à venda no Brasil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

KETCHAM, R. A. An improved method for determination of heat production with gamma-ray scintillation spectrometry. **Chemical Geology**, Elsevier, v. 130, n. 3–4, p. 175–194, 1996.

KHANDAKER, M. U. High purity germanium detector in gamma-ray spectrometry: High-purity germanium detector. **International Journal of Fundamental Physical Sciences**, v. 1, n. 2, p. 42–46, 2011.

KILLEEN, P. Gamma ray spectrometric methods in uranium exploration-application and interpretation. 1979.

KIM, J. *et al.* Untrained neural network-based unfolding method for quantitative analysis of nai (tl) gamma spectrometers. **Radiation Physics and Chemistry**, Elsevier, v. 209, p. 110993, 2023.

- KIM, J.; PARK, K.; CHO, G. Multi-radioisotope identification algorithm using an artificial neural network for plastic gamma spectra. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 147, p. 83–90, 2019.
- KNOLL, G. F. **Radiation detection and measurement**. [S.l.]: John Wiley & Sons. ed 2, 1989.
- KNOLL, G. F. **Radiation detection and measurement**. [S.l.]: John Wiley & Sons. ed 4, 2010.
- KPMG. Outlook 2014. **KPMG Global Energy Institute**, 2014.
- KRAUSKOPF, K. **Introdução à geoquímica V. 2**. [S.l.]: São Paulo. Polígono, Editora da USP, 1972.
- LAGES, L. C. **A Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR)**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2004.
- LANGMUIR, D. Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Elsevier, v. 42, n. 6, p. 547–569, 1978.
- LANL. **Los Alamos National Laboratory**. 2003. [Online; acesso em março de 2011]. Disponível em: <<https://periodic.lanl.gov/elements/86.html>>.
- LAVI, N.; BEIT-OR, Y. Application of a method based on gamma-ray shielding for the suppression of the compton continuum in gamma spectrometry. **Journal of Environmental Radioactivity**, Elsevier, v. 199, p. 54–60, 2019.
- LEITE, R. V. **Desenvolvimento de um espectrômetro nuclear digital de radiação gama**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2006.
- LEITH, C. K. **World minerals and world politics: a factual study of minerals in their political and international relations**. [S.l.]: Whittlesey House, McGraw-Hill Book Company, Incorporated, 1931.
- LIMA, C. Avaliação da performance de detectores iodeto de sódio NaI(Tl) em centrais nucleares—dissertação de mestrado. **COPPE/UFRJ, RJ**, 2006.
- LIMA, F. S.; FILHO, W. S. da S. Potencial uranífero no brasil: uma revisão bibliográfica uranific potential in brazil: a bibliographic review. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 58852–58867, 2021.
- LIMA, J. de. **Implementação de metodologia para mensuração de Rn-222 e sua aplicação no estudo da radioatividade das águas de águas da Prata (SP)**. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP. 155p, 1993.
- LIMA, N. P. d. **Validação do método de análise por ativação com nêutrons para determinação de urânio em amostras ambientais**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2018.
- LØVBORG, L. *et al.* Field determination of uranium and thorium by gamma-ray spectrometry, exemplified by measurements in the ilmaussaq alkaline intrusion, south greenland. **Economic Geology**, Society of Economic Geologists, v. 66, n. 3, p. 368–384, 1971.
-

- MAFRA, O. Y. **Técnicas e medidas nucleares**. [S.l.]: Editora E. Blücher, 1973.
- MARASCHIN, A. J.; RAMOS, A. S. Breve abordagem histórica sobre o potencial energético dos folhelhos da formação irati (bacia do paraná) no estado do rio grande do sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, v. 25, n. Aug, p. 174–183, 2015.
- MARES, S.; TVRD, M. **Introduction to applied geophysics**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 1984.
- MARINI, O. *et al.* Província tocantins, setores central e sudeste. **O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blucher**, p. 87–264, 1984.
- MARINI, O. *et al.* Nova unidade litoestratigráfica do pré-cambriano do estado de goiás. In: **SBG, Congresso Brasileiro de Geologia**. [S.l.: s.n.], 1978. v. 30, p. 126–127.
- MARLOW, K. A system for stabilizing the gain of a scintillation spectrometer. **Nuclear Instruments and Methods**, Elsevier, v. 15, n. 2, p. 188–192, 1962.
- MARTINI, R.; IVKOVI, V.; TIRINGER, M. A system for stabilizing the gain of a scintillation spectrometer using a light-emitting diode and a processor in feedback. **Nuclear Instruments and Methods**, Elsevier, v. 147, n. 3, p. 513–518, 1977.
- MARTINS, F. **Análise faciológica e estratigráfica do Paleo-Mesoproterozoico: Sequência Araí no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás**. Tese (Doutorado) — Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 1999.
- MASON, B. **Prncpios de geoquímica**. [S.l.], 1971. 403 p.
- MATOS, O. C. **Econometria básica: teoria e aplicações**. [S.l.]: São Paulo (SP), Brasil. Atlas, 2000. 124 p.
- MCKEE, R. H. **Shale Oil**. [S.l.]: Chemical Catalog Co, 1925.
- MENDONÇA, J. *et al.* Jazida de urânio de itataia, ceará. In: **Principais depósitos minerais do Brasil**. [S.l.: s.n.], 1985. p. 121–131.
- MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; MEDEIROS, R. A. Rochas geradoras e rochas reservatório da bacia do paraná, faixa oriental de afloramentos, estado do paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 1, p. 135–162, 2006.
- MILANI, E. J. *et al.* Bacia do paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, p. 265–287, 2007.
- MINGOTE, R. M.; COSTA, H. F.; VAVASSORI, G. Determinação de atividades alfa e beta total em água para consumo humano por lsc. **IX LATIN AMERICAN IRPA REGIONAL CONGRESSON RADIATION PROTECTION AND SAFETY, Rio de Janeiro**, 2013.
- MOREIRA, J. M. L. *et al.* Uma proposta de estudo brasileira visando a utilização de tório em reatores. Rio de Janeiro: ABEN, 1999, 1999.
- MORRONE, N.; DAEMON, R. Jazida de urânio de figueira, paraná. In: **Principais depósitos minerais do Brasil**. [S.l.: s.n.], 1985. p. 133–142.
- NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F. E. L. Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. CETEM, 2004.
-

NASH, J. T.; GRANGER, H.; ADAMS, S. Geology and concepts of genesis of important types of uranium deposits. 1981.

NETO, E. V. S. **Caracterização geoquímica e paleoambiente deposicional da sequência carbonato-pelítica superior do Membro Assistência, Formação Irati no Estado de São Paulo, Bacia do Paraná**. 203 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

NETO, J. R. **Evolução geotectônica da bacia do alto Tocantins, Goiás**. [S.l.]: São Paulo, 1983.

NUCCETELLI, C. In situ gamma spectroscopy in environmental research and monitoring. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 66, n. 11, p. 1615–1618, 2008.

OBED, R. I.; MUSTAPHA, A. O. Investigation of compton effect and its corrections in gamma-ray spectrometry. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, Elsevier, v. 11, n. 3, p. 223–231, 2018.

OLIVEIRA, A. *et al.* Provincia uranifera de lagoa real, bahia. In: **Principais depósitos minerais do Brasil**. [S.l.: s.n.], 1985. p. 105–120.

OLIVEIRA, W. H. d. A. Exposição a radônio em ambiente residencial e câncer de pulmão: revisão de literatura. 2013.

OLMOS, P. *et al.* Drift problems in the automatic analysis of gamma-ray spectra using associative memory algorithms. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, IEEE, v. 41, n. 3, p. 637–641, 1994.

ORTEC, B.; BROCHURES, E. Ortec®. **Retrieved May**, v. 29, p. 2012, 2012.

ORTEC, E. Experiments in nuclear science an34, laboratory manual. **Tennessee: EG&G ORTEC**, 1984.

PAIVA, C. T. d. Estudo da mobilidade e dispersão de ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra e ^{222}Rn e metais pesados no sistema solo-rocha do depósito de u-etr de são josé de espinharas (pb). Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

PATRICIO, M. L. V. Espectrometria gama de alta resolução aplicada na análise de radioatividade em águas devido os isótopos naturais de rádio. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2020.

PINTO, M. N. Residuais de aplainamentos na «chapada» dos veadeiros, goias. 1986.

POMMÉ, S. *et al.* A review of corrections for Deadtime and Pileup in Gamma-Ray Spectrometry. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 76, p. 1–11, 2013.

QI, S. *et al.* Comparison of machine learning approaches for radioisotope identification using nai (ti) gamma-ray spectrum. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 186, p. 110212, 2022.

REILLY, D. *et al.* **Passive nondestructive assay of nuclear materials**. [S.l.], 1991.

RITTERSDORF, I. Gamma ray spectroscopy. **Nuclear Engineering & Radiological Sciences**, p. 18–20, 2007.

ROUX, R. L.; BEZUIDENHOUT, J. An automated drift correction method for in situ nai (tl)-detectors used in extreme environments. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 181, p. 110069, 2022.

ROVERATTI, G.; BONOTTO, D. M. Comparative analysis of gamma ray spectrometers applied to irati formation, paraná basin, são paulo state, brazil. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 188, p. 110399, 2022.

SAMATOV, Z. K.; STAKHIN, A.; FOMINYKH, V. Stabilization of nuclear radiation spectra by the hardware and software correction. **Instruments and Experimental Techniques**, Springer, v. 50, p. 772–777, 2007.

SANTOS, L.; ANACLETO, R. Jazida de uranio de espinharas. In: **Principais depositos minerais do Brasil**. [S.l.: s.n.], 1985. p. 143–155.

SANTOS, R. F. *et al.* Análise de radiação gama em amostras do rio atibaia, campinas-sp. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 6, n. 2A, p. 1–9, 2018.

SCHAUER, D. A.; LINTON, O. W. Ncrp report no. 160, ionizing radiation exposure of the population of the united states, medical exposure—are we doing less with more, and is there a role for health physicists? **Health physics**, LWW, v. 97, n. 1, p. 1–5, 2009.

SELL, I. Utilização da regressão linear como ferramenta de decisão na gestão de custos. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. [S.l.: s.n.], 2005.

SHYTI, M. **Calibration and performances of in-situ gamma ray spectrometer**. [S.l.]: Università degli Studi di Ferrara: Tese de Doutorado, 2013.

SILVA, A. A. R. d. **Radônio e filhos em residências da cidade de São Paulo**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2005.

SILVA, N. C. da. Laboratório virtual de física moderna: sistema para espectrometria gama. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 32, n. 2, p. 542–562, 2015.

SLATT, R. M. Important geological properties of unconventional resource shales. **Central European Journal of Geosciences**, v. 3, n. 4, p. 435–448, 2011.

SORDI, D. A. d. Atlas aerogeofísico: estado do rio de janeiro. CPRM, 2020. 978-85-7499-577-9, 2020.

SOUSA, F. R. F. R. d. O. e. Atlas aerogeofísico do estado do ceará. fortaleza. CPRM, 2021. 978-65-5664-134-8, 2021.

STEVENSON, W. J. *et al.* Estatística aplicada à administração. In: **Estatística aplicada a administração. Brasil : Harbra**. [S.l.: s.n.], 1986. p. 341.

STROBINO, E. d. F. Levantamento de perfis radiométricos nos sedimentos permianos da bacia do paraná no leste do estado de são paulo. **Revista Brasileira de Geofísica**, SciELO Brasil, v. 24, p. 144–144, 2006.

SURVEYING, A. G. R. S. Technical reports series no. 323. **International Atomic Energy Agency: Vienna, Austria**, 1991.

TORQUATO, J. R.; KAWASHITA, K. Geocronologia nuclear: capítulo i: Radioatividade e princípios físicos da geocronologia. **Revista de Geologia**, v. 3, p. 101–21, 1990.

UFRJ. Cronologia etimologia elementos químicos: Pólo de xistoquímica químico do petróleo biblioteca museu da química descomplicando a química. 2010. Disponível em: <<http://projetoeduc.cecierj.edu.br/eja/recurso-multimedia-professor/quimica/novaeja/mlu14/Cronologia-Etimologia-Elementos-Quimicos.pdf>>.

UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation s.l. : Anexo i. **United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation**, United Nations New York, 2000.

VALENTINE, R. L.; STEARNS, S. W. Radon release from water distribution system deposits. **Environmental science & technology**, ACS Publications, v. 28, n. 3, p. 534–537, 1994.

VASCONCELLOS, R. M. d. *et al.* **Geofísica em levantamentos geológicos no Brasil**. [S.l.], 1994.

VASCONCELOS, D. C. Estudo da radioatividade natural em areias de praias do extremo sul da bahia utilizando métodos de análises nucleares. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

VILLA, M. B.; COSTA, A. M. da. Estudo da função resposta de um detector cintilador de nai (tl). **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 3, n. 1A, 2015.

VILLAÇA, J.; MOURA, L. O urânio e o ouro da formação moeda, minas gerais. In: **Principais depósitos minerais do Brasil**. [S.l.: s.n.], 1985. p. 177–187.

VLACH, S. R. F. A classe dos tectossilicatos: guia geral da teoria e exercício. **Geologia USP. Série Didática**, v. 1, p. 1–49, 2002.

WARD, S. H. Gamma-ray spectrometry in geologic mapping and uranium exploration. 1981.

WILFORD, J.; BIERWIRTH, P.; CRAIG, M. Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 201–216, 1997.

YOO, J.-R. *et al.* Effect of drift on gamma spectra of environmental samples and a method to minimize the error. **Journal of Environmental Radioactivity**, Elsevier, v. 71, n. 3, p. 259–267, 2004.

ZENG, G. *et al.* Frequency spectrum analysis for spectrum stabilization in airborne gamma-ray spectrometer. **Applied Radiation and Isotopes**, Elsevier, v. 85, p. 70–76, 2014.

ANEXOS

ANEXO A - Contagem total (GA) e cálculo da Intensidade de contagens (I) para os dados obtidos por Duarte (2002).

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
1	190528,00	8453418,00	20/09/2001	64,53	1408,23	33110 ± 182	9324 ± 97	4429 ± 67	0,36 ± 0,0020	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
2	191208,00	8454644,00	27/05/2001	55,31	1432,75	35291 ± 188	12320 ± 111	5572 ± 75	0,45 ± 0,0024	0,16 ± 0,0014	0,07 ± 0,0009
3	192454,00	8455639,00	09/08/2001	61,09	1476,10	32810 ± 181	10265 ± 101	5198 ± 72	0,36 ± 0,0020	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
4	190765,00	8466018,00	10/05/2001	67,39	1132,23	29830 ± 173	7667 ± 88	3566 ± 60	0,39 ± 0,0023	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
5	190645,00	8466057,00	02/10/2001	68,03	1428,05	39367 ± 198	11333 ± 106	4713 ± 69	0,41 ± 0,0020	0,12 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
7	194177,00	8455959,00	27/09/2001	67,88	1501,68	11362 ± 107	7497 ± 87	4137 ± 64	0,11 ± 0,0010	0,07 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
9	191057,00	8455348,00	02/09/2001	69,13	1428,60	36020 ± 190	9313 ± 97	4488 ± 67	0,36 ± 0,0019	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
10	190889,00	8455388,00	19/07/2001	62,35	1470,25	51903 ± 228	25536 ± 160	19059 ± 138	0,57 ± 0,0025	0,28 ± 0,0017	0,21 ± 0,0015
11	190702,00	8455564,00	09/05/2001	52,60	1057,02	31978 ± 179	9134 ± 96	4382 ± 66	0,58 ± 0,0032	0,16 ± 0,0017	0,08 ± 0,0012
12	187744,00	8458698,00	23/06/2001	61,57	1567,47	31852 ± 178	11401 ± 107	6082 ± 78	0,33 ± 0,0018	0,12 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
13	187710,00	8454726,00	24/01/2002	62,64	1408,02	35570 ± 189	11338 ± 106	5287 ± 73	0,40 ± 0,0021	0,13 ± 0,0012	0,06 ± 0,0008
14	181921,00	8456295,00	10/08/2001	67,60	1556,68	41146 ± 203	10494 ± 102	5450 ± 74	0,39 ± 0,0019	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
15	189003,00	8452068,00	15/06/2001	58,62	1466,69	29212 ± 171	10169 ± 101	5425 ± 74	0,34 ± 0,0020	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
16	187219,00	8450256,00	03/08/2001	46,70	1717,21	13327 ± 115	8838 ± 94	4816 ± 69	0,17 ± 0,0014	0,11 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
17	187591,00	8450533,00	13/05/2001	66,20	1323,10	59324 ± 244	11061 ± 105	5846 ± 76	0,68 ± 0,0028	0,13 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
18	187954,00	8451223,00	13/06/2001	54,11	1559,08	53235 ± 231	12526 ± 112	6354 ± 80	0,63 ± 0,0027	0,15 ± 0,0013	0,08 ± 0,0009
19	188089,00	8451357,00	09/11/2001	65,65	1344,57	33128 ± 182	7514 ± 87	4629 ± 68	0,38 ± 0,0021	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0008
20	188040,00	8452070,00	29/08/2001	66,34	1371,42	10587 ± 103	7023 ± 84	3818 ± 62	0,12 ± 0,0011	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
21	187664,00	8452283,00	11/08/2001	52,49	1469,36	44908 ± 212	12988 ± 114	7443 ± 86	0,58 ± 0,0027	0,17 ± 0,0015	0,10 ± 0,0011
23	185733,00	8451367,00	03/10/2001	75,11	1506,52	11791 ± 109	7594 ± 87	4172 ± 65	0,10 ± 0,0010	0,07 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
24	185121,00	8451674,00	15/07/2001	70,88	1428,57	37471 ± 194	23823 ± 154	4298 ± 66	0,37 ± 0,0019	0,24 ± 0,0015	0,04 ± 0,0006
25	180829,00	8450052,00	12/08/2001	57,88	1283,47	47072 ± 217	14076 ± 119	6080 ± 78	0,63 ± 0,0029	0,19 ± 0,0016	0,08 ± 0,0010
27	180870,00	8451050,00	02/08/2001	71,85	1489,69	12147 ± 110	7662 ± 88	4113 ± 64	0,11 ± 0,0010	0,07 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
28	181130,00	8451070,00	11/11/2002	88,77	1471,43	12951 $\pm$ 114	8208 $\pm$ 91	4507 $\pm$ 67	0,10 $\pm$ 0,0009	0,06 $\pm$ 0,0007	0,03 $\pm$ 0,0005
29	181352,00	8451527,00	21/07/2001	65,11	1505,30	59253 $\pm$ 243	11893 $\pm$ 109	6388 $\pm$ 80	0,60 $\pm$ 0,0025	0,12 $\pm$ 0,0011	0,07 $\pm$ 0,0008
31	183339,00	8451452,00	31/01/2002	62,94	1432,18	31032 $\pm$ 176	12745 $\pm$ 113	4039 $\pm$ 64	0,34 $\pm$ 0,0020	0,14 $\pm$ 0,0013	0,04 $\pm$ 0,0007
32	183276,00	8451753,00	10/09/2001	69,51	1433,96	28041 $\pm$ 167	10689 $\pm$ 103	5172 $\pm$ 72	0,28 $\pm$ 0,0017	0,11 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
33	183434,00	8451498,00	06/08/2001	66,40	1509,71	39358 $\pm$ 198	10785 $\pm$ 104	5405 $\pm$ 74	0,39 $\pm$ 0,0020	0,11 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
34	183600,00	8451556,00	22/05/2001	52,65	1895,49	22011 $\pm$ 148	11015 $\pm$ 105	5967 $\pm$ 77	0,22 $\pm$ 0,0015	0,11 $\pm$ 0,0011	0,06 $\pm$ 0,0008
35	184836,00	8452595,00	08/08/2001	62,86	1405,37	25520 $\pm$ 160	10270 $\pm$ 101	4057 $\pm$ 64	0,29 $\pm$ 0,0018	0,12 $\pm$ 0,0011	0,05 $\pm$ 0,0007
37	184812,00	8452854,00	12/07/2001	50,58	1455,90	34200 $\pm$ 185	14520 $\pm$ 120	6269 $\pm$ 79	0,46 $\pm$ 0,0025	0,20 $\pm$ 0,0016	0,09 $\pm$ 0,0011
38	184500,00	8452601,00	25/01/2002	71,57	1388,51	30571 $\pm$ 175	8457 $\pm$ 92	4185 $\pm$ 65	0,31 $\pm$ 0,0018	0,09 $\pm$ 0,0009	0,04 $\pm$ 0,0007
39	185002,00	8452009,00	23/08/2001	73,59	1486,08	13275 $\pm$ 115	7846 $\pm$ 89	4148 $\pm$ 64	0,12 $\pm$ 0,0011	0,07 $\pm$ 0,0008	0,04 $\pm$ 0,0006
40	184794,00	8452133,00	10/11/2001	60,07	1352,66	36800 $\pm$ 192	12234 $\pm$ 111	4784 $\pm$ 69	0,45 $\pm$ 0,0024	0,15 $\pm$ 0,0014	0,06 $\pm$ 0,0009
41	185035,00	8451693,00	06/12/2002	65,85	1476,43	31385 $\pm$ 177	8766 $\pm$ 94	4176 $\pm$ 65	0,32 $\pm$ 0,0018	0,09 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0007
42	193808,00	8466748,00	19/08/2001	68,52	1427,55	38784 $\pm$ 197	9272 $\pm$ 96	4739 $\pm$ 69	0,40 $\pm$ 0,0020	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
43	193582,00	8466799,00	10/12/2002	75,67	1523,88	12521 $\pm$ 112	7180 $\pm$ 85	4193 $\pm$ 65	0,11 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0007	0,04 $\pm$ 0,0006
44	193338,00	8466837,00	06/06/2001	63,15	1416,48	39452 $\pm$ 199	11693 $\pm$ 108	4820 $\pm$ 69	0,44 $\pm$ 0,0022	0,13 $\pm$ 0,0012	0,05 $\pm$ 0,0008
45	193044,00	8466968,00	03/02/2002	62,50	2427,47	66107 $\pm$ 257	14980 $\pm$ 122	6952 $\pm$ 83	0,44 $\pm$ 0,0017	0,10 $\pm$ 0,0008	0,05 $\pm$ 0,0005
46	192801,00	8467132,00	18/08/2001	66,75	1555,63	40378 $\pm$ 201	9492 $\pm$ 97	4717 $\pm$ 69	0,39 $\pm$ 0,0019	0,09 $\pm$ 0,0009	0,05 $\pm$ 0,0007
47	192751,00	8467141,00	29/01/2002	72,26	1472,78	36985 $\pm$ 192	10689 $\pm$ 103	4225 $\pm$ 65	0,35 $\pm$ 0,0018	0,10 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0006
48	192660,00	8467309,00	22/10/2001	64,40	1571,61	51725 $\pm$ 227	10929 $\pm$ 105	4880 $\pm$ 70	0,51 $\pm$ 0,0022	0,11 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
49	191659,00	8468323,00	13/08/2001	68,85	1367,67	31176 $\pm$ 177	9099 $\pm$ 95	4134 $\pm$ 64	0,33 $\pm$ 0,0019	0,10 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0007
50	190675,00	8468449,00	12/09/2001	67,45	1429,21	33477 $\pm$ 183	8626 $\pm$ 93	4325 $\pm$ 66	0,35 $\pm$ 0,0019	0,09 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0007
51	190836,00	8465982,00	08/05/2001	57,32	1758,88	27149 $\pm$ 165	10136 $\pm$ 101	5554 $\pm$ 75	0,27 $\pm$ 0,0016	0,10 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0007
52	190922,00	8465930,00	20/05/2001	58,82	1323,35	27961 $\pm$ 167	7944 $\pm$ 89	4106 $\pm$ 64	0,36 $\pm$ 0,0021	0,10 $\pm$ 0,0011	0,05 $\pm$ 0,0008
53	190976,00	8465911,00	06/01/2002	67,16	2753,82	71934 $\pm$ 268	19935 $\pm$ 141	8325 $\pm$ 91	0,39 $\pm$ 0,0015	0,11 $\pm$ 0,0008	0,05 $\pm$ 0,0005

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
54	191179,00	8465961,00	09/12/2002	71,88	1218,57	9887 ± 99	6592 ± 81	3287 ± 57	0,11 ± 0,0011	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
56	191861,00	8465415,00	07/06/2001	51,18	1457,60	41398 ± 203	11057 ± 105	5200 ± 72	0,55 ± 0,0027	0,15 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
57	191701,00	8464865,00	05/11/2001	72,70	1375,98	29277 ± 171	8528 ± 92	4324 ± 66	0,29 ± 0,0017	0,09 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
59	191709,00	8464384,00	07/09/2001	73,38	972,55	29081 ± 171	7850 ± 89	3312 ± 58	0,41 ± 0,0024	0,11 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
60	191666,00	8464297,00	15/12/2002	67,99	1455,72	55163 ± 235	22411 ± 150	5365 ± 73	0,56 ± 0,0024	0,23 ± 0,0015	0,05 ± 0,0007
61	191662,00	8464124,00	17/07/2001	60,36	1383,26	53231 ± 231	9938 ± 100	5737 ± 76	0,64 ± 0,0028	0,12 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
62	191826,00	8463601,00	24/07/2001	61,93	1292,03	35428 ± 188	11581 ± 108	5261 ± 73	0,44 ± 0,0024	0,14 ± 0,0013	0,07 ± 0,0009
63	192055,00	8463619,00	12/12/2002	63,11	1472,65	11868 ± 109	7069 ± 84	4066 ± 64	0,13 ± 0,0012	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
64	191954,00	8463124,00	16/08/2001	64,36	1335,51	32383 ± 180	9100 ± 95	4898 ± 70	0,38 ± 0,0021	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
65	193843,00	8463773,00	29/06/2001	66,49	1444,70	40697 ± 202	9194 ± 96	4405 ± 66	0,42 ± 0,0021	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
66	192797,00	8462676,00	10/01/2002	64,42	1361,22	28111 ± 168	7434 ± 86	3606 ± 60	0,32 ± 0,0019	0,08 ± 0,0010	0,04 ± 0,0007
67	192297,00	8462505,00	04/07/2001	73,09	1454,73	35044 ± 187	8826 ± 94	4462 ± 67	0,33 ± 0,0018	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
68	193583,00	8460113,00	24/06/2001	52,10	1468,47	38578 ± 196	12087 ± 110	6219 ± 79	0,50 ± 0,0026	0,16 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
70	191653,00	8464077,00	15/05/2001	58,23	1315,66	37680 ± 194	12245 ± 111	6375 ± 80	0,49 ± 0,0025	0,16 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
72	191996,00	8462990,00	05/08/2001	79,94	1474,39	11624 ± 108	7641 ± 87	4117 ± 64	0,10 ± 0,0009	0,06 ± 0,0007	0,03 ± 0,0005
73	193676,00	8455279,00	29/05/2001	51,89	1386,56	32532 ± 180	8941 ± 95	5204 ± 72	0,45 ± 0,0025	0,12 ± 0,0013	0,07 ± 0,0010
74	192440,00	8455637,00	15/01/2002	59,60	1409,55	35497 ± 188	9637 ± 98	4615 ± 68	0,42 ± 0,0022	0,11 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
75	190669,00	8455592,00	07/12/2002	68,66	1391,03	11114 ± 105	6653 ± 82	3920 ± 63	0,12 ± 0,0011	0,07 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
76	191050,00	8455339,00	13/12/2002	62,20	1319,12	32164 ± 179	8843 ± 94	4024 ± 63	0,39 ± 0,0022	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
77	191365,00	8454882,00	11/12/2002	61,77	1462,88	35346 ± 188	11214 ± 106	4382 ± 66	0,39 ± 0,0021	0,12 ± 0,0012	0,05 ± 0,0007
79	190579,00	8453537,00	11/01/2002	68,14	1403,36	33260 ± 182	8461 ± 92	3960 ± 63	0,35 ± 0,0019	0,09 ± 0,0010	0,04 ± 0,0007
80	189490,00	8452294,00	12/05/2001	58,07	1506,34	32743 ± 181	8994 ± 95	4864 ± 70	0,37 ± 0,0021	0,10 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
82	184062,00	8463266,00	30/05/2001	63,73	1541,40	12684 ± 113	8516 ± 92	4572 ± 68	0,13 ± 0,0011	0,09 ± 0,0009	0,05 ± 0,0007
83	184304,00	8463039,00	28/01/2002	67,37	1396,49	10874 ± 104	6911 ± 83	3791 ± 62	0,12 ± 0,0011	0,07 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
85	186041,00	8460214,00	03/07/2001	58,30	1422,77	14010 ± 118	7574 ± 87	4117 ± 64	0,17 ± 0,0014	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0008
86	186073,00	8460318,00	27/01/2002	60,02	1670,34	16328 ± 128	7785 ± 88	4562 ± 68	0,16 ± 0,0013	0,08 ± 0,0009	0,05 ± 0,0007
87	185977,00	8460038,00	13/01/2002	77,66	1614,41	19216 ± 139	7663 ± 88	4403 ± 66	0,15 ± 0,0011	0,06 ± 0,0007	0,04 ± 0,0005
88	186018,00	8459537,00	22/05/2001	52,91	1952,90	44547 ± 211	16138 ± 127	7917 ± 89	0,43 ± 0,0020	0,16 ± 0,0012	0,08 ± 0,0009
90	183694,00	8468635,00	26/06/2001	61,38	1466,49	40249 ± 201	14826 ± 122	6377 ± 80	0,45 ± 0,0022	0,16 ± 0,0014	0,07 ± 0,0009
91	177956,00	8470322,00	21/08/2001	62,05	1424,52	26587 ± 163	10783 ± 104	4548 ± 67	0,30 ± 0,0018	0,12 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
92	175961,00	8472445,00	01/02/2002	60,19	1418,77	36920 ± 192	9429 ± 97	4659 ± 68	0,43 ± 0,0023	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
93	176075,00	8472656,00	13/10/2001	70,06	1543,55	36035 ± 190	12125 ± 110	5694 ± 75	0,33 ± 0,0018	0,11 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
94	174879,00	8474268,00	26/09/2001	59,65	1306,90	29666 ± 172	9121 ± 96	5220 ± 72	0,38 ± 0,0022	0,12 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
95	176884,00	8474230,00	26/10/2001	55,97	930,08	26550 ± 163	7315 ± 86	4029 ± 63	0,51 ± 0,0031	0,14 ± 0,0016	0,08 ± 0,0012
96	175895,00	8474099,00	24/08/2001	62,74	1369,36	34693 ± 186	9570 ± 98	4796 ± 69	0,40 ± 0,0022	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
97	175919,00	8474032,00	08/01/2002	68,72	1973,25	46299 ± 215	9568 ± 98	5386 ± 73	0,34 ± 0,0016	0,07 ± 0,0007	0,04 ± 0,0005
98	175938,00	8474014,00	17/12/2002	59,76	1529,22	28351 ± 168	8489 ± 92	4542 ± 67	0,31 ± 0,0018	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
99	175951,00	8473863,00	05/12/2002	70,44	1674,76	48438 ± 220	10979 ± 105	5772 ± 76	0,41 ± 0,0019	0,09 ± 0,0009	0,05 ± 0,0006
101	175902,00	8473770,00	17/08/2001	63,20	1438,79	24031 ± 155	9450 ± 97	5090 ± 71	0,26 ± 0,0017	0,10 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
102	175858,00	8473583,00	28/08/2001	56,49	1410,18	44813 ± 212	10691 ± 103	5508 ± 74	0,56 ± 0,0027	0,13 ± 0,0013	0,07 ± 0,0009
103	175777,00	8473326,00	12/10/2001	60,98	1326,99	33413 ± 183	8974 ± 95	4532 ± 67	0,41 ± 0,0023	0,11 ± 0,0012	0,06 ± 0,0008
104	175729,00	8472933,00	07/08/2001	69,50	1360,39	35678 ± 189	11314 ± 106	5322 ± 73	0,38 ± 0,0020	0,12 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
105	176116,00	8472665,00	20/12/2002	50,71	2928,18	75679 ± 275	25192 ± 159	9774 ± 99	0,51 ± 0,0019	0,17 ± 0,0011	0,07 ± 0,0007
106	176266,00	8472591,00	05/01/2002	67,68	1469,33	29939 ± 173	14260 ± 119	4446 ± 67	0,30 ± 0,0017	0,14 ± 0,0012	0,04 ± 0,0007
107	175839,00	8472480,00	25/11/2002	63,94	1456,26	35313 ± 188	7941 ± 89	4120 ± 64	0,38 ± 0,0020	0,09 ± 0,0010	0,04 ± 0,0007
108	175974,00	8472437,00	01/08/2001	71,80	1399,44	30896 ± 176	9800 ± 99	5620 ± 75	0,31 ± 0,0017	0,10 ± 0,0010	0,06 ± 0,0007
109	176400,00	8472318,00	14/12/2002	62,72	1493,16	33508 ± 183	7912 ± 89	4157 ± 64	0,36 ± 0,0020	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
110	176453,00	8472238,00	22/08/2001	63,05	1359,69	32559 ± 180	9806 ± 99	5004 ± 71	0,38 ± 0,0021	0,11 ± 0,0012	0,06 ± 0,0008

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
111	176738,00	8472109,00	03/01/2002	62,40	2477,04	62997 $\pm$ 251	17140 $\pm$ 131	8697 $\pm$ 93	0,41 $\pm$ 0,0016	0,11 $\pm$ 0,0008	0,06 $\pm$ 0,0006
112	176880,00	8472067,00	19/10/2001	66,15	1567,19	37976 $\pm$ 195	8863 $\pm$ 94	4678 $\pm$ 68	0,37 $\pm$ 0,0019	0,09 $\pm$ 0,0009	0,05 $\pm$ 0,0007
113	177663,00	8471276,00	23/07/2001	55,83	1504,26	51682 $\pm$ 227	15388 $\pm$ 124	6406 $\pm$ 80	0,62 $\pm$ 0,0027	0,18 $\pm$ 0,0015	0,08 $\pm$ 0,0010
115	179445,00	8470456,00	02/06/2001	51,21	1288,43	31821 $\pm$ 178	9105 $\pm$ 95	4648 $\pm$ 68	0,48 $\pm$ 0,0027	0,14 $\pm$ 0,0014	0,07 $\pm$ 0,0010
116	179765,00	8470135,00	10/10/2001	59,66	1411,16	35914 $\pm$ 190	14030 $\pm$ 118	4371 $\pm$ 66	0,43 $\pm$ 0,0023	0,17 $\pm$ 0,0014	0,05 $\pm$ 0,0008
117	184401,00	8469038,00	25/05/2001	59,28	1392,94	25715 $\pm$ 160	9669 $\pm$ 98	4846 $\pm$ 70	0,31 $\pm$ 0,0019	0,12 $\pm$ 0,0012	0,06 $\pm$ 0,0008
118	173904,00	8471486,00	11/09/2001	71,40	1414,62	34083 $\pm$ 185	8933 $\pm$ 95	4731 $\pm$ 69	0,34 $\pm$ 0,0018	0,09 $\pm$ 0,0009	0,05 $\pm$ 0,0007
119	174323,00	8471604,00	19/11/2002	66,12	1260,57	34250 $\pm$ 185	12317 $\pm$ 111	4184 $\pm$ 65	0,41 $\pm$ 0,0022	0,15 $\pm$ 0,0013	0,05 $\pm$ 0,0008
120	174323,00	8471284,00	22/07/2001	59,27	1352,89	23790 $\pm$ 154	8069 $\pm$ 90	3894 $\pm$ 62	0,30 $\pm$ 0,0019	0,10 $\pm$ 0,0011	0,05 $\pm$ 0,0008
121	174521,00	8471158,00	24/10/2001	75,75	1304,25	16510 $\pm$ 128	8272 $\pm$ 91	3622 $\pm$ 60	0,17 $\pm$ 0,0013	0,08 $\pm$ 0,0009	0,04 $\pm$ 0,0006
122	175112,00	8471180,00	01/09/2001	60,49	1326,04	10873 $\pm$ 104	6954 $\pm$ 83	3755 $\pm$ 61	0,14 $\pm$ 0,0013	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0008
123	192220,00	8466553,00	31/10/2001	65,07	1466,00	45281 $\pm$ 213	15536 $\pm$ 125	5504 $\pm$ 74	0,47 $\pm$ 0,0022	0,16 $\pm$ 0,0013	0,06 $\pm$ 0,0008
124	192619,00	8466657,00	04/01/2002	68,94	1528,17	43282 $\pm$ 208	11350 $\pm$ 107	4719 $\pm$ 69	0,41 $\pm$ 0,0020	0,11 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0007
125	192007,00	8467931,00	16/10/2001	64,20	1415,13	38623 $\pm$ 197	11315 $\pm$ 106	5325 $\pm$ 73	0,43 $\pm$ 0,0022	0,12 $\pm$ 0,0012	0,06 $\pm$ 0,0008
126	192368,00	8468837,00	15/08/2001	68,60	1478,49	37173 $\pm$ 193	10343 $\pm$ 102	4805 $\pm$ 69	0,37 $\pm$ 0,0019	0,10 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
127	192419,00	8469382,00	30/07/2001	77,74	1638,59	13616 $\pm$ 117	8536 $\pm$ 92	4663 $\pm$ 68	0,11 $\pm$ 0,0009	0,07 $\pm$ 0,0007	0,04 $\pm$ 0,0005
128	191823,00	8470669,00	19/06/2001	54,23	1327,87	28265 $\pm$ 168	7600 $\pm$ 87	4099 $\pm$ 64	0,39 $\pm$ 0,0023	0,11 $\pm$ 0,0012	0,06 $\pm$ 0,0009
129	191907,00	8471586,00	25/10/2001	62,78	1580,58	37096 $\pm$ 193	9551 $\pm$ 98	4707 $\pm$ 69	0,37 $\pm$ 0,0019	0,10 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
130	191953,00	8472637,00	12/11/2002	72,67	1441,54	46239 $\pm$ 215	9251 $\pm$ 96	4372 $\pm$ 66	0,44 $\pm$ 0,0021	0,09 $\pm$ 0,0009	0,04 $\pm$ 0,0006
131	191974,00	8472878,00	22/09/2001	66,09	1471,57	43934 $\pm$ 210	12105 $\pm$ 110	5617 $\pm$ 75	0,45 $\pm$ 0,0022	0,12 $\pm$ 0,0011	0,06 $\pm$ 0,0008
132	175393,00	8454914,00	05/09/2001	61,75	1332,93	41282 $\pm$ 203	18020 $\pm$ 134	4152 $\pm$ 64	0,50 $\pm$ 0,0025	0,22 $\pm$ 0,0016	0,05 $\pm$ 0,0008
134	173892,00	8467135,00	25/06/2001	63,43	1409,60	31642 $\pm$ 178	8541 $\pm$ 92	4504 $\pm$ 67	0,35 $\pm$ 0,0020	0,10 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0008
135	171650,00	8467077,00	29/09/2001	63,63	1554,68	33679 $\pm$ 184	10408 $\pm$ 102	5566 $\pm$ 75	0,34 $\pm$ 0,0019	0,11 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0008
136	170525,00	8466982,00	03/06/2001	60,62	1406,95	15758 $\pm$ 126	7950 $\pm$ 89	4328 $\pm$ 66	0,18 $\pm$ 0,0015	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0008

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
137	170913,00	8466169,00	18/06/2001	54,88	1216,07	28315 ± 168	8560 ± 93	4574 ± 68	0,42 ± 0,0025	0,13 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
138	170676,00	8465830,00	30/09/2001	69,16	1248,74	31712 ± 178	7517 ± 87	3956 ± 63	0,37 ± 0,0021	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
139	170564,00	8465457,00	20/08/2001	60,16	1313,99	25985 ± 161	7236 ± 85	3793 ± 62	0,33 ± 0,0020	0,09 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
140	170539,00	8462240,00	27/06/2001	75,74	1414,51	21246 ± 146	8496 ± 92	4495 ± 67	0,20 ± 0,0014	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
141	170193,00	8461877,00	18/10/2001	63,82	1292,58	29050 ± 170	8920 ± 94	4478 ± 67	0,35 ± 0,0021	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
142	179129,00	8465004,00	05/10/2001	63,08	1428,09	33777 ± 184	8457 ± 92	4075 ± 64	0,37 ± 0,0020	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
143	179031,00	8464010,00	08/07/2001	64,29	1202,09	33375 ± 183	9310 ± 96	4192 ± 65	0,43 ± 0,0024	0,12 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
144	178154,00	8463859,00	15/09/2001	67,39	1334,09	46913 ± 217	16993 ± 130	9420 ± 97	0,52 ± 0,0024	0,19 ± 0,0014	0,10 ± 0,0011
145	177807,00	8463773,00	17/10/2001	61,47	1451,97	36771 ± 192	10438 ± 102	5077 ± 71	0,41 ± 0,0021	0,12 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
146	177421,00	8463582,00	27/08/2001	63,18	1407,66	42702 ± 207	14643 ± 121	6633 ± 81	0,48 ± 0,0023	0,16 ± 0,0014	0,07 ± 0,0009
147	177270,00	8463359,00	27/10/2001	61,88	1406,57	42213 ± 205	14063 ± 119	5501 ± 74	0,48 ± 0,0024	0,16 ± 0,0014	0,06 ± 0,0009
148	176378,00	8462801,00	21/09/2001	71,51	1369,22	36616 ± 191	11350 ± 107	4426 ± 67	0,37 ± 0,0020	0,12 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
149	175372,00	8460949,00	05/06/2001	64,65	1349,21	30782 ± 175	10710 ± 103	5372 ± 73	0,35 ± 0,0020	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0008
150	176765,00	8459428,00	16/06/2001	54,76	1492,38	30434 ± 174	10273 ± 101	5358 ± 73	0,37 ± 0,0021	0,13 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
151	178162,00	8459060,00	05/07/2001	63,71	1469,36	24048 ± 155	9049 ± 95	4918 ± 70	0,26 ± 0,0017	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
152	177979,00	8458765,00	14/07/2001	49,66	1456,37	25400 ± 159	9928 ± 100	5480 ± 74	0,35 ± 0,0022	0,14 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
153	176097,00	8459112,00	06/11/2001	52,83	1485,52	23761 ± 154	9907 ± 100	4719 ± 69	0,30 ± 0,0020	0,13 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
155	175819,00	8458982,00	26/07/2001	54,85	1518,18	41265 ± 203	10413 ± 102	5653 ± 75	0,50 ± 0,0024	0,13 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
156	174318,00	8458856,00	14/09/2001	57,09	1497,73	42200 ± 205	10479 ± 102	5488 ± 74	0,49 ± 0,0024	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
157	174026,00	8458634,00	16/05/2001	52,31	1544,93	29121 ± 171	9925 ± 100	5506 ± 74	0,36 ± 0,0021	0,12 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
158	173201,00	8458514,00	02/02/2002	59,73	1697,57	49114 ± 222	16536 ± 129	5061 ± 71	0,48 ± 0,0022	0,16 ± 0,0013	0,05 ± 0,0007
159	173201,00	8458514,00	24/05/2001	56,62	1469,01	31069 ± 176	8468 ± 92	4398 ± 66	0,37 ± 0,0021	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
160	172436,00	8455741,00	08/06/2001	55,32	1426,19	16754 ± 129	7873 ± 89	4281 ± 65	0,21 ± 0,0016	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
161	170226,00	8455172,00	17/06/2001	54,80	1564,44	34072 ± 185	11255 ± 106	6055 ± 78	0,40 ± 0,0022	0,13 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
162	176788,00	8455249,00	20/07/2001	53,17	1188,57	30475 ± 175	8430 ± 92	4567 ± 68	0,48 ± 0,0028	0,13 ± 0,0015	0,07 ± 0,0011
163	180109,00	8457114,00	23/10/2001	71,14	1502,54	17087 ± 131	7646 ± 87	4159 ± 64	0,16 ± 0,0012	0,07 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
164	179734,00	8457148,00	20/06/2001	50,76	1497,46	32238 ± 180	12767 ± 113	5466 ± 74	0,42 ± 0,0024	0,17 ± 0,0015	0,07 ± 0,0010
165	179235,00	8456822,00	15/11/2002	55,44	1312,70	37144 ± 193	9617 ± 98	4372 ± 66	0,51 ± 0,0026	0,13 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
166	179173,00	8458990,00	30/10/2001	69,24	1387,96	23128 ± 152	7794 ± 88	3887 ± 62	0,24 ± 0,0016	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
167	179167,00	8458924,00	13/11/2002	53,11	1481,32	26935 ± 164	9098 ± 95	4618 ± 68	0,34 ± 0,0021	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
168	179226,00	8458617,00	01/07/2001	71,79	1538,12	31639 ± 178	9551 ± 98	5012 ± 71	0,29 ± 0,0016	0,09 ± 0,0009	0,05 ± 0,0006
170	179028,00	8457422,00	01/09/2001	65,90	1522,20	32038 ± 179	12889 ± 114	5965 ± 77	0,32 ± 0,0018	0,13 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
171	178942,00	8457268,00	16/11/2002	55,32	1517,51	53626 ± 232	17500 ± 132	6105 ± 78	0,64 ± 0,0028	0,21 ± 0,0016	0,07 ± 0,0009
172	178827,00	8456883,00	29/10/2001	54,56	1479,74	34337 ± 185	11797 ± 109	5152 ± 72	0,43 ± 0,0023	0,15 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
173	178251,00	8456940,00	09/01/2002	62,82	1361,26	29184 ± 171	9620 ± 98	4521 ± 67	0,34 ± 0,0020	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
174	178257,00	8456862,00	07/02/2002	64,67	1475,83	28655 ± 169	7223 ± 85	3934 ± 63	0,30 ± 0,0018	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
175	178351,00	8456895,00	20/10/2001	66,85	1313,90	21289 ± 146	8335 ± 91	4212 ± 65	0,24 ± 0,0017	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
176	178566,00	8456524,00	14/11/2002	71,39	1399,50	20841 ± 144	8591 ± 93	4290 ± 65	0,21 ± 0,0014	0,09 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
177	178555,00	8456177,00	20/07/2001	58,59	1364,35	37705 ± 194	12582 ± 112	6369 ± 80	0,47 ± 0,0024	0,16 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
178	179730,00	8456042,00	21/10/2001	48,22	1397,46	40805 ± 202	13133 ± 115	6958 ± 83	0,61 ± 0,0030	0,19 ± 0,0017	0,10 ± 0,0012
179	180008,00	8455718,00	13/07/2001	55,02	1403,19	31811 ± 178	10252 ± 101	5257 ± 73	0,41 ± 0,0023	0,13 ± 0,0013	0,07 ± 0,0009
180	179907,00	8455963,00	17/11/2002	52,87	1381,64	29470 ± 172	8763 ± 94	4554 ± 67	0,40 ± 0,0024	0,12 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
181	180621,00	8455196,00	30/01/2002	52,76	1562,61	43658 ± 209	10778 ± 104	5233 ± 72	0,53 ± 0,0025	0,13 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
182	180814,00	8455198,00	02/07/2001	67,15	1216,93	30274 ± 174	14710 ± 121	10282 ± 101	0,37 ± 0,0021	0,18 ± 0,0015	0,13 ± 0,0012
183	181022,00	8455157,00	23/11/2002	57,61	1239,61	44951 ± 212	10465 ± 102	5273 ± 73	0,63 ± 0,0030	0,15 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
184	181101,00	8455117,00	07/05/2001	56,81	1865,98	35920 ± 190	11954 ± 109	6094 ± 78	0,34 ± 0,0018	0,11 ± 0,0010	0,06 ± 0,0007
185	182567,00	8454250,00	26/05/2001	50,67	1625,41	35043 ± 187	12494 ± 112	6145 ± 78	0,43 ± 0,0023	0,15 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
186	183239,00	8453192,00	06/07/2001	65,72	1326,26	23552 ± 153	8534 ± 92	4901 ± 70	0,27 ± 0,0018	0,10 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
187	169138,00	8459677,00	04/10/2001	77,56	1566,80	26517 ± 163	9303 ± 96	4679 ± 68	0,22 ± 0,0013	0,08 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
188	169012,00	8458681,00	09/07/2001	56,13	1328,55	34054 ± 185	10402 ± 102	5184 ± 72	0,46 ± 0,0025	0,14 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
189	169171,00	8458392,00	14/06/2001	54,15	1432,94	28358 ± 168	8192 ± 91	4161 ± 65	0,37 ± 0,0022	0,11 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
191	169098,00	8457515,00	11/10/2001	64,64	1563,80	27204 ± 165	11469 ± 107	5362 ± 73	0,27 ± 0,0016	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
192	169215,00	8457055,00	19/09/2001	57,59	1165,31	31919 ± 179	9556 ± 98	5104 ± 71	0,48 ± 0,0027	0,14 ± 0,0015	0,08 ± 0,0011
193	169351,00	8456627,00	18/11/2002	67,71	1655,95	18059 ± 134	8411 ± 92	4546 ± 67	0,16 ± 0,0012	0,08 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
194	169473,00	8456105,00	30/08/2001	68,06	1619,28	19995 ± 141	8462 ± 92	4603 ± 68	0,18 ± 0,0013	0,08 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
195	168901,00	8454045,00	04/09/2001	65,66	1599,85	27081 ± 165	10538 ± 103	5356 ± 73	0,26 ± 0,0016	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
196	167438,00	8450958,00	11/07/2001	64,59	1398,13	13886 ± 118	7289 ± 85	4013 ± 63	0,15 ± 0,0013	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
197	167898,30	8450369,00	10/04/1997	74,63	3056,10	21337 ± 146	11489 ± 107	4089 ± 64	0,09 ± 0,0006	0,05 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
198	167948,10	8451017,10	02/09/1996	79,35	1417,74	23466 ± 153	10230 ± 101	2895 ± 54	0,21 ± 0,0014	0,09 ± 0,0009	0,03 ± 0,0005
199	168050,60	8451184,10	16/07/1996	79,95	1532,97	43206 ± 208	22957 ± 152	11460 ± 107	0,35 ± 0,0017	0,19 ± 0,0012	0,09 ± 0,0009
200	167928,90	8453373,70	08/07/1996	78,78	2603,30	31589 ± 178	17143 ± 131	5479 ± 74	0,15 ± 0,0009	0,08 ± 0,0006	0,03 ± 0,0004
201	169002,10	8453061,70	19/09/1996	96,52	1481,98	19565 ± 140	7612 ± 87	2822 ± 53	0,14 ± 0,0010	0,05 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
202	168757,30	8454180,70	26/06/1996	61,65	1042,90	18977 ± 138	8825 ± 94	3664 ± 61	0,30 ± 0,0021	0,14 ± 0,0015	0,06 ± 0,0009
203	169762,20	8460398,90	17/03/1997	62,44	1872,57	22883 ± 151	8759 ± 94	3310 ± 58	0,20 ± 0,0013	0,07 ± 0,0008	0,03 ± 0,0005
204	168162,10	8460923,00	05/04/1997	59,01	2810,96	37105 ± 193	14735 ± 121	4381 ± 66	0,22 ± 0,0012	0,09 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
205	169963,20	8465177,80	24/07/1996	58,41	3253,92	39443 ± 199	20398 ± 143	5819 ± 76	0,21 ± 0,0010	0,11 ± 0,0008	0,03 ± 0,0004
206	168204,00	8474030,60	01/03/1997	65,96	2237,99	30903 ± 176	12095 ± 110	4415 ± 66	0,21 ± 0,0012	0,08 ± 0,0007	0,03 ± 0,0005
207	171696,70	8470123,00	27/09/1996	75,01	1803,53	22455 ± 150	7873 ± 89	2830 ± 53	0,17 ± 0,0011	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
208	172497,80	8470340,60	04/09/1996	87,64	2773,73	41367 ± 203	17207 ± 131	5094 ± 71	0,17 ± 0,0008	0,07 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
209	173988,60	8470611,20	08/02/1997	65,54	3037,70	45014 ± 212	17624 ± 133	5371 ± 73	0,23 ± 0,0011	0,09 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
210	174051,90	8470638,00	24/03/1997	58,60	1667,62	23504 ± 153	7892 ± 89	2933 ± 54	0,24 ± 0,0016	0,08 ± 0,0009	0,03 ± 0,0006
211	174176,10	8470634,60	08/09/1996	75,06	2752,80	32322 ± 180	17412 ± 132	4771 ± 69	0,16 ± 0,0009	0,08 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
212	171107,60	8466018,80	06/05/1997	61,36	2842,19	30357 ± 174	12297 ± 111	3894 ± 62	0,17 ± 0,0010	0,07 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
213	171126,40	8465972,30	07/04/1997	72,21	2926,98	46948 ± 217	12222 ± 111	4306 ± 66	0,22 ± 0,0010	0,06 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
214	173099,30	8467472,50	26/03/1997	82,16	1478,09	23257 ± 153	7023 ± 84	2447 ± 49	0,19 ± 0,0013	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
215	173657,70	8466702,20	15/09/1996	85,71	1415,10	25474 ± 160	7359 ± 86	2696 ± 52	0,21 ± 0,0013	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
216	170732,20	8462581,70	13/08/1996	77,17	1743,72	23090 ± 152	11159 ± 106	3145 ± 56	0,17 ± 0,0011	0,08 ± 0,0008	0,02 ± 0,0004
217	173739,90	8462141,70	18/03/1997	62,58	2380,00	31913 ± 179	11456 ± 107	4374 ± 66	0,21 ± 0,0012	0,08 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
218	173693,80	8462088,40	06/02/1997	59,56	3062,82	36135 ± 190	13045 ± 114	4637 ± 68	0,20 ± 0,0010	0,07 ± 0,0006	0,03 ± 0,0004
219	171117,10	8456093,50	20/08/1996	71,77	1636,84	30221 ± 174	14117 ± 119	3490 ± 59	0,26 ± 0,0015	0,12 ± 0,0010	0,03 ± 0,0005
220	171142,00	8456050,70	12/04/1997	65,74	2518,99	16309 ± 128	10133 ± 101	3431 ± 59	0,10 ± 0,0008	0,06 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
221	171516,50	8455760,80	13/02/1997	78,23	1924,33	15832 ± 126	7856 ± 89	2807 ± 53	0,11 ± 0,0008	0,05 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
222	173773,00	8456054,00	07/09/1996	65,43	1513,58	26979 ± 164	14092 ± 119	3615 ± 60	0,27 ± 0,0017	0,14 ± 0,0012	0,04 ± 0,0006
223	172536,20	8455349,40	24/09/1997	65,47	3855,06	28911 ± 170	14992 ± 122	5215 ± 72	0,11 ± 0,0007	0,06 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
224	174317,50	8454420,30	28/03/1997	63,19	1181,76	17457 ± 132	5715 ± 76	1748 ± 42	0,23 ± 0,0018	0,08 ± 0,0010	0,02 ± 0,0006
225	171475,60	8451560,30	14/04/1997	71,57	2569,32	27867 ± 167	11693 ± 108	4077 ± 64	0,15 ± 0,0009	0,06 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003
226	178180,30	8471643,90	26/09/1996	77,15	1321,60	34889 ± 187	12012 ± 110	4360 ± 66	0,34 ± 0,0018	0,12 ± 0,0011	0,04 ± 0,0006
227	174553,00	8470409,90	24/07/1996	68,85	1451,52	101616 ± 319	80611 ± 284	3858 ± 62	1,02 ± 0,0032	0,81 ± 0,0028	0,04 ± 0,0006
228	176337,90	8468381,70	21/08/1996	90,29	2417,64	23361 ± 153	14221 ± 119	4216 ± 65	0,11 ± 0,0007	0,07 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
229	174907,10	8467593,20	18/06/1996	66,53	1680,64	24722 ± 157	11700 ± 108	3419 ± 58	0,22 ± 0,0014	0,10 ± 0,0010	0,03 ± 0,0005
230	174458,50	8467338,20	27/02/1997	75,22	3313,59	42877 ± 207	14744 ± 121	4968 ± 70	0,17 ± 0,0008	0,06 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
231	176896,90	8465996,40	24/09/1996	87,68	2529,20	35134 ± 187	12026 ± 110	4064 ± 64	0,16 ± 0,0008	0,05 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
232	174972,20	8464464,30	20/03/1997	65,45	1964,26	31171 ± 177	11633 ± 108	3514 ± 59	0,24 ± 0,0014	0,09 ± 0,0008	0,03 ± 0,0005
233	174998,70	8463572,20	16/04/1997	63,94	2886,13	34714 ± 186	14580 ± 121	4289 ± 65	0,19 ± 0,0010	0,08 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
234	176537,10	8457857,80	31/03/1997	73,51	1846,80	17694 ± 133	8606 ± 93	2973 ± 55	0,13 ± 0,0010	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
235	175808,40	8456578,40	05/08/1996	78,47	2841,87	48807 ± 221	17563 ± 133	4994 ± 71	0,22 ± 0,0010	0,08 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
236	175845,70	8456534,80	01/07/1996	55,85	2986,27	44677 $\pm$ 211	19412 $\pm$ 139	5811 $\pm$ 76	0,27 $\pm$ 0,0013	0,12 $\pm$ 0,0008	0,03 $\pm$ 0,0005
237	176533,50	8452306,40	19/08/1996	94,12	1773,35	17732 $\pm$ 133	10277 $\pm$ 101	3028 $\pm$ 55	0,11 $\pm$ 0,0008	0,06 $\pm$ 0,0006	0,02 $\pm$ 0,0003
238	176143,60	8451000,90	31/01/1997	63,50	2931,99	40409 $\pm$ 201	16159 $\pm$ 127	6529 $\pm$ 81	0,22 $\pm$ 0,0011	0,09 $\pm$ 0,0007	0,04 $\pm$ 0,0004
239	176198,90	8451005,70	12/09/1996	63,80	1358,57	28183 $\pm$ 168	14930 $\pm$ 122	7272 $\pm$ 85	0,33 $\pm$ 0,0019	0,17 $\pm$ 0,0014	0,08 $\pm$ 0,0010
240	179344,70	8471896,20	10/02/1997	59,58	3025,99	47669 $\pm$ 218	15638 $\pm$ 125	4702 $\pm$ 69	0,26 $\pm$ 0,0012	0,09 $\pm$ 0,0007	0,03 $\pm$ 0,0004
241	181559,00	8470109,10	25/06/1996	90,05	1851,05	17609 $\pm$ 133	11648 $\pm$ 108	3710 $\pm$ 61	0,11 $\pm$ 0,0008	0,07 $\pm$ 0,0006	0,02 $\pm$ 0,0004
242	179631,50	8468358,40	19/02/1997	70,15	522,31	31868 $\pm$ 179	22801 $\pm$ 151	6522 $\pm$ 81	0,87 $\pm$ 0,0049	0,62 $\pm$ 0,0041	0,18 $\pm$ 0,0022
243	180961,60	8467250,80	19/07/1996	64,22	2817,78	47972 $\pm$ 219	21149 $\pm$ 145	5478 $\pm$ 74	0,27 $\pm$ 0,0012	0,12 $\pm$ 0,0008	0,03 $\pm$ 0,0004
244	180248,20	8466250,60	29/03/1997	62,63	2902,16	37953 $\pm$ 195	14037 $\pm$ 118	4679 $\pm$ 68	0,21 $\pm$ 0,0011	0,08 $\pm$ 0,0007	0,03 $\pm$ 0,0004
245	180631,90	8465618,80	25/02/1997	90,19	3029,36	22962 $\pm$ 152	12499 $\pm$ 112	4430 $\pm$ 67	0,08 $\pm$ 0,0006	0,05 $\pm$ 0,0004	0,02 $\pm$ 0,0002
246	180034,20	8459693,70	13/09/1996	70,76	3030,86	41707 $\pm$ 204	12780 $\pm$ 113	4691 $\pm$ 68	0,19 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0005	0,02 $\pm$ 0,0003
247	178379,60	8455077,60	03/03/1997	74,49	2865,13	22195 $\pm$ 149	11723 $\pm$ 108	4065 $\pm$ 64	0,10 $\pm$ 0,0007	0,05 $\pm$ 0,0005	0,02 $\pm$ 0,0003
248	180817,70	8453568,90	25/07/1996	89,89	5768,25	108054 $\pm$ 329	50622 $\pm$ 225	19805 $\pm$ 141	0,21 $\pm$ 0,0006	0,10 $\pm$ 0,0004	0,04 $\pm$ 0,0003
249	180895,20	8453543,70	17/09/1996	80,47	1841,23	22144 $\pm$ 149	8253 $\pm$ 91	3257 $\pm$ 57	0,15 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0006	0,02 $\pm$ 0,0004
250	182384,00	8471722,30	30/08/1996	72,69	3980,02	43057 $\pm$ 208	23476 $\pm$ 153	6842 $\pm$ 83	0,15 $\pm$ 0,0007	0,08 $\pm$ 0,0005	0,02 $\pm$ 0,0003
251	184381,50	8469134,20	06/03/1997	88,68	2996,72	23203 $\pm$ 152	11934 $\pm$ 109	4101 $\pm$ 64	0,09 $\pm$ 0,0006	0,04 $\pm$ 0,0004	0,02 $\pm$ 0,0002
252	185080,20	8468177,60	12/07/1996	71,68	4286,88	80510 $\pm$ 284	38609 $\pm$ 196	10338 $\pm$ 102	0,26 $\pm$ 0,0009	0,13 $\pm$ 0,0006	0,03 $\pm$ 0,0003
253	185086,40	8461487,20	25/02/1997	63,87	3029,36	22962 $\pm$ 152	12499 $\pm$ 112	4430 $\pm$ 67	0,12 $\pm$ 0,0008	0,06 $\pm$ 0,0006	0,02 $\pm$ 0,0003
254	185392,00	8459129,90	01/04/1997	77,41	2348,01	28684 $\pm$ 169	11126 $\pm$ 105	3570 $\pm$ 60	0,16 $\pm$ 0,0009	0,06 $\pm$ 0,0006	0,02 $\pm$ 0,0003
255	184164,80	8453375,10	25/08/1996	65,20	3246,76	38000 $\pm$ 195	21504 $\pm$ 147	6395 $\pm$ 80	0,18 $\pm$ 0,0009	0,10 $\pm$ 0,0007	0,03 $\pm$ 0,0004
256	186067,40	8450530,00	19/07/1996	76,13	2870,03	49385 $\pm$ 222	21995 $\pm$ 148	6441 $\pm$ 80	0,16 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0007	0,02 $\pm$ 0,0004
256	187959,90	8473903,00	03/04/1997	60,82	3210,23	35102 $\pm$ 187	13189 $\pm$ 115	4627 $\pm$ 68	0,25 $\pm$ 0,0010	0,11 $\pm$ 0,0006	0,03 $\pm$ 0,0003
258	186591,60	8472687,80	03/02/1997	61,15	3843,94	47415 $\pm$ 218	17659 $\pm$ 133	6482 $\pm$ 81	0,20 $\pm$ 0,0009	0,08 $\pm$ 0,0006	0,03 $\pm$ 0,0003
259	187841,90	8472552,80	09/04/1997	58,69	1867,81	13749 $\pm$ 117	7215 $\pm$ 85	2616 $\pm$ 51	0,13 $\pm$ 0,0011	0,07 $\pm$ 0,0008	0,02 $\pm$ 0,0005

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
260	188468,10	8472898,00	26/03/1997	77,74	2859,86	22053 $\pm$ 149	11480 $\pm$ 107	3989 $\pm$ 63	0,10 $\pm$ 0,0007	0,05 $\pm$ 0,0005	0,02 $\pm$ 0,0003
261	188103,80	8471522,60	21/02/1997	60,63	2749,64	40619 $\pm$ 202	17556 $\pm$ 132	4918 $\pm$ 70	0,24 $\pm$ 0,0012	0,11 $\pm$ 0,0008	0,03 $\pm$ 0,0004
262	188030,80	8469161,70	12/09/1996	71,68	1636,03	18529 $\pm$ 136	8166 $\pm$ 90	3076 $\pm$ 55	0,16 $\pm$ 0,0012	0,07 $\pm$ 0,0008	0,03 $\pm$ 0,0005
263	189389,60	8465956,60	27/08/1996	79,13	2512,10	39832 $\pm$ 200	16626 $\pm$ 129	4944 $\pm$ 70	0,20 $\pm$ 0,0010	0,08 $\pm$ 0,0006	0,02 $\pm$ 0,0004
264	187182,50	8458305,10	04/05/1997	58,81	2586,56	31554 $\pm$ 178	10912 $\pm$ 104	3753 $\pm$ 61	0,21 $\pm$ 0,0012	0,07 $\pm$ 0,0007	0,02 $\pm$ 0,0004
265	186344,60	8458252,70	03/09/1996	64,44	1583,36	25319 $\pm$ 159	10786 $\pm$ 104	3211 $\pm$ 57	0,25 $\pm$ 0,0016	0,11 $\pm$ 0,0010	0,03 $\pm$ 0,0006
266	187532,20	8450393,60	21/07/1996	74,37	3989,72	67261 $\pm$ 259	27279 $\pm$ 165	7818 $\pm$ 88	0,23 $\pm$ 0,0009	0,09 $\pm$ 0,0006	0,03 $\pm$ 0,0003
267	189609,30	8451346,60	31/07/1996	55,95	2732,71	43873 $\pm$ 209	18836 $\pm$ 137	5801 $\pm$ 76	0,29 $\pm$ 0,0014	0,12 $\pm$ 0,0009	0,04 $\pm$ 0,0005
268	189645,00	8474053,40	01/02/1997	65,77	3247,93	32541 $\pm$ 180	14968 $\pm$ 122	5708 $\pm$ 76	0,15 $\pm$ 0,0008	0,07 $\pm$ 0,0006	0,03 $\pm$ 0,0004
269	190030,50	8474270,50	10/03/1997	59,80	2771,79	30719 $\pm$ 175	12887 $\pm$ 114	4718 $\pm$ 69	0,19 $\pm$ 0,0011	0,08 $\pm$ 0,0007	0,03 $\pm$ 0,0004
270	190778,40	8466217,50	22/04/1997	63,90	2285,38	22916 $\pm$ 151	9218 $\pm$ 96	3007 $\pm$ 55	0,16 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0007	0,02 $\pm$ 0,0004
271	190813,10	8465910,20	19/09/1996	85,79	1937,93	25627 $\pm$ 160	8229 $\pm$ 91	3065 $\pm$ 55	0,15 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0005	0,02 $\pm$ 0,0003
272	191350,90	8457042,40	23/08/1996	84,67	2827,03	89671 $\pm$ 299	51888 $\pm$ 228	22866 $\pm$ 151	0,37 $\pm$ 0,0013	0,22 $\pm$ 0,0010	0,10 $\pm$ 0,0006
100 a	175920,00	8473850,00	18/12/2002	63,96	1294,83	17131 $\pm$ 131	6709 $\pm$ 82	3740 $\pm$ 61	0,21 $\pm$ 0,0016	0,08 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
100 b	175914,00	8473846,00	23/01/2002	58,81	1479,34	19074 $\pm$ 138	8165 $\pm$ 90	4206 $\pm$ 65	0,22 $\pm$ 0,0016	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
114a	178400,00	8470534,00	28/10/2001	60,97	1463,06	43175 $\pm$ 208	13746 $\pm$ 117	5257 $\pm$ 73	0,48 $\pm$ 0,0023	0,15 $\pm$ 0,0013	0,06 $\pm$ 0,0008
114b	178393,00	8470500,00	06/09/2001	66,01	1839,65	51959 $\pm$ 228	17051 $\pm$ 131	6288 $\pm$ 79	0,43 $\pm$ 0,0019	0,14 $\pm$ 0,0011	0,05 $\pm$ 0,0007
133a	174200,00	8465942,00	28/06/2001	63,69	1362,15	30801 $\pm$ 176	8279 $\pm$ 91	4059 $\pm$ 64	0,36 $\pm$ 0,0020	0,10 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
133b	174215,00	8465950,00	28/09/2001	61,13	1560,22	32908 $\pm$ 181	8280 $\pm$ 91	4470 $\pm$ 67	0,35 $\pm$ 0,0019	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
154a	175995,00	8458900,00	11/06/2001	51,70	1427,67	39811 $\pm$ 200	11609 $\pm$ 108	5986 $\pm$ 77	0,54 $\pm$ 0,0027	0,16 $\pm$ 0,0015	0,08 $\pm$ 0,0010
154b	175950,00	8459030,00	19/05/2001	49,41	1626,25	39478 $\pm$ 199	11118 $\pm$ 105	6478 $\pm$ 80	0,49 $\pm$ 0,0025	0,14 $\pm$ 0,0013	0,08 $\pm$ 0,0010
169a	179050,00	8457748,00	22/11/2002	58,62	1433,26	48263 $\pm$ 220	11222 $\pm$ 106	5726 $\pm$ 76	0,57 $\pm$ 0,0026	0,13 $\pm$ 0,0013	0,07 $\pm$ 0,0009
169b	179083,00	8457720,00	19/12/2002	56,61	1371,33	33794 $\pm$ 184	9126 $\pm$ 96	4468 $\pm$ 67	0,44 $\pm$ 0,0024	0,12 $\pm$ 0,0012	0,06 $\pm$ 0,0009
190a	169130,00	8457850,00	14/05/2001	48,71	1485,75	35210 $\pm$ 188	13371 $\pm$ 116	6457 $\pm$ 80	0,49 $\pm$ 0,0026	0,18 $\pm$ 0,0016	0,09 $\pm$ 0,0011

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
190b	169146,00	8457863,00	02/06/2001	55,29	1562,15	39836 ± 200	10165 ± 101	5435 ± 74	0,46 ± 0,0023	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
26a	181120,00	8450350,00	31/05/2001	73,75	1819,56	24017 ± 155	11575 ± 108	6246 ± 79	0,18 ± 0,0012	0,09 ± 0,0008	0,05 ± 0,0006
26b	181070,00	8450260,00	01/06/2001	48,88	897,69	23727 ± 154	8651 ± 93	4051 ± 64	0,54 ± 0,0035	0,20 ± 0,0021	0,09 ± 0,0015
30a	181515,00	8450464,00	18/09/2001	74,97	1529,42	46818 ± 216	15135 ± 123	7954 ± 89	0,41 ± 0,0019	0,13 ± 0,0011	0,07 ± 0,0008
30b	181507,00	8450455,00	01/10/2001	64,94	1426,00	33761 ± 184	10115 ± 101	5806 ± 76	0,36 ± 0,0020	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
36a	184766,00	8453030,00	25/09/2001	62,47	1483,84	26303 ± 162	14675 ± 121	5135 ± 72	0,28 ± 0,0017	0,16 ± 0,0013	0,06 ± 0,0008
36b	184790,00	8453019,00	09/02/2002	80,00	1413,11	10662 ± 103	6528 ± 81	3860 ± 62	0,09 ± 0,0009	0,06 ± 0,0007	0,03 ± 0,0005
55a	191852,00	8465444,00	25/07/2001	67,82	1502,84	46276 ± 215	15259 ± 124	5751 ± 76	0,45 ± 0,0021	0,15 ± 0,0012	0,06 ± 0,0007
55b	191839,00	8465466,00	04/06/2001	52,02	1377,24	16066 ± 127	12184 ± 110	5349 ± 73	0,22 ± 0,0018	0,17 ± 0,0015	0,07 ± 0,0010
58a	191834,00	8464860,00	14/08/2001	69,47	1241,06	33140 ± 182	6940 ± 83	3866 ± 62	0,38 ± 0,0021	0,08 ± 0,0010	0,04 ± 0,0007
58b	191840,00	8464852,00	16/01/2002	68,70	2949,75	76011 ± 276	16382 ± 128	8496 ± 92	0,38 ± 0,0014	0,08 ± 0,0006	0,04 ± 0,0005
69a	191635,00	8464458,00	16/12/2002	61,28	1452,81	33851 ± 184	9745 ± 99	4120 ± 64	0,38 ± 0,0021	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
69b	191630,00	8464420,00	17/05/2001	51,37	1527,26	34226 ± 185	12055 ± 110	5200 ± 72	0,44 ± 0,0024	0,15 ± 0,0014	0,07 ± 0,0009
71a	191906,00	8463350,00	30/06/2001	61,26	1440,87	18390 ± 136	9088 ± 95	4479 ± 67	0,21 ± 0,0015	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
71b	191916,00	8463355,00	26/08/2001	95,86	1390,95	22224 ± 149	10164 ± 101	5674 ± 75	0,17 ± 0,0011	0,08 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
71c	191926,00	8463360,00	28/05/2001	48,57	1386,15	32211 ± 179	9749 ± 99	5183 ± 72	0,48 ± 0,0027	0,14 ± 0,0015	0,08 ± 0,0011
71d	191936,00	8463365,00	07/11/2001	73,54	1460,03	20334 ± 143	8390 ± 92	4310 ± 66	0,19 ± 0,0013	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
78a	190700,00	8453683,00	17/09/2001	57,33	1258,87	42436 ± 206	9938 ± 100	4707 ± 69	0,59 ± 0,0029	0,14 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
78b	190711,00	8453687,00	14/10/2001	55,98	1411,18	47259 ± 217	12256 ± 111	4753 ± 69	0,60 ± 0,0028	0,16 ± 0,0014	0,06 ± 0,0009
81a	193690,00	8455256,00	15/10/2001	70,91	1444,93	37927 ± 195	10438 ± 102	5217 ± 72	0,37 ± 0,0019	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
81b	193674,00	8455220,00	24/09/2001	62,55	1444,05	35896 ± 189	9802 ± 99	5567 ± 75	0,40 ± 0,0021	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
84a	186100,00	8460466,80	18/05/2001	54,54	1536,66	38685 ± 197	12594 ± 112	6478 ± 80	0,46 ± 0,0023	0,15 ± 0,0013	0,08 ± 0,0010
84b	186091,00	8460480,00	25/08/2001	62,77	1616,60	43497 ± 209	9984 ± 100	5064 ± 71	0,43 ± 0,0021	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
8a	191510,00	8455086,00	16/07/2001	53,78	1412,37	36826 ± 192	10872 ± 104	6120 ± 78	0,48 ± 0,0025	0,14 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	$T \text{ (min)}$	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
8b	191505,00	8455100,00	23/09/2001	82,73	1453,08	19925 ± 141	13837 ± 118	5984 ± 77	0,17 ± 0,0012	0,12 ± 0,0010	0,05 ± 0,0006

ANEXO B - Dados da remoção da radiação de fundo e determinação da Intensidade de contagens (cpm/g).

Ano	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
1	10691,22 ± 92,66	6867,82 ± 74,27	3922,18 ± 56,12	22418,78 ± 204,20	2456,18 ± 121,82	506,82 ± 87,06	0,25 ± 0,0022	0,03 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
2	11032,08 ± 71,80	7330,57 ± 58,53	4131,42 ± 43,94	24258,92 ± 201,11	4989,43 ± 125,48	1440,58 ± 86,62	0,31 ± 0,0025	0,06 ± 0,0016	0,02 ± 0,0011
3	11350,17 ± 106,90	7409,73 ± 86,37	4267,64 ± 65,55	21459,83 ± 210,33	2855,27 ± 133,13	930,36 ± 97,44	0,24 ± 0,0023	0,03 ± 0,0015	0,01 ± 0,0011
4	8718,10 ± 56,74	5792,98 ± 46,25	3264,85 ± 34,72	21111,90 ± 181,80	1874,02 ± 99,03	301,15 ± 69,08	0,28 ± 0,0024	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
5	10841,65 ± 93,96	6964,46 ± 75,31	3977,36 ± 56,91	28525,35 ± 219,54	4368,54 ± 130,40	735,64 ± 89,17	0,29 ± 0,0023	0,04 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
7	11400,64 ± 98,81	7323,54 ± 79,19	4182,43 ± 59,85	457,82 ± 145,34	173,46 ± 117,34	278,21 ± 87,86	0,00 ± 0,0014	0,00 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
9	10984,92 ± 103,46	7171,28 ± 83,59	4130,30 ± 63,44	25035,08 ± 216,16	2141,72 ± 127,67	357,70 ± 92,26	0,25 ± 0,0022	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
10	11289,32 ± 85,88	7642,29 ± 70,66	4140,31 ± 52,01	40613,68 ± 243,47	17893,71 ± 174,73	14918,69 ± 147,53	0,44 ± 0,0027	0,20 ± 0,0019	0,16 ± 0,0016
11	8138,96 ± 52,97	5408,16 ± 43,18	3047,97 ± 32,42	23839,04 ± 186,50	3725,84 ± 104,87	1334,03 ± 73,71	0,43 ± 0,0034	0,07 ± 0,0019	0,02 ± 0,0013
12	12035,84 ± 91,56	8147,65 ± 75,33	4414,09 ± 55,45	19816,16 ± 200,59	3253,35 ± 130,68	1667,91 ± 95,69	0,21 ± 0,0021	0,03 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
13	10544,92 ± 73,28	6707,63 ± 58,44	3886,69 ± 44,49	25025,08 ± 202,33	4630,37 ± 121,46	1400,31 ± 85,24	0,28 ± 0,0023	0,05 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
14	11969,79 ± 112,73	7814,23 ± 91,09	4500,62 ± 69,13	29176,21 ± 232,07	2679,77 ± 137,08	949,38 ± 101,14	0,28 ± 0,0022	0,03 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
15	11262,00 ± 85,68	7623,80 ± 70,49	4130,29 ± 51,88	17950,00 ± 191,19	2545,20 ± 123,04	1294,71 ± 90,09	0,21 ± 0,0022	0,03 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
16	13204,16 ± 124,36	8620,06 ± 100,48	4964,73 ± 76,25	122,84 ± 169,68	217,94 ± 137,60	354,71 ± 103,11	0,00 ± 0,0021	0,00 ± 0,0017	0,00 ± 0,0013
17	10187,77 ± 66,31	6769,55 ± 54,05	3815,24 ± 40,58	49136,23 ± 252,43	4291,45 ± 118,25	2030,76 ± 86,56	0,56 ± 0,0029	0,05 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
18	11971,42 ± 91,07	8104,04 ± 74,93	4390,47 ± 55,15	41263,58 ± 248,05	4421,96 ± 134,69	1963,53 ± 96,93	0,49 ± 0,0029	0,05 ± 0,0016	0,02 ± 0,0011
19	10207,92 ± 88,47	6557,36 ± 70,91	3744,87 ± 53,59	22920,08 ± 202,37	956,64 ± 111,99	884,13 ± 86,61	0,26 ± 0,0023	0,01 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
20	10545,24 ± 99,32	6884,24 ± 80,24	3964,99 ± 60,90	41,76 ± 143,01	138,76 ± 116,03	283,28 ± 86,76	0,00 ± 0,0016	0,00 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010
21	11298,31 ± 106,41	7375,87 ± 85,98	4248,14 ± 65,25	33609,69 ± 237,13	5612,13 ± 142,76	3194,86 ± 108,17	0,44 ± 0,0031	0,07 ± 0,0019	0,04 ± 0,0014
23	11437,39 ± 99,13	7347,15 ± 79,45	4195,92 ± 60,04	353,61 ± 147,03	246,85 ± 117,92	279,11 ± 88,19	0,00 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010	0,00 ± 0,0008
24	10969,28 ± 83,45	7425,65 ± 68,66	4022,94 ± 50,54	26501,72 ± 210,80	16397,35 ± 168,93	275,06 ± 82,78	0,26 ± 0,0021	0,16 ± 0,0017	0,00 ± 0,0008
25	9868,99 ± 92,95	6442,77 ± 75,10	3710,72 ± 56,99	37203,01 ± 236,03	7633,23 ± 140,41	2369,28 ± 96,58	0,50 ± 0,0032	0,10 ± 0,0019	0,03 ± 0,0013
27	11454,65 ± 107,88	7477,94 ± 87,17	4306,93 ± 66,15	692,35 ± 154,22	184,06 ± 123,53	307,71 ± 92,14	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
28	11171,01 ± 96,82	7176,03 ± 77,60	4098,19 ± 58,64	1779,99 ± 149,41	1031,97 ± 119,29	408,81 ± 89,14	0,01 ± 0,0011	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0007

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
29	11558,42 ± 87,93	7824,46 ± 72,35	4239,00 ± 53,25	47694,58 ± 258,81	4068,54 ± 130,87	2149,00 ± 96,04	0,49 ± 0,0026	0,04 ± 0,0013	0,02 ± 0,0010
31	10725,85 ± 74,53	6822,72 ± 59,44	3953,37 ± 45,25	20306,15 ± 191,28	5922,28 ± 127,59	85,63 ± 78,02	0,23 ± 0,0021	0,07 ± 0,0014	0,00 ± 0,0009
32	11026,12 ± 103,84	7198,18 ± 83,90	4145,80 ± 63,68	17014,88 ± 197,04	3490,82 ± 133,15	1026,20 ± 96,06	0,17 ± 0,0020	0,04 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
33	11608,62 ± 109,33	7578,45 ± 88,34	4364,82 ± 67,04	27749,38 ± 226,52	3206,55 ± 136,34	1040,18 ± 99,50	0,28 ± 0,0023	0,03 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010
34	14595,11 ± 94,99	9698,13 ± 77,43	5465,75 ± 58,13	7415,89 ± 176,16	1316,87 ± 130,42	501,25 ± 96,68	0,07 ± 0,0018	0,01 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
35	10806,32 ± 101,77	7054,69 ± 82,23	4063,15 ± 62,41	14713,68 ± 189,42	3215,31 ± 130,51	290,29 ± 89,17	0,17 ± 0,0021	0,04 ± 0,0015	0,00 ± 0,0010
37	11179,11 ± 85,04	7567,68 ± 69,97	4099,89 ± 51,50	23020,89 ± 203,55	6952,32 ± 139,34	2169,11 ± 94,45	0,31 ± 0,0028	0,09 ± 0,0019	0,03 ± 0,0013
38	10398,80 ± 72,26	6614,68 ± 57,63	3832,83 ± 43,87	20172,20 ± 189,19	1842,32 ± 108,53	352,17 ± 78,16	0,20 ± 0,0019	0,02 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
39	11426,87 ± 107,62	7459,80 ± 86,95	4296,48 ± 65,99	1848,13 ± 157,66	386,20 ± 124,12	306,96 ± 92,21	0,02 ± 0,0014	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
40	10269,29 ± 89,00	6596,78 ± 71,33	3767,38 ± 53,91	26530,71 ± 211,47	5637,22 ± 131,62	1016,62 ± 87,69	0,33 ± 0,0026	0,07 ± 0,0016	0,01 ± 0,0011
41	11057,25 ± 76,84	7033,52 ± 61,28	4075,52 ± 46,65	20327,75 ± 193,10	1732,48 ± 111,90	100,48 ± 79,70	0,21 ± 0,0020	0,02 ± 0,0012	0,00 ± 0,0008
42	10976,89 ± 103,38	7166,04 ± 83,53	4127,29 ± 63,39	27807,11 ± 222,42	2105,96 ± 127,47	611,71 ± 93,58	0,28 ± 0,0023	0,02 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
43	11412,58 ± 79,31	7259,54 ± 63,25	4206,49 ± 48,15	1108,42 ± 137,15	293,08 ± 105,74	223,45 ± 80,69	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009	0,00 ± 0,0007
44	10906,82 ± 70,99	7247,34 ± 57,86	4084,51 ± 43,44	28545,18 ± 210,93	4445,66 ± 122,64	735,49 ± 81,90	0,32 ± 0,0024	0,05 ± 0,0014	0,01 ± 0,0009
45	18179,79 ± 126,33	11564,17 ± 100,76	6700,78 ± 76,70	47927,21 ± 286,47	3415,83 ± 158,53	251,22 ± 113,29	0,32 ± 0,0019	0,02 ± 0,0010	0,00 ± 0,0007
46	11961,70 ± 112,66	7808,95 ± 91,02	4497,57 ± 69,08	28416,30 ± 230,37	1683,05 ± 133,33	219,43 ± 97,41	0,27 ± 0,0022	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
47	11029,94 ± 76,65	7016,14 ± 61,13	4065,45 ± 46,53	25955,06 ± 207,03	3672,86 ± 120,11	159,55 ± 79,94	0,24 ± 0,0019	0,03 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
48	11931,59 ± 103,41	7664,61 ± 82,88	4377,22 ± 62,63	39793,41 ± 249,84	3264,39 ± 133,41	502,78 ± 93,82	0,39 ± 0,0025	0,03 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
49	10516,38 ± 99,04	6865,40 ± 80,03	3954,14 ± 60,73	20659,62 ± 202,45	2233,60 ± 124,51	179,86 ± 88,44	0,22 ± 0,0022	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
50	10989,61 ± 103,50	7174,34 ± 83,63	4132,07 ± 63,47	22487,39 ± 210,21	1451,66 ± 124,98	192,93 ± 91,39	0,23 ± 0,0022	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
51	13543,25 ± 88,14	8999,19 ± 71,85	5071,83 ± 53,94	13605,75 ± 186,86	1136,81 ± 123,69	482,17 ± 92,00	0,13 ± 0,0019	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
52	10189,68 ± 66,32	6770,82 ± 54,06	3815,95 ± 40,58	17771,32 ± 179,89	1173,18 ± 104,24	290,05 ± 75,85	0,23 ± 0,0023	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010
53	20623,82 ± 143,31	13118,82 ± 114,30	7601,61 ± 87,01	51310,18 ± 304,09	6816,18 ± 181,66	723,39 ± 126,08	0,28 ± 0,0016	0,04 ± 0,0010	0,00 ± 0,0007
54	9126,12 ± 63,42	5805,13 ± 50,58	3363,74 ± 38,50	760,88 ± 117,94	786,87 ± 95,66	178,68 ± 69,06	0,01 ± 0,0013	0,01 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
56	11223,43 ± 73,05	7457,73 ± 59,54	4203,08 ± 44,70	30174,57 ± 216,18	3599,27 ± 120,84	996,92 ± 84,84	0,40 ± 0,0029	0,05 ± 0,0016	0,01 ± 0,0011

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
57	10446,35 ± 90,54	6710,52 ± 72,56	3832,34 ± 54,84	18830,65 ± 193,58	1817,48 ± 117,45	491,66 ± 85,62	0,19 ± 0,0019	0,02 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
59	7478,25 ± 70,43	4882,02 ± 56,91	2811,81 ± 43,19	21602,75 ± 184,50	2967,98 ± 105,30	500,19 ± 71,95	0,30 ± 0,0026	0,04 ± 0,0015	0,01 ± 0,0010
60	10902,15 ± 75,76	6934,86 ± 60,42	4018,35 ± 45,99	44260,85 ± 246,78	15476,14 ± 161,44	1346,65 ± 86,49	0,45 ± 0,0025	0,16 ± 0,0016	0,01 ± 0,0009
61	10621,34 ± 80,80	7190,11 ± 66,48	3895,33 ± 48,93	42609,66 ± 244,46	2747,89 ± 119,82	1841,67 ± 90,17	0,51 ± 0,0029	0,03 ± 0,0014	0,02 ± 0,0011
62	9934,82 ± 93,57	6485,74 ± 75,60	3735,47 ± 57,37	25493,18 ± 210,20	5095,26 ± 131,52	1525,53 ± 92,48	0,32 ± 0,0026	0,06 ± 0,0016	0,02 ± 0,0012
63	11028,96 ± 76,64	7015,52 ± 61,12	4065,09 ± 46,53	839,04 ± 133,20	53,48 ± 103,95	0,91 ± 78,94	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
64	10269,13 ± 96,72	6703,99 ± 78,14	3861,17 ± 59,30	22113,87 ± 204,30	2396,01 ± 123,31	1036,83 ± 91,73	0,26 ± 0,0024	0,03 ± 0,0014	0,01 ± 0,0011
65	11093,10 ± 84,39	7509,46 ± 69,43	4068,35 ± 51,11	29603,90 ± 218,67	1684,54 ± 118,39	336,65 ± 83,77	0,31 ± 0,0023	0,02 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
66	10194,40 ± 70,84	6484,66 ± 56,50	3757,49 ± 43,01	17916,60 ± 182,01	949,34 ± 103,08	199,60 ± 73,86	0,20 ± 0,0021	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0008
67	11170,17 ± 84,98	7561,63 ± 69,92	4096,61 ± 51,46	23873,83 ± 205,58	1264,37 ± 117,11	365,39 ± 84,32	0,22 ± 0,0019	0,01 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
68	11275,62 ± 85,78	7633,02 ± 70,58	4135,29 ± 51,95	27302,38 ± 214,33	4453,98 ± 130,64	2083,71 ± 94,43	0,36 ± 0,0028	0,06 ± 0,0017	0,03 ± 0,0012
70	10130,47 ± 65,93	6731,47 ± 53,75	3793,78 ± 40,35	27549,53 ± 205,01	5513,53 ± 123,02	2581,22 ± 89,46	0,36 ± 0,0027	0,07 ± 0,0016	0,03 ± 0,0012
72	11337,03 ± 106,77	7401,15 ± 86,27	4262,70 ± 65,47	286,97 ± 151,74	239,85 ± 122,82	304,55 ± 91,67	0,00 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010	0,00 ± 0,0008
73	10676,44 ± 69,49	7094,26 ± 56,64	3998,24 ± 42,52	21855,56 ± 193,29	1846,74 ± 110,22	1205,76 ± 83,74	0,30 ± 0,0027	0,03 ± 0,0015	0,02 ± 0,0012
74	10556,35 ± 73,36	6714,90 ± 58,51	3890,90 ± 44,54	24940,65 ± 202,18	2922,10 ± 114,28	724,10 ± 81,23	0,30 ± 0,0024	0,03 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010
75	10417,66 ± 72,39	6626,67 ± 57,74	3839,78 ± 43,95	696,34 ± 127,89	26,33 ± 99,93	80,22 ± 76,50	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010	0,00 ± 0,0008
76	9879,11 ± 68,65	6284,11 ± 54,75	3641,28 ± 41,68	22284,89 ± 192,03	2558,89 ± 108,82	382,72 ± 75,90	0,27 ± 0,0023	0,03 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
77	10955,75 ± 76,13	6968,95 ± 60,72	4038,11 ± 46,22	24390,25 ± 202,83	4245,05 ± 122,07	343,89 ± 80,74	0,27 ± 0,0022	0,05 ± 0,0014	0,00 ± 0,0009
79	10509,99 ± 73,03	6685,41 ± 58,25	3873,81 ± 44,34	22750,01 ± 196,45	1775,59 ± 108,88	86,19 ± 76,98	0,24 ± 0,0021	0,02 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
80	11598,68 ± 75,49	7707,07 ± 61,53	4343,61 ± 46,20	21144,32 ± 196,06	1286,93 ± 113,05	520,39 ± 83,65	0,24 ± 0,0022	0,01 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
82	11868,68 ± 77,25	7886,48 ± 62,97	4444,72 ± 47,27	815,32 ± 136,57	629,52 ± 111,72	127,28 ± 82,50	0,01 ± 0,0014	0,01 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
83	10458,57 ± 72,68	6652,70 ± 57,96	3854,86 ± 44,12	415,43 ± 127,11	258,30 ± 101,34	204,77 ± 75,75	0,00 ± 0,0014	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
85	10924,77 ± 83,11	7395,51 ± 68,38	4006,61 ± 50,33	3085,23 ± 144,63	178,49 ± 110,68	110,39 ± 81,55	0,04 ± 0,0017	0,00 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010
86	12509,47 ± 86,93	7957,28 ± 69,33	4610,79 ± 52,77	3818,53 ± 154,55	321,25 ± 112,21	244,93 ± 85,72	0,04 ± 0,0015	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0009
87	12090,63 ± 84,02	7690,85 ± 67,01	4456,41 ± 51,01	7125,37 ± 162,10	310,49 ± 110,24	236,73 ± 83,69	0,06 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009	0,00 ± 0,0007

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
88	15037,16 ± 97,87	9991,86 ± 79,78	5631,29 ± 59,89	29509,84 ± 232,65	6146,14 ± 150,01	2285,71 ± 107,26	0,29 ± 0,0023	0,06 ± 0,0015	0,02 ± 0,0010
90	11260,47 ± 85,66	7622,77 ± 70,48	4129,73 ± 51,88	28988,53 ± 218,15	7203,23 ± 140,69	2247,27 ± 95,23	0,32 ± 0,0024	0,08 ± 0,0016	0,02 ± 0,0011
91	10953,57 ± 103,16	7150,82 ± 83,35	4118,52 ± 63,26	15633,43 ± 192,95	3632,18 ± 133,16	429,48 ± 92,46	0,18 ± 0,0022	0,04 ± 0,0015	0,00 ± 0,0010
92	10625,41 ± 73,84	6758,83 ± 58,89	3916,35 ± 44,83	26294,59 ± 205,84	2670,17 ± 113,56	742,65 ± 81,66	0,31 ± 0,0024	0,03 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
93	11718,50 ± 101,56	7527,73 ± 81,40	4299,04 ± 61,52	24316,50 ± 215,29	4597,27 ± 136,93	1394,96 ± 97,36	0,22 ± 0,0020	0,04 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
94	9921,90 ± 85,99	6373,63 ± 68,92	3639,94 ± 52,08	19744,10 ± 192,51	2747,37 ± 117,78	1580,06 ± 89,07	0,25 ± 0,0025	0,04 ± 0,0015	0,02 ± 0,0011
95	7061,10 ± 61,20	4535,91 ± 49,05	2590,43 ± 37,07	19488,90 ± 174,06	2779,09 ± 98,59	1438,57 ± 73,50	0,37 ± 0,0033	0,05 ± 0,0019	0,03 ± 0,0014
96	10529,39 ± 99,17	6873,90 ± 80,12	3959,03 ± 60,81	24163,61 ± 211,01	2696,10 ± 126,45	836,97 ± 92,16	0,28 ± 0,0025	0,03 ± 0,0015	0,01 ± 0,0011
97	14778,01 ± 102,69	9400,29 ± 81,90	5446,93 ± 62,35	31520,99 ± 238,42	167,71 ± 127,58	289,35 ± 96,30	0,23 ± 0,0018	0,00 ± 0,0009	0,00 ± 0,0007
98	11452,63 ± 79,58	7285,02 ± 63,47	4221,25 ± 48,32	16898,37 ± 186,24	1203,98 ± 111,88	320,75 ± 82,92	0,18 ± 0,0020	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
99	12542,58 ± 87,16	7978,34 ± 69,51	4622,99 ± 52,91	35895,42 ± 236,72	3000,66 ± 125,74	1149,01 ± 92,58	0,30 ± 0,0020	0,03 ± 0,0011	0,01 ± 0,0008
101	11063,29 ± 104,19	7222,44 ± 84,19	4159,77 ± 63,89	12967,71 ± 186,78	2227,56 ± 128,60	930,23 ± 95,77	0,14 ± 0,0021	0,02 ± 0,0014	0,01 ± 0,0011
102	10843,28 ± 102,12	7078,81 ± 82,51	4077,05 ± 62,62	33969,72 ± 235,04	3612,19 ± 132,29	1430,95 ± 97,10	0,43 ± 0,0030	0,05 ± 0,0017	0,02 ± 0,0012
103	10074,40 ± 87,31	6471,59 ± 69,98	3695,89 ± 52,88	23338,60 ± 202,58	2502,41 ± 117,78	836,11 ± 85,61	0,29 ± 0,0025	0,03 ± 0,0015	0,01 ± 0,0011
104	10460,43 ± 98,52	6828,88 ± 79,60	3933,10 ± 60,41	25217,57 ± 213,03	4485,12 ± 132,85	1388,90 ± 94,72	0,27 ± 0,0023	0,05 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010
105	21929,64 ± 152,39	13949,45 ± 121,54	8082,91 ± 92,52	53749,36 ± 314,49	11242,55 ± 199,91	1691,09 ± 135,40	0,36 ± 0,0021	0,08 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
106	11004,06 ± 76,47	6999,69 ± 60,99	4055,92 ± 46,42	18934,94 ± 189,17	7260,31 ± 134,09	390,08 ± 81,25	0,19 ± 0,0019	0,07 ± 0,0013	0,00 ± 0,0008
107	10906,20 ± 75,79	6937,44 ± 60,44	4019,85 ± 46,01	24406,80 ± 202,62	1003,56 ± 107,68	100,15 ± 78,97	0,26 ± 0,0022	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0008
108	10760,73 ± 101,35	7024,92 ± 81,88	4046,01 ± 62,14	20135,27 ± 202,90	2775,08 ± 128,47	1573,99 ± 97,37	0,20 ± 0,0020	0,03 ± 0,0013	0,02 ± 0,0010
109	11182,56 ± 77,71	7113,23 ± 61,98	4121,71 ± 47,18	22325,44 ± 198,86	798,77 ± 108,41	35,29 ± 79,89	0,24 ± 0,0021	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
110	10455,09 ± 98,47	6825,39 ± 79,56	3931,09 ± 60,38	22103,91 ± 205,56	2980,61 ± 127,03	1072,91 ± 93,00	0,26 ± 0,0024	0,03 ± 0,0015	0,01 ± 0,0011
111	18550,98 ± 128,91	11800,28 ± 102,81	6837,59 ± 78,26	44446,02 ± 282,16	5339,72 ± 166,47	1859,41 ± 121,75	0,29 ± 0,0018	0,03 ± 0,0011	0,01 ± 0,0008
112	11897,99 ± 103,12	7643,03 ± 82,65	4364,89 ± 62,46	26078,01 ± 220,48	1219,97 ± 125,27	313,11 ± 92,62	0,25 ± 0,0021	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
113	11566,71 ± 108,94	7551,09 ± 88,02	4349,06 ± 66,80	40115,29 ± 252,09	7836,91 ± 152,10	2056,94 ± 104,25	0,48 ± 0,0030	0,09 ± 0,0018	0,02 ± 0,0012
115	9893,19 ± 75,26	6697,18 ± 61,92	3628,28 ± 45,58	21927,81 ± 193,61	2407,82 ± 113,75	1019,72 ± 82,01	0,33 ± 0,0029	0,04 ± 0,0017	0,02 ± 0,0012

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
116	10713,46 ± 92,85	6882,11 ± 74,42	3930,34 ± 56,24	25200,54 ± 211,03	7147,89 ± 139,89	440,66 ± 86,80	0,30 ± 0,0025	0,08 ± 0,0017	0,01 ± 0,0010
117	10725,56 ± 69,81	7126,90 ± 56,90	4016,63 ± 42,72	14989,44 ± 174,89	2542,10 ± 113,61	829,37 ± 81,68	0,18 ± 0,0021	0,03 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010
118	10877,44 ± 102,44	7101,11 ± 82,77	4089,89 ± 62,82	23205,56 ± 211,13	1831,89 ± 125,64	641,11 ± 93,15	0,23 ± 0,0021	0,02 ± 0,0012	0,01 ± 0,0009
119	9570,16 ± 82,94	6147,67 ± 66,48	3510,90 ± 50,24	24679,84 ± 202,80	6169,33 ± 129,37	673,10 ± 81,90	0,30 ± 0,0024	0,07 ± 0,0016	0,01 ± 0,0010
120	10388,19 ± 79,03	7032,27 ± 65,02	3809,82 ± 47,86	13401,81 ± 173,31	1036,73 ± 110,89	84,18 ± 78,64	0,17 ± 0,0022	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0010
121	9901,82 ± 85,82	6360,73 ± 68,78	3632,58 ± 51,98	6608,18 ± 154,51	1911,27 ± 114,03	241,64 ± 79,52	0,07 ± 0,0016	0,02 ± 0,0012	0,00 ± 0,0008
122	10067,25 ± 87,25	6467,00 ± 69,93	3693,27 ± 52,85	805,75 ± 135,96	487,00 ± 108,83	61,73 ± 80,92	0,01 ± 0,0017	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0010
123	11129,80 ± 96,46	7149,55 ± 77,31	4083,07 ± 58,43	34151,20 ± 233,64	8386,45 ± 146,67	1420,93 ± 94,43	0,36 ± 0,0024	0,09 ± 0,0015	0,01 ± 0,0010
124	11444,73 ± 79,53	7280,00 ± 63,43	4218,34 ± 48,28	31837,27 ± 222,73	4070,00 ± 123,99	500,66 ± 83,97	0,30 ± 0,0021	0,04 ± 0,0012	0,00 ± 0,0008
125	10743,58 ± 93,11	6901,46 ± 74,63	3941,38 ± 56,40	27879,42 ± 217,47	4413,54 ± 129,94	1383,62 ± 92,23	0,31 ± 0,0024	0,05 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
126	11368,55 ± 107,07	7421,72 ± 86,51	4274,55 ± 65,65	25804,45 ± 220,54	2921,28 ± 133,52	530,45 ± 95,47	0,25 ± 0,0022	0,03 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
127	12599,57 ± 118,66	8225,37 ± 95,88	4737,41 ± 72,76	1016,43 ± 166,42	310,63 ± 133,15	338,47 ± 99,79	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010	0,00 ± 0,0008
128	10196,08 ± 77,57	6902,22 ± 63,82	3739,37 ± 46,97	18068,92 ± 185,15	697,78 ± 108,04	359,63 ± 79,41	0,25 ± 0,0026	0,01 ± 0,0015	0,00 ± 0,0011
129	11999,67 ± 104,00	7708,34 ± 83,35	4402,19 ± 62,99	25096,33 ± 218,89	1842,66 ± 128,45	304,81 ± 93,14	0,25 ± 0,0022	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
130	10795,97 ± 75,02	6867,32 ± 59,83	3979,22 ± 45,55	35443,03 ± 227,74	2383,68 ± 113,27	392,78 ± 80,29	0,34 ± 0,0022	0,02 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
131	11172,04 ± 96,83	7176,69 ± 77,61	4098,57 ± 58,65	32761,96 ± 230,89	4928,31 ± 134,64	1518,43 ± 95,17	0,34 ± 0,0024	0,05 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
132	10249,33 ± 96,53	6691,06 ± 77,99	3853,73 ± 59,19	31032,67 ± 224,94	11328,94 ± 155,25	298,27 ± 87,50	0,38 ± 0,0027	0,14 ± 0,0019	0,00 ± 0,0011
134	10823,60 ± 82,34	7327,02 ± 67,75	3969,51 ± 49,86	20818,40 ± 196,02	1213,98 ± 114,59	534,49 ± 83,61	0,23 ± 0,0022	0,01 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
135	11803,01 ± 102,30	7582,02 ± 81,99	4330,05 ± 61,96	21875,99 ± 210,10	2825,98 ± 130,88	1235,95 ± 96,98	0,22 ± 0,0021	0,03 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
136	10833,42 ± 70,51	7198,57 ± 57,47	4057,03 ± 43,15	4924,58 ± 143,98	751,43 ± 106,08	270,97 ± 78,67	0,06 ± 0,0017	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
137	9337,60 ± 71,04	6321,08 ± 58,45	3424,52 ± 43,02	18977,40 ± 182,65	2238,92 ± 109,43	1149,48 ± 80,15	0,28 ± 0,0027	0,03 ± 0,0016	0,02 ± 0,0012
138	9480,37 ± 82,17	6090,00 ± 65,85	3477,96 ± 49,77	22231,63 ± 196,12	1427,00 ± 108,88	478,04 ± 80,20	0,26 ± 0,0023	0,02 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
139	10103,64 ± 95,16	6595,95 ± 76,88	3798,95 ± 58,35	15881,36 ± 187,19	640,05 ± 114,66	271,42 ± 84,84	0,20 ± 0,0024	0,01 ± 0,0015	0,00 ± 0,0011
140	10861,31 ± 82,63	7352,55 ± 67,98	3983,34 ± 50,04	10384,69 ± 167,55	1143,45 ± 114,53	511,66 ± 83,66	0,10 ± 0,0016	0,01 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
141	9813,16 ± 85,05	6303,77 ± 68,17	3600,05 ± 51,51	19236,84 ± 190,48	2616,23 ± 116,48	877,95 ± 84,45	0,23 ± 0,0023	0,03 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
142	10841,99 ± 93,97	6964,67 ± 75,31	3977,49 ± 56,91	22935,01 ± 206,41	1492,33 ± 118,87	97,51 ± 85,52	0,25 ± 0,0023	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
143	9230,28 ± 70,22	6248,43 ± 57,77	3385,17 ± 42,52	24144,72 ± 195,72	3061,57 ± 112,46	806,83 ± 77,46	0,31 ± 0,0025	0,04 ± 0,0015	0,01 ± 0,0010
144	10258,19 ± 96,61	6696,85 ± 78,06	3857,06 ± 59,24	36654,81 ± 237,16	10296,15 ± 151,94	5562,94 ± 113,71	0,41 ± 0,0026	0,11 ± 0,0017	0,06 ± 0,0013
145	11023,27 ± 95,54	7081,13 ± 76,57	4043,99 ± 57,87	25747,73 ± 214,24	3356,87 ± 127,68	1033,01 ± 91,79	0,29 ± 0,0024	0,04 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010
146	10823,91 ± 101,94	7066,17 ± 82,37	4069,77 ± 62,51	31878,09 ± 230,42	7576,83 ± 146,38	2563,23 ± 102,67	0,36 ± 0,0026	0,09 ± 0,0016	0,03 ± 0,0012
147	10678,57 ± 92,55	6859,70 ± 74,18	3917,54 ± 56,06	31534,43 ± 225,34	7203,30 ± 139,88	1583,46 ± 92,97	0,36 ± 0,0026	0,08 ± 0,0016	0,02 ± 0,0011
148	10395,00 ± 90,09	6677,54 ± 72,21	3813,50 ± 54,57	26221,00 ± 211,50	4672,46 ± 128,70	612,50 ± 86,04	0,27 ± 0,0022	0,05 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
149	10388,80 ± 67,61	6903,13 ± 55,12	3890,52 ± 41,38	20393,20 ± 188,03	3806,87 ± 117,25	1481,48 ± 84,17	0,23 ± 0,0022	0,04 ± 0,0013	0,02 ± 0,0010
150	11459,21 ± 87,18	7757,30 ± 71,73	4202,62 ± 52,79	18974,79 ± 195,02	2515,70 ± 124,17	1155,38 ± 90,25	0,23 ± 0,0024	0,03 ± 0,0015	0,01 ± 0,0011
151	11282,50 ± 85,83	7637,67 ± 70,62	4137,81 ± 51,98	12765,50 ± 177,24	1411,33 ± 118,47	780,19 ± 87,29	0,14 ± 0,0019	0,02 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
152	11182,75 ± 85,07	7570,15 ± 70,00	4101,23 ± 51,52	14217,25 ± 180,66	2357,85 ± 121,77	1378,77 ± 90,19	0,20 ± 0,0025	0,03 ± 0,0017	0,02 ± 0,0012
153	11278,00 ± 97,74	7244,76 ± 78,34	4137,44 ± 59,20	12483,00 ± 182,52	2662,24 ± 126,67	581,56 ± 90,69	0,16 ± 0,0023	0,03 ± 0,0016	0,01 ± 0,0012
155	11673,73 ± 109,94	7620,96 ± 88,83	4389,30 ± 67,42	29591,27 ± 230,98	2792,04 ± 135,29	1263,70 ± 100,98	0,36 ± 0,0028	0,03 ± 0,0016	0,02 ± 0,0012
156	11516,48 ± 108,46	7518,30 ± 87,64	4330,17 ± 66,51	30683,52 ± 232,30	2960,70 ± 134,76	1157,83 ± 99,56	0,36 ± 0,0027	0,03 ± 0,0016	0,01 ± 0,0012
157	11895,85 ± 77,42	7904,53 ± 63,11	4454,90 ± 47,38	17225,15 ± 187,39	2020,47 ± 117,93	1051,10 ± 88,04	0,21 ± 0,0023	0,03 ± 0,0015	0,01 ± 0,0011
158	13034,78 ± 99,16	8823,88 ± 81,59	4780,45 ± 60,05	36079,22 ± 242,79	7712,12 ± 152,29	280,55 ± 93,10	0,36 ± 0,0024	0,08 ± 0,0015	0,00 ± 0,0009
159	11311,25 ± 73,62	7516,08 ± 60,01	4235,97 ± 45,05	19757,75 ± 191,02	951,92 ± 109,86	162,03 ± 80,17	0,24 ± 0,0023	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010
160	10981,58 ± 71,47	7297,02 ± 58,26	4112,51 ± 43,74	5772,42 ± 147,86	575,98 ± 106,15	168,49 ± 78,70	0,07 ± 0,0019	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010
161	12012,53 ± 91,39	8131,87 ± 75,19	4405,55 ± 55,34	22059,47 ± 205,97	3123,13 ± 130,03	1649,45 ± 95,49	0,26 ± 0,0024	0,04 ± 0,0015	0,02 ± 0,0011
162	9126,41 ± 69,43	6178,11 ± 57,12	3347,07 ± 42,05	21348,59 ± 187,87	2251,89 ± 108,13	1219,93 ± 79,59	0,34 ± 0,0030	0,04 ± 0,0017	0,02 ± 0,0013
163	11407,22 ± 98,86	7327,77 ± 79,24	4184,85 ± 59,88	5679,78 ± 163,89	318,23 ± 118,00	278,38 ± 88,00	0,05 ± 0,0015	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
164	11498,27 ± 87,47	7783,74 ± 71,97	4216,94 ± 52,97	20739,73 ± 199,72	4983,26 ± 133,97	1249,06 ± 90,95	0,27 ± 0,0026	0,07 ± 0,0018	0,02 ± 0,0012
165	9965,97 ± 86,37	6401,94 ± 69,23	3656,11 ± 52,32	27178,03 ± 211,20	3215,06 ± 120,04	715,89 ± 84,31	0,37 ± 0,0029	0,04 ± 0,0016	0,01 ± 0,0012
166	10537,31 ± 91,33	6768,95 ± 73,20	3865,71 ± 55,31	12590,69 ± 177,39	1025,05 ± 114,68	21,29 ± 83,35	0,13 ± 0,0018	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
167	11246,07 ± 97,47	7224,24 ± 78,12	4125,73 ± 59,04	15688,93 ± 190,88	1873,76 ± 123,29	492,27 ± 90,02	0,20 ± 0,0024	0,02 ± 0,0016	0,01 ± 0,0011

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
168	11810,46 ± 89,85	7995,08 ± 73,92	4331,44 ± 54,41	19828,54 ± 199,28	1555,92 ± 122,54	680,56 ± 89,29	0,18 ± 0,0018	0,01 ± 0,0011	0,01 ± 0,0008
170	11704,65 ± 110,24	7641,14 ± 89,07	4400,93 ± 67,59	20333,35 ± 210,21	5247,86 ± 144,30	1564,07 ± 102,64	0,20 ± 0,0021	0,05 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
171	11520,87 ± 99,85	7400,78 ± 80,03	4226,54 ± 60,48	42105,13 ± 252,18	10099,22 ± 154,61	1878,46 ± 98,81	0,50 ± 0,0030	0,12 ± 0,0018	0,02 ± 0,0012
172	11234,09 ± 97,36	7216,55 ± 78,04	4121,33 ± 58,97	23102,91 ± 209,32	4580,45 ± 133,74	1030,67 ± 92,90	0,29 ± 0,0026	0,06 ± 0,0017	0,01 ± 0,0012
173	10194,69 ± 70,84	6484,85 ± 56,50	3757,60 ± 43,01	18989,31 ± 184,94	3135,15 ± 113,19	763,40 ± 79,82	0,22 ± 0,0022	0,04 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
174	11052,73 ± 76,81	7030,64 ± 61,26	4073,85 ± 46,63	17602,27 ± 185,89	192,36 ± 104,76	216,41 ± 78,16	0,18 ± 0,0019	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
175	9975,03 ± 86,45	6407,76 ± 69,29	3659,43 ± 52,36	11313,97 ± 169,60	1927,24 ± 114,61	552,57 ± 83,39	0,13 ± 0,0019	0,02 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
176	10624,90 ± 92,08	6825,22 ± 73,80	3897,84 ± 55,77	10216,10 ± 171,23	1765,78 ± 118,48	392,16 ± 86,03	0,10 ± 0,0017	0,02 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
177	10490,85 ± 98,80	6848,74 ± 79,83	3944,54 ± 60,58	27214,15 ± 217,87	5733,26 ± 137,68	2424,46 ± 100,20	0,34 ± 0,0027	0,07 ± 0,0017	0,03 ± 0,0013
178	10609,40 ± 91,95	6815,26 ± 73,70	3892,16 ± 55,69	30195,60 ± 221,95	6317,74 ± 136,25	3065,84 ± 100,30	0,45 ± 0,0033	0,09 ± 0,0020	0,05 ± 0,0015
179	10774,37 ± 81,97	7293,70 ± 67,44	3951,45 ± 49,64	21036,63 ± 196,29	2958,30 ± 121,66	1305,55 ± 87,87	0,27 ± 0,0025	0,04 ± 0,0016	0,02 ± 0,0011
180	10489,32 ± 90,91	6738,13 ± 72,86	3848,11 ± 55,06	18980,68 ± 194,25	2024,87 ± 118,63	705,89 ± 87,10	0,26 ± 0,0027	0,03 ± 0,0016	0,01 ± 0,0012
181	11702,69 ± 81,32	7444,08 ± 64,86	4313,42 ± 49,37	31955,31 ± 224,21	3333,92 ± 122,41	919,58 ± 87,58	0,39 ± 0,0027	0,04 ± 0,0015	0,01 ± 0,0011
182	9344,17 ± 71,09	6325,52 ± 58,49	3426,93 ± 43,05	20929,83 ± 187,96	8384,48 ± 134,65	6855,07 ± 110,16	0,26 ± 0,0023	0,10 ± 0,0016	0,08 ± 0,0013
183	9283,66 ± 64,51	5905,34 ± 51,45	3421,80 ± 39,17	35667,34 ± 221,61	4559,66 ± 114,51	1851,20 ± 82,50	0,50 ± 0,0031	0,06 ± 0,0016	0,03 ± 0,0012
184	14367,90 ± 93,51	9547,15 ± 76,23	5380,66 ± 57,22	21552,10 ± 211,34	2406,85 ± 133,28	713,34 ± 96,79	0,20 ± 0,0020	0,02 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009
185	12515,51 ± 81,46	8316,28 ± 66,40	4686,96 ± 49,85	22527,49 ± 204,15	4177,72 ± 130,01	1458,04 ± 92,90	0,27 ± 0,0025	0,05 ± 0,0016	0,02 ± 0,0011
186	10183,67 ± 77,47	6893,83 ± 63,74	3734,82 ± 46,92	13368,33 ± 171,91	1640,17 ± 112,24	1166,18 ± 84,27	0,15 ± 0,0020	0,02 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
187	11895,07 ± 103,09	7641,15 ± 82,63	4363,82 ± 62,44	14621,93 ± 192,73	1661,85 ± 127,01	315,18 ± 92,62	0,12 ± 0,0016	0,01 ± 0,0010	0,00 ± 0,0008
188	10201,29 ± 77,61	6905,75 ± 63,85	3741,28 ± 47,00	23852,71 ± 200,19	3496,25 ± 120,33	1442,72 ± 85,98	0,32 ± 0,0027	0,05 ± 0,0016	0,02 ± 0,0012
189	11002,83 ± 83,70	7448,35 ± 68,87	4035,24 ± 50,69	17355,17 ± 188,05	743,65 ± 113,73	125,76 ± 82,04	0,22 ± 0,0024	0,01 ± 0,0015	0,00 ± 0,0011
191	11872,31 ± 102,90	7626,53 ± 82,47	4355,47 ± 62,32	15331,69 ± 194,40	3842,47 ± 135,17	1006,53 ± 96,16	0,15 ± 0,0019	0,04 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
192	8846,95 ± 76,68	5683,10 ± 61,45	3245,59 ± 46,44	23072,05 ± 194,42	3872,90 ± 115,47	1858,41 ± 85,21	0,34 ± 0,0029	0,06 ± 0,0017	0,03 ± 0,0013
193	12571,91 ± 108,96	8075,94 ± 87,33	4612,12 ± 66,00	5487,09 ± 173,01	335,06 ± 126,64	306,80 ± 94,35	0,05 ± 0,0015	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
194	12451,12 ± 117,27	8128,46 ± 94,75	4681,59 ± 71,91	7543,88 ± 183,70	333,54 ± 132,06	334,48 ± 98,86	0,07 ± 0,0017	0,00 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
195	12301,71 ± 115,86	8030,92 ± 93,61	4625,42 ± 71,04	14779,29 ± 201,26	2507,08 ± 138,93	730,58 ± 102,00	0,14 ± 0,0019	0,02 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010
196	10735,52 ± 81,67	7267,40 ± 67,20	3937,21 ± 49,46	3150,48 ± 143,37	21,60 ± 108,65	75,79 ± 80,37	0,03 ± 0,0016	0,00 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
197	19225,59 ± 140,78	11586,90 ± 109,29	4073,97 ± 64,81	2111,41 ± 202,87	506,62 ± 153,08	15,03 ± 91,04	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0007	0,00 ± 0,0004
198	9103,47 ± 82,97	5782,12 ± 66,13	2399,51 ± 42,60	14362,53 ± 174,21	4447,88 ± 120,84	495,49 ± 68,63	0,13 ± 0,0015	0,04 ± 0,0011	0,00 ± 0,0006
199	13279,65 ± 71,18	9070,31 ± 58,83	2880,88 ± 33,15	29926,35 ± 219,71	13886,69 ± 162,53	8579,12 ± 112,07	0,24 ± 0,0018	0,11 ± 0,0013	0,07 ± 0,0009
200	22551,60 ± 120,88	15403,27 ± 99,90	4892,32 ± 56,30	9037,40 ± 214,94	1739,73 ± 164,69	586,68 ± 93,00	0,04 ± 0,0010	0,01 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
201	9516,00 ± 86,73	6044,14 ± 69,12	2508,25 ± 44,53	10049,00 ± 164,58	1567,86 ± 111,31	313,75 ± 69,32	0,07 ± 0,0012	0,01 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
202	9034,35 ± 48,42	6170,67 ± 40,02	1959,90 ± 22,55	9942,65 ± 146,02	2654,33 ± 102,11	1704,10 ± 64,60	0,15 ± 0,0023	0,04 ± 0,0016	0,03 ± 0,0010
203	12517,31 ± 170,37	8793,19 ± 142,79	3336,87 ± 87,96	10365,69 ± 227,84	664,57 ± 170,73	411,80 ± 105,11	0,09 ± 0,0019	0,01 ± 0,0015	0,00 ± 0,0009
204	17683,45 ± 129,49	10657,48 ± 100,52	3747,18 ± 59,61	19421,55 ± 232,10	4077,52 ± 157,61	633,82 ± 89,07	0,12 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010	0,00 ± 0,0005
205	28187,77 ± 151,09	19252,91 ± 124,87	6115,03 ± 70,37	11255,23 ± 249,54	1145,09 ± 189,71	326,61 ± 103,78	0,06 ± 0,0013	0,01 ± 0,0010	0,00 ± 0,0005
206	14959,95 ± 203,62	10509,10 ± 170,66	3988,03 ± 105,13	15943,05 ± 269,00	1585,90 ± 203,03	426,97 ± 124,37	0,11 ± 0,0018	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0008
207	11580,66 ± 105,55	7355,52 ± 84,12	3052,45 ± 54,19	10874,34 ± 183,29	517,48 ± 122,27	252,42 ± 75,94	0,08 ± 0,0014	0,00 ± 0,0009	0,00 ± 0,0006
208	17810,50 ± 162,33	11312,43 ± 129,37	4694,53 ± 83,34	23556,50 ± 260,23	5894,57 ± 184,24	399,47 ± 109,73	0,10 ± 0,0011	0,02 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
209	20305,69 ± 276,38	14264,39 ± 231,64	5413,09 ± 142,70	24708,31 ± 348,42	3359,61 ± 266,99	668,03 ± 160,42	0,12 ± 0,0018	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0008
210	11147,27 ± 151,72	7830,76 ± 127,17	2971,64 ± 78,34	12356,73 ± 215,69	61,24 ± 155,12	366,73 ± 95,23	0,13 ± 0,0022	0,00 ± 0,0016	0,00 ± 0,0010
211	17676,10 ± 161,11	11227,07 ± 128,40	4659,10 ± 82,71	14645,90 ± 241,41	6184,93 ± 184,11	111,90 ± 107,76	0,07 ± 0,0012	0,03 ± 0,0009	0,00 ± 0,0005
212	17879,89 ± 130,93	10775,87 ± 101,64	3788,81 ± 60,27	12477,11 ± 217,94	1521,13 ± 150,43	105,19 ± 86,75	0,07 ± 0,0012	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0005
213	18413,30 ± 134,83	11097,35 ± 104,67	3901,84 ± 62,07	28534,70 ± 255,20	1124,65 ± 152,24	404,16 ± 90,32	0,14 ± 0,0012	0,01 ± 0,0007	0,00 ± 0,0004
214	9880,36 ± 134,48	6940,78 ± 112,71	2633,91 ± 69,43	13376,64 ± 203,33	82,22 ± 140,45	325,05 ± 85,25	0,11 ± 0,0017	0,00 ± 0,0012	0,00 ± 0,0007
215	9086,55 ± 82,82	5771,37 ± 66,00	2395,05 ± 42,52	16387,45 ± 179,81	1587,63 ± 108,24	300,95 ± 67,11	0,14 ± 0,0015	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0006
216	15105,31 ± 80,96	10317,28 ± 66,91	3276,93 ± 37,71	7984,69 ± 172,18	841,72 ± 125,05	175,02 ± 67,58	0,06 ± 0,0013	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0005
217	15909,27 ± 216,54	11175,98 ± 181,49	4241,10 ± 111,80	16003,73 ± 280,72	280,02 ± 210,70	132,90 ± 129,90	0,11 ± 0,0019	0,00 ± 0,0014	0,00 ± 0,0009
218	20473,60 ± 278,66	14382,34 ± 233,56	5457,86 ± 143,88	15661,40 ± 337,32	1086,98 ± 259,99	673,55 ± 159,18	0,09 ± 0,0018	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0009
219	14179,48 ± 76,00	9684,92 ± 62,81	3076,08 ± 35,40	16041,52 ± 189,73	4432,08 ± 134,40	413,92 ± 68,87	0,14 ± 0,0016	0,04 ± 0,0011	0,00 ± 0,0006

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
220	15846,72 ± 116,04	9550,52 ± 90,08	3357,98 ± 53,42	462,28 ± 172,55	582,48 ± 135,09	73,02 ± 79,27	0,00 ± 0,0010	0,00 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
221	12863,32 ± 175,08	9036,25 ± 146,74	3429,11 ± 90,40	2968,68 ± 215,60	682,94 ± 171,43	423,18 ± 104,78	0,02 ± 0,0014	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0007
222	9718,86 ± 88,58	6172,99 ± 70,60	2561,72 ± 45,48	17260,14 ± 186,62	7919,01 ± 138,12	1053,28 ± 75,39	0,17 ± 0,0019	0,08 ± 0,0014	0,01 ± 0,0008
223	24251,75 ± 177,58	14616,07 ± 137,86	5139,03 ± 81,75	4659,25 ± 245,86	375,93 ± 184,39	75,97 ± 109,08	0,02 ± 0,0010	0,00 ± 0,0007	0,00 ± 0,0004
224	7899,57 ± 107,52	5549,31 ± 90,12	2105,87 ± 55,51	9557,43 ± 170,35	165,69 ± 117,63	259,88 ± 69,50	0,13 ± 0,0023	0,00 ± 0,0016	0,00 ± 0,0009
225	16163,34 ± 118,36	9741,34 ± 91,88	3425,07 ± 54,48	11703,66 ± 204,63	1951,66 ± 141,90	651,93 ± 83,94	0,06 ± 0,0011	0,01 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
226	8486,14 ± 77,35	5390,02 ± 61,64	2236,79 ± 39,71	26402,86 ± 202,17	6621,98 ± 125,74	2123,21 ± 77,05	0,26 ± 0,0020	0,06 ± 0,0012	0,02 ± 0,0008
227	12574,05 ± 67,40	8588,37 ± 55,70	2727,80 ± 31,39	89041,95 ± 325,82	72022,63 ± 289,33	1130,20 ± 69,59	0,89 ± 0,0033	0,72 ± 0,0029	0,01 ± 0,0007
228	20943,29 ± 112,26	14304,76 ± 92,77	4543,42 ± 52,29	2417,71 ± 189,64	429,32 ± 151,09	242,67 ± 83,37	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0007	0,00 ± 0,0004
229	14558,88 ± 78,04	9944,06 ± 64,49	3158,39 ± 36,35	10163,12 ± 175,53	1755,94 ± 125,93	260,61 ± 68,85	0,09 ± 0,0016	0,02 ± 0,0011	0,00 ± 0,0006
230	22149,89 ± 301,48	15559,91 ± 252,68	5904,72 ± 155,66	20727,11 ± 365,74	1175,98 ± 280,34	728,70 ± 170,87	0,08 ± 0,0015	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0007
231	16240,30 ± 148,02	10315,11 ± 117,97	4280,65 ± 75,99	18893,70 ± 238,84	1710,89 ± 161,07	353,98 ± 99,19	0,09 ± 0,0011	0,01 ± 0,0007	0,00 ± 0,0004
232	13130,24 ± 178,71	9223,77 ± 149,79	3500,26 ± 92,27	18040,76 ± 251,22	2409,23 ± 184,58	13,74 ± 109,67	0,14 ± 0,0020	0,02 ± 0,0014	0,00 ± 0,0009
233	18156,33 ± 132,95	10942,48 ± 103,21	3847,39 ± 61,20	16557,67 ± 228,89	3637,52 ± 158,85	441,61 ± 89,64	0,09 ± 0,0012	0,02 ± 0,0009	0,00 ± 0,0005
234	12345,04 ± 168,03	8672,17 ± 140,83	3290,94 ± 86,75	5348,96 ± 214,31	655,42 ± 168,64	406,13 ± 102,47	0,04 ± 0,0016	0,00 ± 0,0012	0,00 ± 0,0008
235	24618,24 ± 131,95	16814,84 ± 109,05	5340,66 ± 61,46	24188,76 ± 257,33	748,16 ± 171,63	285,25 ± 93,66	0,11 ± 0,0012	0,00 ± 0,0008	0,00 ± 0,0004
236	25869,16 ± 138,66	17669,24 ± 114,60	5612,03 ± 64,58	18807,84 ± 252,79	1742,76 ± 180,40	198,97 ± 99,91	0,11 ± 0,0015	0,01 ± 0,0011	0,00 ± 0,0006
237	15362,03 ± 82,34	10492,63 ± 68,05	3332,63 ± 38,35	2369,97 ± 156,56	314,91 ± 122,10	178,00 ± 67,07	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0007	0,00 ± 0,0004
238	19599,08 ± 266,76	13768,01 ± 223,58	5224,73 ± 137,73	20809,92 ± 334,02	2390,99 ± 257,19	1304,27 ± 159,68	0,11 ± 0,0018	0,01 ± 0,0014	0,01 ± 0,0009
239	8723,55 ± 79,51	5540,81 ± 63,37	2299,37 ± 40,82	19459,45 ± 185,75	9389,19 ± 137,64	4972,63 ± 94,54	0,22 ± 0,0021	0,11 ± 0,0016	0,06 ± 0,0011
240	20227,43 ± 275,31	14209,41 ± 230,75	5392,23 ± 142,15	27441,57 ± 351,38	1428,59 ± 262,46	665,45 ± 157,82	0,15 ± 0,0019	0,01 ± 0,0015	0,00 ± 0,0009
241	16035,09 ± 85,95	10952,34 ± 71,03	3478,64 ± 40,03	1573,91 ± 158,10	695,66 ± 129,20	231,36 ± 72,89	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0008	0,00 ± 0,0004
242	3491,39 ± 47,52	2452,64 ± 39,83	930,73 ± 24,54	28376,61 ± 184,73	20348,36 ± 156,16	5591,27 ± 84,40	0,77 ± 0,0050	0,56 ± 0,0043	0,15 ± 0,0023
243	24409,57 ± 130,84	16672,31 ± 108,13	5295,39 ± 60,94	23562,43 ± 255,13	4476,69 ± 181,22	182,61 ± 95,87	0,13 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010	0,00 ± 0,0005
244	19399,64 ± 264,04	13627,91 ± 221,31	5171,56 ± 136,33	18553,36 ± 328,13	409,09 ± 251,03	638,22 ± 152,53	0,10 ± 0,0018	0,00 ± 0,0014	0,00 ± 0,0008

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
245	20249,92 ± 275,62	14225,21 ± 231,01	5398,23 ± 142,31	2712,08 ± 314,53	1075,11 ± 256,64	666,19 ± 157,10	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009	0,00 ± 0,0006
246	19461,54 ± 177,38	12361,10 ± 141,36	5129,71 ± 91,07	22245,46 ± 270,50	418,90 ± 181,01	424,20 ± 113,95	0,10 ± 0,0013	0,00 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
247	19152,16 ± 260,68	13454,06 ± 218,48	5105,59 ± 134,59	3042,84 ± 300,25	1016,82 ± 243,84	630,08 ± 148,93	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0007
248	49968,68 ± 267,83	34129,78 ± 221,35	10840,16 ± 124,75	58085,32 ± 424,01	16492,22 ± 315,62	8964,84 ± 188,06	0,11 ± 0,0008	0,03 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
249	11822,80 ± 107,76	7509,31 ± 85,88	3116,28 ± 55,32	10321,20 ± 183,73	743,69 ± 125,01	140,72 ± 79,48	0,07 ± 0,0012	0,01 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
250	34477,75 ± 184,80	23549,12 ± 152,73	7479,57 ± 86,07	8579,25 ± 277,86	706,77 ± 216,34	399,49 ± 119,38	0,03 ± 0,0010	0,00 ± 0,0007	0,00 ± 0,0004
251	20031,77 ± 272,65	14071,96 ± 228,52	5340,07 ± 140,77	3171,23 ± 312,31	1063,52 ± 253,29	659,02 ± 154,65	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0010	0,00 ± 0,0006
252	37135,95 ± 199,05	25364,73 ± 164,50	8056,24 ± 92,71	43374,05 ± 346,60	13244,27 ± 256,26	2281,76 ± 137,60	0,14 ± 0,0011	0,04 ± 0,0008	0,01 ± 0,0004
253	20249,92 ± 275,62	14225,21 ± 231,01	5398,23 ± 142,31	2712,08 ± 314,53	1075,11 ± 256,64	666,19 ± 157,10	0,01 ± 0,0016	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0008
254	14771,10 ± 108,16	8902,26 ± 83,97	3130,05 ± 49,79	13912,90 ± 200,96	2223,74 ± 134,82	439,95 ± 77,78	0,08 ± 0,0011	0,01 ± 0,0007	0,00 ± 0,0004
255	28125,69 ± 150,75	19210,51 ± 124,59	6101,56 ± 70,22	9874,31 ± 246,43	2293,49 ± 192,42	293,44 ± 106,42	0,05 ± 0,0012	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0005
256	24862,21 ± 133,26	16981,47 ± 110,13	5393,59 ± 62,07	24522,79 ± 259,12	5013,53 ± 184,73	1047,41 ± 101,46	0,11 ± 0,0012	0,02 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
256	20195,23 ± 147,88	12171,28 ± 114,80	4279,44 ± 68,07	14906,77 ± 238,68	1017,72 ± 162,38	347,56 ± 96,23	0,08 ± 0,0012	0,01 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
258	25695,03 ± 349,73	18050,31 ± 293,12	6849,79 ± 180,57	21719,97 ± 411,98	1364,20 ± 321,84	845,33 ± 197,71	0,09 ± 0,0018	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0008
259	11750,19 ± 86,04	7081,61 ± 66,80	2489,91 ± 39,61	1998,81 ± 145,44	133,39 ± 108,06	126,09 ± 64,69	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010	0,00 ± 0,0006
260	19116,89 ± 260,20	13429,28 ± 218,08	5096,18 ± 134,34	2936,11 ± 299,59	1014,95 ± 242,98	628,92 ± 148,45	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0007
261	18380,14 ± 250,17	12911,73 ± 209,68	4899,78 ± 129,17	22238,86 ± 321,25	4644,27 ± 248,03	18,22 ± 146,98	0,13 ± 0,0019	0,03 ± 0,0015	0,00 ± 0,0009
262	10505,18 ± 95,75	6672,42 ± 76,31	2768,98 ± 49,16	8023,82 ± 166,42	1493,58 ± 118,27	307,02 ± 74,11	0,07 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010	0,00 ± 0,0006
263	21761,56 ± 116,64	14863,66 ± 96,40	4720,93 ± 54,33	18070,44 ± 231,17	1762,34 ± 160,99	223,07 ± 88,86	0,09 ± 0,0012	0,01 ± 0,0008	0,00 ± 0,0004
264	16271,79 ± 119,15	9806,70 ± 92,50	3448,05 ± 54,85	15282,21 ± 213,89	1105,30 ± 139,53	304,95 ± 82,23	0,10 ± 0,0014	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0005
265	10166,99 ± 92,66	6457,62 ± 73,85	2679,83 ± 47,57	15152,01 ± 184,14	4328,38 ± 127,44	531,17 ± 73,99	0,15 ± 0,0018	0,04 ± 0,0012	0,01 ± 0,0007
266	34561,74 ± 185,25	23606,48 ± 153,10	7497,79 ± 86,28	32699,26 ± 318,71	3672,52 ± 225,21	320,21 ± 123,54	0,11 ± 0,0011	0,01 ± 0,0008	0,00 ± 0,0004
267	23672,66 ± 126,89	16168,98 ± 104,87	5135,53 ± 59,10	20200,34 ± 244,89	2667,02 ± 172,72	665,47 ± 96,40	0,13 ± 0,0016	0,02 ± 0,0011	0,00 ± 0,0006
268	21710,95 ± 295,50	15251,56 ± 247,67	5787,71 ± 152,57	10830,05 ± 346,21	1152,68 ± 276,24	714,26 ± 170,25	0,05 ± 0,0016	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0008
269	18528,19 ± 252,18	13015,73 ± 211,37	4939,25 ± 130,21	12190,81 ± 307,11	983,70 ± 239,92	609,55 ± 147,21	0,07 ± 0,0019	0,01 ± 0,0014	0,00 ± 0,0009

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
270	14377,05 ± 105,28	8664,78 ± 81,73	3046,55 ± 48,46	8538,95 ± 184,39	553,22 ± 126,09	225,50 ± 73,18	0,06 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009	0,00 ± 0,0005
271	12443,71 ± 113,42	7903,69 ± 90,39	3279,94 ± 58,23	13183,29 ± 196,19	325,31 ± 128,06	271,23 ± 80,35	0,08 ± 0,0012	0,00 ± 0,0008	0,00 ± 0,0005
272	24489,72 ± 131,27	16727,05 ± 108,48	5312,78 ± 61,14	65181,28 ± 326,96	35160,95 ± 252,30	17553,22 ± 163,11	0,27 ± 0,0014	0,15 ± 0,0011	0,07 ± 0,0007
100 a	9697,22 ± 67,39	6168,40 ± 53,74	3574,24 ± 40,91	7433,78 ± 147,21	540,60 ± 97,97	165,76 ± 73,58	0,09 ± 0,0018	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,0009
100 b	11079,06 ± 76,99	7047,39 ± 61,40	4083,56 ± 46,74	7994,94 ± 158,12	1117,61 ± 109,25	122,44 ± 79,94	0,09 ± 0,0018	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
114a	11107,48 ± 96,27	7135,22 ± 77,16	4074,88 ± 58,31	32067,52 ± 229,00	6610,78 ± 140,35	1182,12 ± 93,04	0,36 ± 0,0026	0,07 ± 0,0016	0,01 ± 0,0010
114b	14145,64 ± 133,22	9234,69 ± 107,64	5318,73 ± 81,69	37813,36 ± 264,02	7816,31 ± 169,23	969,27 ± 113,85	0,31 ± 0,0022	0,06 ± 0,0014	0,01 ± 0,0009
133a	10459,29 ± 79,57	7080,41 ± 65,47	3835,90 ± 48,19	20341,71 ± 192,70	1198,59 ± 112,09	223,10 ± 79,88	0,23 ± 0,0022	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
133b	11845,07 ± 102,66	7609,03 ± 82,28	4345,47 ± 62,18	21062,93 ± 208,44	670,97 ± 122,68	124,53 ± 91,30	0,22 ± 0,0022	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010
154a	10962,40 ± 83,40	7420,98 ± 68,62	4020,41 ± 50,50	28848,60 ± 216,25	4188,02 ± 127,74	1965,59 ± 92,39	0,39 ± 0,0029	0,06 ± 0,0017	0,03 ± 0,0013
154b	12521,99 ± 81,50	8320,59 ± 66,43	4689,38 ± 49,87	26956,01 ± 214,76	2797,41 ± 124,62	1788,62 ± 94,69	0,34 ± 0,0027	0,03 ± 0,0016	0,02 ± 0,0012
169a	10733,97 ± 74,59	6827,88 ± 59,49	3956,37 ± 45,28	37529,03 ± 232,01	4394,12 ± 121,50	1769,63 ± 88,19	0,45 ± 0,0028	0,05 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
169b	10270,15 ± 71,37	6532,85 ± 56,92	3785,41 ± 43,33	23523,85 ± 197,20	2593,15 ± 111,20	682,59 ± 79,66	0,30 ± 0,0025	0,03 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010
190a	11440,20 ± 74,46	7601,76 ± 60,69	4284,26 ± 45,56	23769,80 ± 201,88	5769,24 ± 130,59	2172,74 ± 92,37	0,33 ± 0,0028	0,08 ± 0,0018	0,03 ± 0,0013
190b	12028,45 ± 78,29	7992,64 ± 63,81	4504,56 ± 47,91	27807,55 ± 214,39	2172,36 ± 119,32	930,44 ± 87,92	0,32 ± 0,0025	0,03 ± 0,0014	0,01 ± 0,0010
26a	14010,49 ± 91,19	9309,66 ± 74,33	5246,81 ± 55,80	10006,51 ± 179,81	2265,34 ± 130,77	999,19 ± 96,75	0,07 ± 0,0013	0,02 ± 0,0010	0,01 ± 0,0007
26b	6912,16 ± 44,99	4592,98 ± 36,67	2588,55 ± 27,53	16814,84 ± 160,47	4058,02 ± 99,98	1462,45 ± 69,35	0,38 ± 0,0037	0,09 ± 0,0023	0,03 ± 0,0016
30a	11611,28 ± 100,63	7458,85 ± 80,66	4259,71 ± 60,95	35206,72 ± 238,63	7676,15 ± 147,11	3694,29 ± 108,02	0,31 ± 0,0021	0,07 ± 0,0013	0,03 ± 0,0009
30b	10826,13 ± 93,83	6954,49 ± 75,20	3971,67 ± 56,83	22934,87 ± 206,31	3160,51 ± 125,58	1834,33 ± 95,06	0,25 ± 0,0022	0,03 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
36a	11265,23 ± 97,63	7236,56 ± 78,25	4132,76 ± 59,14	15037,77 ± 189,30	7438,44 ± 144,22	1002,24 ± 92,91	0,16 ± 0,0020	0,08 ± 0,0016	0,01 ± 0,0010
36b	10583,05 ± 73,54	6731,88 ± 58,65	3900,74 ± 44,65	78,95 ± 126,77	271,78 ± 99,84	207,21 ± 76,51	0,00 ± 0,0011	0,00 ± 0,0009	0,00 ± 0,0007
55a	11555,77 ± 108,83	7543,95 ± 87,93	4344,95 ± 66,73	34720,23 ± 241,08	7715,05 ± 151,63	1406,05 ± 101,02	0,34 ± 0,0024	0,08 ± 0,0015	0,01 ± 0,0010
55b	10604,67 ± 69,02	7046,57 ± 56,26	3971,36 ± 42,24	5461,33 ± 144,32	5137,43 ± 123,89	1377,64 ± 84,46	0,08 ± 0,0020	0,07 ± 0,0017	0,02 ± 0,0012
58a	9542,90 ± 89,88	6229,89 ± 72,62	3588,11 ± 55,11	23597,10 ± 203,02	710,11 ± 110,51	277,89 ± 83,09	0,27 ± 0,0024	0,01 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010
58b	22091,19 ± 153,51	14052,21 ± 122,43	8142,45 ± 93,20	53919,81 ± 315,56	2329,79 ± 177,12	353,55 ± 131,08	0,27 ± 0,0016	0,01 ± 0,0009	0,00 ± 0,0006

Amo	BG_K	BG_U	BG_{Th}	Net_K	Net_U	Net_{Th}	$K(cpm/g)$	$U(cpm/g)$	$Th(cpm/g)$
69a	10880,38 ± 75,61	6921,01 ± 60,30	4010,33 ± 45,90	22970,62 ± 198,92	2823,99 ± 115,68	109,67 ± 78,91	0,26 ± 0,0022	0,03 ± 0,0013	0,00 ± 0,0009
69b	11759,78 ± 76,54	7814,12 ± 62,39	4403,94 ± 46,84	22466,22 ± 200,21	4240,88 ± 126,28	796,06 ± 85,99	0,29 ± 0,0026	0,05 ± 0,0016	0,01 ± 0,0011
71a	11063,73 ± 84,17	7489,58 ± 69,25	4057,58 ± 50,97	7326,27 ± 159,61	1598,42 ± 117,83	421,42 ± 84,13	0,08 ± 0,0018	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,0010
71b	10695,40 ± 100,73	6982,27 ± 81,39	4021,45 ± 61,77	11528,60 ± 179,92	3181,73 ± 129,57	1652,55 ± 97,41	0,09 ± 0,0013	0,02 ± 0,0010	0,01 ± 0,0007
71c	10673,23 ± 69,47	7092,13 ± 56,62	3997,04 ± 42,51	21537,77 ± 192,45	2656,87 ± 113,82	1185,96 ± 83,61	0,32 ± 0,0029	0,04 ± 0,0017	0,02 ± 0,0012
71d	11084,42 ± 96,07	7120,41 ± 77,00	4066,43 ± 58,19	9249,58 ± 171,94	1269,59 ± 119,66	243,57 ± 87,73	0,09 ± 0,0016	0,01 ± 0,0011	0,00 ± 0,0008
78a	9557,26 ± 82,83	6139,39 ± 66,39	3506,17 ± 50,17	32878,74 ± 222,03	3798,61 ± 119,77	1200,83 ± 84,99	0,46 ± 0,0031	0,05 ± 0,0017	0,02 ± 0,0012
78b	10713,59 ± 92,85	6882,19 ± 74,42	3930,38 ± 56,24	36545,41 ± 236,39	5373,81 ± 133,40	822,62 ± 88,97	0,46 ± 0,0030	0,07 ± 0,0017	0,01 ± 0,0011
81a	10969,83 ± 95,07	7046,80 ± 76,20	4024,39 ± 57,59	26957,17 ± 216,72	3391,20 ± 127,45	1192,61 ± 92,37	0,26 ± 0,0021	0,03 ± 0,0012	0,01 ± 0,0009
81b	10963,14 ± 95,02	7042,50 ± 76,15	4021,93 ± 57,55	24932,86 ± 211,95	2759,50 ± 124,91	1545,07 ± 94,23	0,28 ± 0,0023	0,03 ± 0,0014	0,02 ± 0,0010
84a	11832,15 ± 77,01	7862,21 ± 62,77	4431,04 ± 47,13	26852,85 ± 211,22	4731,79 ± 128,59	2046,96 ± 93,27	0,32 ± 0,0025	0,06 ± 0,0015	0,02 ± 0,0011
84b	12430,52 ± 117,07	8115,01 ± 94,59	4673,85 ± 71,79	31066,48 ± 239,17	1868,99 ± 137,59	390,15 ± 101,08	0,31 ± 0,0024	0,02 ± 0,0014	0,00 ± 0,0010
8a	10844,87 ± 82,50	7341,42 ± 67,88	3977,31 ± 49,96	25981,13 ± 208,88	3530,58 ± 124,42	2142,69 ± 92,82	0,34 ± 0,0027	0,05 ± 0,0016	0,03 ± 0,0012
8b	11031,68 ± 95,61	7086,52 ± 76,63	4047,07 ± 57,91	8893,32 ± 170,49	6750,48 ± 140,39	1936,93 ± 96,63	0,07 ± 0,0014	0,06 ± 0,0012	0,02 ± 0,0008

ANEXO C - Interferência Compton e determinação da taxa de contagem para os dados de Duarte (2002).

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
1	0,0247 ± 0,00004	0,0211 ± 0,0011	0,0015 ± 0,0005	0,0056 ± 0,0009	0,0040 ± 0,00023	0,0047 ± 0,00006	0,22 ± 0,0027	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00056
2	0,0247 ± 0,00005	0,0458 ± 0,0013	0,0063 ± 0,0007	0,0174 ± 0,0010	0,0046 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000068	0,24 ± 0,0030	0,05 ± 0,002	0,00 ± 0,00050
3	0,0247 ± 0,00005	0,0244 ± 0,0012	0,0032 ± 0,0007	0,0101 ± 0,0010	0,0039 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000062	0,20 ± 0,0028	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00065
4	0,0247 ± 0,00004	0,0193 ± 0,0011	0,0010 ± 0,0005	0,0040 ± 0,0009	0,0043 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000064	0,25 ± 0,0028	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00041
5	0,0247 ± 0,00004	0,0336 ± 0,0011	0,0022 ± 0,0005	0,0076 ± 0,0009	0,0045 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000060	0,25 ± 0,0027	0,04 ± 0,001	0,00 ± 0,00053
7	0,0247 ± 0,00004	0,0017 ± 0,0011	0,0007 ± 0,0005	0,0028 ± 0,0009	0,0003 ± 0,00030	0,0045 ± 0,000038	0,00 ± 0,0005	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00053
9	0,0247 ± 0,00004	0,0172 ± 0,0011	0,0009 ± 0,0005	0,0037 ± 0,0009	0,0041 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000059	0,23 ± 0,0026	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00057
10	0,0245 ± 0,00006	0,1297 ± 0,0015	0,0860 ± 0,0013	0,1419 ± 0,0015	0,0058 ± 0,00024	0,0048 ± 0,000071	0,17 ± 0,0034	0,10 ± 0,002	0,13 ± 0,00161
11	0,0247 ± 0,00006	0,0485 ± 0,0015	0,0088 ± 0,0009	0,0227 ± 0,0013	0,0057 ± 0,00031	0,0048 ± 0,000090	0,36 ± 0,0039	0,05 ± 0,002	0,00 ± 0,00052
12	0,0247 ± 0,00004	0,0258 ± 0,0011	0,0059 ± 0,0006	0,0166 ± 0,0010	0,0036 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000056	0,16 ± 0,0026	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00052
13	0,0247 ± 0,00004	0,0388 ± 0,0011	0,0054 ± 0,0006	0,0153 ± 0,0009	0,0044 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000061	0,23 ± 0,0027	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00046
14	0,0247 ± 0,00004	0,0199 ± 0,0011	0,0027 ± 0,0006	0,0089 ± 0,0009	0,0043 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000059	0,25 ± 0,0026	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00059
15	0,0247 ± 0,00005	0,0229 ± 0,0012	0,0050 ± 0,0007	0,0146 ± 0,0010	0,0036 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000059	0,17 ± 0,0027	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00055
16	0,0247 ± 0,00006	0,0025 ± 0,0016	0,0012 ± 0,0007	0,0045 ± 0,0013	0,0002 ± 0,00054	0,0045 ± 0,000057	0,01 ± 0,0008	0,00 ± 0,002	0,00 ± 0,00085
17	0,0247 ± 0,00004	0,0364 ± 0,0011	0,0084 ± 0,0007	0,0220 ± 0,0009	0,0067 ± 0,00025	0,0049 ± 0,000077	0,50 ± 0,0032	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00041
18	0,0247 ± 0,00005	0,0387 ± 0,0013	0,0085 ± 0,0008	0,0221 ± 0,0011	0,0062 ± 0,00026	0,0049 ± 0,000079	0,43 ± 0,0034	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00059
19	0,0247 ± 0,00004	0,0091 ± 0,0011	0,0031 ± 0,0006	0,0099 ± 0,0010	0,0041 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000061	0,24 ± 0,0027	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00055
20	0,0247 ± 0,00004	0,0015 ± 0,0012	0,0008 ± 0,0005	0,0032 ± 0,0009	0,0001 ± 0,00050	0,0045 ± 0,000042	0,01 ± 0,0006	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00060
21	0,0247 ± 0,00006	0,0523 ± 0,0015	0,0168 ± 0,0010	0,0383 ± 0,0013	0,0057 ± 0,00028	0,0048 ± 0,000082	0,35 ± 0,0037	0,05 ± 0,002	0,01 ± 0,00141
23	0,0247 ± 0,00003	0,0021 ± 0,0010	0,0006 ± 0,0004	0,0026 ± 0,0008	0,0002 ± 0,00029	0,0045 ± 0,000035	0,00 ± 0,0005	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
24	0,0246 ± 0,00005	0,1092 ± 0,0013	0,0007 ± 0,0004	0,0028 ± 0,0008	0,0042 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000056	0,15 ± 0,0026	0,16 ± 0,002	0,00 ± 0,00045
25	0,0246 ± 0,00006	0,0719 ± 0,0015	0,0123 ± 0,0009	0,0299 ± 0,0012	0,0063 ± 0,00028	0,0049 ± 0,000085	0,40 ± 0,0037	0,08 ± 0,002	0,00 ± 0,00130
27	0,0247 ± 0,00004	0,0017 ± 0,0011	0,0007 ± 0,0005	0,0030 ± 0,0009	0,0004 ± 0,00028	0,0045 ± 0,000039	0,00 ± 0,0020	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00055

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
28	0,0247 ± 0,00003	0,0068 ± 0,0008	0,0008 ± 0,0004	0,0032 ± 0,0007	0,0006 ± 0,00020	0,0045 ± 0,000031	0,00 ± 0,0016	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00041
29	0,0247 ± 0,00004	0,0312 ± 0,0011	0,0079 ± 0,0006	0,0209 ± 0,0009	0,0062 ± 0,00024	0,0049 ± 0,000071	0,43 ± 0,0030	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00049
31	0,0247 ± 0,00004	0,0476 ± 0,0012	0,0002 ± 0,0004	0,0010 ± 0,0009	0,0038 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000057	0,18 ± 0,0026	0,06 ± 0,001	0,00 ± 0,00046
32	0,0247 ± 0,00004	0,0267 ± 0,0011	0,0032 ± 0,0006	0,0101 ± 0,0009	0,0032 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000053	0,13 ± 0,0025	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00057
33	0,0247 ± 0,00004	0,0246 ± 0,0011	0,0032 ± 0,0006	0,0102 ± 0,0010	0,0043 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000060	0,24 ± 0,0027	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00060
34	0,0247 ± 0,00004	0,0109 ± 0,0011	0,0014 ± 0,0006	0,0051 ± 0,0010	0,0019 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000047	0,06 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00052
35	0,0247 ± 0,00005	0,0277 ± 0,0012	0,0008 ± 0,0006	0,0034 ± 0,0010	0,0031 ± 0,00023	0,0046 ± 0,000057	0,14 ± 0,0027	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00063
37	0,0246 ± 0,00006	0,0665 ± 0,0015	0,0112 ± 0,0009	0,0277 ± 0,0012	0,0047 ± 0,00027	0,0047 ± 0,000074	0,22 ± 0,0034	0,08 ± 0,002	0,00 ± 0,00129
38	0,0247 ± 0,00004	0,0149 ± 0,0009	0,0009 ± 0,0004	0,0037 ± 0,0008	0,0035 ± 0,00020	0,0047 ± 0,000051	0,18 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00040
39	0,0247 ± 0,00004	0,0032 ± 0,0010	0,0007 ± 0,0005	0,0029 ± 0,0008	0,0007 ± 0,00024	0,0045 ± 0,000039	0,01 ± 0,0020	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00054
40	0,0247 ± 0,00005	0,0501 ± 0,0013	0,0040 ± 0,0007	0,0122 ± 0,0010	0,0048 ± 0,00025	0,0048 ± 0,000070	0,26 ± 0,0031	0,06 ± 0,002	0,00 ± 0,00060
41	0,0247 ± 0,00004	0,0144 ± 0,0010	0,0002 ± 0,0004	0,0011 ± 0,0008	0,0036 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000053	0,19 ± 0,0024	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00044
42	0,0247 ± 0,00004	0,0171 ± 0,0011	0,0018 ± 0,0006	0,0063 ± 0,0009	0,0044 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000061	0,26 ± 0,0027	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00058
43	0,0247 ± 0,00003	0,0024 ± 0,0009	0,0004 ± 0,0004	0,0021 ± 0,0007	0,0005 ± 0,00022	0,0045 ± 0,000032	0,01 ± 0,0016	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00038
44	0,0247 ± 0,00004	0,0369 ± 0,0011	0,0024 ± 0,0005	0,0082 ± 0,0009	0,0047 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000063	0,27 ± 0,0028	0,04 ± 0,001	0,00 ± 0,00043
45	0,0247 ± 0,00003	0,0178 ± 0,0009	0,0004 ± 0,0004	0,0018 ± 0,0008	0,0047 ± 0,00018	0,0047 ± 0,000051	0,30 ± 0,0022	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00046
46	0,0247 ± 0,00004	0,0132 ± 0,0011	0,0005 ± 0,0005	0,0022 ± 0,0009	0,0043 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000059	0,26 ± 0,0027	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00059
47	0,0247 ± 0,00004	0,0264 ± 0,0009	0,0003 ± 0,0004	0,0016 ± 0,0008	0,0040 ± 0,00020	0,0047 ± 0,000052	0,22 ± 0,0023	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00040
48	0,0247 ± 0,00004	0,0248 ± 0,0011	0,0013 ± 0,0005	0,0050 ± 0,0009	0,0054 ± 0,00023	0,0048 ± 0,000066	0,36 ± 0,0029	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00056
49	0,0247 ± 0,00004	0,0187 ± 0,0011	0,0004 ± 0,0005	0,0020 ± 0,0009	0,0037 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000058	0,20 ± 0,0026	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00058
50	0,0247 ± 0,00004	0,0123 ± 0,0011	0,0005 ± 0,0005	0,0021 ± 0,0010	0,0039 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000058	0,22 ± 0,0026	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00059
51	0,0247 ± 0,00004	0,0094 ± 0,0011	0,0013 ± 0,0005	0,0049 ± 0,0009	0,0027 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000050	0,12 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
52	0,0247 ± 0,00004	0,0123 ± 0,0012	0,0010 ± 0,0005	0,0038 ± 0,0010	0,0038 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000062	0,21 ± 0,0028	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00047
53	0,0247 ± 0,00003	0,0280 ± 0,0008	0,0010 ± 0,0004	0,0040 ± 0,0007	0,0043 ± 0,00016	0,0047 ± 0,000044	0,25 ± 0,0020	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00043

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
54	0,0247 ± 0,00004	0,0076 ± 0,0010	0,0005 ± 0,0004	0,0022 ± 0,0008	0,0005 ± 0,00025	0,0045 ± 0,000036	0,00 ± 0,0004	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00040
56	0,0247 ± 0,00005	0,0359 ± 0,0013	0,0044 ± 0,0007	0,0130 ± 0,0011	0,0055 ± 0,00027	0,0048 ± 0,000078	0,36 ± 0,0034	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00054
57	0,0247 ± 0,00004	0,0146 ± 0,0010	0,0013 ± 0,0005	0,0050 ± 0,0008	0,0034 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000052	0,17 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00050
59	0,0247 ± 0,00005	0,0313 ± 0,0012	0,0020 ± 0,0006	0,0070 ± 0,0010	0,0046 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000069	0,26 ± 0,0030	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00054
60	0,0246 ± 0,00005	0,1058 ± 0,0013	0,0045 ± 0,0005	0,0132 ± 0,0008	0,0058 ± 0,00023	0,0048 ± 0,000067	0,33 ± 0,0029	0,15 ± 0,002	0,00 ± 0,00042
61	0,0247 ± 0,00005	0,0252 ± 0,0012	0,0079 ± 0,0007	0,0210 ± 0,0010	0,0064 ± 0,00026	0,0049 ± 0,000078	0,46 ± 0,0033	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00053
62	0,0247 ± 0,00005	0,0463 ± 0,0013	0,0067 ± 0,0007	0,0183 ± 0,0011	0,0047 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000070	0,25 ± 0,0032	0,05 ± 0,002	0,00 ± 0,00064
63	0,0247 ± 0,00004	0,0006 ± 0,0011	0,0000 ± 0,0003	0,0000 ± 0,0010	0,0005 ± 0,00027	0,0045 ± 0,000038	0,01 ± 0,0020	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00046
64	0,0247 ± 0,00005	0,0217 ± 0,0012	0,0039 ± 0,0007	0,0118 ± 0,0010	0,0041 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000064	0,22 ± 0,0029	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00062
65	0,0247 ± 0,00004	0,0141 ± 0,0011	0,0009 ± 0,0005	0,0036 ± 0,0009	0,0046 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000061	0,29 ± 0,0027	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
66	0,0247 ± 0,00004	0,0091 ± 0,0010	0,0005 ± 0,0004	0,0024 ± 0,0008	0,0036 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000056	0,19 ± 0,0025	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00045
67	0,0247 ± 0,00004	0,0099 ± 0,0010	0,0009 ± 0,0004	0,0035 ± 0,0008	0,0038 ± 0,00020	0,0047 ± 0,000052	0,21 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00044
68	0,0247 ± 0,00005	0,0426 ± 0,0014	0,0102 ± 0,0008	0,0257 ± 0,0012	0,0051 ± 0,00027	0,0048 ± 0,000075	0,29 ± 0,0033	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00061
70	0,0247 ± 0,00005	0,0518 ± 0,0013	0,0131 ± 0,0008	0,0315 ± 0,0011	0,0051 ± 0,00025	0,0048 ± 0,000072	0,28 ± 0,0032	0,05 ± 0,002	0,00 ± 0,00117
72	0,0247 ± 0,00003	0,0020 ± 0,0010	0,0006 ± 0,0004	0,0027 ± 0,0008	0,0002 ± 0,00030	0,0045 ± 0,000034	0,00 ± 0,0005	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00050
73	0,0247 ± 0,00005	0,0201 ± 0,0013	0,0057 ± 0,0007	0,0161 ± 0,0011	0,0046 ± 0,00026	0,0047 ± 0,000072	0,27 ± 0,0032	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00053
74	0,0247 ± 0,00004	0,0265 ± 0,0011	0,0026 ± 0,0006	0,0085 ± 0,0009	0,0045 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000064	0,26 ± 0,0028	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
75	0,0247 ± 0,00003	0,0003 ± 0,0011	0,0002 ± 0,0004	0,0009 ± 0,0008	0,0004 ± 0,00026	0,0045 ± 0,000036	0,01 ± 0,0019	0,00 ± 0,000	0,00 ± 0,00042
76	0,0247 ± 0,00004	0,0240 ± 0,0011	0,0012 ± 0,0005	0,0048 ± 0,0009	0,0043 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000063	0,24 ± 0,0027	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00046
77	0,0247 ± 0,00004	0,0350 ± 0,0011	0,0010 ± 0,0005	0,0039 ± 0,0009	0,0042 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000060	0,23 ± 0,0027	0,04 ± 0,001	0,00 ± 0,00047
79	0,0247 ± 0,00004	0,0149 ± 0,0010	0,0002 ± 0,0004	0,0010 ± 0,0008	0,0039 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000055	0,22 ± 0,0024	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00042
80	0,0247 ± 0,00004	0,0120 ± 0,0011	0,0017 ± 0,0006	0,0060 ± 0,0009	0,0040 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000060	0,22 ± 0,0027	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00047
82	0,0247 ± 0,00004	0,0056 ± 0,0010	0,0003 ± 0,0004	0,0014 ± 0,0009	0,0005 ± 0,00026	0,0045 ± 0,000037	0,00 ± 0,0019	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00043
83	0,0247 ± 0,00004	0,0026 ± 0,0010	0,0005 ± 0,0004	0,0023 ± 0,0008	0,0003 ± 0,00029	0,0045 ± 0,000036	0,00 ± 0,0004	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00043

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
85	0,0247 ± 0,00004	0,0021 ± 0,0013	0,0003 ± 0,0005	0,0014 ± 0,0010	0,0012 ± 0,00025	0,0045 ± 0,000047	0,03 ± 0,0024	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00055
86	0,0247 ± 0,00004	0,0030 ± 0,0010	0,0006 ± 0,0005	0,0026 ± 0,0009	0,0012 ± 0,00022	0,0045 ± 0,000041	0,03 ± 0,0020	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
87	0,0247 ± 0,00003	0,0023 ± 0,0008	0,0004 ± 0,0003	0,0020 ± 0,0007	0,0016 ± 0,00017	0,0046 ± 0,000035	0,05 ± 0,0017	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00037
88	0,0247 ± 0,00005	0,0435 ± 0,0012	0,0080 ± 0,0007	0,0210 ± 0,0010	0,0044 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000060	0,22 ± 0,0027	0,05 ± 0,002	0,00 ± 0,00052
90	0,0246 ± 0,00005	0,0571 ± 0,0013	0,0092 ± 0,0007	0,0236 ± 0,0010	0,0047 ± 0,00023	0,0048 ± 0,000065	0,24 ± 0,0029	0,07 ± 0,002	0,00 ± 0,00052
91	0,0247 ± 0,00005	0,0309 ± 0,0013	0,0013 ± 0,0006	0,0049 ± 0,0010	0,0032 ± 0,00024	0,0046 ± 0,000058	0,14 ± 0,0027	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00064
92	0,0247 ± 0,00004	0,0241 ± 0,0011	0,0026 ± 0,0006	0,0086 ± 0,0009	0,0046 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000064	0,28 ± 0,0028	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
93	0,0247 ± 0,00004	0,0319 ± 0,0011	0,0042 ± 0,0006	0,0126 ± 0,0009	0,0038 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000053	0,18 ± 0,0024	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00052
94	0,0247 ± 0,00005	0,0269 ± 0,0013	0,0072 ± 0,0007	0,0194 ± 0,0011	0,0041 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000066	0,21 ± 0,0030	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00061
95	0,0247 ± 0,00006	0,0394 ± 0,0016	0,0104 ± 0,0009	0,0260 ± 0,0013	0,0052 ± 0,00031	0,0048 ± 0,000089	0,31 ± 0,0039	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00065
96	0,0247 ± 0,00005	0,0242 ± 0,0012	0,0030 ± 0,0006	0,0096 ± 0,0010	0,0044 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000066	0,25 ± 0,0029	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00063
97	0,0247 ± 0,00003	0,0012 ± 0,0009	0,0005 ± 0,0004	0,0022 ± 0,0007	0,0039 ± 0,00018	0,0047 ± 0,000047	0,23 ± 0,0021	0,00 ± 0,000	0,00 ± 0,00042
98	0,0247 ± 0,00004	0,0109 ± 0,0011	0,0009 ± 0,0005	0,0036 ± 0,0009	0,0033 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000055	0,17 ± 0,0025	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
99	0,0247 ± 0,00003	0,0199 ± 0,0009	0,0030 ± 0,0005	0,0096 ± 0,0008	0,0046 ± 0,00020	0,0047 ± 0,000054	0,27 ± 0,0023	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00041
101	0,0247 ± 0,00005	0,0192 ± 0,0012	0,0032 ± 0,0006	0,0101 ± 0,0010	0,0028 ± 0,00023	0,0046 ± 0,000055	0,11 ± 0,0026	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00063
102	0,0247 ± 0,00005	0,0339 ± 0,0014	0,0062 ± 0,0008	0,0172 ± 0,0012	0,0057 ± 0,00027	0,0048 ± 0,000079	0,38 ± 0,0035	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00070
103	0,0247 ± 0,00005	0,0238 ± 0,0012	0,0032 ± 0,0006	0,0102 ± 0,0010	0,0044 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000067	0,25 ± 0,0030	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00059
104	0,0247 ± 0,00004	0,0353 ± 0,0012	0,0049 ± 0,0006	0,0142 ± 0,0010	0,0042 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000060	0,22 ± 0,0027	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00057
105	0,0247 ± 0,00004	0,0543 ± 0,0011	0,0036 ± 0,0006	0,0112 ± 0,0009	0,0051 ± 0,00020	0,0048 ± 0,000057	0,30 ± 0,0025	0,07 ± 0,001	0,00 ± 0,00057
106	0,0247 ± 0,00004	0,0525 ± 0,0011	0,0010 ± 0,0005	0,0040 ± 0,0008	0,0034 ± 0,00020	0,0047 ± 0,000051	0,13 ± 0,0023	0,07 ± 0,001	0,00 ± 0,00043
107	0,0247 ± 0,00004	0,0090 ± 0,0010	0,0002 ± 0,0004	0,0012 ± 0,0009	0,0042 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000058	0,25 ± 0,0026	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00045
108	0,0247 ± 0,00004	0,0215 ± 0,0011	0,0053 ± 0,0006	0,0151 ± 0,0009	0,0035 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000054	0,16 ± 0,0025	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00055
109	0,0247 ± 0,00004	0,0073 ± 0,0010	0,0001 ± 0,0004	0,0004 ± 0,0009	0,0039 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000057	0,23 ± 0,0025	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00046
110	0,0247 ± 0,00005	0,0265 ± 0,0012	0,0040 ± 0,0007	0,0122 ± 0,0010	0,0041 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000064	0,22 ± 0,0029	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00063

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
111	0,0247 ± 0,00003	0,0264 ± 0,0009	0,0038 ± 0,0005	0,0118 ± 0,0008	0,0044 ± 0,00018	0,0047 ± 0,000049	0,25 ± 0,0022	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00046
112	0,0247 ± 0,00004	0,0098 ± 0,0011	0,0007 ± 0,0005	0,0031 ± 0,0009	0,0041 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000057	0,24 ± 0,0025	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00055
113	0,0246 ± 0,00006	0,0658 ± 0,0015	0,0090 ± 0,0008	0,0232 ± 0,0012	0,0061 ± 0,00027	0,0049 ± 0,000080	0,39 ± 0,0035	0,08 ± 0,002	0,00 ± 0,00071
115	0,0247 ± 0,00006	0,0278 ± 0,0014	0,0052 ± 0,0008	0,0149 ± 0,0012	0,0048 ± 0,00028	0,0048 ± 0,000078	0,29 ± 0,0035	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00063
116	0,0246 ± 0,00005	0,0603 ± 0,0013	0,0014 ± 0,0006	0,0053 ± 0,0010	0,0045 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000067	0,23 ± 0,0030	0,08 ± 0,002	0,00 ± 0,00061
117	0,0247 ± 0,00004	0,0237 ± 0,0012	0,0031 ± 0,0006	0,0099 ± 0,0010	0,0033 ± 0,00023	0,0046 ± 0,000057	0,15 ± 0,0026	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00046
118	0,0247 ± 0,00004	0,0146 ± 0,0011	0,0018 ± 0,0005	0,0064 ± 0,0009	0,0038 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000056	0,21 ± 0,0025	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00056
119	0,0247 ± 0,00005	0,0532 ± 0,0013	0,0024 ± 0,0006	0,0080 ± 0,0010	0,0045 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000065	0,23 ± 0,0029	0,07 ± 0,002	0,00 ± 0,00055
120	0,0247 ± 0,00004	0,0107 ± 0,0012	0,0002 ± 0,0005	0,0011 ± 0,0010	0,0031 ± 0,00024	0,0046 ± 0,000058	0,16 ± 0,0027	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00054
121	0,0247 ± 0,00004	0,0155 ± 0,0010	0,0006 ± 0,0004	0,0026 ± 0,0008	0,0017 ± 0,00020	0,0046 ± 0,000042	0,05 ± 0,0020	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
122	0,0247 ± 0,00004	0,0053 ± 0,0012	0,0001 ± 0,0005	0,0008 ± 0,0010	0,0005 ± 0,00031	0,0045 ± 0,000045	0,00 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00060
123	0,0246 ± 0,00005	0,0623 ± 0,0012	0,0050 ± 0,0006	0,0144 ± 0,0010	0,0051 ± 0,00023	0,0048 ± 0,000066	0,28 ± 0,0029	0,08 ± 0,002	0,00 ± 0,00056
124	0,0247 ± 0,00004	0,0292 ± 0,0010	0,0013 ± 0,0005	0,0048 ± 0,0008	0,0046 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000057	0,27 ± 0,0025	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00042
125	0,0247 ± 0,00005	0,0361 ± 0,0012	0,0051 ± 0,0006	0,0147 ± 0,0010	0,0046 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000064	0,26 ± 0,0028	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00056
126	0,0247 ± 0,00004	0,0223 ± 0,0011	0,0014 ± 0,0005	0,0053 ± 0,0009	0,0041 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000058	0,23 ± 0,0026	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00058
127	0,0247 ± 0,00003	0,0023 ± 0,0010	0,0006 ± 0,0004	0,0028 ± 0,0008	0,0005 ± 0,00025	0,0045 ± 0,000035	0,00 ± 0,0018	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00051
128	0,0247 ± 0,00005	0,0082 ± 0,0013	0,0013 ± 0,0006	0,0051 ± 0,0011	0,0040 ± 0,00026	0,0047 ± 0,000069	0,24 ± 0,0031	0,00 ± 0,002	0,00 ± 0,00059
129	0,0247 ± 0,00004	0,0149 ± 0,0011	0,0008 ± 0,0005	0,0032 ± 0,0009	0,0041 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000059	0,23 ± 0,0026	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00058
130	0,0247 ± 0,00003	0,0180 ± 0,0009	0,0010 ± 0,0004	0,0039 ± 0,0008	0,0049 ± 0,00021	0,0048 ± 0,000058	0,32 ± 0,0025	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00040
131	0,0247 ± 0,00004	0,0375 ± 0,0011	0,0053 ± 0,0006	0,0151 ± 0,0009	0,0049 ± 0,00023	0,0048 ± 0,000063	0,28 ± 0,0028	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00055
132	0,0246 ± 0,00006	0,0941 ± 0,0015	0,0009 ± 0,0006	0,0037 ± 0,0011	0,0052 ± 0,00026	0,0048 ± 0,000073	0,28 ± 0,0033	0,13 ± 0,002	0,00 ± 0,00064
134	0,0247 ± 0,00004	0,0112 ± 0,0011	0,0017 ± 0,0005	0,0060 ± 0,0009	0,0039 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000059	0,22 ± 0,0026	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00050
135	0,0247 ± 0,00004	0,0222 ± 0,0011	0,0040 ± 0,0006	0,0122 ± 0,0009	0,0037 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000057	0,19 ± 0,0026	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00057
136	0,0247 ± 0,00004	0,0075 ± 0,0011	0,0008 ± 0,0005	0,0033 ± 0,0009	0,0016 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000045	0,05 ± 0,0022	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00045

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
137	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0257 \pm 0,0014$	$0,0059 \pm 0,0008$	$0,0166 \pm 0,0012$	$0,0044 \pm 0,00027$	$0,0047 \pm 0,000073$	$0,24 \pm 0,0033$	$0,02 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00058$
138	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0134 \pm 0,0011$	$0,0015 \pm 0,0005$	$0,0056 \pm 0,0009$	$0,0041 \pm 0,00023$	$0,0047 \pm 0,000061$	$0,24 \pm 0,0027$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00052$
139	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0069 \pm 0,0013$	$0,0009 \pm 0,0006$	$0,0035 \pm 0,0011$	$0,0035 \pm 0,00025$	$0,0047 \pm 0,000063$	$0,19 \pm 0,0029$	$0,00 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00066$
140	$0,0247 \pm 0,00003$	$0,0090 \pm 0,0009$	$0,0013 \pm 0,0004$	$0,0049 \pm 0,0008$	$0,0022 \pm 0,00019$	$0,0046 \pm 0,000042$	$0,08 \pm 0,0020$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00042$
141	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0244 \pm 0,0012$	$0,0033 \pm 0,0006$	$0,0105 \pm 0,0010$	$0,0039 \pm 0,00024$	$0,0047 \pm 0,000062$	$0,20 \pm 0,0028$	$0,02 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00057$
142	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0134 \pm 0,0011$	$0,0002 \pm 0,0005$	$0,0012 \pm 0,0010$	$0,0041 \pm 0,00023$	$0,0047 \pm 0,000061$	$0,24 \pm 0,0027$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00057$
143	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0299 \pm 0,0012$	$0,0033 \pm 0,0006$	$0,0103 \pm 0,0010$	$0,0047 \pm 0,00025$	$0,0047 \pm 0,000068$	$0,27 \pm 0,0030$	$0,03 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00050$
144	$0,0246 \pm 0,00005$	$0,0794 \pm 0,0013$	$0,0271 \pm 0,0009$	$0,0563 \pm 0,0012$	$0,0055 \pm 0,00024$	$0,0048 \pm 0,000071$	$0,27 \pm 0,0032$	$0,08 \pm 0,002$	$0,03 \pm 0,00127$
145	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0285 \pm 0,0012$	$0,0037 \pm 0,0006$	$0,0113 \pm 0,0010$	$0,0044 \pm 0,00024$	$0,0047 \pm 0,000064$	$0,25 \pm 0,0029$	$0,03 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00059$
146	$0,0246 \pm 0,00005$	$0,0605 \pm 0,0013$	$0,0109 \pm 0,0008$	$0,0271 \pm 0,0011$	$0,0051 \pm 0,00025$	$0,0048 \pm 0,000069$	$0,27 \pm 0,0031$	$0,07 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00063$
147	$0,0246 \pm 0,00005$	$0,0589 \pm 0,0013$	$0,0063 \pm 0,0007$	$0,0175 \pm 0,0010$	$0,0051 \pm 0,00025$	$0,0048 \pm 0,000069$	$0,29 \pm 0,0031$	$0,07 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00059$
148	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0355 \pm 0,0011$	$0,0018 \pm 0,0005$	$0,0063 \pm 0,0009$	$0,0042 \pm 0,00022$	$0,0047 \pm 0,000058$	$0,23 \pm 0,0026$	$0,04 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00051$
149	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0327 \pm 0,0011$	$0,0058 \pm 0,0006$	$0,0163 \pm 0,0009$	$0,0039 \pm 0,00022$	$0,0047 \pm 0,000058$	$0,18 \pm 0,0026$	$0,03 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00042$
150	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0237 \pm 0,0013$	$0,0047 \pm 0,0007$	$0,0137 \pm 0,0011$	$0,0039 \pm 0,00024$	$0,0047 \pm 0,000064$	$0,19 \pm 0,0029$	$0,02 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00058$
151	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0123 \pm 0,0011$	$0,0025 \pm 0,0006$	$0,0083 \pm 0,0009$	$0,0027 \pm 0,00021$	$0,0046 \pm 0,000051$	$0,12 \pm 0,0024$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00050$
152	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0250 \pm 0,0014$	$0,0067 \pm 0,0008$	$0,0183 \pm 0,0012$	$0,0035 \pm 0,00026$	$0,0047 \pm 0,000067$	$0,15 \pm 0,0031$	$0,02 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00064$
153	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0259 \pm 0,0014$	$0,0022 \pm 0,0007$	$0,0074 \pm 0,0011$	$0,0030 \pm 0,00026$	$0,0046 \pm 0,000062$	$0,13 \pm 0,0029$	$0,03 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00069$
155	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0257 \pm 0,0014$	$0,0051 \pm 0,0008$	$0,0147 \pm 0,0012$	$0,0050 \pm 0,00026$	$0,0048 \pm 0,000074$	$0,31 \pm 0,0033$	$0,02 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00072$
156	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0264 \pm 0,0013$	$0,0044 \pm 0,0007$	$0,0132 \pm 0,0011$	$0,0051 \pm 0,00026$	$0,0048 \pm 0,000073$	$0,32 \pm 0,0032$	$0,03 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00069$
157	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0196 \pm 0,0012$	$0,0042 \pm 0,0007$	$0,0127 \pm 0,0011$	$0,0036 \pm 0,00024$	$0,0047 \pm 0,000062$	$0,18 \pm 0,0028$	$0,02 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00052$
158	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0545 \pm 0,0012$	$0,0007 \pm 0,0005$	$0,0029 \pm 0,0009$	$0,0051 \pm 0,00023$	$0,0048 \pm 0,000064$	$0,30 \pm 0,0028$	$0,07 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00054$
159	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0096 \pm 0,0012$	$0,0004 \pm 0,0005$	$0,0021 \pm 0,0010$	$0,0039 \pm 0,00023$	$0,0047 \pm 0,000061$	$0,23 \pm 0,0027$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00048$
160	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0063 \pm 0,0012$	$0,0005 \pm 0,0005$	$0,0023 \pm 0,0010$	$0,0018 \pm 0,00024$	$0,0046 \pm 0,000050$	$0,06 \pm 0,0024$	$0,00 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00050$
161	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0277 \pm 0,0013$	$0,0067 \pm 0,0007$	$0,0184 \pm 0,0011$	$0,0041 \pm 0,00024$	$0,0047 \pm 0,000064$	$0,21 \pm 0,0029$	$0,03 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00058$

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
162	0,0247 ± 0,00005	0,0271 ± 0,0014	0,0068 ± 0,0008	0,0185 ± 0,0012	0,0049 ± 0,00028	0,0048 ± 0,000080	0,29 ± 0,0035	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00060
163	0,0247 ± 0,00004	0,0028 ± 0,0010	0,0006 ± 0,0004	0,0027 ± 0,0008	0,0015 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000041	0,05 ± 0,0020	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00051
164	0,0247 ± 0,00006	0,0476 ± 0,0014	0,0056 ± 0,0008	0,0158 ± 0,0011	0,0043 ± 0,00026	0,0047 ± 0,000070	0,21 ± 0,0032	0,06 ± 0,002	0,00 ± 0,00063
165	0,0247 ± 0,00005	0,0331 ± 0,0014	0,0030 ± 0,0007	0,0097 ± 0,0011	0,0052 ± 0,00027	0,0048 ± 0,000078	0,33 ± 0,0034	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00065
166	0,0247 ± 0,00004	0,0090 ± 0,0010	0,0000 ± 0,0004	0,0003 ± 0,0009	0,0027 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000049	0,12 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00052
167	0,0247 ± 0,00005	0,0187 ± 0,0013	0,0018 ± 0,0007	0,0063 ± 0,0011	0,0035 ± 0,00026	0,0047 ± 0,000065	0,17 ± 0,0030	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00068
168	0,0247 ± 0,00004	0,0116 ± 0,0010	0,0017 ± 0,0005	0,0062 ± 0,0008	0,0033 ± 0,00019	0,0046 ± 0,000048	0,16 ± 0,0022	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00045
170	0,0247 ± 0,00005	0,0386 ± 0,0012	0,0052 ± 0,0006	0,0151 ± 0,0010	0,0035 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000056	0,15 ± 0,0026	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00060
171	0,0246 ± 0,00006	0,0831 ± 0,0015	0,0081 ± 0,0008	0,0213 ± 0,0011	0,0063 ± 0,00027	0,0049 ± 0,000080	0,40 ± 0,0035	0,11 ± 0,002	0,00 ± 0,00066
172	0,0247 ± 0,00005	0,0416 ± 0,0014	0,0041 ± 0,0007	0,0124 ± 0,0011	0,0044 ± 0,00026	0,0047 ± 0,000069	0,23 ± 0,0031	0,05 ± 0,002	0,00 ± 0,00066
173	0,0247 ± 0,00004	0,0279 ± 0,0011	0,0027 ± 0,0006	0,0088 ± 0,0009	0,0037 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000058	0,19 ± 0,0026	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00046
174	0,0247 ± 0,00004	0,0019 ± 0,0010	0,0005 ± 0,0004	0,0024 ± 0,0008	0,0033 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000052	0,18 ± 0,0024	0,00 ± 0,000	0,00 ± 0,00045
175	0,0247 ± 0,00004	0,0174 ± 0,0011	0,0018 ± 0,0006	0,0063 ± 0,0009	0,0026 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000052	0,11 ± 0,0024	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00054
176	0,0247 ± 0,00004	0,0142 ± 0,0010	0,0010 ± 0,0005	0,0040 ± 0,0009	0,0023 ± 0,00020	0,0046 ± 0,000046	0,08 ± 0,0022	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00051
177	0,0247 ± 0,00005	0,0517 ± 0,0014	0,0116 ± 0,0008	0,0285 ± 0,0012	0,0049 ± 0,00026	0,0048 ± 0,000073	0,26 ± 0,0033	0,06 ± 0,002	0,00 ± 0,00126
178	0,0246 ± 0,00006	0,0661 ± 0,0016	0,0188 ± 0,0010	0,0419 ± 0,0014	0,0058 ± 0,00030	0,0048 ± 0,000088	0,34 ± 0,0039	0,07 ± 0,002	0,02 ± 0,00149
179	0,0247 ± 0,00005	0,0290 ± 0,0013	0,0058 ± 0,0007	0,0163 ± 0,0011	0,0043 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000068	0,23 ± 0,0031	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00058
180	0,0247 ± 0,00005	0,0215 ± 0,0014	0,0030 ± 0,0007	0,0095 ± 0,0012	0,0041 ± 0,00027	0,0047 ± 0,000071	0,23 ± 0,0032	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00069
181	0,0247 ± 0,00005	0,0305 ± 0,0012	0,0035 ± 0,0007	0,0109 ± 0,0010	0,0053 ± 0,00025	0,0048 ± 0,000073	0,35 ± 0,0032	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00055
182	0,0246 ± 0,00005	0,0718 ± 0,0013	0,0390 ± 0,0010	0,0753 ± 0,0012	0,0041 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000062	0,11 ± 0,0029	0,06 ± 0,002	0,05 ± 0,00135
183	0,0247 ± 0,00005	0,0464 ± 0,0013	0,0096 ± 0,0008	0,0245 ± 0,0011	0,0063 ± 0,00028	0,0049 ± 0,000083	0,43 ± 0,0035	0,05 ± 0,002	0,00 ± 0,00050
184	0,0247 ± 0,00004	0,0179 ± 0,0011	0,0019 ± 0,0005	0,0067 ± 0,0009	0,0035 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000053	0,18 ± 0,0024	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00048
185	0,0247 ± 0,00005	0,0376 ± 0,0013	0,0061 ± 0,0007	0,0170 ± 0,0011	0,0043 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000066	0,22 ± 0,0030	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00054
186	0,0247 ± 0,00004	0,0151 ± 0,0011	0,0044 ± 0,0006	0,0130 ± 0,0009	0,0030 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000053	0,13 ± 0,0024	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00049

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
187	0,0247 ± 0,00003	0,0113 ± 0,0009	0,0006 ± 0,0004	0,0027 ± 0,0008	0,0025 ± 0,00018	0,0046 ± 0,000042	0,11 ± 0,0020	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00047
188	0,0247 ± 0,00005	0,0349 ± 0,0013	0,0068 ± 0,0007	0,0185 ± 0,0011	0,0047 ± 0,00026	0,0047 ± 0,000072	0,27 ± 0,0032	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00057
189	0,0247 ± 0,00005	0,0081 ± 0,0013	0,0004 ± 0,0005	0,0017 ± 0,0011	0,0038 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000065	0,21 ± 0,0029	0,01 ± 0,002	0,00 ± 0,00059
191	0,0247 ± 0,00004	0,0288 ± 0,0011	0,0031 ± 0,0006	0,0098 ± 0,0009	0,0029 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000051	0,11 ± 0,0024	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00056
192	0,0247 ± 0,00005	0,0423 ± 0,0014	0,0104 ± 0,0008	0,0261 ± 0,0012	0,0049 ± 0,00028	0,0048 ± 0,000077	0,28 ± 0,0034	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00063
193	0,0247 ± 0,00004	0,0028 ± 0,0010	0,0007 ± 0,0005	0,0029 ± 0,0008	0,0014 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000041	0,04 ± 0,0020	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00054
194	0,0247 ± 0,00004	0,0028 ± 0,0011	0,0007 ± 0,0005	0,0031 ± 0,0009	0,0018 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000045	0,06 ± 0,0022	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00058
195	0,0247 ± 0,00004	0,0188 ± 0,0011	0,0020 ± 0,0006	0,0070 ± 0,0009	0,0028 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000051	0,11 ± 0,0024	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00060
196	0,0247 ± 0,00004	0,0003 ± 0,0012	0,0002 ± 0,0004	0,0009 ± 0,0009	0,0012 ± 0,00023	0,0045 ± 0,000042	0,03 ± 0,0022	0,00 ± 0,000	0,00 ± 0,00050
197	0,0247 ± 0,00002	0,0021 ± 0,0006	0,0000 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0004	0,0005 ± 0,00016	0,0045 ± 0,000024	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00037
198	0,0247 ± 0,00003	0,0299 ± 0,0009	0,0012 ± 0,0003	0,0045 ± 0,0006	0,0026 ± 0,00018	0,0046 ± 0,000041	0,09 ± 0,0019	0,04 ± 0,001	0,00 ± 0,00044
199	0,0246 ± 0,00004	0,0786 ± 0,0011	0,0314 ± 0,0007	0,0633 ± 0,0009	0,0040 ± 0,00018	0,0047 ± 0,000048	0,10 ± 0,0022	0,08 ± 0,001	0,04 ± 0,00092
200	0,0247 ± 0,00003	0,0073 ± 0,0007	0,0007 ± 0,0002	0,0030 ± 0,0005	0,0013 ± 0,00015	0,0046 ± 0,000028	0,03 ± 0,0013	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00030
201	0,0247 ± 0,00003	0,0092 ± 0,0007	0,0005 ± 0,0003	0,0023 ± 0,0005	0,0018 ± 0,00015	0,0046 ± 0,000031	0,06 ± 0,0014	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00036
202	0,0247 ± 0,00005	0,0311 ± 0,0013	0,0099 ± 0,0007	0,0250 ± 0,0010	0,0030 ± 0,00025	0,0046 ± 0,000061	0,10 ± 0,0028	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00039
203	0,0247 ± 0,00005	0,0050 ± 0,0013	0,0009 ± 0,0005	0,0036 ± 0,0009	0,0021 ± 0,00024	0,0046 ± 0,000052	0,08 ± 0,0025	0,00 ± 0,002	0,00 ± 0,00086
204	0,0247 ± 0,00003	0,0193 ± 0,0008	0,0010 ± 0,0003	0,0039 ± 0,0005	0,0025 ± 0,00016	0,0046 ± 0,000037	0,09 ± 0,0017	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00047
205	0,0247 ± 0,00003	0,0053 ± 0,0009	0,0004 ± 0,0003	0,0018 ± 0,0006	0,0016 ± 0,00017	0,0046 ± 0,000035	0,05 ± 0,0017	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00041
206	0,0247 ± 0,00004	0,0090 ± 0,0012	0,0007 ± 0,0005	0,0030 ± 0,0008	0,0024 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000049	0,10 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00081
207	0,0247 ± 0,00003	0,0035 ± 0,0008	0,0004 ± 0,0003	0,0020 ± 0,0006	0,0020 ± 0,00017	0,0046 ± 0,000036	0,07 ± 0,0017	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00047
208	0,0247 ± 0,00002	0,0191 ± 0,0006	0,0004 ± 0,0002	0,0018 ± 0,0005	0,0022 ± 0,00013	0,0046 ± 0,000029	0,08 ± 0,0013	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00040
209	0,0247 ± 0,00004	0,0137 ± 0,0012	0,0008 ± 0,0004	0,0035 ± 0,0008	0,0026 ± 0,00020	0,0046 ± 0,000047	0,11 ± 0,0022	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00082
210	0,0247 ± 0,00005	0,0007 ± 0,0016	0,0010 ± 0,0005	0,0039 ± 0,0010	0,0026 ± 0,00025	0,0046 ± 0,000059	0,12 ± 0,0029	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00091
211	0,0247 ± 0,00003	0,0231 ± 0,0008	0,0001 ± 0,0002	0,0006 ± 0,0005	0,0018 ± 0,00015	0,0046 ± 0,000031	0,05 ± 0,0015	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00047

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
212	0,0247 ± 0,00003	0,0074 ± 0,0008	0,0001 ± 0,0002	0,0007 ± 0,0005	0,0018 ± 0,00016	0,0046 ± 0,000033	0,06 ± 0,0016	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00045
213	0,0247 ± 0,00002	0,0047 ± 0,0007	0,0004 ± 0,0002	0,0020 ± 0,0004	0,0027 ± 0,00014	0,0046 ± 0,000032	0,13 ± 0,0014	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00039
214	0,0247 ± 0,00004	0,0007 ± 0,0011	0,0006 ± 0,0004	0,0028 ± 0,0007	0,0024 ± 0,00020	0,0046 ± 0,000045	0,11 ± 0,0021	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00065
215	0,0247 ± 0,00003	0,0108 ± 0,0008	0,0006 ± 0,0003	0,0026 ± 0,0006	0,0027 ± 0,00017	0,0046 ± 0,000040	0,12 ± 0,0018	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00041
216	0,0247 ± 0,00003	0,0055 ± 0,0008	0,0003 ± 0,0003	0,0014 ± 0,0005	0,0016 ± 0,00017	0,0046 ± 0,000034	0,05 ± 0,0016	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00031
217	0,0247 ± 0,00005	0,0018 ± 0,0013	0,0002 ± 0,0004	0,0010 ± 0,0009	0,0024 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000050	0,10 ± 0,0025	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00085
218	0,0247 ± 0,00005	0,0052 ± 0,0013	0,0009 ± 0,0005	0,0038 ± 0,0009	0,0020 ± 0,00023	0,0046 ± 0,000049	0,08 ± 0,0024	0,00 ± 0,002	0,00 ± 0,00090
219	0,0247 ± 0,00004	0,0286 ± 0,0010	0,0009 ± 0,0003	0,0036 ± 0,0006	0,0027 ± 0,00018	0,0046 ± 0,000043	0,10 ± 0,0020	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00033
220	0,0247 ± 0,00003	0,0032 ± 0,0007	0,0001 ± 0,0002	0,0005 ± 0,0005	0,0002 ± 0,00024	0,0045 ± 0,000028	0,00 ± 0,0004	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00042
221	0,0247 ± 0,00004	0,0041 ± 0,0010	0,0007 ± 0,0004	0,0029 ± 0,0007	0,0008 ± 0,00023	0,0045 ± 0,000038	0,01 ± 0,0019	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00068
222	0,0246 ± 0,00004	0,0571 ± 0,0011	0,0033 ± 0,0005	0,0104 ± 0,0007	0,0032 ± 0,00020	0,0046 ± 0,000050	0,11 ± 0,0023	0,07 ± 0,001	0,00 ± 0,00054
223	0,0247 ± 0,00002	0,0015 ± 0,0007	0,0000 ± 0,0002	0,0003 ± 0,0005	0,0008 ± 0,00016	0,0045 ± 0,000026	0,02 ± 0,0013	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00043
224	0,0247 ± 0,00005	0,0021 ± 0,0015	0,0009 ± 0,0005	0,0036 ± 0,0009	0,0026 ± 0,00026	0,0046 ± 0,000061	0,12 ± 0,0029	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00085
225	0,0247 ± 0,00003	0,0089 ± 0,0007	0,0009 ± 0,0003	0,0037 ± 0,0005	0,0017 ± 0,00014	0,0046 ± 0,000030	0,05 ± 0,0014	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00039
226	0,0247 ± 0,00004	0,0471 ± 0,0010	0,0074 ± 0,0005	0,0199 ± 0,0007	0,0041 ± 0,00020	0,0047 ± 0,000053	0,19 ± 0,0023	0,05 ± 0,001	0,00 ± 0,00045
227	0,0242 ± 0,00005	0,4311 ± 0,0021	0,0036 ± 0,0004	0,0111 ± 0,0007	0,0090 ± 0,00026	0,0052 ± 0,000087	0,45 ± 0,0040	0,71 ± 0,003	0,00 ± 0,00035
228	0,0247 ± 0,00002	0,0019 ± 0,0007	0,0002 ± 0,0002	0,0012 ± 0,0004	0,0006 ± 0,00016	0,0045 ± 0,000023	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00027
229	0,0247 ± 0,00004	0,0128 ± 0,0010	0,0005 ± 0,0003	0,0024 ± 0,0006	0,0021 ± 0,00019	0,0046 ± 0,000042	0,08 ± 0,0019	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00036
230	0,0247 ± 0,00004	0,0042 ± 0,0010	0,0007 ± 0,0004	0,0030 ± 0,0007	0,0020 ± 0,00018	0,0046 ± 0,000039	0,08 ± 0,0019	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00071
231	0,0247 ± 0,00002	0,0066 ± 0,0006	0,0003 ± 0,0002	0,0017 ± 0,0005	0,0020 ± 0,00013	0,0046 ± 0,000029	0,08 ± 0,0013	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00040
232	0,0247 ± 0,00005	0,0150 ± 0,0012	0,0000 ± 0,0003	0,0001 ± 0,0009	0,0028 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000052	0,13 ± 0,0025	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00082
233	0,0247 ± 0,00003	0,0157 ± 0,0007	0,0006 ± 0,0003	0,0025 ± 0,0005	0,0021 ± 0,00015	0,0046 ± 0,000033	0,07 ± 0,0015	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00044
234	0,0247 ± 0,00004	0,0043 ± 0,0011	0,0007 ± 0,0004	0,0031 ± 0,0008	0,0012 ± 0,00022	0,0045 ± 0,000042	0,03 ± 0,0021	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00073
235	0,0247 ± 0,00003	0,0031 ± 0,0007	0,0003 ± 0,0002	0,0014 ± 0,0004	0,0024 ± 0,00014	0,0046 ± 0,000031	0,10 ± 0,0014	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00031

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
236	0,0247 ± 0,00004	0,0088 ± 0,0010	0,0002 ± 0,0003	0,0013 ± 0,0006	0,0024 ± 0,00018	0,0046 ± 0,000041	0,10 ± 0,0019	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00043
237	0,0247 ± 0,00002	0,0018 ± 0,0007	0,0002 ± 0,0002	0,0012 ± 0,0004	0,0007 ± 0,00016	0,0045 ± 0,000025	0,01 ± 0,0012	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00025
238	0,0247 ± 0,00004	0,0106 ± 0,0012	0,0020 ± 0,0005	0,0070 ± 0,0008	0,0024 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000048	0,09 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00084
239	0,0246 ± 0,00005	0,0755 ± 0,0013	0,0248 ± 0,0008	0,0523 ± 0,0010	0,0038 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000057	0,10 ± 0,0027	0,08 ± 0,002	0,03 ± 0,00109
240	0,0247 ± 0,00005	0,0068 ± 0,0013	0,0009 ± 0,0005	0,0038 ± 0,0009	0,0029 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000052	0,14 ± 0,0025	0,00 ± 0,002	0,00 ± 0,00090
241	0,0247 ± 0,00003	0,0038 ± 0,0007	0,0003 ± 0,0002	0,0015 ± 0,0004	0,0005 ± 0,00017	0,0045 ± 0,000025	0,00 ± 0,0013	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00027
242	0,0243 ± 0,00010	0,3392 ± 0,0032	0,0797 ± 0,0018	0,1334 ± 0,0021	0,0083 ± 0,00042	0,0051 ± 0,000135	0,30 ± 0,0063	0,47 ± 0,005	0,12 ± 0,00231
243	0,0247 ± 0,00003	0,0194 ± 0,0009	0,0002 ± 0,0003	0,0011 ± 0,0005	0,0027 ± 0,00016	0,0046 ± 0,000038	0,11 ± 0,0017	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00037
244	0,0247 ± 0,00005	0,0021 ± 0,0013	0,0009 ± 0,0005	0,0036 ± 0,0008	0,0023 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000048	0,10 ± 0,0024	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00085
245	0,0247 ± 0,00003	0,0036 ± 0,0009	0,0006 ± 0,0003	0,0026 ± 0,0006	0,0005 ± 0,00021	0,0045 ± 0,000031	0,00 ± 0,0015	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00059
246	0,0247 ± 0,00003	0,0019 ± 0,0008	0,0004 ± 0,0003	0,0021 ± 0,0005	0,0023 ± 0,00015	0,0046 ± 0,000034	0,10 ± 0,0016	0,00 ± 0,000	0,00 ± 0,00050
247	0,0247 ± 0,00004	0,0043 ± 0,0010	0,0007 ± 0,0004	0,0031 ± 0,0007	0,0007 ± 0,00024	0,0045 ± 0,000038	0,01 ± 0,0019	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00072
248	0,0247 ± 0,00002	0,0245 ± 0,0005	0,0059 ± 0,0002	0,0166 ± 0,0003	0,0024 ± 0,00010	0,0046 ± 0,000022	0,07 ± 0,0010	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00027
249	0,0247 ± 0,00003	0,0045 ± 0,0008	0,0002 ± 0,0003	0,0010 ± 0,0005	0,0018 ± 0,00016	0,0046 ± 0,000033	0,06 ± 0,0016	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00044
250	0,0247 ± 0,00002	0,0023 ± 0,0007	0,0003 ± 0,0002	0,0015 ± 0,0004	0,0010 ± 0,00014	0,0045 ± 0,000026	0,03 ± 0,0013	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00033
251	0,0247 ± 0,00003	0,0036 ± 0,0009	0,0006 ± 0,0003	0,0026 ± 0,0006	0,0006 ± 0,00021	0,0045 ± 0,000031	0,01 ± 0,0016	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00060
252	0,0247 ± 0,00003	0,0323 ± 0,0007	0,0022 ± 0,0003	0,0074 ± 0,0004	0,0028 ± 0,00013	0,0046 ± 0,000030	0,10 ± 0,0014	0,04 ± 0,001	0,00 ± 0,00033
253	0,0247 ± 0,00004	0,0049 ± 0,0012	0,0009 ± 0,0004	0,0036 ± 0,0008	0,0006 ± 0,00028	0,0045 ± 0,000043	0,01 ± 0,0022	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00084
254	0,0247 ± 0,00002	0,0102 ± 0,0006	0,0006 ± 0,0002	0,0025 ± 0,0004	0,0019 ± 0,00014	0,0046 ± 0,000030	0,06 ± 0,0014	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00036
255	0,0247 ± 0,00003	0,0091 ± 0,0008	0,0003 ± 0,0003	0,0015 ± 0,0005	0,0014 ± 0,00016	0,0046 ± 0,000031	0,04 ± 0,0015	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00037
256	0,0247 ± 0,00003	0,0181 ± 0,0007	0,0013 ± 0,0003	0,0049 ± 0,0005	0,0024 ± 0,00014	0,0046 ± 0,000032	0,09 ± 0,0015	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00031
256	0,0247 ± 0,00003	0,0046 ± 0,0008	0,0004 ± 0,0003	0,0019 ± 0,0005	0,0019 ± 0,00015	0,0046 ± 0,000033	0,07 ± 0,0015	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00046
258	0,0247 ± 0,00004	0,0051 ± 0,0012	0,0009 ± 0,0005	0,0037 ± 0,0008	0,0021 ± 0,00021	0,0046 ± 0,000047	0,08 ± 0,0023	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00087
259	0,0247 ± 0,00003	0,0012 ± 0,0009	0,0002 ± 0,0003	0,0012 ± 0,0006	0,0008 ± 0,00022	0,0045 ± 0,000035	0,02 ± 0,0017	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00048

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
260	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0041 \pm 0,0010$	$0,0007 \pm 0,0004$	$0,0029 \pm 0,0007$	$0,0006 \pm 0,00023$	$0,0045 \pm 0,000036$	$0,01 \pm 0,0018$	$0,00 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00069$
261	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0216 \pm 0,0013$	$0,0000 \pm 0,0003$	$0,0001 \pm 0,0009$	$0,0027 \pm 0,00022$	$0,0046 \pm 0,000052$	$0,11 \pm 0,0025$	$0,03 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00088$
262	$0,0247 \pm 0,00003$	$0,0105 \pm 0,0009$	$0,0006 \pm 0,0003$	$0,0027 \pm 0,0006$	$0,0018 \pm 0,00018$	$0,0046 \pm 0,000038$	$0,06 \pm 0,0018$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00049$
263	$0,0247 \pm 0,00003$	$0,0076 \pm 0,0007$	$0,0002 \pm 0,0002$	$0,0012 \pm 0,0005$	$0,0021 \pm 0,00014$	$0,0046 \pm 0,000031$	$0,08 \pm 0,0014$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00030$
264	$0,0247 \pm 0,00003$	$0,0063 \pm 0,0008$	$0,0005 \pm 0,0003$	$0,0021 \pm 0,0005$	$0,0023 \pm 0,00017$	$0,0046 \pm 0,000038$	$0,09 \pm 0,0017$	$0,00 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00047$
265	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0319 \pm 0,0010$	$0,0014 \pm 0,0004$	$0,0053 \pm 0,0007$	$0,0029 \pm 0,00020$	$0,0046 \pm 0,000048$	$0,11 \pm 0,0022$	$0,04 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00054$
266	$0,0247 \pm 0,00002$	$0,0103 \pm 0,0007$	$0,0002 \pm 0,0002$	$0,0012 \pm 0,0004$	$0,0024 \pm 0,00013$	$0,0046 \pm 0,000029$	$0,10 \pm 0,0013$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00032$
267	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0141 \pm 0,0010$	$0,0011 \pm 0,0004$	$0,0044 \pm 0,0006$	$0,0027 \pm 0,00018$	$0,0046 \pm 0,000043$	$0,11 \pm 0,0020$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00043$
268	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0048 \pm 0,0012$	$0,0008 \pm 0,0004$	$0,0035 \pm 0,0008$	$0,0015 \pm 0,00022$	$0,0046 \pm 0,000043$	$0,04 \pm 0,0021$	$0,00 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00081$
269	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0052 \pm 0,0013$	$0,0009 \pm 0,0005$	$0,0038 \pm 0,0009$	$0,0019 \pm 0,00023$	$0,0046 \pm 0,000050$	$0,06 \pm 0,0024$	$0,00 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00089$
270	$0,0247 \pm 0,00003$	$0,0035 \pm 0,0008$	$0,0003 \pm 0,0003$	$0,0017 \pm 0,0005$	$0,0016 \pm 0,00017$	$0,0046 \pm 0,000034$	$0,05 \pm 0,0016$	$0,00 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00044$
271	$0,0247 \pm 0,00003$	$0,0019 \pm 0,0007$	$0,0004 \pm 0,0002$	$0,0017 \pm 0,0005$	$0,0019 \pm 0,00015$	$0,0046 \pm 0,000032$	$0,08 \pm 0,0015$	$0,00 \pm 0,000$	$0,00 \pm 0,00041$
272	$0,0246 \pm 0,00003$	$0,0999 \pm 0,0008$	$0,0332 \pm 0,0005$	$0,0662 \pm 0,0006$	$0,0043 \pm 0,00014$	$0,0047 \pm 0,000037$	$0,11 \pm 0,0017$	$0,11 \pm 0,001$	$0,04 \pm 0,00068$
100 a	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0057 \pm 0,0011$	$0,0005 \pm 0,0005$	$0,0021 \pm 0,0009$	$0,0021 \pm 0,00022$	$0,0046 \pm 0,000048$	$0,08 \pm 0,0023$	$0,00 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00045$
100 b	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0106 \pm 0,0011$	$0,0003 \pm 0,0005$	$0,0015 \pm 0,0009$	$0,0021 \pm 0,00022$	$0,0046 \pm 0,000049$	$0,08 \pm 0,0023$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00049$
114a	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0532 \pm 0,0013$	$0,0043 \pm 0,0007$	$0,0129 \pm 0,0010$	$0,0051 \pm 0,00024$	$0,0048 \pm 0,000069$	$0,29 \pm 0,0030$	$0,06 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00059$
114b	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0468 \pm 0,0011$	$0,0024 \pm 0,0006$	$0,0079 \pm 0,0009$	$0,0046 \pm 0,00021$	$0,0047 \pm 0,000058$	$0,26 \pm 0,0026$	$0,06 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00060$
133a	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0114 \pm 0,0011$	$0,0006 \pm 0,0005$	$0,0027 \pm 0,0009$	$0,0039 \pm 0,00023$	$0,0047 \pm 0,000059$	$0,22 \pm 0,0027$	$0,01 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00050$
133b	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0061 \pm 0,0011$	$0,0003 \pm 0,0005$	$0,0014 \pm 0,0010$	$0,0037 \pm 0,00023$	$0,0047 \pm 0,000058$	$0,21 \pm 0,0027$	$0,00 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00059$
154a	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0416 \pm 0,0014$	$0,0099 \pm 0,0008$	$0,0251 \pm 0,0012$	$0,0054 \pm 0,00027$	$0,0048 \pm 0,000078$	$0,32 \pm 0,0035$	$0,04 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00062$
154b	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0266 \pm 0,0013$	$0,0080 \pm 0,0008$	$0,0212 \pm 0,0011$	$0,0049 \pm 0,00026$	$0,0048 \pm 0,000071$	$0,29 \pm 0,0032$	$0,02 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00055$
169a	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0386 \pm 0,0012$	$0,0075 \pm 0,0007$	$0,0201 \pm 0,0010$	$0,0058 \pm 0,00025$	$0,0048 \pm 0,000074$	$0,39 \pm 0,0032$	$0,04 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00049$
169b	$0,0247 \pm 0,00005$	$0,0256 \pm 0,0012$	$0,0026 \pm 0,0006$	$0,0087 \pm 0,0010$	$0,0046 \pm 0,00025$	$0,0047 \pm 0,000068$	$0,27 \pm 0,0030$	$0,03 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00051$
190a	$0,0246 \pm 0,00006$	$0,0569 \pm 0,0015$	$0,0115 \pm 0,0009$	$0,0282 \pm 0,0012$	$0,0048 \pm 0,00027$	$0,0048 \pm 0,000075$	$0,24 \pm 0,0034$	$0,06 \pm 0,002$	$0,00 \pm 0,00128$

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
190b	0,0247 ± 0,00004	0,0197 ± 0,0012	0,0034 ± 0,0006	0,0106 ± 0,0010	0,0047 ± 0,00024	0,0048 ± 0,000066	0,29 ± 0,0029	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00050
26a	0,0247 ± 0,00003	0,0137 ± 0,0008	0,0022 ± 0,0004	0,0074 ± 0,0007	0,0019 ± 0,00017	0,0046 ± 0,000036	0,05 ± 0,0017	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00037
26b	0,0246 ± 0,00007	0,0653 ± 0,0018	0,0130 ± 0,0011	0,0311 ± 0,0015	0,0053 ± 0,00034	0,0048 ± 0,000098	0,29 ± 0,0044	0,07 ± 0,003	0,00 ± 0,00159
30a	0,0247 ± 0,00004	0,0485 ± 0,0010	0,0125 ± 0,0006	0,0302 ± 0,0009	0,0046 ± 0,00020	0,0047 ± 0,000056	0,23 ± 0,0025	0,05 ± 0,001	0,00 ± 0,00094
30b	0,0247 ± 0,00004	0,0261 ± 0,0011	0,0070 ± 0,0007	0,0189 ± 0,0010	0,0040 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000060	0,20 ± 0,0027	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00056
36a	0,0246 ± 0,00005	0,0573 ± 0,0013	0,0034 ± 0,0006	0,0106 ± 0,0010	0,0031 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000055	0,09 ± 0,0026	0,07 ± 0,002	0,00 ± 0,00058
36b	0,0247 ± 0,00003	0,0023 ± 0,0008	0,0004 ± 0,0003	0,0019 ± 0,0007	0,0001 ± 0,00033	0,0045 ± 0,000030	0,00 ± 0,0004	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00036
55a	0,0247 ± 0,00005	0,0543 ± 0,0012	0,0045 ± 0,0006	0,0134 ± 0,0010	0,0049 ± 0,00023	0,0048 ± 0,000063	0,27 ± 0,0028	0,07 ± 0,002	0,00 ± 0,00058
55b	0,0247 ± 0,00005	0,0516 ± 0,0014	0,0067 ± 0,0008	0,0184 ± 0,0011	0,0019 ± 0,00025	0,0046 ± 0,000054	0,01 ± 0,0027	0,06 ± 0,002	0,00 ± 0,00053
58a	0,0247 ± 0,00004	0,0071 ± 0,0011	0,0008 ± 0,0005	0,0033 ± 0,0010	0,0043 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000063	0,26 ± 0,0028	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,00057
58b	0,0247 ± 0,00003	0,0096 ± 0,0008	0,0004 ± 0,0003	0,0019 ± 0,0007	0,0042 ± 0,00016	0,0047 ± 0,000042	0,25 ± 0,0019	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00042
69a	0,0247 ± 0,00004	0,0244 ± 0,0011	0,0003 ± 0,0004	0,0013 ± 0,0009	0,0041 ± 0,00022	0,0047 ± 0,000060	0,23 ± 0,0026	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00047
69b	0,0247 ± 0,00005	0,0398 ± 0,0013	0,0031 ± 0,0007	0,0100 ± 0,0011	0,0044 ± 0,00025	0,0047 ± 0,000068	0,24 ± 0,0031	0,05 ± 0,002	0,00 ± 0,00053
71a	0,0247 ± 0,00004	0,0146 ± 0,0011	0,0013 ± 0,0005	0,0049 ± 0,0009	0,0020 ± 0,00022	0,0046 ± 0,000048	0,06 ± 0,0023	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00052
71b	0,0247 ± 0,00003	0,0188 ± 0,0008	0,0040 ± 0,0005	0,0121 ± 0,0007	0,0021 ± 0,00017	0,0046 ± 0,000036	0,06 ± 0,0017	0,02 ± 0,001	0,00 ± 0,00041
71c	0,0247 ± 0,00005	0,0298 ± 0,0014	0,0061 ± 0,0008	0,0169 ± 0,0012	0,0047 ± 0,00028	0,0047 ± 0,000076	0,27 ± 0,0034	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00056
71d	0,0247 ± 0,00004	0,0098 ± 0,0010	0,0005 ± 0,0004	0,0024 ± 0,0008	0,0021 ± 0,00020	0,0046 ± 0,000043	0,07 ± 0,0020	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00049
78a	0,0247 ± 0,00005	0,0389 ± 0,0014	0,0057 ± 0,0008	0,0160 ± 0,0011	0,0059 ± 0,00028	0,0048 ± 0,000082	0,40 ± 0,0036	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00063
78b	0,0247 ± 0,00005	0,0492 ± 0,0014	0,0032 ± 0,0007	0,0102 ± 0,0011	0,0060 ± 0,00027	0,0049 ± 0,000080	0,40 ± 0,0035	0,06 ± 0,002	0,00 ± 0,00065
81a	0,0247 ± 0,00004	0,0254 ± 0,0010	0,0037 ± 0,0006	0,0114 ± 0,0009	0,0042 ± 0,00021	0,0047 ± 0,000057	0,23 ± 0,0025	0,03 ± 0,001	0,00 ± 0,00051
81b	0,0247 ± 0,00004	0,0236 ± 0,0012	0,0059 ± 0,0007	0,0165 ± 0,0010	0,0043 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000063	0,24 ± 0,0028	0,02 ± 0,002	0,00 ± 0,00058
84a	0,0247 ± 0,00005	0,0415 ± 0,0013	0,0090 ± 0,0007	0,0231 ± 0,0011	0,0047 ± 0,00024	0,0047 ± 0,000067	0,26 ± 0,0030	0,04 ± 0,002	0,00 ± 0,00050
84b	0,0247 ± 0,00004	0,0148 ± 0,0012	0,0010 ± 0,0006	0,0039 ± 0,0010	0,0046 ± 0,00023	0,0047 ± 0,000063	0,29 ± 0,0028	0,01 ± 0,001	0,00 ± 0,00063
8a	0,0247 ± 0,00005	0,0347 ± 0,0014	0,0106 ± 0,0008	0,0266 ± 0,0012	0,0049 ± 0,00026	0,0048 ± 0,000074	0,28 ± 0,0033	0,03 ± 0,002	0,00 ± 0,00060

Amo	interferência $U - Th$	interferência $U - K$	interferência $Th - U$	interferência $Th - K$	interferência $K - U$	interferência $K - Th$	r_K	r_U	r_{Th}
8b	$0,0247 \pm 0,00004$	$0,0412 \pm 0,0010$	$0,0055 \pm 0,0005$	$0,0155 \pm 0,0008$	$0,0019 \pm 0,00018$	$0,0046 \pm 0,000038$	$0,02 \pm 0,0019$	$0,05 \pm 0,001$	$0,00 \pm 0,00044$

ANEXO D - Contagens totais GA , tempo (s) e Intensidade de Contagem (cpm/g) provenientes de Duarte (2002).

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
1	190528,00	8453418,00	20/09/2001	64,53	1408,23	33110 ± 182	9324 ± 97	4429 ± 67	0,36 ± 0,0020	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
2	191208,00	8454644,00	27/05/2001	55,31	1432,75	35291 ± 188	12320 ± 111	5572 ± 75	0,45 ± 0,0024	0,16 ± 0,0014	0,07 ± 0,0009
3	192454,00	8455639,00	09/08/2001	61,09	1476,10	32810 ± 181	10265 ± 101	5198 ± 72	0,36 ± 0,0020	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
4	190765,00	8466018,00	10/05/2001	67,39	1132,23	29830 ± 173	7667 ± 88	3566 ± 60	0,39 ± 0,0023	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
5	190645,00	8466057,00	02/10/2001	68,03	1428,05	39367 ± 198	11333 ± 106	4713 ± 69	0,41 ± 0,0020	0,12 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
7	194177,00	8455959,00	27/09/2001	67,88	1501,68	11362 ± 107	7497 ± 87	4137 ± 64	0,11 ± 0,0010	0,07 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
9	191057,00	8455348,00	02/09/2001	69,13	1428,60	36020 ± 190	9313 ± 97	4488 ± 67	0,36 ± 0,0019	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
10	190889,00	8455388,00	19/07/2001	62,35	1470,25	51903 ± 228	25536 ± 160	19059 ± 138	0,57 ± 0,0025	0,28 ± 0,0017	0,21 ± 0,0015
11	190702,00	8455564,00	09/05/2001	52,60	1057,02	31978 ± 179	9134 ± 96	4382 ± 66	0,58 ± 0,0032	0,16 ± 0,0017	0,08 ± 0,0012
12	187744,00	8458698,00	23/06/2001	61,57	1567,47	31852 ± 178	11401 ± 107	6082 ± 78	0,33 ± 0,0018	0,12 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
13	187710,00	8454726,00	24/01/2002	62,64	1408,02	35570 ± 189	11338 ± 106	5287 ± 73	0,40 ± 0,0021	0,13 ± 0,0012	0,06 ± 0,0008
14	181921,00	8456295,00	10/08/2001	67,60	1556,68	41146 ± 203	10494 ± 102	5450 ± 74	0,39 ± 0,0019	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
15	189003,00	8452068,00	15/06/2001	58,62	1466,69	29212 ± 171	10169 ± 101	5425 ± 74	0,34 ± 0,0020	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
16	187219,00	8450256,00	03/08/2001	46,70	1717,21	13327 ± 115	8838 ± 94	4816 ± 69	0,17 ± 0,0014	0,11 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
17	187591,00	8450533,00	13/05/2001	66,20	1323,10	59324 ± 244	11061 ± 105	5846 ± 76	0,68 ± 0,0028	0,13 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
18	187954,00	8451223,00	13/06/2001	54,11	1559,08	53235 ± 231	12526 ± 112	6354 ± 80	0,63 ± 0,0027	0,15 ± 0,0013	0,08 ± 0,0009
19	188089,00	8451357,00	09/11/2001	65,65	1344,57	33128 ± 182	7514 ± 87	4629 ± 68	0,38 ± 0,0021	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0008
20	188040,00	8452070,00	29/08/2001	66,34	1371,42	10587 ± 103	7023 ± 84	3818 ± 62	0,12 ± 0,0011	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
21	187664,00	8452283,00	11/08/2001	52,49	1469,36	44908 ± 212	12988 ± 114	7443 ± 86	0,58 ± 0,0027	0,17 ± 0,0015	0,10 ± 0,0011
23	185733,00	8451367,00	03/10/2001	75,11	1506,52	11791 ± 109	7594 ± 87	4172 ± 65	0,10 ± 0,0010	0,07 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
24	185121,00	8451674,00	15/07/2001	70,88	1428,57	37471 ± 194	23823 ± 154	4298 ± 66	0,37 ± 0,0019	0,24 ± 0,0015	0,04 ± 0,0006
25	180829,00	8450052,00	12/08/2001	57,88	1283,47	47072 ± 217	14076 ± 119	6080 ± 78	0,63 ± 0,0029	0,19 ± 0,0016	0,08 ± 0,0010
27	180870,00	8451050,00	02/08/2001	71,85	1489,69	12147 ± 110	7662 ± 88	4113 ± 64	0,11 ± 0,0010	0,07 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
28	181130,00	8451070,00	11/11/2002	88,77	1471,43	12951 $\pm$ 114	8208 $\pm$ 91	4507 $\pm$ 67	0,10 $\pm$ 0,0009	0,06 $\pm$ 0,0007	0,03 $\pm$ 0,0005
29	181352,00	8451527,00	21/07/2001	65,11	1505,30	59253 $\pm$ 243	11893 $\pm$ 109	6388 $\pm$ 80	0,60 $\pm$ 0,0025	0,12 $\pm$ 0,0011	0,07 $\pm$ 0,0008
31	183339,00	8451452,00	31/01/2002	62,94	1432,18	31032 $\pm$ 176	12745 $\pm$ 113	4039 $\pm$ 64	0,34 $\pm$ 0,0020	0,14 $\pm$ 0,0013	0,04 $\pm$ 0,0007
32	183276,00	8451753,00	10/09/2001	69,51	1433,96	28041 $\pm$ 167	10689 $\pm$ 103	5172 $\pm$ 72	0,28 $\pm$ 0,0017	0,11 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
33	183434,00	8451498,00	06/08/2001	66,40	1509,71	39358 $\pm$ 198	10785 $\pm$ 104	5405 $\pm$ 74	0,39 $\pm$ 0,0020	0,11 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
34	183600,00	8451556,00	22/05/2001	52,65	1895,49	22011 $\pm$ 148	11015 $\pm$ 105	5967 $\pm$ 77	0,22 $\pm$ 0,0015	0,11 $\pm$ 0,0011	0,06 $\pm$ 0,0008
35	184836,00	8452595,00	08/08/2001	62,86	1405,37	25520 $\pm$ 160	10270 $\pm$ 101	4057 $\pm$ 64	0,29 $\pm$ 0,0018	0,12 $\pm$ 0,0011	0,05 $\pm$ 0,0007
37	184812,00	8452854,00	12/07/2001	50,58	1455,90	34200 $\pm$ 185	14520 $\pm$ 120	6269 $\pm$ 79	0,46 $\pm$ 0,0025	0,20 $\pm$ 0,0016	0,09 $\pm$ 0,0011
38	184500,00	8452601,00	25/01/2002	71,57	1388,51	30571 $\pm$ 175	8457 $\pm$ 92	4185 $\pm$ 65	0,31 $\pm$ 0,0018	0,09 $\pm$ 0,0009	0,04 $\pm$ 0,0007
39	185002,00	8452009,00	23/08/2001	73,59	1486,08	13275 $\pm$ 115	7846 $\pm$ 89	4148 $\pm$ 64	0,12 $\pm$ 0,0011	0,07 $\pm$ 0,0008	0,04 $\pm$ 0,0006
40	184794,00	8452133,00	10/11/2001	60,07	1352,66	36800 $\pm$ 192	12234 $\pm$ 111	4784 $\pm$ 69	0,45 $\pm$ 0,0024	0,15 $\pm$ 0,0014	0,06 $\pm$ 0,0009
41	185035,00	8451693,00	06/12/2002	65,85	1476,43	31385 $\pm$ 177	8766 $\pm$ 94	4176 $\pm$ 65	0,32 $\pm$ 0,0018	0,09 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0007
42	193808,00	8466748,00	19/08/2001	68,52	1427,55	38784 $\pm$ 197	9272 $\pm$ 96	4739 $\pm$ 69	0,40 $\pm$ 0,0020	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
43	193582,00	8466799,00	10/12/2002	75,67	1523,88	12521 $\pm$ 112	7180 $\pm$ 85	4193 $\pm$ 65	0,11 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0007	0,04 $\pm$ 0,0006
44	193338,00	8466837,00	06/06/2001	63,15	1416,48	39452 $\pm$ 199	11693 $\pm$ 108	4820 $\pm$ 69	0,44 $\pm$ 0,0022	0,13 $\pm$ 0,0012	0,05 $\pm$ 0,0008
45	193044,00	8466968,00	03/02/2002	62,50	2427,47	66107 $\pm$ 257	14980 $\pm$ 122	6952 $\pm$ 83	0,44 $\pm$ 0,0017	0,10 $\pm$ 0,0008	0,05 $\pm$ 0,0005
46	192801,00	8467132,00	18/08/2001	66,75	1555,63	40378 $\pm$ 201	9492 $\pm$ 97	4717 $\pm$ 69	0,39 $\pm$ 0,0019	0,09 $\pm$ 0,0009	0,05 $\pm$ 0,0007
47	192751,00	8467141,00	29/01/2002	72,26	1472,78	36985 $\pm$ 192	10689 $\pm$ 103	4225 $\pm$ 65	0,35 $\pm$ 0,0018	0,10 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0006
48	192660,00	8467309,00	22/10/2001	64,40	1571,61	51725 $\pm$ 227	10929 $\pm$ 105	4880 $\pm$ 70	0,51 $\pm$ 0,0022	0,11 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
49	191659,00	8468323,00	13/08/2001	68,85	1367,67	31176 $\pm$ 177	9099 $\pm$ 95	4134 $\pm$ 64	0,33 $\pm$ 0,0019	0,10 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0007
50	190675,00	8468449,00	12/09/2001	67,45	1429,21	33477 $\pm$ 183	8626 $\pm$ 93	4325 $\pm$ 66	0,35 $\pm$ 0,0019	0,09 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0007
51	190836,00	8465982,00	08/05/2001	57,32	1758,88	27149 $\pm$ 165	10136 $\pm$ 101	5554 $\pm$ 75	0,27 $\pm$ 0,0016	0,10 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0007
52	190922,00	8465930,00	20/05/2001	58,82	1323,35	27961 $\pm$ 167	7944 $\pm$ 89	4106 $\pm$ 64	0,36 $\pm$ 0,0021	0,10 $\pm$ 0,0011	0,05 $\pm$ 0,0008
53	190976,00	8465911,00	06/01/2002	67,16	2753,82	71934 $\pm$ 268	19935 $\pm$ 141	8325 $\pm$ 91	0,39 $\pm$ 0,0015	0,11 $\pm$ 0,0008	0,05 $\pm$ 0,0005

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
54	191179,00	8465961,00	09/12/2002	71,88	1218,57	9887 ± 99	6592 ± 81	3287 ± 57	0,11 ± 0,0011	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
56	191861,00	8465415,00	07/06/2001	51,18	1457,60	41398 ± 203	11057 ± 105	5200 ± 72	0,55 ± 0,0027	0,15 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
57	191701,00	8464865,00	05/11/2001	72,70	1375,98	29277 ± 171	8528 ± 92	4324 ± 66	0,29 ± 0,0017	0,09 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
59	191709,00	8464384,00	07/09/2001	73,38	972,55	29081 ± 171	7850 ± 89	3312 ± 58	0,41 ± 0,0024	0,11 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
60	191666,00	8464297,00	15/12/2002	67,99	1455,72	55163 ± 235	22411 ± 150	5365 ± 73	0,56 ± 0,0024	0,23 ± 0,0015	0,05 ± 0,0007
61	191662,00	8464124,00	17/07/2001	60,36	1383,26	53231 ± 231	9938 ± 100	5737 ± 76	0,64 ± 0,0028	0,12 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
62	191826,00	8463601,00	24/07/2001	61,93	1292,03	35428 ± 188	11581 ± 108	5261 ± 73	0,44 ± 0,0024	0,14 ± 0,0013	0,07 ± 0,0009
63	192055,00	8463619,00	12/12/2002	63,11	1472,65	11868 ± 109	7069 ± 84	4066 ± 64	0,13 ± 0,0012	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
64	191954,00	8463124,00	16/08/2001	64,36	1335,51	32383 ± 180	9100 ± 95	4898 ± 70	0,38 ± 0,0021	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
65	193843,00	8463773,00	29/06/2001	66,49	1444,70	40697 ± 202	9194 ± 96	4405 ± 66	0,42 ± 0,0021	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
66	192797,00	8462676,00	10/01/2002	64,42	1361,22	28111 ± 168	7434 ± 86	3606 ± 60	0,32 ± 0,0019	0,08 ± 0,0010	0,04 ± 0,0007
67	192297,00	8462505,00	04/07/2001	73,09	1454,73	35044 ± 187	8826 ± 94	4462 ± 67	0,33 ± 0,0018	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
68	193583,00	8460113,00	24/06/2001	52,10	1468,47	38578 ± 196	12087 ± 110	6219 ± 79	0,50 ± 0,0026	0,16 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
70	191653,00	8464077,00	15/05/2001	58,23	1315,66	37680 ± 194	12245 ± 111	6375 ± 80	0,49 ± 0,0025	0,16 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
72	191996,00	8462990,00	05/08/2001	79,94	1474,39	11624 ± 108	7641 ± 87	4117 ± 64	0,10 ± 0,0009	0,06 ± 0,0007	0,03 ± 0,0005
73	193676,00	8455279,00	29/05/2001	51,89	1386,56	32532 ± 180	8941 ± 95	5204 ± 72	0,45 ± 0,0025	0,12 ± 0,0013	0,07 ± 0,0010
74	192440,00	8455637,00	15/01/2002	59,60	1409,55	35497 ± 188	9637 ± 98	4615 ± 68	0,42 ± 0,0022	0,11 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
75	190669,00	8455592,00	07/12/2002	68,66	1391,03	11114 ± 105	6653 ± 82	3920 ± 63	0,12 ± 0,0011	0,07 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
76	191050,00	8455339,00	13/12/2002	62,20	1319,12	32164 ± 179	8843 ± 94	4024 ± 63	0,39 ± 0,0022	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
77	191365,00	8454882,00	11/12/2002	61,77	1462,88	35346 ± 188	11214 ± 106	4382 ± 66	0,39 ± 0,0021	0,12 ± 0,0012	0,05 ± 0,0007
79	190579,00	8453537,00	11/01/2002	68,14	1403,36	33260 ± 182	8461 ± 92	3960 ± 63	0,35 ± 0,0019	0,09 ± 0,0010	0,04 ± 0,0007
80	189490,00	8452294,00	12/05/2001	58,07	1506,34	32743 ± 181	8994 ± 95	4864 ± 70	0,37 ± 0,0021	0,10 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
82	184062,00	8463266,00	30/05/2001	63,73	1541,40	12684 ± 113	8516 ± 92	4572 ± 68	0,13 ± 0,0011	0,09 ± 0,0009	0,05 ± 0,0007
83	184304,00	8463039,00	28/01/2002	67,37	1396,49	10874 ± 104	6911 ± 83	3791 ± 62	0,12 ± 0,0011	0,07 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
85	186041,00	8460214,00	03/07/2001	58,30	1422,77	14010 $\pm$ 118	7574 $\pm$ 87	4117 $\pm$ 64	0,17 $\pm$ 0,0014	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0008
86	186073,00	8460318,00	27/01/2002	60,02	1670,34	16328 $\pm$ 128	7785 $\pm$ 88	4562 $\pm$ 68	0,16 $\pm$ 0,0013	0,08 $\pm$ 0,0009	0,05 $\pm$ 0,0007
87	185977,00	8460038,00	13/01/2002	77,66	1614,41	19216 $\pm$ 139	7663 $\pm$ 88	4403 $\pm$ 66	0,15 $\pm$ 0,0011	0,06 $\pm$ 0,0007	0,04 $\pm$ 0,0005
88	186018,00	8459537,00	22/05/2001	52,91	1952,90	44547 $\pm$ 211	16138 $\pm$ 127	7917 $\pm$ 89	0,43 $\pm$ 0,0020	0,16 $\pm$ 0,0012	0,08 $\pm$ 0,0009
90	183694,00	8468635,00	26/06/2001	61,38	1466,49	40249 $\pm$ 201	14826 $\pm$ 122	6377 $\pm$ 80	0,45 $\pm$ 0,0022	0,16 $\pm$ 0,0014	0,07 $\pm$ 0,0009
91	177956,00	8470322,00	21/08/2001	62,05	1424,52	26587 $\pm$ 163	10783 $\pm$ 104	4548 $\pm$ 67	0,30 $\pm$ 0,0018	0,12 $\pm$ 0,0012	0,05 $\pm$ 0,0008
92	175961,00	8472445,00	01/02/2002	60,19	1418,77	36920 $\pm$ 192	9429 $\pm$ 97	4659 $\pm$ 68	0,43 $\pm$ 0,0023	0,11 $\pm$ 0,0011	0,05 $\pm$ 0,0008
93	176075,00	8472656,00	13/10/2001	70,06	1543,55	36035 $\pm$ 190	12125 $\pm$ 110	5694 $\pm$ 75	0,33 $\pm$ 0,0018	0,11 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
94	174879,00	8474268,00	26/09/2001	59,65	1306,90	29666 $\pm$ 172	9121 $\pm$ 96	5220 $\pm$ 72	0,38 $\pm$ 0,0022	0,12 $\pm$ 0,0012	0,07 $\pm$ 0,0009
95	176884,00	8474230,00	26/10/2001	55,97	930,08	26550 $\pm$ 163	7315 $\pm$ 86	4029 $\pm$ 63	0,51 $\pm$ 0,0031	0,14 $\pm$ 0,0016	0,08 $\pm$ 0,0012
96	175895,00	8474099,00	24/08/2001	62,74	1369,36	34693 $\pm$ 186	9570 $\pm$ 98	4796 $\pm$ 69	0,40 $\pm$ 0,0022	0,11 $\pm$ 0,0011	0,06 $\pm$ 0,0008
97	175919,00	8474032,00	08/01/2002	68,72	1973,25	46299 $\pm$ 215	9568 $\pm$ 98	5386 $\pm$ 73	0,34 $\pm$ 0,0016	0,07 $\pm$ 0,0007	0,04 $\pm$ 0,0005
98	175938,00	8474014,00	17/12/2002	59,76	1529,22	28351 $\pm$ 168	8489 $\pm$ 92	4542 $\pm$ 67	0,31 $\pm$ 0,0018	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
99	175951,00	8473863,00	05/12/2002	70,44	1674,76	48438 $\pm$ 220	10979 $\pm$ 105	5772 $\pm$ 76	0,41 $\pm$ 0,0019	0,09 $\pm$ 0,0009	0,05 $\pm$ 0,0006
101	175902,00	8473770,00	17/08/2001	63,20	1438,79	24031 $\pm$ 155	9450 $\pm$ 97	5090 $\pm$ 71	0,26 $\pm$ 0,0017	0,10 $\pm$ 0,0011	0,06 $\pm$ 0,0008
102	175858,00	8473583,00	28/08/2001	56,49	1410,18	44813 $\pm$ 212	10691 $\pm$ 103	5508 $\pm$ 74	0,56 $\pm$ 0,0027	0,13 $\pm$ 0,0013	0,07 $\pm$ 0,0009
103	175777,00	8473326,00	12/10/2001	60,98	1326,99	33413 $\pm$ 183	8974 $\pm$ 95	4532 $\pm$ 67	0,41 $\pm$ 0,0023	0,11 $\pm$ 0,0012	0,06 $\pm$ 0,0008
104	175729,00	8472933,00	07/08/2001	69,50	1360,39	35678 $\pm$ 189	11314 $\pm$ 106	5322 $\pm$ 73	0,38 $\pm$ 0,0020	0,12 $\pm$ 0,0011	0,06 $\pm$ 0,0008
105	176116,00	8472665,00	20/12/2002	50,71	2928,18	75679 $\pm$ 275	25192 $\pm$ 159	9774 $\pm$ 99	0,51 $\pm$ 0,0019	0,17 $\pm$ 0,0011	0,07 $\pm$ 0,0007
106	176266,00	8472591,00	05/01/2002	67,68	1469,33	29939 $\pm$ 173	14260 $\pm$ 119	4446 $\pm$ 67	0,30 $\pm$ 0,0017	0,14 $\pm$ 0,0012	0,04 $\pm$ 0,0007
107	175839,00	8472480,00	25/11/2002	63,94	1456,26	35313 $\pm$ 188	7941 $\pm$ 89	4120 $\pm$ 64	0,38 $\pm$ 0,0020	0,09 $\pm$ 0,0010	0,04 $\pm$ 0,0007
108	175974,00	8472437,00	01/08/2001	71,80	1399,44	30896 $\pm$ 176	9800 $\pm$ 99	5620 $\pm$ 75	0,31 $\pm$ 0,0017	0,10 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0007
109	176400,00	8472318,00	14/12/2002	62,72	1493,16	33508 $\pm$ 183	7912 $\pm$ 89	4157 $\pm$ 64	0,36 $\pm$ 0,0020	0,08 $\pm$ 0,0009	0,04 $\pm$ 0,0007
110	176453,00	8472238,00	22/08/2001	63,05	1359,69	32559 $\pm$ 180	9806 $\pm$ 99	5004 $\pm$ 71	0,38 $\pm$ 0,0021	0,11 $\pm$ 0,0012	0,06 $\pm$ 0,0008

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
111	176738,00	8472109,00	03/01/2002	62,40	2477,04	62997 ± 251	17140 ± 131	8697 ± 93	0,41 ± 0,0016	0,11 ± 0,0008	0,06 ± 0,0006
112	176880,00	8472067,00	19/10/2001	66,15	1567,19	37976 ± 195	8863 ± 94	4678 ± 68	0,37 ± 0,0019	0,09 ± 0,0009	0,05 ± 0,0007
113	177663,00	8471276,00	23/07/2001	55,83	1504,26	51682 ± 227	15388 ± 124	6406 ± 80	0,62 ± 0,0027	0,18 ± 0,0015	0,08 ± 0,0010
115	179445,00	8470456,00	02/06/2001	51,21	1288,43	31821 ± 178	9105 ± 95	4648 ± 68	0,48 ± 0,0027	0,14 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
116	179765,00	8470135,00	10/10/2001	59,66	1411,16	35914 ± 190	14030 ± 118	4371 ± 66	0,43 ± 0,0023	0,17 ± 0,0014	0,05 ± 0,0008
117	184401,00	8469038,00	25/05/2001	59,28	1392,94	25715 ± 160	9669 ± 98	4846 ± 70	0,31 ± 0,0019	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0008
118	173904,00	8471486,00	11/09/2001	71,40	1414,62	34083 ± 185	8933 ± 95	4731 ± 69	0,34 ± 0,0018	0,09 ± 0,0009	0,05 ± 0,0007
119	174323,00	8471604,00	19/11/2002	66,12	1260,57	34250 ± 185	12317 ± 111	4184 ± 65	0,41 ± 0,0022	0,15 ± 0,0013	0,05 ± 0,0008
120	174323,00	8471284,00	22/07/2001	59,27	1352,89	23790 ± 154	8069 ± 90	3894 ± 62	0,30 ± 0,0019	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
121	174521,00	8471158,00	24/10/2001	75,75	1304,25	16510 ± 128	8272 ± 91	3622 ± 60	0,17 ± 0,0013	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
122	175112,00	8471180,00	01/09/2001	60,49	1326,04	10873 ± 104	6954 ± 83	3755 ± 61	0,14 ± 0,0013	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0008
123	192220,00	8466553,00	31/10/2001	65,07	1466,00	45281 ± 213	15536 ± 125	5504 ± 74	0,47 ± 0,0022	0,16 ± 0,0013	0,06 ± 0,0008
124	192619,00	8466657,00	04/01/2002	68,94	1528,17	43282 ± 208	11350 ± 107	4719 ± 69	0,41 ± 0,0020	0,11 ± 0,0010	0,04 ± 0,0007
125	192007,00	8467931,00	16/10/2001	64,20	1415,13	38623 ± 197	11315 ± 106	5325 ± 73	0,43 ± 0,0022	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0008
126	192368,00	8468837,00	15/08/2001	68,60	1478,49	37173 ± 193	10343 ± 102	4805 ± 69	0,37 ± 0,0019	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
127	192419,00	8469382,00	30/07/2001	77,74	1638,59	13616 ± 117	8536 ± 92	4663 ± 68	0,11 ± 0,0009	0,07 ± 0,0007	0,04 ± 0,0005
128	191823,00	8470669,00	19/06/2001	54,23	1327,87	28265 ± 168	7600 ± 87	4099 ± 64	0,39 ± 0,0023	0,11 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
129	191907,00	8471586,00	25/10/2001	62,78	1580,58	37096 ± 193	9551 ± 98	4707 ± 69	0,37 ± 0,0019	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
130	191953,00	8472637,00	12/11/2002	72,67	1441,54	46239 ± 215	9251 ± 96	4372 ± 66	0,44 ± 0,0021	0,09 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
131	191974,00	8472878,00	22/09/2001	66,09	1471,57	43934 ± 210	12105 ± 110	5617 ± 75	0,45 ± 0,0022	0,12 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
132	175393,00	8454914,00	05/09/2001	61,75	1332,93	41282 ± 203	18020 ± 134	4152 ± 64	0,50 ± 0,0025	0,22 ± 0,0016	0,05 ± 0,0008
134	173892,00	8467135,00	25/06/2001	63,43	1409,60	31642 ± 178	8541 ± 92	4504 ± 67	0,35 ± 0,0020	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0008
135	171650,00	8467077,00	29/09/2001	63,63	1554,68	33679 ± 184	10408 ± 102	5566 ± 75	0,34 ± 0,0019	0,11 ± 0,0010	0,06 ± 0,0008
136	170525,00	8466982,00	03/06/2001	60,62	1406,95	15758 ± 126	7950 ± 89	4328 ± 66	0,18 ± 0,0015	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0008

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
137	170913,00	8466169,00	18/06/2001	54,88	1216,07	28315 ± 168	8560 ± 93	4574 ± 68	0,42 ± 0,0025	0,13 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
138	170676,00	8465830,00	30/09/2001	69,16	1248,74	31712 ± 178	7517 ± 87	3956 ± 63	0,37 ± 0,0021	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
139	170564,00	8465457,00	20/08/2001	60,16	1313,99	25985 ± 161	7236 ± 85	3793 ± 62	0,33 ± 0,0020	0,09 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
140	170539,00	8462240,00	27/06/2001	75,74	1414,51	21246 ± 146	8496 ± 92	4495 ± 67	0,20 ± 0,0014	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
141	170193,00	8461877,00	18/10/2001	63,82	1292,58	29050 ± 170	8920 ± 94	4478 ± 67	0,35 ± 0,0021	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
142	179129,00	8465004,00	05/10/2001	63,08	1428,09	33777 ± 184	8457 ± 92	4075 ± 64	0,37 ± 0,0020	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
143	179031,00	8464010,00	08/07/2001	64,29	1202,09	33375 ± 183	9310 ± 96	4192 ± 65	0,43 ± 0,0024	0,12 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
144	178154,00	8463859,00	15/09/2001	67,39	1334,09	46913 ± 217	16993 ± 130	9420 ± 97	0,52 ± 0,0024	0,19 ± 0,0014	0,10 ± 0,0011
145	177807,00	8463773,00	17/10/2001	61,47	1451,97	36771 ± 192	10438 ± 102	5077 ± 71	0,41 ± 0,0021	0,12 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
146	177421,00	8463582,00	27/08/2001	63,18	1407,66	42702 ± 207	14643 ± 121	6633 ± 81	0,48 ± 0,0023	0,16 ± 0,0014	0,07 ± 0,0009
147	177270,00	8463359,00	27/10/2001	61,88	1406,57	42213 ± 205	14063 ± 119	5501 ± 74	0,48 ± 0,0024	0,16 ± 0,0014	0,06 ± 0,0009
148	176378,00	8462801,00	21/09/2001	71,51	1369,22	36616 ± 191	11350 ± 107	4426 ± 67	0,37 ± 0,0020	0,12 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
149	175372,00	8460949,00	05/06/2001	64,65	1349,21	30782 ± 175	10710 ± 103	5372 ± 73	0,35 ± 0,0020	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0008
150	176765,00	8459428,00	16/06/2001	54,76	1492,38	30434 ± 174	10273 ± 101	5358 ± 73	0,37 ± 0,0021	0,13 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
151	178162,00	8459060,00	05/07/2001	63,71	1469,36	24048 ± 155	9049 ± 95	4918 ± 70	0,26 ± 0,0017	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
152	177979,00	8458765,00	14/07/2001	49,66	1456,37	25400 ± 159	9928 ± 100	5480 ± 74	0,35 ± 0,0022	0,14 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
153	176097,00	8459112,00	06/11/2001	52,83	1485,52	23761 ± 154	9907 ± 100	4719 ± 69	0,30 ± 0,0020	0,13 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
155	175819,00	8458982,00	26/07/2001	54,85	1518,18	41265 ± 203	10413 ± 102	5653 ± 75	0,50 ± 0,0024	0,13 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
156	174318,00	8458856,00	14/09/2001	57,09	1497,73	42200 ± 205	10479 ± 102	5488 ± 74	0,49 ± 0,0024	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
157	174026,00	8458634,00	16/05/2001	52,31	1544,93	29121 ± 171	9925 ± 100	5506 ± 74	0,36 ± 0,0021	0,12 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009
158	173201,00	8458514,00	02/02/2002	59,73	1697,57	49114 ± 222	16536 ± 129	5061 ± 71	0,48 ± 0,0022	0,16 ± 0,0013	0,05 ± 0,0007
159	173201,00	8458514,00	24/05/2001	56,62	1469,01	31069 ± 176	8468 ± 92	4398 ± 66	0,37 ± 0,0021	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
160	172436,00	8455741,00	08/06/2001	55,32	1426,19	16754 ± 129	7873 ± 89	4281 ± 65	0,21 ± 0,0016	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
161	170226,00	8455172,00	17/06/2001	54,80	1564,44	34072 ± 185	11255 ± 106	6055 ± 78	0,40 ± 0,0022	0,13 ± 0,0012	0,07 ± 0,0009

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
162	176788,00	8455249,00	20/07/2001	53,17	1188,57	30475 ± 175	8430 ± 92	4567 ± 68	0,48 ± 0,0028	0,13 ± 0,0015	0,07 ± 0,0011
163	180109,00	8457114,00	23/10/2001	71,14	1502,54	17087 ± 131	7646 ± 87	4159 ± 64	0,16 ± 0,0012	0,07 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
164	179734,00	8457148,00	20/06/2001	50,76	1497,46	32238 ± 180	12767 ± 113	5466 ± 74	0,42 ± 0,0024	0,17 ± 0,0015	0,07 ± 0,0010
165	179235,00	8456822,00	15/11/2002	55,44	1312,70	37144 ± 193	9617 ± 98	4372 ± 66	0,51 ± 0,0026	0,13 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
166	179173,00	8458990,00	30/10/2001	69,24	1387,96	23128 ± 152	7794 ± 88	3887 ± 62	0,24 ± 0,0016	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
167	179167,00	8458924,00	13/11/2002	53,11	1481,32	26935 ± 164	9098 ± 95	4618 ± 68	0,34 ± 0,0021	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
168	179226,00	8458617,00	01/07/2001	71,79	1538,12	31639 ± 178	9551 ± 98	5012 ± 71	0,29 ± 0,0016	0,09 ± 0,0009	0,05 ± 0,0006
170	179028,00	8457422,00	01/09/2001	65,90	1522,20	32038 ± 179	12889 ± 114	5965 ± 77	0,32 ± 0,0018	0,13 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
171	178942,00	8457268,00	16/11/2002	55,32	1517,51	53626 ± 232	17500 ± 132	6105 ± 78	0,64 ± 0,0028	0,21 ± 0,0016	0,07 ± 0,0009
172	178827,00	8456883,00	29/10/2001	54,56	1479,74	34337 ± 185	11797 ± 109	5152 ± 72	0,43 ± 0,0023	0,15 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
173	178251,00	8456940,00	09/01/2002	62,82	1361,26	29184 ± 171	9620 ± 98	4521 ± 67	0,34 ± 0,0020	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
174	178257,00	8456862,00	07/02/2002	64,67	1475,83	28655 ± 169	7223 ± 85	3934 ± 63	0,30 ± 0,0018	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
175	178351,00	8456895,00	20/10/2001	66,85	1313,90	21289 ± 146	8335 ± 91	4212 ± 65	0,24 ± 0,0017	0,09 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
176	178566,00	8456524,00	14/11/2002	71,39	1399,50	20841 ± 144	8591 ± 93	4290 ± 65	0,21 ± 0,0014	0,09 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
177	178555,00	8456177,00	20/07/2001	58,59	1364,35	37705 ± 194	12582 ± 112	6369 ± 80	0,47 ± 0,0024	0,16 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
178	179730,00	8456042,00	21/10/2001	48,22	1397,46	40805 ± 202	13133 ± 115	6958 ± 83	0,61 ± 0,0030	0,19 ± 0,0017	0,10 ± 0,0012
179	180008,00	8455718,00	13/07/2001	55,02	1403,19	31811 ± 178	10252 ± 101	5257 ± 73	0,41 ± 0,0023	0,13 ± 0,0013	0,07 ± 0,0009
180	179907,00	8455963,00	17/11/2002	52,87	1381,64	29470 ± 172	8763 ± 94	4554 ± 67	0,40 ± 0,0024	0,12 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
181	180621,00	8455196,00	30/01/2002	52,76	1562,61	43658 ± 209	10778 ± 104	5233 ± 72	0,53 ± 0,0025	0,13 ± 0,0013	0,06 ± 0,0009
182	180814,00	8455198,00	02/07/2001	67,15	1216,93	30274 ± 174	14710 ± 121	10282 ± 101	0,37 ± 0,0021	0,18 ± 0,0015	0,13 ± 0,0012
183	181022,00	8455157,00	23/11/2002	57,61	1239,61	44951 ± 212	10465 ± 102	5273 ± 73	0,63 ± 0,0030	0,15 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
184	181101,00	8455117,00	07/05/2001	56,81	1865,98	35920 ± 190	11954 ± 109	6094 ± 78	0,34 ± 0,0018	0,11 ± 0,0010	0,06 ± 0,0007
185	182567,00	8454250,00	26/05/2001	50,67	1625,41	35043 ± 187	12494 ± 112	6145 ± 78	0,43 ± 0,0023	0,15 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
186	183239,00	8453192,00	06/07/2001	65,72	1326,26	23552 ± 153	8534 ± 92	4901 ± 70	0,27 ± 0,0018	0,10 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
187	169138,00	8459677,00	04/10/2001	77,56	1566,80	26517 ± 163	9303 ± 96	4679 ± 68	0,22 ± 0,0013	0,08 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
188	169012,00	8458681,00	09/07/2001	56,13	1328,55	34054 ± 185	10402 ± 102	5184 ± 72	0,46 ± 0,0025	0,14 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
189	169171,00	8458392,00	14/06/2001	54,15	1432,94	28358 ± 168	8192 ± 91	4161 ± 65	0,37 ± 0,0022	0,11 ± 0,0012	0,05 ± 0,0008
191	169098,00	8457515,00	11/10/2001	64,64	1563,80	27204 ± 165	11469 ± 107	5362 ± 73	0,27 ± 0,0016	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
192	169215,00	8457055,00	19/09/2001	57,59	1165,31	31919 ± 179	9556 ± 98	5104 ± 71	0,48 ± 0,0027	0,14 ± 0,0015	0,08 ± 0,0011
193	169351,00	8456627,00	18/11/2002	67,71	1655,95	18059 ± 134	8411 ± 92	4546 ± 67	0,16 ± 0,0012	0,08 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
194	169473,00	8456105,00	30/08/2001	68,06	1619,28	19995 ± 141	8462 ± 92	4603 ± 68	0,18 ± 0,0013	0,08 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
195	168901,00	8454045,00	04/09/2001	65,66	1599,85	27081 ± 165	10538 ± 103	5356 ± 73	0,26 ± 0,0016	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
196	167438,00	8450958,00	11/07/2001	64,59	1398,13	13886 ± 118	7289 ± 85	4013 ± 63	0,15 ± 0,0013	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0007
197	167898,30	8450369,00	10/04/1997	74,63	3056,10	21337 ± 146	11489 ± 107	4089 ± 64	0,09 ± 0,0006	0,05 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
198	167948,10	8451017,10	02/09/1996	79,35	1417,74	23466 ± 153	10230 ± 101	2895 ± 54	0,21 ± 0,0014	0,09 ± 0,0009	0,03 ± 0,0005
199	168050,60	8451184,10	16/07/1996	79,95	1532,97	43206 ± 208	22957 ± 152	11460 ± 107	0,35 ± 0,0017	0,19 ± 0,0012	0,09 ± 0,0009
200	167928,90	8453373,70	08/07/1996	78,78	2603,30	31589 ± 178	17143 ± 131	5479 ± 74	0,15 ± 0,0009	0,08 ± 0,0006	0,03 ± 0,0004
201	169002,10	8453061,70	19/09/1996	96,52	1481,98	19565 ± 140	7612 ± 87	2822 ± 53	0,14 ± 0,0010	0,05 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
202	168757,30	8454180,70	26/06/1996	61,65	1042,90	18977 ± 138	8825 ± 94	3664 ± 61	0,30 ± 0,0021	0,14 ± 0,0015	0,06 ± 0,0009
203	169762,20	8460398,90	17/03/1997	62,44	1872,57	22883 ± 151	8759 ± 94	3310 ± 58	0,20 ± 0,0013	0,07 ± 0,0008	0,03 ± 0,0005
204	168162,10	8460923,00	05/04/1997	59,01	2810,96	37105 ± 193	14735 ± 121	4381 ± 66	0,22 ± 0,0012	0,09 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
205	169963,20	8465177,80	24/07/1996	58,41	3253,92	39443 ± 199	20398 ± 143	5819 ± 76	0,21 ± 0,0010	0,11 ± 0,0008	0,03 ± 0,0004
206	168204,00	8474030,60	01/03/1997	65,96	2237,99	30903 ± 176	12095 ± 110	4415 ± 66	0,21 ± 0,0012	0,08 ± 0,0007	0,03 ± 0,0005
207	171696,70	8470123,00	27/09/1996	75,01	1803,53	22455 ± 150	7873 ± 89	2830 ± 53	0,17 ± 0,0011	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
208	172497,80	8470340,60	04/09/1996	87,64	2773,73	41367 ± 203	17207 ± 131	5094 ± 71	0,17 ± 0,0008	0,07 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
209	173988,60	8470611,20	08/02/1997	65,54	3037,70	45014 ± 212	17624 ± 133	5371 ± 73	0,23 ± 0,0011	0,09 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
210	174051,90	8470638,00	24/03/1997	58,60	1667,62	23504 ± 153	7892 ± 89	2933 ± 54	0,24 ± 0,0016	0,08 ± 0,0009	0,03 ± 0,0006
211	174176,10	8470634,60	08/09/1996	75,06	2752,80	32322 ± 180	17412 ± 132	4771 ± 69	0,16 ± 0,0009	0,08 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
212	171107,60	8466018,80	06/05/1997	61,36	2842,19	30357 ± 174	12297 ± 111	3894 ± 62	0,17 ± 0,0010	0,07 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
213	171126,40	8465972,30	07/04/1997	72,21	2926,98	46948 ± 217	12222 ± 111	4306 ± 66	0,22 ± 0,0010	0,06 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
214	173099,30	8467472,50	26/03/1997	82,16	1478,09	23257 ± 153	7023 ± 84	2447 ± 49	0,19 ± 0,0013	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
215	173657,70	8466702,20	15/09/1996	85,71	1415,10	25474 ± 160	7359 ± 86	2696 ± 52	0,21 ± 0,0013	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
216	170732,20	8462581,70	13/08/1996	77,17	1743,72	23090 ± 152	11159 ± 106	3145 ± 56	0,17 ± 0,0011	0,08 ± 0,0008	0,02 ± 0,0004
217	173739,90	8462141,70	18/03/1997	62,58	2380,00	31913 ± 179	11456 ± 107	4374 ± 66	0,21 ± 0,0012	0,08 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
218	173693,80	8462088,40	06/02/1997	59,56	3062,82	36135 ± 190	13045 ± 114	4637 ± 68	0,20 ± 0,0010	0,07 ± 0,0006	0,03 ± 0,0004
219	171117,10	8456093,50	20/08/1996	71,77	1636,84	30221 ± 174	14117 ± 119	3490 ± 59	0,26 ± 0,0015	0,12 ± 0,0010	0,03 ± 0,0005
220	171142,00	8456050,70	12/04/1997	65,74	2518,99	16309 ± 128	10133 ± 101	3431 ± 59	0,10 ± 0,0008	0,06 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
221	171516,50	8455760,80	13/02/1997	78,23	1924,33	15832 ± 126	7856 ± 89	2807 ± 53	0,11 ± 0,0008	0,05 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
222	173773,00	8456054,00	07/09/1996	65,43	1513,58	26979 ± 164	14092 ± 119	3615 ± 60	0,27 ± 0,0017	0,14 ± 0,0012	0,04 ± 0,0006
223	172536,20	8455349,40	24/09/1997	65,47	3855,06	28911 ± 170	14992 ± 122	5215 ± 72	0,11 ± 0,0007	0,06 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
224	174317,50	8454420,30	28/03/1997	63,19	1181,76	17457 ± 132	5715 ± 76	1748 ± 42	0,23 ± 0,0018	0,08 ± 0,0010	0,02 ± 0,0006
225	171475,60	8451560,30	14/04/1997	71,57	2569,32	27867 ± 167	11693 ± 108	4077 ± 64	0,15 ± 0,0009	0,06 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003
226	178180,30	8471643,90	26/09/1996	77,15	1321,60	34889 ± 187	12012 ± 110	4360 ± 66	0,34 ± 0,0018	0,12 ± 0,0011	0,04 ± 0,0006
227	174553,00	8470409,90	24/07/1996	68,85	1451,52	101616 ± 319	80611 ± 284	3858 ± 62	1,02 ± 0,0032	0,81 ± 0,0028	0,04 ± 0,0006
228	176337,90	8468381,70	21/08/1996	90,29	2417,64	23361 ± 153	14221 ± 119	4216 ± 65	0,11 ± 0,0007	0,07 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
229	174907,10	8467593,20	18/06/1996	66,53	1680,64	24722 ± 157	11700 ± 108	3419 ± 58	0,22 ± 0,0014	0,10 ± 0,0010	0,03 ± 0,0005
230	174458,50	8467338,20	27/02/1997	75,22	3313,59	42877 ± 207	14744 ± 121	4968 ± 70	0,17 ± 0,0008	0,06 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
231	176896,90	8465996,40	24/09/1996	87,68	2529,20	35134 ± 187	12026 ± 110	4064 ± 64	0,16 ± 0,0008	0,05 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
232	174972,20	8464464,30	20/03/1997	65,45	1964,26	31171 ± 177	11633 ± 108	3514 ± 59	0,24 ± 0,0014	0,09 ± 0,0008	0,03 ± 0,0005
233	174998,70	8463572,20	16/04/1997	63,94	2886,13	34714 ± 186	14580 ± 121	4289 ± 65	0,19 ± 0,0010	0,08 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
234	176537,10	8457857,80	31/03/1997	73,51	1846,80	17694 ± 133	8606 ± 93	2973 ± 55	0,13 ± 0,0010	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
235	175808,40	8456578,40	05/08/1996	78,47	2841,87	48807 ± 221	17563 ± 133	4994 ± 71	0,22 ± 0,0010	0,08 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
236	175845,70	8456534,80	01/07/1996	55,85	2986,27	44677 ± 211	19412 ± 139	5811 ± 76	0,27 ± 0,0013	0,12 ± 0,0008	0,03 ± 0,0005
237	176533,50	8452306,40	19/08/1996	94,12	1773,35	17732 ± 133	10277 ± 101	3028 ± 55	0,11 ± 0,0008	0,06 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003
238	176143,60	8451000,90	31/01/1997	63,50	2931,99	40409 ± 201	16159 ± 127	6529 ± 81	0,22 ± 0,0011	0,09 ± 0,0007	0,04 ± 0,0004
239	176198,90	8451005,70	12/09/1996	63,80	1358,57	28183 ± 168	14930 ± 122	7272 ± 85	0,33 ± 0,0019	0,17 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010
240	179344,70	8471896,20	10/02/1997	59,58	3025,99	47669 ± 218	15638 ± 125	4702 ± 69	0,26 ± 0,0012	0,09 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
241	181559,00	8470109,10	25/06/1996	90,05	1851,05	17609 ± 133	11648 ± 108	3710 ± 61	0,11 ± 0,0008	0,07 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
242	179631,50	8468358,40	19/02/1997	70,15	522,31	31868 ± 179	22801 ± 151	6522 ± 81	0,87 ± 0,0049	0,62 ± 0,0041	0,18 ± 0,0022
243	180961,60	8467250,80	19/07/1996	64,22	2817,78	47972 ± 219	21149 ± 145	5478 ± 74	0,27 ± 0,0012	0,12 ± 0,0008	0,03 ± 0,0004
244	180248,20	8466250,60	29/03/1997	62,63	2902,16	37953 ± 195	14037 ± 118	4679 ± 68	0,21 ± 0,0011	0,08 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
245	180631,90	8465618,80	25/02/1997	90,19	3029,36	22962 ± 152	12499 ± 112	4430 ± 67	0,08 ± 0,0006	0,05 ± 0,0004	0,02 ± 0,0002
246	180034,20	8459693,70	13/09/1996	70,76	3030,86	41707 ± 204	12780 ± 113	4691 ± 68	0,19 ± 0,0010	0,06 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
247	178379,60	8455077,60	03/03/1997	74,49	2865,13	22195 ± 149	11723 ± 108	4065 ± 64	0,10 ± 0,0007	0,05 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
248	180817,70	8453568,90	25/07/1996	89,89	5768,25	108054 ± 329	50622 ± 225	19805 ± 141	0,21 ± 0,0006	0,10 ± 0,0004	0,04 ± 0,0003
249	180895,20	8453543,70	17/09/1996	80,47	1841,23	22144 ± 149	8253 ± 91	3257 ± 57	0,15 ± 0,0010	0,06 ± 0,0006	0,02 ± 0,0004
250	182384,00	8471722,30	30/08/1996	72,69	3980,02	43057 ± 208	23476 ± 153	6842 ± 83	0,15 ± 0,0007	0,08 ± 0,0005	0,02 ± 0,0003
251	184381,50	8469134,20	06/03/1997	88,68	2996,72	23203 ± 152	11934 ± 109	4101 ± 64	0,09 ± 0,0006	0,04 ± 0,0004	0,02 ± 0,0002
252	185080,20	8468177,60	12/07/1996	71,68	4286,88	80510 ± 284	38609 ± 196	10338 ± 102	0,26 ± 0,0009	0,13 ± 0,0006	0,03 ± 0,0003
253	185086,40	8461487,20	25/02/1997	63,87	3029,36	22962 ± 152	12499 ± 112	4430 ± 67	0,12 ± 0,0008	0,06 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003
254	185392,00	8459129,90	01/04/1997	77,41	2348,01	28684 ± 169	11126 ± 105	3570 ± 60	0,16 ± 0,0009	0,06 ± 0,0006	0,02 ± 0,0003
255	184164,80	8453375,10	25/08/1996	65,20	3246,76	38000 ± 195	21504 ± 147	6395 ± 80	0,18 ± 0,0009	0,10 ± 0,0007	0,03 ± 0,0004
256	186067,40	8450530,00	19/07/1996	76,13	2870,03	49385 ± 222	21995 ± 148	6441 ± 80	0,16 ± 0,0010	0,06 ± 0,0007	0,02 ± 0,0004
256	187959,90	8473903,00	03/04/1997	60,82	3210,23	35102 ± 187	13189 ± 115	4627 ± 68	0,25 ± 0,0010	0,11 ± 0,0006	0,03 ± 0,0003
258	186591,60	8472687,80	03/02/1997	61,15	3843,94	47415 ± 218	17659 ± 133	6482 ± 81	0,20 ± 0,0009	0,08 ± 0,0006	0,03 ± 0,0003
259	187841,90	8472552,80	09/04/1997	58,69	1867,81	13749 ± 117	7215 ± 85	2616 ± 51	0,13 ± 0,0011	0,07 ± 0,0008	0,02 ± 0,0005

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
260	188468,10	8472898,00	26/03/1997	77,74	2859,86	22053 $\pm$ 149	11480 $\pm$ 107	3989 $\pm$ 63	0,10 $\pm$ 0,0007	0,05 $\pm$ 0,0005	0,02 $\pm$ 0,0003
261	188103,80	8471522,60	21/02/1997	60,63	2749,64	40619 $\pm$ 202	17556 $\pm$ 132	4918 $\pm$ 70	0,24 $\pm$ 0,0012	0,11 $\pm$ 0,0008	0,03 $\pm$ 0,0004
262	188030,80	8469161,70	12/09/1996	71,68	1636,03	18529 $\pm$ 136	8166 $\pm$ 90	3076 $\pm$ 55	0,16 $\pm$ 0,0012	0,07 $\pm$ 0,0008	0,03 $\pm$ 0,0005
263	189389,60	8465956,60	27/08/1996	79,13	2512,10	39832 $\pm$ 200	16626 $\pm$ 129	4944 $\pm$ 70	0,20 $\pm$ 0,0010	0,08 $\pm$ 0,0006	0,02 $\pm$ 0,0004
264	187182,50	8458305,10	04/05/1997	58,81	2586,56	31554 $\pm$ 178	10912 $\pm$ 104	3753 $\pm$ 61	0,21 $\pm$ 0,0012	0,07 $\pm$ 0,0007	0,02 $\pm$ 0,0004
265	186344,60	8458252,70	03/09/1996	64,44	1583,36	25319 $\pm$ 159	10786 $\pm$ 104	3211 $\pm$ 57	0,25 $\pm$ 0,0016	0,11 $\pm$ 0,0010	0,03 $\pm$ 0,0006
266	187532,20	8450393,60	21/07/1996	74,37	3989,72	67261 $\pm$ 259	27279 $\pm$ 165	7818 $\pm$ 88	0,23 $\pm$ 0,0009	0,09 $\pm$ 0,0006	0,03 $\pm$ 0,0003
267	189609,30	8451346,60	31/07/1996	55,95	2732,71	43873 $\pm$ 209	18836 $\pm$ 137	5801 $\pm$ 76	0,29 $\pm$ 0,0014	0,12 $\pm$ 0,0009	0,04 $\pm$ 0,0005
268	189645,00	8474053,40	01/02/1997	65,77	3247,93	32541 $\pm$ 180	14968 $\pm$ 122	5708 $\pm$ 76	0,15 $\pm$ 0,0008	0,07 $\pm$ 0,0006	0,03 $\pm$ 0,0004
269	190030,50	8474270,50	10/03/1997	59,80	2771,79	30719 $\pm$ 175	12887 $\pm$ 114	4718 $\pm$ 69	0,19 $\pm$ 0,0011	0,08 $\pm$ 0,0007	0,03 $\pm$ 0,0004
270	190778,40	8466217,50	22/04/1997	63,90	2285,38	22916 $\pm$ 151	9218 $\pm$ 96	3007 $\pm$ 55	0,16 $\pm$ 0,0010	0,06 $\pm$ 0,0007	0,02 $\pm$ 0,0004
271	190813,10	8465910,20	19/09/1996	85,79	1937,93	25627 $\pm$ 160	8229 $\pm$ 91	3065 $\pm$ 55	0,15 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0005	0,02 $\pm$ 0,0003
272	191350,90	8457042,40	23/08/1996	84,67	2827,03	89671 $\pm$ 299	51888 $\pm$ 228	22866 $\pm$ 151	0,37 $\pm$ 0,0013	0,22 $\pm$ 0,0010	0,10 $\pm$ 0,0006
100 a	175920,00	8473850,00	18/12/2002	63,96	1294,83	17131 $\pm$ 131	6709 $\pm$ 82	3740 $\pm$ 61	0,21 $\pm$ 0,0016	0,08 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
100 b	175914,00	8473846,00	23/01/2002	58,81	1479,34	19074 $\pm$ 138	8165 $\pm$ 90	4206 $\pm$ 65	0,22 $\pm$ 0,0016	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
114a	178400,00	8470534,00	28/10/2001	60,97	1463,06	43175 $\pm$ 208	13746 $\pm$ 117	5257 $\pm$ 73	0,48 $\pm$ 0,0023	0,15 $\pm$ 0,0013	0,06 $\pm$ 0,0008
114b	178393,00	8470500,00	06/09/2001	66,01	1839,65	51959 $\pm$ 228	17051 $\pm$ 131	6288 $\pm$ 79	0,43 $\pm$ 0,0019	0,14 $\pm$ 0,0011	0,05 $\pm$ 0,0007
133a	174200,00	8465942,00	28/06/2001	63,69	1362,15	30801 $\pm$ 176	8279 $\pm$ 91	4059 $\pm$ 64	0,36 $\pm$ 0,0020	0,10 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
133b	174215,00	8465950,00	28/09/2001	61,13	1560,22	32908 $\pm$ 181	8280 $\pm$ 91	4470 $\pm$ 67	0,35 $\pm$ 0,0019	0,09 $\pm$ 0,0010	0,05 $\pm$ 0,0007
154a	175995,00	8458900,00	11/06/2001	51,70	1427,67	39811 $\pm$ 200	11609 $\pm$ 108	5986 $\pm$ 77	0,54 $\pm$ 0,0027	0,16 $\pm$ 0,0015	0,08 $\pm$ 0,0010
154b	175950,00	8459030,00	19/05/2001	49,41	1626,25	39478 $\pm$ 199	11118 $\pm$ 105	6478 $\pm$ 80	0,49 $\pm$ 0,0025	0,14 $\pm$ 0,0013	0,08 $\pm$ 0,0010
169a	179050,00	8457748,00	22/11/2002	58,62	1433,26	48263 $\pm$ 220	11222 $\pm$ 106	5726 $\pm$ 76	0,57 $\pm$ 0,0026	0,13 $\pm$ 0,0013	0,07 $\pm$ 0,0009
169b	179083,00	8457720,00	19/12/2002	56,61	1371,33	33794 $\pm$ 184	9126 $\pm$ 96	4468 $\pm$ 67	0,44 $\pm$ 0,0024	0,12 $\pm$ 0,0012	0,06 $\pm$ 0,0009
190a	169130,00	8457850,00	14/05/2001	48,71	1485,75	35210 $\pm$ 188	13371 $\pm$ 116	6457 $\pm$ 80	0,49 $\pm$ 0,0026	0,18 $\pm$ 0,0016	0,09 $\pm$ 0,0011

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	T (min)	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
190b	169146,00	8457863,00	02/06/2001	55,29	1562,15	39836 ± 200	10165 ± 101	5435 ± 74	0,46 ± 0,0023	0,12 ± 0,0012	0,06 ± 0,0009
26a	181120,00	8450350,00	31/05/2001	73,75	1819,56	24017 ± 155	11575 ± 108	6246 ± 79	0,18 ± 0,0012	0,09 ± 0,0008	0,05 ± 0,0006
26b	181070,00	8450260,00	01/06/2001	48,88	897,69	23727 ± 154	8651 ± 93	4051 ± 64	0,54 ± 0,0035	0,20 ± 0,0021	0,09 ± 0,0015
30a	181515,00	8450464,00	18/09/2001	74,97	1529,42	46818 ± 216	15135 ± 123	7954 ± 89	0,41 ± 0,0019	0,13 ± 0,0011	0,07 ± 0,0008
30b	181507,00	8450455,00	01/10/2001	64,94	1426,00	33761 ± 184	10115 ± 101	5806 ± 76	0,36 ± 0,0020	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
36a	184766,00	8453030,00	25/09/2001	62,47	1483,84	26303 ± 162	14675 ± 121	5135 ± 72	0,28 ± 0,0017	0,16 ± 0,0013	0,06 ± 0,0008
36b	184790,00	8453019,00	09/02/2002	80,00	1413,11	10662 ± 103	6528 ± 81	3860 ± 62	0,09 ± 0,0009	0,06 ± 0,0007	0,03 ± 0,0005
55a	191852,00	8465444,00	25/07/2001	67,82	1502,84	46276 ± 215	15259 ± 124	5751 ± 76	0,45 ± 0,0021	0,15 ± 0,0012	0,06 ± 0,0007
55b	191839,00	8465466,00	04/06/2001	52,02	1377,24	16066 ± 127	12184 ± 110	5349 ± 73	0,22 ± 0,0018	0,17 ± 0,0015	0,07 ± 0,0010
58a	191834,00	8464860,00	14/08/2001	69,47	1241,06	33140 ± 182	6940 ± 83	3866 ± 62	0,38 ± 0,0021	0,08 ± 0,0010	0,04 ± 0,0007
58b	191840,00	8464852,00	16/01/2002	68,70	2949,75	76011 ± 276	16382 ± 128	8496 ± 92	0,38 ± 0,0014	0,08 ± 0,0006	0,04 ± 0,0005
69a	191635,00	8464458,00	16/12/2002	61,28	1452,81	33851 ± 184	9745 ± 99	4120 ± 64	0,38 ± 0,0021	0,11 ± 0,0011	0,05 ± 0,0007
69b	191630,00	8464420,00	17/05/2001	51,37	1527,26	34226 ± 185	12055 ± 110	5200 ± 72	0,44 ± 0,0024	0,15 ± 0,0014	0,07 ± 0,0009
71a	191906,00	8463350,00	30/06/2001	61,26	1440,87	18390 ± 136	9088 ± 95	4479 ± 67	0,21 ± 0,0015	0,10 ± 0,0011	0,05 ± 0,0008
71b	191916,00	8463355,00	26/08/2001	95,86	1390,95	22224 ± 149	10164 ± 101	5674 ± 75	0,17 ± 0,0011	0,08 ± 0,0008	0,04 ± 0,0006
71c	191926,00	8463360,00	28/05/2001	48,57	1386,15	32211 ± 179	9749 ± 99	5183 ± 72	0,48 ± 0,0027	0,14 ± 0,0015	0,08 ± 0,0011
71d	191936,00	8463365,00	07/11/2001	73,54	1460,03	20334 ± 143	8390 ± 92	4310 ± 66	0,19 ± 0,0013	0,08 ± 0,0009	0,04 ± 0,0006
78a	190700,00	8453683,00	17/09/2001	57,33	1258,87	42436 ± 206	9938 ± 100	4707 ± 69	0,59 ± 0,0029	0,14 ± 0,0014	0,07 ± 0,0010
78b	190711,00	8453687,00	14/10/2001	55,98	1411,18	47259 ± 217	12256 ± 111	4753 ± 69	0,60 ± 0,0028	0,16 ± 0,0014	0,06 ± 0,0009
81a	193690,00	8455256,00	15/10/2001	70,91	1444,93	37927 ± 195	10438 ± 102	5217 ± 72	0,37 ± 0,0019	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
81b	193674,00	8455220,00	24/09/2001	62,55	1444,05	35896 ± 189	9802 ± 99	5567 ± 75	0,40 ± 0,0021	0,11 ± 0,0011	0,06 ± 0,0008
84a	186100,00	8460466,80	18/05/2001	54,54	1536,66	38685 ± 197	12594 ± 112	6478 ± 80	0,46 ± 0,0023	0,15 ± 0,0013	0,08 ± 0,0010
84b	186091,00	8460480,00	25/08/2001	62,77	1616,60	43497 ± 209	9984 ± 100	5064 ± 71	0,43 ± 0,0021	0,10 ± 0,0010	0,05 ± 0,0007
8a	191510,00	8455086,00	16/07/2001	53,78	1412,37	36826 ± 192	10872 ± 104	6120 ± 78	0,48 ± 0,0025	0,14 ± 0,0014	0,08 ± 0,0010

Amostra	X (UTM)	Y (UTM)	Data	massa (g)	$T \text{ (min)}$	GA_K	GA_U	GA_{Th}	I_K	I_U	I_{Th}
8b	191505,00	8455100,00	23/09/2001	82,73	1453,08	19925 ± 141	13837 ± 118	5984 ± 77	0,17 ± 0,0012	0,12 ± 0,0010	0,05 ± 0,0006

ANEXO E - Diferença entre os dados de concentração provenientes dos modelos de interpolação do presente trabalho e os de Duarte (2002).

Amostra	$K(\%)$	$K(\%)$ Duarte 2002	Diferença $K(\%)$	$U(ppm)$	$U(ppm)$ Duarte 2002	Diferença eU	$Th(ppm)$	$Th(ppm)$ Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
82	$0,67\% \pm 0,14\%$	$0,30\% \pm 0,67\%$	$0,37\% \pm 0,68\%$	$0,77 \pm 0,02$	$1,18 \pm 1,17$	$-0,41 \pm 1,17$	$8,33 \pm 0,01$	$2,72 \pm$	$5,61 \pm 0,01$	
83	$0,73\% \pm 0,16\%$	$0,17\% \pm 0,18\%$	$0,56\% \pm 0,24\%$	$0,26 \pm 0,02$	$0,92 \pm 0,89$	$-0,66 \pm 0,89$	$8,30 \pm 0,01$	$2,85 \pm$	$5,45 \pm 0,01$	
95	$9,12\% \pm 0,15\%$	$10,27\% \pm 1,00\%$	$-1,15\% \pm 1,01\%$	$5,39 \pm 0,02$	$10,85 \pm 1,06$	$-5,46 \pm 1,06$	$9,00 \pm 0,02$	$62,19 \pm 1,06$	$-53,19 \pm 1,06$	
96	$7,49\% \pm 0,14\%$	$7,99\% \pm 1,00\%$	$-0,50\% \pm 1,01\%$	$3,39 \pm 0,02$	$5,74 \pm 1,09$	$-2,35 \pm 1,09$	$8,99 \pm 0,01$	$15,44 \pm 1,35$	$-6,45 \pm 1,35$	
97	$6,99\% \pm 0,14\%$	$6,97\% \pm 1,00\%$	$0,02\% \pm 1,01\%$	$0,38 \pm 0,02$	$0,71 \pm$	$-0,33 \pm 0,02$	$8,27 \pm 0,01$	$2,37 \pm$	$5,90 \pm 0,01$	
98	$5,40\% \pm 0,03\%$	$5,57\% \pm 1,00\%$	$-0,17\% \pm 1,00\%$	$1,23 \pm 0,01$	$3,47 \pm 1,19$	$-2,24 \pm 1,19$	$8,47 \pm 0,01$	$13,50 \pm 1,46$	$-5,03 \pm 1,46$	
140	$2,99\% \pm 0,14\%$	$2,96\% \pm 1,00\%$	$0,03\% \pm 1,01\%$	$0,99 \pm 0,02$	$2,01 \pm 1,19$	$-1,02 \pm 1,19$	$8,30 \pm 0,01$	$4,21 \pm 2,99$	$4,09 \pm 2,99$	
141	$6,16\% \pm 0,18\%$	$6,91\% \pm 1,00\%$	$-0,75\% \pm 1,02\%$	$3,46 \pm 0,03$	$6,47 \pm 1,08$	$-3,01 \pm 1,08$	$8,75 \pm 0,04$	$26,43 \pm 1,15$	$-17,68 \pm 1,15$	
187	$3,63\% \pm 0,20\%$	$3,61\% \pm 1,00\%$	$0,02\% \pm 1,02\%$	$1,46 \pm 0,03$	$2,41 \pm 1,15$	$-0,95 \pm 1,15$	$8,43 \pm 0,01$	$5,38 \pm 2,20$	$3,05 \pm 2,20$	
217	$3,59\% \pm 0,13\%$	$5,17\% \pm 1,00\%$	$-1,59\% \pm 1,01\%$	$0,77 \pm 0,02$	$9,76 \pm 0,17$	$-8,99 \pm 0,17$	$9,13 \pm 0,01$	$21,39 \pm 1,10$	$-12,26 \pm 1,10$	
218	$2,81\% \pm 0,14\%$	$4,96\% \pm 1,00\%$	$-2,15\% \pm 1,01\%$	$0,40 \pm 0,02$	$5,50 \pm 0,26$	$-5,10 \pm 0,26$	$9,24 \pm 0,01$	$8,54 \pm 2,20$	$0,69 \pm 2,20$	
257	$2,61\% \pm 0,14\%$	$4,48\% \pm 1,00\%$	$-1,87\% \pm 1,01\%$	$0,39 \pm 0,02$	$10,40 \pm 0,15$	$-10,01 \pm 0,15$	$7,96 \pm 0,01$	$8,81 \pm 2,13$	$-0,85 \pm 2,13$	
258	$3,00\% \pm 0,14\%$	$5,00\% \pm 1,00\%$	$-2,00\% \pm 1,01\%$	$0,37 \pm 0,02$	$4,55 \pm 0,25$	$-4,18 \pm 0,25$	$9,18 \pm 0,01$	$18,73 \pm 1,00$	$-9,56 \pm 1,00$	
150	$6,07\% \pm 0,05\%$	$6,70\% \pm 1,00\%$	$-0,63\% \pm 1,00\%$	$3,13 \pm 0,02$	$6,07 \pm 1,11$	$-2,94 \pm 1,11$	$8,81 \pm 0,02$	$20,71 \pm 1,26$	$-11,90 \pm 1,26$	
206	$3,35\% \pm 0,16\%$	$4,89\% \pm 1,00\%$	$-1,54\% \pm 1,01\%$	$1,05 \pm 0,02$	$7,06 \pm 0,20$	$-6,01 \pm 0,20$	$9,01 \pm 0,01$	$33,08 \pm 0,74$	$-24,06 \pm 0,74$	
207	$2,76\% \pm 0,17\%$	$3,34\% \pm 1,00\%$	$-0,59\% \pm 1,01\%$	$0,19 \pm 0,02$	$2,86 \pm 0,40$	$-2,67 \pm 0,40$	$8,11 \pm 0,01$	$9,32 \pm 1,77$	$-1,21 \pm 1,77$	
93	$5,67\% \pm 0,14\%$	$6,37\% \pm 1,00\%$	$-0,70\% \pm 1,01\%$	$4,91 \pm 0,02$	$8,78 \pm 1,04$	$-3,87 \pm 1,04$	$8,59 \pm 0,01$	$28,18 \pm 1,10$	$-19,59 \pm 1,10$	
94	$6,40\% \pm 0,03\%$	$7,23\% \pm 1,00\%$	$-0,83\% \pm 1,00\%$	$3,38 \pm 0,02$	$6,47 \pm 1,10$	$-3,09 \pm 1,10$	$8,87 \pm 0,01$	$36,15 \pm 1,11$	$-27,28 \pm 1,11$	
99	$8,22\% \pm 0,19\%$	$8,86\% \pm 1,00\%$	$-0,64\% \pm 1,02\%$	$2,50 \pm 0,03$	$4,84 \pm 1,09$	$-2,34 \pm 1,09$	$8,24 \pm 0,03$	$24,73 \pm 1,12$	$-16,49 \pm 1,12$	
101	$3,83\% \pm 0,03\%$	$4,19\% \pm 1,00\%$	$-0,36\% \pm 1,00\%$	$2,59 \pm 0,01$	$3,73 \pm 1,16$	$-1,14 \pm 1,16$	$8,97 \pm 0,01$	$17,92 \pm 1,26$	$-8,95 \pm 1,26$	
102	$10,85\% \pm 0,14\%$	$12,44\% \pm 1,00\%$	$-1,59\% \pm 1,01\%$	$4,76 \pm 0,02$	$8,89 \pm 1,06$	$-4,13 \pm 1,06$	$9,21 \pm 0,01$	$35,74 \pm 1,12$	$-26,53 \pm 1,12$	
103	$7,68\% \pm 0,19\%$	$8,47\% \pm 1,00\%$	$-0,79\% \pm 1,02\%$	$3,28 \pm 0,03$	$7,46 \pm 1,08$	$-4,18 \pm 1,08$	$8,83 \pm 0,03$	$23,65 \pm 1,19$	$-14,82 \pm 1,19$	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
149	5,79% ± 0,11%	6,57% ± 1,00%	-0,78% ± 1,01%	4,83 ± 0,01	8,50 ± 1,05	-3,67 ± 1,05	8,32 ± 0,01	26,37 ± 1,15	-18,05 ± 1,15	
151	3,90% ± 0,08%	4,03% ± 1,00%	-0,13% ± 1,00%	1,36 ± 0,01	2,31 ± 1,23	-0,95 ± 1,23	8,55 ± 0,01	9,32 ± 1,72	-0,77 ± 1,72	
152	4,93% ± 0,15%	5,66% ± 1,00%	-0,73% ± 1,01%	3,16 ± 0,02	5,57 ± 1,16	-2,41 ± 1,16	9,00 ± 0,01	24,72 ± 1,26	-15,72 ± 1,26	
153	4,17% ± 0,13%	4,68% ± 1,00%	-0,51% ± 1,01%	4,07 ± 0,02	6,40 ± 1,11	-2,33 ± 1,11	9,12 ± 0,01	18,80 ± 1,36	-9,68 ± 1,36	
155	9,28% ± 0,13%	10,32% ± 1,00%	-1,04% ± 1,01%	3,30 ± 0,02	6,81 ± 1,10	-3,51 ± 1,10	9,28 ± 0,01	26,52 ± 1,19	-17,24 ± 1,19	
156	9,39% ± 0,14%	10,19% ± 1,00%	-0,80% ± 1,01%	3,55 ± 0,02	7,51 ± 1,08	-3,96 ± 1,08	9,19 ± 0,01	21,40 ± 1,25	-12,21 ± 1,25	
157	5,69% ± 0,12%	6,28% ± 1,00%	-0,59% ± 1,01%	2,40 ± 0,02	4,95 ± 1,17	-2,55 ± 1,17	8,64 ± 0,01	18,14 ± 1,36	-9,50 ± 1,36	
158	8,84% ± 0,14%	11,39% ± 1,00%	-2,55% ± 1,01%	10,17 ± 0,02	25,67 ± 1,01	-15,50 ± 1,01	8,65 ± 0,02	17,94 ± 1,27	-9,29 ± 1,27	
159	6,91% ± 0,18%	6,95% ± 1,00%	-0,04% ± 1,02%	0,97 ± 0,03	2,40 ± 1,33	-1,43 ± 1,33	8,51 ± 0,03	3,29 ±	5,22 ± 0,03	
160	2,47% ± 0,12%	2,29% ± 1,01%	0,18% ± 1,02%	0,67 ± 0,01	1,38 ± 1,35	-0,71 ± 1,35	8,54 ± 0,01	3,32 ±	5,22 ± 0,01	
203	2,90% ± 0,11%	4,55% ± 1,00%	-1,65% ± 1,01%	0,36 ± 0,01	4,46 ± 0,36	-4,10 ± 0,36	9,13 ± 0,01	14,14 ± 1,71	-5,01 ± 1,71	
204	3,29% ± 0,16%	4,72% ± 1,00%	-1,43% ± 1,01%	2,97 ± 0,02	10,77 ± 0,16	-7,80 ± 0,16	7,99 ± 0,01	13,35 ± 1,63	-5,36 ± 1,63	
234	1,54% ± 0,12%	2,94% ± 1,00%	-1,40% ± 1,01%	0,38 ± 0,01	6,07 ± 0,20	-5,69 ± 0,20	8,80 ± 0,01	20,17 ± 0,96	-11,37 ± 0,96	
240	4,61% ± 0,14%	6,56% ± 1,00%	-1,95% ± 1,01%	0,55 ± 0,02	4,67 ± 0,30	-4,12 ± 0,30	9,23 ± 0,01	14,58 ± 1,44	-5,35 ± 1,44	
268	1,84% ± 0,09%	3,38% ± 1,00%	-1,53% ± 1,00%	0,42 ± 0,01	5,04 ± 0,22	-4,62 ± 0,22	9,02 ± 0,01	14,39 ± 1,16	-5,37 ± 1,16	
269	2,46% ± 0,14%	4,06% ± 1,00%	-1,60% ± 1,01%	0,42 ± 0,02	5,89 ± 0,25	-5,47 ± 0,25	9,23 ± 0,01	16,58 ± 1,35	-7,35 ± 1,35	
100 a	2,95% ± 0,11%	2,71% ± 1,00%	0,24% ± 1,01%	0,54 ± 0,01	0,93 ± 0,90	-0,39 ± 0,90	8,37 ± 0,01	5,96 ± 2,79	2,41 ± 2,79	
100 b	2,89% ± 0,14%	2,69% ± 1,00%	0,20% ± 1,01%	1,44 ± 0,02	2,73 ± 1,26	-1,29 ± 1,26	8,50 ± 0,01	6,75 ± 2,71	1,75 ± 2,71	
154a	9,52% ± 0,12%	11,23% ± 1,00%	-1,71% ± 1,01%	5,92 ± 0,01	12,19 ± 1,05	-6,27 ± 1,05	8,92 ± 0,01	38,70 ± 1,12	-29,78 ± 1,12	
154b	8,56% ± 0,15%	9,92% ± 1,00%	-1,36% ± 1,01%	3,09 ± 0,02	6,41 ± 1,13	-3,32 ± 1,13	8,73 ± 0,01	29,54 ± 1,19	-20,81 ± 1,19	
241	0,75% ± 0,14%	1,19% ± 1,00%	-0,44% ± 1,01%	0,46 ± 0,02	2,40 ± 0,32	-1,94 ± 0,32	7,65 ± 0,01	2,85 ± 3,25	4,79 ± 3,25	
1	6,75% ± 0,14%	7,18% ± 1,00%	-0,43% ± 1,01%	3,02 ± 0,02	4,56 ± 1,12	-1,54 ± 1,12	8,73 ± 0,01	6,16 ± 2,64	2,57 ± 2,64	
2	7,37% ± 0,12%	8,67% ± 1,00%	-1,30% ± 1,01%	7,47 ± 0,02	12,13 ± 1,04	-4,66 ± 1,04	8,54 ± 0,01	28,80 ± 1,17	-20,26 ± 1,17	
3	6,30% ± 0,14%	7,10% ± 1,00%	-0,80% ± 1,01%	3,46 ± 0,02	6,36 ± 1,09	-2,90 ± 1,09	9,04 ± 0,01	16,63 ± 1,32	-7,59 ± 1,32	Diabas

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
4	7,65% ± 0,10%	8,51% ± 1,00%	-0,86% ± 1,01%	2,70 ± 0,01	4,97 ± 1,11	-2,27 ± 1,11	8,26 ± 0,01	3,99 ± 5,55	4,27 ± 5,55	
5	7,62% ± 0,02%	8,55% ± 1,00%	-0,93% ± 1,00%	5,46 ± 0,01	10,44 ± 1,04	-4,98 ± 1,04	8,64 ± 0,01	21,78 ± 1,18	-13,14 ± 1,18	
7	0,76% ± 0,17%	0,05% ± 0,00%	0,71% ± 0,17%	0,10 ± 0,02	0,83 ±	-0,73 ± 0,02	8,64 ± 0,01	2,83 ±	5,81 ± 0,01	
9	7,09% ± 0,12%	7,50% ± 1,00%	-0,41% ± 1,01%	2,33 ± 0,02	4,69 ± 1,10	-2,36 ± 1,10	8,80 ± 0,01	8,85 ± 1,73	-0,05 ± 1,73	
10	5,43% ± 0,16%	12,15% ± 1,00%	-6,72% ± 1,01%	15,07 ± 0,02	37,17 ± 1,01	-22,10 ± 1,01	89,22 ± 0,01	276,25 ± 1,01	-187,03 ± 1,01	
11	10,39% ± 0,15%	12,18% ± 1,00%	-1,79% ± 1,01%	7,55 ± 0,02	14,32 ± 1,05	-6,77 ± 1,05	8,63 ± 0,01	34,98 ± 1,16	-26,35 ± 1,16	
12	5,20% ± 0,17%	6,06% ± 1,00%	-0,86% ± 1,01%	3,42 ± 0,02	6,31 ± 1,08	-2,89 ± 1,08	8,60 ± 0,01	22,61 ± 1,18	-14,01 ± 1,18	
13	7,01% ± 0,16%	8,35% ± 1,00%	-1,34% ± 1,01%	6,11 ± 0,02	12,06 ± 1,04	-5,95 ± 1,04	8,40 ± 0,02	50,41 ± 1,06	-42,01 ± 1,06	
14	7,51% ± 0,11%	8,24% ± 1,00%	-0,73% ± 1,01%	2,58 ± 0,01	4,95 ± 1,10	-2,37 ± 1,10	8,84 ± 0,01	15,32 ± 1,28	-6,48 ± 1,28	
15	5,43% ± 0,15%	6,19% ± 1,00%	-0,76% ± 1,01%	2,95 ± 0,02	6,05 ± 1,10	-3,10 ± 1,10	8,69 ± 0,02	24,98 ± 1,18	-16,29 ± 1,18	
16	0,84% ± 0,14%	0,06% ± 0,00%	0,78% ± 0,14%	0,18 ± 0,02	1,19 ±	-1,01 ± 0,02	9,69 ± 0,01	3,80 ±	5,89 ± 0,01	
17	14,08% ± 0,13%	16,02% ± 1,00%	-1,94% ± 1,01%	4,81 ± 0,02	8,60 ± 1,05	-3,79 ± 1,05	8,28 ± 0,01	32,33 ± 1,10	-24,05 ± 1,10	
18	12,21% ± 0,12%	14,30% ± 1,00%	-2,09% ± 1,01%	5,38 ± 0,01	9,93 ± 1,06	-4,55 ± 1,06	8,83 ± 0,01	34,74 ± 1,12	-25,91 ± 1,12	
19	7,31% ± 0,17%	7,43% ± 1,00%	-0,12% ± 1,01%	0,49 ± 0,02	17,96 ± 1,02	-17,47 ± 1,02	8,70 ± 0,02	20,96 ± 1,20	-12,26 ± 1,20	
20	0,78% ± 0,16%	0,03% ± 0,00%	0,75% ± 0,16%	0,09 ± 0,02	0,90 ±	-0,81 ± 0,02	8,88 ± 0,03	2,91 ±	5,97 ± 0,03	
21	10,07% ± 0,03%	11,96% ± 1,00%	-1,89% ± 1,00%	7,20 ± 0,01	13,82 ± 1,04	-6,62 ± 1,04	14,32 ± 0,01	68,77 ± 1,05	-54,45 ± 1,05	
23	0,75% ± 0,16%	0,11% ± 0,02%	0,64% ± 0,17%	0,18 ± 0,02	0,75 ± 0,00	-0,57 ± 0,02	8,48 ± 0,01	2,47 ±	6,01 ± 0,01	
24	4,83% ± 0,15%	6,80% ± 1,00%	-1,97% ± 1,01%	23,13 ± 0,02	38,45 ± 1,01	-15,32 ± 1,01	8,39 ± 0,01	2,40 ±	5,99 ± 0,01	
25	11,46% ± 0,10%	14,05% ± 1,00%	-2,59% ± 1,01%	12,21 ± 0,00	21,09 ± 1,02	-8,88 ± 1,02	8,43 ± 0,01	52,99 ± 1,06	-44,56 ± 1,06	
27	0,68% ± 0,14%	0,22% ± 0,50%	0,46% ± 0,52%	0,08 ± 0,02	0,81 ±	-0,73 ± 0,02	8,73 ± 0,01	2,52 ±	6,21 ± 0,01	
28	0,73% ± 0,14%	0,38% ± 0,91%	0,35% ± 0,92%	0,89 ± 0,02	1,69 ± 1,14	-0,80 ± 1,14	8,25 ± 0,01	9,32 ± 1,36	-1,07 ± 1,36	
29	12,37% ± 0,13%	13,78% ± 1,00%	-1,41% ± 1,01%	3,89 ± 0,01	7,63 ± 1,06	-3,74 ± 1,06	8,51 ± 0,01	32,53 ± 1,10	-24,02 ± 1,10	
31	5,57% ± 0,14%	6,84% ± 1,00%	-1,27% ± 1,01%	8,90 ± 0,02	19,75 ± 1,02	-10,85 ± 1,02	8,39 ± 0,01	2,81 ± 11,32	5,58 ± 11,32	
32	4,40% ± 0,10%	4,81% ± 1,00%	-0,41% ± 1,01%	4,06 ± 0,01	6,96 ± 1,06	-2,90 ± 1,06	8,79 ± 0,01	19,66 ± 1,19	-10,87 ± 1,19	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
33	7,34% ± 0,02%	8,25% ± 1,00%	-0,91% ± 1,00%	3,45 ± 0,01	5,39 ± 1,09	-1,94 ± 1,09	8,88 ± 0,01	16,44 ± 1,26	-7,56 ± 1,26	
34	2,29% ± 0,13%	2,23% ± 1,01%	0,06% ± 1,02%	1,38 ± 0,02	2,53 ± 1,31	-1,15 ± 1,31	8,62 ± 0,01	7,08 ± 2,77	1,54 ± 2,77	
35	4,44% ± 0,11%	4,85% ± 1,00%	-0,41% ± 1,01%	4,61 ± 0,01	7,55 ± 1,07	-2,94 ± 1,07	8,98 ± 0,01	2,79 ± 12,61	6,19 ± 12,61	
37	6,71% ± 0,09%	8,97% ± 1,00%	-2,26% ± 1,00%	11,38 ± 0,01	19,03 ± 1,03	-7,65 ± 1,03	7,01 ± 0,01	43,83 ± 1,10	-36,82 ± 1,10	
38	5,79% ± 0,14%	6,10% ± 1,00%	-0,31% ± 1,01%	1,97 ± 0,02	3,99 ± 1,12	-2,02 ± 1,12	8,22 ± 0,01	14,04 ± 1,31	-5,82 ± 1,31	
39	0,94% ± 0,15%	0,55% ± 0,96%	0,39% ± 0,97%	0,28 ± 0,02	0,76 ±	-0,48 ± 0,02	8,69 ± 0,01	2,43 ±	6,26 ± 0,01	
40	7,94% ± 0,14%	9,52% ± 1,00%	-1,58% ± 1,01%	8,72 ± 0,02	16,02 ± 1,03	-7,30 ± 1,03	8,86 ± 0,02	31,65 ± 1,13	-22,79 ± 1,13	
41	6,04% ± 0,15%	6,23% ± 1,00%	-0,19% ± 1,01%	1,95 ± 0,02	3,60 ± 1,15	-1,65 ± 1,15	8,33 ± 0,01	4,70 ± 3,52	3,63 ± 3,52	
42	7,85% ± 0,13%	7,97% ± 1,00%	-0,12% ± 1,01%	2,15 ± 0,02	1,53 ± 1,27	0,62 ± 1,27	8,82 ± 0,01	10,90 ± 1,50	-2,08 ± 1,50	
43	0,78% ± 0,16%	0,28% ± 0,73%	0,50% ± 0,75%	0,21 ± 0,02	0,77 ±	-0,56 ± 0,02	8,15 ± 0,02	2,30 ±	5,85 ± 0,02	
44	8,20% ± 0,20%	8,93% ± 1,00%	-0,73% ± 1,02%	6,08 ± 0,03	10,74 ± 1,04	-4,66 ± 1,04	8,35 ± 0,02	13,02 ± 1,43	-4,67 ± 1,43	
45	8,79% ± 0,15%	9,60% ± 1,00%	-0,81% ± 1,01%	2,45 ± 0,02	6,14 ± 1,07	-3,69 ± 1,07	8,41 ± 0,02	6,78 ± 2,04	1,63 ± 2,04	
46	7,78% ± 0,11%	7,72% ± 1,00%	0,06% ± 1,01%	1,59 ± 0,00	3,18 ± 1,16	-1,59 ± 1,16	8,87 ± 0,01	2,92 ± 7,79	5,95 ± 7,79	
47	6,64% ± 0,13%	7,30% ± 1,00%	-0,66% ± 1,01%	4,28 ± 0,02	9,52 ± 1,04	-5,24 ± 1,04	8,21 ± 0,01	5,66 ± 2,33	2,55 ± 2,33	
48	10,54% ± 0,12%	11,39% ± 1,00%	-0,85% ± 1,01%	3,61 ± 0,01	8,21 ± 1,06	-4,60 ± 1,06	8,73 ± 0,01	12,33 ± 1,45	-3,60 ± 1,45	
49	6,17% ± 0,14%	6,47% ± 1,00%	-0,30% ± 1,01%	2,75 ± 0,02	5,80 ± 1,08	-3,05 ± 1,08	8,81 ± 0,02	2,77 ± 8,68	6,04 ± 8,68	
50	6,72% ± 0,18%	6,93% ± 1,00%	-0,21% ± 1,02%	1,49 ± 0,02	3,28 ± 1,17	-1,79 ± 1,17	8,85 ± 0,02	5,17 ± 3,17	3,68 ± 3,17	
51	4,03% ± 0,15%	4,04% ± 1,00%	-0,01% ± 1,01%	1,00 ± 0,02	1,77 ± 1,31	-0,77 ± 1,31	8,49 ± 0,01	6,96 ± 2,48	1,53 ± 2,48	
52	6,54% ± 0,14%	6,70% ± 1,00%	-0,16% ± 1,01%	1,43 ± 0,02	2,49 ± 1,30	-1,06 ± 1,30	8,45 ± 0,01	6,25 ± 3,19	2,20 ± 3,19	
53	7,43% ± 0,13%	8,01% ± 1,00%	-0,58% ± 1,01%	4,48 ± 0,02	9,23 ± 1,03	-4,75 ± 1,03	8,30 ± 0,01	13,59 ± 1,25	-5,29 ± 1,25	
54	0,73% ± 0,12%	0,20% ± 0,35%	0,53% ± 0,37%	1,11 ± 0,02	1,52 ± 1,24	-0,41 ± 1,24	8,22 ± 0,01	2,82 ±	5,40 ± 0,01	
56	10,34% ± 0,13%	11,77% ± 1,00%	-1,43% ± 1,01%	5,47 ± 0,01	9,02 ± 1,07	-3,55 ± 1,07	8,67 ± 0,01	22,66 ± 1,29	-13,99 ± 1,29	
57	5,35% ± 0,13%	5,64% ± 1,00%	-0,29% ± 1,01%	1,88 ± 0,02	3,74 ± 1,12	-1,86 ± 1,12	8,53 ± 0,01	12,20 ± 1,38	-3,67 ± 1,38	
59	7,94% ± 0,13%	8,92% ± 1,00%	-0,98% ± 1,01%	4,98 ± 0,01	8,54 ± 1,05	-3,56 ± 1,05	8,69 ± 0,01	13,12 ± 1,37	-4,43 ± 1,37	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
60	9,63% ± 0,15%	13,27% ± 1,00%	-3,64% ± 1,01%	21,47 ± 0,02	45,74 ± 1,01	-24,27 ± 1,01	8,29 ± 0,02	32,08 ± 1,09	-23,79 ± 1,09	
61	13,11% ± 0,11%	14,68% ± 1,00%	-1,57% ± 1,01%	2,61 ± 0,01	5,87 ± 1,10	-3,26 ± 1,10	8,64 ± 0,01	29,08 ± 1,14	-20,44 ± 1,14	
62	7,67% ± 0,13%	9,16% ± 1,00%	-1,49% ± 1,01%	7,51 ± 0,02	12,44 ± 1,04	-4,93 ± 1,04	9,02 ± 0,01	32,08 ± 1,12	-23,06 ± 1,12	
63	0,87% ± 0,18%	0,29% ± 0,65%	0,58% ± 0,67%	0,01 ± 0,02	0,98 ±	-0,97 ± 0,02	8,39 ± 0,02	3,06 ±	5,33 ± 0,02	
64	6,85% ± 0,18%	7,63% ± 1,00%	-0,78% ± 1,02%	2,79 ± 0,02	6,26 ± 1,09	-3,47 ± 1,09	8,94 ± 0,02	20,67 ± 1,21	-11,73 ± 1,21	
65	8,63% ± 0,16%	9,32% ± 1,00%	-0,69% ± 1,01%	1,67 ± 0,02	3,87 ± 1,14	-2,20 ± 1,14	8,48 ± 0,02	5,50 ± 2,84	2,98 ± 2,84	
66	6,01% ± 0,14%	6,11% ± 1,00%	-0,10% ± 1,01%	0,92 ± 0,02	3,23 ± 1,19	-2,31 ± 1,19	8,36 ± 0,01	3,16 ±	5,20 ± 0,01	
67	6,51% ± 0,13%	6,77% ± 1,00%	-0,26% ± 1,01%	1,00 ± 0,02	2,22 ± 1,19	-1,22 ± 1,19	8,34 ± 0,01	3,68 ± 4,02	4,66 ± 4,02	
68	8,58% ± 0,15%	10,52% ± 1,00%	-1,94% ± 1,01%	6,14 ± 0,02	11,91 ± 1,05	-5,77 ± 1,05	8,90 ± 0,01	36,69 ± 1,13	-27,79 ± 1,13	
70	8,26% ± 0,14%	10,26% ± 1,00%	-2,00% ± 1,01%	7,72 ± 0,02	13,65 ± 1,03	-5,93 ± 1,03	9,59 ± 0,01	47,37 ± 1,07	-37,78 ± 1,07	
72	0,75% ± 0,11%	0,10% ± 0,02%	0,65% ± 0,11%	0,16 ± 0,01	0,73 ±	-0,57 ± 0,01	8,55 ± 0,01	2,32 ±	6,23 ± 0,01	
73	8,03% ± 0,12%	8,70% ± 1,00%	-0,67% ± 1,01%	2,15 ± 0,02	5,18 ± 1,16	-3,03 ± 1,16	8,65 ± 0,01	21,68 ± 1,29	-13,03 ± 1,29	
74	7,87% ± 0,15%	8,49% ± 1,00%	-0,62% ± 1,01%	3,92 ± 0,02	8,56 ± 1,06	-4,64 ± 1,06	8,48 ± 0,01	26,12 ± 1,17	-17,64 ± 1,17	
75	0,80% ± 0,13%	0,19% ± 0,30%	0,61% ± 0,33%	0,38 ± 0,02	0,92 ±	-0,54 ± 0,02	8,28 ± 0,01	2,85 ±	5,43 ± 0,01	
76	7,37% ± 0,15%	7,82% ± 1,00%	-0,45% ± 1,01%	3,63 ± 0,02	6,78 ± 1,08	-3,15 ± 1,08	8,41 ± 0,01	9,98 ± 1,80	-1,57 ± 1,80	
77	7,05% ± 0,14%	8,03% ± 1,00%	-0,98% ± 1,01%	5,96 ± 0,02	12,18 ± 1,04	-6,22 ± 1,04	8,42 ± 0,01	8,85 ± 1,88	-0,43 ± 1,88	
79	6,80% ± 0,10%	7,06% ± 1,00%	-0,26% ± 1,00%	2,02 ± 0,01	4,86 ± 1,10	-2,84 ± 1,10	8,29 ± 0,01	4,53 ± 3,87	3,76 ± 3,87	
80	6,85% ± 0,16%	6,98% ± 1,00%	-0,13% ± 1,01%	1,25 ± 0,02	2,96 ± 1,25	-1,71 ± 1,25	8,47 ± 0,01	9,44 ± 1,96	-0,97 ± 1,96	
90	7,32% ± 0,14%	9,46% ± 1,00%	-2,14% ± 1,01%	9,54 ± 0,02	16,83 ± 1,02	-7,29 ± 1,02	8,61 ± 0,01	32,70 ± 1,11	-24,09 ± 1,11	
91	4,59% ± 0,13%	4,94% ± 1,00%	-0,35% ± 1,01%	5,20 ± 0,01	9,01 ± 1,05	-3,81 ± 1,05	9,01 ± 0,01	8,85 ± 1,93	0,16 ± 1,93	
92	8,23% ± 0,14%	9,12% ± 1,00%	-0,89% ± 1,01%	3,39 ± 0,02	7,74 ± 1,07	-4,35 ± 1,07	8,46 ± 0,01	30,96 ± 1,12	-22,50 ± 1,12	
104	6,67% ± 0,17%	7,44% ± 1,00%	-0,77% ± 1,01%	5,47 ± 0,02	8,89 ± 1,04	-3,42 ± 1,04	8,79 ± 0,02	21,91 ± 1,17	-13,12 ± 1,17	
105	8,79% ± 0,14%	10,54% ± 1,00%	-1,75% ± 1,01%	9,67 ± 0,02	19,19 ± 1,02	-9,52 ± 1,02	8,74 ± 0,01	33,98 ± 1,10	-25,24 ± 1,10	
106	4,40% ± 0,13%	5,49% ± 1,00%	-1,09% ± 1,01%	9,91 ± 0,02	19,10 ± 1,02	-9,19 ± 1,02	8,29 ± 0,01	13,06 ± 1,39	-4,77 ± 1,39	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
107	7,61% ± 0,12%	7,74% ± 1,00%	-0,13% ± 1,01%	0,88 ± 0,02	2,57 ± 1,23	-1,69 ± 1,23	8,37 ± 0,01	3,91 ± 5,64	4,46 ± 5,64	
108	5,22% ± 0,17%	5,95% ± 1,00%	-0,73% ± 1,01%	2,64 ± 0,02	5,23 ± 1,08	-2,59 ± 1,08	8,73 ± 0,01	25,34 ± 1,12	-16,61 ± 1,12	
109	7,04% ± 0,14%	7,34% ± 1,00%	-0,30% ± 1,01%	0,62 ± 0,02	1,90 ± 1,31	-1,28 ± 1,31	8,40 ± 0,01	5,76 ± 3,08	2,64 ± 3,08	
110	6,73% ± 0,15%	7,58% ± 1,00%	-0,85% ± 1,01%	3,76 ± 0,02	7,59 ± 1,07	-3,83 ± 1,07	8,98 ± 0,02	20,51 ± 1,23	-11,53 ± 1,23	
111	7,54% ± 0,10%	8,27% ± 1,00%	-0,73% ± 1,01%	3,71 ± 0,01	6,90 ± 1,06	-3,19 ± 1,06	8,41 ± 0,01	21,30 ± 1,15	-12,89 ± 1,15	
112	7,25% ± 0,14%	7,59% ± 1,00%	-0,34% ± 1,01%	0,96 ± 0,02	3,36 ± 1,16	-2,40 ± 1,16	8,69 ± 0,01	5,20 ± 3,07	3,49 ± 3,07	
113	11,20% ± 0,14%	13,10% ± 1,00%	-1,90% ± 1,01%	11,34 ± 0,02	19,86 ± 1,02	-8,52 ± 1,02	9,24 ± 0,01	38,89 ± 1,10	-29,65 ± 1,10	
115	8,61% ± 0,15%	9,63% ± 1,00%	-1,02% ± 1,01%	3,74 ± 0,02	8,46 ± 1,09	-4,72 ± 1,09	8,94 ± 0,01	25,11 ± 1,26	-16,17 ± 1,26	
116	7,12% ± 0,16%	8,64% ± 1,00%	-1,52% ± 1,01%	11,44 ± 0,02	23,44 ± 1,02	-12,00 ± 1,02	8,87 ± 0,03	8,68 ± 2,18	0,19 ± 2,18	
117	4,78% ± 0,15%	5,19% ± 1,00%	-0,41% ± 1,01%	3,44 ± 0,02	6,46 ± 1,10	-3,02 ± 1,10	8,44 ± 0,01	14,94 ± 1,44	-6,50 ± 1,44	
118	6,45% ± 0,16%	6,58% ± 1,00%	-0,13% ± 1,01%	1,74 ± 0,02	3,96 ± 1,12	-2,22 ± 1,12	8,74 ± 0,02	14,29 ± 1,30	-5,55 ± 1,30	
119	7,15% ± 0,16%	8,30% ± 1,00%	-1,15% ± 1,01%	9,69 ± 0,02	18,85 ± 1,02	-9,16 ± 1,02	8,69 ± 0,01	21,57 ± 1,20	-12,88 ± 1,20	
120	4,99% ± 0,13%	4,82% ± 1,00%	0,17% ± 1,01%	1,32 ± 0,02	3,14 ± 1,23	-1,82 ± 1,23	8,67 ± 0,01	3,32 ±	5,35 ± 0,01	
121	2,02% ± 0,14%	2,11% ± 1,00%	-0,09% ± 1,01%	2,38 ± 0,02	4,69 ± 1,10	-2,31 ± 1,10	8,47 ± 0,01	2,46 ± 8,09	6,01 ± 8,09	
122	0,74% ± 0,15%	0,37% ± 0,79%	0,37% ± 0,80%	0,74 ± 0,02	1,39 ± 1,30	-0,65 ± 1,30	8,85 ± 0,01	3,53 ± 9,41	5,32 ± 9,41	
123	8,39% ± 0,12%	10,27% ± 1,00%	-1,88% ± 1,01%	11,28 ± 0,02	21,66 ± 1,01	-10,38 ± 1,01	8,71 ± 0,01	34,28 ± 1,09	-25,57 ± 1,09	
124	8,04% ± 0,16%	8,94% ± 1,00%	-0,90% ± 1,01%	4,66 ± 0,02	8,69 ± 1,04	-4,03 ± 1,04	8,27 ± 0,02	11,20 ± 1,45	-2,93 ± 1,45	
125	7,72% ± 0,15%	8,75% ± 1,00%	-1,03% ± 1,01%	5,54 ± 0,02	10,45 ± 1,04	-4,91 ± 1,04	8,74 ± 0,02	41,41 ± 1,07	-32,67 ± 1,07	
126	6,93% ± 0,17%	7,46% ± 1,00%	-0,53% ± 1,01%	3,28 ± 0,02	5,29 ± 1,09	-2,01 ± 1,09	8,82 ± 0,02	10,03 ± 1,58	-1,21 ± 1,58	
127	0,71% ± 0,17%	0,25% ± 0,65%	0,46% ± 0,67%	0,18 ± 0,02	0,68 ±	-0,50 ± 0,02	8,60 ± 0,02	2,28 ±	6,32 ± 0,02	
128	7,23% ± 0,15%	7,40% ± 1,00%	-0,17% ± 1,01%	0,58 ± 0,02	2,46 ± 1,36	-1,88 ± 1,36	8,83 ± 0,01	7,66 ± 2,71	1,17 ± 2,71	
129	7,15% ± 0,15%	7,47% ± 1,00%	-0,32% ± 1,01%	1,91 ± 0,02	4,23 ± 1,13	-2,32 ± 1,13	8,78 ± 0,01	3,48 ± 6,83	5,30 ± 6,83	
132	8,34% ± 0,14%	10,88% ± 1,00%	-2,54% ± 1,01%	19,28 ± 0,02	36,44 ± 1,01	-17,16 ± 1,01	9,02 ± 0,01	12,89 ± 1,52	-3,87 ± 1,52	
135	5,85% ± 0,13%	6,59% ± 1,00%	-0,74% ± 1,01%	2,92 ± 0,02	5,56 ± 1,09	-2,64 ± 1,09	8,75 ± 0,01	24,74 ± 1,15	-15,99 ± 1,15	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
136	1,97% ± 0,15%	1,70% ± 1,01%	0,27% ± 1,02%	0,88 ± 0,02	1,57 ± 1,34	-0,69 ± 1,34	8,41 ± 0,01	5,03 ± 4,26	3,38 ± 4,26	
142	7,29% ± 0,18%	7,42% ± 1,00%	-0,13% ± 1,02%	1,70 ± 0,02	3,35 ± 1,19	-1,65 ± 1,19	8,77 ± 0,01	2,93 ± 10,74	5,84 ± 10,74	
143	8,15% ± 0,11%	8,83% ± 1,00%	-0,68% ± 1,01%	4,50 ± 0,01	7,94 ± 1,06	-3,44 ± 1,06	8,53 ± 0,01	13,76 ± 1,46	-5,23 ± 1,46	
144	8,14% ± 0,17%	10,82% ± 1,00%	-2,68% ± 1,01%	11,87 ± 0,02	21,23 ± 1,01	-9,36 ± 1,01	26,97 ± 0,02	127,88 ± 1,01	-100,91 ± 1,01	
145	7,52% ± 0,17%	8,39% ± 1,00%	-0,87% ± 1,02%	4,18 ± 0,02	9,05 ± 1,06	-4,87 ± 1,06	8,82 ± 0,02	32,94 ± 1,11	-24,12 ± 1,11	
146	8,11% ± 0,12%	10,00% ± 1,00%	-1,89% ± 1,01%	10,00 ± 0,02	17,15 ± 1,02	-7,15 ± 1,02	8,97 ± 0,01	53,53 ± 1,05	-44,56 ± 1,05	
147	8,51% ± 0,16%	10,41% ± 1,00%	-1,90% ± 1,01%	10,31 ± 0,02	21,09 ± 1,02	-10,78 ± 1,02	8,80 ± 0,02	35,52 ± 1,10	-26,72 ± 1,10	
148	6,91% ± 0,11%	7,74% ± 1,00%	-0,83% ± 1,01%	5,96 ± 0,01	9,37 ± 1,04	-3,41 ± 1,04	8,56 ± 0,01	7,50 ± 1,85	1,06 ± 1,85	
162	8,68% ± 0,14%	9,48% ± 1,00%	-0,80% ± 1,01%	3,38 ± 0,02	7,46 ± 1,11	-4,08 ± 1,11	8,86 ± 0,01	28,76 ± 1,19	-19,90 ± 1,19	
164	6,47% ± 0,18%	8,02% ± 1,00%	-1,55% ± 1,02%	8,01 ± 0,02	15,27 ± 1,04	-7,26 ± 1,04	8,95 ± 0,02	23,51 ± 1,27	-14,56 ± 1,27	
165	9,69% ± 0,16%	10,84% ± 1,00%	-1,15% ± 1,01%	5,12 ± 0,02	10,09 ± 1,06	-4,97 ± 1,06	9,02 ± 0,02	28,02 ± 1,18	-19,00 ± 1,18	
166	4,06% ± 0,14%	3,90% ± 1,00%	0,16% ± 1,01%	1,09 ± 0,02	2,43 ± 1,20	-1,34 ± 1,20	8,61 ± 0,01	2,64 ± 5,97	± 0,01	
167	5,51% ± 0,12%	5,73% ± 1,00%	-0,22% ± 1,01%	2,60 ± 0,01	5,45 ± 1,14	-2,85 ± 1,14	9,11 ± 0,01	20,60 ± 1,30	-11,49 ± 1,30	
168	5,17% ± 0,13%	5,43% ± 1,00%	-0,26% ± 1,01%	1,25 ± 0,02	2,05 ± 1,20	-0,80 ± 1,20	8,37 ± 0,01	7,46 ± 1,73	0,91 ± 1,73	
170	4,82% ± 0,11%	5,77% ± 1,00%	-0,95% ± 1,01%	6,22 ± 0,02	11,47 ± 1,03	-5,25 ± 1,03	8,89 ± 0,01	26,59 ± 1,12	-17,70 ± 1,12	
171	11,42% ± 0,17%	13,71% ± 1,00%	-2,29% ± 1,01%	15,46 ± 0,02	28,63 ± 1,01	-13,17 ± 1,01	9,02 ± 0,03	59,58 ± 1,05	-50,56 ± 1,05	
172	7,08% ± 0,20%	8,27% ± 1,00%	-1,19% ± 1,02%	6,91 ± 0,03	12,06 ± 1,04	-5,15 ± 1,04	9,05 ± 0,04	26,94 ± 1,19	-17,89 ± 1,19	
173	5,81% ± 0,16%	6,88% ± 1,00%	-1,07% ± 1,01%	4,28 ± 0,02	8,59 ± 1,06	-4,31 ± 1,06	8,40 ± 0,01	25,89 ± 1,15	-17,49 ± 1,15	
174	5,67% ± 0,17%	5,78% ± 1,00%	-0,11% ± 1,01%	0,40 ± 0,02	0,92 ± 0,89	-0,52 ± 0,89	8,36 ± 0,02	2,87 ± 5,49	± 0,02	
175	3,60% ± 0,16%	3,71% ± 1,00%	-0,11% ± 1,01%	2,45 ± 0,02	5,20 ± 1,11	-2,75 ± 1,11	8,67 ± 0,01	13,88 ± 1,38	-5,21 ± 1,38	
176	3,01% ± 0,15%	3,03% ± 1,00%	-0,02% ± 1,01%	2,00 ± 0,02	4,12 ± 1,12	-2,12 ± 1,12	8,56 ± 0,03	8,90 ± 1,62	-0,34 ± 1,62	
177	7,83% ± 0,18%	9,45% ± 1,00%	-1,62% ± 1,02%	7,94 ± 0,02	12,35 ± 1,04	-4,41 ± 1,04	7,52 ± 0,01	47,02 ± 1,07	-39,50 ± 1,07	
178	9,94% ± 0,13%	12,25% ± 1,00%	-2,31% ± 1,01%	9,98 ± 0,02	19,56 ± 1,03	-9,58 ± 1,03	16,84 ± 0,01	113,51 ± 1,03	-96,67 ± 1,03	
179	6,94% ± 0,16%	7,76% ± 1,00%	-0,82% ± 1,01%	4,00 ± 0,02	7,59 ± 1,09	-3,59 ± 1,09	8,80 ± 0,01	21,49 ± 1,26	-12,69 ± 1,26	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
180	6,99% ± 0,13%	7,60% ± 1,00%	-0,61% ± 1,01%	2,90 ± 0,02	5,49 ± 1,14	-2,59 ± 1,14	9,12 ± 0,01	27,29 ± 1,19	-18,17 ± 1,19	
181	10,10% ± 0,10%	11,20% ± 1,00%	-1,10% ± 1,01%	4,48 ± 0,01	8,34 ± 1,08	-3,86 ± 1,08	8,67 ± 0,01	40,88 ± 1,10	-32,21 ± 1,10	
182	3,71% ± 0,16%	7,16% ± 1,00%	-3,45% ± 1,01%	8,56 ± 0,02	18,45 ± 1,02	-9,89 ± 1,02	40,61 ± 0,01	103,28 ± 1,02	-62,67 ± 1,02	
183	12,22% ± 0,15%	14,27% ± 1,00%	-2,05% ± 1,01%	6,87 ± 0,02	13,57 ± 1,04	-6,70 ± 1,04	8,53 ± 0,01	65,84 ± 1,05	-57,31 ± 1,05	
184	5,63% ± 0,13%	6,20% ± 1,00%	-0,57% ± 1,01%	2,41 ± 0,02	4,77 ± 1,13	-2,36 ± 1,13	8,50 ± 0,01	8,63 ± 2,04	-0,13 ± 2,04	
185	6,72% ± 0,18%	7,99% ± 1,00%	-1,27% ± 1,02%	5,76 ± 0,02	11,32 ± 1,06	-5,56 ± 1,06	8,69 ± 0,02	25,30 ± 1,23	-16,61 ± 1,23	
186	4,16% ± 0,11%	4,59% ± 1,00%	-0,43% ± 1,01%	1,59 ± 0,01	3,09 ± 1,19	-1,50 ± 1,19	8,50 ± 0,01	17,19 ± 1,27	-8,69 ± 1,27	
188	8,00% ± 0,12%	9,20% ± 1,00%	-1,20% ± 1,01%	5,03 ± 0,02	10,07 ± 1,06	-5,04 ± 1,06	8,76 ± 0,01	27,88 ± 1,18	-19,12 ± 1,18	
189	6,58% ± 0,13%	6,63% ± 1,00%	-0,05% ± 1,01%	0,75 ± 0,02	2,38 ± 1,39	-1,63 ± 1,39	8,83 ± 0,01	3,40 ± 5,43	± 0,01	
192	8,23% ± 0,12%	9,80% ± 1,00%	-1,57% ± 1,01%	6,05 ± 0,01	11,94 ± 1,05	-5,89 ± 1,05	8,94 ± 0,01	38,95 ± 1,11	-30,01 ± 1,11	
200	1,60% ± 0,06%	4,13% ± 1,00%	-2,53% ± 1,00%	0,88 ± 0,01	4,62 ± 1,11	-3,74 ± 1,11	7,74 ± 0,01	16,41 ± 1,27	-8,67 ± 1,27	
201	2,30% ± 0,10%	2,55% ± 1,00%	-0,25% ± 1,00%	1,19 ± 0,01	11,55 ± 0,10	-10,36 ± 0,10	7,85 ± 0,01	5,30 ± 2,13	2,55 ± 2,13	
202	3,42% ± 0,12%	3,07% ± 1,00%	0,34% ± 1,01%	4,03 ± 0,02	2,24 ± 0,33	1,79 ± 0,33	7,96 ± 0,02	11,51 ± 1,02	-3,55 ± 1,02	
205	2,11% ± 0,07%	3,92% ± 1,00%	-1,81% ± 1,00%	0,55 ± 0,01	16,35 ± 0,18	-15,80 ± 0,18	8,02 ± 0,01	48,59 ± 0,96	-40,57 ± 0,96	
208	2,79% ± 0,08%	3,24% ± 1,00%	-0,45% ± 1,00%	3,05 ± 0,01	9,39 ± 0,18	-6,34 ± 0,18	7,94 ± 0,01	7,89 ± 2,46	0,05 ± 2,46	
209	3,65% ± 0,15%	3,53% ± 1,00%	0,13% ± 1,01%	1,87 ± 0,02	8,32 ± 0,10	-6,45 ± 0,10	9,03 ± 0,01	4,04 ± 2,09	4,99 ± 2,09	
210	4,07% ± 0,13%	5,30% ± 1,00%	-1,23% ± 1,01%	0,83 ± 0,02	6,98 ± 0,18	-6,15 ± 0,18	9,27 ± 0,02	13,96 ± 1,24	-4,69 ± 1,24	
211	1,97% ± 0,09%	5,62% ± 1,00%	-3,65% ± 1,00%	3,97 ± 0,01	4,75 ± 0,41	-0,78 ± 0,41	8,11 ± 0,01	13,85 ± 2,09	-5,74 ± 2,09	
215	4,06% ± 0,09%	2,28% ± 1,00%	1,79% ± 1,00%	1,35 ± 0,01	15,34 ± 0,08	-13,99 ± 0,08	7,97 ± 0,01	2,37 ± 4,46	5,60 ± 4,46	
216	2,12% ± 0,12%	4,80% ± 1,00%	-2,67% ± 1,01%	0,59 ± 0,02	4,72 ± 0,23	-4,13 ± 0,23	7,76 ± 0,02	18,28 ± 0,91	-10,52 ± 0,91	
222	3,65% ± 0,09%	3,16% ± 1,00%	0,49% ± 1,00%	10,62 ± 0,01	7,43 ± 0,17	3,19 ± 0,17	8,28 ± 0,01	6,18 ± 2,38	2,10 ± 2,38	
223	1,11% ± 0,07%	4,09% ± 1,00%	-2,98% ± 1,00%	0,09 ± 0,01	60,30 ± 0,06	-60,21 ± 0,06	7,89 ± 0,01	46,61 ± 0,73	-38,72 ± 0,73	
224	4,08% ± 0,12%	2,01% ± 1,00%	2,07% ± 1,01%	0,77 ± 0,02	4,26 ± 0,24	-3,49 ± 0,24	9,10 ± 0,02	3,13 ± 3,76	5,98 ± 3,76	
226	5,99% ± 0,15%	5,76% ± 1,00%	0,23% ± 1,01%	7,67 ± 0,01	4,41 ± 0,44	3,26 ± 0,44	8,08 ± 0,02	16,88 ± 1,83	-8,80 ± 1,83	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
227	12,73% ± 0,08%	6,92% ± 1,00%	5,81% ± 1,00%	107,89 ± 0,01	15,22 ± 0,11	92,67 ± 0,11	7,86 ± 0,01	80,23 ± 0,41	-72,37 ± 0,41	
228	0,86% ± 0,08%	7,48% ± 1,00%	-6,62% ± 1,00%	0,16 ± 0,01	467,24 ± 0,02	-467,08 ± 0,02	7,64 ± 0,01	36,30 ± 0,82	-28,66 ± 0,82	
229	2,78% ± 0,08%	1,61% ± 1,00%	1,17% ± 1,00%	1,81 ± 0,01	7,51 ± 0,11	-5,70 ± 0,11	7,89 ± 0,01	3,99 ± 2,14	3,90 ± 2,14	
231	2,81% ± 0,11%	3,83% ± 1,00%	-1,02% ± 1,01%	0,73 ± 0,01	3,22 ± 0,47	-2,49 ± 0,47	7,94 ± 0,02	5,61 ± 3,52	2,33 ± 3,52	
232	4,16% ± 0,09%	3,63% ± 1,00%	0,52% ± 1,00%	2,23 ± 0,01	2,46 ± 0,28	-0,23 ± 0,28	9,03 ± 0,01	1,63 ± 4,68	7,40 ± 4,68	
233	2,66% ± 0,09%	5,68% ± 1,00%	-3,02% ± 1,00%	2,39 ± 0,01	11,56 ± 0,15	-9,17 ± 0,15	7,91 ± 0,01	15,83 ± 1,40	-7,92 ± 1,40	
235	3,57% ± 0,13%	3,69% ± 1,00%	-0,12% ± 1,01%	0,09 ± 0,01	4,36 ± 0,28	-4,27 ± 0,28	7,75 ± 0,02	15,12 ± 1,25	-7,38 ± 1,25	
236	3,53% ± 0,13%	4,44% ± 1,00%	-0,91% ± 1,01%	1,07 ± 0,02	4,51 ± 0,20	-3,44 ± 0,20	8,07 ± 0,02	6,14 ± 1,82	1,93 ± 1,82	
242	8,93% ± 0,10%	5,00% ± 1,00%	3,93% ± 1,01%	70,55 ± 0,01	4,43 ± 0,38	66,12 ± 0,38	82,97 ± 0,01	2,71 ± 6,87	80,26 ± 6,87	
243	3,73% ± 0,02%	6,09% ± 1,00%	-2,36% ± 1,00%	3,08 ± 0,01	182,39 ± 0,04	-179,31 ± 0,04	7,92 ± 0,01	254,06 ± 0,39	-246,13 ± 0,39	
244	3,35% ± 0,10%	4,22% ± 1,00%	-0,86% ± 1,01%	0,77 ± 0,01	18,81 ± 0,09	-18,04 ± 0,09	9,12 ± 0,02	9,55 ± 1,88	-0,42 ± 1,88	
245	0,74% ± 0,12%	5,10% ± 1,00%	-4,36% ± 1,01%	0,38 ± 0,02	11,39 ± 0,13	-11,01 ± 0,13	8,46 ± 0,01	19,62 ± 1,06	-11,16 ± 1,06	
247	0,83% ± 0,07%	3,73% ± 1,00%	-2,90% ± 1,00%	0,46 ± 0,01	2,39 ± 0,25	-1,93 ± 0,25	8,78 ± 0,01	2,17 ± 3,18	6,61 ± 3,18	
248	2,64% ± 0,15%	3,97% ± 1,00%	-1,33% ± 1,01%	3,31 ± 0,01	12,29 ± 0,07	-8,98 ± 0,07	7,65 ± 0,02	64,63 ± 0,24	-56,98 ± 0,24	
249	2,45% ± 0,07%	2,87% ± 1,00%	-0,42% ± 1,00%	0,41 ± 0,01	2,40 ± 0,32	-1,99 ± 0,32	8,03 ± 0,01	10,82 ± 1,10	-2,79 ± 1,10	
251	0,79% ± 0,12%	2,14% ± 1,00%	-1,34% ± 1,01%	0,38 ± 0,02	4,89 ± 0,15	-4,51 ± 0,15	8,49 ± 0,01	4,33 ± 1,95	4,15 ± 1,95	
254	2,44% ± 0,20%	2,63% ± 1,00%	-0,19% ± 1,02%	1,35 ± 0,04	7,68 ± 0,09	-6,33 ± 0,10	7,74 ± 0,01	7,39 ± 1,03	0,35 ± 1,03	
255	1,66% ± 0,06%	3,53% ± 1,00%	-1,87% ± 1,00%	1,26 ± 0,01	4,55 ± 0,21	-3,29 ± 0,21	7,91 ± 0,01	8,10 ± 1,58	-0,20 ± 1,58	
256	3,16% ± 0,10%	2,44% ± 1,00%	0,72% ± 1,01%	2,70 ± 0,01	11,21 ± 0,13	-8,51 ± 0,13	7,77 ± 0,01	15,90 ± 1,13	-8,13 ± 1,13	
261	3,78% ± 0,10%	3,81% ± 1,00%	-0,03% ± 1,01%	3,55 ± 0,01	8,47 ± 0,12	-4,92 ± 0,12	9,20 ± 0,02	5,87 ± 1,88	3,33 ± 1,88	
262	2,20% ± 0,07%	5,80% ± 1,00%	-3,60% ± 1,00%	1,43 ± 0,01	5,91 ± 0,25	-4,48 ± 0,25	8,16 ± 0,01	22,77 ± 1,03	-14,61 ± 1,03	
263	2,96% ± 0,13%	2,86% ± 1,00%	0,10% ± 1,01%	0,89 ± 0,02	3,00 ± 0,44	-2,11 ± 0,44	7,74 ± 0,02	21,85 ± 1,04	-14,11 ± 1,04	
264	3,24% ± 0,08%	3,73% ± 1,00%	-0,49% ± 1,00%	0,62 ± 0,01	7,61 ± 0,14	-6,99 ± 0,14	7,99 ± 0,01	16,61 ± 0,86	-8,61 ± 0,86	
265	3,77% ± 0,11%	5,29% ± 1,00%	-1,52% ± 1,01%	5,43 ± 0,02	4,72 ± 0,32	0,71 ± 0,32	8,30 ± 0,02	19,06 ± 1,29	-10,76 ± 1,29	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
266	3,42% ± 0,07%	4,21% ± 1,00%	-0,78% ± 1,00%	1,35 ± 0,01	11,29 ± 0,18	-9,94 ± 0,18	7,79 ± 0,01	21,48 ± 1,31	-13,69 ± 1,31	
267	3,84% ± 0,10%	4,47% ± 1,00%	-0,63% ± 1,00%	1,89 ± 0,01	10,46 ± 0,09	-8,57 ± 0,09	8,06 ± 0,01	7,30 ± 1,48	0,76 ± 1,48	
270	2,15% ± 0,07%	4,72% ± 1,00%	-2,57% ± 1,00%	0,25 ± 0,01	20,93 ± 0,11	-20,68 ± 0,11	7,91 ± 0,01	18,10 ± 1,49	-10,19 ± 1,49	
271	2,78% ± 0,12%	3,14% ± 1,00%	-0,36% ± 1,01%	0,34 ± 0,02	4,36 ± 0,31	-4,02 ± 0,31	7,96 ± 0,02	9,90 ± 1,97	-1,94 ± 1,97	
272	3,63% ± 0,14%	3,54% ± 1,00%	0,09% ± 1,01%	15,97 ± 0,02	2,52 ± 0,33	13,45 ± 0,33	34,12 ± 0,03	7,25 ± 1,61	26,87 ± 1,61	
114a	8,71% ± 0,13%	4,14% ± 1,00%	4,57% ± 1,01%	9,34 ± 0,02	12,34 ± 0,08	-3,00 ± 0,08	8,83 ± 0,02	2233,30 ± 0,13	-224,47 ± 0,13	
114b	7,74% ± 0,07%	10,01% ± 1,00%	-2,27% ± 1,00%	8,25 ± 0,01	16,12 ± 1,02	-7,87 ± 1,02	8,89 ± 0,01	25,19 ± 1,17	-16,30 ± 1,17	
133a	6,76% ± 0,33%	8,78% ± 1,00%	-2,02% ± 1,05%	1,29 ± 0,06	13,35 ± 1,02	-12,06 ± 1,02	8,55 ± 0,06	14,51 ± 1,28	-5,96 ± 1,28	
133b	6,57% ± 0,09%	7,02% ± 1,00%	-0,45% ± 1,00%	0,41 ± 0,01	2,85 ± 1,22	-2,44 ± 1,22	8,83 ± 0,01	2,48 ± 16,40	6,35 ± 16,40	
169a	11,18% ± 0,13%	6,55% ± 1,00%	4,63% ± 1,01%	5,56 ± 0,01	1,54 ± 1,32	4,02 ± 1,32	8,50 ± 0,02	3,03 ±	5,47 ± 0,02	
169b	8,06% ± 0,08%	12,47% ± 1,00%	-4,41% ± 1,00%	3,70 ± 0,01	10,98 ± 1,05	-7,28 ± 1,05	8,56 ± 0,01	51,33 ± 1,06	-42,77 ± 1,06	
190a	7,38% ± 0,08%	8,63% ± 1,00%	-1,25% ± 1,00%	9,15 ± 0,01	6,47 ± 1,10	2,68 ± 1,10	7,34 ± 0,01	31,81 ± 1,14	-24,47 ± 1,14	
190b	8,67% ± 0,10%	9,30% ± 1,00%	-0,63% ± 1,01%	2,38 ± 0,01	16,43 ± 1,04	-14,05 ± 1,04	8,55 ± 0,02	41,83 ± 1,11	-33,28 ± 1,11	
26a	2,15% ± 0,05%	9,48% ± 1,00%	-7,33% ± 1,00%	1,78 ± 0,01	4,91 ± 1,14	-3,13 ± 1,14	8,15 ± 0,01	16,29 ± 1,40	-8,14 ± 1,40	
26b	8,54% ± 0,08%	2,13% ± 1,00%	6,41% ± 1,00%	10,74 ± 0,01	3,36 ± 1,12	7,38 ± 1,12	9,36 ± 0,01	10,94 ± 1,36	-1,58 ± 1,36	
30a	6,98% ± 0,07%	10,49% ± 1,00%	-3,51% ± 1,00%	7,15 ± 0,01	20,17 ± 1,04	-13,02 ± 1,04	8,70 ± 0,01	47,10 ± 1,12	-38,40 ± 1,12	
30b	6,28% ± 0,08%	8,65% ± 1,00%	-2,37% ± 1,00%	3,26 ± 0,01	13,16 ± 1,02	-9,90 ± 1,02	8,72 ± 0,01	45,54 ± 1,04	-36,82 ± 1,04	
36a	3,30% ± 0,07%	6,73% ± 1,00%	-3,43% ± 1,00%	10,68 ± 0,01	5,02 ± 1,10	5,66 ± 1,10	8,79 ± 0,01	41,32 ± 1,07	-32,53 ± 1,07	
36b	0,72% ± 0,12%	4,66% ± 1,00%	-3,94% ± 1,01%	0,25 ± 0,02	18,44 ± 1,02	-18,19 ± 1,02	8,09 ± 0,02	14,46 ± 1,36	-6,37 ± 1,36	
55a	8,17% ± 0,07%	0,05% ± 0,00%	8,12% ± 0,07%	9,56 ± 0,01	0,73 ±	8,83 ± 0,01	8,84 ± 0,01	2,27 ±	6,57 ± 0,01	
55b	0,81% ± 0,08%	9,58% ± 1,00%	-8,77% ± 1,00%	9,09 ± 0,01	16,42 ± 1,02	-7,33 ± 1,02	8,64 ± 0,01	23,68 ± 1,15	-15,04 ± 1,15	
58a	7,91% ± 0,08%	2,18% ± 1,00%	5,73% ± 1,00%	0,43 ± 0,01	17,11 ± 1,03	-16,68 ± 1,03	8,79 ± 0,01	29,63 ± 1,18	-20,84 ± 1,18	
58b	7,68% ± 0,08%	8,02% ± 1,00%	-0,34% ± 1,00%	0,95 ± 0,01	2,12 ± 1,24	-1,17 ± 1,24	8,27 ± 0,01	4,68 ± 3,33	3,59 ± 3,33	
69a	7,08% ± 0,12%	8,08% ± 1,00%	-1,00% ± 1,01%	3,87 ± 0,02	2,35 ± 1,14	1,52 ± 1,14	8,43 ± 0,02	7,67 ± 1,55	0,76 ± 1,55	

Amostra	$K(\%)$	$K(\%)$ Duarte 2002	Diferença $K(\%)$	$U(ppm)$	$U(ppm)$ Duarte 2002	Diferença eU	$Th(ppm)$	$Th(ppm)$ Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
69b	$7,20\% \pm 0,09\%$	$7,77\% \pm 1,00\%$	$-0,57\% \pm 1,00\%$	$6,66 \pm 0,01$	$7,71 \pm 1,07$	$-1,05 \pm 1,07$	$8,67 \pm 0,01$	$4,11 \pm 5,75$	$4,56 \pm 5,75$	
71a	$2,44\% \pm 0,10\%$	$8,28\% \pm 1,00\%$	$-5,84\% \pm 1,00\%$	$2,07 \pm 0,01$	$10,68 \pm 1,06$	$-8,61 \pm 1,06$	$8,61 \pm 0,02$	$14,07 \pm 1,61$	$-5,46 \pm 1,61$	
71b	$2,21\% \pm 0,13\%$	$2,52\% \pm 1,00\%$	$-0,31\% \pm 1,01\%$	$2,50 \pm 0,02$	$3,70 \pm 1,17$	$-1,20 \pm 1,17$	$8,29 \pm 0,02$	$5,97 \pm 3,19$	$2,32 \pm 3,19$	
71c	$8,18\% \pm 0,09\%$	$2,54\% \pm 1,00\%$	$5,64\% \pm 1,00\%$	$4,06 \pm 0,01$	$4,48 \pm 1,06$	$-0,42 \pm 1,06$	$8,76 \pm 0,01$	$20,94 \pm 1,09$	$-12,18 \pm 1,09$	
71d	$2,73\% \pm 0,08\%$	$9,12\% \pm 1,00\%$	$-6,39\% \pm 1,00\%$	$1,28 \pm 0,01$	$7,57 \pm 1,11$	$-6,29 \pm 1,11$	$8,51 \pm 0,01$	$28,51 \pm 1,22$	$-20,00 \pm 1,22$	
78a	$11,51\% \pm 0,09\%$	$2,63\% \pm 1,00\%$	$8,88\% \pm 1,00\%$	$5,86 \pm 0,01$	$2,75 \pm 1,17$	$3,11 \pm 1,17$	$8,95 \pm 0,01$	$3,83 \pm 3,82$	$5,12 \pm 3,82$	
78b	$11,57\% \pm 0,12\%$	$12,97\% \pm 1,00\%$	$-1,40\% \pm 1,01\%$	$8,47 \pm 0,02$	$11,31 \pm 1,05$	$-2,84 \pm 1,05$	$9,00 \pm 0,01$	$22,23 \pm 1,25$	$-13,23 \pm 1,25$	
81a	$6,92\% \pm 0,07\%$	$12,78\% \pm 1,00\%$	$-5,86\% \pm 1,00\%$	$3,56 \pm 0,01$	$15,26 \pm 1,03$	$-11,70 \pm 1,03$	$8,57 \pm 0,01$	$28,58 \pm 1,17$	$-20,01 \pm 1,17$	
81b	$7,18\% \pm 0,10\%$	$7,34\% \pm 1,00\%$	$-0,16\% \pm 1,01\%$	$2,87 \pm 0,01$	$6,23 \pm 1,07$	$-3,36 \pm 1,07$	$8,79 \pm 0,01$	$25,47 \pm 1,12$	$-16,68 \pm 1,12$	
8a	$8,38\% \pm 0,11\%$	$7,97\% \pm 1,00\%$	$0,41\% \pm 1,01\%$	$4,39 \pm 0,02$	$5,07 \pm 1,11$	$-0,68 \pm 1,11$	$8,84 \pm 0,02$	$27,15 \pm 1,15$	$-18,31 \pm 1,15$	
8b	$1,12\% \pm 0,13\%$	$9,68\% \pm 1,00\%$	$-8,56\% \pm 1,01\%$	$7,00 \pm 0,02$	$8,62 \pm 1,08$	$-1,62 \pm 1,08$	$8,34 \pm 0,02$	$40,66 \pm 1,10$	$-32,32 \pm 1,10$	
85	$1,59\% \pm 0,08\%$	$2,02\% \pm 1,00\%$	$-0,43\% \pm 1,00\%$	$0,09 \pm 0,01$	$11,10 \pm 1,02$	$-11,01 \pm 1,02$	$8,70 \pm 0,01$	$26,00 \pm 1,09$	$-17,30 \pm 1,09$	
86	$1,56\% \pm 0,08\%$	$1,19\% \pm 1,00\%$	$0,37\% \pm 1,00\%$	$0,19 \pm 0,00$	$1,08 \pm$	$-0,89 \pm 0,00$	$8,46 \pm 0,01$	$3,21 \pm$	$5,25 \pm 0,01$	
87	$2,12\% \pm 0,09\%$	$1,21\% \pm 1,00\%$	$0,91\% \pm 1,00\%$	$0,06 \pm 0,01$	$0,88 \pm$	$-0,82 \pm 0,01$	$8,12 \pm 0,02$	$2,84 \pm$	$5,28 \pm 0,02$	
88	$6,78\% \pm 0,12\%$	$1,82\% \pm 1,00\%$	$4,96\% \pm 1,01\%$	$6,75 \pm 0,02$	$0,71 \pm$	$6,04 \pm 0,02$	$8,62 \pm 0,01$	$2,30 \pm$	$6,32 \pm 0,01$	
130	$9,32\% \pm 0,12\%$	$8,21\% \pm 1,00\%$	$1,11\% \pm 1,01\%$	$2,36 \pm 0,02$	$11,71 \pm 1,04$	$-9,35 \pm 1,04$	$8,20 \pm 0,01$	$29,91 \pm 1,14$	$-21,71 \pm 1,14$	
131	$8,47\% \pm 0,16\%$	$10,37\% \pm 1,00\%$	$-1,90\% \pm 1,01\%$	$5,79 \pm 0,02$	$5,67 \pm 1,07$	$0,12 \pm 1,07$	$8,69 \pm 0,01$	$13,94 \pm 1,28$	$-5,25 \pm 1,28$	
134	$6,63\% \pm 0,14\%$	$9,48\% \pm 1,00\%$	$-2,85\% \pm 1,01\%$	$1,11 \pm 0,02$	$10,15 \pm 1,04$	$-9,04 \pm 1,04$	$8,56 \pm 0,01$	$23,60 \pm 1,16$	$-15,04 \pm 1,16$	
137	$7,35\% \pm 0,14\%$	$7,01\% \pm 1,00\%$	$0,34\% \pm 1,01\%$	$3,28 \pm 0,02$	$2,87 \pm 1,22$	$0,41 \pm 1,22$	$8,80 \pm 0,01$	$6,05 \pm 2,76$	$2,75 \pm 2,76$	
138	$7,25\% \pm 0,14\%$	$8,16\% \pm 1,00\%$	$-0,91\% \pm 1,01\%$	$1,51 \pm 0,02$	$7,33 \pm 1,10$	$-5,82 \pm 1,10$	$8,61 \pm 0,01$	$25,50 \pm 1,22$	$-16,89 \pm 1,22$	
139	$5,95\% \pm 0,18\%$	$7,48\% \pm 1,00\%$	$-1,53\% \pm 1,02\%$	$0,50 \pm 0,02$	$3,76 \pm 1,15$	$-3,26 \pm 1,15$	$9,08 \pm 0,02$	$11,01 \pm 1,53$	$-1,93 \pm 1,53$	
161	$6,51\% \pm 0,16\%$	$6,00\% \pm 1,00\%$	$0,51\% \pm 1,01\%$	$3,61 \pm 0,02$	$1,83 \pm 1,34$	$1,78 \pm 1,34$	$8,81 \pm 0,01$	$3,15 \pm$	$5,66 \pm 0,01$	
163	$1,99\% \pm 0,16\%$	$7,48\% \pm 1,00\%$	$-5,49\% \pm 1,01\%$	$0,11 \pm 0,02$	$7,12 \pm 1,09$	$-7,01 \pm 1,09$	$8,56 \pm 0,01$	$30,86 \pm 1,15$	$-22,30 \pm 1,15$	
191	$3,82\% \pm 0,15\%$	$1,69\% \pm 1,00\%$	$2,13\% \pm 1,01\%$	$4,54 \pm 0,02$	$0,83 \pm$	$3,71 \pm 0,02$	$8,73 \pm 0,01$	$2,49 \pm$	$6,24 \pm 0,01$	

Amostra	K(%)	K(%) Duarte 2002	Diferença K(%)	U (ppm)	U (ppm) Duarte 2002	Diferença eU	Th (ppm)	Th(ppm) Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
193	1,86% ± 0,17%	4,37% ± 1,00%	-2,51% ± 1,02%	0,12 ± 0,02	7,19 ± 1,06	-7,07 ± 1,06	8,65 ± 0,03	30,23 ± 1,11	-21,58 ± 1,11	
194	2,41% ± 0,15%	1,59% ± 1,00%	0,82% ± 1,01%	0,07 ± 0,02	0,84 ±	-0,77 ± 0,02	8,83 ± 0,01	2,37 ± 9,29	6,46 ± 9,29	
195	3,87% ± 0,09%	2,13% ± 1,00%	1,74% ± 1,00%	2,67 ± 0,01	0,77 ±	1,90 ± 0,01	8,90 ± 0,01	1,83 ± 12,36	7,07 ± 12,36	
196	1,59% ± 0,22%	1,11% ± 1,00%	0,48% ± 1,02%	0,47 ± 0,03	0,93 ±	-0,46 ± 0,03	8,53 ± 0,04	3,02 ±	5,51 ± 0,04	
197	0,83% ± 0,13%	1,68% ± 1,00%	-0,85% ± 1,01%	0,23 ± 0,02	3,75 ± 0,23	-3,52 ± 0,23	7,77 ± 0,02	2,69 ± 3,70	5,08 ± 3,70	
198	3,27% ± 0,14%	3,95% ± 1,00%	-0,68% ± 1,01%	5,09 ± 0,02	5,52 ± 0,23	-0,43 ± 0,23	8,05 ± 0,01	17,33 ± 1,10	-9,28 ± 1,10	
199	3,52% ± 0,14%	5,06% ± 1,00%	-1,54% ± 1,01%	11,28 ± 0,02	16,37 ± 0,09	-5,09 ± 0,09	32,06 ± 0,01	138,57 ± 0,26	-106,51 ± 0,26	
212	2,43% ± 0,02%	3,17% ± 1,00%	-0,74% ± 1,00%	0,93 ± 0,01	4,54 ± 0,30	-3,61 ± 0,30	7,95 ± 0,01	7,34 ± 2,45	0,61 ± 2,45	
213	4,24% ± 0,15%	5,73% ± 1,00%	-1,49% ± 1,01%	0,29 ± 0,02	3,88 ± 0,24	-3,59 ± 0,24	7,80 ± 0,01	10,77 ± 1,29	-2,97 ± 1,29	
214	3,64% ± 0,14%	5,03% ± 1,00%	-1,39% ± 1,01%	0,59 ± 0,02	3,41 ± 0,29	-2,82 ± 0,29	8,61 ± 0,01	16,24 ± 1,02	-7,63 ± 1,02	
219	3,58% ± 0,14%	4,21% ± 1,00%	-0,63% ± 1,01%	4,85 ± 0,02	30,90 ± 0,07	-26,05 ± 0,07	7,82 ± 0,01	19,83 ± 1,12	-12,01 ± 1,12	
220	0,72% ± 0,10%	1,40% ± 1,00%	-0,67% ± 1,00%	0,43 ± 0,01	4,24 ± 0,29	-3,81 ± 0,29	7,88 ± 0,01	5,10 ± 3,06	2,78 ± 3,06	
221	0,99% ± 0,14%	2,02% ± 1,00%	-1,03% ± 1,01%	0,41 ± 0,02	3,58 ± 0,27	-3,17 ± 0,27	8,69 ± 0,01	7,28 ± 1,86	1,41 ± 1,86	
225	2,08% ± 0,16%	3,15% ± 1,00%	-1,06% ± 1,01%	1,10 ± 0,02	3,91 ± 0,26	-2,81 ± 0,26	7,81 ± 0,01	11,30 ± 1,34	-3,50 ± 1,34	
230	2,78% ± 0,12%	4,43% ± 1,00%	-1,64% ± 1,01%	0,27 ± 0,02	3,52 ± 0,23	-3,25 ± 0,23	8,76 ± 0,01	4,41 ± 2,31	4,35 ± 2,31	
237	0,95% ± 0,09%	1,67% ± 1,00%	-0,71% ± 1,00%	0,13 ± 0,01	7,00 ± 0,12	-6,87 ± 0,12	7,62 ± 0,01	3,24 ± 2,73	4,37 ± 2,73	
238	3,29% ± 0,18%	4,90% ± 1,00%	-1,61% ± 1,02%	1,16 ± 0,02	11,08 ± 0,13	-9,92 ± 0,13	9,09 ± 0,01	37,33 ± 0,63	-28,23 ± 0,63	
239	3,37% ± 0,11%	5,31% ± 1,00%	-1,95% ± 1,01%	11,56 ± 0,01	7,79 ± 0,25	3,77 ± 0,25	24,27 ± 0,01	126,04 ± 0,41	-101,76 ± 0,41	
246	3,45% ± 0,18%	2,15% ± 1,00%	1,30% ± 1,02%	0,41 ± 0,02	3,95 ± 0,25	-3,54 ± 0,25	8,18 ± 0,02	8,69 ± 1,61	-0,52 ± 1,61	
250	1,37% ± 0,18%	2,11% ± 1,00%	-0,74% ± 1,02%	0,15 ± 0,02	3,84 ± 0,24	-3,69 ± 0,24	7,81 ± 0,02	5,90 ± 2,04	1,91 ± 2,04	
252	3,50% ± 0,13%	3,95% ± 1,00%	-0,46% ± 1,01%	5,43 ± 0,02	30,71 ± 0,04	-25,28 ± 0,04	7,82 ± 0,01	4,54 ± 2,27	3,28 ± 2,27	
253	0,79% ± 0,15%	2,04% ± 1,00%	-1,25% ± 1,01%	0,55 ± 0,02	4,36 ± 0,27	-3,81 ± 0,27	9,08 ± 0,01	9,28 ± 1,81	-0,20 ± 1,81	
259	1,08% ± 0,16%	2,06% ± 1,00%	-0,97% ± 1,01%	0,03 ± 0,02	4,73 ± 0,38	-4,70 ± 0,38	7,99 ± 0,01	8,98 ± 2,79	-0,98 ± 2,79	
260	0,81% ± 0,14%	2,06% ± 1,00%	-1,25% ± 1,01%	0,44 ± 0,02	3,60 ± 0,23	-3,16 ± 0,23	8,70 ± 0,02	10,26 ± 1,17	-1,56 ± 1,17	

Amostra	$K(\%)$	$K(\%)$ Duarte 2002	Diferença $K(\%)$	$U(ppm)$	$U(ppm)$ Duarte 2002	Diferença eU	$Th(ppm)$	$Th(ppm)$ Duarte 2002	Diferença eTh	Formação
84a	$7,71\% \pm 0,17\%$	$8,93\% \pm 1,00\%$	$-1,22\% \pm 1,01\%$	$6,11 \pm 0,02$	$11,62 \pm 1,05$	$-5,51 \pm 1,05$	$8,57 \pm 0,01$	$33,50 \pm 1,13$	$-24,93 \pm 1,13$	
84b	$8,55\% \pm 0,10\%$	$8,88\% \pm 1,00\%$	$-0,33\% \pm 1,01\%$	$1,78 \pm 0,02$	$4,00 \pm 1,14$	$-2,22 \pm 1,14$	$8,99 \pm 0,01$	$7,57 \pm 2,03$	$1,42 \pm 2,03$	

ANEXO F - Determinação das informações geológicas para cada amostra coletada.

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
01	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaiss	02	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha
03	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha	04	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss leucocrático
05	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss em blocos	07	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito
08	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Xisto alterado B – Canga laterítica	09	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss leucocrático
10	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado, presença de veio de quartzo	11	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado
12	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto arenoso	13	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado (grandes blocos)
14	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss leucocrático	15	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado, presença veios de quartzo
16	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito com veios de quartzo	17	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita xisto de coloração verde
18	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha	19	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha
20	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito	21	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto, presença veios de quartzo
22	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito (sem amostra)	23	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito
24	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Mica xisto	25	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado
26	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Turmalinito com muscovita B – Xisto alterado	27	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
28	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Turmalinito	29	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita xisto
30	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Turmalina xisto B – Biotita gnaise	31	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise leucocrático
32	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha	33	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado, presença veios de quartzo
34	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise migmatítico	35	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise migmatítico
36	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Canga laterítica B – Arenito	37	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita xisto alterado
38	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise migmatítico	39	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito
40	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	41	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise leucocrático
42	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise leucocrático	43	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito
44	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise	45	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise
46	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise	47	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise migmatítico
48	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise	49	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise migmatítico
50	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise migmatítico	51	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Pegmatito com grandes cristais de muscovita e quartzo
52	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise	53	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise alterado
54	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito	55	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Muscovita xisto alterado B – Areia com sedimentos pesados
56	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita biotita xisto alterado	57	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita quartzo xisto dobrado
58	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A - Muscovita quartzo xisto dobrado B – Quartzo xisto	59	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise cinza, muito fino
60	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise cinza, fino	61	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
62	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	63	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito
64	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	65	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaissse
66	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaissse fino	67	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaissse grosso
68	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	69	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Gnaissse grosso B – Gnaissse mais fino que 69A
70	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaissse	71	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Gnaissse cinza claro B – Turmalinito C – Xisto alterado D – Biotita gnaissse
72	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito	73	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha
74	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	75	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito
76	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaissse	77	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaissse
78	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Biotita gnaissse alterado B – Muscovita xisto alterado	79	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaissse
80	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaissse fino com veio grosseiro	81	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Biotita xisto alterado B – Granada biotita xisto de cor avermelhada
82	Terciário/Quaternário	Arenito	83	Terciário/Quaternário	Arenito muito alterado
84	Complexo Basal	A – Biotita xisto alterado B – Xisto alterado	85	Complexo Basal	Gnaissse alterado
86	Complexo Basal	Biotita gnaissse alterado	87	Complexo Basal	Biotita gnaissse

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
88	Complexo Basal	Xisto alterado	89	Terciário/Quaternário	Arenito (sem amostra)
90	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise	91	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise leucocrático
92	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	93	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Quartzito muscovita xisto
94	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Muscovita xisto	95	Fm. Arraia	Grafito xisto
96	Fm. Arraia	Xisto amarelo	97	Fm. Arraia	Gnaise migmatítico rosa
98	Fm. Arraia	Grafito xisto	99	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Granada muscovita xisto
100	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	A – Gnaise B – Xisto	101	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Grafito xisto
102	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Biotita muscovita xisto	103	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Xisto alterado, cor vermelha
104	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita xisto	105	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise leucocrático
106	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Grafito xisto	107	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise
108	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaise	109	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise
110	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita xisto crenulado	111	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Turmalina biotita xisto
112	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise	113	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita xisto
114	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Biotita xisto alterado B – Biotita xisto	115	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha
116	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Grafito xisto	117	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise
118	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto	119	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha
120	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Granada gnaise fraturado	121	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito
122	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito	123	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise migmatítico

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
124	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss fino	125	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss fino alterado
126	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss alterado	127	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito
128	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss alterado	129	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss alterado
130	Complexo Basal	Gnaiss	131	Complexo Basal	Granito gnáissico
132	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita xisto alterado	133	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Gnaiss alterado B – Gnaiss
134	Complexo Basal	Gnaiss	135	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita grafita xisto
136	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito	137	Complexo Basal	Gnaiss em cachoeira
138	Complexo Basal	Granito leuco com veio de quartzo	139	Complexo Basal	Granito
140	Fm. Arraia	Quartzito	141	Fm. Arraia	Sericita quartzo xisto crenulado
142	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss migmatítico	143	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
144	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Granito fino	145	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita xisto alterado
146	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaiss	147	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
148	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss migmatítico	149	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Biotita xisto muito alterado
150	Intrusiva ácida	Biotita granito	151	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Gnaiss
152	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Grafito xisto	153	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Gnaiss alterado
154	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	A – Biotita xisto alterado B – Xisto alterado	155	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Xisto alterado
156	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Biotita xisto alterado	157	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Quartzito xisto
158	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Xisto alterado de coloração laranja	159	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Bolsão pegmatóide com quartzo e turmalinas em meio a xisto
160	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Quartzito xisto alterado	161	Complexo Basal	Granito em blocos

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
162	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita xisto alterado	163	Complexo Basal	Granito
164	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita xisto alterado	165	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto muito alterado
166	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss migmatítico	167	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado
168	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss	169	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Grafita xisto B – Grafita xisto
170	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	171	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita xisto alterado
172	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado, cor vermelha	173	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado, cor vermelha
174	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto em contato com quartzito	175	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Granada gnaiss alterado
176	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Arenito	177	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado
178	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	179	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado
180	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado	181	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto
182	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaiss	183	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado
184	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Granito grosso	185	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto muito alterado, cor vermelha
186	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaiss fino	187	Fm. Arraías	Quartzito fraturado
188	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto muito alterado	189	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss muito alterado
190	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	A – Grafita xisto B – Amostra de nível de grafita	191	Complexo Basal	Granito
192	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado com veio de quartzito	193	Complexo Basal	Granito
194	Complexo Basal	Granito	195	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
196	Complexo Basal	Granito	197	Complexo Basal	Granito

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
198	Complexo Basal	Granito	199	Complexo Basal	Granito
200	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita Gnaiss	201	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Cianita muscovita xisto
202	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss	203	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Muscovita xisto
204	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Biotita gnaiss fino	205	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
206	Intrusiva ácida	Biotita granito	207	Intrusiva ácida	Biotita granito bandado
208	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Turmalinito	209	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss milonítico
210	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Turmalinito	211	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
212	Complexo Basal	Biotita gnaiss	213	Complexo Basal	Granito gnáissico
214	Complexo Basal	Gnaiss milonizado	215	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita sericita xisto
216	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss	217	Fm. Arraías	Muscovita xisto fresco
218	Fm. Arraías	Muscovita xisto fresco	219	Complexo Basal	Xisto marrom (fresco)
220	Complexo Basal	Biotita gnaiss	221	Complexo Basal	Granito cinza
222	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss fino	223	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Granito
224	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss migmatítico, pórfiros de feldspato	225	Complexo Basal	Granito
226	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto	227	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita muscovita xisto fresco
228	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss migmatítico	229	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
230	Complexo Basal	Granito gnáissico	231	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss migmatítico
232	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita muscovita xisto alterado	233	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
234	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Gnaiss fino	235	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
236	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss fino	237	Complexo Basal	Granito fino bandado
238	Complexo Basal	Gnaiss migmatítico	239	Complexo Basal	Biotita gnaiss
240	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Biotita xisto fresco	241	Dique de rocha básica	Diabásio
242	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita muscovita xisto	243	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaiss
244	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita muscovita gnaiss	245	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita xisto
246	Complexo Basal	Biotita gnaiss	247	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita quartzo xisto
248	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaiss	249	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaiss
250	Complexo Basal	Gnaiss	251	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Biotita gnaiss
252	Complexo Basal	Gnaiss	253	Complexo Basal	Gnaiss
254	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss fino	255	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
256	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss	257	Fm. Arraías	Xisto muito alterado
258	Fm. Arraías	Xisto muito alterado	259	Complexo Basal	Gnaiss
260	Complexo Basal	Gnaiss	261	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado de cor vermelha
262	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto muito alterado	263	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss
264	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita xisto	265	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto muito alterado
266	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaiss	267	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Xisto alterado
268	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Muscovita biotita xisto	269	Fm. Ticunzal – Mb. Superior	Xisto muito alterado

Amo	Unidade	Litotipo	Amo	Unidade	Litotipo
270	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise migmatítico	271	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Muscovita quartzo xisto
272	Fm. Ticunzal – Mb. Inferior	Gnaise			

ANEXO G - Dados sintetizados de Background, Limites de Detecção e Crítico.

Amostra	Data	LT (seg)	$nK \pm \sigma_k$	$nU \pm \sigma_U$	$nTh \pm \sigma_{Th}$	$r_K \pm \sigma_K$	$r_U \pm \sigma_U$	$r_{Th} \pm \sigma_{Th}$
BG – MCB2	10/06/1996	241081,68	34807 $\pm$ 186,57	23774 $\pm$ 154,19	7551 $\pm$ 86,90	8,66 $\pm$ 0,05	5,92 $\pm$ 0,04	1,88 $\pm$ 0,02
BGGA8 – 10	07/10/1996	112484,92	12038 $\pm$ 109,72	7646 $\pm$ 87,44	3173 $\pm$ 56,33	6,42 $\pm$ 0,06	4,08 $\pm$ 0,05	1,69 $\pm$ 0,03
BGGA23 – 1	23/01/1997	48451,96	5398 $\pm$ 73,47	3792 $\pm$ 61,58	1439 $\pm$ 37,93	6,68 $\pm$ 0,09	4,70 $\pm$ 0,08	1,78 $\pm$ 0,05
BGGA8 – 05	08/05/1997	177876,18	18650 $\pm$ 136,57	11240 $\pm$ 106,02	3952 $\pm$ 62,86	6,29 $\pm$ 0,05	3,79 $\pm$ 0,04	1,33 $\pm$ 0,02
bg090601	09/06/2001	183960,14	23608 $\pm$ 153,65	15687 $\pm$ 125,25	8841 $\pm$ 94,03	7,70 $\pm$ 0,05	5,12 $\pm$ 0,04	2,88 $\pm$ 0,03
bg080701	07/07/2001	135018,50	17279 $\pm$ 131,45	11697 $\pm$ 108,15	6337 $\pm$ 79,61	7,68 $\pm$ 0,06	5,20 $\pm$ 0,05	2,82 $\pm$ 0,04
bg160901	16/09/2001	87971,66	11274 $\pm$ 106,18	7360 $\pm$ 85,79	4239 $\pm$ 65,11	7,69 $\pm$ 0,07	5,02 $\pm$ 0,06	2,89 $\pm$ 0,04
bg201101	20/11/2001	105214,22	13313 $\pm$ 115,38	8552 $\pm$ 92,48	4884 $\pm$ 69,89	7,59 $\pm$ 0,07	4,88 $\pm$ 0,05	2,79 $\pm$ 0,04
bg110202	09/02/2002	165911,34	20709 $\pm$ 143,91	13173 $\pm$ 114,77	7633 $\pm$ 87,37	7,49 $\pm$ 0,05	4,76 $\pm$ 0,04	2,76 $\pm$ 0,03
Amostra	Data	LT (seg)	$LD_K \pm \sigma_{LD}$	$LD_U \pm \sigma_{LD}$	$LD_{Th} \pm \sigma_{LD}$	$LC_K \pm \sigma_{LC}$	$LC_U \pm \sigma_{LC}$	$LC_{Th} \pm \sigma_{LC}$
BG – MCB2	10/06/1996	241081,68	0,21 $\pm$ 0,0006	0,18 $\pm$ 0,0006	0,10 $\pm$ 0,0006	0,11 $\pm$ 0,0003	0,09 $\pm$ 0,0003	0,05 $\pm$ 0,0003
BGGA8 – 10	07/10/1996	112484,92	0,27 $\pm$ 0,0012	0,22 $\pm$ 0,0012	0,14 $\pm$ 0,0012	0,14 $\pm$ 0,0006	0,11 $\pm$ 0,0006	0,07 $\pm$ 0,0006
BGGA23 – 1	23/01/1997	48451,96	0,42 $\pm$ 0,0029	0,35 $\pm$ 0,0029	0,22 $\pm$ 0,0029	0,21 $\pm$ 0,0014	0,178 $\pm$ 0,0014	0,11 $\pm$ 0,0014
BGGA8 – 05	08/05/1997	177876,18	0,21 $\pm$ 0,0008	0,17 $\pm$ 0,0008	0,10 $\pm$ 0,0008	0,11 $\pm$ 0,0004	0,08 $\pm$ 0,0004	0,05 $\pm$ 0,0004
bg090601	09/06/2001	183960,14	0,23 $\pm$ 0,0008	0,19 $\pm$ 0,0008	0,14 $\pm$ 0,0008	0,12 $\pm$ 0,0004	0,10 $\pm$ 0,0004	0,07 $\pm$ 0,0004
bg080701	07/07/2001	135018,50	0,27 $\pm$ 0,0010	0,22 $\pm$ 0,0010	0,16 $\pm$ 0,0010	0,14 $\pm$ 0,0005	0,11 $\pm$ 0,0005	0,08 $\pm$ 0,0005
bg160901	16/09/2001	87971,66	0,34 $\pm$ 0,0016	0,27 $\pm$ 0,0016	0,21 $\pm$ 0,0016	0,17 $\pm$ 0,0008	0,14 $\pm$ 0,0008	0,10 $\pm$ 0,0008
bg201101	20/11/2001	105214,22	0,30 $\pm$ 0,0013	0,24 $\pm$ 0,0013	0,19 $\pm$ 0,0013	0,15 $\pm$ 0,0007	0,12 $\pm$ 0,0007	0,09 $\pm$ 0,0007
bg110202	09/02/2002	165911,34	0,24 $\pm$ 0,0008	0,19 $\pm$ 0,0008	0,15 $\pm$ 0,0008	0,12 $\pm$ 0,0004	0,10 $\pm$ 0,0004	0,07 $\pm$ 0,0004

ANEXO H - Contagens totais *GA*, tempo (*s*) e taxas de contagem (*cpm*) provenientes de Cecatto (2021).

Canais					Gross Area (GA)			Taxa de Contagens (cpm)			
Amostra	Massa	Tempo	K	U	Th	K	U	Th	rK (cpm)	rU (cpm)	rTh (cpm)
	(g)	(s)									
001 (top)	15,86	499,71	721-829	895 - 995	1342-1445	17660,00 ± 132,89	5369,00 ± 73,27	2700,00 ± 51,96	35,34 ± 0,27	10,74 ± 0,15	5,40 ± 0,10
001 (bottom)	11,28	499,71	720-822	886 - 980	1342-1422	17253,00 ± 131,35	5284,00 ± 72,69	2542,00 ± 50,42	34,53 ± 0,26	10,57 ± 0,15	5,09 ± 0,10
001 A	23,85	466,72	705-858	894 - 1005	1350-1462	16259,00 ± 127,51	4342,00 ± 65,89	1975,00 ± 44,44	34,84 ± 0,27	9,30 ± 0,14	4,23 ± 0,10
002	30,15	479,77	704-842	980 - 1007	1300-1502	16284,00 ± 127,61	4533,00 ± 67,33	2689,00 ± 51,86	33,94 ± 0,27	9,45 ± 0,14	5,60 ± 0,11
003	37,50	475,30	702-867	892 - 997	1302-1490	17364,00 ± 131,77	4467,00 ± 66,84	2697,00 ± 51,93	36,53 ± 0,28	9,40 ± 0,14	5,67 ± 0,11
004	35,90	499,71	707-833	903 - 993	1346-1460	19005,00 ± 137,86	4812,00 ± 69,37	2859,00 ± 53,47	38,03 ± 0,28	9,63 ± 0,14	5,72 ± 0,11
005	40,15	479,78	696-846	898 - 1017	1310-1458	16617,00 ± 128,91	4415,00 ± 66,45	2448,00 ± 49,48	34,63 ± 0,27	9,20 ± 0,14	5,10 ± 0,10
006	41,77	479,33	700-838	902 - 995	1321-1474	15520,00 ± 124,58	3612,00 ± 60,10	2301,00 ± 47,97	32,38 ± 0,26	7,54 ± 0,13	4,80 ± 0,10
007 (top)	37,27	498,21	709-835	900 - 993	1341-1470	19208,00 ± 138,59	5002,00 ± 70,72	3156,00 ± 56,18	38,55 ± 0,28	10,04 ± 0,14	6,33 ± 0,11
007 (bottom)	39,91	498,21	721-844	900 - 1016	1348-1479	18591,00 ± 136,35	6099,00 ± 78,10	3037,00 ± 55,11	37,32 ± 0,27	12,24 ± 0,16	6,10 ± 0,11
008 (top)	27,09	498,21	728-837	904 - 994	1346-1468	17856,00 ± 133,63	4827,00 ± 69,48	3049,00 ± 55,22	35,84 ± 0,27	9,69 ± 0,14	6,12 ± 0,11
008 (bottom)	43,73	498,21	715-841	901 - 994	1342-1477	18822,00 ± 137,19	5091,00 ± 71,35	3071,00 ± 55,42	37,78 ± 0,28	10,22 ± 0,14	6,16 ± 0,11
009	52,85	476,51	696-858	898 - 1004	1300-1500	18376,00 ± 135,56	4321,00 ± 65,73	2753,00 ± 52,47	38,56 ± 0,28	9,07 ± 0,14	5,78 ± 0,11
010	46,84	499,68	707-827	900 - 990	1325-1480	17539,00 ± 132,43	4566,00 ± 67,57	2784,00 ± 52,76	35,10 ± 0,27	9,14 ± 0,14	5,57 ± 0,11
011	50,07	477,11	702-868	901 - 1006	1292-1476	17497,00 ± 132,28	4211,00 ± 64,89	2682,00 ± 51,79	35,43 ± 0,27	8,53 ± 0,13	5,43 ± 0,10

Canais			Gross Area (GA)				Taxa de Contagens (cpm)				
Amostra	Massa (g)	Tempo (s)	K	U	Th	K	U	Th	rK (cpm)	rU (cpm)	rTh (cpm)
012 (top)	24,21	774,55	707-851	903 - 1024	1307-1482	14139,00 ± 118,91	4030,00 ± 63,48	2425,00 ± 49,24	18,25 ± 0,15	5,20 ± 0,08	3,13 ± 0,06
012 (bottom)	48,54	286,45	703-849	903 - 1014	1304-1496	5415,00 ± 73,59	1491,00 ± 38,61	913,00 ± 30,22	18,90 ± 0,26	5,21 ± 0,13	3,19 ± 0,11
013	32,40	476,02	700-865	900 - 1008	1336-1458	17437,00 ± 132,05	4231,00 ± 65,05	1924,00 ± 43,86	36,63 ± 0,28	8,89 ± 0,14	4,04 ± 0,09
013-A	52,66	311,08	706-834	893 - 981	1309-1447	11961,00 ± 109,37	3073,00 ± 55,43	2049,00 ± 45,27	38,45 ± 0,35	9,88 ± 0,18	6,59 ± 0,15
014	54,66	476,57	703-847	900 - 1002	1300-1500	17282,00 ± 131,46	4367,00 ± 66,08	2719,00 ± 52,14	36,26 ± 0,28	9,16 ± 0,14	5,71 ± 0,11
015	46,86	476,32	696-844	898 - 1016	1300-1488	16591,00 ± 128,81	4542,00 ± 67,39	2755,00 ± 52,49	34,83 ± 0,27	9,54 ± 0,14	5,78 ± 0,11
016	31,45	499,70	719-836	901 - 1005	1331-1481	18578,00 ± 136,30	5494,00 ± 74,12	3212,00 ± 56,67	37,18 ± 0,27	10,99 ± 0,15	6,43 ± 0,11
016-A	17,56	499,51	720-833	903 - 990	1339-1453	17821,00 ± 133,50	4601,00 ± 67,83	2705,00 ± 52,01	35,68 ± 0,27	9,21 ± 0,14	5,42 ± 0,10
017-A	34,29	499,71	721-823	896 - 988	1315-1445	17292,00 ± 131,50	5128,00 ± 71,61	3138,00 ± 56,02	34,60 ± 0,26	10,26 ± 0,14	6,28 ± 0,11
017	19,31	365,50	702-838	890 - 1020	1316-1456	17591,00 ± 132,63	3335,00 ± 57,75	1633,00 ± 40,41	35,92 ± 0,27	6,81 ± 0,12	3,33 ± 0,08
018	55,27	499,71	706-828	886 - 976	1315-1449	19213,00 ± 138,61	5107,00 ± 71,46	3282,00 ± 57,29	38,45 ± 0,28	10,22 ± 0,14	6,57 ± 0,11
019	45,80	525,28	705-846	900 - 1014	1229-1487	9774,00 ± 98,86	2752,00 ± 52,46	2623,00 ± 51,22	18,61 ± 0,19	5,24 ± 0,10	4,99 ± 0,10
020	57,76	498,18	698-857	897 - 1022	1325-1475	20618,00 ± 143,59	5814,00 ± 76,25	2886,00 ± 53,72	41,26 ± 0,29	11,64 ± 0,15	5,78 ± 0,11
021	32,91	499,69	712-832	880 - 982	1321-1423	18297,00 ± 135,27	5633,00 ± 75,05	2844,00 ± 53,33	36,62 ± 0,27	11,27 ± 0,15	5,69 ± 0,11
022	50,19	499,69	710-830	890 - 989	1298-1454	18336,00 ± 135,41	5213,00 ± 72,20	3455,00 ± 58,78	36,69 ± 0,27	10,43 ± 0,14	6,91 ± 0,12
023	30,03	487,67	716-831	903 - 990	1336-1489	17726,00 ± 133,14	4703,00 ± 68,58	2987,00 ± 54,65	36,35 ± 0,27	9,64 ± 0,14	6,13 ± 0,11
023-A	20,41	303,69	718-823	890 - 1001	1323-1436	10503,00 ± 102,48	3616,00 ± 60,13	1799,00 ± 42,41	34,58 ± 0,34	11,91 ± 0,20	5,92 ± 0,14
024	54,14	499,67	714-831	893 - 989	1304-1456	18882,00 ± 137,41	5524,00 ± 74,32	3252,00 ± 57,03	37,79 ± 0,28	11,06 ± 0,15	6,51 ± 0,11
025	28,45	443,60	729-824	900 - 990	1315-1483	10845,00 ± 104,14	3203,00 ± 56,60	2156,00 ± 46,43	22,60 ± 0,22	6,68 ± 0,12	4,49 ± 0,10
026	53,85	499,70	712-835	900 - 1020	1307-1463	19925,00 ± 141,16	6334,00 ± 79,59	3462,00 ± 58,84	39,87 ± 0,28	12,68 ± 0,16	6,93 ± 0,12
027 tñj	43,22	499,70	718-841	900 - 1007	1318-1476	18891,00 ± 137,44	5957,00 ± 77,18	3285,00 ± 57,31	37,80 ± 0,28	11,92 ± 0,15	6,57 ± 0,11
7											

Canais				Gross Area (GA)			Taxa de Contagens (cpm)				
Amostra	Massa $\frac{\text{Massa}}{(\text{g})}$	Tempo $\frac{\text{Tempo}}{(\text{s})}$	K	U	Th	K	U	Th	rK (cpm)	rU (cpm)	rTh (cpm)
028	38,65	498,21	709-837	902 - 998	1338-1461	19341,00 $\pm$ 139,07	5061,00 $\pm$ 71,14	3122,00 $\pm$ 55,87	38,82 $\pm$ 0,28	10,16 $\pm$ 0,14	6,27 $\pm$ 0,11
029	55,42	499,67	713-827	880 - 991	1292-1451	18383,00 $\pm$ 135,58	6897,00 $\pm$ 83,05	3525,00 $\pm$ 59,37	36,79 $\pm$ 0,27	13,80 $\pm$ 0,17	7,05 $\pm$ 0,12
030	48,86	499,67	711-823	879 - 990	31293-1452	19814,00 $\pm$ 140,76	6859,00 $\pm$ 82,82	3515,00 $\pm$ 59,29	39,65 $\pm$ 0,28	13,73 $\pm$ 0,17	7,03 $\pm$ 0,12
031	29,13	1172,03	704-852	896 - 1002	1316-1476	26309,00 $\pm$ 162,20	1018,00 $\pm$ 31,91	4082,00 $\pm$ 63,89	22,45 $\pm$ 0,14	0,87 $\pm$ 0,03	3,48 $\pm$ 0,05
032	30,80	469,92	700-850	889 - 1003	1300-1500	16187,00 $\pm$ 127,23	4542,00 $\pm$ 67,39	2643,00 $\pm$ 51,41	34,45 $\pm$ 0,27	9,67 $\pm$ 0,14	5,62 $\pm$ 0,11
033	51,47	499,71	702-841	894 - 1020	1319-1473	20127,00 $\pm$ 141,87	6359,00 $\pm$ 79,74	3290,00 $\pm$ 57,36	40,28 $\pm$ 0,28	12,73 $\pm$ 0,16	6,58 $\pm$ 0,11
034	30,32	478,25	704-881	900 - 1008	1314-1456	26448,00 $\pm$ 162,63	4286,00 $\pm$ 65,47	3149,00 $\pm$ 56,12	23,01 $\pm$ 0,14	3,73 $\pm$ 0,06	2,74 $\pm$ 0,05
034 A	55,86	499,69	703-825	877 - 989	1307-1482	18835,00 $\pm$ 137,24	6131,00 $\pm$ 78,30	3136,00 $\pm$ 56,00	37,69 $\pm$ 0,27	12,27 $\pm$ 0,16	6,28 $\pm$ 0,11
035 (top)	41,09	498,21	717-831	902 - 994	1351-1469	18037,00 $\pm$ 134,30	4896,00 $\pm$ 69,97	2743,00 $\pm$ 52,37	36,20 $\pm$ 0,27	9,83 $\pm$ 0,14	5,51 $\pm$ 0,11
035 (bottom)	38,09	498,21	724-844	907 - 995	1338-1468	18371,00 $\pm$ 135,54	4737,00 $\pm$ 68,83	3153,00 $\pm$ 56,15	36,87 $\pm$ 0,27	9,51 $\pm$ 0,14	6,33 $\pm$ 0,11
036	28,31	474,22	694-853	891 - 996	1320-1480	16966,00 $\pm$ 130,25	4130,00 $\pm$ 64,27	2323,00 $\pm$ 48,20	35,78 $\pm$ 0,27	8,71 $\pm$ 0,14	4,90 $\pm$ 0,10
037	55,20	495,59	704-845	886 - 1004	1313-1464	19223,00 $\pm$ 138,65	5630,00 $\pm$ 75,03	2841,00 $\pm$ 53,30	38,79 $\pm$ 0,28	11,36 $\pm$ 0,15	5,73 $\pm$ 0,11
038	52,70	499,69	716-827	877 - 985	1316-1448	18123,00 $\pm$ 134,62	5988,00 $\pm$ 77,38	3167,00 $\pm$ 56,28	36,27 $\pm$ 0,27	11,98 $\pm$ 0,15	6,34 $\pm$ 0,11
039 (top)	9,13	477,34	713-862	906 - 998	1352-1449	16376,00 $\pm$ 127,97	3828,00 $\pm$ 61,87	2001,00 $\pm$ 44,73	34,31 $\pm$ 0,27	8,02 $\pm$ 0,13	4,19 $\pm$ 0,09
039 (middle)	32,82	499,64	728-845	901 - 991	1341-1473	18081,00 $\pm$ 134,47	4854,00 $\pm$ 69,67	3044,00 $\pm$ 55,17	36,19 $\pm$ 0,27	9,71 $\pm$ 0,14	6,09 $\pm$ 0,11
039 (bottom)	9,99	478,33	710-854	901 - 997	1342-1467	16569,00 $\pm$ 128,72	3916,00 $\pm$ 62,58	2107,00 $\pm$ 45,90	34,64 $\pm$ 0,27	8,19 $\pm$ 0,13	4,40 $\pm$ 0,10
040	51,02	480,07	698-860	898 - 1015	1298-1501	16513,00 $\pm$ 128,50	4614,00 $\pm$ 67,93	2719,00 $\pm$ 52,14	34,40 $\pm$ 0,27	9,61 $\pm$ 0,14	5,66 $\pm$ 0,11
041	11,84	282,65	696-864	893 - 1002	1304-1468	5724,00 $\pm$ 75,66	1564,00 $\pm$ 39,55	907,00 $\pm$ 30,12	20,25 $\pm$ 0,27	5,53 $\pm$ 0,14	3,21 $\pm$ 0,11
∞											

Canais				Gross Area (GA)			Taxa de Contagens (cpm)				
Amostra	Massa (g)	Tempo (s)	K	U	Th	K	U	Th	rK (cpm)	rU (cpm)	rTh (cpm)
041 A (meio)	11,84	499,71	719-829	908 - 991	1352-1442	17555,00 ± 132,50	4200,00 ± 64,81	2429,00 ± 49,28	35,13 ± 0,27	8,40 ± 0,13	4,86 ± 0,10
041 A (contorno)	29,81	499,71	715-830	902 - 989	1339-1455	17952,00 ± 133,99	4710,00 ± 68,63	2812,00 ± 53,03	35,92 ± 0,27	9,43 ± 0,14	5,63 ± 0,11
042	51,03	285,76	704-824	887 - 979	1297-1443	10825,00 ± 104,04	2898,00 ± 53,83	1877,00 ± 43,32	37,88 ± 0,36	10,14 ± 0,19	6,57 ± 0,15
043 (claro)	9,69	493,35	718-839	902 - 990	1352-1452	17016,00 ± 130,45	4394,00 ± 66,29	2374,00 ± 48,72	34,49 ± 0,26	8,91 ± 0,13	4,81 ± 0,10
043 (escuro)	33,79	471,27	700-862	900 - 999	1334-1458	16246,00 ± 127,46	3868,00 ± 62,19	2059,00 ± 45,38	34,47 ± 0,27	8,21 ± 0,13	4,37 ± 0,10
044	54,83	499,68	708-840	894 - 984	1332-1461	18810,00 ± 137,15	4784,00 ± 69,17	2660,00 ± 51,58	37,64 ± 0,27	9,57 ± 0,14	5,32 ± 0,10
045	46,31	499,69	692-845	882 - 1000	1310-1448	5608,00 ± 74,89	5914,00 ± 76,90	3219,00 ± 56,74	20,41 ± 0,27	21,52 ± 0,28	### ± 0,21
047	57,39	499,66	613-855	888 - 1005	1306-1453	6550,00 ± 80,93	6173,00 ± 78,57	3366,00 ± 58,02	20,95 ± 0,26	19,75 ± 0,25	### ± 0,19
048	40,35	477,89	700-856	902 - 1010	1335-1482	16455,00 ± 128,28	4243,00 ± 65,14	2133,00 ± 46,18	34,43 ± 0,27	8,88 ± 0,14	4,46 ± 0,10
049	46,72	499,67	700-847	886 - 985	1329-1433	6910,00 ± 83,13	5453,00 ± 73,84	3002,00 ± 54,79	22,11 ± 0,27	17,45 ± 0,24	9,61 ± 0,18
050	19,34	476,70	693-854	900 - 998	1314-1477	16986,00 ± 130,33	3896,00 ± 62,42	2399,00 ± 48,98	35,63 ± 0,27	8,17 ± 0,13	5,03 ± 0,10
051	25,33	499,69	711-822	883 - 1006	1325-1437	18220,00 ± 134,98	6289,00 ± 79,30	2856,00 ± 53,44	36,46 ± 0,27	12,59 ± 0,16	5,72 ± 0,11
052	53,85	499,71	710-834	902 - 990	1339-1453	18429,00 ± 135,75	4958,00 ± 70,41	2747,00 ± 52,41	36,88 ± 0,27	9,92 ± 0,14	5,50 ± 0,10
053	34,36	499,67	706-832	870 - 975	1311-1431	18916,00 ± 137,54	5888,00 ± 76,73	3055,00 ± 55,27	37,86 ± 0,28	11,78 ± 0,15	6,11 ± 0,11
054	63,51	499,64	701-833	880 - 1003	1294-1474	19417,00 ± 139,34	5594,00 ± 74,79	3488,00 ± 59,06	38,86 ± 0,28	11,20 ± 0,15	6,98 ± 0,12
055	34,45	495,69	701-875	900 - 1017	1300-1487	17374,00 ± 131,81	4444,00 ± 66,66	2675,00 ± 51,72	36,27 ± 0,28	9,28 ± 0,14	5,58 ± 0,11
055-A	41,24	428,15	714-846	896 - 1001	1315-1470	19278,00 ± 138,85	4342,00 ± 65,89	2670,00 ± 51,67	38,59 ± 0,28	8,69 ± 0,13	5,35 ± 0,10
056	46,80	496,45	695-845	891 - 990	1324-1480	19693,00 ± 140,33	4981,00 ± 70,58	2811,00 ± 53,02	39,67 ± 0,28	10,03 ± 0,14	5,66 ± 0,11
056-A	68,10	454,09	702-837	883 - 997	1296-1458	16162,00 ± 127,13	5039,00 ± 70,99	2865,00 ± 53,53	35,59 ± 0,28	11,10 ± 0,16	6,31 ± 0,12

Canais				Gross Area (GA)			Taxa de Contagens (cpm)				
Amostra	Massa (g)	Tempo (s)	K	U	Th	K	U	Th	rK (cpm)	rU (cpm)	rTh (cpm)
057	44,26	499,32	702-831	895 - 991	1319-1461	18741,00 ± 136,90	4867,00 ± 69,76	2792,00 ± 52,84	37,53 ± 0,27	9,75 ± 0,14	5,59 ± 0,11
058	79,01	498,74	690-840	899 - 1025	1321-1468	20676,00 ± 143,79	5617,00 ± 74,95	2830,00 ± 53,20	41,46 ± 0,29	11,26 ± 0,15	5,67 ± 0,11
DS Topo	70,18	499,66	699-828	872 - 995	1291-1492	20175,00 ± 142,04	6552,00 ± 80,94	3715,00 ± 60,95	40,38 ± 0,28	13,11 ± 0,16	7,44 ± 0,12
DS Méd	66,34	499,71	703-829	886 - 982	1314-1449	19706,00 ± 140,38	5251,00 ± 72,46	3182,00 ± 56,41	39,44 ± 0,28	10,51 ± 0,15	6,37 ± 0,11
DS Base 1	63,27	499,69	702-834	878 - 998	1322-1444	20154,00 ± 141,96	6229,00 ± 78,92	3081,00 ± 55,51	41,72 ± 0,29	12,90 ± 0,16	6,38 ± 0,11
DS Base 2	56,95	428,12	705-859	899 - 1012	1311-1479	15489,00 ± 124,45	3966,00 ± 62,98	2346,00 ± 48,44	37,64 ± 0,30	9,64 ± 0,15	5,70 ± 0,12
059-1	24,62	480,09	698-860	888 - 1003	1323-1447	17985,00 ± 134,11	4652,00 ± 68,21	2224,00 ± 47,16	37,55 ± 0,28	9,71 ± 0,14	4,64 ± 0,10
059-2	49,06	478,91	699-855	882 - 999	1293-1476	17223,00 ± 131,24	4831,00 ± 69,51	2696,00 ± 51,92	35,87 ± 0,27	10,06 ± 0,14	5,62 ± 0,11
059-3	42,33	480,73	698-860	899 - 1010	1287-1475	18083,00 ± 134,47	4568,00 ± 67,59	2753,00 ± 52,47	37,62 ± 0,28	9,50 ± 0,14	5,73 ± 0,11
059-4	61,28	478,88	700-841	899 - 1007	1301-1486	16982,00 ± 130,32	4448,00 ± 66,69	2690,00 ± 51,87	35,46 ± 0,27	9,29 ± 0,14	5,62 ± 0,11
059-5	46,36	479,21	698-848	886 - 1000	1286-1473	16709,00 ± 129,26	4706,00 ± 68,60	2738,00 ± 52,33	34,87 ± 0,27	9,82 ± 0,14	5,71 ± 0,11
059-6	51,38	478,65	696-849	897 - 1013	1280-1477	16603,00 ± 128,85	4415,00 ± 66,45	2697,00 ± 51,93	34,69 ± 0,27	9,22 ± 0,14	5,63 ± 0,11
059-7	46,10	480,14	694-870	905 - 1036	1280-1462	18419,00 ± 135,72	4682,00 ± 68,43	2795,00 ± 52,87	38,36 ± 0,28	9,75 ± 0,14	5,82 ± 0,11
059-8	36,38	476,97	679-842	885 - 1008	1285-1472	17249,00 ± 131,34	4555,00 ± 67,49	2736,00 ± 52,31	36,16 ± 0,28	9,55 ± 0,14	5,74 ± 0,11
059-9	15,64	1001,43	693-844	893 - 999	1310-1474	20405,00 ± 142,85	5813,00 ± 76,24	2879,00 ± 53,66	20,38 ± 0,14	5,80 ± 0,08	2,87 ± 0,05
059-10	45,44	493,81	702-843	892 - 1003	1314-1459	18838,00 ± 137,25	5391,00 ± 73,42	2863,00 ± 53,51	38,15 ± 0,28	10,92 ± 0,15	5,80 ± 0,11
059-11	16,23	499,67	712-829	888 - 969	1341-1430	17248,00 ± 131,33	4303,00 ± 65,60	2305,00 ± 48,01	34,52 ± 0,26	8,61 ± 0,13	4,61 ± 0,10
059-12	39,14	499,71	707-830	899 - 991	1334-1448	19180,00 ± 138,49	4912,00 ± 70,09	2884,00 ± 53,70	38,38 ± 0,28	9,83 ± 0,14	5,77 ± 0,11
060	52,19	499,70	697-835	881 - 965	1296-1464	21549,00 ± 146,80	5019,00 ± 70,84	3690,00 ± 60,75	43,12 ± 0,29	10,04 ± 0,14	7,38 ± 0,12

Canais			Gross Area (GA)			Taxa de Contagens (cpm)		
Amostra	Massa (g)	Tempo (s)	K	U	Th	K	U	Th
061	54,69	469,97	708-840	884 - 995	1308-1464	17897,00 ± 133,78	5423,00 ± 73,64	3131,00 ± 55,96
062	16,46	480,11	717-844	898 - 1000	1349-1447	16604,00 ± 128,86	4612,00 ± 67,91	2300,00 ± 47,96
063	63,72	499,67	699-852	881 - 995	1313-1469	19931,00 ± 141,18	5582,00 ± 74,71	3096,00 ± 55,64
064	44,88	499,22	700-828	988 - 980	1310-1442	19142,00 ± 138,35	4410,00 ± 66,41	2778,00 ± 52,71
065	42,08	348,53	704-824	885 - 987	1301-1451	8561,00 ± 92,53	2558,00 ± 50,58	1539,00 ± 39,23
066	58,04	315,33	688-841	884 - 995	1307-1461	6766,00 ± 82,26	1816,00 ± 42,61	1014,00 ± 31,84
067	37,47	499,70	707-827	885 - 1002	1316-1454	19030,00 ± 137,95	6421,00 ± 80,13	3302,00 ± 57,46
068	56,33	499,71	700-832	893 - 995	1300-1453	19881,00 ± 141,00	5594,00 ± 74,79	1076,00 ± 32,80
069	47,00	499,66	718-829	872 - 995	1292-1466	19103,00 ± 138,21	6551,00 ± 80,94	3621,00 ± 60,17
070	45,84	499,70	713-823	888 - 992	1284-1476	18257,00 ± 135,12	5600,00 ± 74,83	3780,00 ± 61,48
071	50,70	499,68	713-823	880 - 1009	1325-1455	18621,00 ± 136,46	6706,00 ± 81,89	3028,00 ± 55,03
DI	43,80	1062,27	689-871	894 - 1001	1299-1491	21299,00 ± 145,94	6093,00 ± 78,06	3268,00 ± 57,17
Topo 3								
DI	61,16	1008,15	702-877	892 - 997	1294-1498	17814,00 ± 133,47	6556,00 ± 80,97	3035,00 ± 55,09
Topo 2								
H0	22,49	1073,61	698-872	893 - 999	1301-1495	23356,00 ± 152,83	6559,00 ± 80,99	3879,00 ± 62,28
H1	43,05	499,67	704-858	885 - 987	1304-1463	5098,00 ± 71,40	5741,00 ± 75,77	3432,00 ± 58,58
H2	31,03	449,63	723-837	890 - 982	1327-1443	15517,00 ± 124,57	4501,00 ± 67,09	2686,00 ± 51,83
H3	25,01	499,66	711-820	879 - 984	1327-1422	18090,00 ± 134,50	5845,00 ± 76,45	2660,00 ± 51,58
H4	28,91	499,68	713-824	892 - 985	1328-1432	18321,00 ± 135,36	5164,00 ± 71,86	2851,00 ± 53,39
H5	35,13	280,46	678-892	891 - 1000	1315-1471	5476,00 ± 74,00	1135,00 ± 33,69	643,00 ± 25,36
H6	31,97	499,69	711-824	900 - 999	1312-1434	18476,00 ± 135,93	5441,00 ± 73,76	3053,00 ± 55,25
H7	28,57	499,70	708-814	885 - 978	1322-1431	17933,00 ± 133,91	5237,00 ± 72,37	2831,00 ± 53,21

		Canais				Gross Area (GA)				Taxa de Contagens (cpm)			
Amostra	Massa (g)	Tempo (s)	K	U	Th	K	U	Th	rK (cpm)	rU (cpm)	rTh (cpm)		
H8	64,51	479,97	714-841	892 - 997	1275-1494	19382,00 ± 139,22	5998,00 ± 77,45	4010,00 ± 63,32	39,03 ± 0,28	12,08 ± 0,16	8,07 ± 0,13		
H9	31,42	499,67	714-823	901 - 991	1316-1426	18267,00 ± 135,16	5741,00 ± 75,77	2958,00 ± 54,39	36,56 ± 0,27	11,49 ± 0,15	5,92 ± 0,11		
H10	25,62	499,55	723-832	895 - 994	1338-1445	17849,00 ± 133,60	5484,00 ± 74,05	2798,00 ± 52,90	35,73 ± 0,27	10,98 ± 0,15	5,60 ± 0,11		
H11	13,48	499,67	712-829	895 - 997	1329-1441	17577,00 ± 132,58	4970,00 ± 70,50	2555,00 ± 50,55	35,18 ± 0,27	9,95 ± 0,14	5,11 ± 0,10		
H12	25,42	499,66	714-832	900 - 996	1322-1452	17973,00 ± 134,06	5218,00 ± 72,24	2907,00 ± 53,92	35,97 ± 0,27	10,44 ± 0,14	5,82 ± 0,11		
H13	32,06	499,65	715-849	883 - 995	1316-1438	6735,00 ± 82,07	5688,00 ± 75,42	3127,00 ± 55,92	20,29 ± 0,25	17,14 ± 0,23	9,42 ± 0,17		
H14	36,09	499,05	712-827	896 - 998	1311-1458	18591,00 ± 136,35	5567,00 ± 74,61	3391,00 ± 58,23	37,25 ± 0,27	11,16 ± 0,15	6,79 ± 0,12		

ANEXO I - Interferência Compton nas 3 janelas espectrais provenientes da calibração por padrões adquiridos da "New Brunswick Laboratory" do "U.S. Department of Energy Argonne" (Illinois, Estados Unidos) e de ^{40}K elaborados no LABIDRO.

Amostra	$\frac{\text{Interf.}}{U - Th}$	$\frac{\text{Interf.}}{U - K}$	$\frac{\text{Interf.}}{Th - U}$	$\frac{\text{Interf.}}{Th - K}$	$\frac{\text{Interf.}}{K - U}$	$\frac{\text{Interf.}}{K - Th}$
001 (top)	0,0121 $\pm$ 4,41E-04	0,2009 $\pm$ 6,84E-03	0,1193 $\pm$ 1,48E-02	0,0774 $\pm$ 8,92E-03	0,0152 $\pm$ 1,08E-03	- $\pm$ -
001 (bottom)	0,0122 $\pm$ 8,19E-04	0,2266 $\pm$ 1,02E-02	0,1243 $\pm$ 2,01E-02	0,0820 $\pm$ 1,24E-02	0,0156 $\pm$ 1,07E-03	- $\pm$ -
001 A	0,0120 $\pm$ 1,61E-04	0,1632 $\pm$ 4,02E-03	0,0395 $\pm$ 1,51E-02	0,0167 $\pm$ 5,64E-03	0,0144 $\pm$ 1,18E-03	- $\pm$ -
002	0,0120 $\pm$ 1,54E-04	0,1594 $\pm$ 3,13E-03	0,0841 $\pm$ 9,34E-03	0,0473 $\pm$ 4,77E-03	0,0138 $\pm$ 1,24E-03	- $\pm$ -
003	0,0120 $\pm$ 1,44E-04	0,1554 $\pm$ 2,49E-03	0,0745 $\pm$ 7,97E-03	0,0399 $\pm$ 3,86E-03	0,0139 $\pm$ 9,42E-04	- $\pm$ -
004	0,0120 $\pm$ 1,38E-04	0,1576 $\pm$ 2,60E-03	0,0784 $\pm$ 8,05E-03	0,0429 $\pm$ 3,99E-03	0,0142 $\pm$ 8,38E-04	- $\pm$ -
005	0,0120 $\pm$ 1,42E-04	0,1533 $\pm$ 2,29E-03	0,0513 $\pm$ 8,42E-03	0,0239 $\pm$ 3,49E-03	0,0135 $\pm$ 1,08E-03	- $\pm$ -
006	0,0121 $\pm$ 1,56E-04	0,1460 $\pm$ 2,05E-03	0,0395 $\pm$ 8,84E-03	0,0167 $\pm$ 3,30E-03	0,0129 $\pm$ 1,35E-03	- $\pm$ -
007 (top)	0,0120 $\pm$ 1,25E-04	0,1595 $\pm$ 2,55E-03	0,0960 $\pm$ 7,28E-03	0,0570 $\pm$ 3,96E-03	0,0143 $\pm$ 8,05E-04	- $\pm$ -
007 (bottom)	0,0120 $\pm$ 2,01E-05	0,1718 $\pm$ 2,61E-03	0,0844 $\pm$ 7,13E-03	0,0476 $\pm$ 3,65E-03	0,0140 $\pm$ 8,68E-04	- $\pm$ -
008 (top)	0,0120 $\pm$ 1,35E-04	0,1638 $\pm$ 3,52E-03	0,1119 $\pm$ 9,24E-03	0,0707 $\pm$ 5,40E-03	0,0143 $\pm$ 1,04E-03	- $\pm$ -
008 (bottom)	0,0120 $\pm$ 1,15E-04	0,1576 $\pm$ 2,17E-03	0,0810 $\pm$ 6,65E-03	0,0449 $\pm$ 3,34E-03	0,0139 $\pm$ 8,26E-04	- $\pm$ -
009	0,0121 $\pm$ 1,19E-04	0,1497 $\pm$ 1,72E-03	0,0612 $\pm$ 6,17E-03	0,0304 $\pm$ 2,75E-03	0,0137 $\pm$ 7,64E-04	- $\pm$ -
010	0,0120 $\pm$ 1,28E-04	0,1512 $\pm$ 1,93E-03	0,0607 $\pm$ 6,83E-03	0,0300 $\pm$ 3,03E-03	0,0133 $\pm$ 9,88E-04	- $\pm$ -
011	0,0121 $\pm$ 1,28E-04	0,1478 $\pm$ 1,76E-03	0,0539 $\pm$ 6,68E-03	0,0255 $\pm$ 2,82E-03	0,0133 $\pm$ 9,48E-04	- $\pm$ -
012 (top)	0,0121 $\pm$ 2,30E-04	0,1460 $\pm$ 3,02E-03	0,0395 $\pm$ 1,28E-02	0,0167 $\pm$ 4,78E-03	0,0113 $\pm$ 3,87E-03	- $\pm$ -
012 (bottom)	0,0121 $\pm$ 1,39E-04	0,1460 $\pm$ 1,82E-03	0,0395 $\pm$ 7,81E-03	0,0167 $\pm$ 2,92E-03	0,0113 $\pm$ 2,33E-03	- $\pm$ -
013	0,0120 $\pm$ 1,71E-04	0,1541 $\pm$ 2,83E-03	0,0395 $\pm$ 1,10E-02	0,0167 $\pm$ 4,09E-03	0,0142 $\pm$ 9,58E-04	- $\pm$ -
013-A	0,0120 $\pm$ 1,26E-04	0,1532 $\pm$ 2,02E-03	0,0812 $\pm$ 6,50E-03	0,0450 $\pm$ 3,27E-03	0,0137 $\pm$ 8,74E-04	- $\pm$ -
014	0,0121 $\pm$ 1,15E-04	0,1498 $\pm$ 1,66E-03	0,0579 $\pm$ 6,08E-03	0,0282 $\pm$ 2,65E-03	0,0133 $\pm$ 8,78E-04	- $\pm$ -

Amostra	Interf.		Interf.		Interf.		Interf.		Interf.	
	$U - Th$	$U - K$	$Th - U$	$Th - K$	$K - U$	$K - Th$	$U - Th$	$U - K$	$Th - U$	$Th - K$
061	0,0120 ± 8,84E-05	0,1599 ± 1,84E-03	0,0807 ± 5,53E-03	0,0447 ± 2,78E-03	0,0136 ± 7,83E-04	- ± -	0,0120 ± 8,84E-05	0,1599 ± 1,84E-03	0,0807 ± 5,53E-03	0,0447 ± 2,78E-03
062	0,0120 ± 2,16E-04	0,1789 ± 6,11E-03	0,0736 ± 1,74E-02	0,0393 ± 8,39E-03	0,0149 ± 1,22E-03	- ± -	0,0120 ± 2,16E-04	0,1789 ± 6,11E-03	0,0736 ± 1,74E-02	0,0393 ± 8,39E-03
063	0,0120 ± 8,66E-05	0,1557 ± 1,52E-03	0,0628 ± 5,09E-03	0,0315 ± 2,29E-03	0,0136 ± 6,71E-04	- ± -	0,0120 ± 8,66E-05	0,1557 ± 1,52E-03	0,0628 ± 5,09E-03	0,0315 ± 2,29E-03
064	0,0120 ± 1,36E-04	0,1501 ± 1,99E-03	0,0623 ± 7,05E-03	0,0312 ± 3,16E-03	0,0139 ± 7,91E-04	- ± -	0,0120 ± 1,36E-04	0,1501 ± 1,99E-03	0,0623 ± 7,05E-03	0,0312 ± 3,16E-03
065	0,0121 ± 1,67E-04	0,1460 ± 2,19E-03	0,0395 ± 9,33E-03	0,0167 ± 3,49E-03	0,0113 ± 2,74E-03	- ± -	0,0121 ± 1,67E-04	0,1460 ± 2,19E-03	0,0395 ± 9,33E-03	0,0167 ± 3,49E-03
066	0,0121 ± 1,16E-04	0,1460 ± 1,53E-03	0,0395 ± 6,39E-03	0,0167 ± 2,39E-03	0,0113 ± 1,97E-03	- ± -	0,0121 ± 1,16E-04	0,1460 ± 1,53E-03	0,0395 ± 6,39E-03	0,0167 ± 2,39E-03
067	0,0120 ± 9,74E-05	0,1783 ± 2,87E-03	0,1038 ± 7,06E-03	0,0636 ± 3,98E-03	0,0142 ± 8,30E-04	- ± -	0,0120 ± 9,74E-05	0,1783 ± 2,87E-03	0,1038 ± 7,06E-03	0,0636 ± 3,98E-03
068	0,0120 ± 9,09E-05	0,1578 ± 1,73E-03	0,0395 ± 5,55E-03	0,0167 ± 2,07E-03	0,0137 ± 6,94E-04	- ± -	0,0120 ± 9,09E-05	0,1578 ± 1,73E-03	0,0395 ± 5,55E-03	0,0167 ± 2,07E-03
069	0,0120 ± 3,32E-06	0,1715 ± 2,26E-03	0,1040 ± 5,78E-03	0,0637 ± 3,26E-03	0,0138 ± 7,90E-04	- ± -	0,0120 ± 3,32E-06	0,1715 ± 2,26E-03	0,1040 ± 5,78E-03	0,0637 ± 3,26E-03
070	0,0120 ± 9,27E-05	0,1620 ± 2,15E-03	0,1133 ± 5,76E-03	0,0719 ± 3,39E-03	0,0136 ± 8,90E-04	- ± -	0,0120 ± 9,27E-05	0,1620 ± 2,15E-03	0,1133 ± 5,76E-03	0,0719 ± 3,39E-03
071	0,0120 ± 2,64E-05	0,1706 ± 2,10E-03	0,0704 ± 6,06E-03	0,0369 ± 2,87E-03	0,0136 ± 8,26E-04	- ± -	0,0120 ± 2,64E-05	0,1706 ± 2,10E-03	0,0704 ± 6,06E-03	0,0369 ± 2,87E-03
DI - Topo 3	0,0121 ± 1,24E-04	0,1460 ± 1,62E-03	0,0395 ± 6,78E-03	0,0167 ± 2,53E-03	0,0113 ± 2,08E-03	- ± -	0,0121 ± 1,24E-04	0,1460 ± 1,62E-03	0,0395 ± 6,78E-03	0,0167 ± 2,53E-03
DI - Topo 2	0,0121 ± 9,06E-05	0,1460 ± 1,19E-03	0,0395 ± 4,87E-03	0,0167 ± 1,82E-03	0,0113 ± 1,48E-03	- ± -	0,0121 ± 9,06E-05	0,1460 ± 1,19E-03	0,0395 ± 4,87E-03	0,0167 ± 1,82E-03
H0	0,0121 ± 2,43E-04	0,1460 ± 3,18E-03	0,0395 ± 1,34E-02	0,0167 ± 5,02E-03	0,0113 ± 4,09E-03	- ± -	0,0121 ± 2,43E-04	0,1460 ± 3,18E-03	0,0395 ± 1,34E-02	0,0167 ± 5,02E-03
H1	0,0123 ± 3,99E-04	0,2433 ± 4,59E-03	0,2413 ± 6,36E-03	0,2117 ± 5,82E-03	0,0113 ± 2,76E-03	- ± -	0,0123 ± 3,99E-04	0,2433 ± 4,59E-03	0,2413 ± 6,36E-03	0,2117 ± 5,82E-03
H2	0,0120 ± 1,27E-04	0,1633 ± 3,18E-03	0,0964 ± 8,84E-03	0,0573 ± 4,81E-03	0,0139 ± 1,18E-03	- ± -	0,0120 ± 1,27E-04	0,1633 ± 3,18E-03	0,0964 ± 8,84E-03	0,0573 ± 4,81E-03
H3	0,0120 ± 2,11E-04	0,1869 ± 4,29E-03	0,0827 ± 1,11E-02	0,0462 ± 5,62E-03	0,0145 ± 1,01E-03	- ± -	0,0120 ± 2,11E-04	0,1869 ± 4,29E-03	0,0827 ± 1,11E-02	0,0462 ± 5,62E-03
H4	0,0120 ± 8,89E-05	0,1678 ± 3,40E-03	0,0907 ± 9,36E-03	0,0526 ± 4,95E-03	0,0144 ± 9,56E-04	- ± -	0,0120 ± 8,89E-05	0,1678 ± 3,40E-03	0,0907 ± 9,36E-03	0,0526 ± 4,95E-03
H5	0,0121 ± 1,87E-04	0,1460 ± 2,45E-03	0,0395 ± 1,03E-02	0,0167 ± 3,85E-03	0,0113 ± 3,37E-03	- ± -	0,0121 ± 1,87E-04	0,1460 ± 2,45E-03	0,0395 ± 1,03E-02	0,0167 ± 3,85E-03
H6	0,0120 ± 6,17E-05	0,1694 ± 3,13E-03	0,0992 ± 8,27E-03	0,0596 ± 4,56E-03	0,0143 ± 9,21E-04	- ± -	0,0120 ± 6,17E-05	0,1694 ± 3,13E-03	0,0992 ± 8,27E-03	0,0596 ± 4,56E-03
H7	0,0120 ± 6,75E-05	0,1694 ± 3,47E-03	0,0898 ± 9,49E-03	0,0519 ± 5,00E-03	0,0143 ± 1,03E-03	- ± -	0,0120 ± 6,75E-05	0,1694 ± 3,47E-03	0,0898 ± 9,49E-03	0,0519 ± 5,00E-03
H8	0,0120 ± 7,81E-05	0,1588 ± 1,55E-03	0,0981 ± 4,48E-03	0,0588 ± 2,46E-03	0,0134 ± 7,01E-04	- ± -	0,0120 ± 7,81E-05	0,1588 ± 1,55E-03	0,0981 ± 4,48E-03	0,0588 ± 2,46E-03
H9	0,0120 ± 7,91E-05	0,1748 ± 3,28E-03	0,0936 ± 8,58E-03	0,0550 ± 4,60E-03	0,0142 ± 9,55E-04	- ± -	0,0120 ± 7,91E-05	0,1748 ± 3,28E-03	0,0936 ± 8,58E-03	0,0550 ± 4,60E-03
H10	0,0120 ± 1,34E-04	0,1781 ± 4,01E-03	0,0942 ± 1,03E-02	0,0554 ± 5,56E-03	0,0144 ± 1,05E-03	- ± -	0,0120 ± 1,34E-04	0,1781 ± 4,01E-03	0,0942 ± 1,03E-02	0,0554 ± 5,56E-03

Amostra	$\frac{\text{Interf.}}{U - Th}$	$\frac{\text{Interf.}}{U - K}$	$\frac{\text{Interf.}}{Th - U}$	$\frac{\text{Interf.}}{Th - K}$	$\frac{\text{Interf.}}{K - U}$	$\frac{\text{Interf.}}{K - Th}$
H11	0,0120 $\pm$ 4,65E-04	0,1957 $\pm$ 7,78E-03	0,1117 $\pm$ 1,77E-02	0,0705 $\pm$ 1,03E-02	0,0154 $\pm$ 1,05E-03	- $\pm$ -
H12	0,0120 $\pm$ 6,21E-05	0,1729 $\pm$ 3,93E-03	0,1043 $\pm$ 1,00E-02	0,0640 $\pm$ 5,67E-03	0,0145 $\pm$ 1,03E-03	- $\pm$ -
H13	0,0122 $\pm$ 3,84E-04	0,2264 $\pm$ 4,78E-03	0,1977 $\pm$ 7,55E-03	0,1588 $\pm$ 6,04E-03	0,0113 $\pm$ 3,47E-03	- $\pm$ -
H14	0,0120 $\pm$ 7,34E-05	0,1677 $\pm$ 2,78E-03	0,1122 $\pm$ 7,13E-03	0,0710 $\pm$ 4,17E-03	0,0141 $\pm$ 8,87E-04	- $\pm$ -

ANEXO J - Taxas de contagem com subtração do *BG (Net)*, Intensidade de contagens antes e após a Remoção Compton (*RC*).

Amostra	NetK (cpm)	NetU (cpm)	NetTh (cpm)	IK (cpm/g)	IU (cpm/g)	ITh (cpm/g)	IK (cpm/g)	IU (cpm/g)	RC	ITh (cpm/g)	RC	ITh (cpm/g)	RC
001 (top)	8,41 ± 0,37	3,75 ± 0,20	1,28 ± 0,14	0,5302 ± 0,0235	0,2364 ± 0,0125	0,0809 ± 0,0091	0,2519 ± 0,0260	0,1019 ± 0,0194	0,0688 ± 0,0091				
001 (bottom)	7,59 ± 0,37	3,58 ± 0,20	0,97 ± 0,14	0,6731 ± 0,0328	0,3172 ± 0,0175	0,0857 ± 0,0126	0,3645 ± 0,0365	0,1774 ± 0,0266	0,0735 ± 0,0127				
001 A	7,91 ± 0,38	2,31 ± 0,19	0,11 ± 0,14	0,3315 ± 0,0158	0,0968 ± 0,0082	0,0169 ± 0,0058	0,1516 ± 0,0173	0,0430 ± 0,0172	0,0048 ± 0,0058				
002	7,01 ± 0,37	2,45 ± 0,19	1,48 ± 0,15	0,2325 ± 0,0124	0,0814 ± 0,0064	0,0492 ± 0,0049	0,0257 ± 0,0136	0,0223 ± 0,0000	0,0372 ± 0,0049				
003	9,60 ± 0,38	2,40 ± 0,19	1,55 ± 0,15	0,2560 ± 0,0102	0,0641 ± 0,0052	0,0414 ± 0,0040	0,0607 ± 0,0111	0,0223 ± 0,0000	0,0294 ± 0,0040				
004	11,10 ± 0,38	2,63 ± 0,19	1,60 ± 0,15	0,3092 ± 0,0106	0,0734 ± 0,0054	0,0446 ± 0,0041	0,1087 ± 0,0116	0,0223 ± 0,0000	0,0326 ± 0,0041				
005	7,70 ± 0,37	2,21 ± 0,19	0,98 ± 0,14	0,1919 ± 0,0093	0,0550 ± 0,0048	0,0245 ± 0,0036	0,0147 ± 0,0102	0,0223 ± 0,0000	0,0124 ± 0,0036				
006	5,45 ± 0,37	0,54 ± 0,18	0,68 ± 0,14	0,1304 ± 0,0088	0,0223 ± 0,0044	0,0169 ± 0,0034	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0034				
007 (top)	11,62 ± 0,38	3,05 ± 0,19	2,21 ± 0,15	0,3118 ± 0,0102	0,0817 ± 0,0052	0,0594 ± 0,0041	0,0953 ± 0,0113	0,0223 ± 0,0000	0,0474 ± 0,0041				
007 (bottom)	10,38 ± 0,38	5,25 ± 0,21	1,98 ± 0,15	0,2602 ± 0,0095	0,1315 ± 0,0052	0,0495 ± 0,0038	0,0408 ± 0,0105	0,0331 ± 0,0088	0,0375 ± 0,0038				
008 (top)	8,91 ± 0,37	2,69 ± 0,19	2,00 ± 0,15	0,3289 ± 0,0138	0,0995 ± 0,0071	0,0738 ± 0,0055	0,0944 ± 0,0152	0,0223 ± 0,0000	0,0618 ± 0,0055				
008 (bottom)	10,85 ± 0,38	3,22 ± 0,20	2,04 ± 0,15	0,2480 ± 0,0087	0,0737 ± 0,0045	0,0467 ± 0,0034	0,0455 ± 0,0095	0,0223 ± 0,0000	0,0347 ± 0,0034				
009	11,63 ± 0,39	2,07 ± 0,19	1,66 ± 0,15	0,2201 ± 0,0073	0,0392 ± 0,0036	0,0314 ± 0,0028	0,0400 ± 0,0080	0,0223 ± 0,0000	0,0193 ± 0,0028				
010	8,17 ± 0,37	2,14 ± 0,19	1,45 ± 0,15	0,1744 ± 0,0079	0,0458 ± 0,0041	0,0310 ± 0,0031	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0189 ± 0,0031				
011	8,50 ± 0,37	1,53 ± 0,19	1,31 ± 0,15	0,1698 ± 0,0075	0,0306 ± 0,0037	0,0262 ± 0,0029	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0141 ± 0,0029				
012 (top)	-8,68 ± 0,30	-1,79 ± 0,16	-0,99 ± 0,12	0,0432 ± 0,0125	0,0223 ± 0,0065	0,0169 ± 0,0049	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0049				

Amostra	NetK (cpm)	NetU (cpm)	NetTh (cpm)	IK (cpm/g)	IU (cpm/g)	ITh (cpm/g)	IK (cpm/g) RC	IU (cpm/g) RC	ITh (cpm/g) RC
012 (bottom)	-8,03 ± 0,37	-1,79 ± 0,19	-0,93 ± 0,15	0,0432 ± 0,0075	0,0223 ± 0,0039	0,0169 ± 0,0030	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0030
013	9,70 ± 0,38	1,89 ± 0,19	-0,08 ± 0,14	0,2994 ± 0,0118	0,0584 ± 0,0059	0,0169 ± 0,0042	0,1286 ± 0,0128	0,0048 ± 0,0125	0,0048 ± 0,0042
013-A	11,52 ± 0,44	2,88 ± 0,22	2,47 ± 0,18	0,2187 ± 0,0083	0,0548 ± 0,0042	0,0468 ± 0,0034	0,0204 ± 0,0092	0,0223 ± 0,0000	0,0348 ± 0,0034
014	9,33 ± 0,38	2,17 ± 0,19	1,59 ± 0,15	0,1707 ± 0,0069	0,0397 ± 0,0035	0,0290 ± 0,0027	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0169 ± 0,0027
015	7,90 ± 0,38	2,54 ± 0,19	1,66 ± 0,15	0,1686 ± 0,0080	0,0542 ± 0,0042	0,0355 ± 0,0032	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0235 ± 0,0032
016	10,25 ± 0,38	4,00 ± 0,20	2,31 ± 0,15	0,3259 ± 0,0120	0,1272 ± 0,0063	0,0734 ± 0,0048	0,0849 ± 0,0133	0,0015 ± 0,0103	0,0614 ± 0,0048
016-A	8,75 ± 0,37	2,22 ± 0,19	1,29 ± 0,14	0,4980 ± 0,0213	0,1262 ± 0,0108	0,0737 ± 0,0083	0,2569 ± 0,0234	0,0223 ± 0,0000	0,0617 ± 0,0083
017-A	7,67 ± 0,37	3,27 ± 0,20	2,16 ± 0,15	0,2238 ± 0,0108	0,0953 ± 0,0057	0,0630 ± 0,0044	0,0006 ± 0,0120	0,0223 ± 0,0000	0,0510 ± 0,0044
017	8,99 ± 0,38	-0,18 ± 0,18	-0,79 ± 0,13	0,4655 ± 0,0195	0,0223 ± 0,0092	0,0169 ± 0,0067	0,3028 ± 0,0210	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0068
018	11,52 ± 0,38	3,23 ± 0,20	2,45 ± 0,15	0,2084 ± 0,0069	0,0584 ± 0,0035	0,0443 ± 0,0028	0,0117 ± 0,0076	0,0223 ± 0,0000	0,0322 ± 0,0028
019	-8,32 ± 0,32	-1,76 ± 0,17	0,87 ± 0,14	0,0432 ± 0,0070	0,0223 ± 0,0036	0,0191 ± 0,0031	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0070 ± 0,0031
020	14,33 ± 0,39	4,64 ± 0,20	1,66 ± 0,15	0,2481 ± 0,0067	0,0803 ± 0,0035	0,0287 ± 0,0026	0,0610 ± 0,0074	0,0091 ± 0,0067	0,0166 ± 0,0026
021	9,68 ± 0,38	4,28 ± 0,20	1,57 ± 0,15	0,2943 ± 0,0114	0,1300 ± 0,0061	0,0477 ± 0,0045	0,0769 ± 0,0126	0,0336 ± 0,0106	0,0357 ± 0,0045
022	9,76 ± 0,38	3,44 ± 0,20	2,79 ± 0,15	0,1945 ± 0,0075	0,0685 ± 0,0039	0,0557 ± 0,0031	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0436 ± 0,0031
023	9,42 ± 0,38	2,65 ± 0,19	2,00 ± 0,15	0,3135 ± 0,0126	0,0882 ± 0,0065	0,0667 ± 0,0050	0,0885 ± 0,0139	0,0223 ± 0,0000	0,0547 ± 0,0050
023-A	7,65 ± 0,43	4,91 ± 0,24	1,80 ± 0,17	0,3750 ± 0,0209	0,2407 ± 0,0117	0,0884 ± 0,0084	0,0883 ± 0,0234	0,0991 ± 0,0177	0,0763 ± 0,0085
024	10,86 ± 0,38	4,06 ± 0,20	2,39 ± 0,15	0,2005 ± 0,0070	0,0750 ± 0,0037	0,0441 ± 0,0028	0,0001 ± 0,0077	0,0223 ± 0,0000	0,0321 ± 0,0028
025	-4,33 ± 0,34	-0,32 ± 0,18	0,37 ± 0,14	0,0432 ± 0,0119	0,0223 ± 0,0063	0,0169 ± 0,0049	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0049
026	12,94 ± 0,38	5,68 ± 0,21	2,81 ± 0,16	0,2404 ± 0,0071	0,1055 ± 0,0039	0,0521 ± 0,0029	0,0250 ± 0,0079	0,0041 ± 0,0067	0,0401 ± 0,0029
027 tij	10,87 ± 0,38	4,93 ± 0,20	2,45 ± 0,15	0,2516 ± 0,0088	0,1140 ± 0,0047	0,0568 ± 0,0035	0,0297 ± 0,0097	0,0071 ± 0,0080	0,0448 ± 0,0035
028	11,89 ± 0,38	3,16 ± 0,20	2,15 ± 0,15	0,3076 ± 0,0099	0,0819 ± 0,0051	0,0555 ± 0,0039	0,0948 ± 0,0109	0,0223 ± 0,0000	0,0435 ± 0,0039
029	9,86 ± 0,38	6,81 ± 0,21	2,93 ± 0,16	0,1779 ± 0,0068	0,1229 ± 0,0038	0,0530 ± 0,0028	0,0432 ± 0,0000	0,0210 ± 0,0066	0,0409 ± 0,0028
030	12,72 ± 0,38	6,73 ± 0,21	2,91 ± 0,16	0,2604 ± 0,0079	0,1378 ± 0,0044	0,0596 ± 0,0032	0,0297 ± 0,0087	0,0276 ± 0,0072	0,0476 ± 0,0032
031	-4,48 ± 0,30	-6,13 ± 0,14	-0,64 ± 0,11	0,0432 ± 0,0101	0,0223 ± 0,0047	0,0169 ± 0,0039	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0039

Amostra	NetK (cpm)	NetU (cpm)	NetTh (cpm)	IK (cpm/g)	IU (cpm/g)	ITh (cpm/g)	IK (cpm/g) RC	IU (cpm/g) RC	ITh (cpm/g) RC
032	7,52 ± 0,38	2,67 ± 0,20	1,50 ± 0,15	0,2440 ± 0,0122	0,0867 ± 0,0064	0,0488 ± 0,0048	0,0363 ± 0,0134	0,0223 ± 0,0000	0,0368 ± 0,0048
033	13,35 ± 0,39	5,73 ± 0,21	2,46 ± 0,15	0,2593 ± 0,0075	0,1113 ± 0,0040	0,0479 ± 0,0030	0,0465 ± 0,0083	0,0150 ± 0,0070	0,0359 ± 0,0030
034	-3,92 ± 0,30	-3,27 ± 0,15	-1,38 ± 0,11	0,0432 ± 0,0098	0,0223 ± 0,0048	0,0169 ± 0,0037	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0037
034 A	10,76 ± 0,38	5,27 ± 0,21	2,16 ± 0,15	0,1927 ± 0,0068	0,0944 ± 0,0037	0,0386 ± 0,0027	0,0432 ± 0,0000	0,0101 ± 0,0067	0,0266 ± 0,0027
035 (top)	9,27 ± 0,38	2,83 ± 0,19	1,39 ± 0,15	0,2257 ± 0,0091	0,0689 ± 0,0047	0,0337 ± 0,0035	0,0365 ± 0,0100	0,0223 ± 0,0000	0,0217 ± 0,0035
035 (bottom)	9,94 ± 0,38	2,51 ± 0,19	2,21 ± 0,15	0,2610 ± 0,0099	0,0660 ± 0,0050	0,0580 ± 0,0040	0,0496 ± 0,0109	0,0223 ± 0,0000	0,0459 ± 0,0040
036	8,85 ± 0,38	1,71 ± 0,19	0,78 ± 0,14	0,3124 ± 0,0134	0,0605 ± 0,0067	0,0275 ± 0,0051	0,1311 ± 0,0146	0,0223 ± 0,0000	0,0155 ± 0,0051
037	11,86 ± 0,38	4,37 ± 0,20	1,61 ± 0,15	0,2148 ± 0,0069	0,0791 ± 0,0037	0,0292 ± 0,0027	0,0275 ± 0,0076	0,0073 ± 0,0070	0,0172 ± 0,0027
038	9,34 ± 0,37	4,99 ± 0,20	2,22 ± 0,15	0,1772 ± 0,0071	0,0947 ± 0,0039	0,0421 ± 0,0029	0,0432 ± 0,0000	0,0061 ± 0,0070	0,0301 ± 0,0029
039 (top)	7,38 ± 0,37	1,02 ± 0,19	0,07 ± 0,14	0,8080 ± 0,0410	0,1123 ± 0,0204	0,0169 ± 0,0151	0,6243 ± 0,0447	0,0569 ± 0,0442	0,0049 ± 0,0151
039 (middle)	9,26 ± 0,37	2,72 ± 0,19	1,97 ± 0,15	0,2821 ± 0,0114	0,0829 ± 0,0059	0,0601 ± 0,0046	0,0646 ± 0,0126	0,0223 ± 0,0000	0,0481 ± 0,0046
039 (bottom)	7,71 ± 0,37	1,19 ± 0,19	0,28 ± 0,14	0,7717 ± 0,0375	0,1193 ± 0,0187	0,0285 ± 0,0139	0,5752 ± 0,0410	0,0464 ± 0,0365	0,0165 ± 0,0139
040	7,47 ± 0,37	2,62 ± 0,19	1,54 ± 0,15	0,1463 ± 0,0073	0,0513 ± 0,0038	0,0302 ± 0,0029	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0182 ± 0,0029
041	-6,68 ± 0,37	-1,46 ± 0,19	-0,91 ± 0,15	0,0432 ± 0,0316	0,0223 ± 0,0163	0,0169 ± 0,0124	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0124
041 A (meio)	8,20 ± 0,37	1,41 ± 0,19	0,74 ± 0,14	0,6924 ± 0,0314	0,1191 ± 0,0157	0,0625 ± 0,0119	0,4638 ± 0,0344	0,0039 ± 0,0263	0,0505 ± 0,0119
041 A (contorno)	8,99 ± 0,37	2,43 ± 0,19	1,51 ± 0,15	0,3016 ± 0,0125	0,0815 ± 0,0064	0,0505 ± 0,0049	0,0936 ± 0,0138	0,0223 ± 0,0000	0,0385 ± 0,0049
042	10,95 ± 0,45	3,15 ± 0,23	2,45 ± 0,18	0,2146 ± 0,0088	0,0617 ± 0,0045	0,0480 ± 0,0036	0,0136 ± 0,0097	0,0223 ± 0,0000	0,0359 ± 0,0036

Amostra	NetK (cpm)	NetU (cpm)	NetTh (cpm)	IK (cpm/g)	IU (cpm/g)	ITh (cpm/g)	IK (cpm/g) RC	IU (cpm/g) RC	ITh (cpm/g) RC
DS	14,79 ± 0,39	5,90 ± 0,21	2,26 ± 0,15	0,2338 ± 0,0062	0,0933 ± 0,0033	0,0357 ± 0,0024	0,0370 ± 0,0068	0,0125 ± 0,0061	0,0237 ± 0,0024
Base 1									
DS	10,71 ± 0,40	2,64 ± 0,20	1,58 ± 0,16	0,1881 ± 0,0070	0,0464 ± 0,0036	0,0278 ± 0,0027	0,0097 ± 0,0077	0,0223 ± 0,0000	0,0157 ± 0,0027
Base 2									
059-1	10,62 ± 0,38	2,72 ± 0,20	0,52 ± 0,14	0,4315 ± 0,0155	0,1104 ± 0,0079	0,0213 ± 0,0057	0,2441 ± 0,0170	0,0491 ± 0,0161	0,0093 ± 0,0057
059-2	8,94 ± 0,38	3,07 ± 0,20	1,50 ± 0,15	0,1823 ± 0,0077	0,0625 ± 0,0040	0,0305 ± 0,0030	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0185 ± 0,0030
059-3	10,68 ± 0,38	2,51 ± 0,19	1,61 ± 0,15	0,2524 ± 0,0090	0,0592 ± 0,0046	0,0379 ± 0,0035	0,0615 ± 0,0099	0,0223 ± 0,0000	0,0259 ± 0,0035
059-4	8,53 ± 0,38	2,29 ± 0,19	1,50 ± 0,15	0,1392 ± 0,0062	0,0374 ± 0,0031	0,0244 ± 0,0024	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0124 ± 0,0024
059-5	7,94 ± 0,38	2,83 ± 0,20	1,59 ± 0,15	0,1712 ± 0,0081	0,0610 ± 0,0042	0,0344 ± 0,0032	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0032
059-6	7,76 ± 0,37	2,23 ± 0,19	1,51 ± 0,15	0,1509 ± 0,0073	0,0434 ± 0,0037	0,0295 ± 0,0029	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0174 ± 0,0029
059-7	11,43 ± 0,38	2,76 ± 0,20	1,70 ± 0,15	0,2480 ± 0,0083	0,0598 ± 0,0042	0,0369 ± 0,0032	0,0579 ± 0,0091	0,0223 ± 0,0000	0,0249 ± 0,0032
059-8	9,23 ± 0,38	2,56 ± 0,19	1,62 ± 0,15	0,2538 ± 0,0104	0,0702 ± 0,0053	0,0444 ± 0,0041	0,0542 ± 0,0115	0,0223 ± 0,0000	0,0324 ± 0,0041
059-9	-6,56 ± 0,30	-1,19 ± 0,15	-1,25 ± 0,11	0,0432 ± 0,0190	0,0223 ± 0,0098	0,0169 ± 0,0073	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0073
059-10	11,22 ± 0,38	3,92 ± 0,20	1,68 ± 0,15	0,2469 ± 0,0084	0,0863 ± 0,0044	0,0369 ± 0,0033	0,0506 ± 0,0092	0,0038 ± 0,0081	0,0249 ± 0,0033
059-11	7,59 ± 0,37	1,62 ± 0,19	0,49 ± 0,14	0,4674 ± 0,0228	0,0996 ± 0,0115	0,0303 ± 0,0086	0,2741 ± 0,0249	0,0249 ± 0,0222	0,0183 ± 0,0086
059-12	11,45 ± 0,38	2,84 ± 0,19	1,65 ± 0,15	0,2926 ± 0,0097	0,0724 ± 0,0049	0,0422 ± 0,0038	0,0946 ± 0,0107	0,0223 ± 0,0000	0,0302 ± 0,0038
060	16,19 ± 0,39	3,05 ± 0,19	3,26 ± 0,16	0,3103 ± 0,0075	0,0584 ± 0,0037	0,0625 ± 0,0030	0,0962 ± 0,0083	0,0223 ± 0,0000	0,0505 ± 0,0030
061	11,15 ± 0,39	4,54 ± 0,21	2,54 ± 0,16	0,2039 ± 0,0071	0,0831 ± 0,0038	0,0465 ± 0,0029	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0345 ± 0,0029
062	7,65 ± 0,37	2,61 ± 0,19	0,67 ± 0,14	0,4650 ± 0,0227	0,1587 ± 0,0118	0,0407 ± 0,0086	0,2468 ± 0,0250	0,0702 ± 0,0211	0,0287 ± 0,0086
063	12,96 ± 0,38	4,18 ± 0,20	2,08 ± 0,15	0,2034 ± 0,0060	0,0656 ± 0,0031	0,0326 ± 0,0024	0,0161 ± 0,0066	0,0223 ± 0,0000	0,0206 ± 0,0024
064	11,41 ± 0,38	1,84 ± 0,19	1,44 ± 0,15	0,2543 ± 0,0085	0,0410 ± 0,0042	0,0322 ± 0,0033	0,0730 ± 0,0093	0,0223 ± 0,0000	0,0201 ± 0,0033
065	-2,37 ± 0,37	0,34 ± 0,20	0,30 ± 0,15	0,0432 ± 0,0088	0,0223 ± 0,0047	0,0169 ± 0,0036	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0036
066	-5,47 ± 0,37	-1,24 ± 0,19	-0,90 ± 0,14	0,0432 ± 0,0064	0,0223 ± 0,0033	0,0169 ± 0,0025	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0025
067	11,15 ± 0,38	5,86 ± 0,21	2,49 ± 0,15	0,2976 ± 0,0101	0,1563 ± 0,0056	0,0664 ± 0,0041	0,0557 ± 0,0113	0,0383 ± 0,0090	0,0544 ± 0,0041
068	12,85 ± 0,38	4,20 ± 0,20	-1,97 ± 0,12	0,2282 ± 0,0068	0,0746 ± 0,0036	0,0169 ± 0,0021	0,0536 ± 0,0073	0,0213 ± 0,0066	0,0048 ± 0,0021

Amostra	NetK (cpm)	NetU (cpm)	NetTh (cpm)	IK (cpm/g)	IU (cpm/g)	ITh (cpm/g)	IK (cpm/g) RC	IU (cpm/g) RC	ITh (cpm/g) RC
069	11,30 ± 0,38	6,12 ± 0,21	3,13 ± 0,16	0,2404 ± 0,0081	0,1301 ± 0,0045	0,0665 ± 0,0033	0,0052 ± 0,0090	0,0123 ± 0,0073	0,0545 ± 0,0033
070	9,60 ± 0,38	4,21 ± 0,20	3,44 ± 0,16	0,2095 ± 0,0082	0,0919 ± 0,0044	0,0751 ± 0,0035	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0631 ± 0,0035
071	10,33 ± 0,38	6,43 ± 0,21	1,94 ± 0,15	0,2038 ± 0,0074	0,1268 ± 0,0042	0,0383 ± 0,0029	0,0432 ± 0,0000	0,0428 ± 0,0074	0,0263 ± 0,0029
DI	-6,88 ± 0,29	-1,26 ± 0,15	-1,04 ± 0,11	0,0432 ± 0,0067	0,0223 ± 0,0035	0,0169 ± 0,0026	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0026
Topo 3									
DI	-9,26 ± 0,29	-0,49 ± 0,16	-1,11 ± 0,11	0,0432 ± 0,0048	0,0223 ± 0,0025	0,0169 ± 0,0019	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0019
Topo 2									
H0	-5,18 ± 0,30	-0,89 ± 0,15	-0,51 ± 0,12	0,0432 ± 0,0132	0,0223 ± 0,0068	0,0169 ± 0,0052	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0052
H1	-6,78 ± 0,38	15,70 ± 0,33	9,45 ± 0,25	0,0432 ± 0,0089	0,3648 ± 0,0076	0,2195 ± 0,0059	0,0432 ± 0,0000	0,1121 ± 0,0103	0,2072 ± 0,0059
H2	7,58 ± 0,38	3,02 ± 0,20	1,85 ± 0,15	0,2443 ± 0,0123	0,0972 ± 0,0065	0,0597 ± 0,0049	0,0237 ± 0,0136	0,0223 ± 0,0000	0,0477 ± 0,0049
H3	9,27 ± 0,37	4,70 ± 0,20	1,20 ± 0,14	0,3707 ± 0,0150	0,1880 ± 0,0081	0,0481 ± 0,0058	0,1376 ± 0,0166	0,0908 ± 0,0138	0,0361 ± 0,0058
H4	9,73 ± 0,38	3,34 ± 0,20	1,59 ± 0,15	0,3367 ± 0,0130	0,1155 ± 0,0068	0,0548 ± 0,0051	0,1163 ± 0,0143	0,0104 ± 0,0116	0,0428 ± 0,0051
H5	-6,17 ± 0,38	-2,69 ± 0,18	-1,68 ± 0,14	0,0432 ± 0,0109	0,0223 ± 0,0053	0,0169 ± 0,0040	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0048 ± 0,0040
H6	10,04 ± 0,38	3,89 ± 0,20	1,99 ± 0,15	0,3141 ± 0,0118	0,1218 ± 0,0062	0,0622 ± 0,0047	0,0851 ± 0,0130	0,0083 ± 0,0104	0,0502 ± 0,0047
H7	8,96 ± 0,37	3,49 ± 0,20	1,55 ± 0,15	0,3135 ± 0,0131	0,1220 ± 0,0069	0,0541 ± 0,0051	0,0922 ± 0,0144	0,0179 ± 0,0118	0,0421 ± 0,0051
H8	12,10 ± 0,38	5,08 ± 0,21	3,95 ± 0,16	0,1875 ± 0,0059	0,0788 ± 0,0032	0,0613 ± 0,0025	0,0432 ± 0,0000	0,0223 ± 0,0000	0,0493 ± 0,0025
H9	9,63 ± 0,38	4,50 ± 0,20	1,80 ± 0,15	0,3065 ± 0,0120	0,1431 ± 0,0064	0,0573 ± 0,0047	0,0767 ± 0,0132	0,0353 ± 0,0108	0,0453 ± 0,0047
H10	8,80 ± 0,37	3,98 ± 0,20	1,48 ± 0,15	0,3435 ± 0,0146	0,1555 ± 0,0078	0,0578 ± 0,0057	0,1099 ± 0,0161	0,0469 ± 0,0130	0,0458 ± 0,0057
H11	8,25 ± 0,37	2,95 ± 0,19	0,99 ± 0,14	0,6115 ± 0,0276	0,2189 ± 0,0144	0,0736 ± 0,0106	0,3453 ± 0,0305	0,0918 ± 0,0228	0,0616 ± 0,0106
H12	9,04 ± 0,37	3,45 ± 0,20	1,70 ± 0,15	0,3556 ± 0,0147	0,1357 ± 0,0077	0,0668 ± 0,0058	0,1187 ± 0,0163	0,0169 ± 0,0127	0,0548 ± 0,0058
H13	-6,64 ± 0,36	10,15 ± 0,26	5,30 ± 0,20	0,0432 ± 0,0112	0,3164 ± 0,0082	0,1654 ± 0,0061	0,0432 ± 0,0000	0,1075 ± 0,0117	0,1532 ± 0,0061
H14	10,32 ± 0,38	4,16 ± 0,20	2,67 ± 0,15	0,2860 ± 0,0105	0,1153 ± 0,0056	0,0741 ± 0,0043	0,0473 ± 0,0116	0,0223 ± 0,0000	0,0621 ± 0,0043

ANEXO K - Concentrações provenientes de Cecatto (2021) e para os modelos de interpolação de RC e RLM.

Amostra	Concentrações Remoção Compton			Concentrações Regressão Linear Múltipla			Concentrações Cecatto (2021)		
	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)
001 (top)	9,14% ± 1,57%	54,29 ± 0,49	321,27 ± 0,63	5,54% ± 1,03%	92,26 ± 0,22	129,91 ± 0,39	0,49% ± 0,14%	85,97 ± 7,82	195,30 ± 9,25
001 (bottom)	13,19% ± 2,18%	102,03 ± 0,67	343,08 ± 0,86	6,20% ± 1,44%	131,74 ± 0,31	137,03 ± 0,54	0,17% ± 0,13%	111,25 ± 10,94	266,26 ± 14,01
001 A	5,46% ± 1,05%	16,43 ± 0,44	28,01 ± 0,44	6,13% ± 0,71%	43,79 ± 0,14	12,37 ± 0,25	0,11% ± 0,06%	19,12 ± 5,20	47,71 ± 3,83
002	0,77% ± 0,83%	3,02 ± 0,00	163,93 ± 0,35	3,50% ± 0,55%	24,71 ± 0,11	73,83 ± 0,21	0,17% ± 0,00%	18,17 ± 4,07	85,99 ± 3,92
003	2,09% ± 0,68%	3,02 ± 0,00	122,68 ± 0,29	5,22% ± 0,46%	18,40 ± 0,09	59,54 ± 0,17	0,35% ± 0,05%	13,77 ± 3,29	65,03 ± 2,92
004	3,88% ± 0,71%	3,02 ± 0,00	139,53 ± 0,30	6,55% ± 0,48%	21,80 ± 0,09	65,28 ± 0,18	0,81% ± 0,08%	18,46 ± 3,37	70,83 ± 3,06
005	0,36% ± 0,63%	3,02 ± 0,00	29,51 ± 0,27	3,52% ± 0,42%	20,12 ± 0,08	27,71 ± 0,15	0,11% ± 0,00%	9,78 ± 3,04	64,44 ± 3,44
006	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,26	3,14% ± 0,40%	6,18 ± 0,07	14,14 ± 0,15	0,83% ± 0,05%	<LD	55,67 ± 3,34
007 (top)	3,38% ± 0,69%	3,02 ± 0,00	216,34 ± 0,29	6,18% ± 0,46%	20,78 ± 0,09	93,04 ± 0,17	0,93% ± 0,08%	24,74 ± 3,28	87,64 ± 3,26
007 (bottom)	1,34% ± 0,64%	10,07 ± 0,23	165,42 ± 0,27	1,82% ± 0,41%	50,50 ± 0,09	73,16 ± 0,16	0,50% ± 0,06%	57,89 ± 3,23	72,00 ± 2,83
008 (top)	3,34% ± 0,93%	3,02 ± 0,00	287,78 ± 0,39	5,82% ± 0,62%	24,74 ± 0,12	119,83 ± 0,24	0,35% ± 0,07%	25,83 ± 4,47	127,04 ± 4,96
008 (bottom)	1,51% ± 0,58%	3,02 ± 0,00	150,80 ± 0,25	4,43% ± 0,39%	21,54 ± 0,08	69,30 ± 0,15	0,53% ± 0,05%	23,67 ± 2,81	64,96 ± 2,51
009	1,31% ± 0,49%	3,02 ± 0,00	67,79 ± 0,21	5,30% ± 0,34%	9,30 ± 0,06	41,10 ± 0,12	0,53% ± 0,05%	5,83 ± 2,31	41,70 ± 1,82
010	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	65,79 ± 0,23	3,40% ± 0,36%	13,08 ± 0,07	40,24 ± 0,13	0,06% ± 0,02%	7,52 ± 2,55	44,90 ± 2,02
011	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	39,06 ± 0,22	4,04% ± 0,34%	6,96 ± 0,06	31,55 ± 0,12	0,09% ± 0,02%	3,08 ± 2,43	41,60 ± 1,90
012 (top)	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,37	0,15% ± 0,56%	6,67 ± 0,11	14,14 ± 0,21	0,06% ± 0,03%	<LD	<LD

Concentrações Remoção Compton				Concentrações Regressão Linear Múltipla				Concentrações Cecatto (2021)			
Amostra	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)
012 (bottom)	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,23	0,15% ± 0,34%	6,67 ± 0,07	14,14 ± 0,13	0,05% ± 0,02%	<LD	<LD	<LD	<LD
013	4,61% ± 0,78%	3,12 ± 0,32	27,87 ± 0,32	7,04% ± 0,54%	24,04 ± 0,10	13,28 ± 0,18	0,47% ± 0,07%	5,98 ± 3,76	17,04 ± 1,56		
013-A	0,57% ± 0,56%	3,02 ± 0,00	151,28 ± 0,24	4,42% ± 0,38%	11,82 ± 0,07	69,95 ± 0,14	0,51% ± 0,06%	54,65 ± 10,09	58,73 ± 2,62		
014	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	54,76 ± 0,20	3,59% ± 0,32%	10,65 ± 0,06	36,64 ± 0,12	0,16% ± 0,03%	6,74 ± 2,24	39,39 ± 1,70		
015	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	90,57 ± 0,24	2,75% ± 0,36%	15,89 ± 0,07	48,57 ± 0,14	0,04% ± 0,02%	12,88 ± 2,64	49,73 ± 2,16		
016	2,99% ± 0,81%	0,95 ± 0,26	285,66 ± 0,34	4,26% ± 0,53%	39,34 ± 0,11	118,34 ± 0,21	0,68% ± 0,08%	48,45 ± 3,98	116,08 ± 4,23		
016-A	9,32% ± 1,41%	3,02 ± 0,00	287,37 ± 0,57	10,21% ± 0,96%	37,72 ± 0,18	119,03 ± 0,35	0,61% ± 0,14%	22,63 ± 6,80	169,75 ± 8,01		
017-A	0,02% ± 0,73%	3,02 ± 0,00	234,35 ± 0,31	2,45% ± 0,48%	27,06 ± 0,10	99,45 ± 0,19	0,86% ± 0,17%	30,97 ± 3,58	97,67 ± 3,64		
017	10,98% ± 1,26%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,51	14,63% ± 0,92%	4,29 ± 0,16	14,14 ± 0,29	0,04% ± 0,02%	17,76 ± 7,22	79,58 ± 6,36		
018	0,24% ± 0,47%	3,02 ± 0,00	137,78 ± 0,20	3,88% ± 0,31%	14,66 ± 0,06	65,04 ± 0,12	0,47% ± 0,04%	18,75 ± 2,22	54,39 ± 1,92		
019	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	40,28 ± 0,23	0,15% ± 0,31%	5,88 ± 0,06	18,30 ± 0,13	0,03% ± 0,01%	<LD	33,50 ± 1,78		
020	2,10% ± 0,45%	5,90 ± 0,17	53,06 ± 0,19	4,12% ± 0,30%	31,47 ± 0,06	35,03 ± 0,11	0,98% ± 0,05%	33,80 ± 2,21	36,66 ± 1,56		
021	2,69% ± 0,77%	10,35 ± 0,27	156,19 ± 0,32	3,07% ± 0,50%	50,17 ± 0,11	69,87 ± 0,19	0,46% ± 0,07%	51,62 ± 3,83	79,11 ± 3,44		
022	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	197,25 ± 0,22	2,86% ± 0,33%	15,92 ± 0,07	86,30 ± 0,13	0,24% ± 0,03%	23,32 ± 2,46	70,73 ± 2,34		
023	3,12% ± 0,85%	3,02 ± 0,00	253,11 ± 0,35	5,89% ± 0,57%	21,52 ± 0,11	106,74 ± 0,22	0,44% ± 0,07%	22,35 ± 4,07	109,73 ± 4,33		
023-A	3,11% ± 1,43%	52,51 ± 0,45	356,26 ± 0,57	0,12% ± 0,88%	92,68 ± 0,21	143,96 ± 0,36	0,08% ± 0,07%	200,57 ± 15,67	175,32 ± 9,21		
024	0,01% ± 0,47%	3,02 ± 0,00	136,92 ± 0,21	2,74% ± 0,31%	23,42 ± 0,06	64,32 ± 0,12	0,38% ± 0,04%	28,88 ± 2,32	53,37 ± 1,91		
025	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,37	0,15% ± 0,53%	6,67 ± 0,10	14,14 ± 0,21	0,66% ± 0,07%	<LD	60,93 ± 3,71		
026	0,75% ± 0,48%	2,68 ± 0,17	179,16 ± 0,21	2,50% ± 0,31%	36,16 ± 0,07	78,77 ± 0,12	0,78% ± 0,05%	48,02 ± 2,42	64,22 ± 2,12		
027 tij	0,92% ± 0,60%	4,64 ± 0,20	202,99 ± 0,25	2,43% ± 0,38%	38,85 ± 0,08	87,30 ± 0,15	0,55% ± 0,06%	48,80 ± 2,96	77,66 ± 2,74		
028	3,36% ± 0,66%	3,02 ± 0,00	196,56 ± 0,28	6,04% ± 0,45%	22,28 ± 0,09	85,71 ± 0,17	0,96% ± 0,08%	25,79 ± 3,17	80,94 ± 3,06		
029	1,43% ± 0,00%	2,21 ± 0,17	183,35 ± 0,20	0,41% ± 0,28%	45,25 ± 0,07	79,88 ± 0,12	0,22% ± 0,03%	59,48 ± 2,41	64,30 ± 2,07		
030	0,92% ± 0,54%	6,46 ± 0,18	217,58 ± 0,23	1,48% ± 0,33%	50,14 ± 0,08	92,15 ± 0,14	0,85% ± 0,06%	66,46 ± 2,73	76,55 ± 2,47		

Concentrações Remoção Compton				Concentrações Regressão Linear Múltipla				Concentrações Cecatto (2021)			
Amostra	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	eU(ppm)	eTh(ppm)
031	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,30	0,15% ± 0,48%	6,67 ± 0,07	14,14 ± 0,17	0,58% ± 0,00%	<LD	13,46 ± 1,27		
032	1,17% ± 0,82%	3,02 ± 0,00	161,86 ± 0,35	3,61% ± 0,54%	27,57 ± 0,11	72,95 ± 0,21	0,02% ± 0,02%	22,24 ± 4,05	76,29 ± 3,63		
033	1,56% ± 0,51%	9,74 ± 0,18	156,82 ± 0,22	2,85% ± 0,32%	40,63 ± 0,07	70,54 ± 0,13	0,93% ± 0,06%	50,84 ± 2,53	60,62 ± 2,14		
034	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,28	0,15% ± 0,45%	6,67 ± 0,08	14,14 ± 0,16	0,60% ± 0,04%	7,93 ± 4,01	48,33 ± 1,81		
034 A	1,43% ± 0,00%	6,61 ± 0,17	107,45 ± 0,20	1,46% ± 0,29%	35,54 ± 0,06	53,44 ± 0,12	0,34% ± 0,04%	41,71 ± 2,31	47,83 ± 1,80		
035 (top)	1,18% ± 0,61%	3,02 ± 0,00	80,92 ± 0,26	3,94% ± 0,41%	23,86 ± 0,08	44,86 ± 0,15	0,24% ± 0,04%	19,17 ± 2,96	52,41 ± 2,41		
035 (bottom)	1,67% ± 0,67%	3,02 ± 0,00	208,97 ± 0,28	5,26% ± 0,45%	13,41 ± 0,08	90,70 ± 0,17	0,42% ± 0,06%	15,38 ± 3,17	84,74 ± 3,16		
036	4,71% ± 0,89%	3,02 ± 0,00	46,47 ± 0,38	7,36% ± 0,61%	21,24 ± 0,12	33,29 ± 0,22	0,31% ± 0,07%	2,83 ± 4,29	62,93 ± 3,65		
037	0,84% ± 0,47%	4,73 ± 0,18	56,11 ± 0,20	3,04% ± 0,31%	30,81 ± 0,06	36,10 ± 0,11	0,54% ± 0,04%	31,82 ± 2,30	38,35 ± 1,66		
038	1,43% ± 0,00%	3,95 ± 0,18	126,21 ± 0,21	0,92% ± 0,31%	34,50 ± 0,07	60,03 ± 0,12	0,17% ± 0,03%	40,78 ± 2,43	53,32 ± 1,98		
039 (top)	22,28% ± 2,61%	25,40 ± 1,12	28,03 ± 1,14	21,66% ± 1,88%	49,14 ± 0,35	12,01 ± 0,65	0,09% ± 0,13%	<LD	182,82 ± 14,87		
039 (middle)	2,23% ± 0,77%	3,02 ± 0,00	219,81 ± 0,32	5,10% ± 0,51%	21,33 ± 0,10	94,31 ± 0,20	0,34% ± 0,06%	21,83 ± 3,69	95,28 ± 3,74		
039 (bottom)	20,60% ± 2,41%	18,62 ± 0,93	52,19 ± 1,04	20,02% ± 1,72%	48,85 ± 0,32	33,79 ± 0,60	0,29% ± 0,19%	<LD	194,90 ± 14,05		
040	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	61,76 ± 0,22	2,15% ± 0,33%	16,37 ± 0,07	38,72 ± 0,12	0,37% ± 0,41%	12,77 ± 2,42	41,54 ± 1,86		
041	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,94	0,15% ± 1,41%	6,67 ± 0,28	14,14 ± 0,53	0,14% ± 0,12%	6,82 ± 0,50	26,09 ± 7,62		
041 A (meio)	16,71% ± 2,04%	2,56 ± 0,67	232,15 ± 0,84	17,27% ± 1,44%	36,95 ± 0,27	98,05 ± 0,51	0,59% ± 0,20%	<LD	215,06 ± 12,33		
041 A (conformo)	3,31% ± 0,84%	3,02 ± 0,00	170,79 ± 0,35	5,86% ± 0,57%	23,93 ± 0,11	76,31 ± 0,21	0,32% ± 0,06%	17,89 ± 4,03	88,38 ± 3,92		

Concentrações Remoção Compton				Concentrações Regressão Linear Múltipla				Concentrações Cecatto (2021)			
Amostra	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)
DS											
Méd	0,11% ± 0,39%	3,02 ± 0,00	81,72 ± 0,17	3,50% ± 0,26%	15,71 ± 0,05	45,53 ± 0,10	0,49% ± 0,04%	18,38 ± 1,87	38,21 ± 1,48		
DS											
Base 1	1,20% ± 0,42%	8,12 ± 0,16	91,76 ± 0,18	2,94% ± 0,27%	35,75 ± 0,06	48,00 ± 0,10	0,94% ± 0,05%	38,79 ± 2,05	36,12 ± 1,73		
DS											
Base 2	0,17% ± 0,47%	3,02 ± 0,00	47,96 ± 0,20	3,84% ± 0,32%	14,51 ± 0,06	34,15 ± 0,12	0,33% ± 0,04%	7,58 ± 2,27	22,26 ± 0,97		
059-1	8,85% ± 1,02%	20,42 ± 0,41	11,66 ± 0,43	8,84% ± 0,70%	48,74 ± 0,14	20,37 ± 0,25	0,42% ± 0,05%	28,44 ± 5,01	65,84 ± 4,11		
059-2	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	63,10 ± 0,22	2,79% ± 0,34%	21,94 ± 0,07	38,90 ± 0,13	0,41% ± 0,09%	19,42 ± 2,55	43,22 ± 1,96		
059-3	2,12% ± 0,61%	3,02 ± 0,00	103,87 ± 0,26	5,35% ± 0,41%	17,14 ± 0,08	53,07 ± 0,15	0,12% ± 0,01%	93,24 ± 2,90	56,02 ± 2,46		
059-4	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	29,23 ± 0,18	2,64% ± 0,28%	11,30 ± 0,05	28,06 ± 0,10	0,06% ± 0,02%	92,51 ± 2,00	31,19 ± 1,42		
059-5	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	84,43 ± 0,24	2,49% ± 0,36%	19,78 ± 0,07	46,27 ± 0,14	0,04% ± 0,02%	16,90 ± 2,68	48,85 ± 2,16		
059-6	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	57,41 ± 0,21	2,72% ± 0,33%	12,52 ± 0,06	37,44 ± 0,12	0,02% ± 0,01%	7,91 ± 2,38	40,54 ± 1,83		
059-7	1,98% ± 0,56%	3,02 ± 0,00	98,21 ± 0,24	5,17% ± 0,38%	17,84 ± 0,07	51,08 ± 0,14	0,61% ± 0,06%	16,06 ± 2,67	51,81 ± 2,22		
059-8	1,84% ± 0,70%	3,02 ± 0,00	138,55 ± 0,30	4,82% ± 0,47%	20,53 ± 0,09	65,01 ± 0,18	0,28% ± 0,05%	16,83 ± 3,39	69,98 ± 3,08		
059-9	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,55	0,15% ± 0,85%	6,67 ± 0,17	14,14 ± 0,31	0,12% ± 0,04%	16,15 ± 0,70	3,49 ± 1,61		
059-10	1,71% ± 0,56%	2,49 ± 0,21	98,40 ± 0,24	3,75% ± 0,37%	31,63 ± 0,08	50,48 ± 0,14	0,58% ± 0,05%	32,49 ± 2,77	52,32 ± 2,23		
059-11	9,94% ± 1,50%	4,74 ± 0,57	62,47 ± 0,64	10,62% ± 1,04%	39,64 ± 0,20	37,77 ± 0,37	0,09% ± 0,07%	1,11 ± 7,29	114,52 ± 7,30		
059-12	3,35% ± 0,65%	3,02 ± 0,00	126,69 ± 0,28	6,03% ± 0,44%	22,26 ± 0,08	60,75 ± 0,16	0,81% ± 0,07%	20,17 ± 3,10	64,05 ± 2,73		
060	3,41% ± 0,51%	3,02 ± 0,00	232,07 ± 0,21	7,34% ± 0,35%	7,57 ± 0,06	99,51 ± 0,13	1,67% ± 0,07%	17,73 ± 2,34	77,88 ± 2,37		
061	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	149,51 ± 0,21	2,43% ± 0,31%	26,76 ± 0,06	68,60 ± 0,12	0,42% ± 0,04%	34,18 ± 2,39	57,18 ± 2,05		
062	8,95% ± 1,51%	33,99 ± 0,53	118,99 ± 0,63	7,44% ± 1,01%	66,64 ± 0,21	55,96 ± 0,37	0,11% ± 0,08%	39,30 ± 7,48	127,71 ± 7,69		
063	0,41% ± 0,41%	3,02 ± 0,00	74,65 ± 0,17	3,35% ± 0,27%	22,63 ± 0,05	42,78 ± 0,10	0,59% ± 0,04%	25,70 ± 1,97	38,31 ± 1,47		
064	2,54% ± 0,57%	3,02 ± 0,00	72,35 ± 0,24	6,38% ± 0,39%	9,71 ± 0,07	42,62 ± 0,14	0,64% ± 0,06%	3,55 ± 2,65	47,57 ± 2,15		
065	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,27	0,15% ± 0,39%	6,67 ± 0,08	14,14 ± 0,15	0,83% ± 0,06%	<LD	24,85 ± 2,09		

Concentrações Remoção Compton				Concentrações Regressão Linear Múltipla				Concentrações Cecatto (2021)			
Amostra	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)	K(%)	eU(ppm)
066	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,19	0,15% ± 0,29%	6,67 ± 0,06	14,14 ± 0,11	0,09% ± 0,02%	<LD	2,70 ± 0,74		
067	1,90% ± 0,69%	13,40 ± 0,23	251,40 ± 0,29	1,78% ± 0,43%	57,11 ± 0,10	104,46 ± 0,18	0,77% ± 0,07%	71,88 ± 3,49	96,58 ± 3,39		
068	1,82% ± 0,45%	2,43 ± 0,17	27,94 ± 0,16	3,76% ± 0,30%	32,82 ± 0,07	12,90 ± 0,09	0,70% ± 0,05%	29,33 ± 2,23	5,09 ± 0,95		
069	0,00% ± 0,55%	8,03 ± 0,19	252,06 ± 0,24	1,19% ± 0,34%	43,80 ± 0,08	105,32 ± 0,14	0,57% ± 0,05%	60,83 ± 2,80	86,73 ± 2,70		
070	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	294,10 ± 0,24	2,12% ± 0,36%	21,01 ± 0,07	122,48 ± 0,15	0,25% ± 0,04%	<LD	99,10 ± 2,93		
071	1,43% ± 0,00%	16,33 ± 0,19	105,71 ± 0,22	0,16% ± 0,31%	52,40 ± 0,07	52,05 ± 0,13	0,33% ± 0,04%	60,25 ± 2,61	50,26 ± 1,99		
DI											
Topo 3	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,20	0,15% ± 0,30%	6,67 ± 0,06	14,14 ± 0,11	0,01% ± 0,01%	4,78 ± 0,20	2,54 ± 0,52		
DI											
Topo 2	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,14	0,15% ± 0,21%	6,67 ± 0,04	14,14 ± 0,08	0,01% ± 0,00%	11,37 ± 0,67	1,18 ± 0,30		
H0	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,39	0,15% ± 0,59%	6,67 ± 0,12	14,14 ± 0,22	0,54% ± 0,05%	19,80 ± 0,94	24,45 ± 2,09		
H1	1,43% ± 0,00%	60,79 ± 0,26	824,86 ± 0,30	17,94% ± 0,19%	111,96 ± 0,13	388,46 ± 0,25	0,01% ± 0,00%	42,67 ± 2,94	86,82 ± 2,89		
H2	0,70% ± 0,83%	3,02 ± 0,00	218,02 ± 0,35	3,06% ± 0,54%	29,10 ± 0,11	93,29 ± 0,21	0,03% ± 0,03%	29,10 ± 4,15	98,09 ± 4,18		
H3	4,95% ± 1,01%	47,16 ± 0,35	158,02 ± 0,42	2,66% ± 0,65%	79,77 ± 0,15	69,19 ± 0,25	0,54% ± 0,09%	78,58 ± 5,08	97,12 ± 4,72		
H4	4,16% ± 0,87%	6,79 ± 0,30	193,09 ± 0,36	5,27% ± 0,58%	39,87 ± 0,12	83,62 ± 0,22	0,58% ± 0,08%	38,30 ± 4,25	95,99 ± 4,16		
H5	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	27,65 ± 0,30	0,15% ± 0,51%	6,67 ± 0,09	14,14 ± 0,17	0,08% ± 0,03%	<LD	91,70 ± 46,45		
H6	3,00% ± 0,80%	5,44 ± 0,27	230,59 ± 0,33	4,16% ± 0,52%	40,60 ± 0,11	97,40 ± 0,20	0,59% ± 0,08%	45,56 ± 3,90	99,64 ± 3,90		
H7	3,26% ± 0,88%	0,20 ± 0,30	189,20 ± 0,37	4,14% ± 0,58%	43,64 ± 0,12	82,04 ± 0,22	0,34% ± 0,07%	41,97 ± 4,32	95,76 ± 4,20		
H8	1,43% ± 0,00%	3,02 ± 0,00	225,84 ± 0,18	2,07% ± 0,26%	19,29 ± 0,05	96,66 ± 0,11	0,45% ± 0,03%	38,35 ± 2,05	69,98 ± 1,92		
H9	2,68% ± 0,81%	11,48 ± 0,27	205,64 ± 0,34	2,79% ± 0,52%	53,48 ± 0,11	87,59 ± 0,20	0,48% ± 0,07%	58,43 ± 4,03	94,09 ± 3,86		
H10	3,92% ± 0,98%	18,99 ± 0,33	208,21 ± 0,41	3,41% ± 0,64%	59,53 ± 0,14	88,26 ± 0,25	0,35% ± 0,08%	59,03 ± 4,88	108,52 ± 4,85		
H11	12,51% ± 1,82%	47,83 ± 0,58	286,72 ± 0,74	9,26% ± 1,23%	85,30 ± 0,25	116,66 ± 0,45	0,51% ± 0,17%	63,84 ± 9,08	209,36 ± 10,92		
H12	4,25% ± 0,99%	11,02 ± 0,32	253,36 ± 0,41	4,85% ± 0,65%	45,94 ± 0,13	105,69 ± 0,25	0,44% ± 0,08%	46,24 ± 4,86	121,80 ± 5,13		
H13	1,43% ± 0,00%	57,82 ± 0,29	664,26 ± 0,36	15,33% ± 0,27%	106,27 ± 0,14	287,52 ± 0,26	0,03% ± 0,02%	55,18 ± 3,94	105,56 ± 3,99		

ANEXO L - Análise de Regressão Linear Múltipla para C_K , C_U e C_{Th} dos dados de Cecatto (2021).

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA C_K (%)

Resumo dos resultados da regressão linear múltipla para Pb^{2+} (%)					
Estatística de regressão					
R múltiplo	9,9696E-01				
R-Quadrado	9,9392E-01				
R-quadrado ajustado	9,9088E-01				
Erro padrão	1,6525E-02				
Observações	10				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	3	0,2679	0,0893	327,0162	4,90223E-07
Resíduo	6	0,0016	0,0003		
Total	9	0,2696			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	-0,001391953	7,1131E-03	-1,9569E-01	8,5131E-01	-1,8797E-02	1,6013E-02
I_K (cpm/g)	0,342763417	1,1384E-02	3,0110E+01	8,9024E-08	3,1491E-01	3,7062E-01
I_U (cpm/g)	-0,523059897	1,7928E-02	-2,9176E+01	1,0743E-07	-5,6693E-01	-4,7919E-01
I_{Th} (cpm/g)	-0,015709307	3,2776E-02	-4,7929E-01	6,4870E-01	-9,5909E-02	6,4490E-02

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Previsto(a) K (%)	Resíduos	Resíduos padrão
1	5,2645E-01	-6,4514E-03	-4,7813E-01
2	2,3098E-01	1,9022E-02	1,4098E+00
3	1,6576E-02	8,4236E-03	6,2430E-01
4	-4,0834E-04	5,4083E-03	4,0083E-01
5	-1,6579E-04	1,6579E-04	1,2287E-02
6	-5,0435E-04	5,0435E-04	3,7379E-02
7	3,3197E-02	-3,3197E-02	-2,4604E+00
8	-3,0220E-05	3,0220E-05	2,2397E-03
9	-5,6857E-03	5,6857E-03	4,2138E-01
10	-4,0834E-04	4,0834E-04	3,0263E-02

RESULTADOS DE PROBABILIDADE

Percentil	K (%)
5	0
15	0
25	0
35	0
45	0
55	0
65	0,005
75	0,025
85	0,25
95	0,52

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA C_U (ppm)

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA ESTATÍSTICA (ppm)

Estatística de regressão					
R múltiplo	9,9989E-01				
R-Quadrado	9,9979E-01				
R-quadrado ajustado	9,9968E-01				
Erro padrão	5,7306E+00				
Observações	10				
ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	3	923046,95	307682,32	9369,36	2,12616E-11
Resíduo	6	197,04	32,84		
Total	9	923243,98			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	1,401364942	2,4666E+00	5,6813E-01	5,9056E-01	-4,6343E+00	7,4370E+00
I_K (cpm/g)	-5,639789493	3,9476E+00	-1,4287E+00	2,0302E-01	-1,5299E+01	4,0195E+00
I_U (cpm/g)	519,7437819	6,2168E+00	8,3603E+01	1,9724E-10	5,0453E+02	5,3496E+02
I_{Th} (cpm/g)	-358,935172	1,1366E+01	-3,1580E+01	6,6984E-08	-3,8675E+02	-3,3112E+02

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Previsto(a) eU (ppm)	Resíduos	Resíduos padrão
1	-1,7303E+00	1,7303E+00	3,6981E-01
2	3,6550E+00	-3,6550E+00	-7,8115E-01
3	2,4542E+00	-2,4542E+00	-5,2452E-01
4	3,8827E+00	-3,8827E+00	-8,2981E-01
5	1,0260E+03	-9,6430E-01	-2,0609E-01
6	8,6766E+01	1,2034E+01	2,5719E+00
7	1,0689E+01	-4,8932E-01	-1,0458E-01
8	4,0049E+01	-4,9005E-02	-1,0473E-02
9	2,7870E+00	1,2130E+00	2,5924E-01
10	3,8827E+00	-3,4827E+00	-7,4432E-01

RESULTADOS DE PROBABILIDADE

Percentil	eU (ppm)
5	0
15	0
25	0
35	0
45	0,4
55	4
65	10,2
75	40
85	98,8
95	1025

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA C_{Th} (ppm)

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA CH ₄ (ppm)					
Estatística de regressão					
R múltiplo	9,9958E-01				
R-Quadrado	9,9916E-01				
R-quadrado ajustado	9,9892E-01				
Erro padrão	1,0617E+01				
Observações	10				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	936388,08	468194,04	4153,69	1,73156E-11
Resíduo	7	789,02	112,72		
Total	9	937177,10			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	-17,15404203	3,9346E+00	-4,3598E+00	3,3151E-03	-2,6458E+01	-7,8501E+00
Iu (cpm/g)	-23,67222872	5,6667E+00	-4,1775E+00	4,1504E-03	-3,7072E+01	-1,0273E+01
I _{Th} (cpm/g)	1887,439063	2,0792E+01	9,0775E+01	5,1864E-12	1,8383E+03	1,9366E+03

RESULTADOS DE RESÍDUOS

<i>Observação</i>	<i>Previsto(a) eTh (ppm)</i>	<i>Resíduos</i>	<i>Resíduos padrão</i>
1	-3,8692E+00	3,8692E+00	4,1324E-01
2	-3,8935E+00	3,8935E+00	4,1583E-01
3	8,5057E+00	-8,5057E+00	-9,0842E-01
4	-3,7277E+00	3,7277E+00	3,9812E-01
5	5,2984E-01	-5,2984E-01	-5,6588E-02
6	-7,2785E+00	7,2785E+00	7,7736E-01
7	1,9770E+01	-1,9770E+01	-2,1115E+00
8	1,0268E+03	1,1622E+00	1,2412E-01
9	1,1045E+02	-5,2531E+00	-5,6103E-01
10	-3,7277E+00	1,4128E+01	1,5089E+00

RESULTADOS DE PROBABILIDADE

<i>Percentil</i>	<i>eTh (ppm)</i>
5	0
15	0
25	0
35	0
45	0
55	0
65	0
75	10,4
85	105,2
95	1028

ANEXO M - Descrição das informações geológicas para as amostras coletadas por Cecatto (2021).

Amostra	Descrição	Amostra	Descrição
001 (top)		45	Superior (calcário)
001 (bottom)		47	(calcário)
001-A	Base (calcário)	48	(calcário)
2		49	Folhelho
3	Superior (calcário)	50	Superior (7)
4	Médio/superior (calcário)	51	Folhelho (7A)
5	Médio (calcário)	52	Calcário (6)
6	Médio/inferior (calcário)	53	Folhelho (5)
007 (top)	inferior (calcário)	54	Calcário (4)
007 (bottom)		55	Calcário (3)
008 (top)		055-A	Folhelho (2)
008 (bottom)	Base (calcário)	56	Folhelho (2)
9		056-A	Base contato com diabásio lado esquerdo (2)+(3)
10	Superior (calcário)	57	Base
11	Médio (calcário)	58	Calcário Lado B12 direito contato com diabásio
012 (top)		DS (top)	Topo do diabásio superior
012 (bottom)	Médio/inferior (calcário)	DS (middle)	Meio do diabásio superior
13	Inferior (calcário)	DS (base 1)	Base do diabásio superior
013-A	Base (calcário)	DS (base 2)	Base do diabásio superior
14	Calcário	059-1	1 (calcário)
15	Superior(6) (calcário)	059-2	1 e 2 (calcário)
16	Folhelho(5)-(6)	059-3	2 (calcário)
016-A	Calcário(5)	059-4	3 (calcário)
017-A	Folhelho(4)-(5)	059-5	4 (calcário)

Amostra	Descrição	Amostra	Descrição
17	Calcário (4)	059-6	4 + 5 (calcário)
18	Folhelho (2)	059-7	5 (calcário)
19	Calcário (1)	059-8	5 parte inferior (calcário)
20	Folhelho	059-9	6 (calcário)
21	Superior (calcário)	059-10	7 (calcário)
22	Médio/superior (calcário)	059-11	8 (calcário)
23	Médio (folhelho)	059-12	9 + 10 (calcário)
023-A	Inferior	60	Folhelho
24	Superior (folhelho)	61	Superior
25	Médio (calcário)	62	Médio (calcário)
26	Inferior (folhelho)	63	Inferior
27	Inferior (calcário)	64	Superior
027tij		65	Médio
28	Superior (calcário)	66	Inferior
29	Inferior (calcário)	67	Superior
30	Superior (calcário)	68	Médio (calcário)
31	Inferior (calcário)	69	Médio/inferior (calcário)
32	Superior (calcário)	70	Inferior
33	Inferior (calcário)	71	Folhelho com contato basal B15
34	Folhelho	DI (top 3)	Topo diabásio abaixo B15
034-A	Inferior (calcário)	DI (top 2)	Topo diabásio abaixo B15 esquerda
035 (top)		DI (top 1)	Topo diabásio
035 (bottom)	Superior (calcário)	H0	Diabásio - 5,60m
36	Base (calcário)	H1	0,00m contato
37	Superior (calcário)	H2	0,07m

Amostra	Descrição	Amostra	Descrição
38	Inferior (calcário)	H3	0,14m
039 (top)	Cálcio (5) (calcário)	H4	0,21m
039 (middle)	(5) duplicata (calcário)	H5	0,30m
039 (bottom)	(calcário)	H6	0,40m
40	Folhelho (4)	H7	0,50m
41	Calcário (5)	H8	0,75m
041-A (middle)	Calcário	H9	1,10m
041-A (contour)	Calcário	H10	1,65m
42	Folhelho (2)	H11	1,90m
043 (light)	Calcário (1)	H12	3,00m
043 (dark)		H13	3,70m
44	Escuro (calcário)	H14	4,70m