

	RELATÓRIO RESULTADOS DE MONITORAÇÃO DE PEIXE DO PROGRAMA DE MONITORAÇÃO RADIOLÓGICA AMBIENTAL PRÉ-OPERACIONAL DO PROJETO SANTA QUITÉRIA	RT-SQ-01-26
		Rev.: 00 Data: 06/07/2026 Página 1/21
DRM		

SUMÁRIO

1. OBJETIVO
2. CAMPO DE APLICAÇÃO
3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA
4. DEFINIÇÕES E SIGLAS
5. DESENVOLVIMENTO
6. CONCLUSÕES
7. EQUIPE TÉCNICA ENVOLVIDA NA ELABORAÇÃO/REVISÃO
8. ANEXOS

CONTROLE DE REVISÕES		
REV.	DATA	DESCRIÇÃO SUMÁRIA
00	06/07/26	Atendimento ao Ofício nº 211/2026/COMIP/CGTEF/DILIC, de 13/04/26.

	Nome	Conselho nº	IBAMA nº	Data	Assinatura
Elaboração	Leonardo Bernardino de Carvalho DRM	-	-		
Verificação Técnica	Luciana Barros Bastos GELIC.M	CREA/RJ 2011135296	-		
Verificação Qualidade	Orlando Bastos de Carvalho Junior CGQUA.M	-	-		
Aprovação	Karina Baldo Lopes GELIC.M	CRQ 03315662	-		

1. OBJETIVO

Este documento apresenta uma avaliação técnica dos resultados de monitoração da matriz peixe relativos ao Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO) do Projeto Santa Quitéria, em atendimento à exigência do Ofício nº 211/2026/COMIP/CGTEF/DILIC.

2. CAMPO DE APLICAÇÃO

Este relatório se aplica ao licenciamento do Projeto Santa Quitéria junto ao Ibama, o qual é conduzido pelo Consórcio Santa Quitéria, composto pelas empresas Fosnor e INB.

3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- **ABIO nº 1527/2023**, de 26/07/23.
- **CE-GEFIS.P/SUNOV.P-642/25**, de 10/12/25.
- **CE-GEFIS.P/SUNOV.P-149/26**, de 19/03/26.
- **ID CPEA 6408** – Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO) - Relatório Parcial de Atividades - Campanhas 01 a 04 (Monitoração de Peixe) - ABIO nº 1527/2023 - Projeto Santa Quitéria - Consórcio Santa Quitéria - Santa Quitéria/CE, julho/2026.
- **Norma ANSN-3.01** – Requisitos Básicos de Radioproteção e Segurança Radiológica de Fontes de Radiação (Atualização: julho/2025).
- **Ofício nº 39/2026/COMIP/CGTEF/DILIC**, de 23/01/26.
- **Ofício nº 211/2026/COMIP/CGTEF/DILIC**, de 13/04/26.
- **Parecer Técnico nº 66/2026-Comip/CGTef/Dilic**, de 08/04/26.
- **PG-SQ-01 R01** – Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional - PMRA-PO, Projeto Santa Quitéria - PSQ, Santa Quitéria - CE.

4. DEFINIÇÕES E SIGLAS

4.1. Definições

- **Atividade** (conforme Norma ANSN-NN-3.01) – Quociente dN/dt , de uma quantidade de núcleos radioativos num estado de energia particular, onde dN é o valor esperado do número de transições nucleares espontâneas deste estado de energia no intervalo de tempo dt . A unidade adotada no sistema internacional é o recíproco do segundo (s^{-1}), denominada becquerel (Bq).
- **Concentração Mínima Detectável** – Menor valor de Concentração de Atividade de dado radionuclídeo em dado material, meio ou matriz ambiental que pode ser mensurado através de dado método de monitoração, em função das diversas contribuições que podem interferir em sua

determinação, considerando graus de confiança aceitáveis tanto de falso positivo como de falso negativo. Resultados de monitoração abaixo da Concentração Mínima Detectável do respectivo método de monitoração são considerados como estatisticamente não confiáveis, devendo ser reportados como numericamente iguais ao valor da Concentração Mínima Detectável, porém precedidos pelo sinal de menor “<” (ex.: < 0,05 Bq/L).

- **Falso Negativo** – Evento indesejado na monitoração de dado parâmetro analítico, no qual contribuições pertinentes à quantificação do parâmetro são interpretadas equivocadamente como efeitos associados aos interferentes do respectivo método de monitoração.
- **Falso Positivo** – Evento indesejado na monitoração de dado parâmetro analítico, no qual efeitos associados aos interferentes do respectivo método de monitoração são interpretados equivocadamente como contribuições pertinentes à quantificação do parâmetro.
- **Monitoração** (conforme Norma ANSN-NN-3.01) – Medição de grandezas para fins de controle ou avaliação da exposição à radiação, incluindo a interpretação dos resultados.
- **Radiação** ou **Radiação Ionizante** (conforme Norma ANSN-NN-3.01) – Qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, ioniza seus átomos ou moléculas.
- **Radionuclídeo** – Isótopo radioativo. Neste documento, se refere aos isótopos de Meia-Vida longa das séries radioativas do U-238 (sendo eles: U-238, U-234, Ra-226 e Pb-210) e do Th-232 (sendo eles: Th-232 e Ra-228).
- **Urânio Natural** – Contribuição conjunta dos radionuclídeos U-238 e U-234, quando estes se encontram em sua proporção isotópica natural, simbolizada por U-nat. Admite-se o equilíbrio radioativo entre esses radionuclídeos, de modo que a Concentração de Atividade de U-nat corresponde ao dobro da respectiva Concentração de Atividade de U-238.

4.2. Siglas

- **ABIO** – Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico
- **ANSN** – Autoridade Nacional de Segurança Nuclear
- **Bq** – Becquerel
- **CGQUA.M** – Coordenação de Gestão da Qualidade
- **CMD** – Concentração Mínima Detectável
- **CPEA** – Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais
- **CREA** – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
- **CRQ** – Conselho Regional de Química

- **DRM** – Diretoria de Recursos Minerais
- **Fosnor** – Fosfatados do Norte-Nordeste S.A.
- **GELIC.M** – Gerência de Engenharia e Licenciamento
- **Ibama** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- **ICP-MS** – *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*
- **INB** – Indústrias Nucleares do Brasil S.A.
- **PG** – Programa
- **PMRA-PO** – Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional
- **PSQ** – Projeto Santa Quitéria
- **RT** – Relatório Técnico
- **SQ** – Santa Quitéria
- **U-nat** – Urânio Natural

5. DESENVOLVIMENTO

5.1. Introdução

Em atendimento ao licenciamento do Projeto Santa Quitéria (PSQ) junto à Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), o Consórcio Santa Quitéria, constituído pelas empresas Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB) e Fosfatados do Norte-Nordeste S.A. (Fosnor), executa o Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO). O documento PG-SQ-01 R01 formaliza a versão mais atualizada do PMRA-PO, que abrange a monitoração de diversas matrizes ambientais, entre elas a matriz peixe.

Adicionalmente, em atendimento aos requisitos normativos junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) relativos à monitoração da matriz peixe, o Consórcio Santa Quitéria obteve Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) específica, de identificação ABIO nº 1527/2023, válida por quatro anos. Assim, conforme plano de trabalho enviado ao Ibama para concessão da referida ABIO, o Consórcio Santa Quitéria realizou 04 campanhas de monitoração dessa matriz, além do que solicitou, através da CE-GEFIS.P/SUNOV.P-642/25, de 10/12/25, autorização para a continuidade dessas atividades por mais 04 novas campanhas. Nesse contexto, a continuidade do monitoramento foi autorizada pelo Ibama, através do Ofício nº 39/2026/COMIP/CGTEF/DILIC, de 23/01/26, o qual solicitou o envio de relatório parcial com o resultado das campanhas realizadas em setembro de 2023, março de 2024, setembro de 2024 e abril de 2025.

	RT-SQ-01-26	Rev.: 00	Página: 5/21
---	--------------------	-----------------	---------------------

O “Relatório Parcial de Atividades – Campanhas 01 a 04 (Monitoração de Peixe)”, de fevereiro/2026, elaborado pela CPEA (ID CPEA 6408), consultoria ambiental contratada pelo Consórcio Santa Quitéria para execução e gerenciamento do PMRA-PO, foi enviado ao Ibama por meio da CE-GEFIS.P/SUNOV.P-149/26, de 19/03/26. Em resposta, foi emitido o Ofício nº 211/2026/COMIP/CGTEF/DILIC, de 13/04/26, subsidiado pelo Parecer Técnico nº 66/2026-Comip/Cgtef/Dilic, de 08/04/26, que requereu a apresentação dos resultados das análises de concentração de radionuclídeos das amostras de peixes coletados no âmbito do PMRA-PO.

Assim, para atendimento a essa solicitação, este documento apresenta tais resultados, estando estruturado da seguinte forma: (i) a Subseção 5.2 a seguir aborda considerações gerais a respeito do PMRA-PO que auxiliam na contextualização e na compreensão dos resultados de monitoração e da metodologia de avaliação adotada, enquanto (ii) a Subseção 5.3 adiante apresenta os resultados de monitoração das campanhas realizadas, incluindo a avaliação dos correspondentes valores obtidos. Este relatório complementa as informações apresentadas no documento CPEA ID 6408, de julho/2026, elaborado pela CPEA, e que compõe o Anexo A.

5.2. Considerações Gerais

Esta seção apresenta considerações gerais a respeito do PMRA-PO que auxiliam na contextualização e na compreensão dos resultados de monitoração.

5.2.1. Concentração de Atividade e Concentração Mássica

O PMRA-PO consiste em um programa de monitoração ambiental para atendimento ao processo de licenciamento do PSQ junto à ANSN, tendo como enfoque principal a caracterização dos níveis de radiação (campos de radiação ambiente) e de radioatividade (concentrações de radionuclídeos em matrizes ambientais) naturais locais. Nesse contexto, os métodos de monitoração de radioatividade empregados não tem o objetivo de quantificar as Concentrações Mássicas dos elementos de interesse, seja em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (no ar), em $\mu\text{g}/\text{L}$ (no caso de amostras líquidas) ou em $\mu\text{g}/\text{kg}$ (no caso de amostras sólidas), mas de quantificar as Concentrações de Atividade dos radionuclídeos de interesse (isótopos radioativos), em Bq/m^3 (no ar), em Bq/L (no caso de amostras líquidas) ou em Bq/kg (no caso de amostras sólidas).

No caso dos radionuclídeos U-238 e Th-232, que apresentam Meias-Vidas extremamente longas (de 4,5 bilhões de anos e de 14,1 bilhões de anos, respectivamente), as relações entre as Concentrações de Atividade e as correspondentes Concentrações Mássicas resultam em valores que tornam viável a conversão entre essas grandezas. Isto é, mesmo que a Concentração de Atividade corresponda à grandeza mais adequada para os objetivos do PMRA-PO, é possível expressar os resultados em Concentração Mássica se isso for de interesse para outros objetivos. Nesse contexto, existem tanto métodos de análise de U-238 e de Th-232 baseados na determinação

de Concentração de Atividade como métodos baseados na determinação de Concentração Mássica, podendo os valores dessas grandezas serem convertidos entre si sempre que necessário.

Em contraposição, no caso de praticamente todos os demais radionuclídeos naturais pertencentes às séries radioativas do U-238 e do Th-232, cujas Meias-Vidas, apesar de longas (da ordem de anos ou superior), apresentam valores com ordens de grandeza inferiores àquelas do U-238 e do Th-232, as relações entre as Concentrações de Atividade e as correspondentes Concentrações Mássicas resultam em valores que tornam sem sentido a conversão entre essas grandezas. Por exemplo, no caso dos radionuclídeos Ra-226, Pb-210 e Ra-228 (que apresentam Meias-Vidas de 1.600 anos, de 22,3 anos e de 5,75 anos, respectivamente), a conversão de uma Concentração de Atividade de 1,00 Bq/kg em dada amostra sólida proporcionaria valores de Concentração Mássicas muito inferiores a 1,0 ng/kg (na verdade, ordens de grandeza inferiores a esse valor). E o valor de 1,0 ng/kg = 0,0010 µg/kg representa uma Concentração Mássica extremamente baixa, visto que corresponde a uma parte por trilhão, e que se encontra na escala dos menores valores dessa grandeza que podem ser mensurados pelas técnicas mais sensíveis existentes (como no caso de espectrômetro de massa do tipo ICP-MS). Isto é, expressar as concentrações dos radionuclídeos Ra-226, Pb-210 e Ra-228 em termos de Concentração Mássica, envolvendo valores com ordens de grandeza inferiores aos menores valores detectáveis pelas técnicas mais sensíveis existentes, torna-se sem sentido.

Nesse contexto, todos os métodos de monitoração existentes de Ra-226, de Pb-210 e de Ra-228 (e de praticamente todos os radionuclídeos naturais pertencentes às séries radioativas do U-238 e do Th-232, com exceção do U-238, do Th-232 e de mais alguns poucos) são baseados exclusivamente na determinação das emissões de radiação desses materiais, sendo suas concentrações nas matrizes ambientais expressas apenas em termos de Concentração de Atividade. Isto é, embora apresentem massas completamente desprezíveis no meio ambiente, seus níveis de radioatividade normalmente são detectáveis e mensuráveis.

Assim, no caso do presente relatório, cujo objetivo é contextualizar o Ibama quanto aos resultados de monitoração relativos à matriz peixe, as concentrações dos radionuclídeos U-238 e Th-232 são apresentadas tanto (i) em termos de Concentração de Atividade, na unidade Bq/kg (Atividade do radionuclídeo por massa de peixe, na base úmida), da mesma forma que são reportados para a ANSN, como (ii) em termos de Concentração Mássica, na unidade µg/kg (massa de radionuclídeo por massa de peixe, na base úmida), visando auxiliar na compreensão dos dados pelas equipes técnicas do Ibama. Em contraposição, os resultados relativos às concentrações dos radionuclídeos Ra-226, Pb-210 e Ra-228 são expressos somente em termos de Concentração de Atividade, em Bq/kg (apenas na planilha **Resultados** do arquivo eletrônico que compõe o Anexo B são apresentados os correspondentes dados em µg/kg, mas tendo o objetivo meramente ilustrativo de caracterizar os valores completamente desprezíveis e sem sentido dessa grandeza).

5.2.2. Níveis de Referência

O principal objetivo do PMRA-PO do PSQ consiste na caracterização dos níveis de radiação e de radioatividade naturais locais relativos à área prevista para o empreendimento, em sua atual fase pré-operacional, de modo a permitir a avaliação e interpretação dos resultados que serão obtidos na monitoração ambiental durante sua futura fase operacional (a partir do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental – PMRA, que corresponde a uma evolução do PMRA-PO para a fase operacional).

Nesse contexto, é fundamental compreender que não existem limites nem níveis de referência aplicáveis aos resultados de monitoração obtidos na fase pré-operacional.

Diferentemente do Ibama, que faz uso dos níveis de referência das Resoluções Conama para uma avaliação do meio ambiente a qualquer momento (ex.: a partir de padrões aplicáveis à qualidade do ar, à qualidade da água subterrânea, à qualidade da água de superfície e à qualidade do solo, por exemplo), as Normas da ANSN não estabelecem padrões de qualidade aplicáveis à fase pré-operacional, mas apenas níveis de referência aplicáveis à fase operacional. Nesse caso, a Norma ANSN-3.01 estabelece apenas um limite primário para o possível acréscimo no nível de exposição radiológica de membros da população (referenciados por indivíduo do público) residentes nas circunvizinhanças do empreendimento, resultantes de possíveis acréscimos nas concentrações de radionuclídeos nas matrizes ambientais derivados de liberações de efluentes do empreendimento. A partir desse limite primário, e de uma modelagem de exposição baseada nas condições da população local, é possível estabelecer níveis de referência para os acréscimos das concentrações de radionuclídeos no ambiente. Por exemplo, no caso de um cenário no qual a população faz uso da água subterrânea para ingestão, os níveis de referência derivados serão mais restritivos que no caso de outro cenário no qual a água subterrânea é utilizada apenas para dessedentação animal.

De qualquer forma, deve-se compreender que os níveis de referência relativos aos controles radiológicos são aplicáveis apenas aos possíveis acréscimos de concentrações de radionuclídeos nas matrizes ambientais em relação àqueles pré-existent (anteriores ao empreendimento). Isto é, não são estabelecidos padrões de qualidade aplicáveis à fase pré-operacional, mas apenas níveis de referência relativos a possíveis acréscimos de concentrações na fase operacional do empreendimento.

Em resumo, na avaliação dos resultados de monitoração reportados neste documento, que se referem às concentrações de radionuclídeos na matriz peixe relativos à atual fase pré-operacional do PSQ, não existem limites nem níveis de referência legais ou normativos que possam ser utilizados para interpretação dos valores obtidos. Esses resultados compõem uma caracterização dos níveis de radioatividade naturais locais, os quais serão considerados na fase operacional para

demonstrar a ausência de impactos ou, em último caso, para a avaliação de possíveis impactos ambientais resultantes da liberação de efluentes do PSQ.

Nesse contexto, as principais avaliações dos resultados de monitoração consistem na comparação relativa dos valores entre os diferentes pontos de monitoração da matriz peixe, verificando, por exemplo, aqueles que apresentam os maiores valores médios e os maiores valores máximos de concentração de dado radionuclídeo.

5.3. Resultados de Monitoração

Esta seção apresenta os resultados de concentração de radionuclídeos obtidos nas primeiras 4 campanhas de monitoração relativas à matriz peixe, identificadas pelos índices C1 a C4, incluindo a avaliação dos correspondentes valores obtidos.

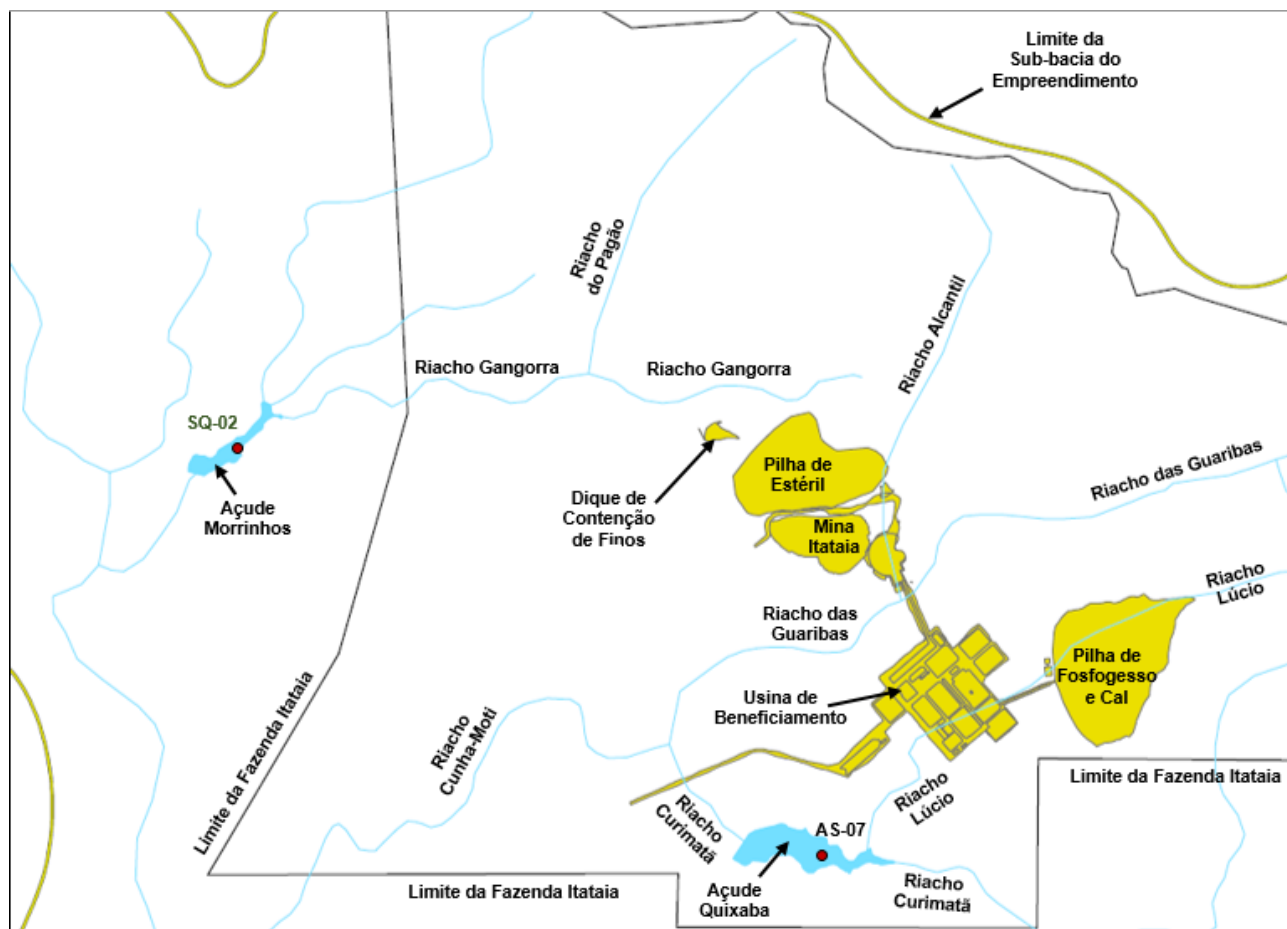
A Tabela 5.3-1 apresenta a listagem dos pontos de monitoração do PMRA-PO relativos a essa matriz, indicando, para cada ponto, as seguintes informações: (i) código de identificação, (ii) referência geográfica para a localização do ponto, (iii) indicação de ponto situado internamente ou externamente à Fazenda Itataia, (iv) indicação de ponto situado internamente ou externamente à sub-bacia do empreendimento, (v) coordenada topográfica Leste e (vi) coordenada topográfica Norte do ponto.

Tabela 5.3-1 – Pontos de Monitoração de Peixe do PMRA-PO do PSQ.

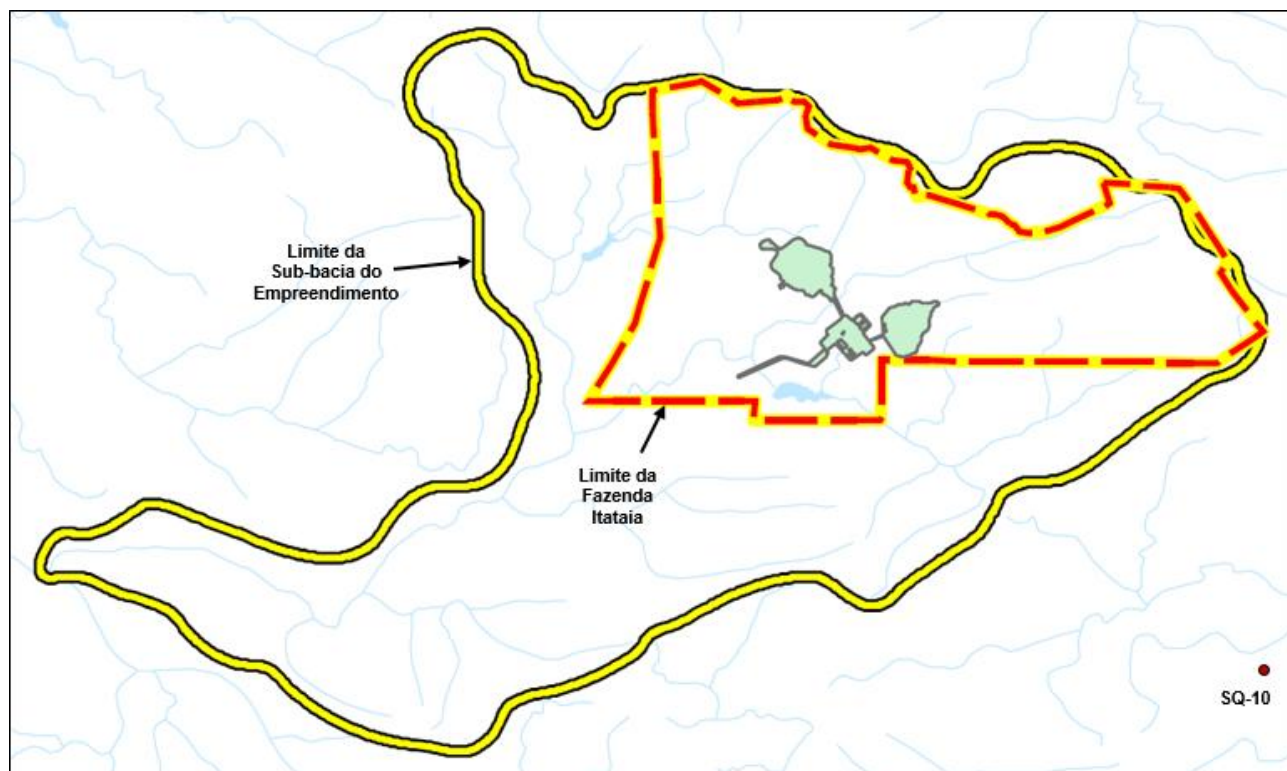
Ponto de Monitoração		Fazenda Itataia	Sub-bacia do Empreendim.	Coordenadas ^[1]	
Código	Localização (Referência Geográfica)			X(m)	Y(m)
AS-07	Açude Quixaba	Interno	Interno	415.525	9.492.909
SQ-02	Açude Morrinhos	Externo	Interno	409.736	9.496.100
SQ-10	Açude João Silva Guerra	Externo	Externo	428.014	9.485.271

^[1] Coordenadas Geográficas UTM relativas ao Sistema SIRGAS 2000, Setor 24M.

Adicionalmente, as Figuras 5.3-1 e Figuras 5.3-2 a seguir ilustram a localização desses pontos em duas escalas distintas, uma reduzida e outra ampliada, incluindo as nomenclaturas das principais drenagens e corpos d'água de superfície e a localização das futuras estruturas do PSQ.



Figuras 5.3-1 – Pontos de Monitoração de Peixe (escala reduzida).



Figuras 5.3-2 – Pontos de Monitoração de Peixe (escala ampliada).

As Figuras 5.3-3, 5.3-4 e 5.3-5 a seguir apresentam imagens ilustrativas desses pontos de monitoração, que correspondem a açudes locais.



Figura 5.3-3 – Ponto AS-07 – Açude Quixaba.

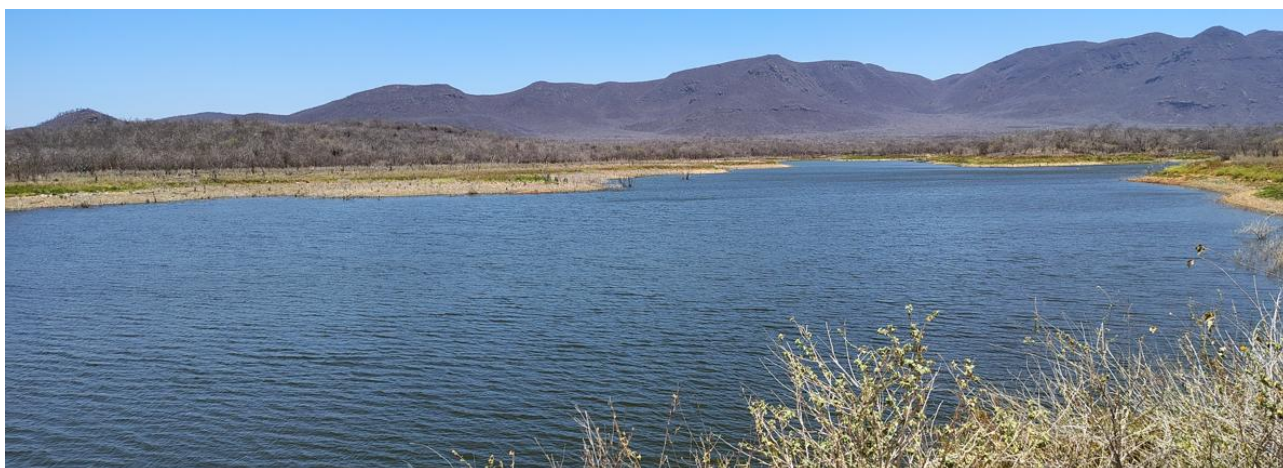


Figura 5.3-4 – Ponto SQ-02 – Açude Morrinhos.



Figura 5.3-5 – Ponto SQ-10 – Açude João Silva Guerra.

O documento ID CPEA 6408 descreve, de forma detalhada, os procedimentos de amostragem de peixe, incluindo diversas imagens ilustrativas.

É importante destacar que não foi possível realizar a amostragem relativa ao ponto SQ-10 (Açude João Silva Guerra) durante a Campanha C2, devido ao grande volume de líquido no açude ocasionado pelos níveis de precipitação significativos associados ao respectivo período chuvoso. Nesse caso, em função do nível elevado do reservatório, grande parte de vegetação de porte ficou submersa, inviabilizando o acesso seguro para a pesca devido à presença de galhos não visíveis, não permitindo a fixação de rede de pesca (dispositivo estacionário) nem o emprego de tarrafa (dispositivo móvel).

Cada uma das Subseções 5.3.1 a 5.3.5 a seguir se dedica à apresentação dos resultados de monitoração relativos a um dado radionuclídeo, sendo eles U-nat, Ra-226, Pb-210, Th-232 e Ra-228. Os gráficos que reportam os resultados individuais apresentam os valores de concentração do radionuclídeo na forma de colunas na cor azul, sobrepostos aos correspondentes valores de CMD na forma de colunas na cor preta, de modo que os valores que não superam a CMD são identificáveis por colunas exclusivamente na cor preta. São também apresentados gráficos reportando os resultados estatísticos (valores máximos, médios e mínimos) das concentrações de radionuclídeos, os quais são apropriados para uma avaliação comparativa dos valores entre os diferentes pontos de monitoração.

5.3.1. Resultados de U-nat

Os isótopos mais relevantes do urânio, seja em termos de massa ou de Atividade, correspondem ao U-238, ao U-235 e ao U-234. E, desde que o urânio contido em uma dada amostra não tenha sido derivado de um processo prévio de enriquecimento isotópico, a proporção desses isótopos será sempre muito similar. Isto é, desde matrizes ambientais até concentrados de urânio (desde que obtidos de processos anteriores à etapa de enriquecimento), tanto a proporção em massa como a proporção em Atividade desses isótopos são praticamente idênticas, independentemente do tipo de material considerado e de seu local de origem no globo terrestre.

Nesse caso, emprega-se a terminologia urânio natural, identificada pela sigla U-nat, para se referir à contribuição conjunta dos isótopos de urânio conforme sua distribuição natural (a terminologia urânio total, que pode ser encontrada em alguns documentos, é equivalente a urânio natural). Em termos de massa, a distribuição isotópica do U-nat é de aproximadamente 99,3% de U-238, 0,7% de U-235 e 0,0% de U-234 (o valor nulo não significa completa ausência do radionuclídeo 234, mas um valor inferior àquele reportável de acordo com os algarismos significativos). Por outro lado, em termos de Atividade, a distribuição isotópica do U-nat é de aproximadamente 49% de U-238, 2% de U-235 e 49% de U-234. Isto é, em termos de massa os radionuclídeos U-235 e U-234 são desprezíveis, mas em termos de atividade apenas o U-235 é desprezível. Como para a proteção radiológica de indivíduos e do meio ambiente a Atividade compõe grandeza mais relevante que a massa, pode-se considerar que, para fins práticos, uma amostra contendo urânio é composta

somente pelos radionuclídeos U-238 e U-234 em iguais Concentrações de Atividade. Em outros termos, a Concentração de Atividade de U-nat em uma amostra corresponde ao dobro da Concentração de Atividade de U-238.

O radionuclídeo U-238 (urânio 238) compõe o precursor de uma série radiativa própria, independente daquela do Th-232. Isto é, o decaimento do U-238 gera como subprodutos um conjunto de radionuclídeos, que incluem o U-234, mas não o U-235, os quais são distintos daqueles pertencentes à série radiativa do Th-232. A equiparação entre as Concentrações de Atividade do U-238 e do U-234 no U-nat se deve a um efeito de equilíbrio dinâmico associado à transmutação desses radionuclídeos (formação e decaimento associado à emissão de radiação), denominado equilíbrio radioativo.

A planilha **Resultados** do arquivo eletrônico que compõe o Anexo B, apresenta os resultados individuais de Concentração de U-nat na matriz peixe, relativos às Campanhas de Monitoração C1 a C4, tanto em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg) como em termos de Concentração Mássica (na unidade µg/kg), os quais se encontram ilustrados a seguir nas Figuras 5.3.1-1 (em termos de Concentração de Atividade) e 5.3.1-2 (em termos de Concentração Mássica).

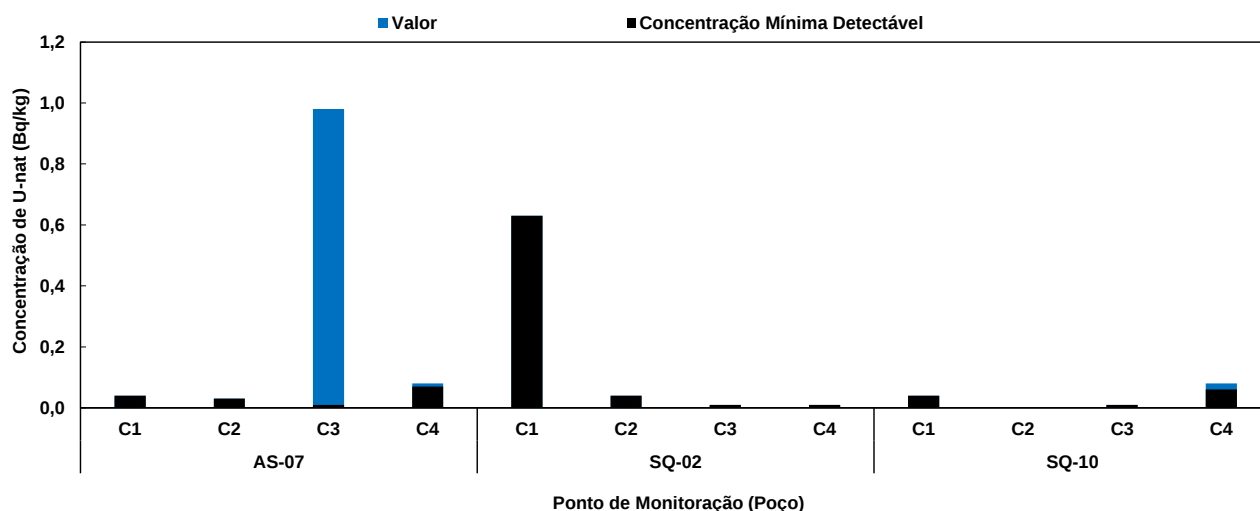


Figura 5.3.1-1 – Resultados Individuais de Concentração de Atividade de U-nat.

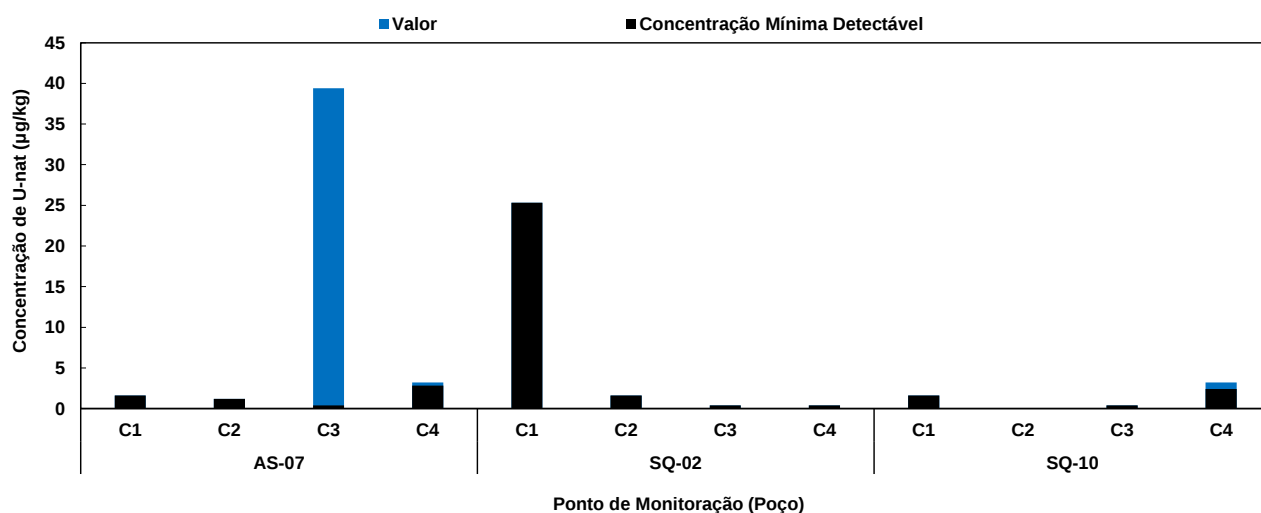


Figura 5.3.1-2 – Resultados Individuais de Concentração Mássica de U-nat.

A planilha **Estatística** do mesmo arquivo eletrônico apresenta os resultados estatísticos (valores máximos, médios e mínimos) de Concentração de U-nat na matriz peixe, tanto em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg) como em termos de Concentração Mássica (na unidade µg/kg), sendo que tais resultados se encontram ilustrados a seguir nas Figuras 5.3.1-3 (em termos de Concentração de Atividade) e 5.3.1-4 (em termos de Concentração Mássica).

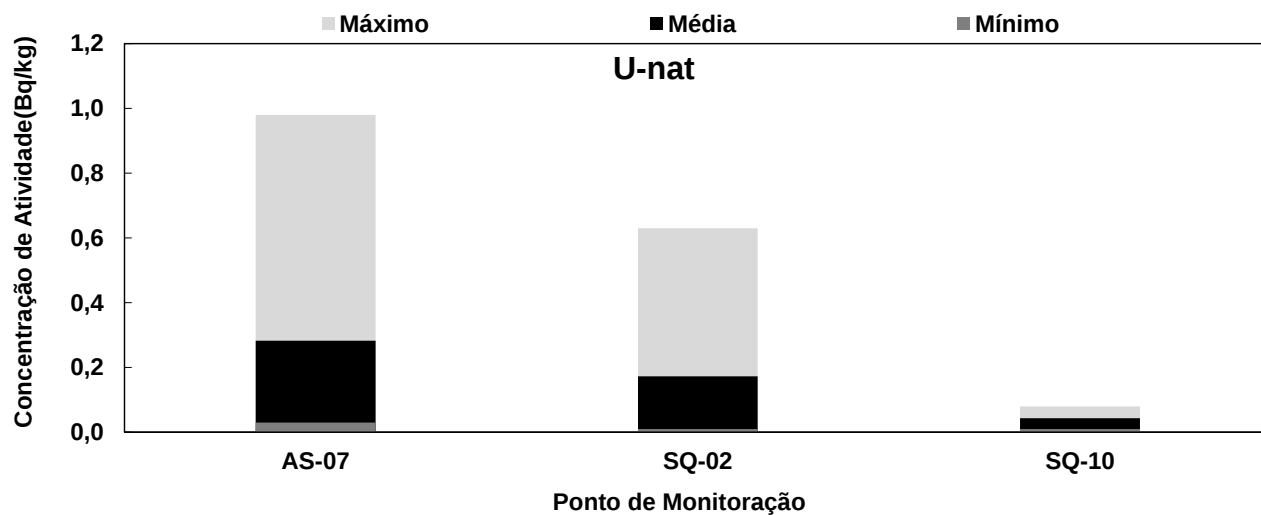


Figura 5.3.1-3 – Resultados Estatísticos de Concentração de Atividade de U-nat.

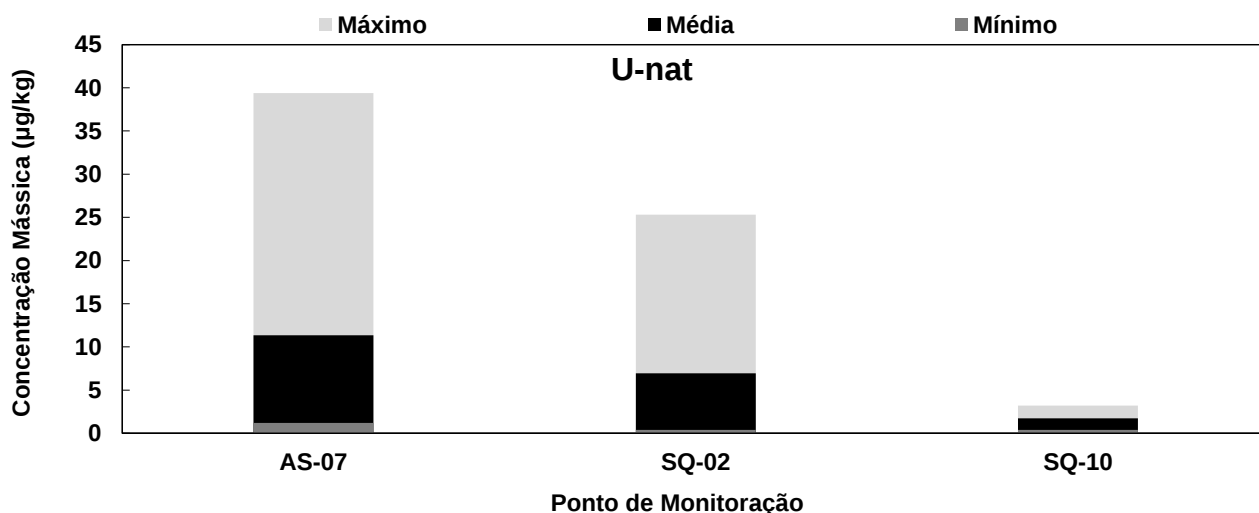


Figura 5.3.1-4 – Resultados Estatísticos de Concentração Mássica de U-nat.

Verifica-se que o Ponto AS-07, que corresponde ao Açude Quixaba (situado internamente à Fazenda Itataia), apresentou tanto o maior valor médio (de 0,28 Bq/kg, equivalente a 11,36 µg/kg) como o maior valor máximo (de 0,98 Bq/kg, equivalente a 39,39 µg/kg) de Concentração de U-nat.

5.3.2. Resultados de Ra-226

O radionuclídeo Ra-226 (rádio 226) pertence à série radioativa do U-238, isto é, compõe um subproduto indireto do decaimento do radionuclídeo U-238.

A planilha **Resultados** do arquivo eletrônico que compõe o Anexo B, apresenta os resultados individuais de Concentração de Ra-226 na matriz peixe, relativos às Campanhas de Monitoração C1 a C4, em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg), sendo que tais resultados se encontram ilustrados a seguir na Figura 5.3.2-1.

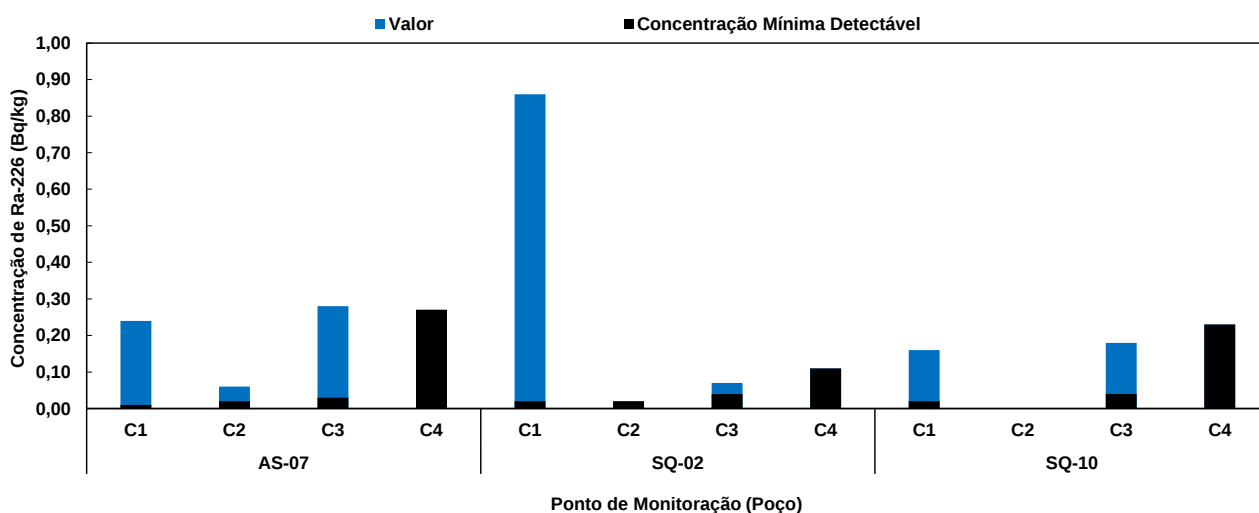


Figura 5.3.2-1 – Resultados Individuais de Concentração de Atividade de Ra-226.

A planilha **Estatística** do mesmo arquivo eletrônico apresenta os resultados estatísticos (valores máximos, médios e mínimos) de Concentração de Ra-226 na matriz peixe, em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg), sendo que tais resultados se encontram ilustrados a seguir na Figura 5.3.2-2.

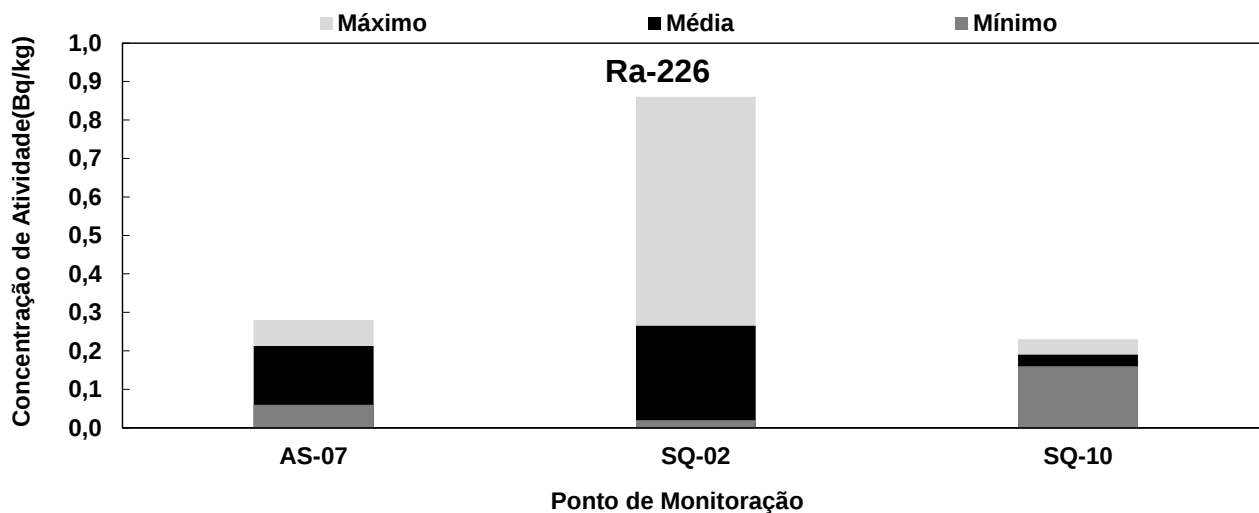


Figura 5.3.2-2 – Resultados Estatísticos de Concentração de Atividade de Ra-226.

Verifica-se que o Ponto SQ-02, que corresponde ao Açude Morrinhos (situado externamente à Fazenda Itataia, mas internamente à sub-bacia do empreendimento), apresentou tanto o maior valor médio (de 0,27 Bq/kg) como o maior valor máximo (de 0,86 Bq/kg) de Concentração de Ra-226.

5.3.3. Resultados de Pb-210

O radionuclídeo Pb-210 (chumbo 210) pertence à série radioativa do U-238, isto é, compõe um subproduto indireto do decaimento do radionuclídeo U-238.

A planilha **Resultados** do arquivo eletrônico que compõe o Anexo B, apresenta os resultados individuais de Concentração de Pb-210 na matriz peixe, relativos às Campanhas de Monitoração C1 a C4, em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg), sendo que tais resultados se encontram ilustrados a seguir na Figura 5.3.3-1.

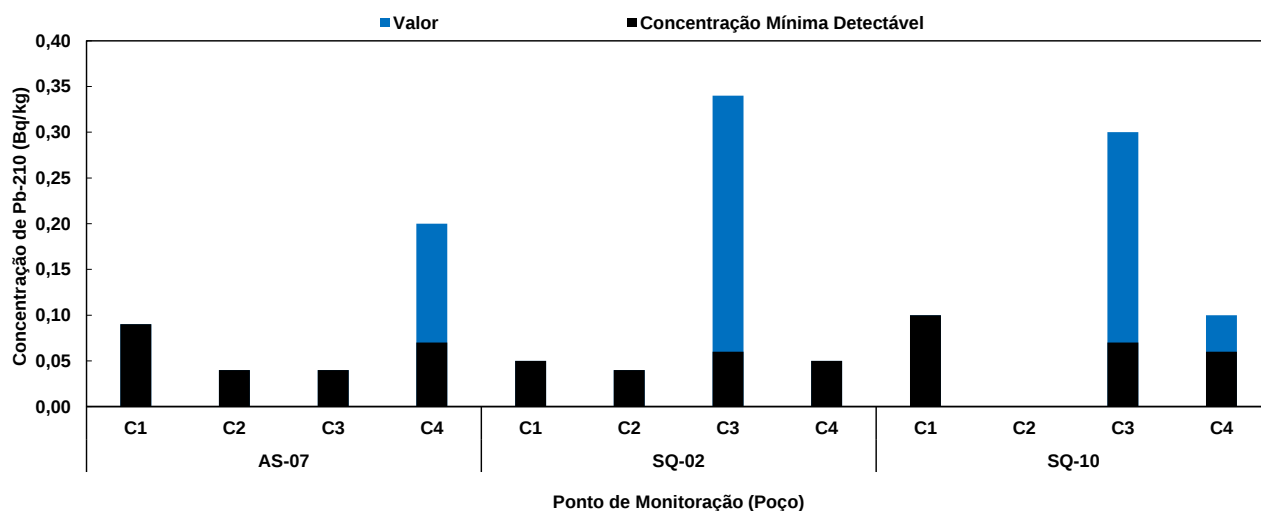


Figura 5.3.3-1 – Resultados Individuais de Concentração de Atividade de Pb-210.

A planilha **Estatística** do mesmo arquivo eletrônico apresenta os resultados estatísticos (valores máximos, médios e mínimos) de Concentração de Pb-210 na matriz peixe, em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg), sendo que tais resultados se encontram ilustrados a seguir na Figura 5.3.3-2.

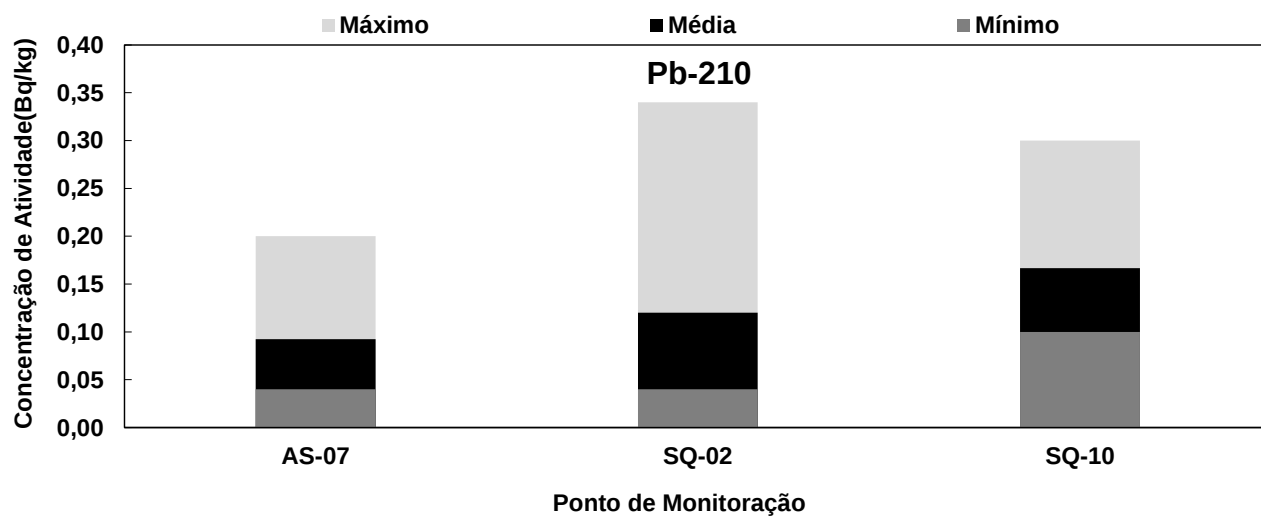


Figura 5.3.3-2 – Resultados Estatísticos de Concentração de Atividade de Pb-210.

Verifica-se que o Ponto SQ-10, que corresponde ao Açude João Silva Guerra (situado externamente à sub-bacia do empreendimento), apresentou o maior valor médio de Concentração de Pb-210 (de 0,17 Bq/kg), enquanto o Ponto SQ-02, que corresponde ao Açude Morrinhos (situado externamente à Fazenda Itataia, mas internamente à sub-bacia do empreendimento), apresentou o maior valor máximo (de 0,34 Bq/kg) de Concentração de Pb-210.

5.3.4. Resultados de Th-232

O radionuclídeo Th-232 (tório 232) compõe o precursor de uma série radiativa própria, independente daquela do U-238. Isto é, o decaimento do Th-232 gera como subprodutos um conjunto de radionuclídeos que são distintos daqueles da série radiativa do U-238.

A planilha **Resultados** do arquivo eletrônico que compõe o Anexo B, apresenta os resultados individuais de Concentração de Th-232 na matriz peixe, relativos às Campanhas de Monitoração C1 a C4, tanto em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg) como em termos de Concentração Mássica (na unidade $\mu\text{g/kg}$), os quais se encontram ilustrados a seguir nas Figuras 5.3.4-1 (em termos de Concentração de Atividade) e 5.3.4-2 (em termos de Concentração Mássica).

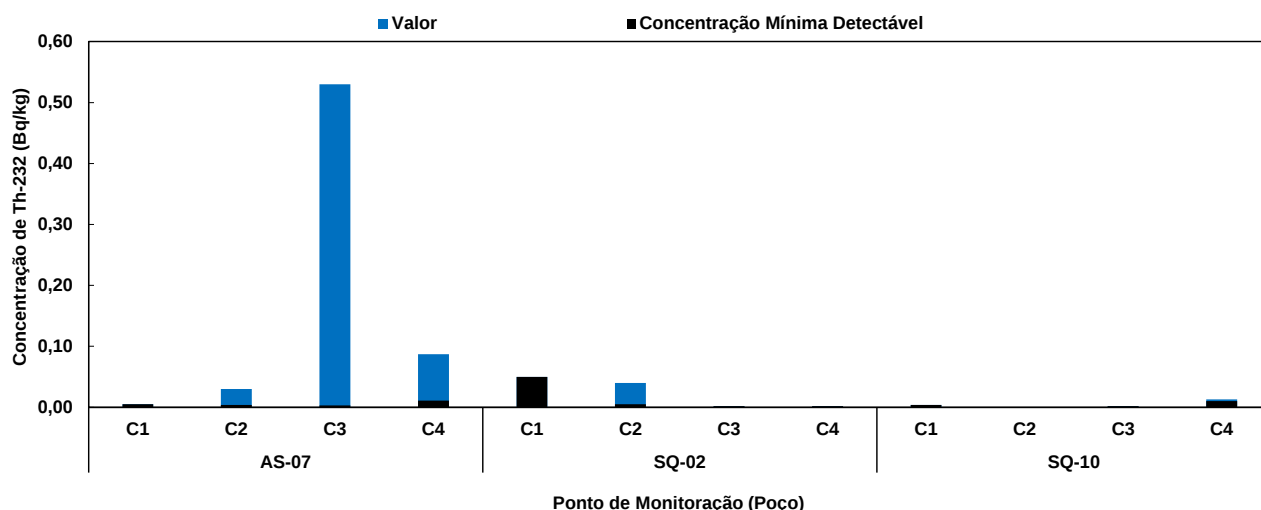


Figura 5.3.4-1 – Resultados Individuais de Concentração de Atividade de Th-232.

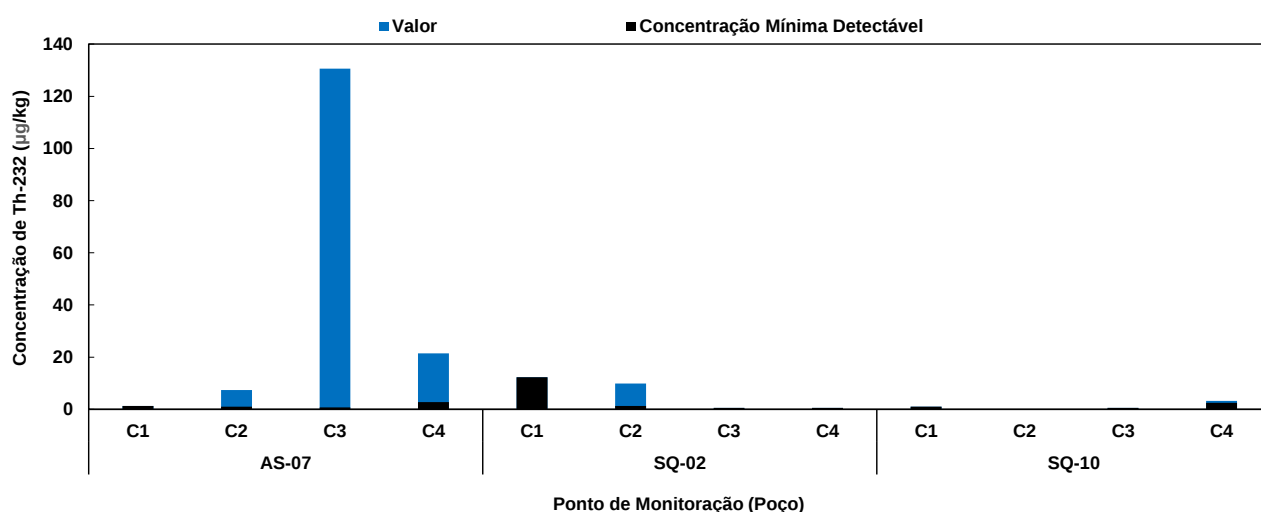


Figura 5.3.4-2 – Resultados Individuais de Concentração Mássica de Th-232.

A planilha **Estatística** do mesmo arquivo eletrônico apresenta os resultados estatísticos (valores máximos, médios e mínimos) de Concentração de Th-232 na matriz peixe, tanto em termos de

Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg) como em termos de Concentração Mássica (na unidade $\mu\text{g/kg}$), sendo que tais resultados se encontram ilustrados a seguir nas Figuras 5.3.4-3 (em termos de Concentração de Atividade) e 5.3.4-4 (em termos de Concentração Mássica).

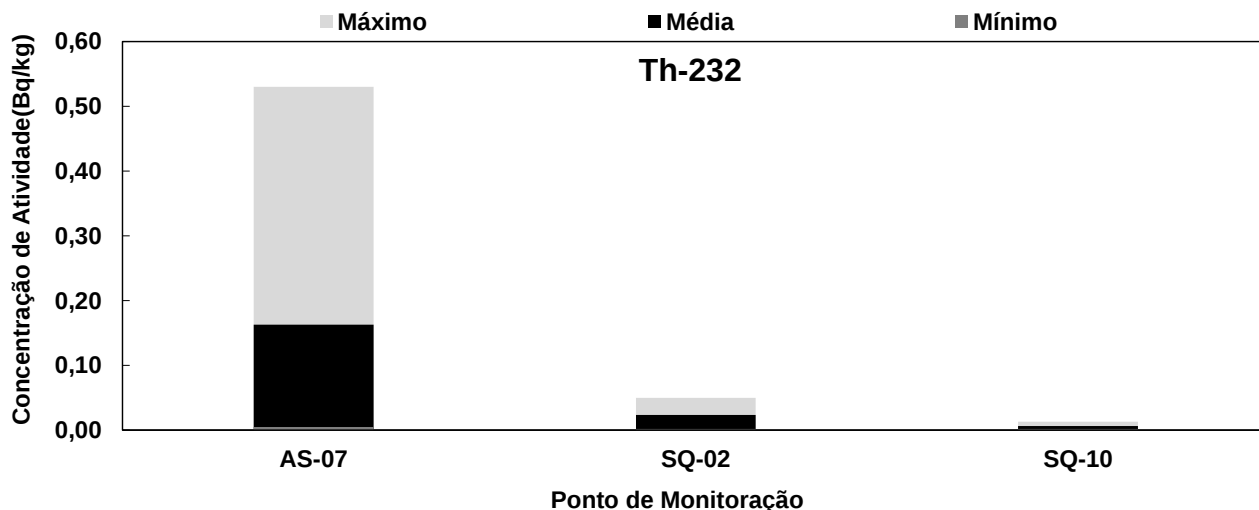


Figura 5.3.4-3 – Resultados Estatísticos de Concentração de Atividade de Th-232.

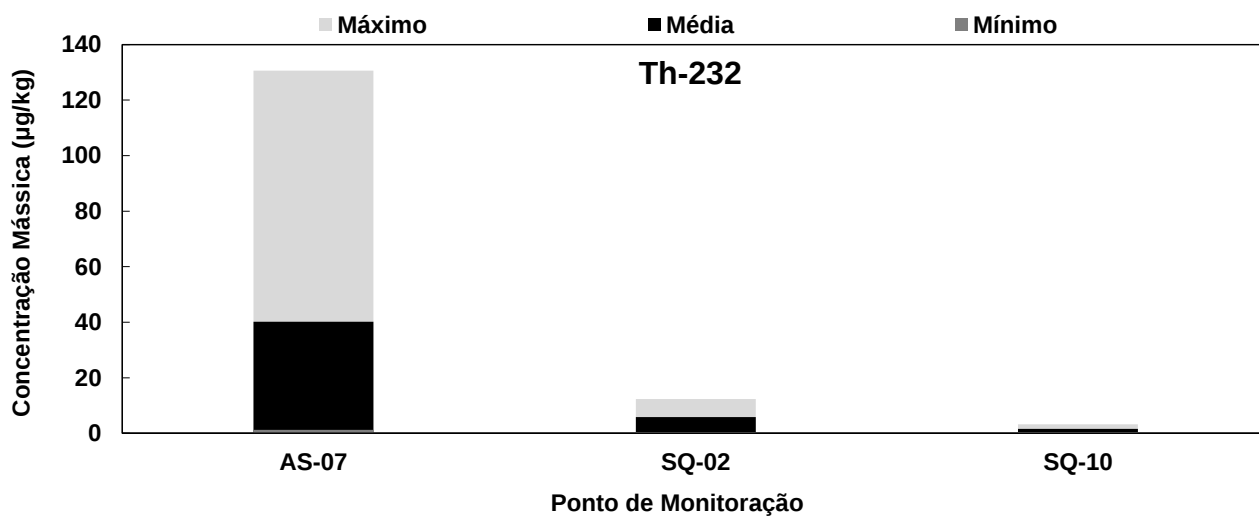


Figura 5.3.4-4 – Resultados Estatísticos de Concentração Mássica de Th-232.

Verifica-se que o Ponto AS-07, que corresponde ao Açude Quixaba (situado internamente à Fazenda Itataia), apresentou tanto o maior valor médio (de 0,163 Bq/kg, equivalente a 40,2 $\mu\text{g/kg}$) como o maior valor máximo (de 0,530 Bq/kg, equivalente a 130,6 $\mu\text{g/kg}$) de Concentração de Th-232.

5.3.5.Resultados de Ra-228

O radionuclídeo Ra-228 (rádio 228) pertence à série radioativa do Th-232, isto é, compõe um subproduto indireto do decaimento do radionuclídeo Th-232.

A planilha **Resultados** do arquivo eletrônico que compõe o Anexo B, apresenta os resultados individuais de Concentração de Ra-228 na matriz peixe, relativos às Campanhas de Monitoração C1 a C4, em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg), sendo que tais resultados se encontram ilustrados a seguir na Figuras 5.3.5-1.

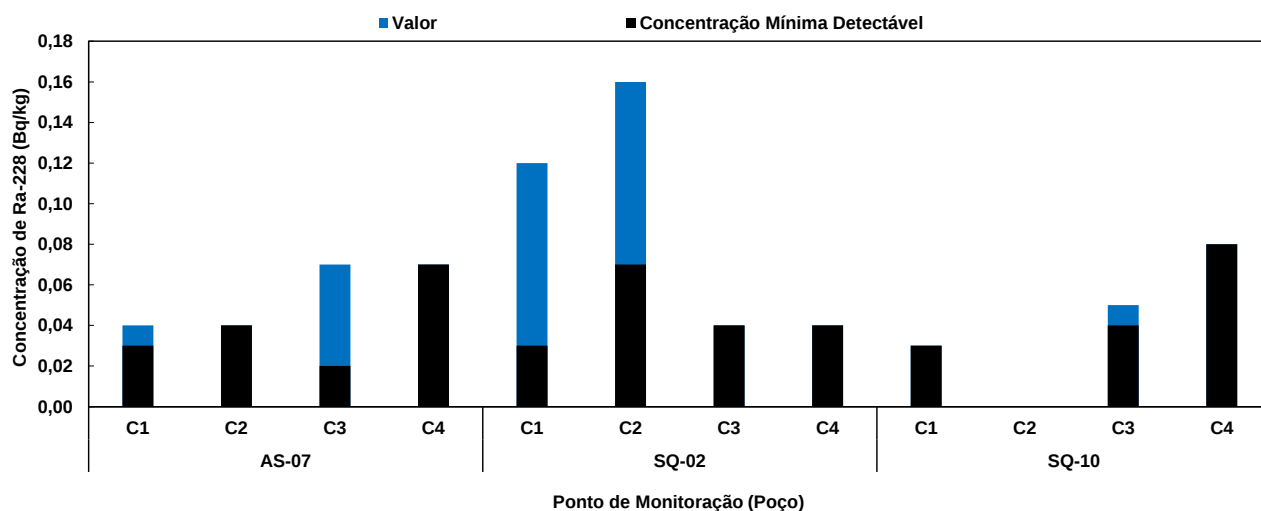


Figura 5.3.5-1 – Resultados Individuais de Concentração de Atividade de Ra-228.

A planilha **Estatística** do mesmo arquivo eletrônico apresenta os resultados estatísticos (valores máximos, médios e mínimos) de Concentração de Ra-228 na matriz peixe, em termos de Concentração de Atividade (na unidade Bq/kg), sendo que tais resultados se encontram ilustrados a seguir na Figura 5.3.5-2.

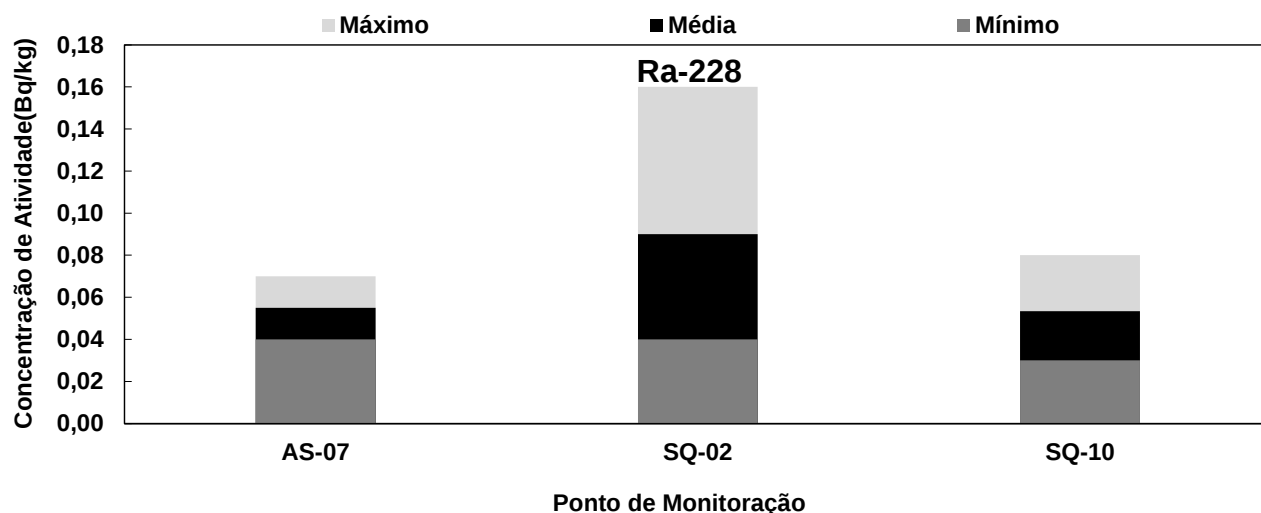


Figura 5.3.5-2 – Resultados Estatísticos de Concentração de Atividade de Ra-228.

Verifica-se que o Ponto SQ-02, que corresponde ao Açude Morrinhos (situado externamente à Fazenda Itataia, mas internamente à sub-bacia do empreendimento), apresentou tanto o maior valor médio (de 0,09 Bq/kg) como o maior valor máximo (de 0,16 Bq/kg) de Concentração de Ra-228.

5.3.6. Avaliação Global

Não foi identificado qualquer comportamento global indicando algum dos pontos sistematicamente com maiores valores de concentração de radionuclídeos que os demais. Pelo contrário, os maiores valores médios ou máximos de concentração variaram entre os diferentes pontos conforme o radionuclídeo avaliado. De qualquer forma, é importante assegurar a continuidade das monitorações para fortalecer os históricos de resultados e, assim, incrementar a estatística de dados necessária à caracterização ambiental pré-operacional do PSQ.

6. CONCLUSÕES

Em cumprimento ao Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO) junto à Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), foram executadas as primeiras 4 campanhas de monitoração da matriz peixe para a caracterização dos níveis de radioatividade naturais locais associados a essa matriz.

Em cumprimento à exigência do Ofício nº 211/2026/COMIP/CGTEF/DILIC, decorrente de avaliação pelo Ibama do relatório parcial de atividades referente à ABIO nº 1527/2023, estão apresentados os resultados de concentração dos radionuclídeos de interesse, sendo eles U-nat (urânio natural, que integra a contribuição conjunta dos radionuclídeos U-238 e U-234), Ra-226 (rádio 226), Pb-210 (chumbo 210), Th-232 (tório 232) e Ra-228 (rádio 228), em termos das grandezas Concentração de Atividade (para todos os radionuclídeos) e de Concentração Mássica (apenas para os radionuclídeos U-nat e Th-232).

Conforme justificado anteriormente na Subseção 5.2.2, a avaliação dos resultados de monitoração se resume a uma comparação dos valores entre os diferentes pontos de monitoração da matriz peixe, verificando, aqueles que apresentam os maiores valores médios e os maiores valores máximos de concentração de dado radionuclídeo.

Não foi identificado qualquer comportamento global indicando algum dos pontos sistematicamente com maiores valores de concentração de radionuclídeos que os demais. Pelo contrário, os maiores valores médios ou máximos de concentração variaram entre os diferentes pontos conforme o radionuclídeo avaliado. De qualquer forma, é importante assegurar a continuidade das monitorações para fortalecer os históricos de resultados e, assim, incrementar a estatística de dados necessária à caracterização ambiental pré-operacional do PSQ.

7. EQUIPE TÉCNICA ENVOLVIDA NA ELABORAÇÃO/REVISÃO

Não aplicável.

8. ANEXOS

- **Anexo A** – Documento ID CPEA 6408, de julho/2026.
- **Anexo B** – Arquivo Eletrônico dos Resultados de Peixe do PMRA-PO – Campanhas C1 a C4