



RT N° IPEN-SEGRR-RT- 2026-01.00

Projeto: Gestão de Rejeitos Radioativos

Título do Relatório: Protocolo para caracterização rotineira de filtros cartucho do reator IEA-R1 por espectrometria gama

Área Emissora: Serviço de Gestão de Rejeitos Radioativos - SEGRR

Autores: Sara Santos Arantes, Roberto Vicente

Classificação de segurança: Categoria distribuição A

São Paulo

Março de 2026

Equipe Técnica (com identificação do Setor, Centro, Depto...):

Sara Santos Arantes (SEGRR) _____

Roberto Vicente (SEGRR) _____

Depositado em (18/03/2026) no:

Repositório Institucional Digital – IPEN/SP

<https://repositorio.ipen.br/>

Somente versão digital

IPEN/SEGRR-REL-01/26

CATEGORIA DISTRIB: A

Protocolo para caracterização rotineira de filtros cartucho do reator IEA-R1 por espectrometria gama

RELATÓRIO TÉCNICO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Sara Santos Arantes

Orientador: Roberto Vicente

Março/2026

Serviço de Gestão de Rejeitos Radioativos

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Comissão Nacional de Energia Nuclear

São Paulo



IPEN/SEGRR-REL-01/26

CATEGORIA DISTRIB: A

Protocolo para caracterização rotineira de filtros cartucho do reator IEA-R1 por espectrometria gama

RELATÓRIO TÉCNICO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Sara Santos Arantes

Orientador: Roberto Vicente

Março/2026

Serviço de Gestão de Rejeitos Radioativos

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Comissão Nacional de Energia Nuclear

São Paulo



Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN

Presidente: Francisco Rondinelli Júnior

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Ipen-Cnen/SP

Superintendente: Isolda Costa

Serviço de Gestão de Rejeitos Radioativos - SEGRR

Gerente: Tereza Cristina Salvetti

O Serviço de Gestão de Rejeitos Radioativos é o departamento do Ipen-Cnen/SP que tem como Missão promover a gestão segura dos rejeitos radioativos gerados no Brasil, dentro dos princípios éticos de proteção ao homem e ao meio ambiente. O objetivo da gestão dos rejeitos radioativos é assegurar um nível adequado de proteção à população e às gerações futuras e a preservação do meio ambiente, protegendo, além do Homem, as outras espécies e os recursos naturais.

O SEGRR presta serviços de gestão de rejeitos aos usuários de materiais radioativos das áreas industrial, médica e outras. Desenvolve atividades de pesquisa e desenvolvimento conduzidas no sentido de se aprimorar os métodos, as técnicas e as estratégias de gestão para reduzir os custos e melhorar a segurança no tratamento dos rejeitos. As atividades de P&D estão voltadas para as áreas de caracterização, tratamento e deposição final. Além disso, o SEGRR participa das atividades de ensino, formação e treinamento nas diversas áreas de aplicação da tecnologia nuclear. O presente relatório técnico foi preparado para divulgar, da forma mais ampla possível, as informações contidas nos resultados das atividades de pesquisa e desenvolvimento do SEGRR, para a administração do Estado, para a comunidade acadêmica, e para o público em geral.

Comentários e sugestões sobre este ou outros relatórios do SEGRR são bem-vindos e devem ser dirigidos a SEGRR – Ipen-Cnen/SP

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP

Fone: 11 2810-8145

Março/2026

Página do Ipen-Cnen/SP na Internet: <https://www.gov.br/ipen/pt-br>

Página da CNEN na Internet: <https://www.gov.br/cnen/pt-br>

Sugestão de referência deste relatório:

Arantes, S. S.; Vicente, R. Protocolo para caracterização rotineira de filtros cartucho do reator IEA-R1 por espectrometria gama. Ipen-Cnen/SP, São Paulo, Março de 2026. (IPEN/SEGRR-REL-01/26)

Palavras-chave: radioactive waste, waste characterization, gamma spectrometry, scaling factors.

NOTA: Nem o Ipen-Cnen/SP nem o SEGRR dão garantias, expressas ou implícitas, da exatidão, completeza ou utilidade de quaisquer informações, produtos ou processos descritos neste relatório, ou de que seu uso não infrinja direitos privados. A referência, neste relatório, de qualquer produto comercial, processo ou serviço pelo nome comercial, marca ou fabricante não constitui nem implica necessariamente a recomendação ou favorecimento pela SEGRR ou pelo Ipen-Cnen/SP.

As conclusões e pontos de vista apresentados neste relatório são do autor.

Para cópias deste documento, contatar:

Biblioteca Terezine Arantes Ferraz

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP

Fone: 11 2810-5544/5545

bibl@ipen.br

Para contatos sobre o conteúdo:

Roberto Vicente

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP

Fone: 11 3133-5879

rvicente@ipen.br

Protocolo para caracterização rotineira de filtros cartucho do reator IEA-R1 por espectrometria gama

Resumo

Filtros cartucho do reator IEA-R1 são usados para reter material particulado na água do seu sistema de retratamento. Eles saturam-se em um período de cerca de três meses são substituídos e descartados como rejeitos radioativos. A legislação brasileira exige a caracterização do rejeito, de modo que ele possa ser aceito na instalação para deposição final. Neste projeto, é proposto um protocolo para: a) identificar os emissores gama presentes nos filtros usando espectrometria gama com um detector portátil *RayMon10*, de CZT, do *Kromek*; b) avaliar a homogeneidade de distribuição da radioatividade em cada filtro; c) estimar a atividade dos radionuclídeos-chave pelo método de *Point-Kernel* usando o software *Microshield* e d) calcular a atividade dos radionuclídeos de difícil medição usando fatores de escala determinados previamente.

Protocol for routine characterization of cartridge filters of IEA-R1 research reactor by gamma spectrometry

Abstract

Cartridge filters from the pool research reactor IEA-R1 are used to retain particulate material suspended in the water in the retreatment system. They become saturated after about three months, are replaced and discarded as radioactive waste. Brazilian regulations require the characterization of the waste in order they can be accepted in the final disposal facility. In this project, it is proposed to develop a protocol to: a) identify the gamma emitting radioisotopes present in the cartridge filter using gamma spectrometry with a portable *RayMon10* CZT detector from *Kromek*; b) evaluate the homogeneity of distribution of the radioactivity in each filter; c) estimate the activity of key nuclides by the *Point-Kernel* method using the software *Microshield* and d) calculate the activity of the difficult-to-measure radioisotopes using previously determined scaling factors.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Aspectos Físicos.....	28
4.2. Aspectos Radiológicos.....	37
4.2.1. Homogeneidade	37
4.2.2. Atividades dos Radionuclídeos-Chave	91
4.2.3. <i>Kromek x Falcon</i>	111
4.2.4. Atividades dos Radionuclídeos de Difícil Medição e atividades totais dos filtros	114
5. CONCLUSÕES	146
ANEXO A – BIBLIOTECA “FILTROS IEA-R1”	147
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148

1. INTRODUÇÃO

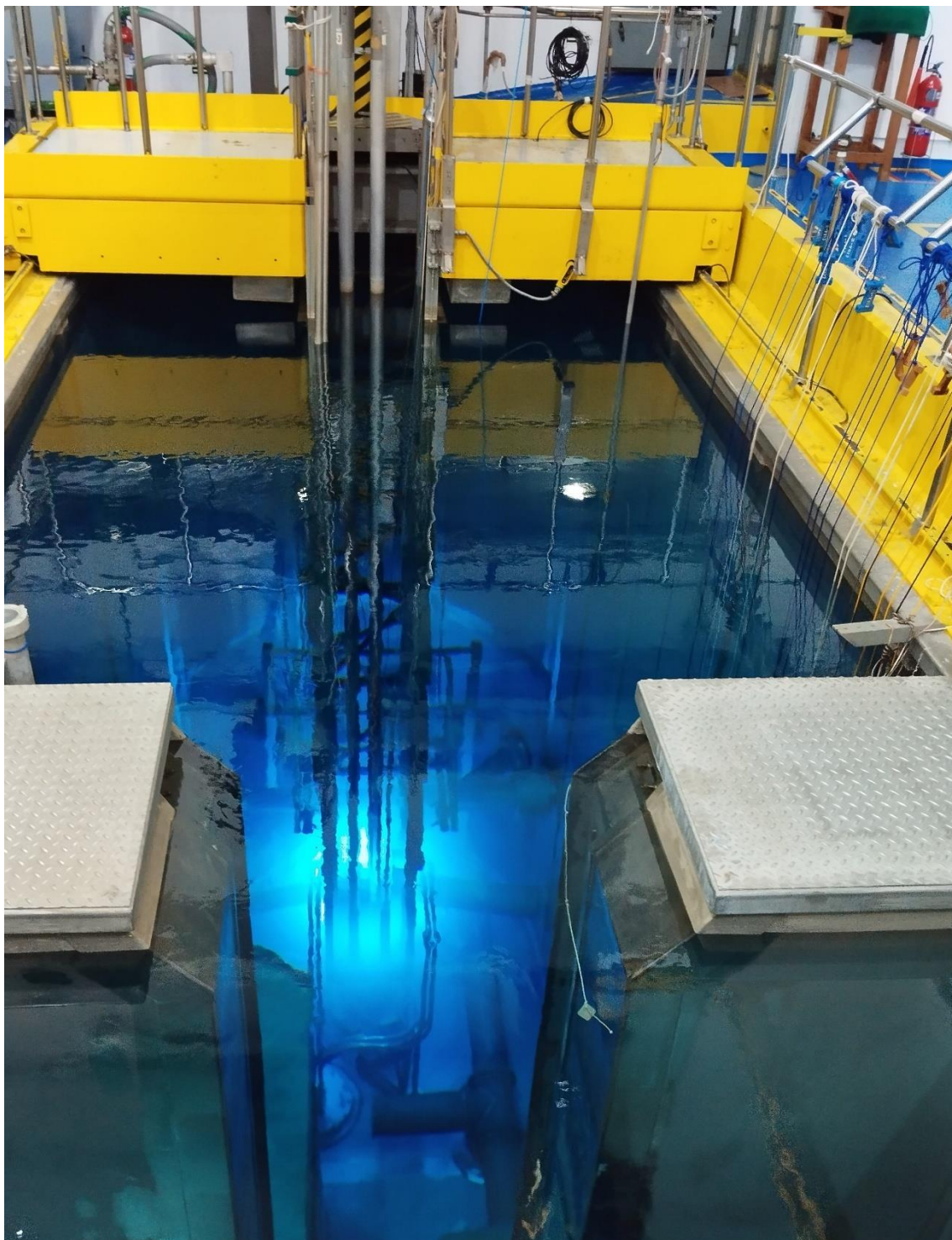
Rejeitos radioativos são materiais que contêm ou estão contaminados com radionuclídeos em concentrações ou concentrações de atividade maiores do que os níveis de isenção estabelecidos pelo órgão regulador [1]. No Brasil atualmente a ANSN (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear) desempenha essa função regulatória, enquanto a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) é responsável por receber e depositar os rejeitos, além de atividades nucleares de pesquisa, desenvolvimento e prestação de serviços [2].

Os rejeitos radioativos são subprodutos da Tecnologia Nuclear gerados em diversas aplicações, como pesquisa, indústria, agricultura e produção de radiofármacos. Eles podem ser classificados segundo um ou mais critérios e de diferentes maneiras: de acordo com seu estado físico, sua origem, nível de radioatividade, meia-vida dos radionuclídeos, dentre outras características.

Os filtros cartucho, o rejeito radioativo que é objeto de estudo deste trabalho, fazem parte do sistema de retratamento de água da piscina do reator IEA-R1. Eles são fabricados com polipropileno expandido e possuem o formato de um cilindro reto oco. Um conjunto de seis filtros simultaneamente são usados para reter material particulado suspenso na água durante a operação do reator. Estima-se que esses filtros se saturam aproximadamente num período de três meses, tornando-se, então, rejeitos radioativos [3].

O IEA-R1 é um reator nuclear de pesquisas do tipo piscina aberta localizado no câmpus da capital da Universidade de São Paulo (USP), dentro do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Este reator brasileiro foi projetado e construído pela empresa estadunidense *Babcock & Wilcox*. Trata-se de um reator MTR (*Materials Testing Reactor* – Reator de Testagem de Materiais), isto é, um reator em que o núcleo se apresenta imerso em uma piscina ou tanque de água. Sua primeira criticalidade ocorreu no dia 16 de setembro de 1957. Operava até 1997 predominantemente a 2 MW e depois de reformas passou a operar com 5 MW de potência. É utilizado extensivamente na produção de radioisótopos, em análise de materiais por ativação, dentre outros serviços solicitados tanto pela comunidade interna do IPEN como por demandas externas [4].

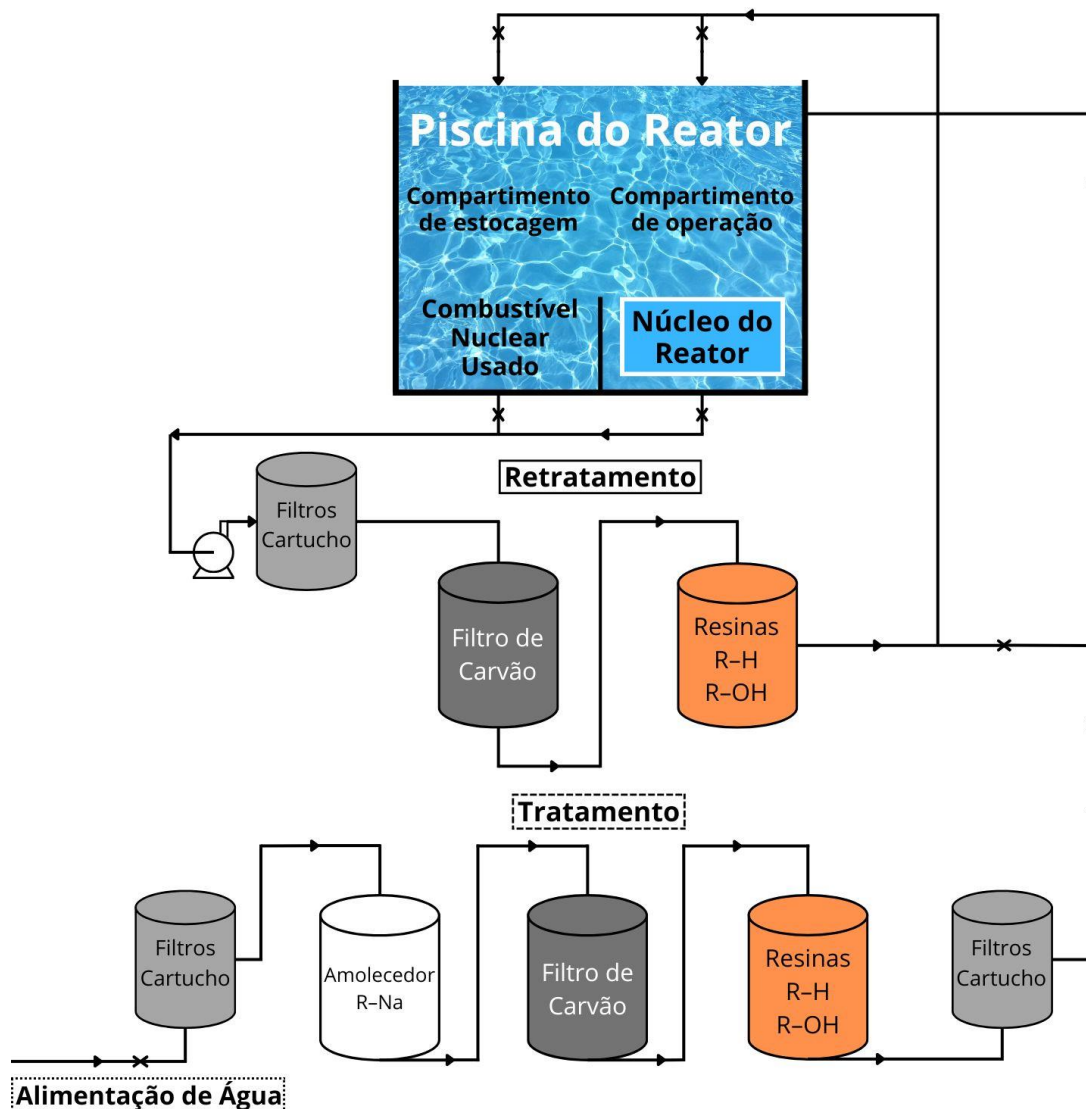
Figura 1: piscina do reator IEA-R1.



A água é um material adequado para ser utilizado em reatores nucleares, visto que serve como fluido refrigerante (absorve o calor gerado pela reação de fissão nuclear), blindagem (impede que níveis nocivos de radiação ionizante passem para as proximidades da piscina) e moderador (desacelera os nêutrons na fissão para manter a reação em cadeia controlada) [3].

A figura 2, logo abaixo, traz uma representação dos sistemas de tratamento e retratamento de água do IEA-R1.

Figura 2: esquema dos sistemas de tratamento e retratamento de água da piscina do IEA-R1.



Fonte: autor, com base em [5].

O circuito inferior (de tratamento) não é radioativo e serve para tratar a água de abastecimento do sistema. Por outro lado, o circuito superior (de retratamento) é radioativo, pois retira da água os produtos de fissão que escapam dos elementos combustíveis e os produtos de ativação dos átomos de elementos químicos que são ativados ao passar junto ao núcleo do reator e que ficam dissolvidos ou em suspensão na água [3].

O grau de pureza da água da piscina do IEA-R1 é controlado pela medida de condutividade elétrica. Neste reator, a água de refrigeração é

purificada pelos filtros cartucho de polipropileno, filtros de carvão ativado e resinas de troca iônica, que retêm substâncias radioativas dissolvidas ou em suspensão. Caso a condutividade elétrica da água do sistema de retratamento esteja fora dos limites especificados, regenera-se as resinas, se faz a retrolavagem do leito do carvão ativado e se substituem os filtros cartucho. Por fim, quando todos esses filtros ficam incapazes de manter a água purificada, são substituídos e passam a ser rejeitos radioativos de baixa atividade contendo produtos de fissão, produtos de ativação e elementos actinoides [5].

O conjunto de seis filtros cartucho encontram-se na posição vertical, quando em uso, completamente imersos em água de modo a filtrá-la, passada sob alta pressão [6]. A figura 3 representa essa descrição.

Figura 3: conjunto de seis filtros do sistema de retratamento do reator IEA-R1.



Fonte: [6].

Ao serem substituídos, os filtros ficam estocados nas dependências do reator por algumas semanas, armazenados dentro de baldes plásticos, em uma posição inclinada, com o intuito de secarem, decaírem uma parte dos radionuclídeos e reduzirem as doses de radiação ocupacionais durante a remoção e embalagem para posterior transporte ao SEGRR (Serviço de Gestão de Rejeitos Radioativos). Esta mudança de posição levanta o questionamento se os filtros são homogêneos ou não, já que pode acontecer um deslocamento dos radionuclídeos nas matrizes [6].

Segundo [3], [6] e [7], GRR (Gerência de Rejeitos Radioativos) é o conjunto de atividades administrativas, técnicas, operacionais e de gestão envolvidas em todas as etapas da vida do rejeito radioativo, desde a sua

geração até a sua deposição final. A GRR tem como premissas a garantia da saúde, a proteção ao meio ambiente e a não geração de encargos para futuras gerações. Sumarizando, a GRR visa reduzir custos e doses operacionais.

Entre as várias etapas da GRR, a que foi realizada em parte neste trabalho foi a de caracterização primária dos filtros do sistema de retratamento do IEA-R1. Esta etapa é de suma importância porque é através dela que são definidas as etapas posteriores, como tratamento, imobilização e disposição final em repositório. Basicamente, a caracterização primária consiste em determinar as características físicas, químicas e radiológicas dos rejeitos radioativos [3, 6].

Neste momento, torna-se essencial abordar a norma CNEN NN 6.09, que trata sobre de critérios de aceitação para deposição de rejeitos de baixo e médio níveis de radiação. Um dos critérios exige o conhecimento e a documentação sobre o tipo, a composição e o inventário de radionuclídeos do produto com suficiente precisão para apresentar evidência de sua conformidade com os limites autorizados [7].

Portanto, para que o gerenciamento de rejeitos radioativos seja realizado em conformidade com as normas brasileiras vigentes, as características radiológicas exigidas são a composição radioisotópica e a as concentrações de atividade de todos os radionuclídeos: emissores alfa, beta e gama. O conhecimento do inventário radioisotópico permite uma gestão mais segura do rejeito, provendo informações para o tratamento e as avaliações de segurança em longo prazo dos rejeitos em repositórios [3, 5, 8].

Os radionuclídeos presentes em rejeitos radioativos podem ser elencados em três categorias: radionuclídeos-chave (RC), radionuclídeos de difícil medição (RDM) e radionuclídeos de impossível medição (RIM). Os RC são emissores gama que podem ser medidos de forma direta por espectrometria gama. Os RDM são emissores alfa ou beta puros, sendo determinados por técnicas radioquímicas. E os RIM possuem características que não permitem a sua detecção ou permitem, levando a resultados extremamente imprecisos, devendo ser desconsiderados [3].

Existem diferentes técnicas para a caracterização radioisotópica de um rejeito radioativo, sendo algumas delas: métodos radioquímicos, espectrometria gama, método de fatores de escala, caracterização por meio de medidas de taxas de dose [3].

Métodos radioquímicos envolvem processamento químico - por meio de precipitação, extração por solvente e troca iônica, por exemplo - da amostra, logo, são métodos destrutivos. Na espectrometria gama identifica-se cada fóton emissor gama que possui energia discreta, sendo essa energia característica de cada isótopo. É um método não destrutivo, pois mede-se diretamente a amostra utilizando detectores de radiação gama. Os fatores de escala são razões entre as concentrações de atividade dos RDM pelos RC. Assim, é necessário tanto análises radioquímicas como espectrometria gama para se determinar os fatores de escala, que poderão ser usados em futuras caracterizações do mesmo tipo de rejeito para a mesma instalação nuclear. Por último, há os métodos que partem das medidas de taxa de dose para estimar a atividade, como o método de *Point-Kernel*, que será melhor detalhado na seção de materiais e métodos [3, 6].

Neste ponto, é válido pontuar os trabalhos anteriores realizados no SEGRR envolvendo filtros cartucho do reator IEA-R1. Em resumo:

- Costa (dissertação publicada em 2014) utilizou espectrometria gama com um detector de germânio hiperpuro EGPC-15-190 associado ao método de Monte Carlo (MCNP) para calibrar a eficiência do detector, posteriormente identificando os radionuclídeos presentes e estimando suas atividades;
- Tessaro (dissertação publicada em 2015): utilizou um detector 6150 AD Automess para medir taxas de dose e avaliar a homogeneidade dos filtros e espectrometria gama com um detector de germânio hiperpuro EGPC-15-190 associado o método de *Point-Kernel* para estimar as atividades;
- Geraldo (tese publicada em 2018): avaliação da homogeneidade dos filtros e quantificação das atividades dos RC por espectrometria gama e análise radioquímica para a quantificação de emissores alfa e beta, além da determinação dos fatores de escala para cada par RDM/RC.

Por meio desses três trabalhos ficou claro que os radionuclídeos-chave presentes nos filtros são o ^{60}Co , a $^{108\text{m}}\text{Ag}$ e a $^{110\text{m}}\text{Ag}$, todos produtos de ativação.

Os fatores de escala obtidos no trabalho de caracterização dos filtros do IEA-R1 por Geraldo [6] estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1: valores médios dos fatores de escala e valores de dispersão 2σ :

RDM / RC	Fator de escala	D2 σ
$^{63}\text{Ni} / ^{60}\text{Co}$	$7,12 \times 10^{-2}$	1,3
$^{63}\text{Ni} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$5,42 \times 10^{-1}$	3,0
$^{90}\text{Sr} / ^{60}\text{Co}$	$1,20 \times 10^{-3}$	6,9
$^{90}\text{Sr} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$9,12 \times 10^{-3}$	5,4
$^{234}\text{U} / ^{60}\text{Co}$	$1,35 \times 10^{-6}$	1,9
$^{234}\text{U} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$1,03 \times 10^{-5}$	2,7
$^{235}\text{U} / ^{60}\text{Co}$	$5,77 \times 10^{-8}$	3,7
$^{235}\text{U} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$4,60 \times 10^{-7}$	4,9
$^{238}\text{U} / ^{60}\text{Co}$	$5,17 \times 10^{-7}$	1,9
$^{238}\text{U} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$3,94 \times 10^{-6}$	3,1
$^{238}\text{Pu} / ^{60}\text{Co}$	$5,92 \times 10^{-5}$	2,5
$^{238}\text{Pu} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$4,51 \times 10^{-4}$	4,7
$^{239+240}\text{Pu} / ^{60}\text{Co}$	$1,99 \times 10^{-4}$	1,6
$^{239+240}\text{Pu} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$1,51 \times 10^{-3}$	3,7
$^{241}\text{Pu} / ^{60}\text{Co}$	$3,38 \times 10^{-2}$	15,6
$^{241}\text{Pu} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$2,57 \times 10^{-1}$	32,5
$^{241}\text{Am} / ^{60}\text{Co}$	$1,19 \times 10^{-4}$	2,0
$^{241}\text{Am} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$9,09 \times 10^{-4}$	2,4
$^{242}\text{Cm} / ^{60}\text{Co}$	$4,98 \times 10^{-7}$	3,0
$^{242}\text{Cm} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$3,79 \times 10^{-6}$	4,3
$^{243+244}\text{Cm} / ^{60}\text{Co}$	$1,93 \times 10^{-6}$	2,2
$^{243+244}\text{Cm} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$	$1,47 \times 10^{-5}$	4,4

Fonte: [6].

Importante destacar os valores de dispersão relacionados ao ^{241}Pu , que são muito altos. Sendo assim, não é possível considerar o fator de escala dos

pares $^{241}\text{Pu} / ^{60}\text{Co}$ e $^{241}\text{Pu} / ^{108\text{m}}\text{Ag}$. Dessa forma, os RDM de interesse obtidos para os filtros são ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{242}Cm e $^{243+244}\text{Cm}$.

Em vista do contexto apresentado, buscou-se realizar a caracterização primária de filtros cartucho recebidos no SEGRR, atendendo à legislação brasileira. Ao mesmo, durante a realização deste trabalho, e motivado pelos anteriores, viu-se a necessidade de haver uma caracterização dos filtros no trabalho rotineiro da gerência de rejeitos radioativos.

2. OBJETIVOS

Geral: criar um protocolo contendo instruções passo a passo a ser implementado no trabalho rotineiro do Serviço de Gestão de Rejeitos Radioativos para caracterizar filtros do reator IEA-R1.

Específicos: verificar taxa de dose, gerar espectro gama, estimar atividade dos radionuclídeos-chave a partir de taxa de dose medida, avaliar homogeneidade, realizar análise estatística das taxas de dose para atestar homogeneidade, medir massa, calcular volume, calcular densidade, verificar aspecto físico, conhecer o inventário radioisotópico dos rejeitos, calcular a atividade dos radionuclídeos de difícil medição a partir dos radionuclídeos-chave e dos fatores de escala previamente definidos, calcular a atividade total dos filtros.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais utilizados durante as medições: *Kromek* (espectrômetro gama), trena *Irwin* de 5 metros, régua de 50 cm, filme de PVC, balança de baixa precisão da marca *KNWaagen*, blindagem de concreto cilíndrica oca, caneta de retroprojektor, sacos plásticos, fita crepe, tesoura ou estilete.

As medições dos filtros ocorreram na área controlada (UITAR – Unidade Integrada de Tratamento e Armazenamento de Rejeitos Radioativos) do Serviço de Gestão de Rejeitos Radioativos, especificamente na sala U-10. As duas fotos seguintes mostram parcialmente o ambiente da sala.

Figura 4: vista parcial da entrada da sala U-10. Na mesa, é possível ver a blindagem de concreto, uma versão mais moderna do detector *Kromek* e marcações de caneta na mesa.



Figura 5: vista parcial por dentro da sala U-10. Os tambores em azul no fundo mais à esquerda contém os filtros estudados.



A espectrometria gama, as medidas de taxas de dose para estimar atividade e os fatores de escala foram os métodos utilizados para realizar a caracterização primária dos filtros cartucho. Os dois primeiros métodos associados permitem a criação de um protocolo para caracterização primária no trabalho rotineiro do SEGRR.

O principal espectrômetro utilizado foi o *RayMon10* (versão com *Windows Mobile*), da marca *Kromek* (o detector será identificado como *Kromek* ao longo do texto), que contém um cristal de CZT (telureto de zinco e cádmio), um material semicondutor. Ele foi escolhido por se tratar de um detector portátil pequeno, robusto, com bateria recarregável de alta duração e capaz de realizar medidas com precisão aceitável, apesar da baixa eficiência. A eficiência dos espectrômetros *RayMon10* (que utilizam detectores CZT modelo *GR1* na sonda) é de poucos pontos percentuais, segundo o fabricante, e a resolução varia entre 2,0% e 2,5% em 662 keV [9].

Figura 6: espectrômetro *Kromek* e sua sonda ao lado direito. A tela do *Kromek* exibe um espectro característico dos filtros.



Alguns filtros foram escolhidos para serem realizadas medidas extras utilizando o detector *Falcon 5000*, um espectrômetro gama portátil grande feito

de germânio hiperpuro (HPGe), a fim de se comparar com os resultados obtidos pelo *Kromek* e validá-los. Apesar de o *Falcon* (figura 7) ser bem maior que o *Kromek*, ainda é possível levá-lo a campo. Ele possui também um computador portátil com *softwares* para montagem de geometria, criação de biblioteca de radionuclídeos e análise de espectros gama [10].

Figura 7: espectrômetro *Falcon 5000*.



As duas próximas figuras ilustram procedimentos práticos distintos de medição realizados, considerando um tempo de 120 s para cada medida.

Figura 8: filtro colocado internamente à blindagem de concreto e sonda do detector posicionada no buraco lateral desta blindagem.

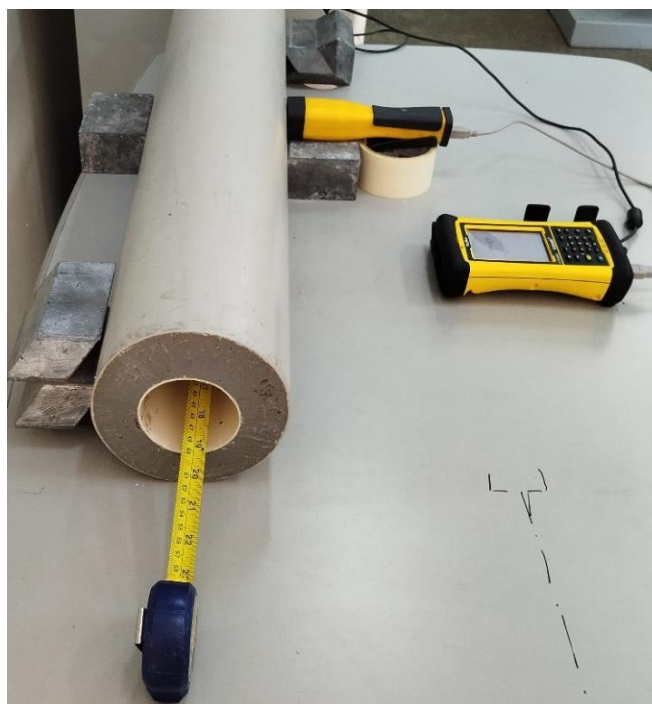
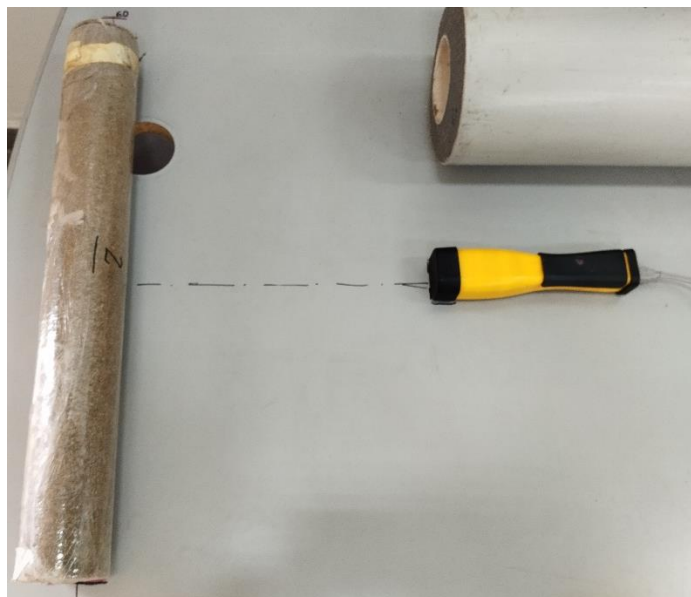


Figura 9: filtro medido fora da blindagem dentro das marcações especificadas.



Na primeira situação, os filtros são colocados dentro da blindagem de concreto e empurrados, junto com uma trena, até a posição onde se encontra o buraco na lateral da blindagem (onde a sonda do detector é posta). A cada medida feita, o sistema filtro+trena é empurrado para frente em relação à posição anterior, de modo a se medir o filtro por fatias. As posições em que os filtros foram medidos dependem de seus comprimentos.

Na segunda situação, os filtros são postos na mesa, completamente fora da blindagem de concreto. Eles são posicionados de maneira que a sonda do detector fique à 30 cm de distância horizontal em relação ao plano médio do filtro, ou seja, à metade da altura do filtro, como pode ser visto na figura 9.

Cada cenário apresentado tem um propósito diferente: no primeiro, busca-se medir as taxas de dose e comparar entre si esses valores, de forma a avaliar a homogeneidade dos filtros cartucho. Por outro lado, no segundo caso, o intuito é medir a taxa de dose e, a partir desse valor, estimar a atividade dos radionuclídeos-chave (RC) presentes.

Em termos de caracterização dos filtros, separou-se em duas grandes categorias: aspectos físicos e aspectos radiológicos. Dentro de aspectos físicos, foram considerados: cor, forma, condição, comprimento, diâmetro interno e externo, massa, volume e densidade. Já dentro de aspectos radiológicos, foram considerados: data e hora da medição, homogeneidade,

taxa de dose medida, taxa de dose calculada, fator de correção da taxa de dose, radionuclídeo-chave e atividade correspondente, identificação de cada pico de energia, além de *gross count* e *net count* relacionado a cada energia.

Em relação à estimativa da atividade dos RC, foi utilizado o método de *Point-Kernel*, que utiliza aproximações e permite obter a taxa de dose a partir do fluxo de fótons. Basicamente, trata-se a fonte como uma coleção de fontes pontuais e soma-se as contribuições individuais de cada fonte pontual, considerando a blindagem e a fonte como homogêneas, por isso a importância de verificar a homogeneidade das amostras. Leva-se em consideração o fator de *build-up*, um valor que considera a radiação espalhada e a atenuação proveniente do material e de sua geometria [3, 11].

Considerando o índice de radionuclídeos como i e o índice de fótons como j , a sequência manual de passos para se obter a taxa de dose é: [11]

1. Com o relatório dado pelo detector, calcula-se a eficiência intrínseca (ϵ_j) do detector na energia do radionuclídeo j (E_j), dada pela razão entre área do pico do fóton j do radionuclídeo i (S_{ij}) e frequência absoluta do fóton j do radionuclídeo i (y_{ij}), um valor tabelado.

$$\epsilon_j = \frac{S_{ij}}{y_{ij}} \quad (1)$$

2. Após isso, a concentração de atividade do radionuclídeo i (S_{Vi}) será a razão entre a área do pico (S_{ij}) e a eficiência do detector (ϵ_j).

$$S_{Vi} = \frac{S_{ij}}{\epsilon_j} \quad (2)$$

3. Para uma fonte com geometria de cilindro circular reto, o fluxo de fótons Φ_j considera o fator de *build-up* (B_j), que depende do material, da espessura da blindagem e da energia do fóton; a concentração de atividade do radionuclídeo (S_{Vi}); o raio do cilindro em cm (r_0); a distância em cm da sonda do detector até a superfície da amostra (a); a distância em cm de atenuação (Z); e $F_j(\theta, b)$, uma função das variáveis ângulo θ , do plano médio do cilindro no ponto P, e $b = \mu_s \cdot Z$, em que μ é a seção de choque

macroscópica na fonte em cm^{-1} . A equação abaixo resume o cálculo do fluxo de fótons.

$$\Phi_j = \frac{B_j \cdot S_{Vi} \cdot r_0^2}{2(a + Z_j)} F_j(\theta, b) \quad (3)$$

4. A taxa de dose do fóton j no ponto P (D_j) é obtida pelo produto do fluxo de fótons (Φ_j) pela constante de raio gama do fóton (G_j), valor tabelado, dado na unidade $\text{mSv.h}^{-1} \cdot \text{s}^1 \cdot \text{cm}^2$.

$$\dot{D}_j = \Phi_j \cdot G_j \quad (4)$$

5. Depois, fazendo a somatória dos fluxos de todos os fótons j de cada radionuclídeo i (Φ_{ij}) multiplicados pelas constantes de raio gama (G_j) e dividindo tudo isso pela somatória da quantidade de fótons j (Σ_j), obtém-se a taxa de dose média para cada radionuclídeo i (D_i).

$$\dot{D}_i = \sum_j \Phi_{ij} \cdot G_j / \sum_j \quad (5)$$

6. Dessa forma, a taxa de dose calculada (D_C) é:

$$\dot{D}_C = \sum_i \dot{D}_i \quad (6)$$

7. O fator de correção (κ) é obtido pela divisão entre taxa de dose medida experimentalmente (D_M) e taxa de dose calculada (D_C):

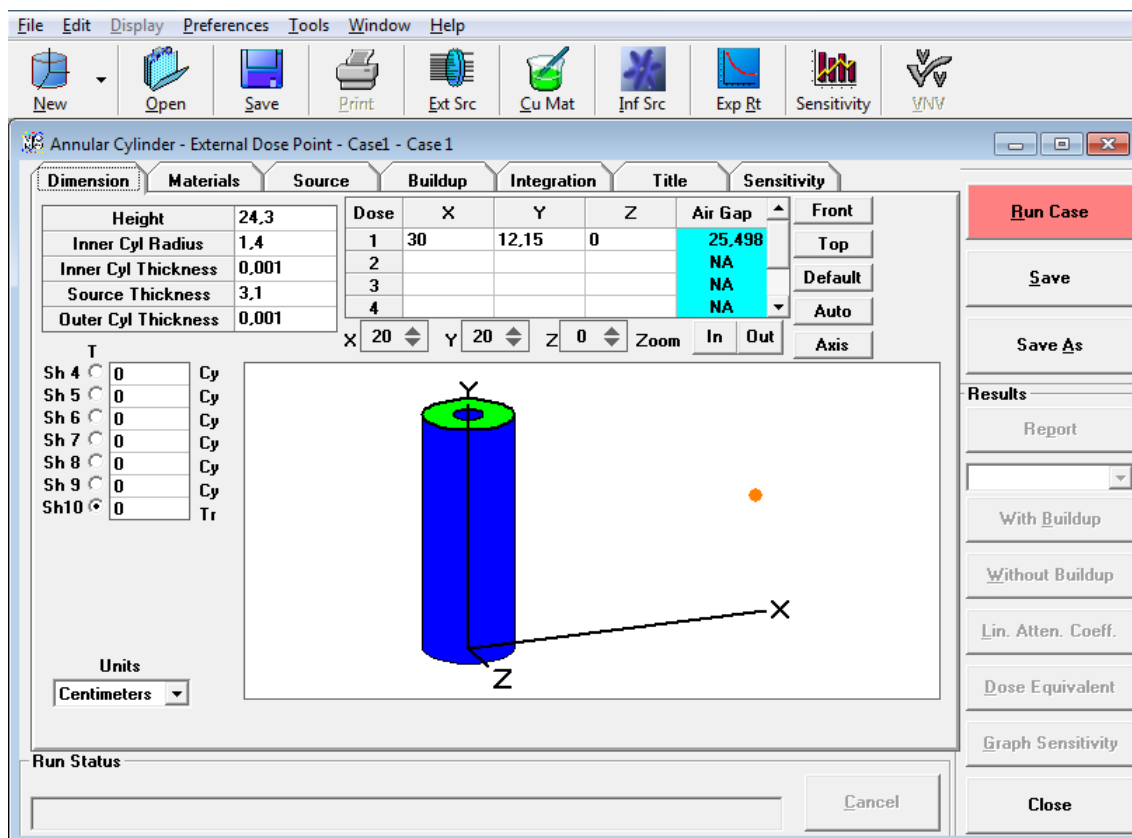
$$\kappa = \frac{\dot{D}_M}{\dot{D}_C} \quad (7)$$

8. Por fim, a concentração de atividade do radionuclídeo i (S_{Vi}) é corrigida pelo fator de correção (κ) para a nova concentração de atividade (S_i):

$$S_i = \kappa \cdot S_{Vi} \quad (8)$$

O software *Microshield* faz uso do método de *Point-Kernel*. Um exemplo de sua interface está representado na figura 10.

Figura 10: tela do *Microshield* com uma geometria em formato de cilindro oco selecionada, simulando a geometria de um filtro cartucho.



O programa *Microshield* possui dezesseis geometrias diferentes, inclusive algumas não encontradas no livro [11], como a geometria cúbica. Ele permite adicionar até dez blindagens, além de auto blindagem. As entradas de dados podem ser colocadas em diferentes unidades de medida (cm, m, pé e pol para comprimento, por exemplo) e o programa entende a vírgula como separador decimal. Possui também uma ampla biblioteca de radionuclídeos, valores de atenuação, fatores de *build-up* e conversão de dose de padrões internacionais. Inclui uma variedade razoável de materiais que podem ser usados tanto para a fonte como para a(s) blindagem(ns) [12].

Para o método proposto neste trabalho, o *Microshield* atua fornecendo a taxa de dose calculada, de modo a se obter o fator de correção, e consequentemente, a atividade corrigida para cada radionuclídeo-chave.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta a biblioteca criada para se realizar as medições por espectrometria gama com o *Kromek*:

Tabela 2: biblioteca “Filtros IEA-R1”, com os radionuclídeos e as energias selecionadas.

Radionuclídeo	Energia (keV)
^{241}Am	59,541
$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,937
	614,276
	722,907
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657,760
	884,678
	937,485
^{57}Co	122,061
	136,474
^{60}Co	1173,228
	1332,492
^{137}Cs	661,657
^{54}Mn	834,848
^{237}Np	86,484
^{235}U	143,765
	185,713
^{65}Zn	1115,539

Fonte: [13]

A versão completa da tabela 2 está no Anexo A, incluindo o tempo de meia-vida de cada radionuclídeo, a frequência absoluta de emissão de cada fóton (probabilidade de emissão de fóton por decaimento) e a frequência relativa de cada fóton de acordo com a biblioteca interna do espectrômetro *Kromek*.

Pelos trabalhos anteriores, não se espera encontrar ^{137}Cs , por exemplo, pois o céσιο é um metal alcalino, sendo muito solúvel em água. Assim, os

outros radionuclídeos incluídos fora os RC (^{108m}Ag , ^{110m}Ag e ^{60}Co) são apenas para verificar se existem resquícios deles nos rejeitos analisados.

4.1. Aspectos físicos

Utilizou-se uma identificação (ID) somente com letras no momento de salvar o arquivo da medida no *Kromek* apenas para facilitar o processo. A tabela 3 resume os aspectos físicos analisados nos filtros medidos.

Tabela 3: aspectos físicos avaliados nos filtros cartucho.

(continua)

ID do Filtro	ID	Cor	Forma	Condição	Comprimento (cm)	Diâmetro externo (cm)	Diâmetro interno (cm)	Massa (g)	Volume (cm³)	Densidade (g/cm³)
TAFA	T1F1	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	24,3	6,2	2,8	138,5	584	0,24
TAFB	T1F2	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	24,3	6,2	2,8	138,2	584	0,24
TAFC	T1F3	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	24,3	6,2	2,8	134,7	584	0,23
TAFD	T1F4	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	24,3	6,2	2,8	141,1	584	0,24
TAFE	T1F5	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	24,3	6,2	2,8	136,7	584	0,23
TAFF	T1F6	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	24,3	6,2	2,8	138,9	584	0,24
TAFG	T1F7	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	24,3	6,2	2,8	137,9	584	0,24
TAFH	T1F8	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	24,3	6,2	2,8	140,2	584	0,24

Tabela 3: aspectos físicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID do Filtro	ID	Cor	Forma	Condição	Comprimento (cm)	Diâmetro externo (cm)	Diâmetro interno (cm)	Massa (g)	Volume (cm³)	Densidade (g/cm³)
TAFI	T1F9	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	11,2	6,8	2,7	76,6	343	0,22
TAFJ	T1F10	Marrom	Com fatias externas	Seco e sem farelos	11,2	6,8	2,7	66,2	343	0,19
TAFK	T1F11	Marrom	Com fatias externas	Seco sem farelos	11,2	6,8	2,7	67,8	343	0,20
T AFL	T1F12	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	11,2	6,8	2,7	74,7	343	0,22
TAFM	T1F13	Marrom	Com fatias externas	Molhado	24,8	6,8	2,8	377,5	748	0,50
TAFN	T1F14	Marrom	Com fatias externas	Molhado	24,8	6,8	2,8	521,4	748	0,70
TAFO	T1F15	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	141,5	748	0,19
TAFP	T1F16	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	180,3	748	0,24

Tabela 3: aspectos físicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID do Filtro	ID	Cor	Forma	Condição	Comprimento (cm)	Diâmetro externo (cm)	Diâmetro interno (cm)	Massa (g)	Volume (cm³)	Densidade (g/cm³)
TAFQ	T1F17	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	151,3	748	0,20
TAFR	T1F18	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	186,1	748	0,25
TAFS	T1F19	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	152,5	748	0,20
TAFT	T1F20	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	194,8	748	0,26
TAFU	T1F21	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	152,9	748	0,20
TAFV	T1F22	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	168,2	748	0,22
TAFW	T1F23	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	153,0	748	0,20
TAFX	T1F24	Marrom	Com fatias externas	Seco e com farelos	24,8	6,8	2,8	168,5	748	0,23

Tabela 3: aspectos físicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID do Filtro	ID	Cor	Forma	Condição	Comprimento (cm)	Diâmetro externo (cm)	Diâmetro interno (cm)	Massa (g)	Volume (cm³)	Densidade (g/cm³)
TBFA	T2F1	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	48,6	6,5	2,8	367,2	1313	0,28
TBFB	T2F2	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	48,6	6,5	2,8	361,5	1313	0,28
TBFC	T2F3	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	48,6	6,5	2,8	379,3	1313	0,29
TBFD	T2F4	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	48,6	6,5	2,8	362,3	1313	0,28
TBFE	T2F5	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	48,6	6,5	2,8	368,6	1313	0,28
TBFF	T2F6	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	48,6	6,5	2,8	365,8	1313	0,28
TBFG	T2F7	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	48,6	6,5	2,8	361,4	1313	0,28
TBFH	T2F8	Bege	Sem fatias externas	Seco e sem farelos	48,6	6,5	2,8	374,8	1313	0,29

Tabela 3: aspectos físicos avaliados nos filtros cartucho.

(conclusão)

ID do Filtro	ID	Cor	Forma	Condição	Comprimento (cm)	Diâmetro externo (cm)	Diâmetro interno (cm)	Massa (g)	Volume (cm³)	Densidade (g/cm³)
TBFI	T2F9	Bege	Sem fatias externas	Molhado	48,6	6,5	2,8	467,8	1313	0,36
TBFJ	T2F10	Bege	Sem fatias externas	Molhado	48,6	6,5	2,8	284,8	1313	0,22
TCFA	T3F1	Marrom	Com fatias externas	Seco e sem farelos	24,8	6,8	2,8	186,0	748	0,25
TCFB	T3F2	Marrom	Com fatias externas	Seco e sem farelos	24,8	6,8	2,8	180,4	748	0,24
TCFC	T3F3	Marrom	Com fatias externas	Seco e sem farelos	24,8	6,8	2,8	174,7	748	0,23

Em relação à tabela de aspectos físicos, pode-se tirar algumas informações relevantes, como as listadas abaixo:

- Total de filtros medidos e analisados: 37
- Cor bege: 18
- Cor marrom: 19
- Sem fatias externas: 18
- Com fatias externas: 19
- Seco e sem farelos: 21
- Seco e com farelos: 12
- Molhado: 4
- Quantidade com comprimento de 24,3 cm: 8
- Quantidade com comprimento de 11,2 cm: 4
- Quantidade com comprimento de 24,8 cm: 15
- Quantidade com comprimento de 48,6 cm: 10
- Quantidade com diâmetro externo de 6,2 cm: 8
- Quantidade com diâmetro externo de 6,8 cm: 19
- Quantidade com diâmetro externo de 6,5 cm: 10
- Quantidade com diâmetro interno de 2,8 cm: 33
- Quantidade com diâmetro interno de 2,7 cm: 4
- Menor massa (g): 66,2
- Maior massa (g): 521,4
- Menor volume (cm³): 343
- Maior volume (cm³): 1313
- Menor densidade (g/cm³): 0,19
- Maior densidade (g/cm³): 0,70

Algumas observações valem ser notadas:

- i. A forma geométrica de um filtro é a de um cilindro reto oco, que pode ou não ter fatias na superfície externa (a figura 9 é um exemplo de filtro sem as fatias externas);
- ii. Diz-se que está seco externamente, por dentro da parte oca do cilindro não é possível visualizar;

- iii. Os filtros considerados secos podem não estar 100% secos, mas aparentam estar muito mais secos do que molhados.
- iv. O termo "sem ou com farelos" indica menor ou maior retenção de materiais na superfície externa do filtro (a figura 11, abaixo, é um exemplo de filtro com fatias externas e bastante retenção de materiais).

Figura 11: filtro seco com fatias externas, em que se pode observar farelos (como se fossem pequenas pedras), restos de materiais presentes na piscina do reator grudados na superfície externa da amostra.



É importante notar a existência de filtros molhados, o que é verificado também pela massa e densidade trazidos na tabela 3, pois isso revela que eles foram enviados ao SEGRR antes do tempo adequado de secagem. Mesmo que tivessem decaído a um ponto seguro para transporte, o manuseio de um filtro molhado é mais delicado do que de um filtro seco.

Uma característica importante não trazida pela tabela 3 é referente às incertezas das medições. No caso do comprimento, do diâmetro externo e do diâmetro interno, medidos com uma régua de 50 cm, a incerteza é 0,05 cm (metade da menor medida, que é 0,1 cm). As incertezas do volume de cada filtro foram calculadas por propagação de erros e estão indicadas na tabela 4.

O volume de um cilindro oco é dado pela equação 9, com h sendo o comprimento do filtro, D o diâmetro externo e d o diâmetro interno.

$$V = \pi h \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \pi h \left(\frac{d}{2} \right)^2 = \frac{\pi h (D^2 - d^2)}{4} \quad (9)$$

Dessa forma, o cálculo da incerteza do volume (ΔV), dependente das incertezas do comprimento (Δh), do diâmetro externo (ΔD) e do diâmetro interno (Δd), é dado por:

$$\Delta V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial h} \Delta h\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial D} \Delta D\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial d} \Delta d\right)^2} \quad (10)$$

$$\Delta V = \sqrt{\left[\left(\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}\right) \Delta h\right]^2 + \left(\frac{\pi h D}{2} \Delta D\right)^2 + \left(-\frac{\pi h d}{2} \Delta d\right)^2} \quad (11)$$

Tabela 4: volume e incerteza associada dos filtros.

ID do Filtro	Volume \pm Incerteza (cm ³)
T1F1 a T1F8	584 \pm 13
T1F9 a T1F12	343 \pm 7
T1F13 a T1F24 e T3F1 a T3F3	748 \pm 14
T2F1 a T2F10	1313 \pm 27

Já a incerteza da massa é 0,1 g, conforme indicado pelo fabricante na própria balança utilizada. Assim, as incertezas das densidades de cada filtro foram também calculadas por propagação de erros e estão apresentadas na tabela 5.

A densidade é calculada pela expressão abaixo:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (12)$$

E o cálculo da incerteza da densidade ($\Delta\rho$), que leva em conta as incertezas da massa (Δm) e do volume (ΔV), é dado por:

$$\Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m} \Delta m\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial V} \Delta V\right)^2} \quad (13)$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{1}{V} \Delta m\right)^2 + \left(-\frac{m}{V^2} \Delta V\right)^2} \quad (14)$$

Tabela 5: densidade e incerteza associada para cada filtro.

ID do Filtro	Densidade \pm Incerteza (g/cm ³)	ID do Filtro	Densidade \pm Incerteza (g/cm ³)
T1F1	$0,237 \pm 5 \times 10^{-3}$	T1F20	$0,260 \pm 5 \times 10^{-3}$
T1F2	$0,237 \pm 5 \times 10^{-3}$	T1F21	$0,204 \pm 4 \times 10^{-3}$
T1F3	$0,231 \pm 5 \times 10^{-3}$	T1F22	$0,225 \pm 4 \times 10^{-3}$
T1F4	$0,242 \pm 5 \times 10^{-3}$	T1F23	$0,205 \pm 4 \times 10^{-3}$
T1F5	$0,234 \pm 5 \times 10^{-3}$	T1F24	$0,225 \pm 4 \times 10^{-3}$
T1F6	$0,238 \pm 5 \times 10^{-3}$	T2F1	$0,280 \pm 6 \times 10^{-3}$
T1F7	$0,236 \pm 5 \times 10^{-3}$	T2F2	$0,275 \pm 6 \times 10^{-3}$
T1F8	$0,240 \pm 5 \times 10^{-3}$	T2F3	$0,289 \pm 6 \times 10^{-3}$
T1F9	$0,224 \pm 4 \times 10^{-3}$	T2F4	$0,276 \pm 6 \times 10^{-3}$
T1F10	$0,193 \pm 4 \times 10^{-3}$	T2F5	$0,281 \pm 6 \times 10^{-3}$
T1F11	$0,198 \pm 4 \times 10^{-3}$	T2F6	$0,279 \pm 6 \times 10^{-3}$
T1F12	$0,218 \pm 4 \times 10^{-3}$	T2F7	$0,275 \pm 6 \times 10^{-3}$
T1F13	$0,50 \pm 1 \times 10^{-2}$	T2F8	$0,285 \pm 6 \times 10^{-3}$
T1F14	$0,70 \pm 1 \times 10^{-2}$	T2F9	$0,356 \pm 7 \times 10^{-3}$
T1F15	$0,189 \pm 4 \times 10^{-3}$	T2F10	$0,217 \pm 4 \times 10^{-3}$
T1F16	$0,241 \pm 5 \times 10^{-3}$	T3F1	$0,249 \pm 5 \times 10^{-3}$
T1F17	$0,202 \pm 4 \times 10^{-3}$	T3F2	$0,241 \pm 5 \times 10^{-3}$
T1F18	$0,249 \pm 5 \times 10^{-3}$	T3F3	$0,234 \pm 4 \times 10^{-3}$
T1F19	$0,204 \pm 4 \times 10^{-3}$		

4.2. Aspectos radiológicos

4.2.1. Homogeneidade

As tabelas 6 a 42 indicam os valores de taxa de dose medidos dentro da blindagem de concreto para cada filtro de modo a se analisar a distribuição de radioatividade nas amostras.

Observação: a hora da medição dos seis primeiros filtros é uma aproximação, porque o detector apresentava uma configuração de horário errada.

Tabela 6: medidas do tambor um (T1), filtro um (F1), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFAPA	T1F1P1	4,47	26/03/2024	11:00:00
TAFAPB	T1F1P2	7,29	26/03/2024	11:05:20
TAFAPC	T1F1P3	7,82	26/03/2024	11:09:40
TAFAPD	T1F1P4	7,71	26/03/2024	11:14:25
TAFAPE	T1F1P5	6,95	26/03/2024	11:17:47

Tabela 7: medidas do tambor um (T1), filtro dois (F2), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFBPA	T1F2P1	4,81	26/03/2024	14:40:30
TAFBPB	T1F2P2	7,56	26/03/2024	14:43:57
TAFBPC	T1F2P3	7,74	26/03/2024	14:47:10
TAFBPD	T1F2P4	7,27	26/03/2024	14:50:18
TAFBPE	T1F2P5	6,31	26/03/2024	14:53:32

Tabela 8: medidas do tambor um (T1), filtro três (F3), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFCPA	T1F3P1	4,72	26/03/2024	15:17:25
TAFCPB	T1F3P2	6,95	26/03/2024	15:20:32
TAF CPC	T1F3P3	7,45	26/03/2024	15:23:42
TAFCPD	T1F3P4	7,16	26/03/2024	15:26:59
TAF CPE	T1F3P5	6,45	26/03/2024	15:29:56

Tabela 9: medidas do tambor um (T1), filtro quatro (F4), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFDPA	T1F4P1	3,57	05/04/2024	14:06:41
TAFDPB	T1F4P2	5,68	05/04/2024	14:09:54
TAFDPC	T1F4P3	7,01	05/04/2024	14:13:10
TAFDPD	T1F4P4	7,66	05/04/2024	14:16:37
TAFDPE	T1F4P5	7,88	05/04/2024	14:20:20

Tabela 10: medidas do tambor um (T1), filtro cinco (F5), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFEPA	T1F5P1	3,64	05/04/2024	14:34:03
TAFEPB	T1F5P2	5,97	05/04/2024	14:37:22
TAFEPC	T1F5P3	7,21	05/04/2024	14:40:51
TAFEPD	T1F5P4	7,81	05/04/2024	14:44:33
TAFEPE	T1F5P5	7,47	05/04/2024	14:47:37

Tabela 11: medidas do tambor um (T1), filtro seis (F6), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFFPA	T1F6P1	4,40	05/04/2024	15:03:17
TAFFPB	T1F6P2	6,68	05/04/2024	15:06:08
TAFFPC	T1F6P3	7,04	05/04/2024	15:09:05
TAFFPD	T1F6P4	6,53	05/04/2024	15:12:03
TAFFPE	T1F6P5	5,48	05/04/2024	15:15:24

Tabela 12: medidas do tambor um (T1), filtro sete (F7), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFGPA	T1F7P1	4,26	10/05/2024	15:08:12
TAFGPB	T1F7P2	6,43	10/05/2024	15:11:13
TAFGPC	T1F7P3	6,86	10/05/2024	15:14:10
TAFGPD	T1F7P4	6,93	10/05/2024	15:17:42
TAFGPE	T1F7P5	6,00	10/05/2024	15:20:36

Tabela 13: medidas do tambor um (T1), filtro oito (F8), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFHPA	T1F8P1	3,17	10/05/2024	15:30:36
TAFHPB	T1F8P2	5,13	10/05/2024	15:42:09
TAFHPC	T1F8P3	6,03	10/05/2024	15:46:27
TAFHPD	T1F8P4	6,40	10/05/2024	15:49:24
TAFHPE	T1F8P5	6,19	10/05/2024	15:52:10

Tabela 14: medidas do tambor um (T1), filtro nove (F9), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFIPA	T1F9P1	4,36	15/05/2024	11:13:33
TAFIPB	T1F9P2	5,98	15/05/2024	11:16:49
TAFIPC	T1F9P3	7,00	15/05/2024	11:19:49
TAFIPD	T1F9P4	7,06	15/05/2024	11:23:03
TAFIPE	T1F9P5	6,24	15/05/2024	11:26:04

Tabela 15: medidas do tambor um (T1), filtro dez (F10), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFJPA	T1F10P1	0,56	28/05/2024	13:16:26
TAFJPB	T1F10P2	0,66	28/05/2024	13:20:08
TAFJPC	T1F10P3	0,58	28/05/2024	13:22:55
TAFJPD	T1F10P4	0,59	28/05/2024	13:25:32
TAFJPE	T1F10P5	0,53	28/05/2024	13:28:33

Tabela 16: medidas do tambor um (T1), filtro 11 (F11), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFKPA	T1F11P1	0,43	28/05/2024	13:41:59
TAFKPB	T1F11P2	0,44	28/05/2024	13:44:41
TAFKPC	T1F11P3	0,47	28/05/2024	13:48:19
TAFKPD	T1F11P4	0,48	28/05/2024	13:51:10
TAFKPE	T1F11P5	0,53	28/05/2024	13:54:00

Tabela 17: medidas do tambor um (T1), filtro 12 (F12), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFLPA	T1F12P1	4,65	20/06/2024	09:54:28
TAFLPB	T1F12P2	6,24	20/06/2024	09:57:41
TAFLPC	T1F12P3	7,64	20/06/2024	10:00:33
TAFLPD	T1F12P4	8,32	20/06/2024	10:03:37
TAFLPE	T1F12P5	8,40	20/06/2024	10:06:25

Tabela 18: medidas do tambor um (T1), filtro 13 (F13), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFMPA	T1F13P1	2,71	20/06/2024	10:45:04
TAFMPB	T1F13P2	4,48	20/06/2024	10:54:31
TAFMPC	T1F13P3	6,13	20/06/2024	10:57:42
TAFMPD	T1F13P4	6,96	20/06/2024	11:00:42
TAFMPE	T1F13P5	6,05	20/06/2024	11:04:20

Tabela 19: medidas do tambor um (T1), filtro 14 (F14), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFNPA	T1F14P1	1,95	20/06/2024	11:32:30
TAFNPB	T1F14P2	3,27	20/06/2024	11:36:28
TAFNPC	T1F14P3	3,51	20/06/2024	11:39:39
TAFNPD	T1F14P4	3,52	20/06/2024	11:43:17
TAFNPE	T1F14P5	3,07	20/06/2024	11:46:21

Tabela 20: medidas do tambor um (T1), filtro 15 (F15), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFOPA	T1F15P1	1,98	21/06/2024	10:55:40
TAFOPB	T1F15P2	3,17	21/06/2024	10:58:49
TAFOPC	T1F15P3	3,55	21/06/2024	11:01:38
TAFOPD	T1F15P4	3,36	21/06/2024	11:04:59
TAFOPE	T1F15P5	3,20	21/06/2024	11:08:08

Tabela 21: medidas do tambor um (T1), filtro 16 (F16), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFPPA	T1F16P1	11,23	21/06/2024	13:56:59
TAFPPB	T1F16P2	20,64	21/06/2024	13:59:57
TAFPPC	T1F16P3	24,99	21/06/2024	14:03:12
TAFPPD	T1F16P4	24,99	21/06/2024	14:06:21
TAFPPE	T1F16P5	21,91	21/06/2024	14:10:59

Tabela 22: medidas do tambor um (T1), filtro 17 (F17), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFQPA	T1F17P1	14,37	21/06/2024	14:37:09
TAFQPB	T1F17P2	25,77	21/06/2024	14:39:59
TAFQPC	T1F17P3	27,17	21/06/2024	14:43:08
TAFQPD	T1F17P4	27,08	21/06/2024	14:46:13
TAFQPE	T1F17P5	24,60	21/06/2024	14:49:11

Tabela 23: medidas do tambor um (T1), filtro 18 (F18), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFRPA	T1F18P1	12,15	21/06/2024	15:12:00
TAFRPB	T1F18P2	20,09	21/06/2024	15:15:57
TAFRPC	T1F18P3	27,07	21/06/2024	15:19:09
TAFRPD	T1F18P4	28,10	21/06/2024	15:21:59
TAFRPE	T1F18P5	24,78	21/06/2024	15:25:05

Tabela 24: medidas do tambor um (T1), filtro 19 (F19), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFSPA	T1F19P1	13,13	21/06/2024	15:40:49
TAFSPB	T1F19P2	20,95	21/06/2024	15:43:41
TAFSPC	T1F19P3	31,92	21/06/2024	15:47:22
TAFSPD	T1F19P4	49,28	21/06/2024	15:50:44
TAFSPE	T1F19P5	58,07	21/06/2024	15:54:33

Tabela 25: medidas do tambor um (T1), filtro 20 (F20), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFTPA	T1F20P1	27,92	21/06/2024	16:00:03
TAFTPB	T1F20P2	51,49	21/06/2024	16:08:35
TAFTPC	T1F20P3	69,45	21/06/2024	16:11:57
TAFTPD	T1F20P4	56,25	21/06/2024	16:14:59
TAFTPE	T1F20P5	40,29	21/06/2024	16:17:44

Tabela 26: medidas do tambor um (T1), filtro 21 (F21), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose (μSv/h)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFUPA	T1F21P1	20,55	25/06/2024	14:10:38
TAFUPB	T1F21P2	33,15	25/06/2024	14:13:15
TAFUPC	T1F21P3	31,44	25/06/2024	14:15:49
TAFUPD	T1F21P4	32,48	25/06/2024	14:18:25
TAFUPE	T1F21P5	24,58	25/06/2024	14:21:07

Tabela 27: medidas do tambor um (T1), filtro 22 (F22), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose (μSv/h)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFVPA	T1F22P1	20,50	25/06/2024	14:27:41
TAFVPB	T1F22P2	37,45	25/06/2024	14:30:14
TAFVPC	T1F22P3	57,79	25/06/2024	14:32:52
TAFVPD	T1F22P4	87,61	25/06/2024	14:35:30
TAFVPE	T1F22P5	124,22	25/06/2024	14:38:10

Tabela 28: medidas do tambor um (T1), filtro 23 (F23), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose (μSv/h)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFWPA	T1F23P1	5,96	25/06/2024	14:44:55
TAFWPB	T1F23P2	10,26	25/06/2024	14:47:32
TAFWPC	T1F23P3	12,54	25/06/2024	14:50:52
TAFWPD	T1F23P4	13,81	25/06/2024	14:54:15
TAFWPE	T1F23P5	7,74	25/06/2024	14:57:48

Tabela 29: medidas do tambor um (T1), filtro 24 (F24), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose (μSv/h)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFXPA	T1F24P1	8,17	25/06/2024	15:04:10
TAFXPB	T1F24P2	14,54	25/06/2024	15:07:01
TAFXPC	T1F24P3	21,98	25/06/2024	15:09:41
TAFXPD	T1F24P4	30,26	25/06/2024	15:12:20
TAFXPE	T1F24P5	38,75	25/06/2024	15:15:07

Tabela 30: medidas do tambor dois (T2), filtro um (F1), posições de um a dez (P1 a P10).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFAPA	T2F1P1	1,72	04/07/2024	13:20:06
TBFAPB	T2F1P2	2,97	04/07/2024	13:22:41
TBFAPC	T2F1P3	3,44	04/07/2024	13:25:20
TBFAPD	T2F1P4	3,71	04/07/2024	13:28:22
TBFAPE	T2F1P5	3,86	04/07/2024	13:31:05
TBFAPF	T2F1P6	3,84	04/07/2024	13:33:42
TBFAPG	T2F1P7	3,84	04/07/2024	13:36:23
TBFAPH	T2F1P8	3,73	04/07/2024	13:39:04
TBFAPI	T2F1P9	3,70	04/07/2024	13:42:13
TBFAPJ	T2F1P10	3,28	04/07/2024	13:44:51

Tabela 31: medidas do tambor dois (T2), filtro dois (F2), posições de um a dez (P1 a P10).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFBPA	T2F2P1	2,43	04/07/2024	13:50:12
TBFBPB	T2F2P2	4,07	04/07/2024	13:53:32
TBFBPC	T2F2P3	4,84	04/07/2024	13:56:15
TBFBPD	T2F2P4	5,05	04/07/2024	13:58:47
TBFBPE	T2F2P5	5,23	04/07/2024	14:01:49
TBFBPF	T2F2P6	5,18	04/07/2024	14:04:24
TBFBPG	T2F2P7	5,13	04/07/2024	14:07:06
TBFBPH	T2F2P8	4,93	04/07/2024	14:09:55
TBFBPI	T2F2P9	4,79	04/07/2024	14:12:52
TBFBPJ	T2F2P10	4,12	04/07/2024	14:15:26

Tabela 32: medidas do tambor dois (T2), filtro três (F3), posições de um a dez (P1 a P10).

(continua)

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFCPA	T2F3P1	5,20	04/07/2024	14:20:53
TBFCPB	T2F3P2	8,74	04/07/2024	14:23:50
TBFCPC	T2F3P3	10,31	04/07/2024	14:27:13

Tabela 32: medidas do tambor dois (T2), filtro três (F3), posições de um a dez (P1 a P10).

(conclusão)

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFCPD	T2F3P4	10,96	04/07/2024	14:29:53
TBFCPE	T2F3P5	10,92	04/07/2024	14:32:31
TBFCPF	T2F3P6	11,19	04/07/2024	14:35:06
TBFCPG	T2F3P7	10,92	04/07/2024	14:37:41
TBFCPH	T2F3P8	10,63	04/07/2024	14:40:20
TBFCPI	T2F3P9	10,16	04/07/2024	14:43:08
TBFCPJ	T2F3P10	8,79	04/07/2024	14:45:49

Tabela 33: medidas do tambor dois (T2), filtro quatro (F4), posições de um a dez (P1 a P10).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFDPA	T2F4P1	2,01	03/07/2024	11:06:00
TBFDPB	T2F4P2	3,33	03/07/2024	11:10:10
TBFDPC	T2F4P3	4,00	03/07/2024	11:12:58
TBFDPD	T2F4P4	4,20	03/07/2024	11:15:38
TBFDPE	T2F4P5	4,48	03/07/2024	11:18:21
TBFDPF	T2F4P6	4,34	03/07/2024	11:21:05
TBFDPG	T2F4P7	4,34	03/07/2024	11:24:09
TBFDPH	T2F4P8	4,41	03/07/2024	11:26:52
TBFDPI	T2F4P9	4,41	03/07/2024	11:29:31
TBFDPJ	T2F4P10	4,08	03/07/2024	11:32:11

Tabela 34: medidas do tambor dois (T2), filtro cinco (F5), posições de um a dez (P1 a P10).

(continua)

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFEP A	T2F5P1	1,87	03/07/2024	13:39:39
TBFEP B	T2F5P2	3,31	03/07/2024	13:42:33
TBFEP C	T2F5P3	3,78	03/07/2024	13:45:15
TBFEP D	T2F5P4	4,21	03/07/2024	13:47:53
TBFEP E	T2F5P5	4,26	03/07/2024	13:50:29

Tabela 34: medidas do tambor dois (T2), filtro cinco (F5), posições de um a dez (P1 a P10).

(conclusão)

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFEPF	T2F5P6	4,43	03/07/2024	13:53:44
TBFEPG	T2F5P7	4,46	03/07/2024	13:56:17
TBFEPH	T2F5P8	4,31	03/07/2024	13:58:53
TBFEPI	T2F5P9	4,01	03/07/2024	14:01:33
TBFEPJ	T2F5P10	3,57	03/07/2024	14:04:06

Tabela 35: medidas do tambor dois (T2), filtro seis (F6), posições de um a dez (P1 a P10).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFFPA	T2F6P1	1,65	03/07/2024	14:17:52
TBFFPB	T2F6P2	2,63	03/07/2024	14:20:26
TBFFPC	T2F6P3	2,99	03/07/2024	14:23:20
TBFFPD	T2F6P4	3,29	03/07/2024	14:26:34
TBFFPE	T2F6P5	3,30	03/07/2024	14:29:36
TBFFPF	T2F6P6	3,53	03/07/2024	14:32:09
TBFFPG	T2F6P7	3,58	03/07/2024	14:34:44
TBFFPH	T2F6P8	3,45	03/07/2024	14:37:18
TBFFPI	T2F6P9	3,36	03/07/2024	14:39:53
TBFFPJ	T2F6P10	3,00	03/07/2024	14:42:34

Tabela 36: medidas do tambor dois (T2), filtro sete (F7), posições de um a dez (P1 a P10).

(continua)

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFGPA	T2F7P1	2,39	03/07/2024	14:55:33
TBFGPB	T2F7P2	3,81	03/07/2024	14:58:28
TBFGPC	T2F7P3	4,57	03/07/2024	15:01:18
TBFGPD	T2F7P4	4,83	03/07/2024	15:03:59
TBFGPE	T2F7P5	5,12	03/07/2024	15:06:37
TBFGPF	T2F7P6	5,11	03/07/2024	15:09:16
TBFGPG	T2F7P7	5,01	03/07/2024	15:11:57

Tabela 36: medidas do tambor dois (T2), filtro sete (F7), posições de um a dez (P1 a P10).

(conclusão)

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFGPH	T2F7P8	4,91	03/07/2024	15:14:30
TBFGPI	T2F7P9	4,76	03/07/2024	15:17:09
TBFGPJ	T2F7P10	4,06	03/07/2024	15:19:55

Tabela 37: medidas do tambor dois (T2), filtro oito (F8), posições de um a dez (P1 a P10).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFHPA	T2F8P1	2,27	04/07/2024	10:30:39
TBFHPB	T2F8P2	3,65	04/07/2024	10:34:00
TBFHPC	T2F8P3	4,17	04/07/2024	10:36:45
TBFHPD	T2F8P4	4,55	04/07/2024	10:39:17
TBFHPE	T2F8P5	4,62	04/07/2024	10:43:02
TBFHPF	T2F8P6	4,75	04/07/2024	10:45:38
TBFHPG	T2F8P7	4,77	04/07/2024	10:48:10
TBFHPH	T2F8P8	4,69	04/07/2024	10:50:50
TBFHPI	T2F8P9	4,67	04/07/2024	10:53:31
TBFHPJ	T2F8P10	4,26	04/07/2024	10:56:21

Tabela 38: medidas do tambor dois (T2), filtro nove (F9), posições de um a dez (P1 a P10).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFIPA	T2F9P1	4,49	05/07/2024	14:17:48
TBFIPB	T2F9P2	6,64	05/07/2024	14:20:24
TBFIPC	T2F9P3	7,24	05/07/2024	14:22:55
TBFIPD	T2F9P4	7,40	05/07/2024	14:25:55
TBFIPE	T2F9P5	7,61	05/07/2024	14:28:29
TBFIPF	T2F9P6	7,91	05/07/2024	14:31:56
TBFIPG	T2F9P7	7,85	05/07/2024	14:34:29
TBFIPH	T2F9P8	8,08	05/07/2024	14:37:13
TBFIPI	T2F9P9	8,19	05/07/2024	14:40:02
TBFIPJ	T2F9P10	7,54	05/07/2024	14:42:38

Tabela 39: medidas do tambor dois (T2), filtro dez (F10), posições de um a dez (P1 a P10).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFJPA	T2F10P1	5,16	05/07/2024	14:56:19
TBFJPB	T2F10P2	7,60	05/07/2024	14:59:12
TBFJPC	T2F10P3	8,05	05/07/2024	15:01:52
TBFJPD	T2F10P4	7,90	05/07/2024	15:04:36
TBFJPE	T2F10P5	8,06	05/07/2024	15:07:56
TBFJPF	T2F10P6	7,83	05/07/2024	15:10:28
TBFJPG	T2F10P7	7,79	05/07/2024	15:13:01
TBFJPH	T2F10P8	7,57	05/07/2024	15:15:35
TBFJPI	T2F10P9	7,51	05/07/2024	15:18:08
TBFJPJ	T2F10P10	7,40	05/07/2024	15:20:39

Tabela 40: medidas do tambor três (T3), filtro um (F1), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TCFAPA	T3F1P1	5,47	11/07/2024	13:42:52
TCFAPB	T3F1P2	9,35	11/07/2024	13:45:47
TCFAPC	T3F1P3	10,98	11/07/2024	13:49:00
TCFAPD	T3F1P4	10,83	11/07/2024	13:51:48
TCFAPE	T3F1P5	9,75	11/07/2024	13:54:39

Tabela 41: medidas do tambor três (T3), filtro dois (F2), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TCFBPA	T3F2P1	6,39	11/07/2024	14:24:41
TCFBPB	T3F2P2	11,45	11/07/2024	14:27:16
TCFBPC	T3F2P3	15,98	11/07/2024	14:30:00
TCFBPD	T3F2P4	20,15	11/07/2024	14:32:47
TCFBPE	T3F2P5	15,14	11/07/2024	14:35:32

Tabela 42: medidas do tambor três (T3), filtro três (F3), posições de um a cinco (P1 a P5).

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TCFCPA	T3F3P1	3,94	11/07/2024	15:27:08
TCFCPB	T3F3P2	5,92	11/07/2024	15:29:59
TCFCPC	T3F3P3	7,01	11/07/2024	15:32:45
TCFCPD	T3F3P4	7,17	11/07/2024	15:36:00
TCFCPE	T3F3P5	6,24	11/07/2024	15:38:56

Pelo fato das taxas de dose do filtro T1F22 terem resultado em valores consideravelmente altos e discrepantes, as medidas foram refeitas utilizando-se uma blindagem de chumbo que envolvia a sonda do detector.

Figura 12: sonda do detector envolvida na blindagem de chumbo.

Entretanto, os resultados também não foram satisfatórios pelo mantimento da discrepância (média de 7,43 e desvio padrão de 4,92), e estão mostrados na tabela 43:

Tabela 43: medidas refeitas do filtro T1F22 com a blindagem de chumbo.

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TAFVPA	T1F22P1	2,30	28/06/2024	10:59:49
TAFVPB	T1F22P2	4,35	28/06/2024	11:02:36
TAFVPC	T1F22P3	5,35	28/06/2024	11:06:19
TAFVPD	T1F22P4	11,22	28/06/2024	11:14:06
TAFVPE	T1F22P5	13,95	28/06/2024	11:17:11

Além disso, os três primeiros filtros do segundo tambor foram medidos inicialmente com a blindagem citada, porém, as taxas de dose resultaram em valores baixos (representados nas tabelas 44 a 46) a ponto de, em parte, ser possível de se confundir com a radiação de fundo da sala. Como os espectros gerados não ficaram tão evidentes, optou-se por retirar a blindagem de chumbo.

Tabela 44: medidas iniciais TBFA (T2F1) com a blindagem de chumbo.

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFAPA	T2F1P1	0,27	28/06/2024	14:11:06
TBFAPB	T2F1P2	0,42	28/06/2024	14:14:20
TBFAPC	T2F1P3	0,46	28/06/2024	14:17:23
TBFAPD	T2F1P4	0,42	28/06/2024	14:20:08
TBFAPE	T2F1P5	0,48	28/06/2024	14:22:52
TBFAPF	T2F1P6	0,48	28/06/2024	14:25:40
TBFAPG	T2F1P7	0,44	28/06/2024	14:28:32
TBFAPH	T2F1P8	0,46	28/06/2024	14:31:40
TBFAPI	T2F1P9	0,42	28/06/2024	14:34:23
TBFAPJ	T2F1P10	0,41	28/06/2024	14:37:07

Tabela 45: medidas iniciais TBFB (T2F2) com a blindagem de chumbo.

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFBPA	T2F2P1	0,30	28/06/2024	14:49:40
TBFBPB	T2F2P2	0,56	28/06/2024	14:52:57
TBFBPC	T2F2P3	0,59	28/06/2024	14:56:09
TBFBPD	T2F2P4	0,53	28/06/2024	14:59:09
TBFBPE	T2F2P5	0,60	28/06/2024	15:01:51
TBFBPF	T2F2P6	0,56	28/06/2024	15:04:33
TBFBPG	T2F2P7	0,55	28/06/2024	15:07:16
TBFBPH	T2F2P8	0,51	28/06/2024	15:10:04
TBFBPI	T2F2P9	0,55	28/06/2024	15:12:45
TBFBPJ	T2F2P10	0,54	28/06/2024	15:15:29

Tabela 46: medidas iniciais TBFC (T2F3) com a blindagem de chumbo.

Identificação	Tradução	Taxa de Dose ($\mu\text{Sv/h}$)	Data da Medição	Hora da Medição
TBFCPA	T2F3P1	0,61	28/06/2024	15:29:14
TBFCPB	T2F3P2	1,39	28/06/2024	15:32:31
TBFCPC	T2F3P3	1,28	28/06/2024	15:35:14
TBFCPD	T2F3P4	1,41	28/06/2024	15:38:03
TBFCPE	T2F3P5	1,37	28/06/2024	15:40:44
TBFCPF	T2F3P6	1,36	28/06/2024	15:43:27
TBFCPG	T2F3P7	1,33	28/06/2024	15:46:03
TBFCPH	T2F3P8	1,35	28/06/2024	15:48:43
TBFCPI	T2F3P9	1,26	28/06/2024	15:51:19
TBFCPJ	T2F3P10	1,17	28/06/2024	15:54:22

A partir de todos esses dados (da tabela 6 até a 42), foram plotados gráficos relacionando a taxa de dose com a posição da medida, a fim de se analisar a homogeneidade e o comportamento matemático dos pontos.

Considerou-se o desvio padrão (σ) como sendo a barra de erros. Os valores de -30% e +30% em relação à média (\bar{x}) foram escolhidos seguindo as recomendações da IAEA [14] para matrizes estáveis de rejeitos radioativos – aquelas com propriedades físico-químicas constantes com o tempo [5] – que afirmam que o rejeito pode ser considerado homogêneo se as medições realizadas em diferentes locais estiverem dentro de um intervalo de 30%. Calculou-se também o coeficiente de variação (CV) dos conjuntos de dados.

Gráfico 1: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F1, com $\bar{x} = 6,85$; $\sigma = 1,37$; CV = 20,1%; $0,7\bar{x} = 4,79$; $1,3\bar{x} = 8,90$.

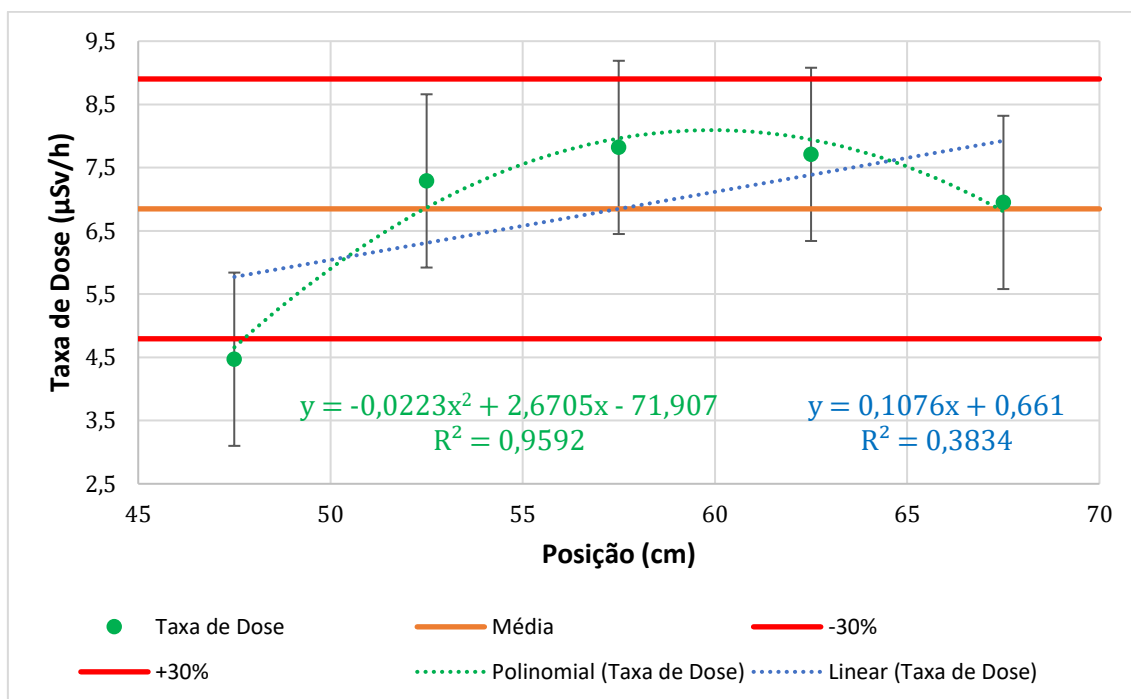


Gráfico 2: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F2, com $\bar{x} = 6,74$; $\sigma = 1,21$; CV = 18,0%; $0,7\bar{x} = 4,72$; $1,3\bar{x} = 8,76$.

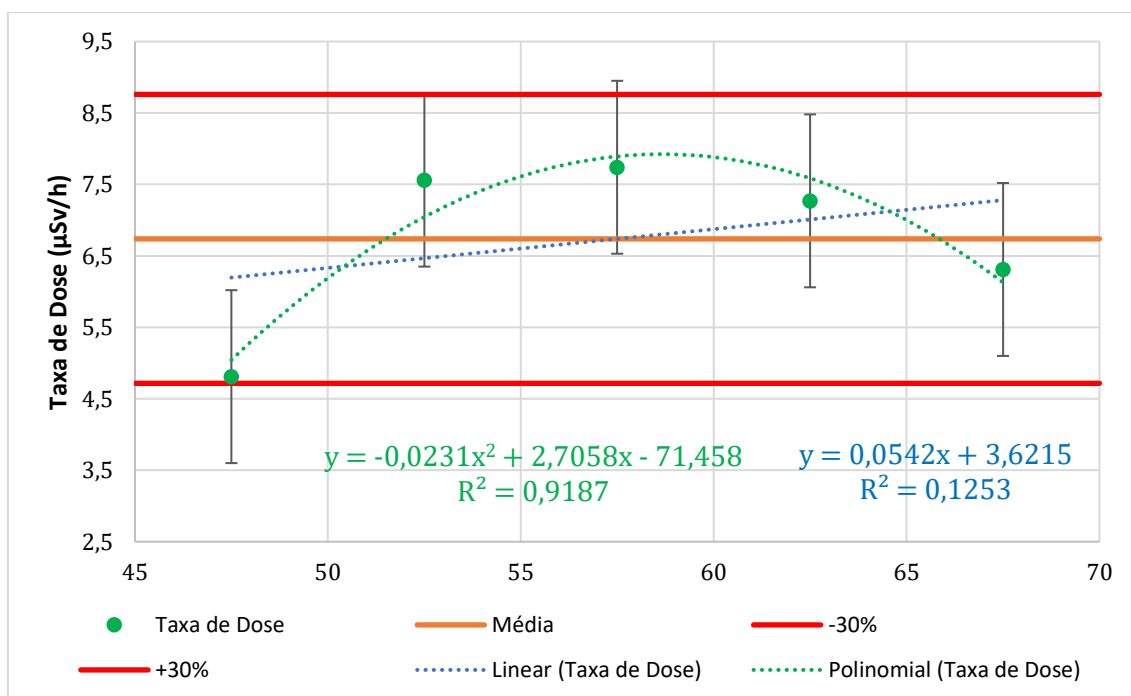


Gráfico 3: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F3, com $\bar{x} = 6,55$; $\sigma = 1,08$; $CV = 16,6\%$; $0,7\bar{x} = 4,58$; $1,3\bar{x} = 8,51$.

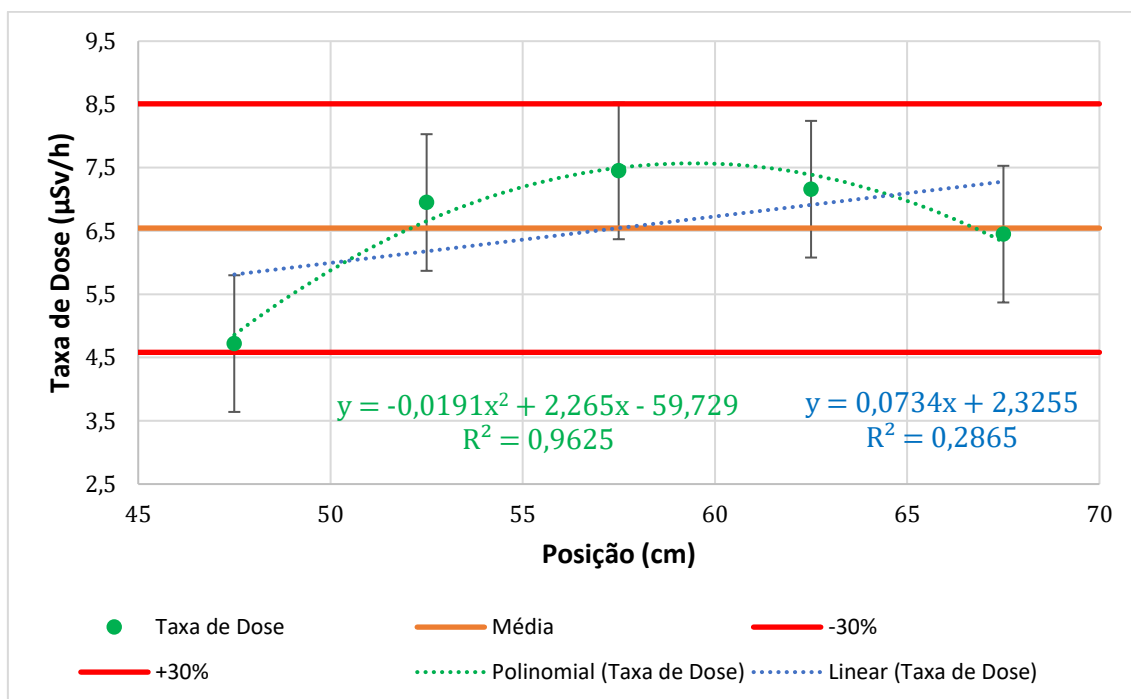


Gráfico 4: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F4, com $\bar{x} = 6,36$; $\sigma = 1,78$; $CV = 28,0\%$; $0,7\bar{x} = 4,45$; $1,3\bar{x} = 8,27$.

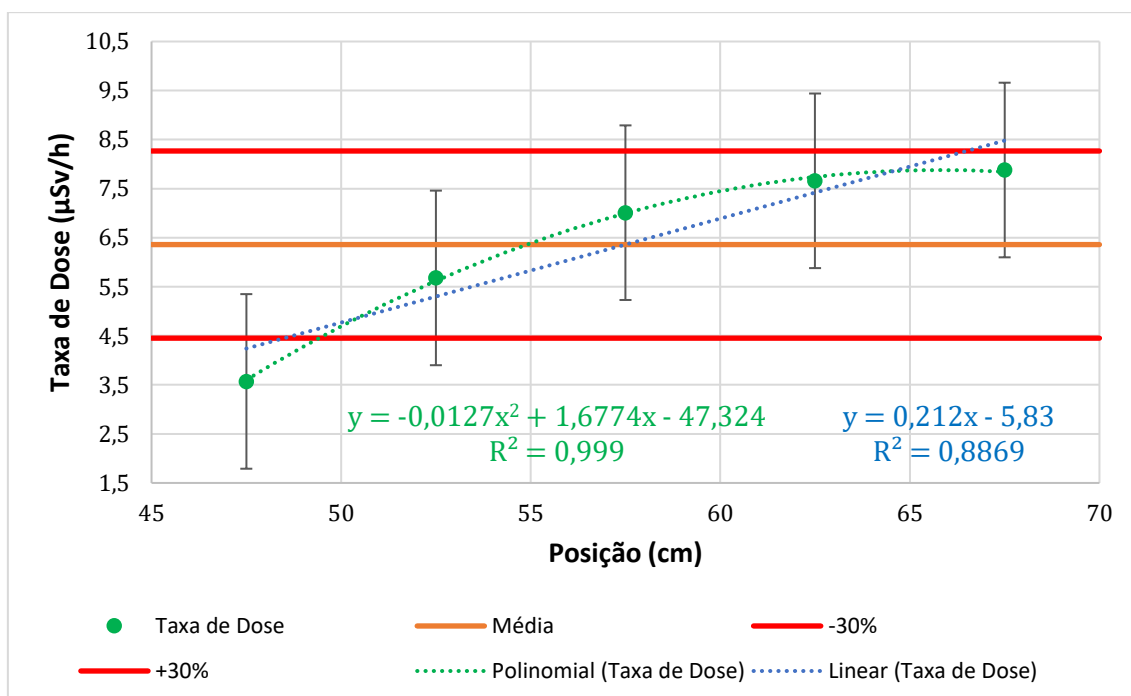


Gráfico 5: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F5, com $\bar{x} = 6,42$; $\sigma = 1,70$; CV = 26,5%; $0,7\bar{x} = 4,49$; $1,3\bar{x} = 8,35$.

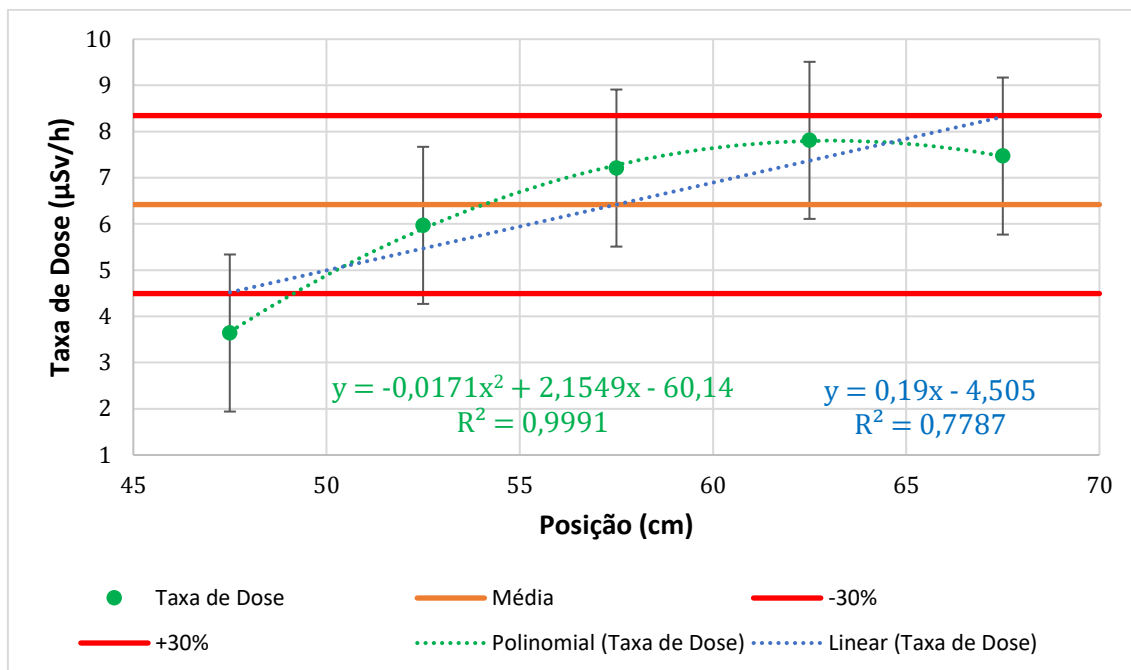


Gráfico 6: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F6, com $\bar{x} = 6,03$; $\sigma = 1,08$; CV = 17,9%; $0,7\bar{x} = 4,22$; $1,3\bar{x} = 7,83$.

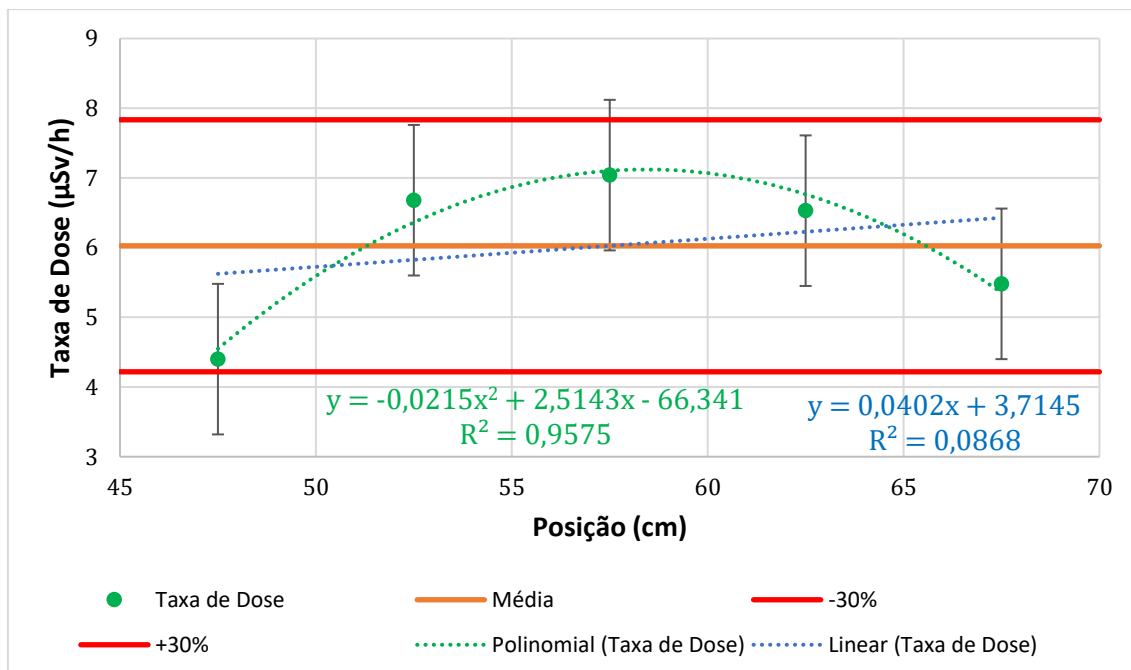


Gráfico 7: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F7, com $\bar{x} = 6,10$; $\sigma = 1,09$; $CV = 17,9\%$; $0,7\bar{x} = 4,27$; $1,3\bar{x} = 7,92$.

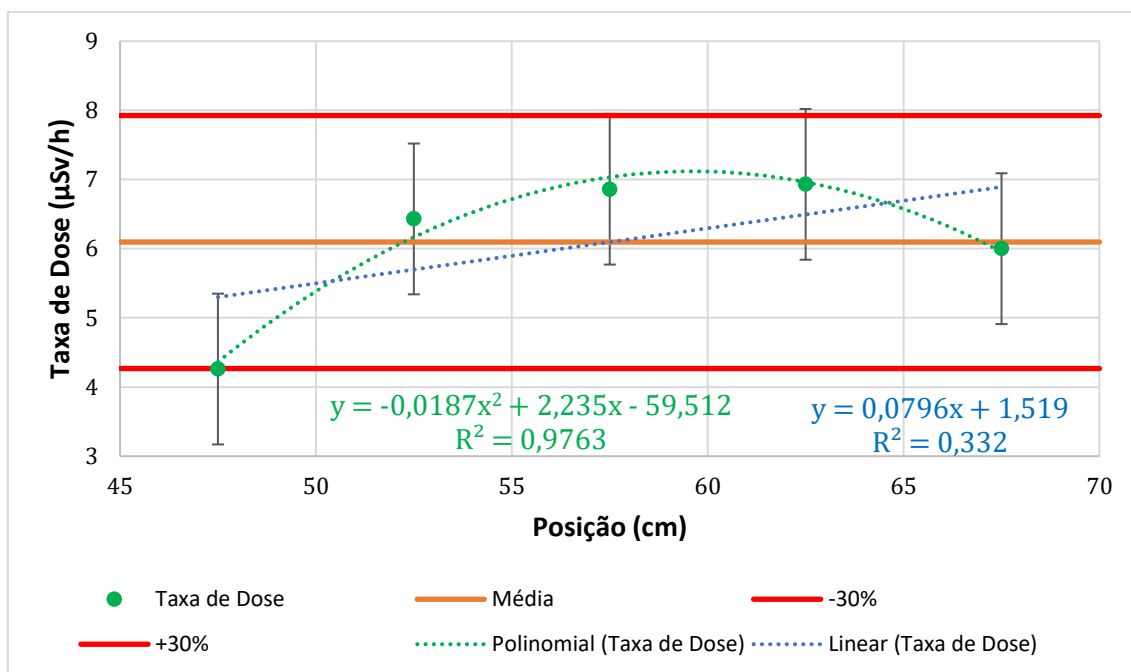


Gráfico 8: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F8, com $\bar{x} = 5,38$; $\sigma = 1,33$; $CV = 24,7\%$; $0,7\bar{x} = 3,77$; $1,3\bar{x} = 7,00$.

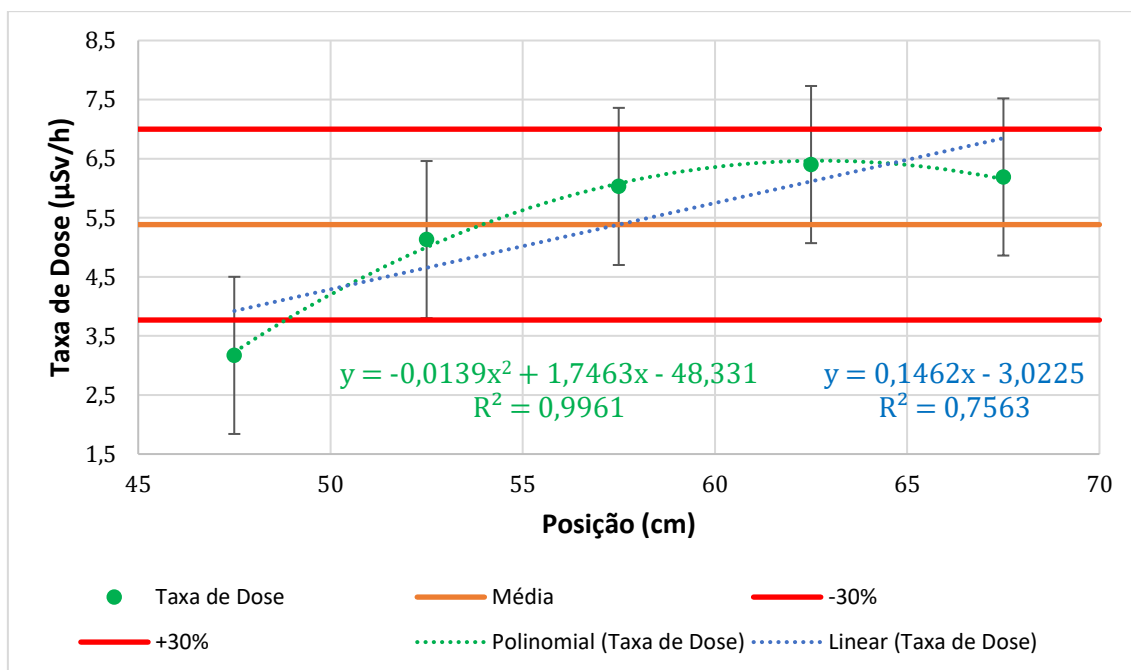


Gráfico 9: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F9, com $\bar{x} = 6,13$; $\sigma = 1,09$; $CV = 17,9\%$; $0,7\bar{x} = 4,29$; $1,3\bar{x} = 7,97$.

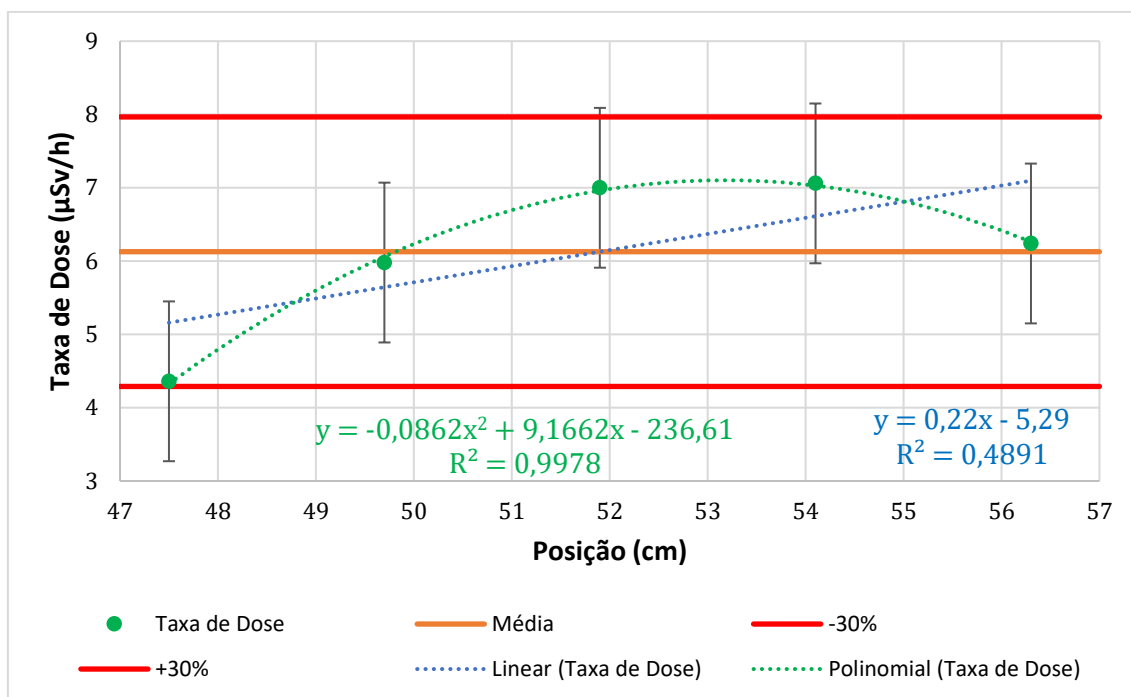


Gráfico 10: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F10, com $\bar{x} = 0,58$; $\sigma = 0,05$; $CV = 8,3\%$; $0,7\bar{x} = 0,41$; $1,3\bar{x} = 0,76$.

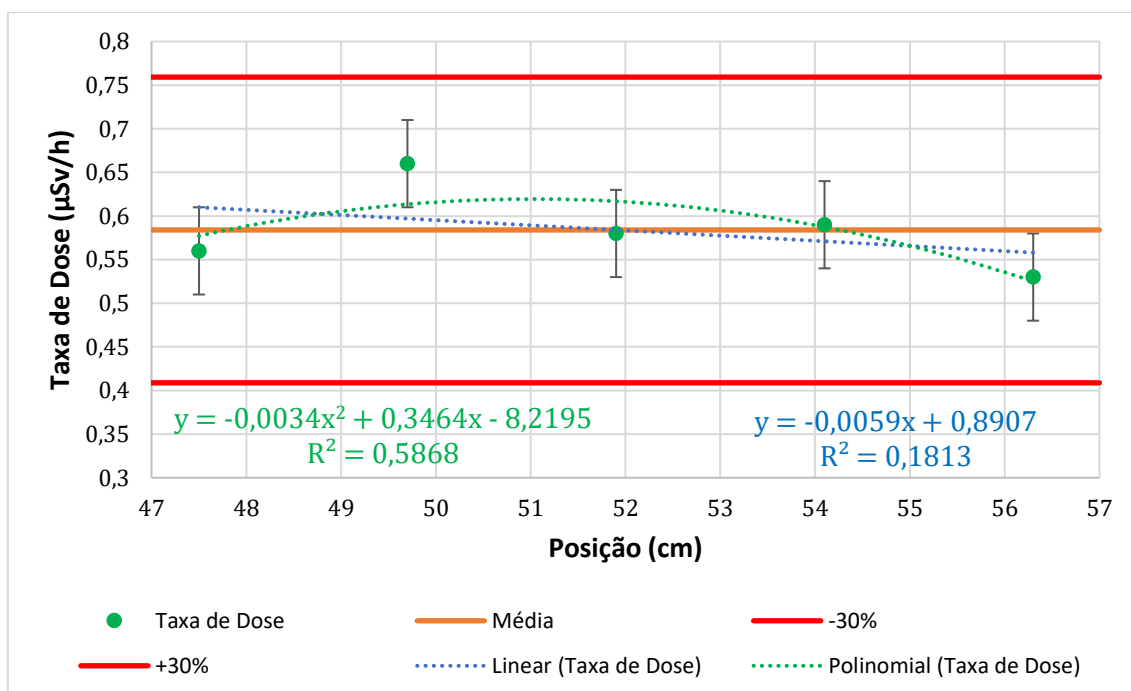


Gráfico 11: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F11, com $\bar{x} = 0,47$; $\sigma = 0,04$; CV = 8,4%; $0,7\bar{x} = 0,33$; $1,3\bar{x} = 0,61$.

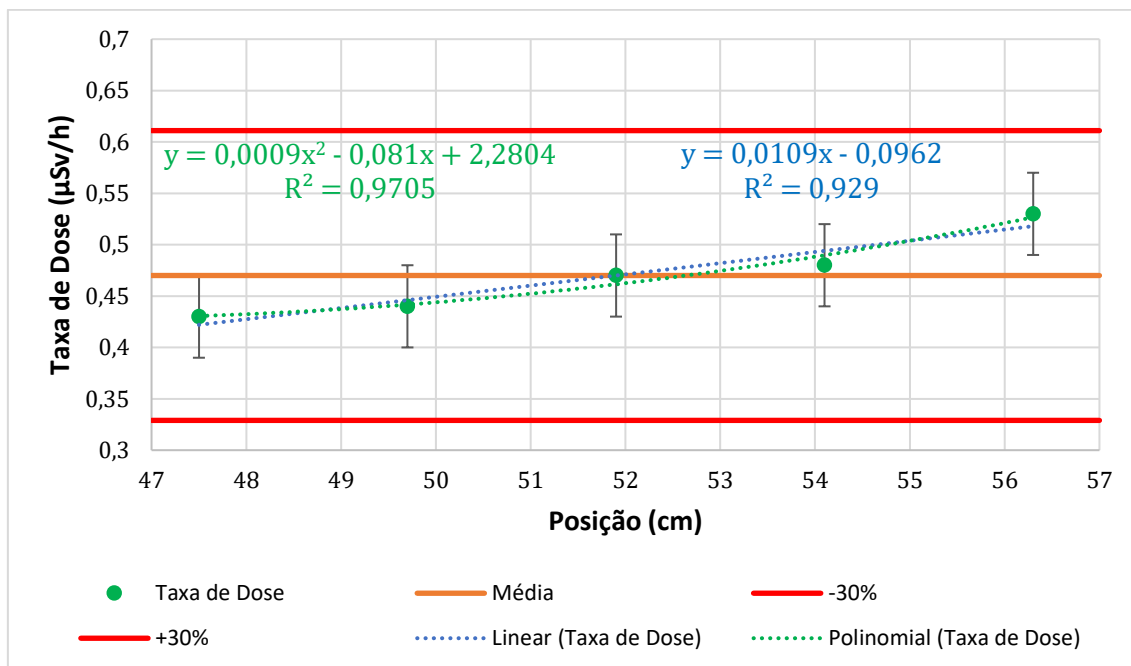


Gráfico 12: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F12, com $\bar{x} = 7,05$; $\sigma = 1,60$; CV = 22,7%; $0,7\bar{x} = 4,94$; $1,3\bar{x} = 9,17$.

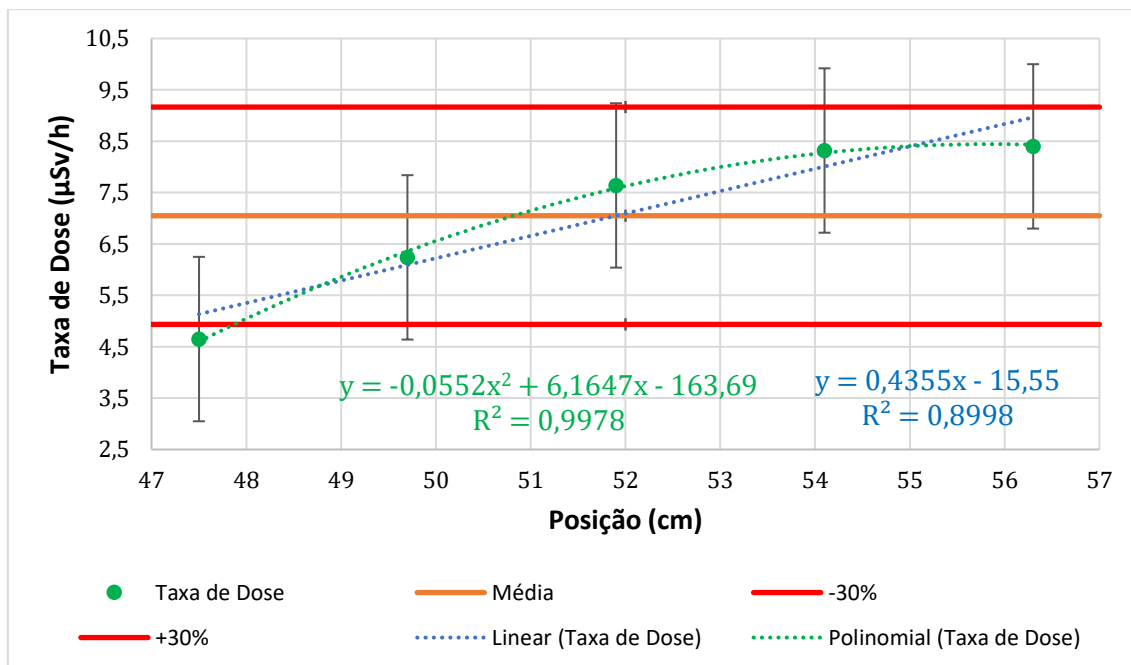


Gráfico 13: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F13, com $\bar{x} = 5,27$; $\sigma = 1,69$; CV = 32,0%; $0,7\bar{x} = 3,69$; $1,3\bar{x} = 6,85$.

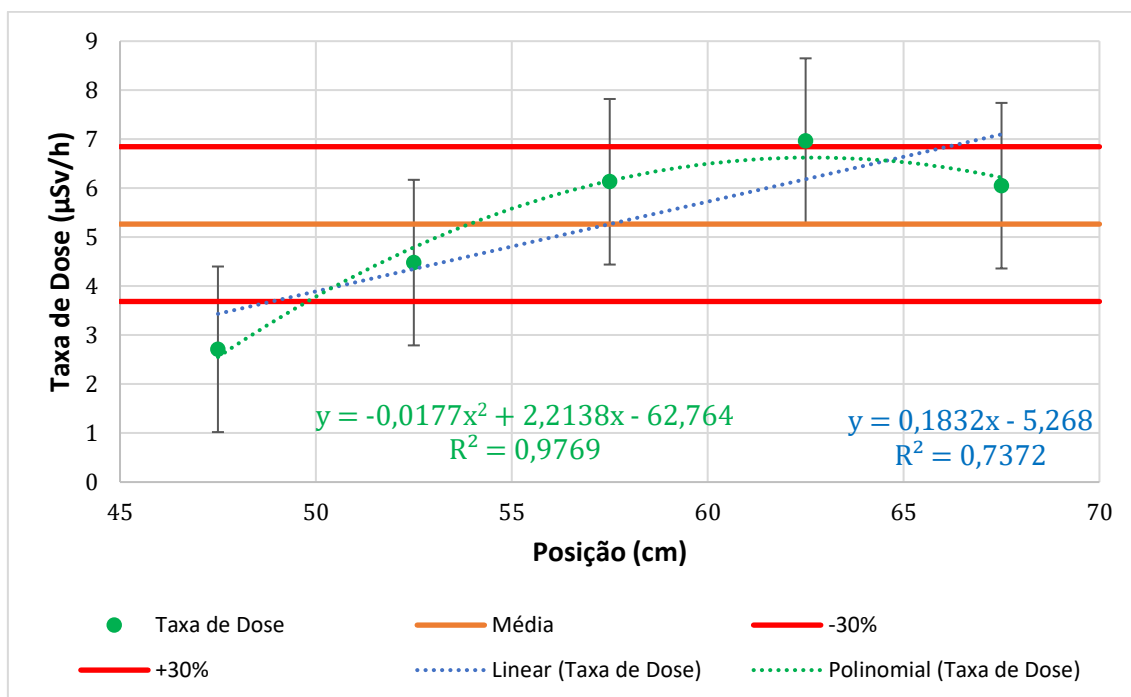


Gráfico 14: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F14, com $\bar{x} = 3,06$; $\sigma = 0,65$; CV = 21,2%; $0,7\bar{x} = 2,14$; $1,3\bar{x} = 3,98$.

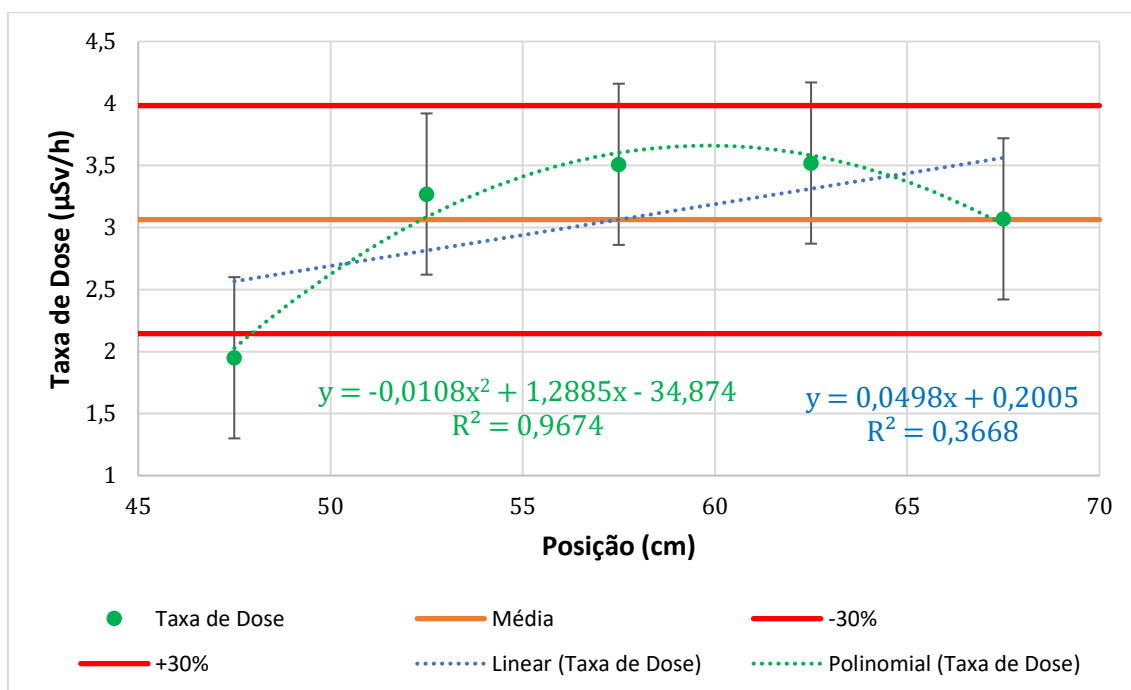


Gráfico 15: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F15, com $\bar{x} = 3,05$; $\sigma = 0,62$; $CV = 20,3\%$; $0,7\bar{x} = 2,14$; $1,3\bar{x} = 3,97$.

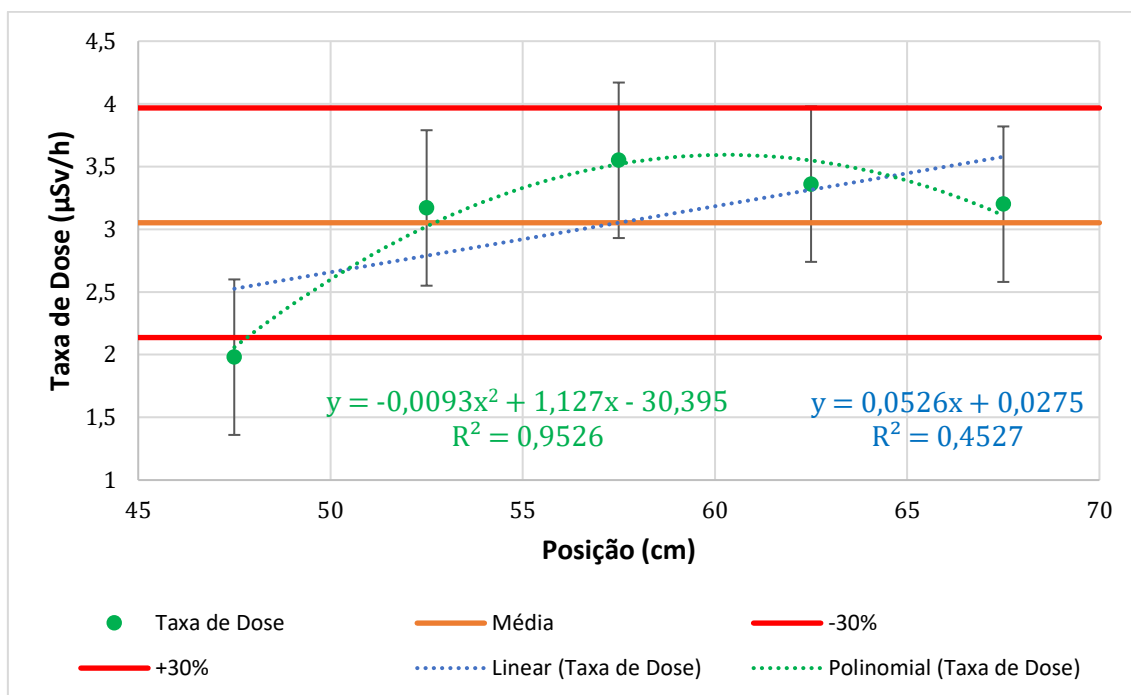


Gráfico 16: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F16, com $\bar{x} = 20,75$; $\sigma = 5,66$; $CV = 27,3\%$; $0,7\bar{x} = 14,53$; $1,3\bar{x} = 26,98$.

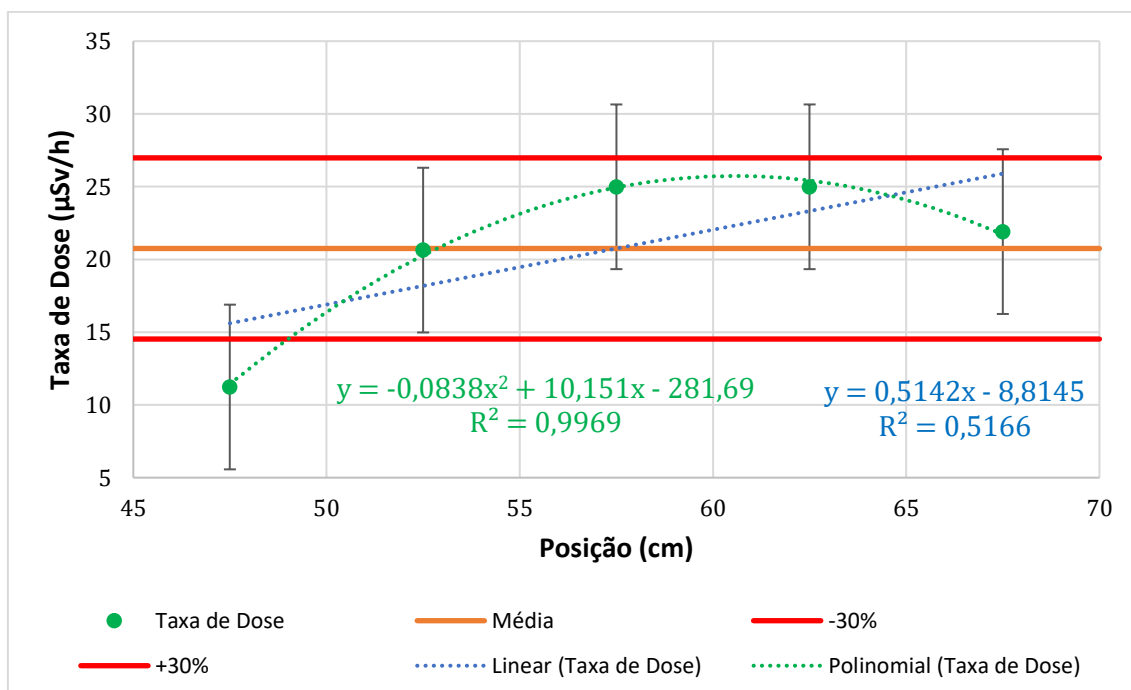


Gráfico 17: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F17, com $\bar{x} = 23,80$; $\sigma = 5,37$; CV = 22,6%; $0,7\bar{x} = 16,66$; $1,3\bar{x} = 30,94$.

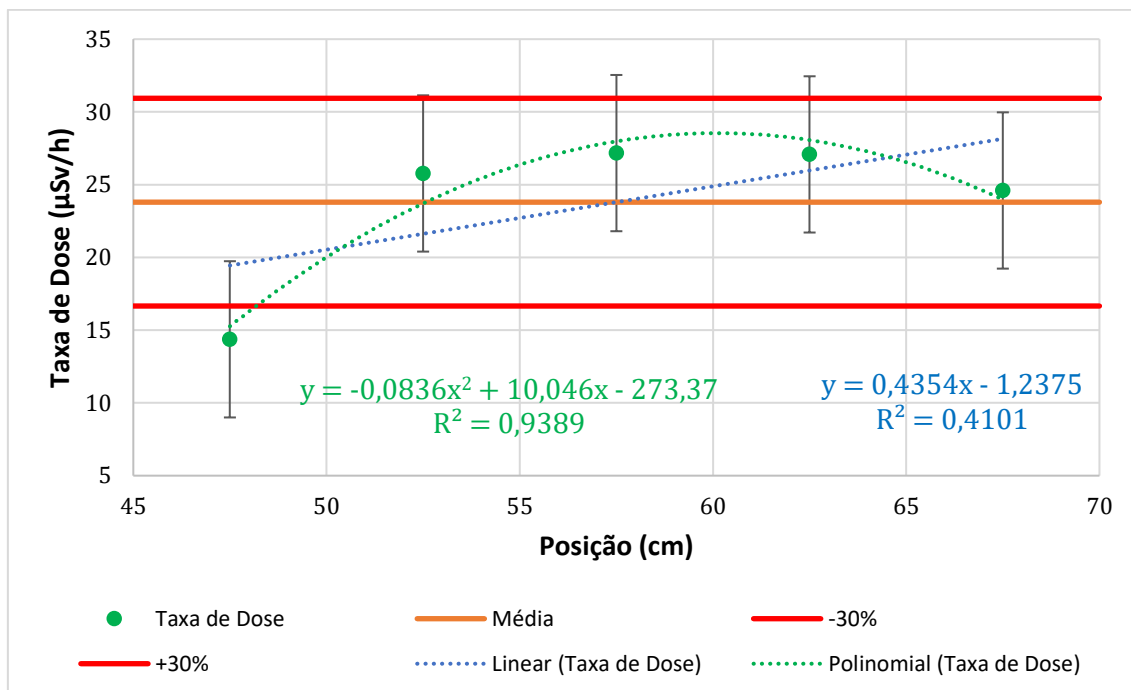


Gráfico 18: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F18, com $\bar{x} = 22,44$; $\sigma = 6,53$; CV = 29,1%; $0,7\bar{x} = 15,71$; $1,3\bar{x} = 29,17$.

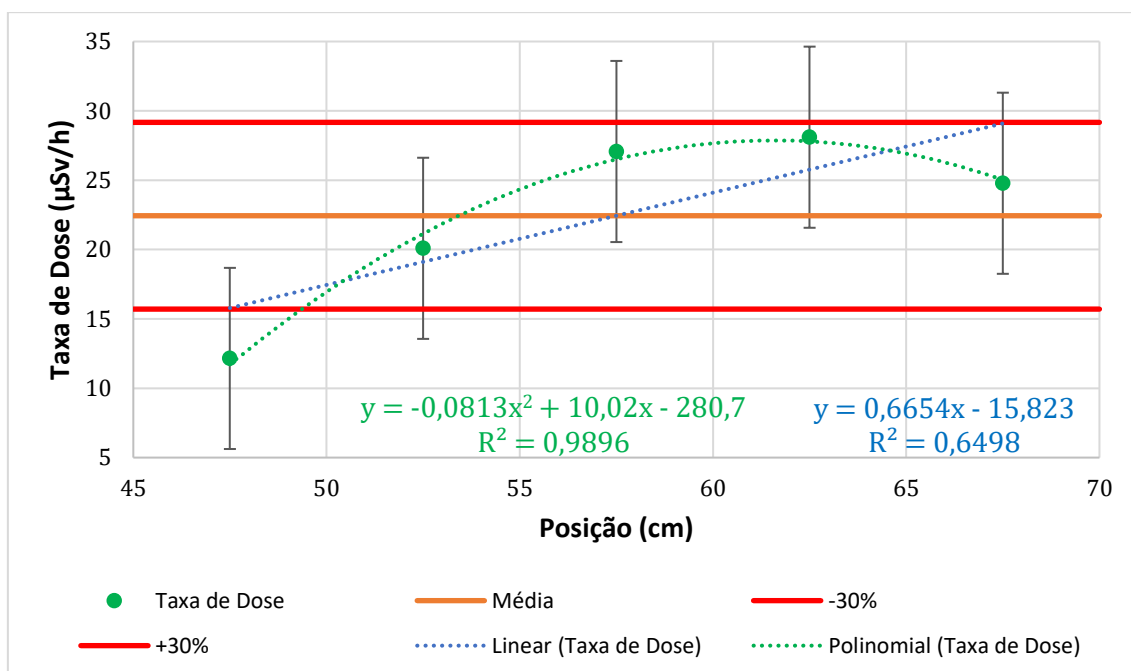


Gráfico 19: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F19, com $\bar{x} = 34,67$; $\sigma = 18,85$; $CV = 54,4\%$; $0,7\bar{x} = 24,27$; $1,3\bar{x} = 45,07$.

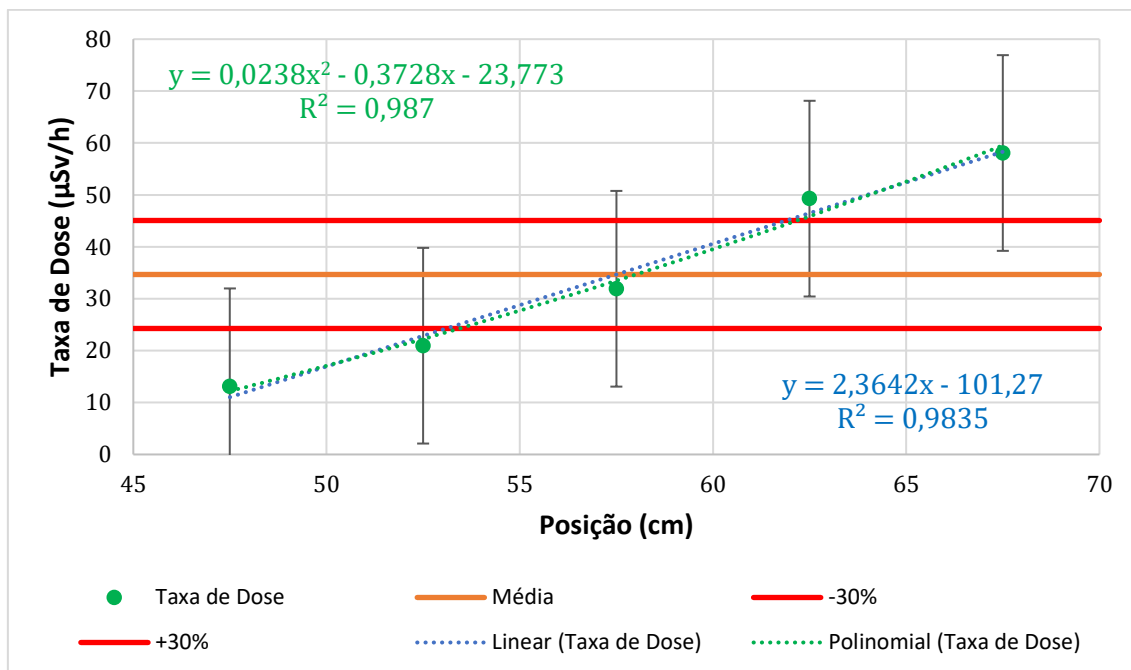


Gráfico 20: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F20, com $\bar{x} = 49,08$; $\sigma = 15,79$; $CV = 32,2\%$; $0,7\bar{x} = 34,36$; $1,3\bar{x} = 63,80$.

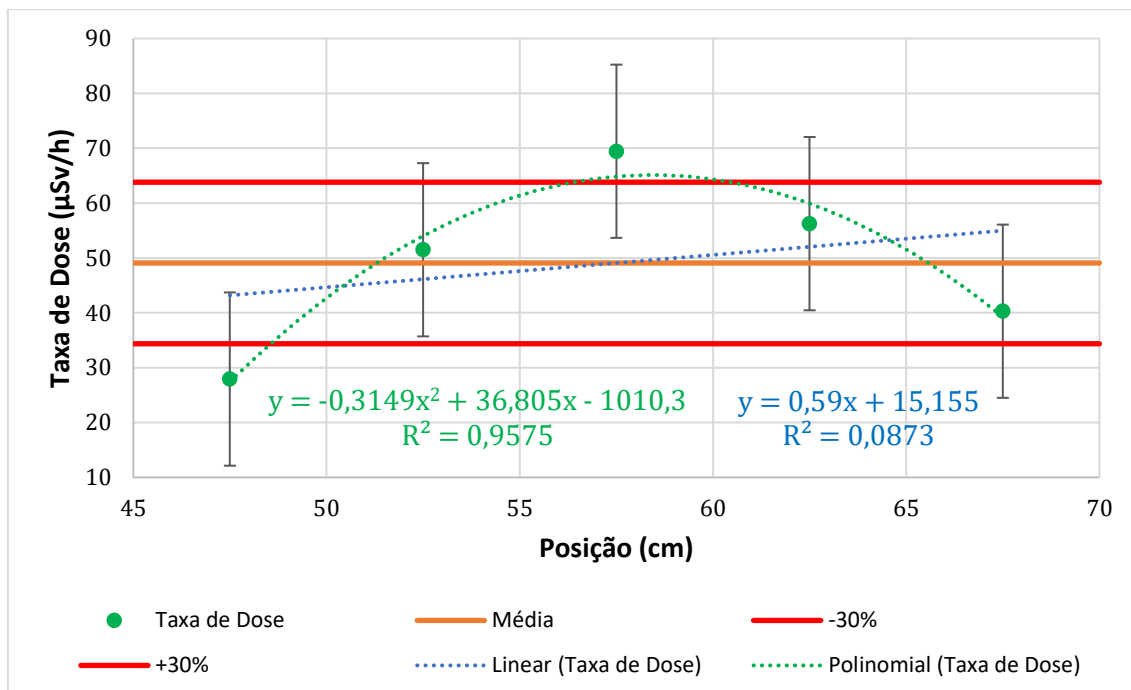


Gráfico 21: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F21, com $\bar{x} = 28,44$; $\sigma = 5,58$; CV = 19,6%; $0,7\bar{x} = 19,91$; $1,3\bar{x} = 36,97$.

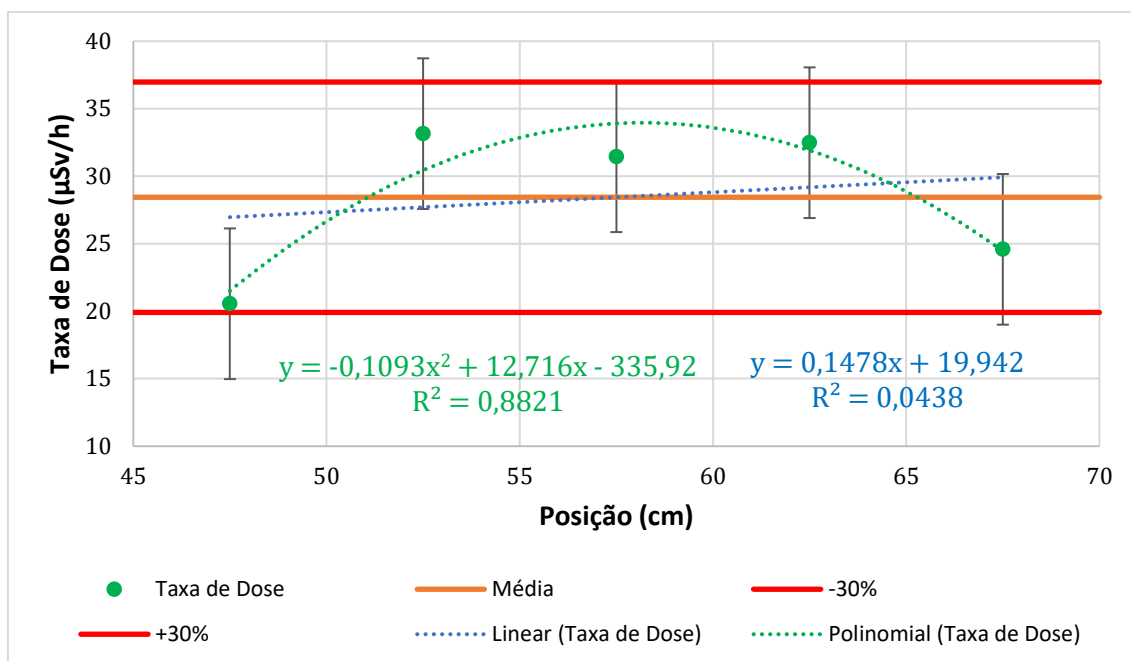


Gráfico 22: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F22, com $\bar{x} = 65,51$; $\sigma = 41,26$; CV = 63,0%; $0,7\bar{x} = 45,86$; $1,3\bar{x} = 85,17$.

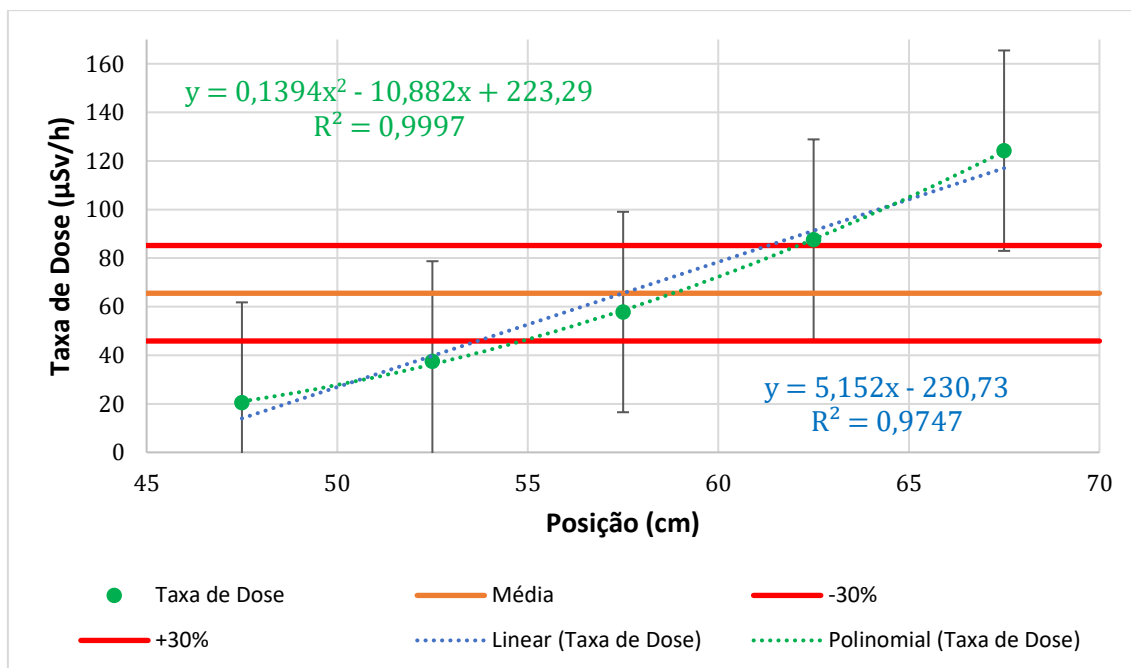


Gráfico 23: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F23, com $\bar{x} = 10,06$; $\sigma = 3,26$; CV = 32,4%; $0,7\bar{x} = 7,04$; $1,3\bar{x} = 13,08$.

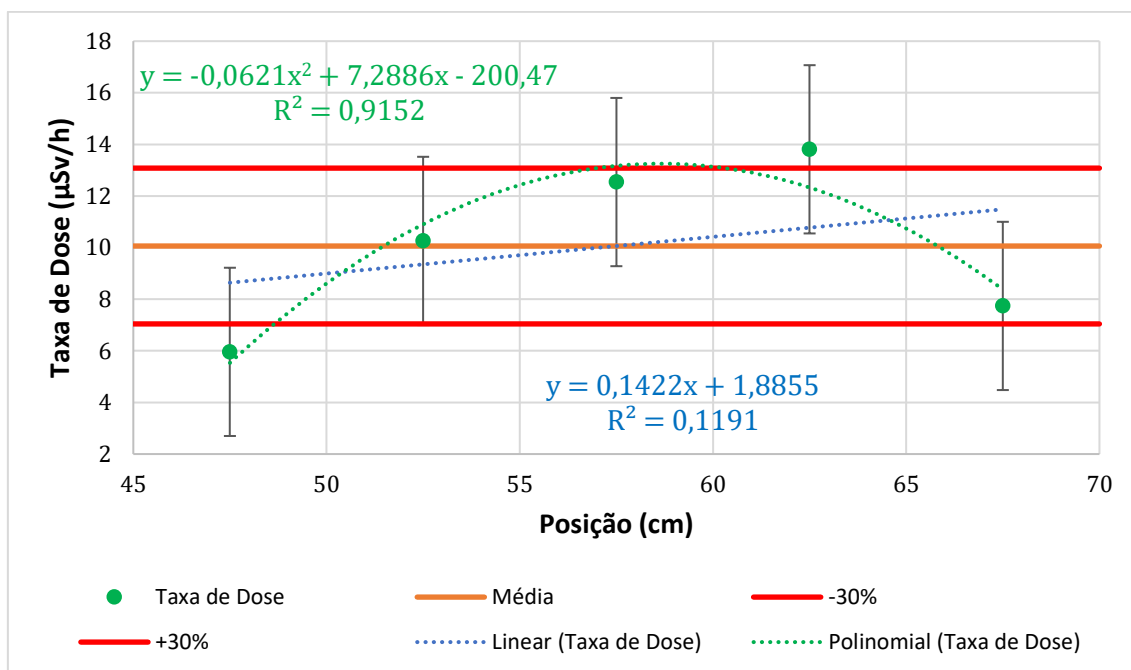


Gráfico 24: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F24, com $\bar{x} = 22,74$; $\sigma = 12,18$; CV = 53,5%; $0,7\bar{x} = 15,92$; $1,3\bar{x} = 29,56$.

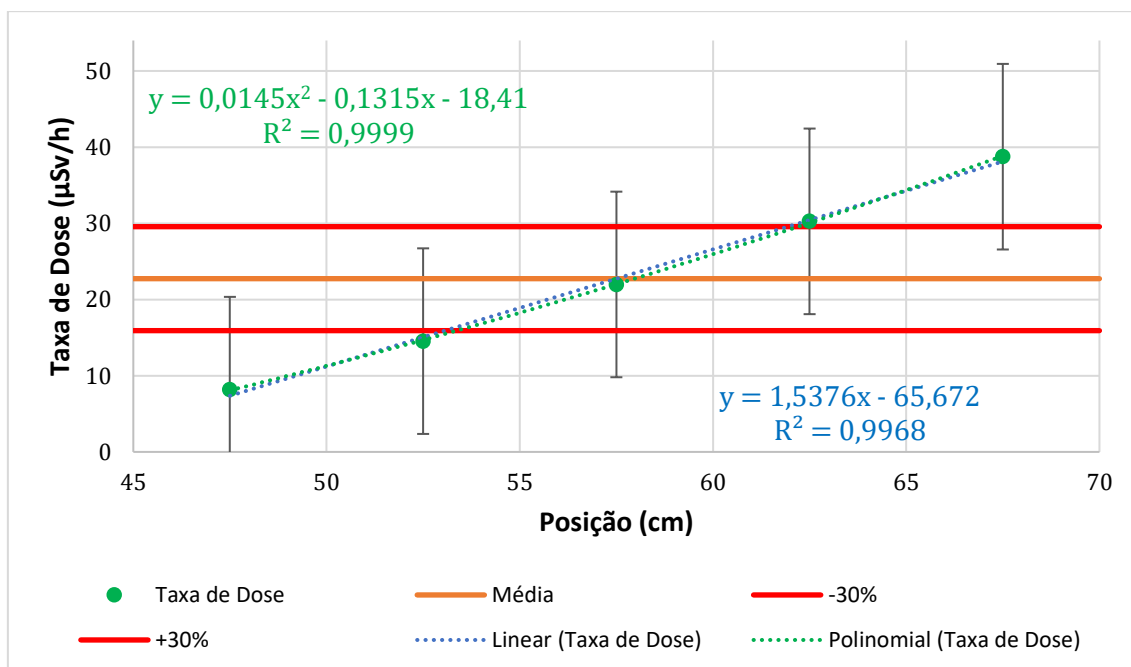


Gráfico 25: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F1, com $\bar{x} = 3,41$; $\sigma = 0,66$; CV = 19,4%; $0,7\bar{x} = 2,39$; $1,3\bar{x} = 4,43$.

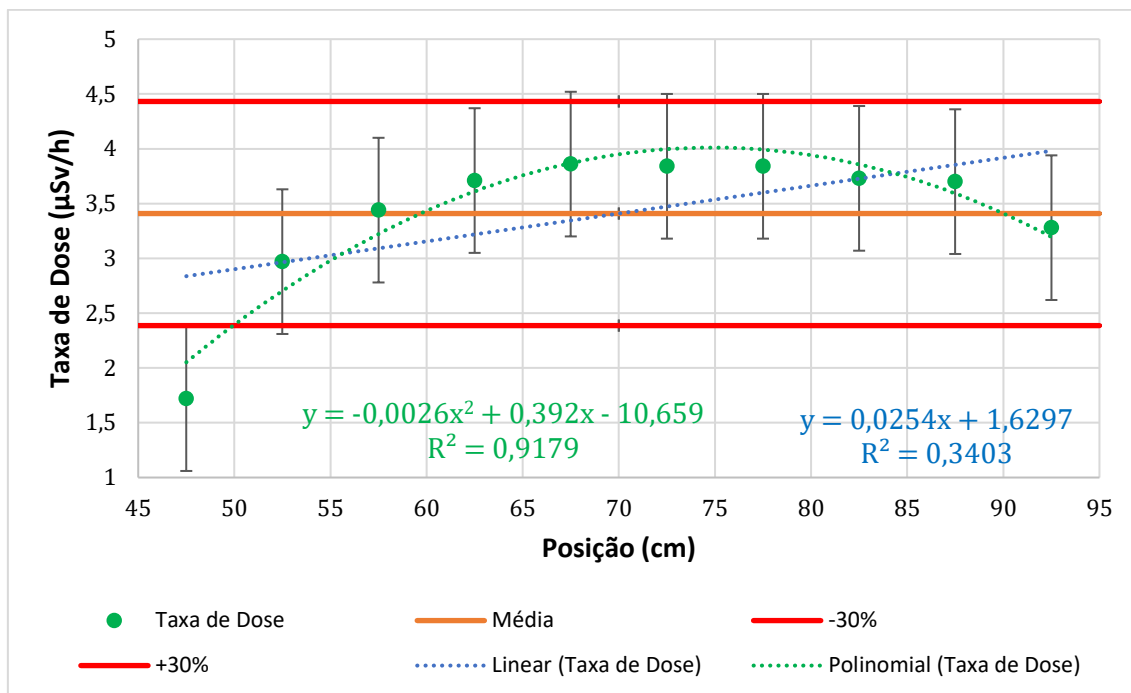


Gráfico 26: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F2, com $\bar{x} = 4,58$; $\sigma = 0,86$; CV = 18,8%; $0,7\bar{x} = 3,20$; $1,3\bar{x} = 5,95$.

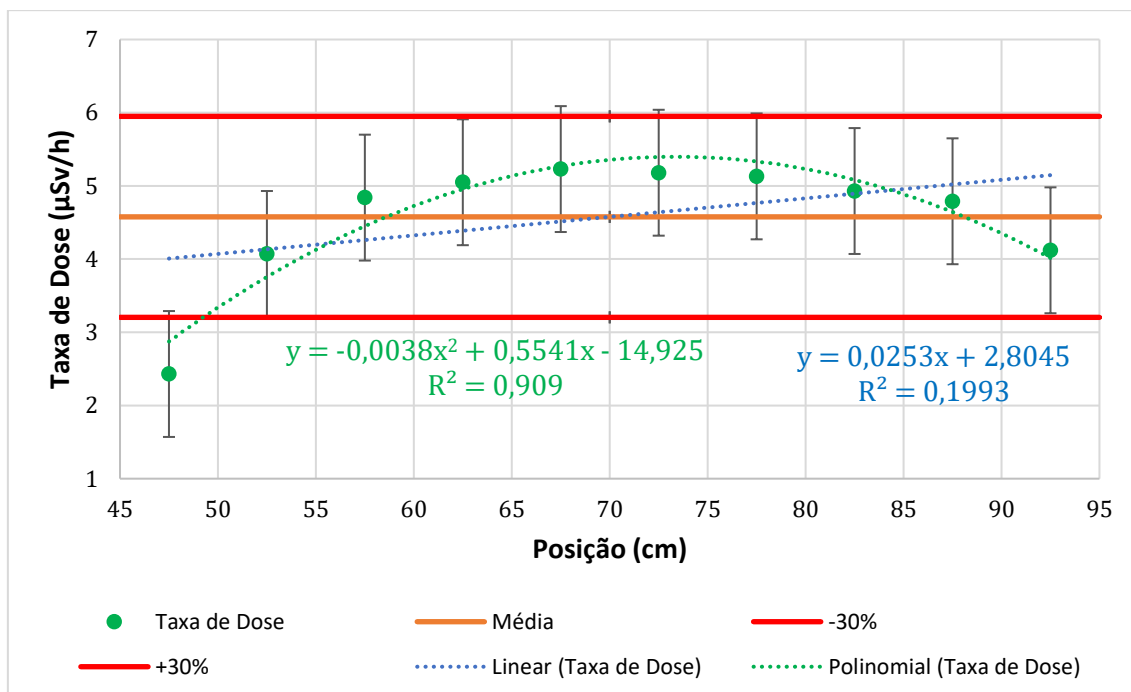


Gráfico 27: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F3, com $\bar{x} = 9,78$; $\sigma = 1,83$; CV = 18,7%; $0,7\bar{x} = 6,85$; $1,3\bar{x} = 12,72$.

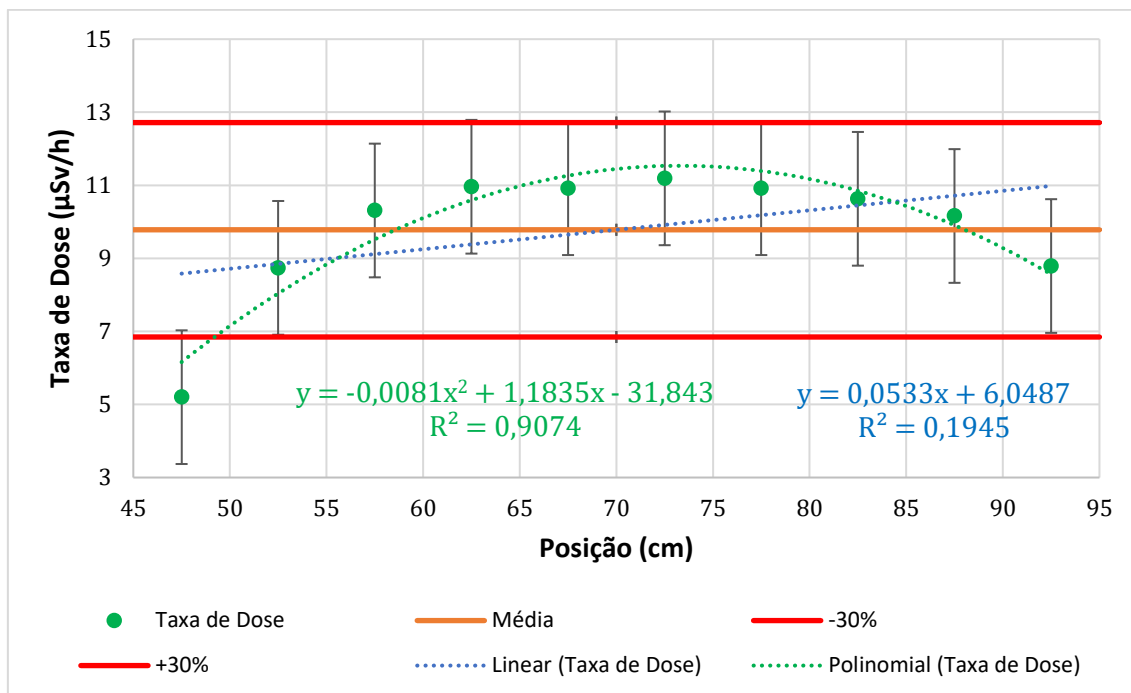


Gráfico 28: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F4, com $\bar{x} = 3,96$; $\sigma = 0,76$; CV = 19,3%; $0,7\bar{x} = 2,77$; $1,3\bar{x} = 5,15$.

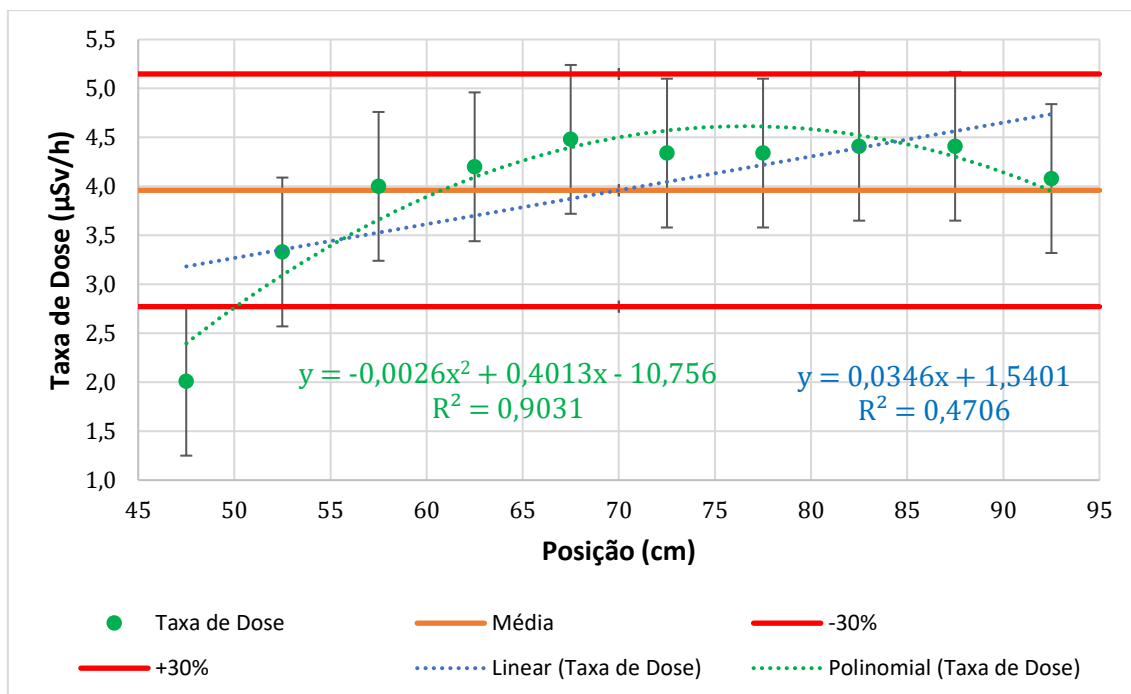


Gráfico 29: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F5, com $\bar{x} = 3,82$; $\sigma = 0,78$; $CV = 20,5\%$; $0,7\bar{x} = 2,67$; $1,3\bar{x} = 4,97$.

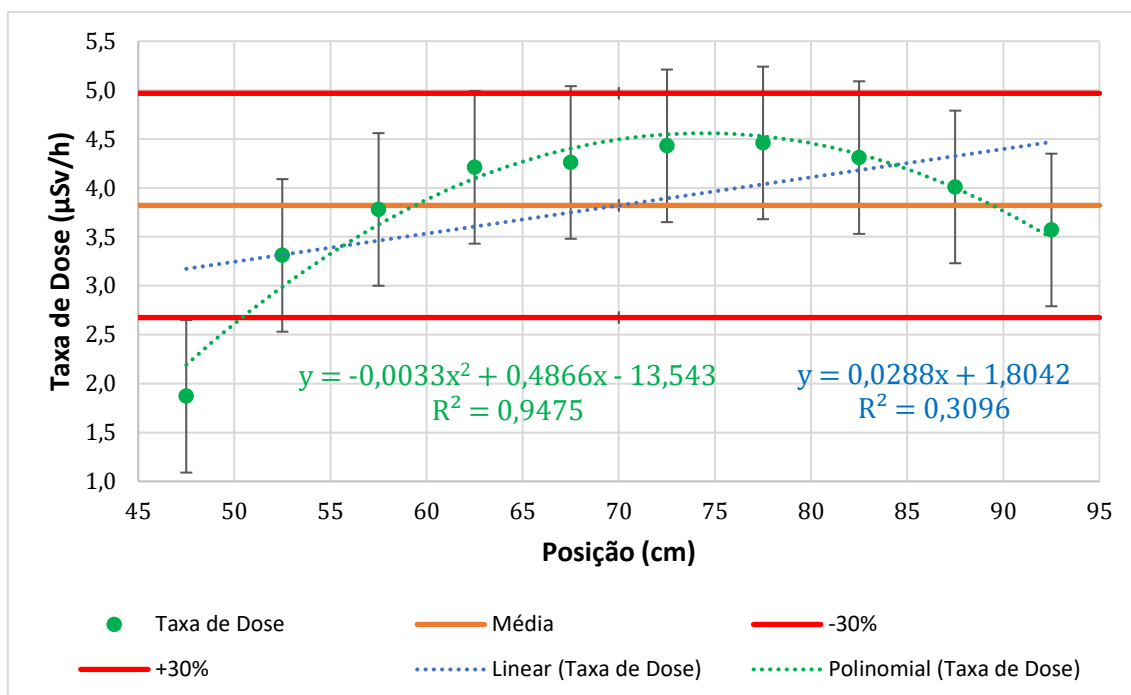


Gráfico 30: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F6, com $\bar{x} = 3,08$; $\sigma = 0,58$; $CV = 18,8\%$; $0,7\bar{x} = 2,15$; $1,3\bar{x} = 4,00$.

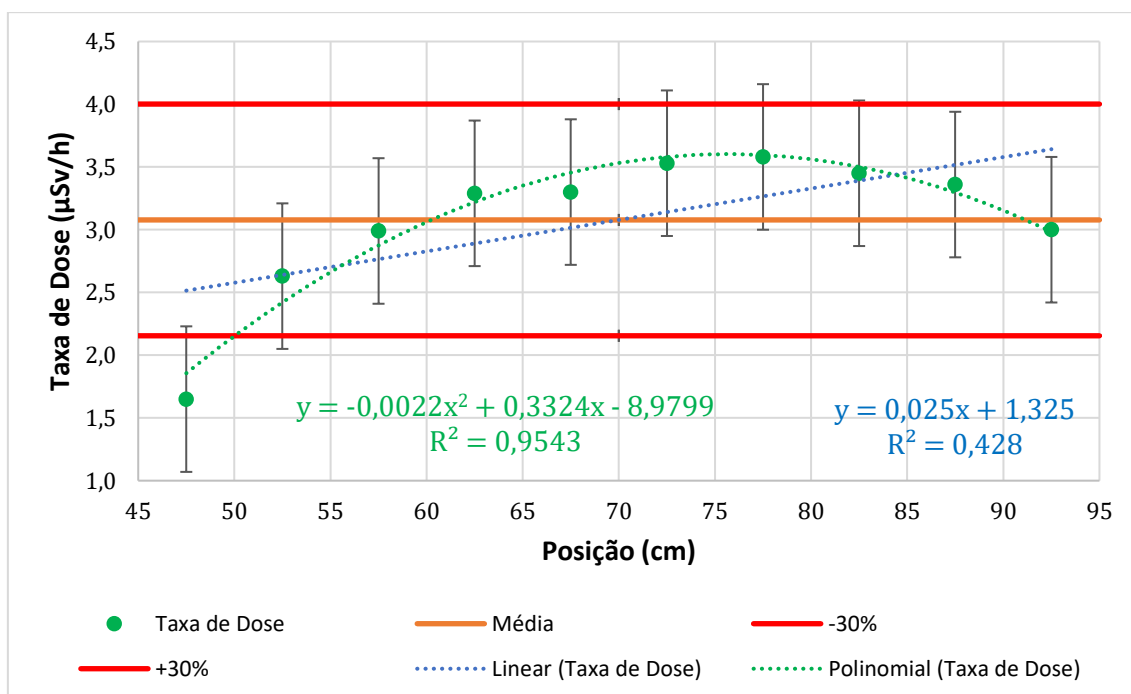


Gráfico 31: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F7, com $\bar{x} = 4,46$; $\sigma = 0,85$; $CV = 19,0\%$; $0,7\bar{x} = 3,12$; $1,3\bar{x} = 5,79$.

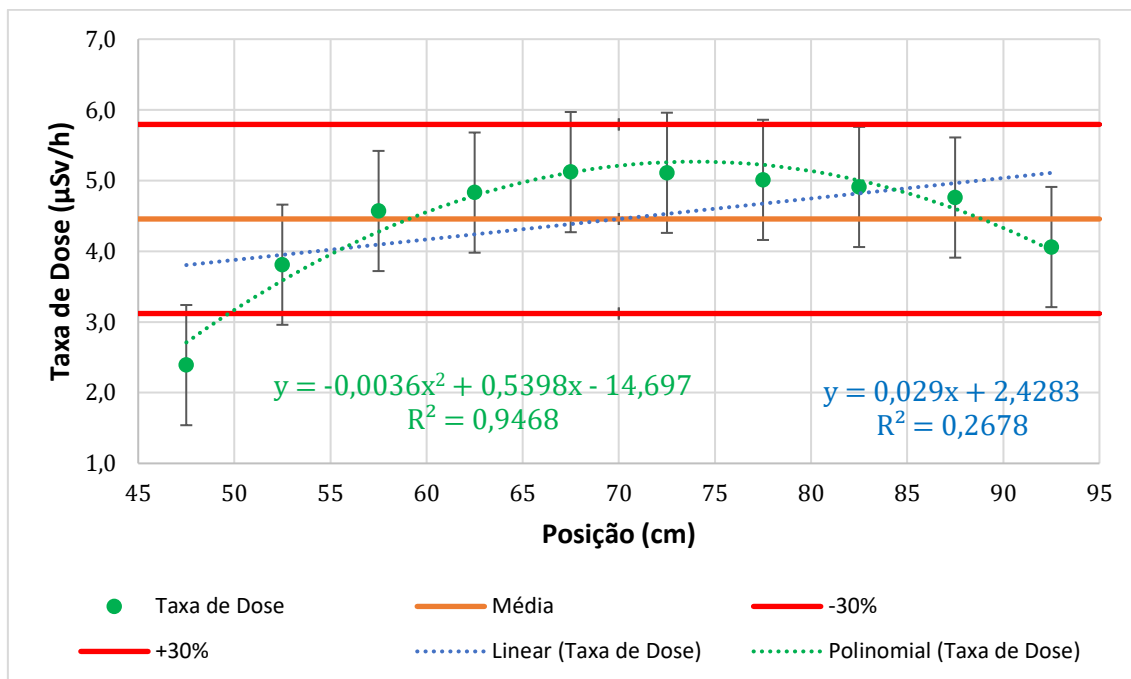


Gráfico 32: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F8, com $\bar{x} = 4,24$; $\sigma = 0,77$; $CV = 18,3\%$; $0,7\bar{x} = 2,97$; $1,3\bar{x} = 5,51$.

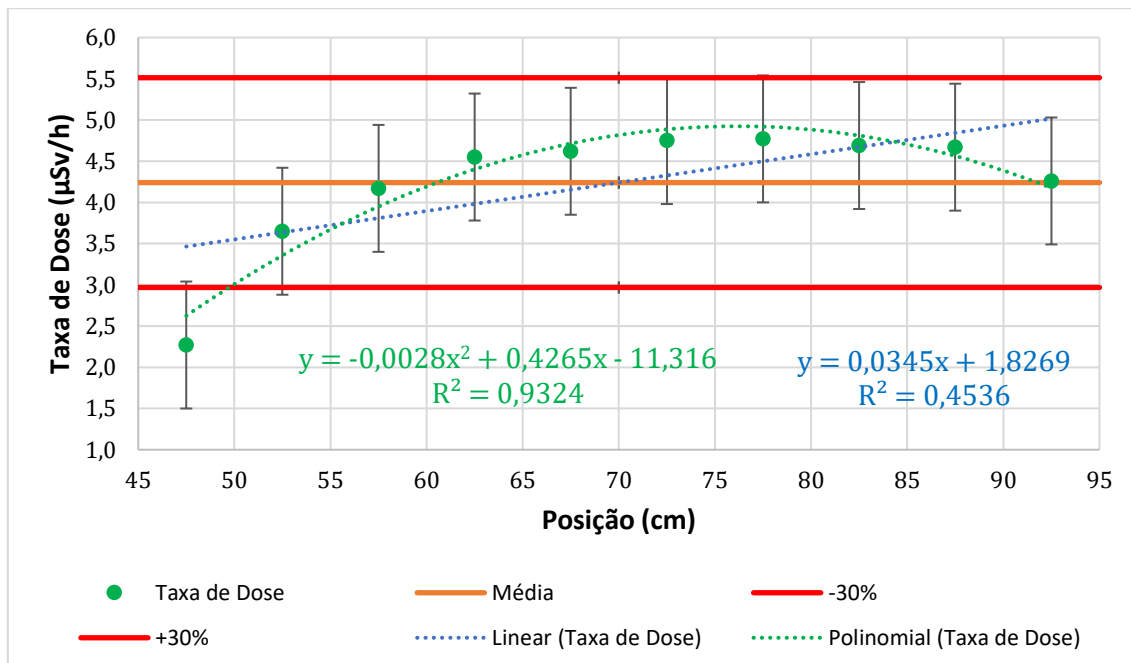


Gráfico 33: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F9, com $\bar{x} = 7,30$; $\sigma = 1,08$; CV = 14,9%; $0,7\bar{x} = 5,11$; $1,3\bar{x} = 9,48$.

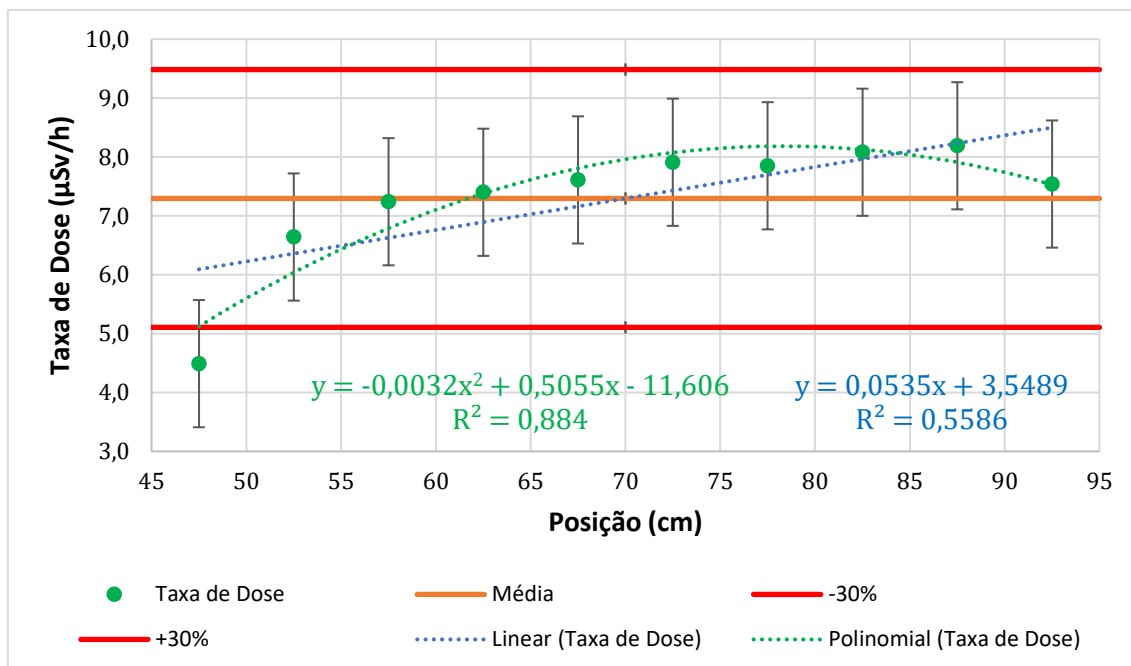


Gráfico 34: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F10, com $\bar{x} = 7,49$; $\sigma = 0,85$; CV = 11,3%; $0,7\bar{x} = 5,24$; $1,3\bar{x} = 9,73$.

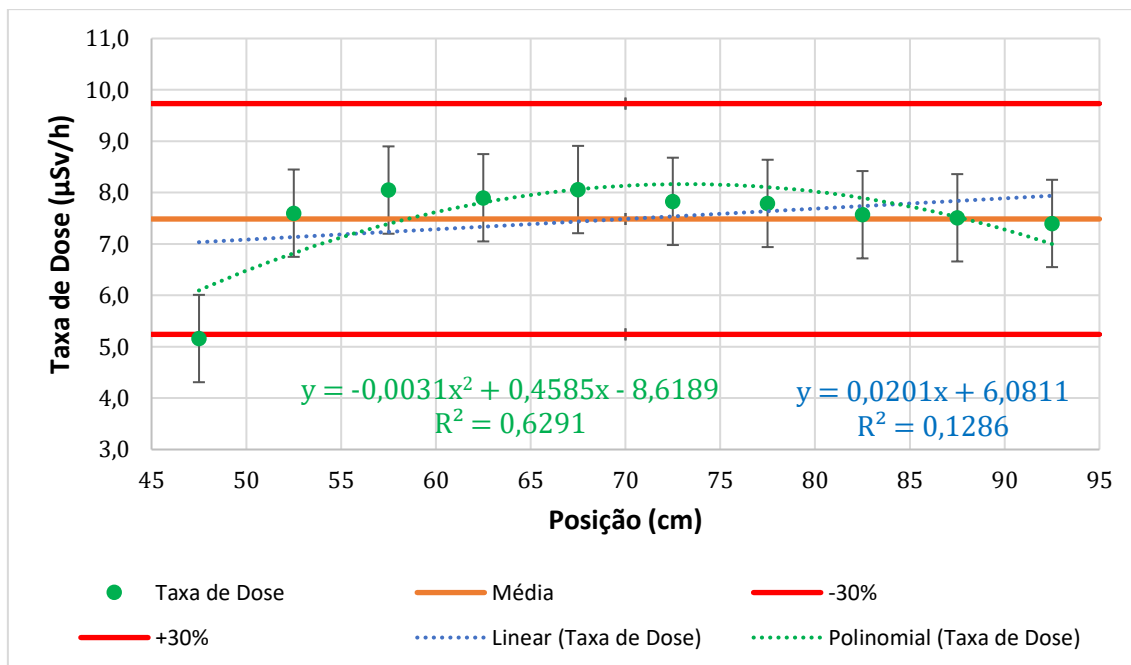


Gráfico 35: análise de homogeneidade das taxas de dose do T3F1, com $\bar{x} = 9,28$; $\sigma = 2,24$; $CV = 24,1\%$; $0,7\bar{x} = 6,49$; $1,3\bar{x} = 12,06$.

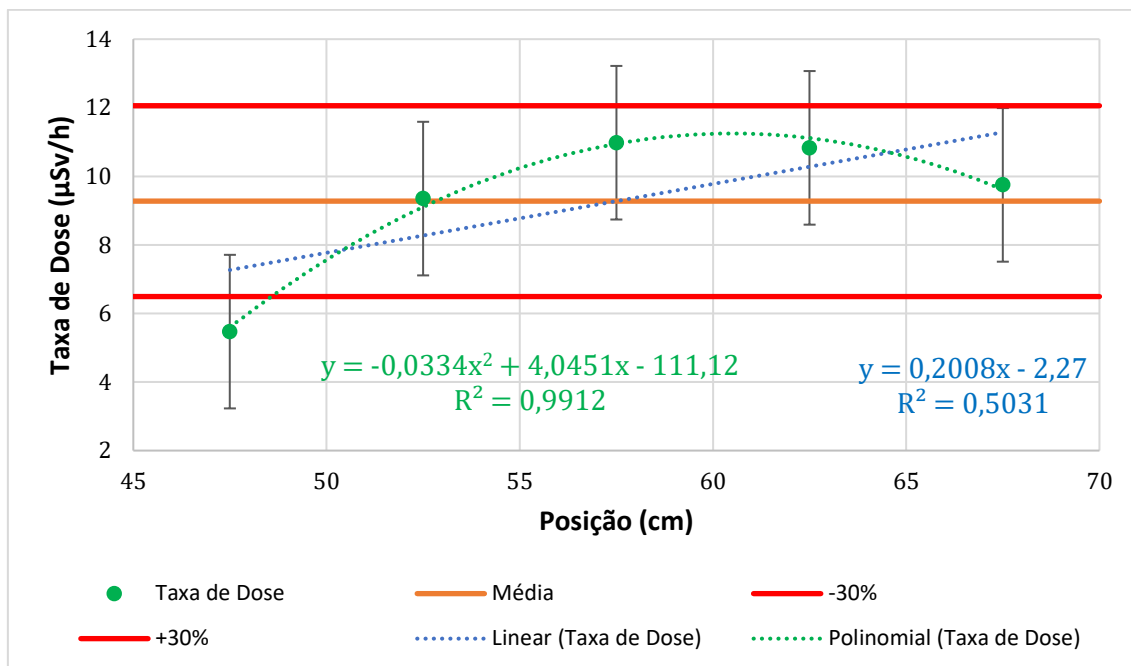


Gráfico 36: análise de homogeneidade das taxas de dose do T3F2, com $\bar{x} = 13,82$; $\sigma = 5,18$; $CV = 37,5\%$; $0,7\bar{x} = 9,68$; $1,3\bar{x} = 17,97$.

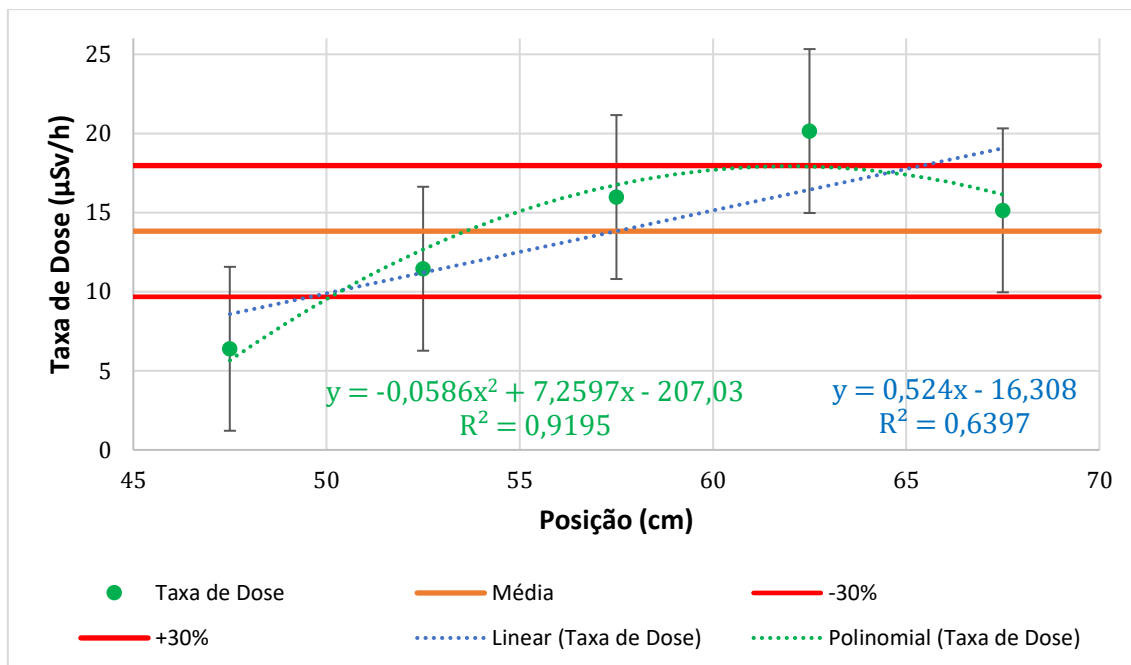
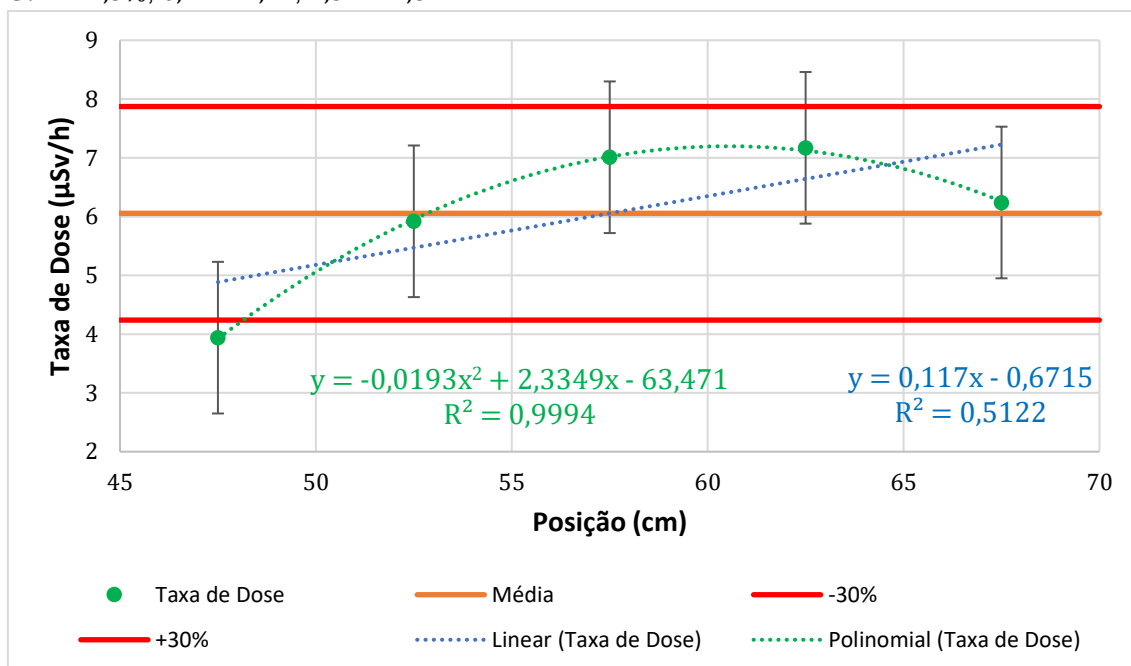


Gráfico 37: análise de homogeneidade das taxas de dose do T3F3, com $\bar{x} = 6,06$; $\sigma = 1,29$; CV = 21,3%; $0,7\bar{x} = 4,24$; $1,3\bar{x} = 7,87$.



Na grande maioria dos gráficos, é possível ver que o primeiro ponto se trata de um *outlier*, pois acaba distorcendo o valor da média, contribuindo para o aumento do desvio padrão e do coeficiente de variação do conjunto. Dessa maneira, foram feitos novamente os gráficos (exceto T1F10 e T1F11, que não apresentaram esse problema) excluindo-se o primeiro ponto do conjunto.

Gráfico 38: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F1 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 7,44$; $\sigma = 0,40$; CV = 5,4%; $0,7\bar{x} = 5,21$; $1,3\bar{x} = 9,68$.

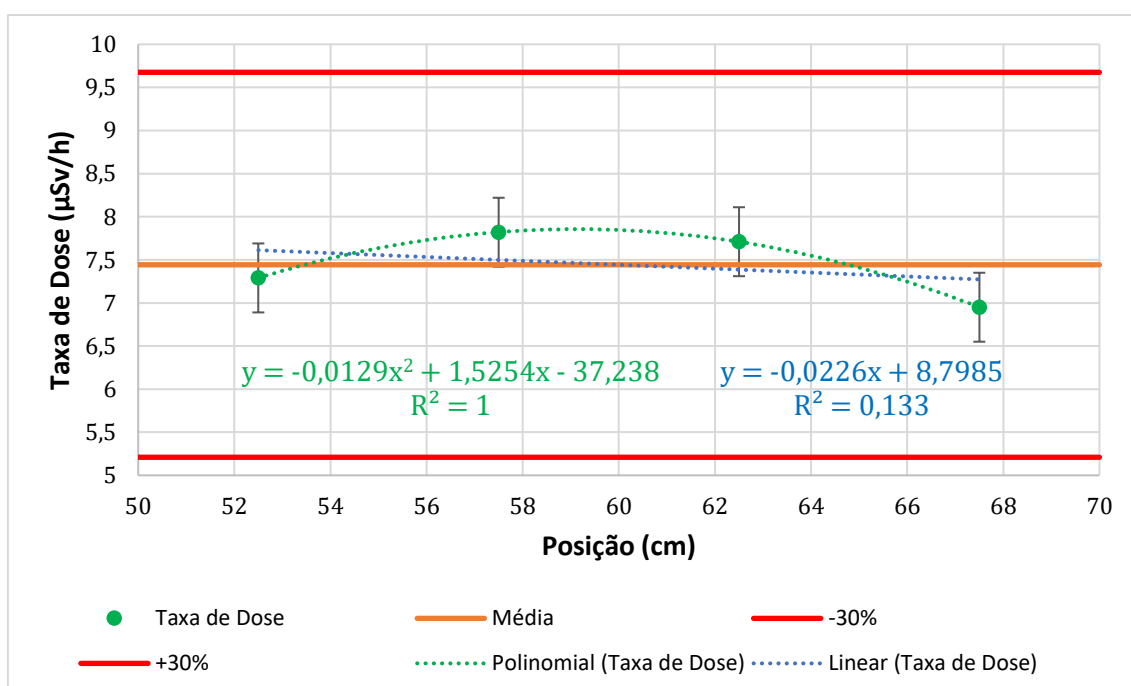


Gráfico 39: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F2 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 7,22$; $\sigma = 0,64$; $CV = 8,8\%$; $0,7\bar{x} = 5,05$; $1,3\bar{x} = 9,39$.

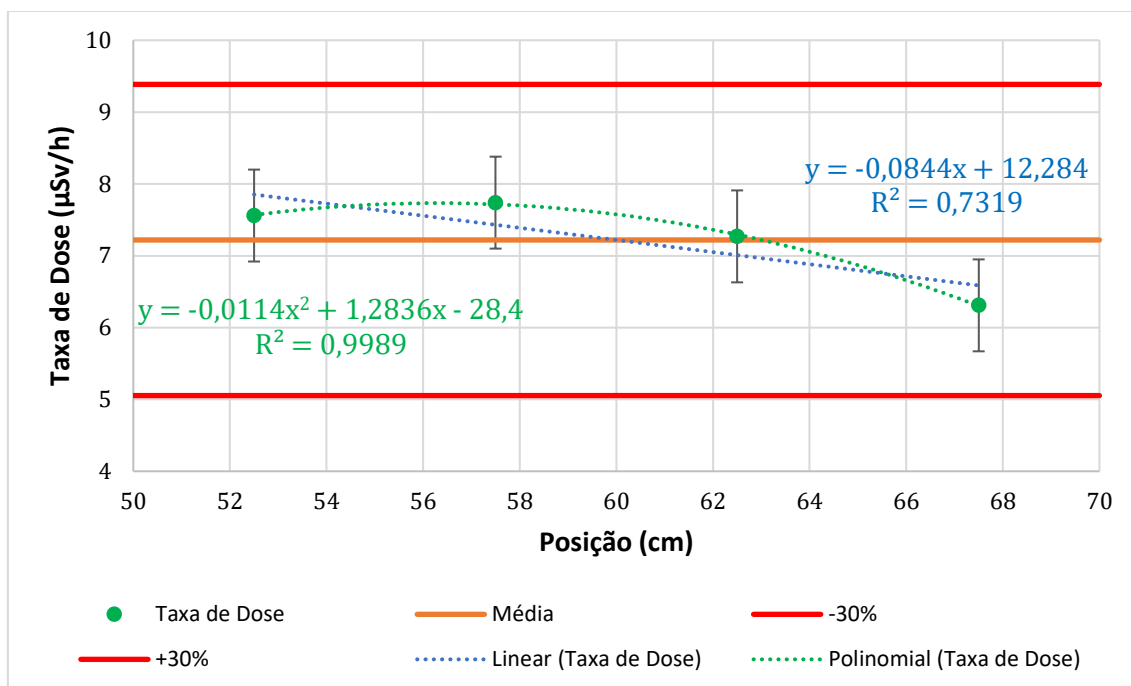


Gráfico 40: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F3 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 7,00$; $\sigma = 0,42$; $CV = 6,0\%$; $0,7\bar{x} = 4,90$; $1,3\bar{x} = 9,10$.

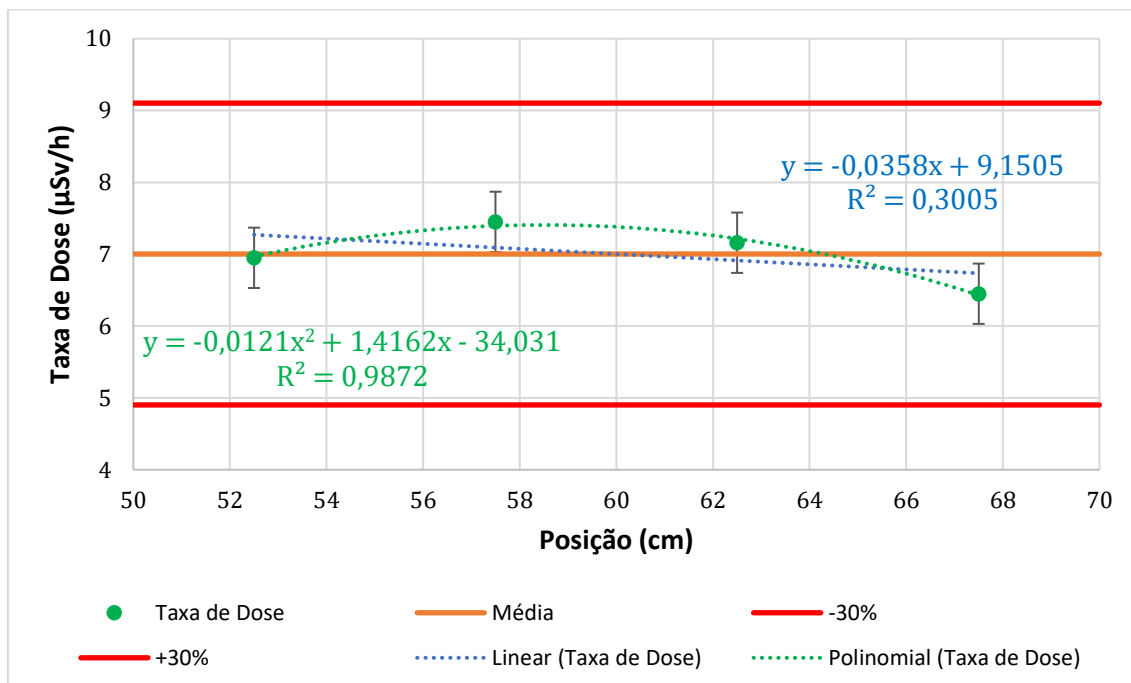


Gráfico 41: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F4 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 7,06$; $\sigma = 0,99$; $CV = 14,0\%$; $0,7\bar{x} = 4,94$; $1,3\bar{x} = 9,17$.

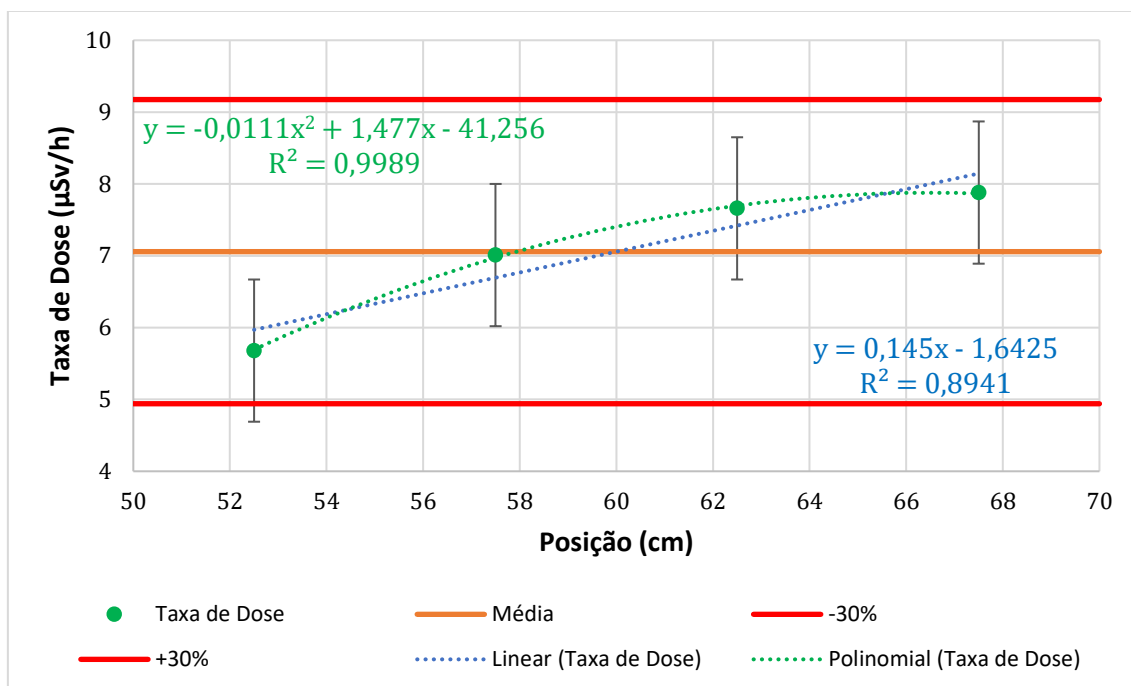


Gráfico 42: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F5 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 7,12$; $\sigma = 0,80$; $CV = 11,3\%$; $0,7\bar{x} = 4,98$; $1,3\bar{x} = 9,25$.

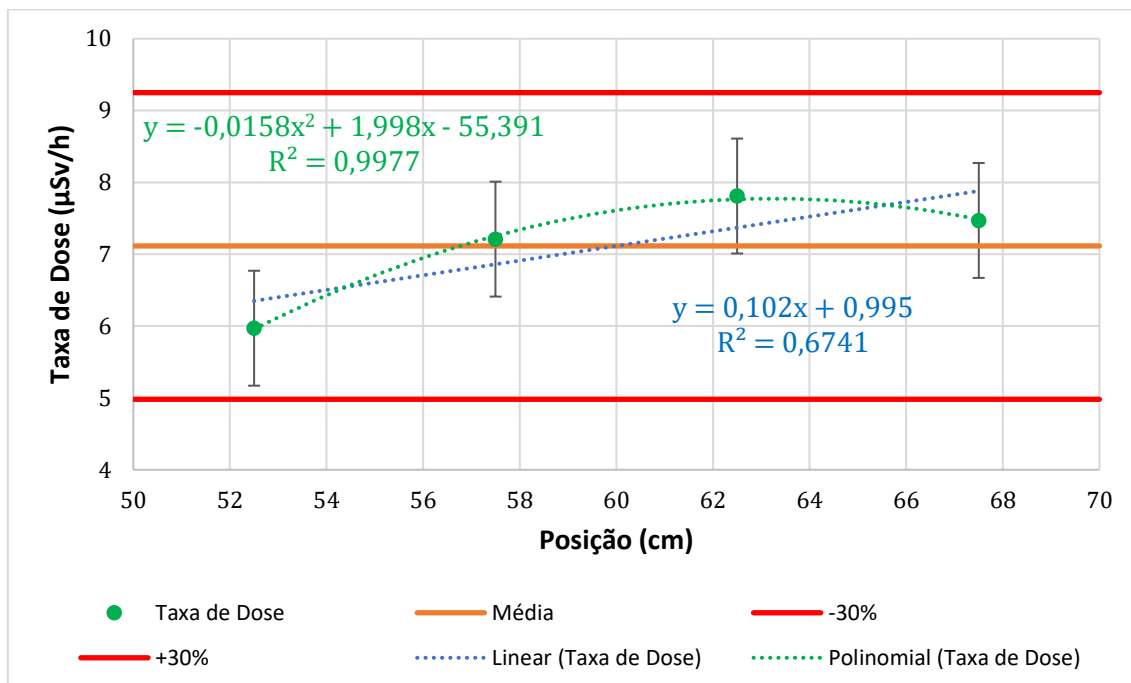


Gráfico 43: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F6 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 6,43$; $\sigma = 0,67$; $CV = 10,4\%$; $0,7\bar{x} = 4,50$; $1,3\bar{x} = 8,36$.

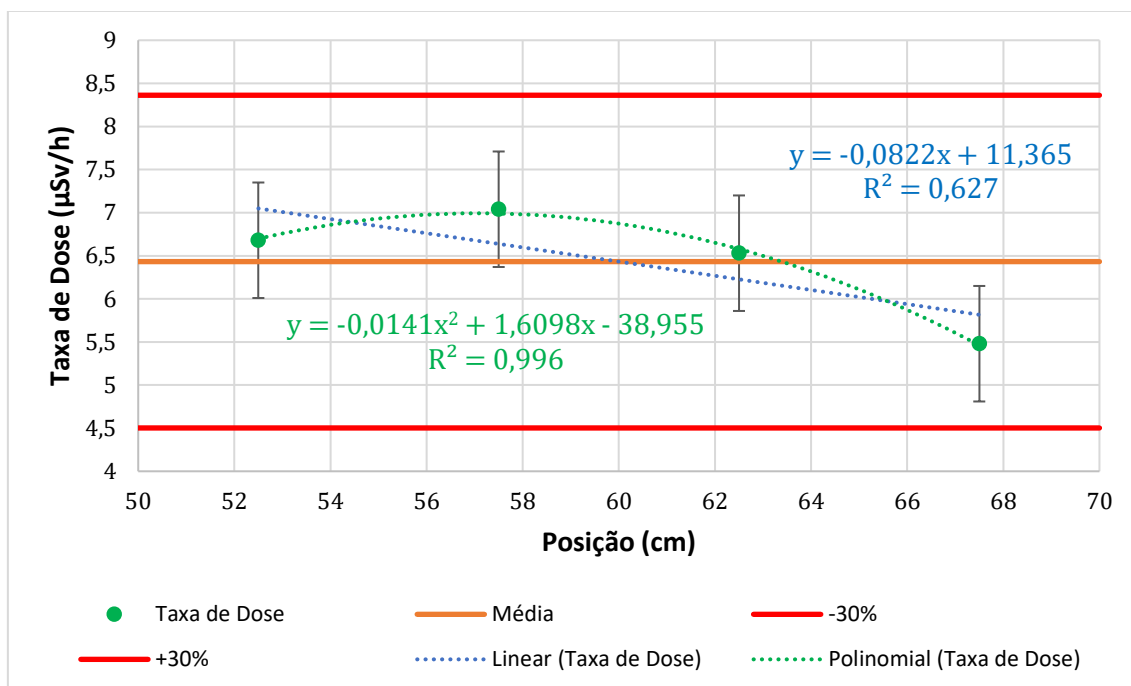


Gráfico 44: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F7 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 6,56$; $\sigma = 0,43$; $CV = 6,6\%$; $0,7\bar{x} = 4,59$; $1,3\bar{x} = 8,52$.

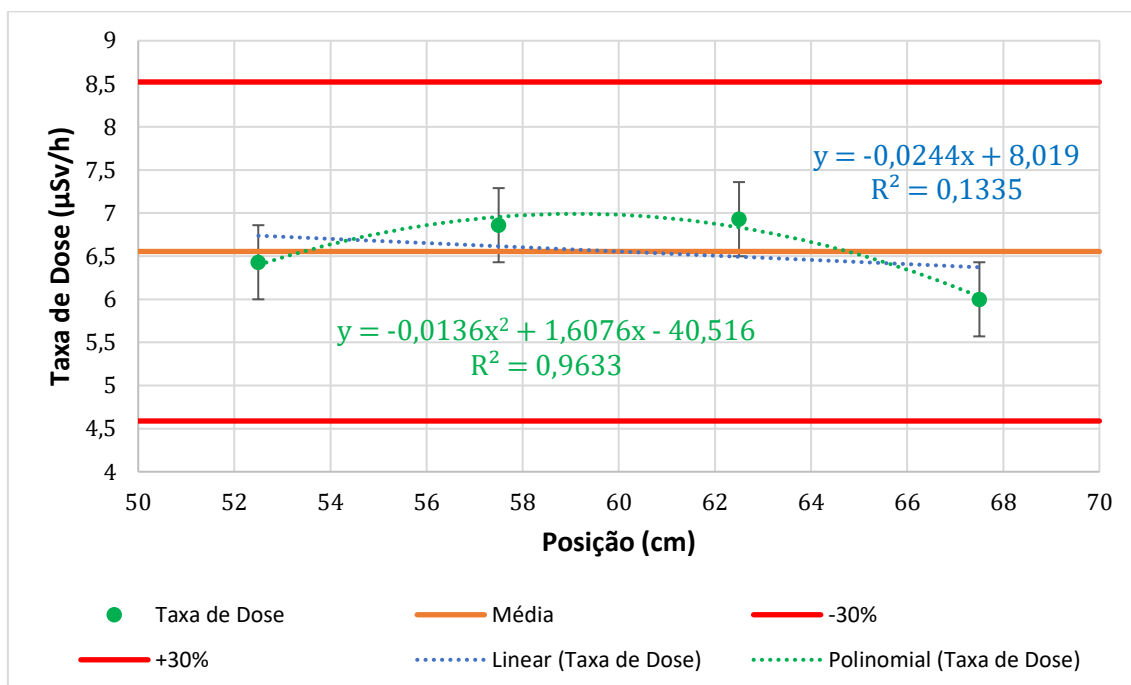


Gráfico 45: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F8 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 5,94$; $\sigma = 0,56$; $CV = 9,4\%$; $0,7\bar{x} = 4,16$; $1,3\bar{x} = 7,72$.

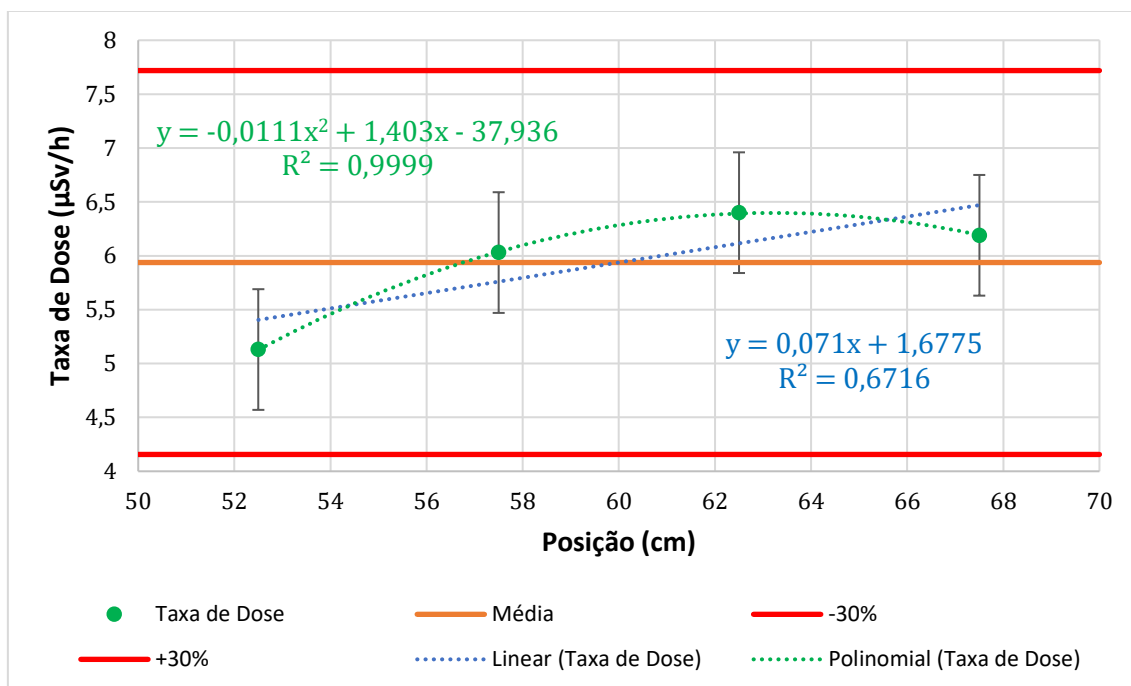


Gráfico 46: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F9 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 6,57$; $\sigma = 0,54$; $CV = 8,3\%$; $0,7\bar{x} = 4,60$; $1,3\bar{x} = 8,54$.

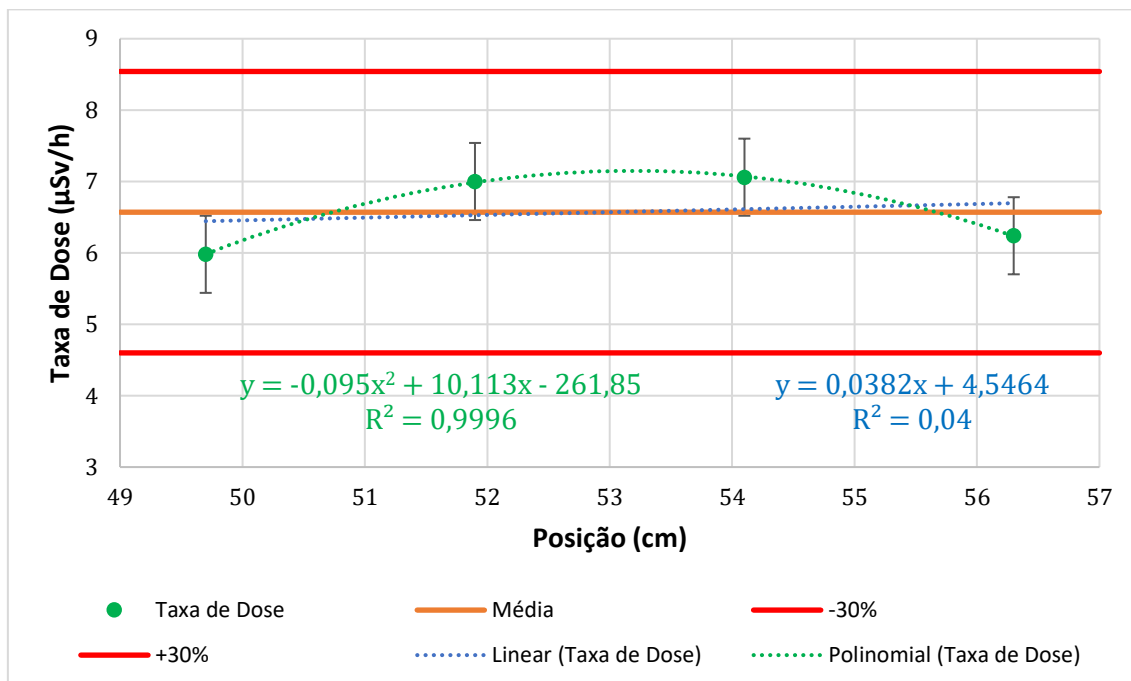


Gráfico 47: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F12 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 7,65$; $\sigma = 1,00$; $CV = 13,1\%$; $0,7\bar{x} = 5,36$; $1,3\bar{x} = 9,95$.

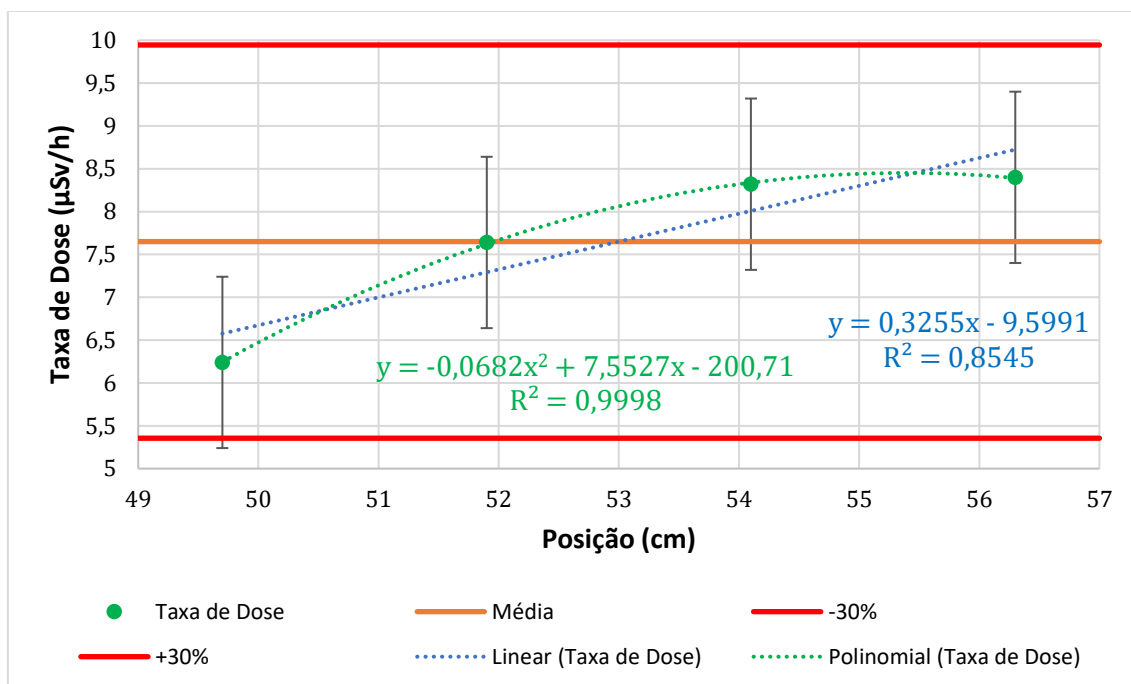


Gráfico 48: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F13 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 5,91$; $\sigma = 1,04$; $CV = 17,5\%$; $0,7\bar{x} = 4,13$; $1,3\bar{x} = 7,68$.

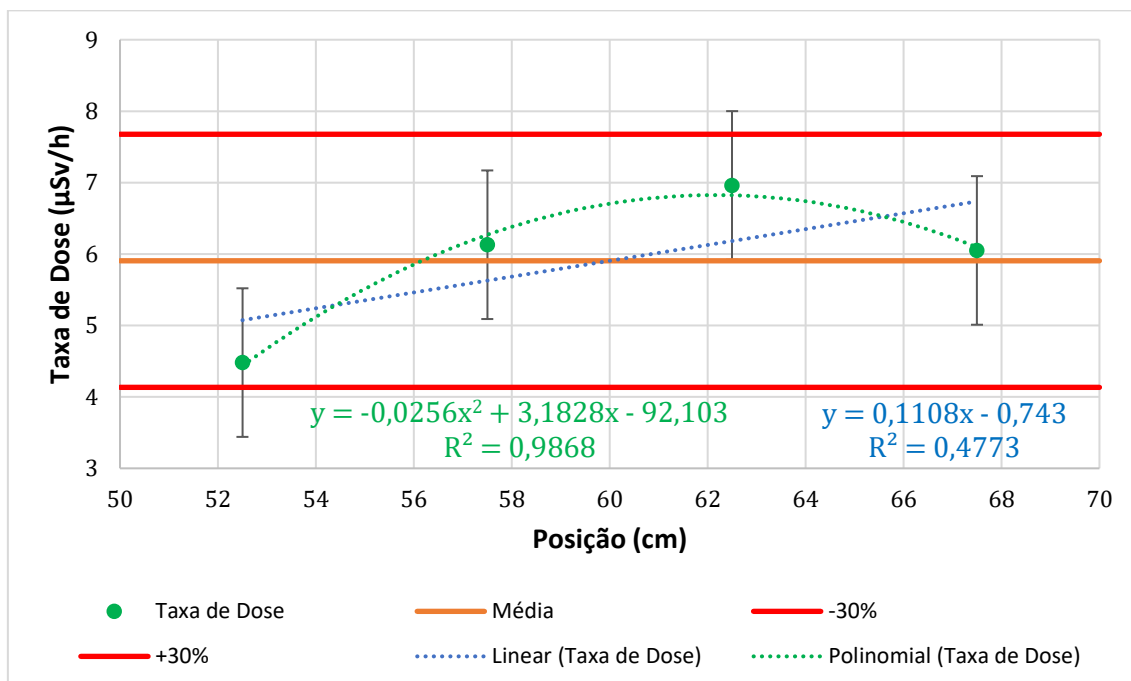


Gráfico 49: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F14 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 3,34$; $\sigma = 0,22$; $CV = 6,4\%$; $0,7\bar{x} = 2,34$; $1,3\bar{x} = 4,35$.

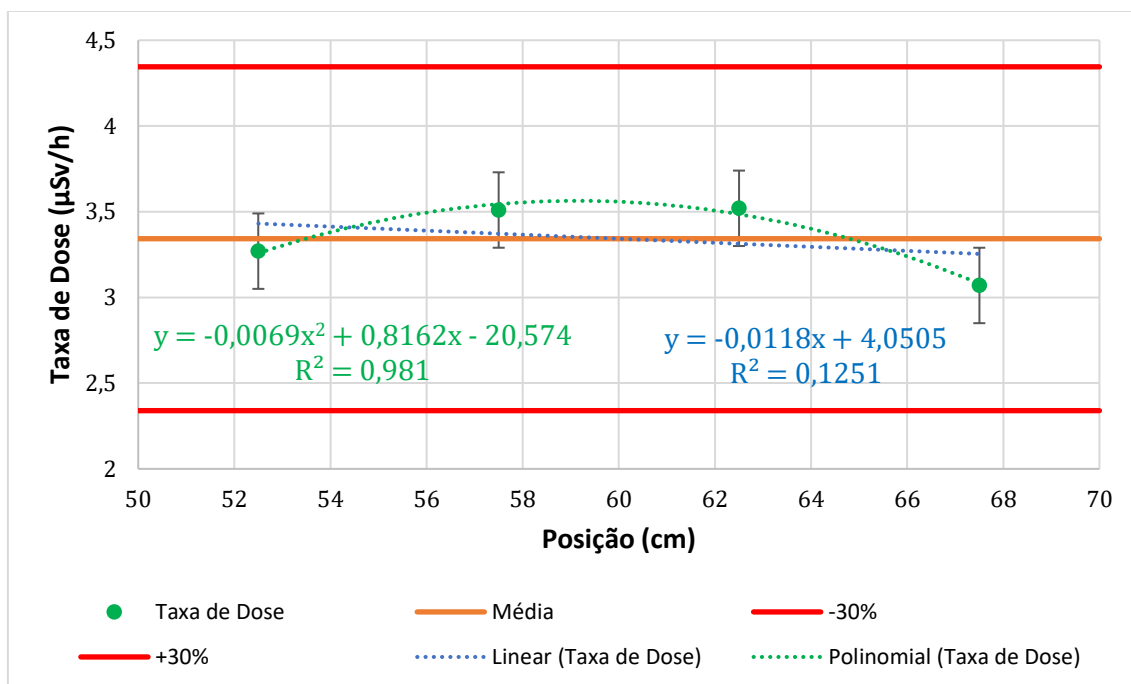


Gráfico 50: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F15 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 3,32$; $\sigma = 0,17$; $CV = 5,3\%$; $0,7\bar{x} = 2,32$; $1,3\bar{x} = 4,32$.

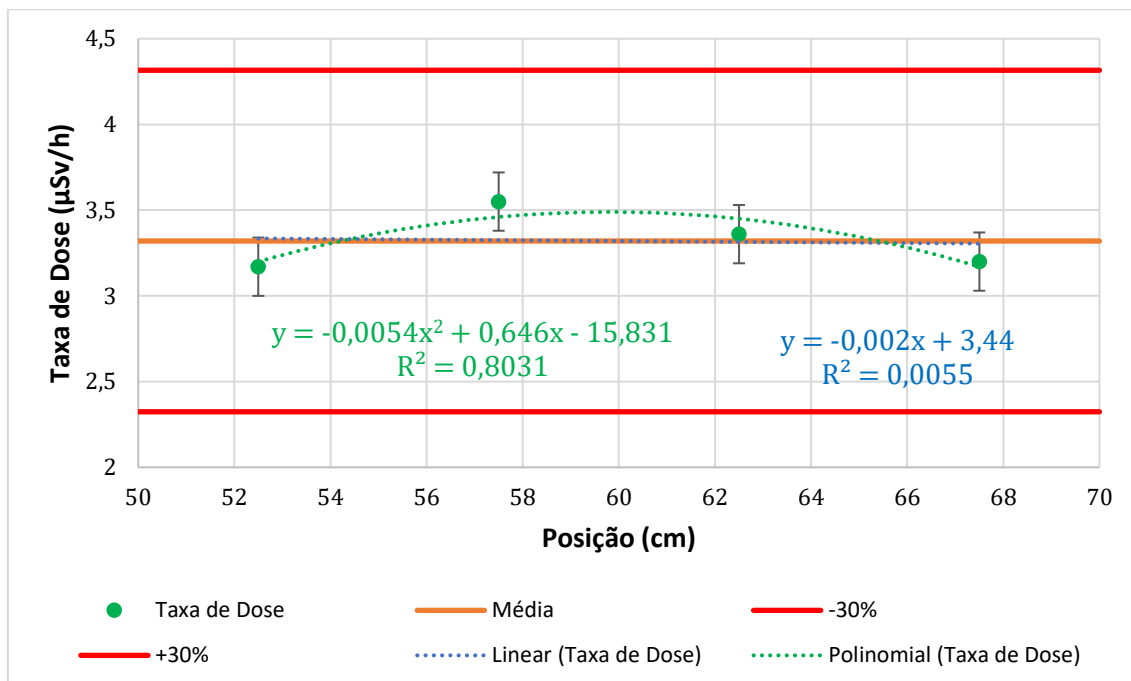


Gráfico 51: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F16 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 23,13$; $\sigma = 2,21$; $CV = 9,5\%$; $0,7\bar{x} = 16,19$; $1,3\bar{x} = 30,07$.

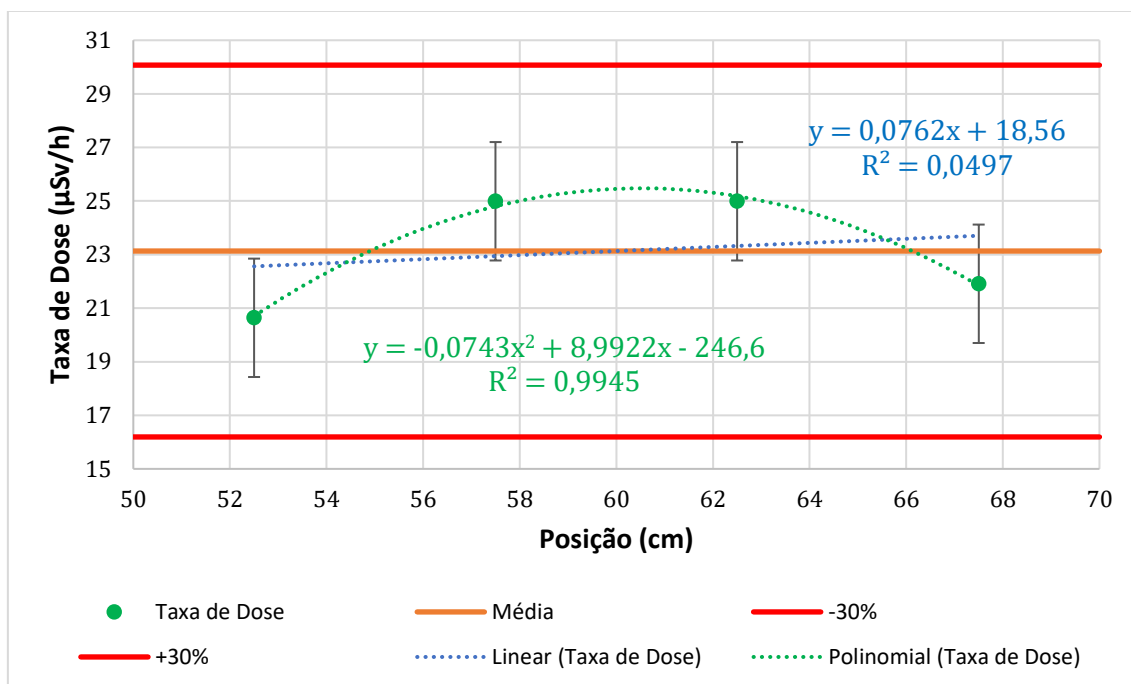


Gráfico 52: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F17 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 26,16$; $\sigma = 1,22$; $CV = 4,7\%$; $0,7\bar{x} = 18,31$; $1,3\bar{x} = 34,00$.

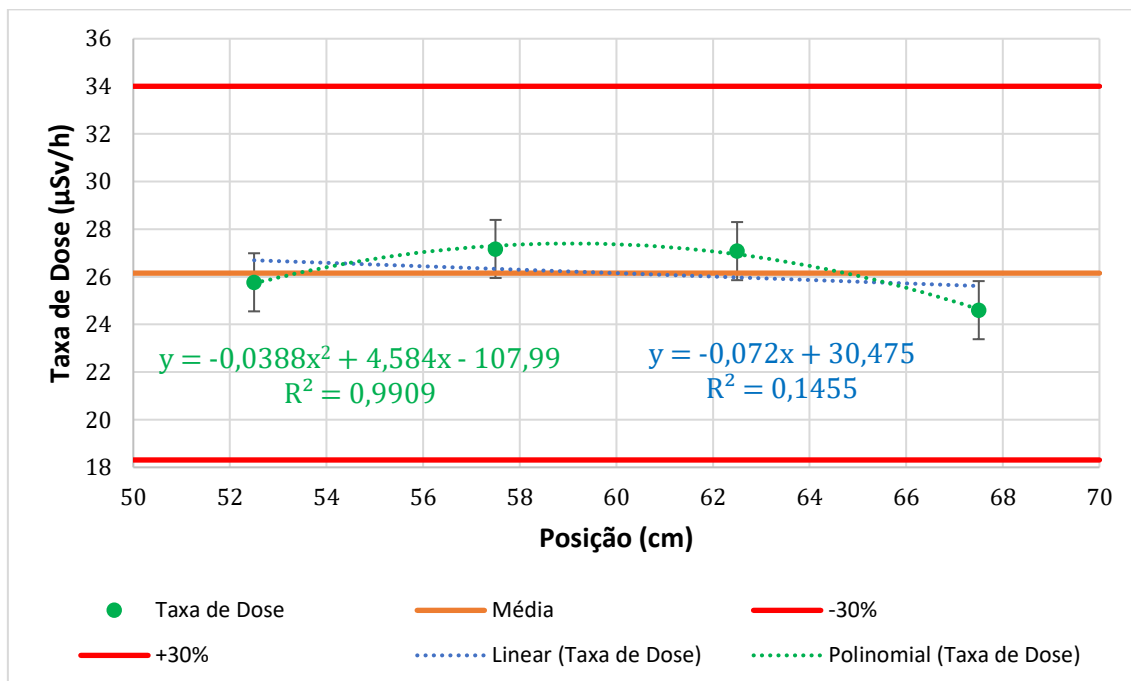


Gráfico 53: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F18 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 25,01$; $\sigma = 3,56$; $CV = 14,2\%$; $0,7\bar{x} = 17,51$; $1,3\bar{x} = 32,51$.

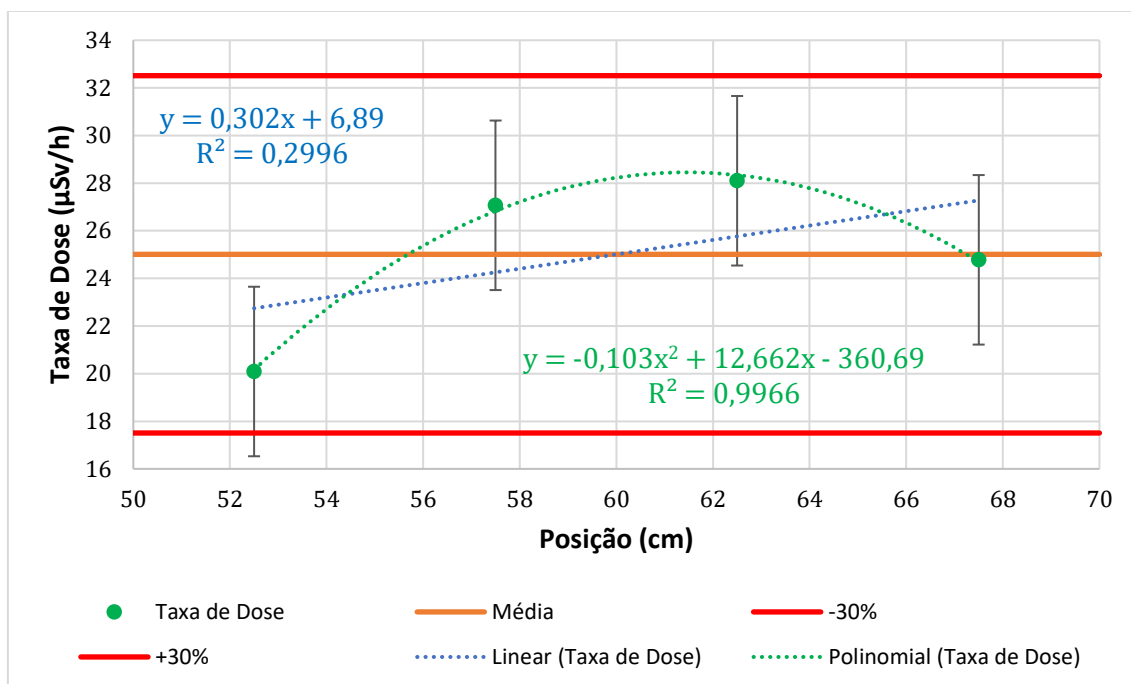


Gráfico 54: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F19 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 40,06$; $\sigma = 16,74$; $CV = 41,8\%$; $0,7\bar{x} = 28,04$; $1,3\bar{x} = 52,07$.

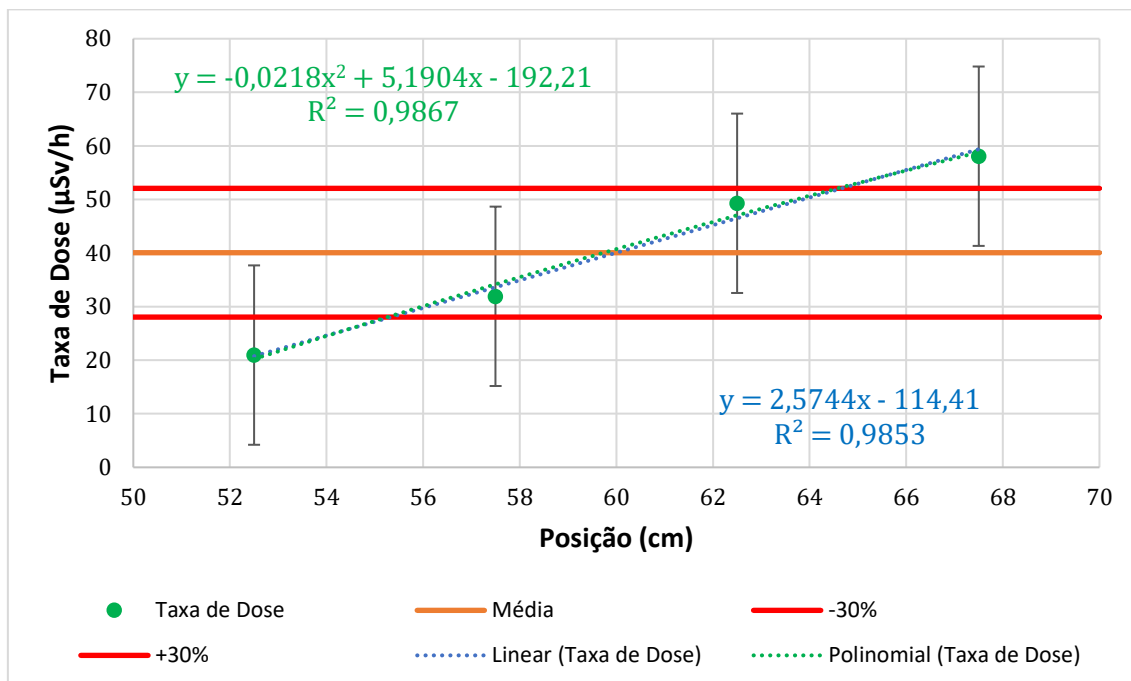


Gráfico 55: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F20 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 54,37$; $\sigma = 12,08$; $CV = 22,2\%$; $0,7\bar{x} = 38,06$; $1,3\bar{x} = 70,68$.

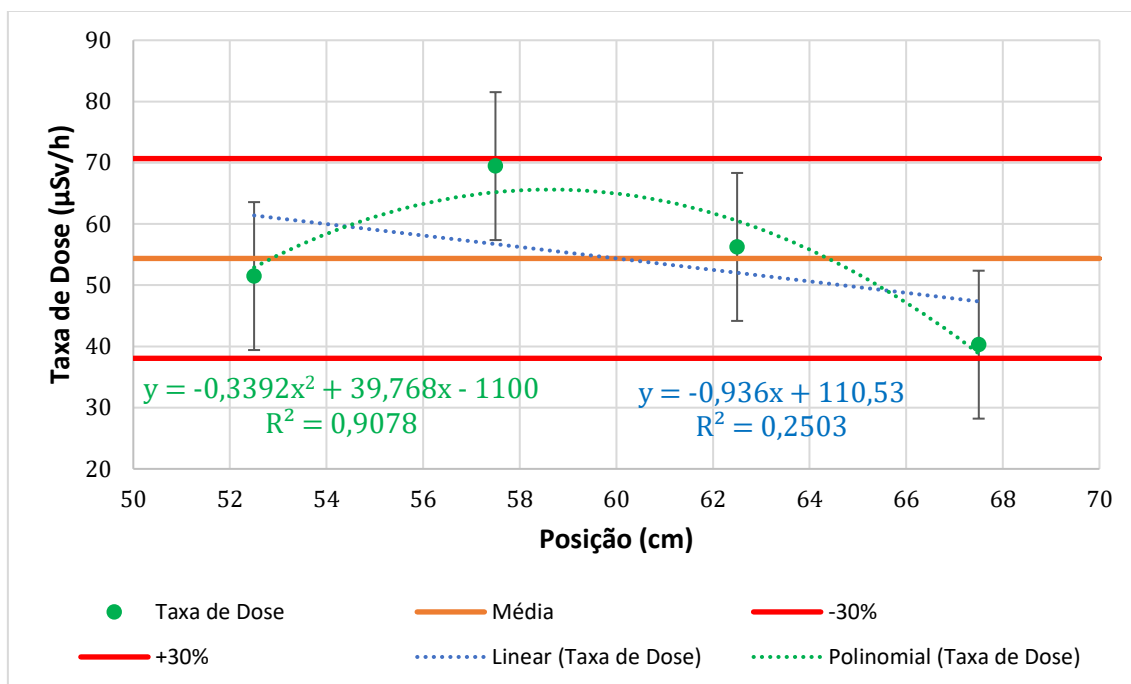


Gráfico 56: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F21 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 30,41$; $\sigma = 3,95$; $CV = 13,0\%$; $0,7\bar{x} = 21,29$; $1,3\bar{x} = 39,54$.

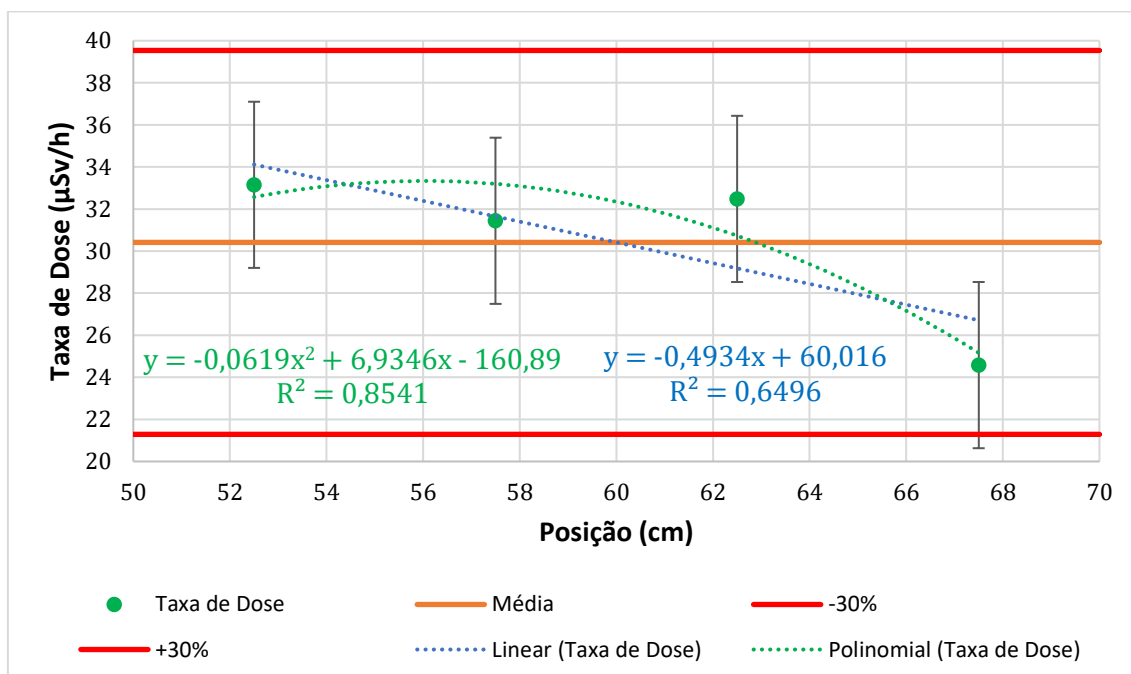


Gráfico 57: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F22 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 76,77$; $\sigma = 37,75$; $CV = 49,2\%$; $0,7\bar{x} = 53,74$; $1,3\bar{x} = 99,80$.

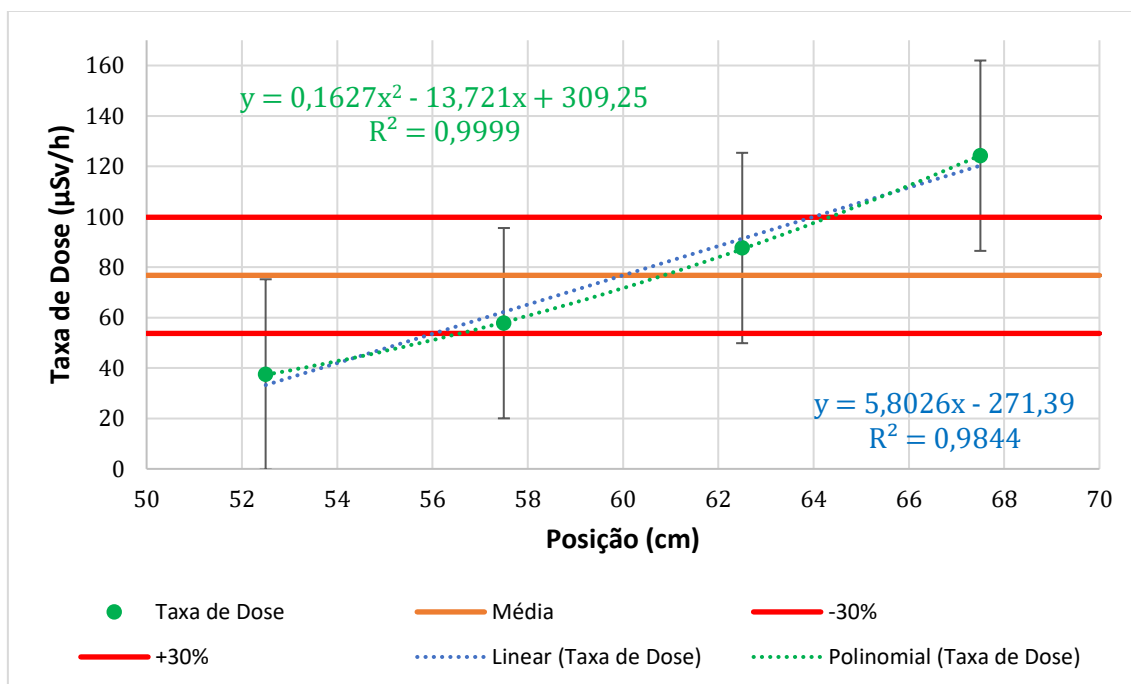


Gráfico 58: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F23 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 11,09$; $\sigma = 2,67$; $CV = 24,1\%$; $0,7\bar{x} = 7,76$; $1,3\bar{x} = 14,41$.

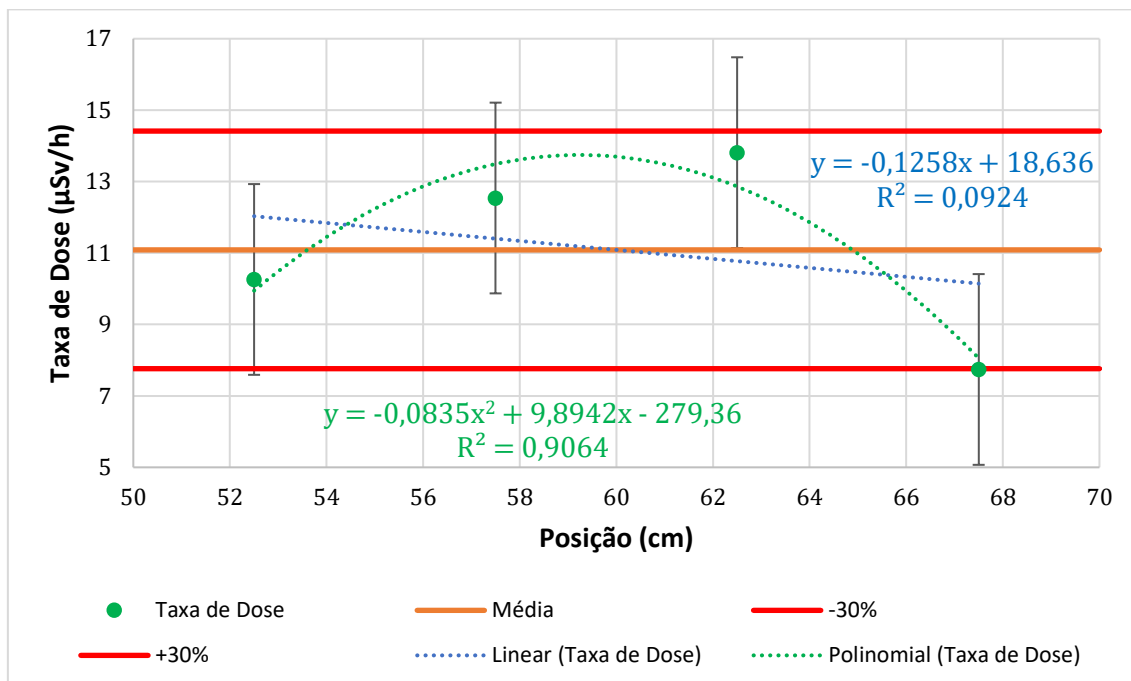


Gráfico 59: análise de homogeneidade das taxas de dose do T1F24 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 26,38$; $\sigma = 10,45$; $CV = 39,6\%$; $0,7\bar{x} = 18,47$; $1,3\bar{x} = 34,30$.

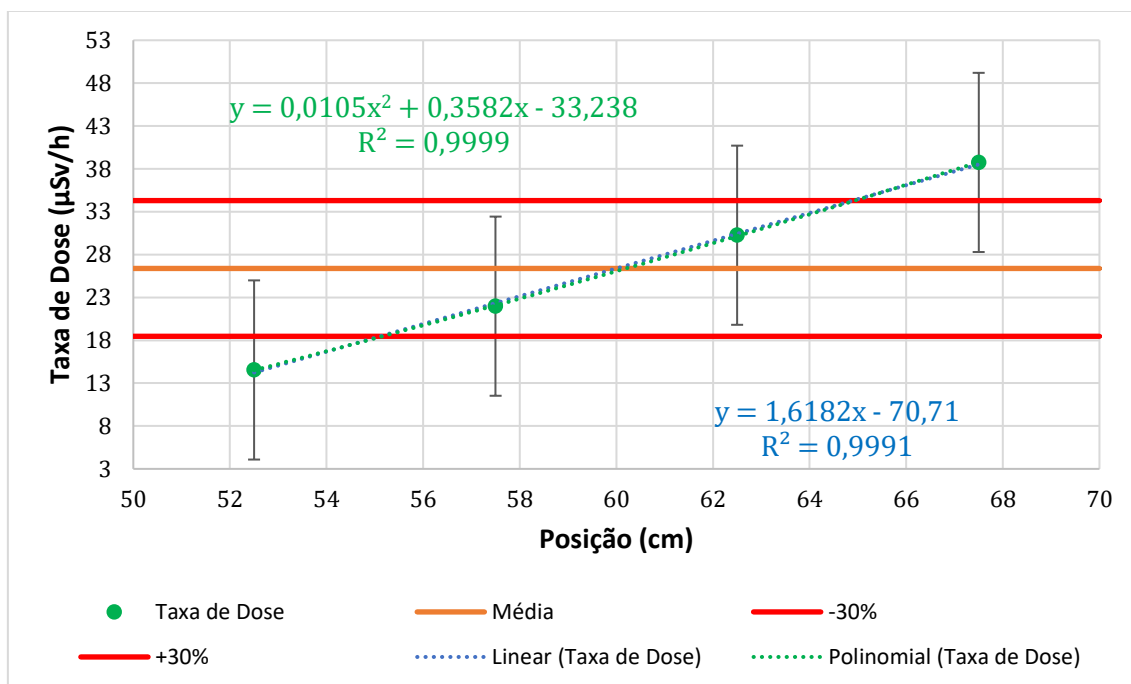


Gráfico 60: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F1 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 3,60$; $\sigma = 0,31$; $CV = 8,5\%$; $0,7\bar{x} = 2,52$; $1,3\bar{x} = 4,68$.

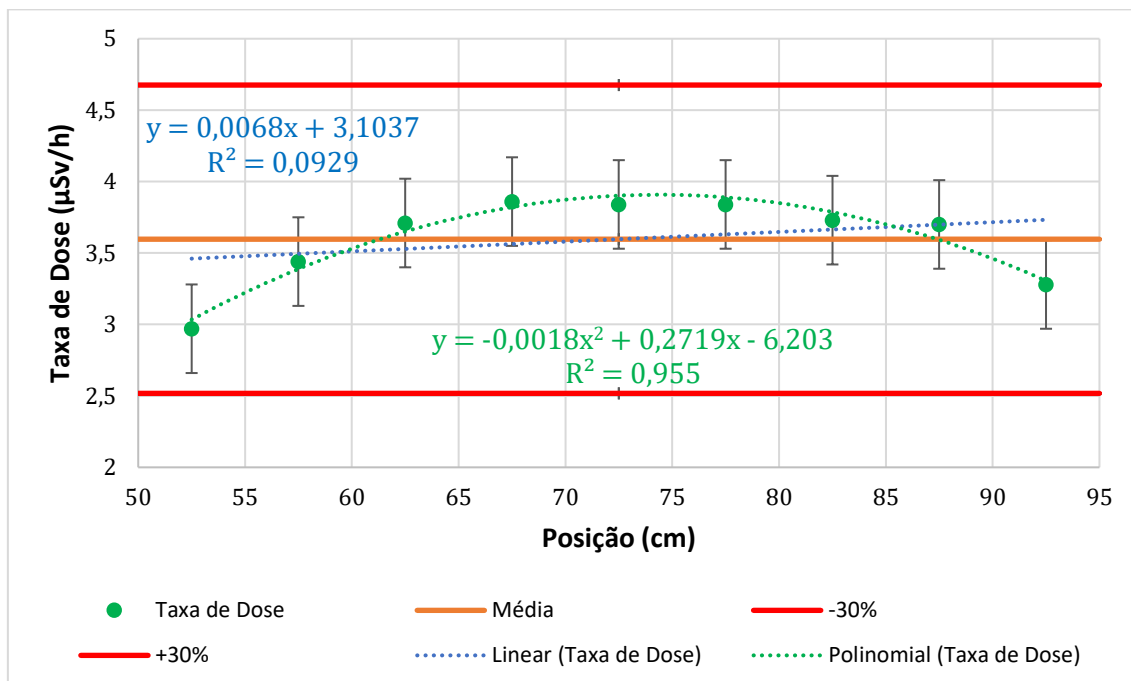


Gráfico 61: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F2 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 4,82$; $\sigma = 0,43$; $CV = 9,0\%$; $0,7\bar{x} = 3,37$; $1,3\bar{x} = 6,26$.

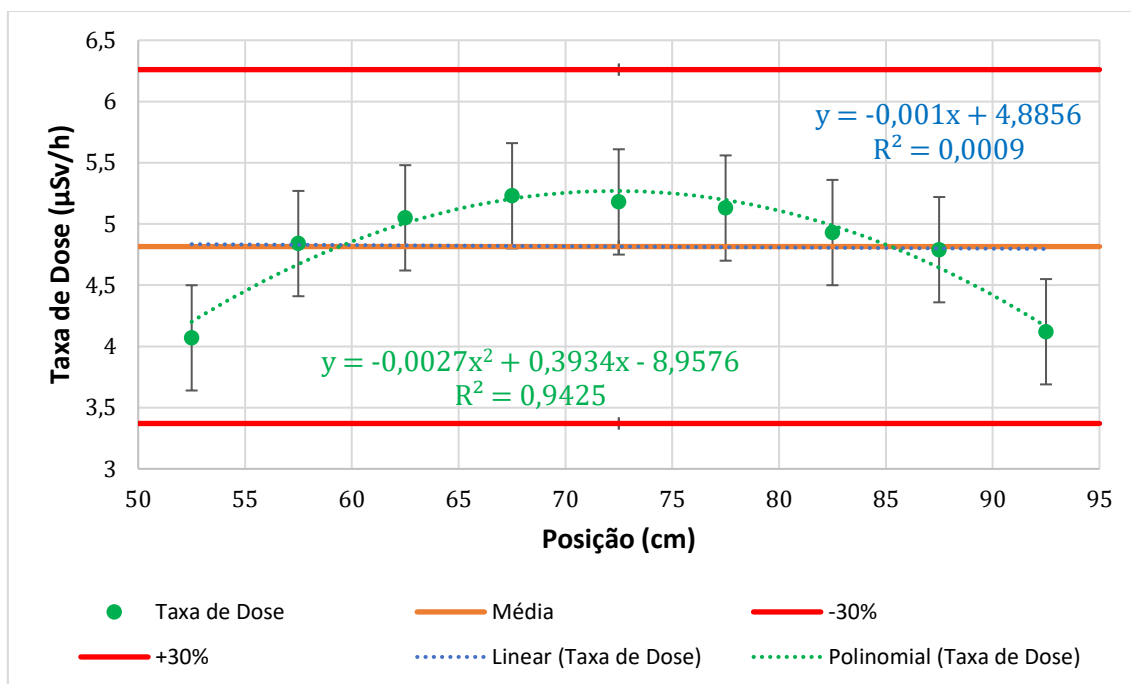


Gráfico 62: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F3 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 10,29$; $\sigma = 0,92$; $CV = 9,0\%$; $0,7\bar{x} = 7,20$; $1,3\bar{x} = 13,38$.

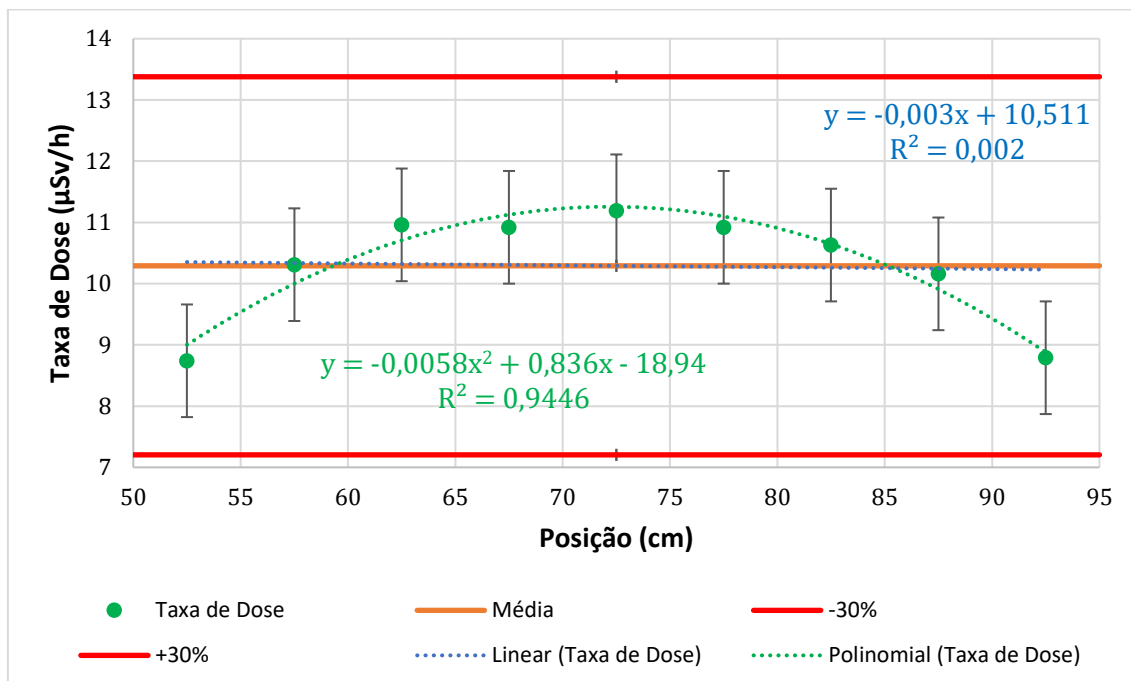


Gráfico 63: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F4 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 4,18$; $\sigma = 0,36$; $CV = 8,5\%$; $0,7\bar{x} = 2,92$; $1,3\bar{x} = 5,43$.

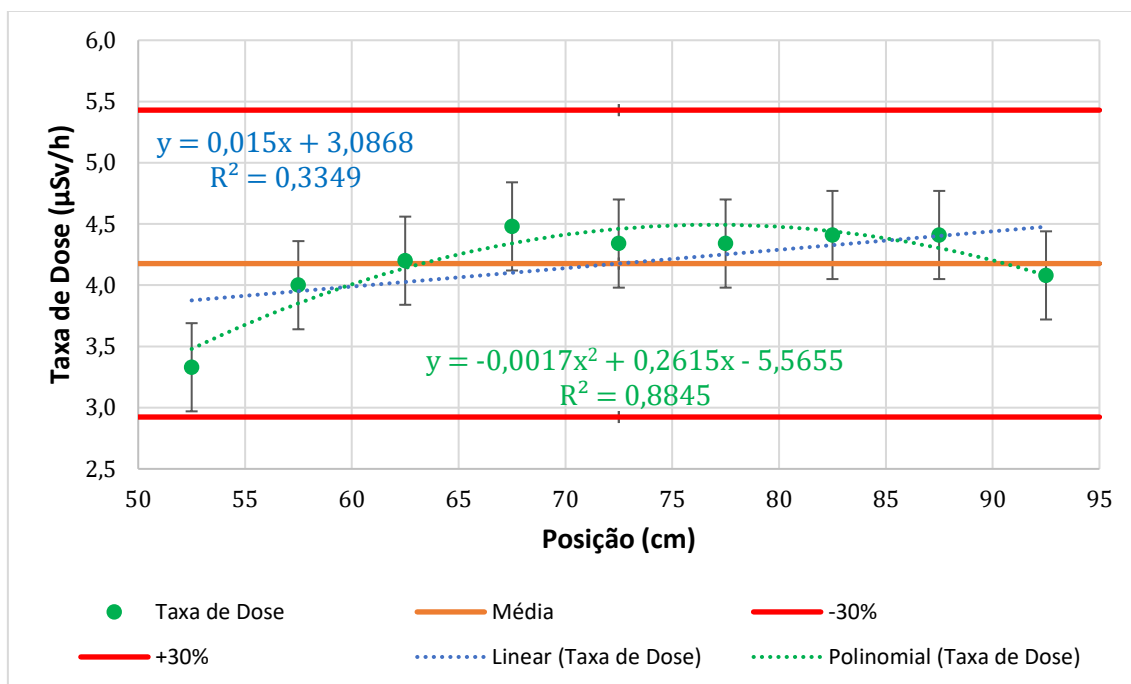


Gráfico 64: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F5 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 4,04$; $\sigma = 0,40$; $CV = 10,0\%$; $0,7\bar{x} = 2,83$; $1,3\bar{x} = 5,25$.

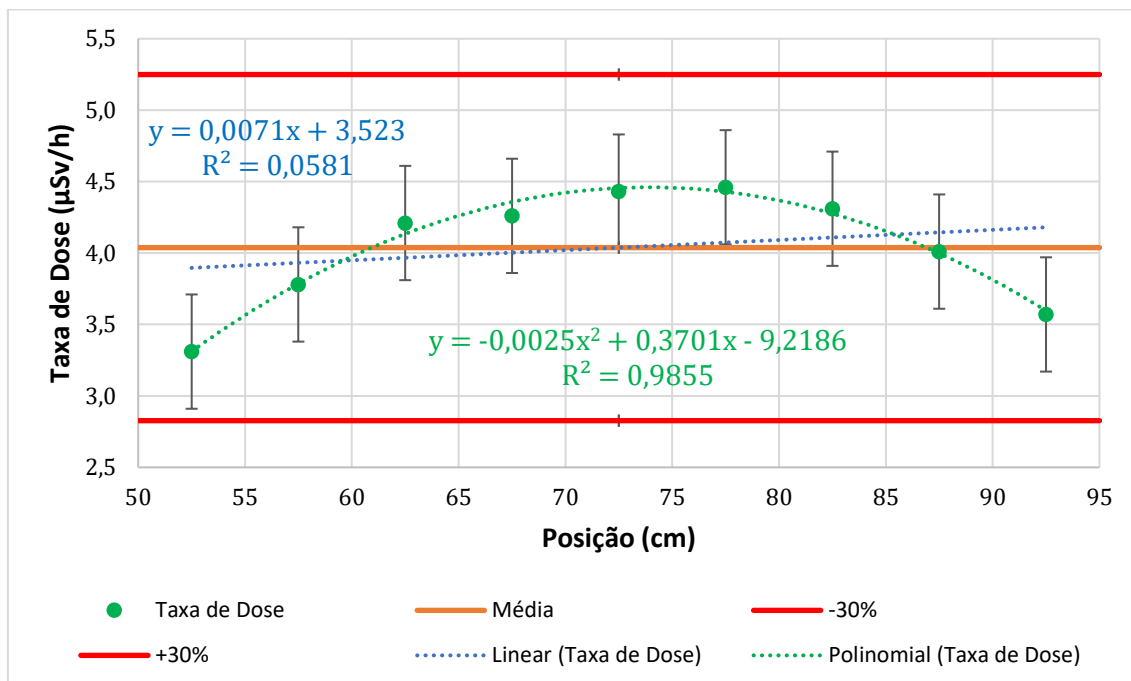


Gráfico 65: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F6 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 3,24$; $\sigma = 0,31$; $CV = 9,5\%$; $0,7\bar{x} = 2,27$; $1,3\bar{x} = 4,21$.

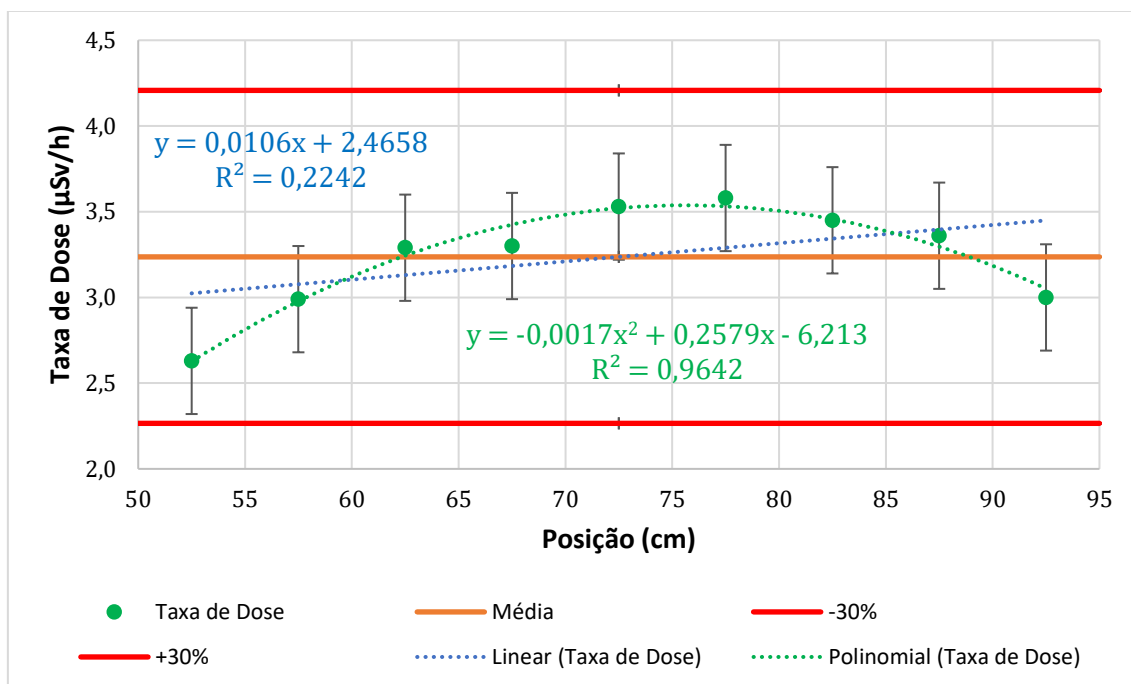


Gráfico 66: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F7 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 4,69$; $\sigma = 0,46$; $CV = 9,9\%$; $0,7\bar{x} = 3,28$; $1,3\bar{x} = 6,09$.

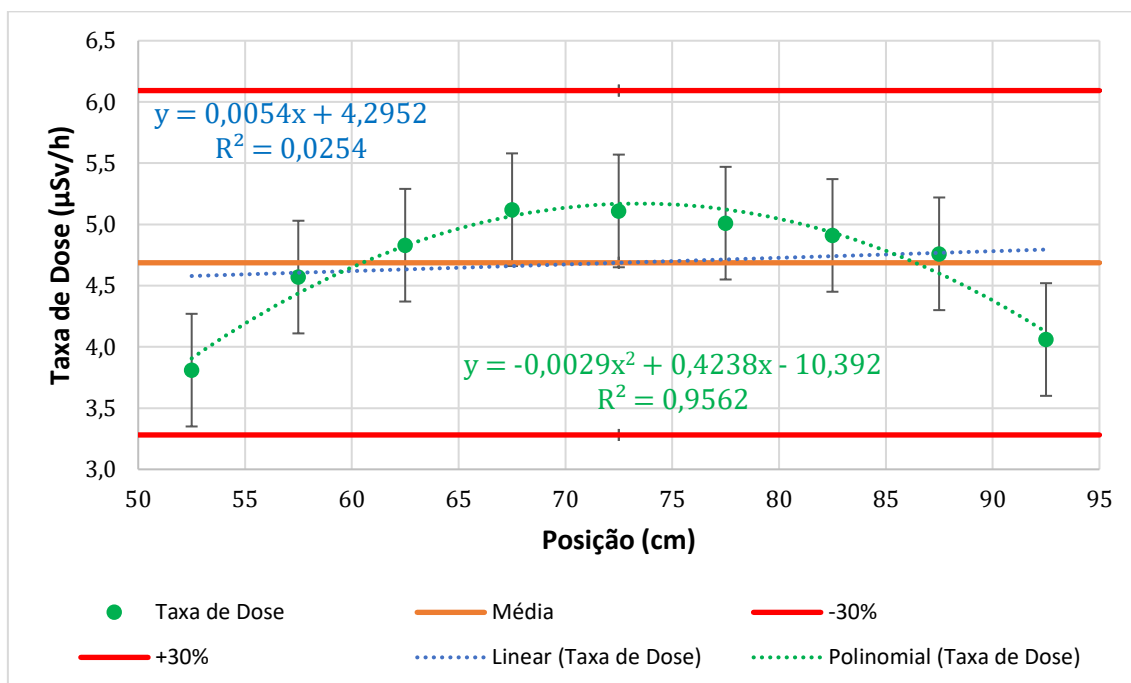


Gráfico 67: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F8 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 4,46$; $\sigma = 0,37$; $CV = 8,3\%$; $0,7\bar{x} = 3,12$; $1,3\bar{x} = 5,80$.

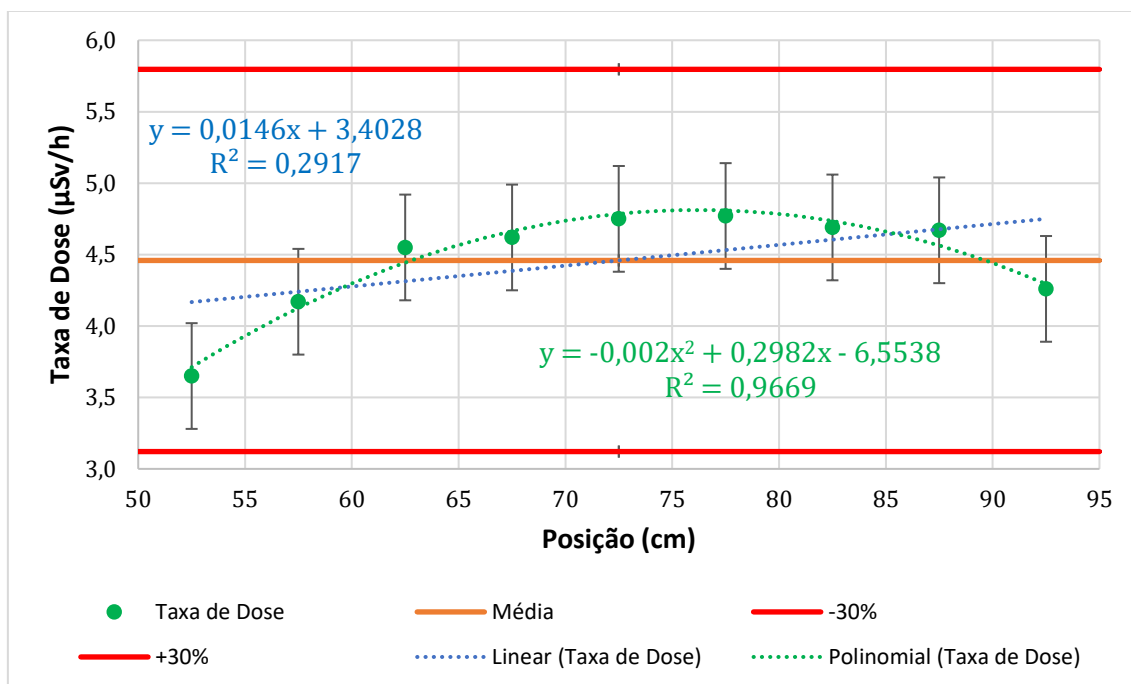


Gráfico 68: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F9 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 7,61$; $\sigma = 0,48$; $CV = 6,3\%$; $0,7\bar{x} = 5,32$; $1,3\bar{x} = 9,89$.

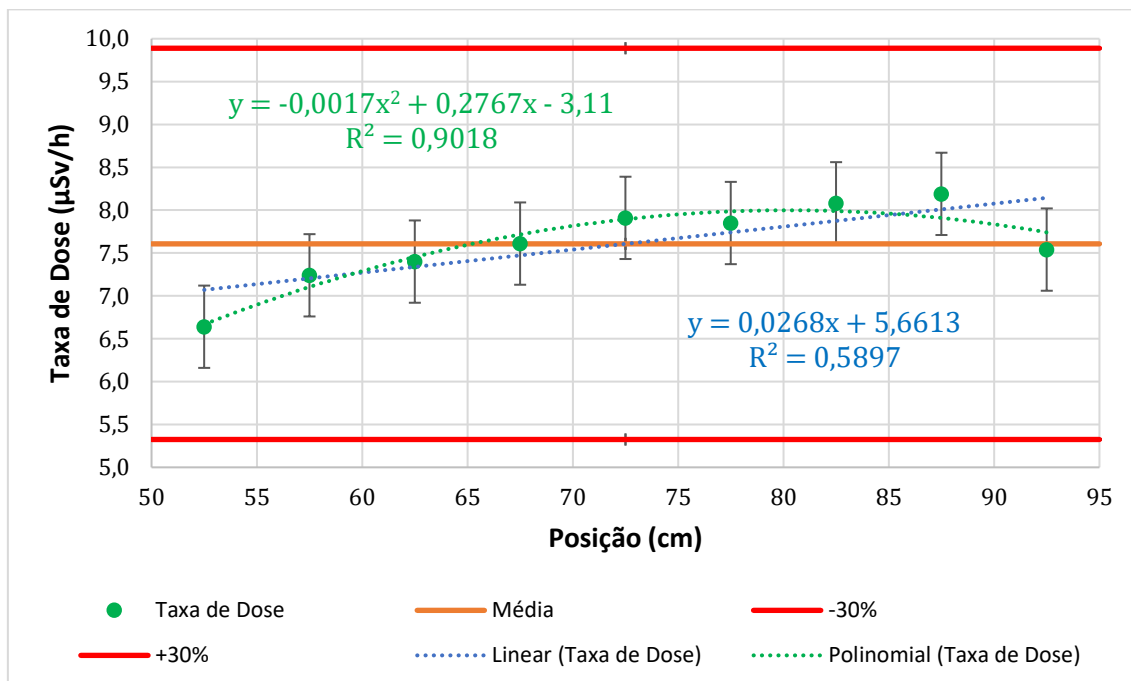


Gráfico 69: análise de homogeneidade das taxas de dose do T2F10 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 7,75$; $\sigma = 0,24$; $CV = 3,1\%$; $0,7\bar{x} = 5,42$; $1,3\bar{x} = 10,07$.

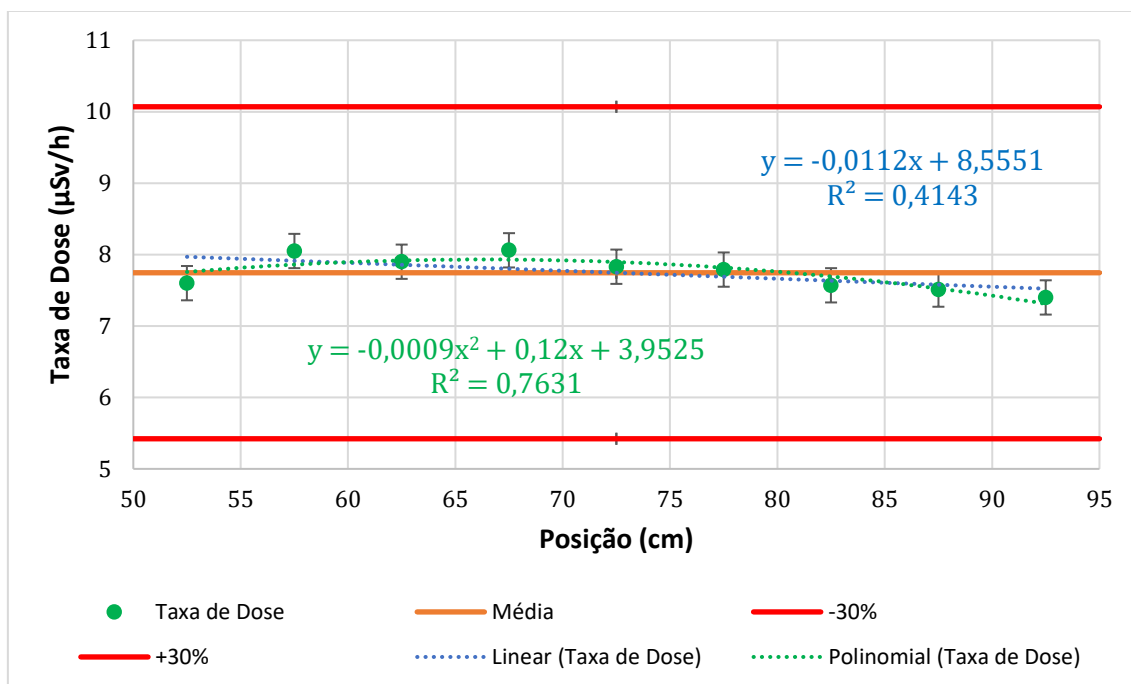


Gráfico 70: análise de homogeneidade das taxas de dose do T3F1 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 10,23$; $\sigma = 0,80$; $CV = 7,8\%$; $0,7\bar{x} = 7,16$; $1,3\bar{x} = 13,30$.

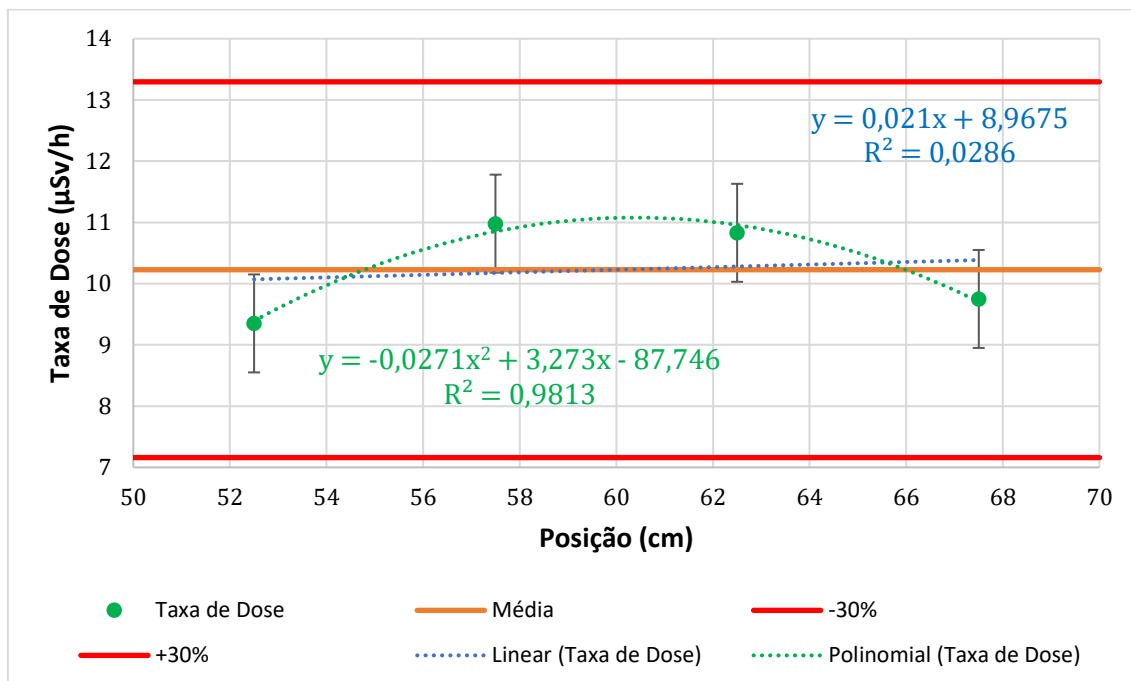


Gráfico 71: análise de homogeneidade das taxas de dose do T3F2 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 15,68$; $\sigma = 3,57$; $CV = 22,8\%$; $0,7\bar{x} = 10,98$; $1,3\bar{x} = 20,38$.

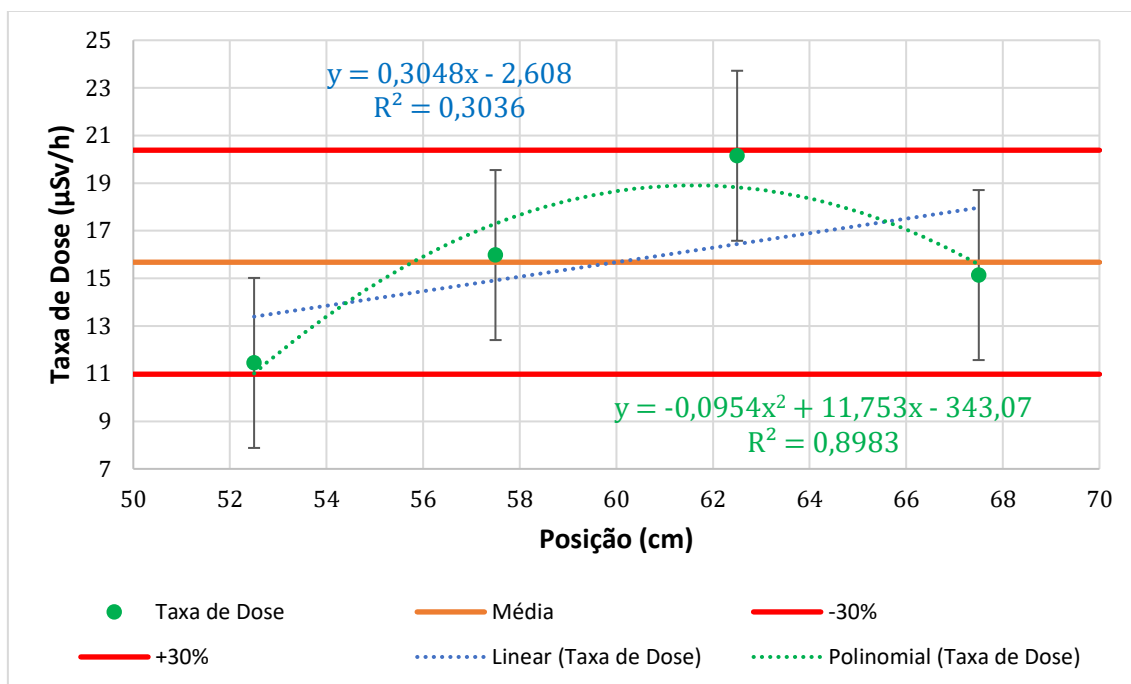
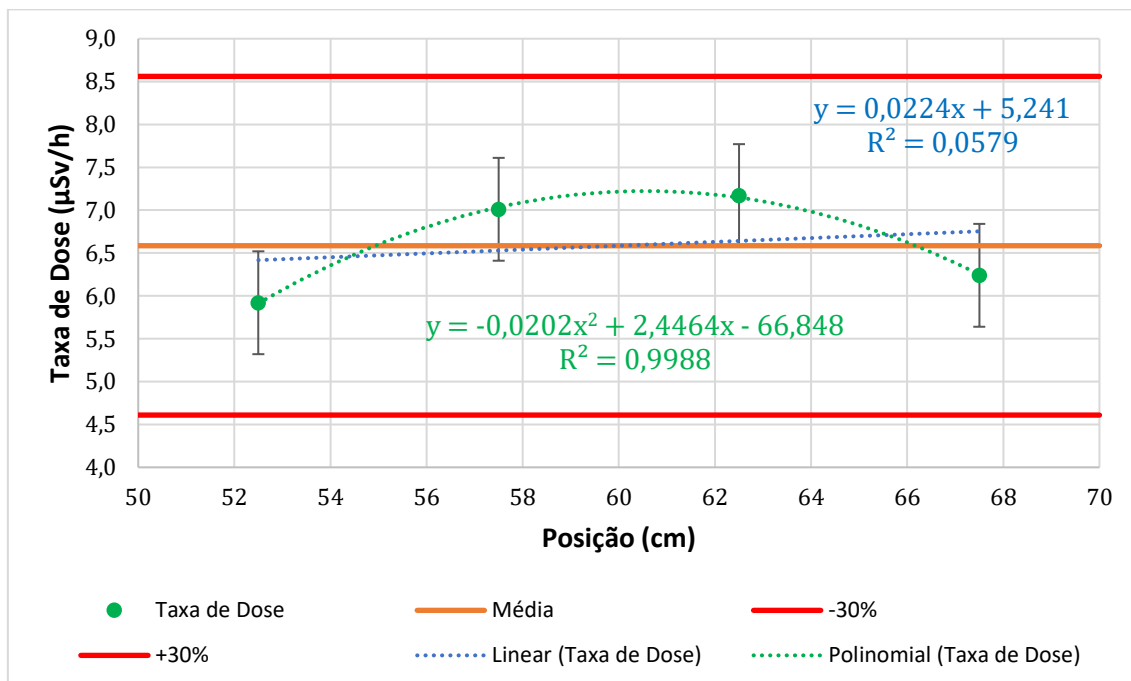


Gráfico 72: análise de homogeneidade das taxas de dose do T3F3 retirando o primeiro ponto do conjunto de dados, sendo $\bar{x} = 6,59$; $\sigma = 0,60$; $CV = 9,1\%$; $0,7\bar{x} = 4,61$; $1,3\bar{x} = 8,56$.



Com os novos gráficos, nota-se uma menor dispersão dos dados, o que pode ser constatado pela redução, muitas vezes significativa (como redução

pela metade), do desvio padrão e do coeficiente de variação dos conjuntos de dados, além de uma média mais representativa desses conjuntos.

Possivelmente, o primeiro ponto está destoando dos outros por conta de um maior espalhamento dos fótons, seja na interação do fóton com elétrons da própria amostra ou da blindagem de concreto, não havendo a quantidade esperada de deposição de energia na sonda do detector. O último ponto geralmente representa uma queda na taxa de dose, também provavelmente por causa do maior espalhamento dos fótons. Por outro lado, os pontos centrais costumam ser mais próximos. Portanto, pode-se considerar que o primeiro ponto está sistematicamente fora do sistema e ao retirá-lo, é aceitável assumir que a maioria dos filtros possa ser considerada homogênea.

Os gráficos indicam claramente um comportamento parabólico, com altos coeficientes de correlação de Pearson. Em poucos casos, a correlação linear apresenta um bom ajuste também. Sendo assim, a distribuição dos dados obtidos não é do tipo normal, o que limita bastante a aplicação de testes estatísticos.

De modo a se realizar uma análise estatística para atestar minimamente a homogeneidade dos filtros com erro ultrapassando os 30% acima ou abaixo da média (T1F4 – gráfico 41, T1F12 – gráfico 47, T1F13 – gráfico 48, T1F18 – gráfico 53, T1F20 – gráfico 55, T1F21 – gráfico 56, T1F23 – gráfico 58 e T3F2 – gráfico 71), optou-se por utilizar a estatística Bayesiana e algumas aproximações nesse processo.

Para isso, foram contados os filtros certamente não homogêneos (T1F19, T1F22 e T1F24) e os certamente homogêneos (os 26 restantes) em relação à quantidade total de filtros. A ideia é utilizar probabilidades para inferir se os oito filtros restantes, um a um em sequência, são mais prováveis de serem homogêneos ou não, atualizando a crença a cada probabilidade calculada.

O Teorema de Bayes (equação 15) calcula a probabilidade condicional (a posteriori) de um evento acontecer, isto é, a probabilidade de um evento ocorrer sabendo que outro evento já ocorreu. A probabilidade a posteriori depende da probabilidade a priori (crença inicial) e da verossimilhança, que é a

probabilidade de se observar os dados considerando um conjunto de parâmetros.

$$P(A|C) = \frac{P(C|A) \cdot P(A)}{P(C)} \quad (15)$$

Definindo os eventos:

A = Filtro homogêneo; B = Filtro não homogêneo; C = Erro dentro dos 30% em relação à média; D = Erro fora dos 30% em relação à média.

Assim, tem-se as probabilidades a priori de o filtro ser homogêneo ou não homogêneo. Queremos saber $P(A|C)$, isto é, "qual a probabilidade de um filtro ser homogêneo dado que ele tem uma certa probabilidade de erro dentro dos 30% em relação à média?". A verossimilhança é justamente $P(C|A)$, que é o erro dentro para filtros homogêneos.

A equação 15 é a forma mais simples do Teorema. Como o evento C pode ocorrer tanto em filtros homogêneos como não homogêneos, a equação transforma-se em:

$$P(A|C) = \frac{P(C|A) \cdot P(A)}{P(C|A) \cdot P(A) + P(C|B) \cdot P(B)} \quad (16)$$

Como a maioria dos filtros a serem investigados têm alta chance de serem homogêneos, a pergunta formulada acima é adequada, pois irá condicionar a resposta a um indicativo de que todos ou a maior parte desses oito filtros duvidosos são de fato homogêneos.

É uma aproximação razoável assumir que a distribuição de incerteza de taxa de dose em torno do valor observado é uma gaussiana. Para saber a probabilidade aproximada do erro de uma medida estar dentro do limite inferior (L_i) ou do limite superior (L_s) de 30% em relação à média, utilizou-se uma forma modificada do Z-escore:

$$Z = \frac{X - L_i}{\sigma} \quad \text{ou} \quad Z = \frac{L_s - X}{\sigma} \quad (17)$$

em que X é a medida obtida e σ é o desvio padrão do conjunto de dados do filtro. Este Z-escore mede a quantos desvios padrão o valor observado está

distante do limite inferior ou superior. Ele foi utilizado para calcular a $P(C)$ para os três filtros certamente não homogêneos e para os oito filtros duvidosos.

Por exemplo, no caso do filtro T1F4, a probabilidade de o valor verdadeiro do primeiro ponto estar acima do limite inferior é 77,3% (consultando uma tabela de distribuição normal [15]):

$$Z = \frac{5,68 - 4,94}{0,99} \cong 0,75$$

$$P(\mu \geq 4,94|X = 5,68) \approx \Phi(0,75) \cong 0,773$$

Assumindo a hipótese de que os oito filtros duvidosos são homogêneos, utilizou-se a média dos valores de Z-escore modificados para os filtros supostamente homogêneos e para os não homogêneos, sendo esta média justamente $P(C|A)$ e $P(C|B)$, respectivamente. Obteve-se, $P(C|A) = 67,1\%$ e $P(C|B) = 46,6\%$.

Era preciso um valor entre zero e um (probabilidade) e que fosse intermediário entre todos os erros para ambas as categorias de filtros, considerando que os erros do primeiro e do quarto ponto tendem a ser maiores do que os do segundo e terceiro ponto observados. Por aproximação, a média foi escolhida, mesmo sabendo que ela é influenciada por valores extremos, mas acabou servindo como uma boa ponderação neste caso.

Tabela 47: dados utilizados para aplicar Bayes para o filtro T1F4.

Probabilidade	Resultado
P(A)	26/29
P(B)	3/29
P(C A)	72,2%; média entre 77,3% e 67,1%
P(C B)	62,0%; média entre 77,3% e 46,6%
P(A C)	91,0%

Novamente, a média foi usada como aproximação para os valores de verossimilhanças, de modo a condicionar o valor a ficar mais próximo do erro dentro de cada filtro específico, sem desconsiderar se ele pode ser homogêneo

ou não. Verossimilhanças muito distantes indicam que os dados são mais prováveis sob uma hipótese do que sobre outra.

Tabela 48: dados utilizados para aplicar Bayes para o filtro T1F12.

Probabilidade	Resultado
P(A)	91,0%
P(B)	9,0% = 100% – 91,0% (o complementar)
P(C A)	74,2%; média entre 81,3% e 67,1%
P(C B)	64,0%; média entre 81,3% e 46,6%
P(A C)	92,1%

E assim por diante, até o T3F2. Neste último filtro, a quantidade de homogêneos ficou em 35 e de não homogêneos em 1, de um total de 36 filtros. A probabilidade a posteriori deu 96,9%. No fim das contas, 96,9% de 37 resulta em 36 filtros homogêneos e 3,1% de 37 resulta em 1 filtro não homogêneo. Este resultado não invalida os três filtros certamente não homogêneos, porque ele é apenas uma estimativa da homogeneidade utilizando probabilidades conhecidas que foram sendo atualizadas para investigar cada filtro duvidoso. Pode-se interpretar este resultado positivamente, pois era esperado que boa parte dos filtros duvidosos fosse de fato homogênea (hipótese assumida).

O filtro que está no limiar entre homogêneo e não homogêneo é o T1F23, já que três pontos se encontram dentro do limite de 30% em relação à média, mas a quarta medida de taxa de dose está fora, muito próxima do limite inferior. Além disso, o desvio padrão do conjunto é grande, com todas as medidas podendo apresentar um valor real fora do limite dos 30% em relação ao valor medido.

Resumindo, o resultado das sucessivas aplicações do Teorema de Bayes permite classificar o T1F23 como um filtro não homogêneo.

4.2.2. Atividades dos Radionuclídeos-Chave

A tabela abaixo resume os principais aspectos radiológicos analisados:

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continua)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida ($\mu\text{Sv/h}$)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada ($\mu\text{Sv/h}$)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm^3)	
T1F1	10/07/2024	09:36:15	Sim	1,49	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	203	127	0,158	9,41	$6,1 \times 10^1$	
						614,3	Sim	94	47				
						722,9	Sim	92	58				
						^{60}Co	1173,2	Sim	54				54
						1332,5	Sim	41	41				
T1F2	10/07/2024	09:42:54	Sim	1,52	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	228	124	0,156	9,77	$6,0 \times 10^1$	
						614,3	Sim	95	43				
						722,9	Sim	68	39				
						^{60}Co	1173,2	Sim	55				24
						1332,5	Sim	40	14				
T1F3	10/07/2024	09:45:51	Sim	1,37	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	195	114	0,0922	14,9	$8,7 \times 10^1$	
						614,3	Sim	85	61				
						722,9	Sim	80	65				
						^{60}Co	1173,2	Sim	39				0
						1332,5	Sim	18	18				

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida ($\mu\text{Sv/h}$)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada ($\mu\text{Sv/h}$)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm^3)	
T1F4	10/07/2024	09:48:52	Sim	1,49	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	233	100	0,121	12,3	$8,8 \times 10^1$	
						614,3	Sim	114	81				
						722,9	Sim	91	76				
						^{60}Co	1173,2	Sim	43				35
						1332,5	Sim	27	27				
T1F5	10/07/2024	09:52:04	Sim	1,46	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	213	75	0,157	9,29	$6,1 \times 10^1$	
						614,3	Sim	99	42				
						722,9	Sim	86	23				
						^{60}Co	1173,2	Sim	43				28
						1332,5	Sim	44	35				
T1F6	10/07/2024	09:55:09	Sim	1,33	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	187	92	0,130	10,2	$5,6 \times 10^1$	
						614,3	Sim	95	67				
						722,9	Sim	60	45				
						^{60}Co	1173,2	Sim	39				8
						1332,5	Sim	35	26				

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida ($\mu\text{Sv/h}$)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada ($\mu\text{Sv/h}$)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm^3)	
T1F7	10/07/2024	09:58:13	Sim	1,33	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	171	62	0,156	8,53	$4,7 \times 10^1$	
						614,3	Sim	94	56				
						722,9	Sim	68	34				
						^{60}Co	1173,2	Sim	45				14
						1332,5	Sim	27	18				
T1F8	10/07/2024	10:01:20	Sim	1,25	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	184	70	0,104	12,0	$6,8 \times 10^1$	
						614,3	Sim	100	53				
						722,9	Sim	64	6				
						^{60}Co	1173,2	Sim	35				20
						1332,5	Sim	25	16				
T1F9	10/07/2024	10:04:37	Sim	1,08	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	99	66	0,113	9,52	$5,2 \times 10^1$	
						614,3	Não	51	4				
						722,9	Não	42	32				
						^{60}Co	1173,2	Sim	37				14
						1332,5	Sim	36	27				

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida (μSv/h)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada (μSv/h)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm ³)
T1F10	10/07/2024	10:08:35	Sim	0,48	^{108m} Ag	433,9	Não	31	7	0,032	15	$2,3 \times 10^1$
						614,3	Não	18	4			
						722,9	Não	9	0			
						1173,2	Sim	14	14			
						1332,5	Sim	9	9			
T1F11	10/07/2024	10:11:41	Sim	0,49	^{108m} Ag	433,9	Não	29	1	0,026	19	$3,3 \times 10^1$
						614,3	Não	17	0			
						722,9	Não	15	0			
						1173,2	Não	11	3			
						1332,5	Não	7	7			
T1F12	10/07/2024	10:14:44	Sim	1,23	^{108m} Ag	433,9	Sim	125	63	0,142	8,65	$6,1 \times 10^1$
						614,3	Sim	70	51			
						722,9	Sim	53	19			
						1173,2	Sim	52	29			
						1332,5	Sim	43	26			
					⁶⁰ Co	1173,2	Sim	52	29			$4,5 \times 10^2$
					⁶⁰ Co	1332,5	Sim	43	26			

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida ($\mu\text{Sv/h}$)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada ($\mu\text{Sv/h}$)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm^3)	
T1F13	10/07/2024	10:18:41	Sim	1,32	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	95	52	0,137	9,61	$2,5 \times 10^1$	
						614,3	Não	44	0				
						722,9	Não	55	1				
						^{60}Co	1173,2	Sim	58				50
						1332,5	Sim	42	33				
T1F14	10/07/2024	10:21:45	Sim	0,95	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Não	63	6	0,099	9,6	$1,9 \times 10^1$	
						614,3	Não	49	25				
						722,9	Não	34	19				
						^{60}Co	1173,2	Sim	40				17
						1332,5	Sim	31	31				
T1F15	10/07/2024	10:24:55	Sim	0,95	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Não	53	15	0,095	10	$1,8 \times 10^1$	
						614,3	Não	37	0				
						722,9	Não	39	29				
						^{60}Co	1173,2	Sim	34				11
						1332,5	Sim	30	30				

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida ($\mu\text{Sv/h}$)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada ($\mu\text{Sv/h}$)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm^3)	
T1F16	10/07/2024	10:28:20	Sim	3,63	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	259	17	0,464	7,83	$6,3 \times 10^1$	
						614,3	Sim	189	85				
						722,9	Sim	144	51				
						^{60}Co	1173,2	Sim	192				107
						1332,5	Sim	141	124				
T1F17	10/07/2024	10:31:50	Sim	4,11	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	264	31	0,508	8,10	$6,8 \times 10^1$	
						614,3	Sim	162	29				
						722,9	Sim	177	36				
						^{60}Co	1173,2	Sim	221				144
						1332,5	Sim	151	134				
T1F18	10/07/2024	10:34:52	Sim	3,77	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	254	2	0,461	8,18	$6,0 \times 10^1$	
						614,3	Sim	155	3				
						722,9	Sim	137	40				
						^{60}Co	1173,2	Sim	205				143
						1332,5	Sim	137	102				

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida ($\mu\text{Sv/h}$)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada ($\mu\text{Sv/h}$)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm^3)
T1F19	10/07/2024	10:37:39	Não	8,03	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	399	14	1,11	7,27	$1,0 \times 10^2$
						614,3	Não	297	26			
						722,9	Não	285	27			
						1173,2	Sim	472	402			
						1332,5	Sim	341	245			
T1F20	10/07/2024	10:40:36	Sim	7,77	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	413	95	0,977	7,95	$1,1 \times 10^2$
						614,3	Não	297	79			
						722,9	Não	279	0			
						1173,2	Sim	426	263			
						1332,5	Sim	297	183			
T1F21	10/07/2024	10:43:25	Sim	5,45	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	302	17	0,676	8,06	$8,1 \times 10^1$
						614,3	Não	221	0			
						722,9	Não	197	0			
						1173,2	Sim	296	188			
						1332,5	Sim	203	124			
					^{60}Co	1173,2	Sim	296	188	9,6 $\times 10^2$		
					1332,5	Sim	203	124				

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida (μSv/h)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada (μSv/h)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm ³)	
T1F22	10/07/2024	10:46:21	Não	9,79	^{108m} Ag	433,9	Sim	516	36	1,28	7,63	1,4 × 10 ²	
						614,3	Não	382	92				
						722,9	Não	379	13				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	550				372
							1332,5	Sim	392				200
T1F23	10/07/2024	10:49:50	Não	2,14	^{108m} Ag	433,9	Sim	234	115	0,230	9,31	5,5 × 10 ¹	
						614,3	Sim	135	59				
						722,9	Sim	89	16				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	88				42
							1332,5	Sim	68				59
T1F24	10/07/2024	10:52:45	Não	5,86	^{108m} Ag	433,9	Sim	337	85	0,775	7,57	8,1 × 10 ¹	
						614,3	Não	227	42				
						722,9	Não	212	0				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	341				256
							1332,5	Sim	234				190

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida (µSv/h)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada (µSv/h)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm ³)	
T2F1	10/07/2024	10:55:47	Sim	1,20	^{108m} Ag	433,9	Sim	193	146	0,102	11,8	3,0 × 10 ¹	
						614,3	Sim	97	73				
						722,9	Sim	64	25				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	32				9
						1332,5	Sim	33	24				
T2F2	10/07/2024	10:59:18	Sim	1,49	^{108m} Ag	433,9	Sim	280	152	0,123	12,1	4,3 × 10 ¹	
						614,3	Sim	142	76				
						722,9	Sim	80	41				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	40				17
						1332,5	Sim	38	38				
T2F3	10/07/2024	11:02:04	Sim	2,76	^{108m} Ag	433,9	Sim	342	138	0,288	9,58	4,8 × 10 ¹	
						614,3	Sim	169	69				
						722,9	Sim	163	100				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	135				73
						1332,5	Sim	87	70				

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida (µSv/h)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada (µSv/h)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm ³)	
T2F4	10/07/2024	11:04:49	Sim	1,41	^{108m} Ag	433,9	Sim	245	183	0,121	11,7	$3,7 \times 10^1$	
						614,3	Sim	119	91				
						722,9	Sim	84	40				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	59				51
						1332,5	Sim	32	32				
T2F5	10/07/2024	11:07:48	Sim	1,35	^{108m} Ag	433,9	Sim	224	120	0,102	13,2	$3,9 \times 10^1$	
						614,3	Sim	107	69				
						722,9	Sim	82	19				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	35				20
						1332,5	Sim	31	22				
T2F6	10/07/2024	11:11:03	Sim	1,16	^{108m} Ag	433,9	Sim	209	138	0,0956	12,1	$2,9 \times 10^1$	
						614,3	Sim	82	20				
						722,9	Sim	57	28				
						⁶⁰ Co	1173,2	Sim	40				9
						1332,5	Sim	28	28				

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(continuação)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida (µSv/h)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada (µSv/h)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm ³)
T2F10	10/07/2024	11:22:39	Sim	2,23	^{108m} Ag	433,9	Sim	345	155	0,208	10,7	$4,8 \times 10^1$
						614,3	Sim	141	65			
						722,9	Sim	132	64			
						1173,2	Sim	92	61			
						1332,5	Sim	61	44			
T3F1	11/07/2024	13:59:38	Sim	1,95	^{108m} Ag	433,9	Sim	220	111	0,233	8,36	$4,3 \times 10^1$
						614,3	Sim	112	36			
						722,9	Não	75	41			
						1173,2	Sim	84	69			
						1332,5	Sim	73	47			
T3F2	11/07/2024	14:41:44	Sim	2,64	^{108m} Ag	433,9	Sim	180	71	0,300	8,81	$4,9 \times 10^1$
						614,3	Sim	118	42			
						722,9	Não	106	13			
						1173,2	Sim	110	48			
						1332,5	Sim	95	69			
					⁶⁰ Co	1173,2	Sim	110	48			$4,6 \times 10^2$
						1332,5	Sim	95	69			

Tabela 49: aspectos radiológicos avaliados nos filtros cartucho.

(conclusão)

ID	Data da Medição	Hora da Medição	Homogêneo?	Taxa de Dose Medida ($\mu\text{Sv/h}$)	RC	Energia (keV)	Pico identificado?	Gross Count	Net Count	Taxa de Dose Calculada ($\mu\text{Sv/h}$)	Fator de Correção	Atividade RC (Bq/cm^3)	
T3F3	11/07/2024	15:42:57	Sim	1,43	$^{108\text{m}}\text{Ag}$	433,9	Sim	159	78	0,139	10,3	$3,8 \times 10^1$	
						614,3	Sim	74	27				
						722,9	Sim	59	30				
						^{60}Co	1173,2	Sim	59				51
						1332,5	Sim	39	0				

Algumas informações relevantes que podem ser extraídas da tabela anterior estão listadas abaixo:

- Quantidade de filtros homogêneos: 33
- Quantidade de filtros não homogêneos: 4
- Filtros com taxa de dose medida menor do que 1 $\mu\text{Sv/h}$: 4
- Filtros com taxa de dose medida entre 1 $\mu\text{Sv/h}$ e 3 $\mu\text{Sv/h}$: 25
- Filtros com taxa de dose medida maior do que 3 $\mu\text{Sv/h}$: 8
- Menor taxa de dose medida: 0,48 $\mu\text{Sv/h}$
- Valor médio da taxa de dose medida: 2,46 $\mu\text{Sv/h}$
- Maior taxa de dose medida: 9,79 $\mu\text{Sv/h}$
- Picos identificados: 155
- Picos não identificados: 30

A coluna “Homogêneo?” resume a subseção anterior apresentando os filtros que foram considerados homogêneos ou não.

No caso dos filtros com maiores taxas de dose, particularmente os não homogêneos, isso pode ser resultado de uma ou mais partículas quentes depositadas nos filtros, ou seja, pequenos fragmentos de material nuclear altamente radioativo ficaram extremamente localizados nesses filtros.

Em relação à coluna “Pico detectado?”, vale ressaltar que nem sempre o detector indicava que os picos de energia da $^{108\text{m}}\text{Ag}$ e do ^{60}Co haviam sido detectados, apesar de ser possível a sua visualização pelas imagens dos espectros. Assim, fez-se a inspeção visual de cada espectro gerado para decidir se o pico é detectável ou não. Em alguns casos, a radiação de fundo foi um pouco maior do que o esperado, dificultando a visualização dos picos, o que não necessariamente significa que o fóton não estava presente.

Analisou-se uma possível correlação entre *gross count* e *net count* com a taxa de dose medida para ambos os radionuclídeos. Os gráficos seguintes mostram essa relação:

Gráfico 73: correlação das taxas de dose com *gross count* e *net count* da ^{108m}Ag de energia 433,9 keV para os 37 filtros.

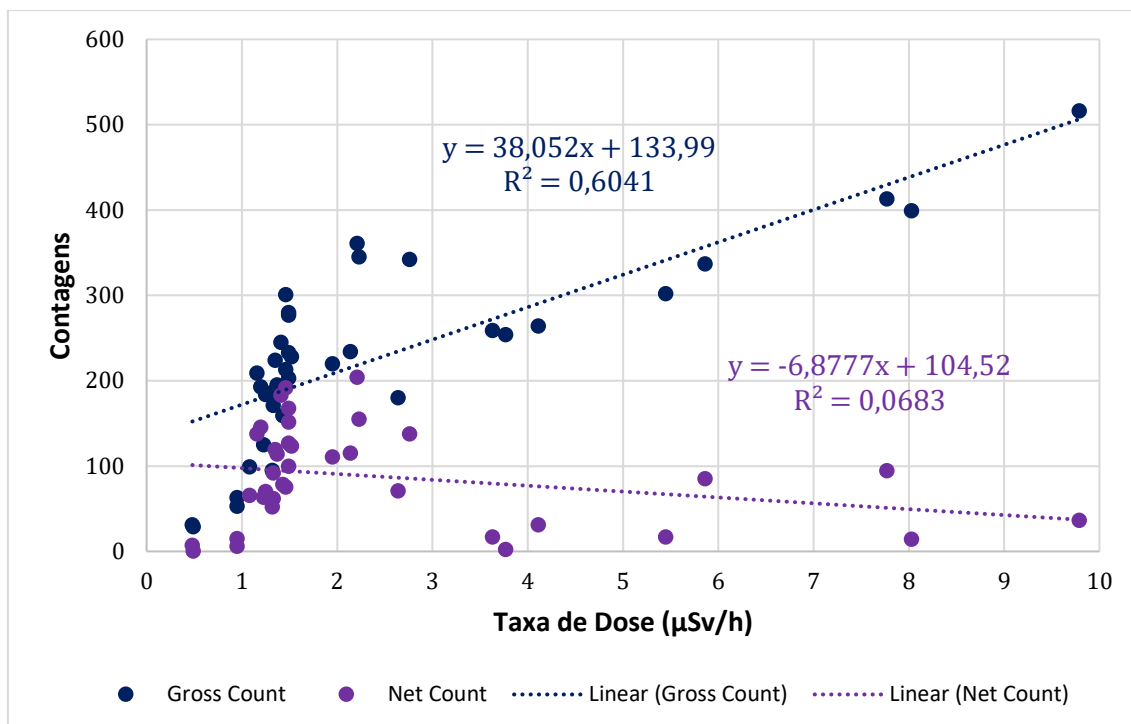


Gráfico 74: correlação das taxas de dose com *gross count* e *net count* da ^{108m}Ag de energia 614,3 keV para os 37 filtros.

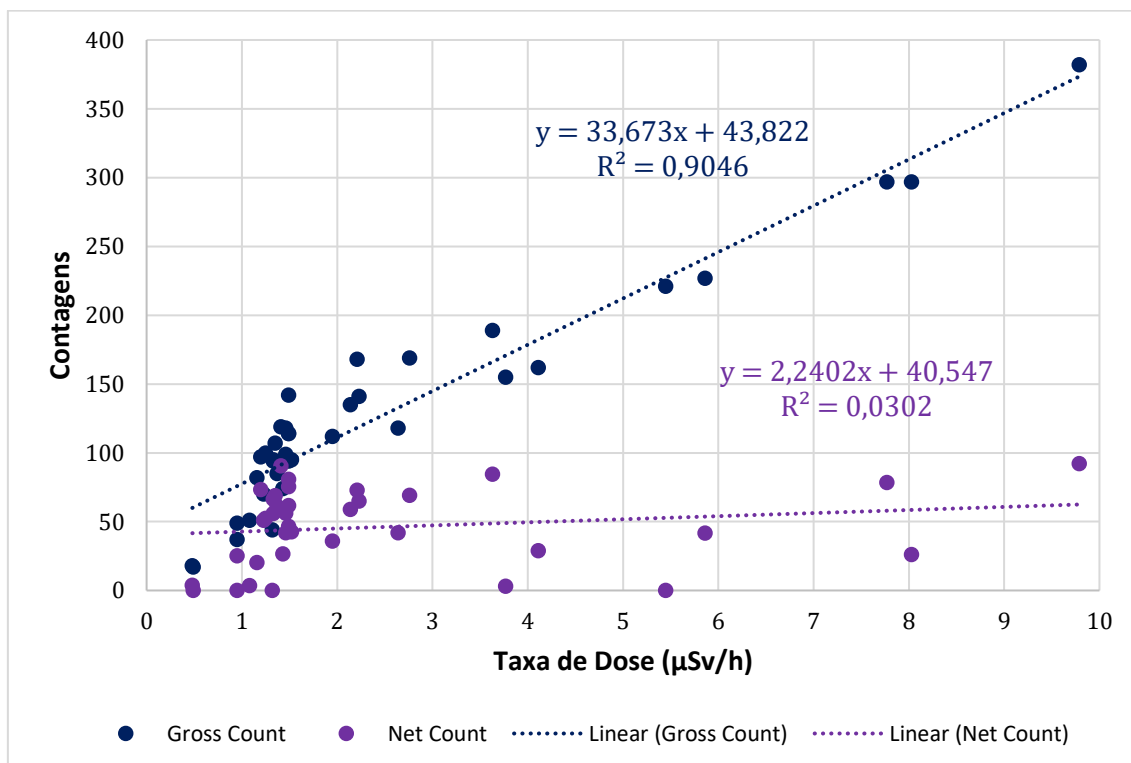


Gráfico 75: correlação das taxas de dose com *gross count* e *net count* da ^{108m}Ag de energia 722,9 keV para os 37 filtros.

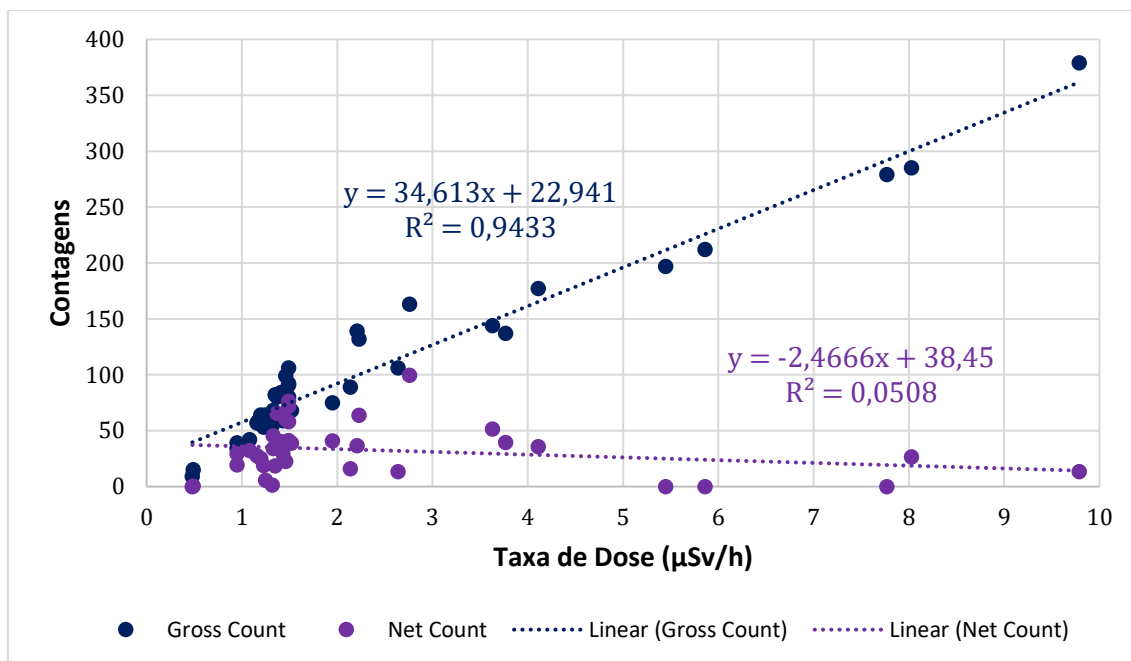


Gráfico 76: correlação das taxas de dose com *gross count* e *net count* do ^{60}Co de energia 1173,2 keV para os 37 filtros.

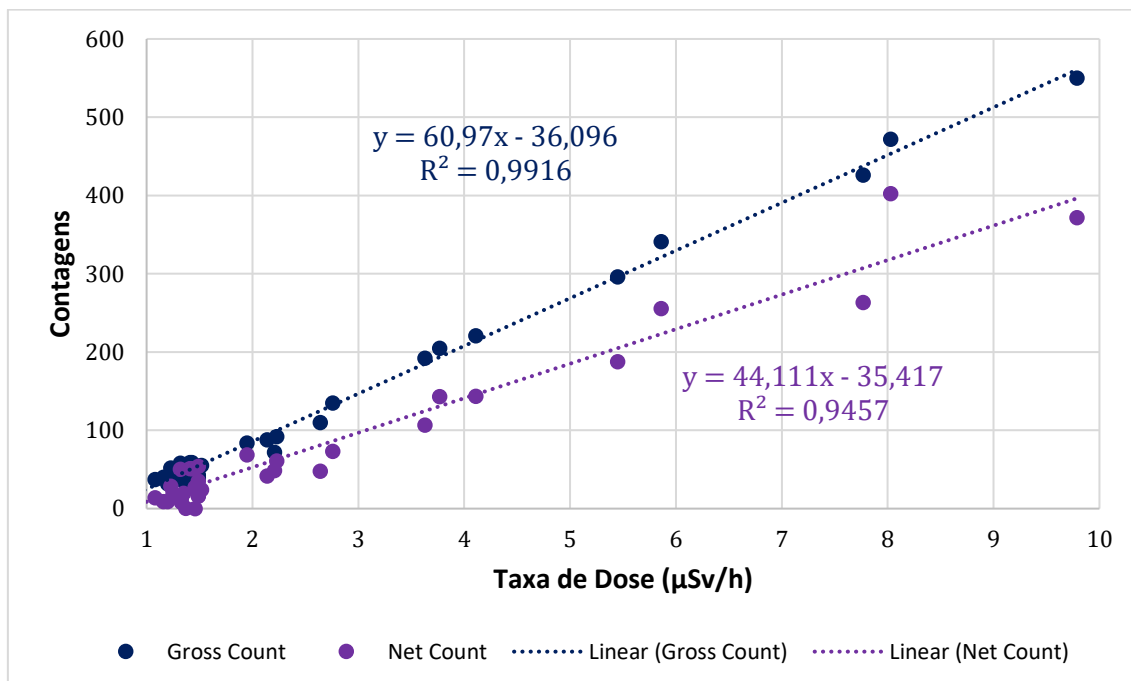
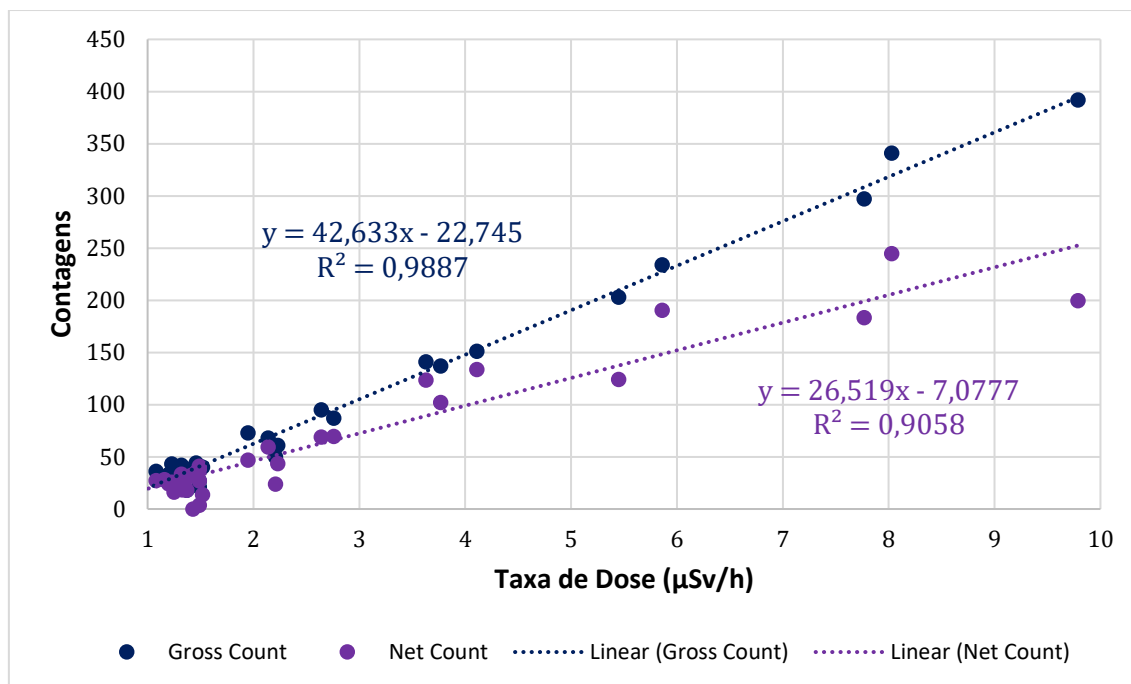


Gráfico 77: correlação das taxas de dose com *gross count* e *net count* do ^{60}Co de energia 1332,5 keV para os 37 filtros.



Percebe-se, no caso do ^{60}Co , que a correlação é excelente tanto para *gross count* como para *net count*, ao contrário do que ocorre com a $^{108\text{m}}\text{Ag}$. Possivelmente isso ocorre porque o detector não contém em sua biblioteca nativa o radionuclídeo $^{108\text{m}}\text{Ag}$, ele teve que ser adicionado, assim como suas energias de raios gama. Nas medidas realizadas, percebeu-se que o detector não conseguiu atribuir uma frequência relativa a nenhuma das energias da $^{108\text{m}}\text{Ag}$ e da $^{110\text{m}}\text{Ag}$. É possível verificar uma relação linear razoável entre a taxa de dose medida e o *gross count*, porém o *net count* acaba não sendo proporcional ao *gross count*. Dessa forma, o *Kromek* realmente parecia não estar conseguindo correlacionar completamente o pico de energia com as contagens destes radionuclídeos de prata.

O *gross count* representa a área do pico do radionuclídeo juntamente da radiação de fundo abaixo dessa área, enquanto o *net count* é a área do pico subtraída dessa radiação de fundo. Na estimativa da atividade, o correto seria utilizar o *net count*, porém, por conta da melhor correlação da taxa de dose com o *gross count*, optou-se por utilizar este tipo de contagem ao invés do *net count*, que poderia resultar em valores não muito representativos dependendo

do filtro (há filtros com certos picos de energia que registraram zero contagens para *net count*).

A taxa de dose calculada é a obtida na primeira iteração no *Microshield*. A segunda iteração resulta em um valor igual ou muito próximo da taxa de dose medida, o que pode ser confirmado pelo fator de correção da taxa de dose, afinal:

$$\text{Taxa de Dose Calculada} \times \text{Fator de Correção} = \text{Taxa de Dose Medida} \quad (17)$$

A estimativa da atividade é dada pela equação 18, em que A é atividade em Bq, A_p é a área do pico, I_γ é o *yield* ou frequência absoluta de emissão do fóton, ε é a eficiência do detector e T é o tempo de contagem em s.

$$A = \frac{A_p}{I_\gamma \cdot \varepsilon \cdot T} \quad (18)$$

A metodologia utilizada para se estimar os valores de atividade de cada RC por meio do *Microshield* parte da expressão 18 e está descrita em etapas na sequência.

1°: obtém-se a eficiência do detector para cada fóton de interesse de cada RC. Isto foi feito utilizando-se a função abaixo, obtida no trabalho de [16], que correlaciona eficiência do detector GR1 ($f(x)$) em função da energia x em keV;

$$f(x) = -0,0222 + \frac{30,3158}{x} + \frac{2008,73}{x^2} \quad (19)$$

2°: calcula-se área do pico dividida por eficiência, sendo a área do pico o *gross count*, neste caso, como já explicado antes, dado na unidade contagens por segundo (o *Kromek* já leva em conta o tempo de contagem). Esta razão representa o número de fótons que chegam ao detector;

3°: calcula-se então a atividade estimada (Bq) por meio da divisão do número de fótons que chegam ao detector pela frequência absoluta de emissão do fóton (valor presente na tabela 89 do anexo A, obtida de [17]), pois os fótons que chegam ao detector são proporcionais aos que são emitidos pela fonte;

4°: a atividade estimada (Bq.cm⁻³) para cada filtro é dada pela razão da atividade estimada (Bq) pelo volume de cada filtro (cm³);

5°: a atividade média ($\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$) é a soma das atividades estimadas ($\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$) dividido por três no caso da $^{108\text{m}}\text{Ag}$ (3 fótons de interesse) e a soma das atividades estimadas dividido por dois no caso do ^{60}Co (2 fótons de interesse);

6°: insere-se os valores de atividade média calculados para $^{108\text{m}}\text{Ag}$ e ^{60}Co no *Microshield*. Depois de rodar o programa, o valor da linha *Totals* em cruzamento com a coluna *Absorbed Dose Rate with Buildup* (mGy/h) representa a taxa de dose calculada;

7°: calcula-se o fator de correção das atividades médias, dado pela razão da taxa de dose medida pela taxa de dose calculada (equação 17 rearranjada);

8°: os valores de atividade de cada RC são corrigidos realizando-se a multiplicação da atividade média ($\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$) pelo fator de correção;

9°: por fim, insere-se os valores de atividade média corrigidos para cada RC no *Microshield*. Depois de rodar o programa novamente, deve-se comparar o valor da linha *Totals* coluna *Absorbed Dose Rate with Buildup* (mGy/h) com o obtido pela taxa de dose medida com o detector, devendo ser correspondentes ou bem próximos.

Observação: depois da segunda iteração no *Microshield* a taxa de dose final já com o fator de correção do filtro T1F7 deu $0,991 \mu\text{Sv/h}$ (e não um valor mais próximo de $1,33 \mu\text{Sv/h}$). Este foi o único filtro em que o valor da taxa de dose desviou um pouco mais do resultado esperado.

A este ponto, uma ponderação precisa ser feita. Quando as medidas relatadas neste trabalho foram realizadas (entre os meses de março e julho de 2024), a biblioteca “Filtros IEA-R1” ainda não havia sido criada. As medidas foram feitas utilizando a biblioteca “Reator Angra I”, que incluía somente o ^{60}Co e a $^{108\text{m}}\text{Ag}$ dentre os radionuclídeos de interesse. Algumas medidas de alguns filtros foram refeitas posteriormente utilizando a nova biblioteca, a fim de se verificar se havia $^{110\text{m}}\text{Ag}$. Nas imagens dos espectros obtidos os picos de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ são imperceptíveis. Entretanto, os valores de *gross count* e *net count* foram registrados pelo *Kromek* e encontram-se, no máximo, na ordem de grandeza das dezenas (próximos ou menores que os de ^{60}Co).

Considerando que a meia vida da $^{110\text{m}}\text{Ag}$ é significativamente menor do que a dos outros dois radionuclídeos, saber toda a vida útil do filtro, desde quando foi colocado no sistema de retratamento, retirado para secagem e posteriormente transportado ao SEGRR para caracterização e armazenamento, é uma informação importante, e que o IPEN não vem registrando. Além do curto tempo de meia vida, pode haver sobreposição entre os picos da $^{108\text{m}}\text{Ag}$ e $^{110\text{m}}\text{Ag}$ na faixa de 600 keV e pode ter ocorrido efeito Compton, tornando a identificação dos picos difícil. Outro aspecto relevante é que a eficiência do *Kromek* diminui bastante nas energias acima de 700 keV, sendo que duas das energias da $^{110\text{m}}\text{Ag}$ estão acima desse valor e não têm abundância tão alta quanto às da $^{108\text{m}}\text{Ag}$ e do ^{60}Co . Provavelmente o que o detector estava identificando eram resquícios da $^{110\text{m}}\text{Ag}$ no filme de PVC, e não na fonte. O descompasso entre a falta de clareza se o pico da $^{110\text{m}}\text{Ag}$ de fato está presente no espectro, se o *Kromek* estava mesmo conseguindo detectar as energias desse radionuclídeo (majoritariamente não) e as contagens obtidas, fez com que se desconsidera-se os dados deste radionuclídeo.

4.2.3. *Kromek* x *Falcon*

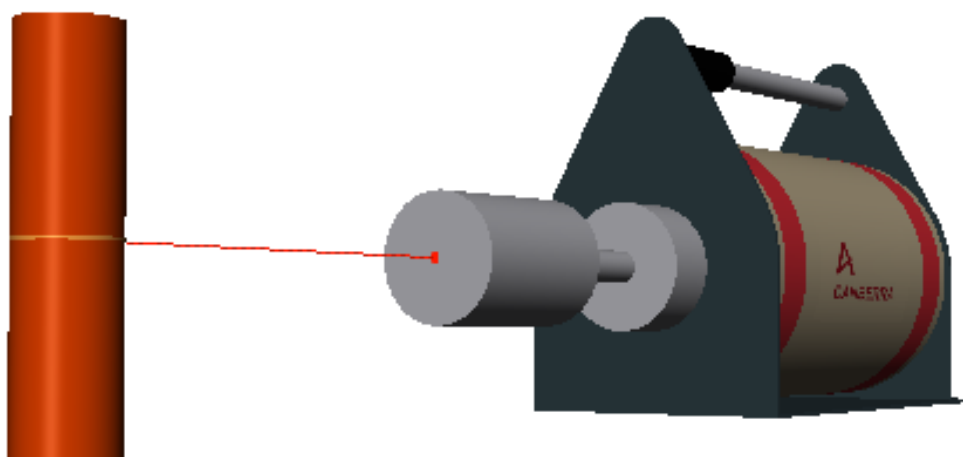
Como já dito anteriormente, o *Kromek* é um detector de CZT e o *Falcon 5000* é um detector de germânio hiperpuro. Foram escolhidos 5 filtros com características diferentes para se comparar os resultados com os do *Falcon*.

As medidas com o *Falcon* foram realizadas em uma sala com baixa radiação de fundo (parecida com a da sala U-10) e o tempo de contagem foi de 120 s. Os filtros foram medidos nas condições da situação retratada na figura 9 (30 cm de distância do detector em relação ao plano médio do filtro).

A análise dos filtros pelo *Falcon* envolveu três etapas principais: modelagem de geometria, criação da biblioteca de radionuclídeos e análise de espectro gama.

Utilizou-se a geometria *pipe* no *software Geometry Composer*. Foram fornecidos também ao programa distância detector-fonte, diâmetro, comprimento, espessura, composição química e densidade do filtro.

Figura 13: geometria de um dos quatro tipos de filtro pelo *Geometry Composer*.



Em seguida, utilizando o *software Nuclide Library*, inseriu-se as informações referentes aos radionuclídeos de interesse (tempo de meia-vida, energias dos raios gama e abundâncias). Poderia ser acrescentada a ^{110m}Ag , caso este radionuclídeo tivesse sido detectado.

Figura 14: biblioteca “Filtros IEA-R1” no *Nuclide Library*.

File Search Options Help

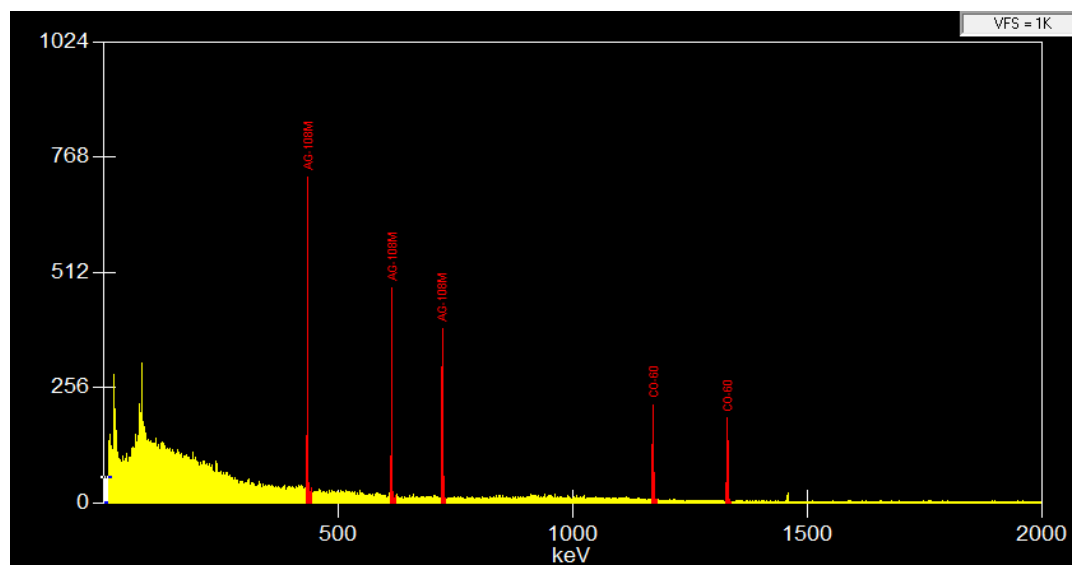
Nuclide
 Name: Half-Life: Y D
 Full Name: Uncertainty: ± H M
 Type: S

Energy Lines
 Energy: keV Abundance: % Key Line
 Uncertainty: ± keV Uncertainty: ± Abs No Wt Mean

Name	Type	Half Life	Energy - keV	Abundance - %
CO-60		1925.280D	* 1173.22	99.8500
			1332.49	99.9826
AG-108M		418.000Y	433.93	90.5000
			614.27	89.8000
			* 722.90	90.8000

Em último lugar, ajustou-se os ROIs (picos dos radionuclídeos) no espectro obtido. Ao aplicar a biblioteca anterior no *software Genie*, um relatório com as atividades, incertezas e outras informações foi gerado.

Figura 15: espectro típico de um filtro no *Genie*.



O primeiro resultado importante a se destacar é o fato de o *Falcon* só ter detectado ^{108m}Ag e ^{60}Co . Isso reforça a hipótese de que a ^{110m}Ag já decaiu, confirmando as suspeitas com as medidas realizadas no *Kromek*. E nenhum outro radionuclídeo foi detectado por ambos os espectrômetros.

Dadas as diferenças de eficiências entre os detectores e as incertezas envolvidas no processo, em geral, os resultados das atividades calculadas utilizando ambos os detectores se mostram consistentes, conforme a tabela 50, validando o método proposto.

Tabela 50: atividades dos radionuclídeos-chave de cinco filtros selecionados para a comparação entre resultados do *Kromek* e do *Falcon*.

(continua)

Filtro	RC	Atividade <i>Kromek</i> (Bq)	Atividade <i>Falcon</i> (Bq)
T1F3	^{108m}Ag	$5,1 \times 10^4$	$9,0 \times 10^4$
	^{60}Co	$1,4 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$
	Total	$1,9 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$
T1F9	^{108m}Ag	$1,8 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
	^{60}Co	$1,4 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
	Total	$1,5 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$
T1F18	^{108m}Ag	$4,5 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$
	^{60}Co	$5,0 \times 10^5$	$8,7 \times 10^5$
	Total	$5,4 \times 10^5$	$9,2 \times 10^5$

Tabela 50: atividades dos radionuclídeos-chave de cinco filtros selecionados para a comparação entre resultados do *Kromek* e do *Falcon*.

(conclusão)

Filtro	RC	Atividade <i>Kromek</i> (Bq)	Atividade <i>Falcon</i> (Bq)
T2F4	^{108m}Ag	$4,9 \times 10^4$	$1,3 \times 10^5$
	^{60}Co	$1,8 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$
	Total	$2,3 \times 10^5$	$2,7 \times 10^5$
T3F2	^{108m}Ag	$3,6 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$
	^{60}Co	$3,4 \times 10^5$	$5,6 \times 10^5$
	Total	$3,8 \times 10^5$	$6,0 \times 10^5$

4.2.4. Atividades dos Radionuclídeos de Difícil Medição e atividades totais dos filtros

Em posse dos valores de atividade dos radionuclídeos-chave é possível, por meio dos fatores de escala previamente determinados, calcular a atividade dos radionuclídeos de difícil medição pela equação seguinte:

$$\text{Atividade}_{\text{RDM}} = \text{Atividade}_{\text{RC}} \times \text{Fator de escala} \quad (20)$$

Nas tabelas seguintes, são trazidas as atividades dos pares RDM/RC para cada filtro utilizando os fatores de escala obtidos por Geraldo [6].

Tabela 51: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F1.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m}Ag	$6,1 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	^{63}Ni	$3,3 \times 10^1$
^{60}Co	$2,8 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$2,0 \times 10^1$
^{108m}Ag	$6,1 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	^{90}Sr	$5,6 \times 10^{-1}$
^{60}Co	$2,8 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$3,4 \times 10^{-1}$
^{108m}Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	^{234}U	$6,3 \times 10^{-4}$
^{60}Co	$2,8 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,8 \times 10^{-4}$
^{108m}Ag	$6,1 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	^{235}U	$2,8 \times 10^{-5}$
^{60}Co	$2,8 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,6 \times 10^{-5}$

Tabela 51: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F1.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,5 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,7 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$9,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$5,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$3,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$9,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$5,4 \times 10^{-4}$

Tabela 52: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F2.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,2 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$2,1 \times 10^1$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,5 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$3,5 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$6,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,9 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,8 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,7 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,5 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,7 \times 10^{-2}$

Tabela 52: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F2.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$9,0 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$5,8 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$3,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$8,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$5,6 \times 10^{-4}$

Tabela 53: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F3.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$4,7 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,7 \times 10^1$
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$8,0 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,8 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$9,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$4,0 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$3,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$3,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$1,3 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$4,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$8,0 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,8 \times 10^{-2}$

Tabela 53: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F3.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$3,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,7 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$1,3 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$4,5 \times 10^{-4}$

Tabela 54: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F4.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$4,8 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,8 \times 10^1$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$8,1 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$3,1 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$9,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,5 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$4,1 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,5 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$3,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,3 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$4,0 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$1,3 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$5,2 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$8,0 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$3,1 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$3,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,3 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,8 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$1,3 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$2,6 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$5,0 \times 10^{-4}$

Tabela 55: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F5.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,3 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$2,0 \times 10^1$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,5 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$3,3 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$6,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,7 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,8 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$9,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$5,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$3,3 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$8,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,8 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$5,3 \times 10^{-4}$

Tabela 56: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F6.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,0 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,8 \times 10^1$
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,1 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$3,0 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$5,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,4 \times 10^{-4}$

Tabela 56: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F6.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,6 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,4 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,3 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$8,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$5,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$3,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$5,6 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$8,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,5 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$4,8 \times 10^{-4}$

Tabela 57: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F7.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,5 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,3 \times 10^1$
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$4,3 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,2 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$4,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$2,5 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,2 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,0 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$9,4 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,1 \times 10^{-2}$

Tabela 57: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F7.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$7,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$3,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$4,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,2 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$9,1 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,7 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$6,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$3,5 \times 10^{-4}$

Tabela 58 atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F8.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,7 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,6 \times 10^1$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$6,2 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,7 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$7,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,0 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$3,1 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,7 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$3,0 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,3 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$1,0 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$4,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$6,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,7 \times 10^{-2}$

Tabela 58 atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F8.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,6 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$9,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$4,3 \times 10^{-4}$

Tabela 59: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F9.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,8 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$2,8 \times 10^1$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$4,7 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$4,8 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$5,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$5,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,4 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$2,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$2,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$2,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$7,8 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$7,9 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$4,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$4,7 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$2,0 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$5,2 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$7,6 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,0 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$7,7 \times 10^{-4}$

Tabela 60: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F10.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$1,3 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,3 \times 10^1$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$2,1 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,1 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$2,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$2,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$1,1 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,0 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$9,3 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$9,1 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$3,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$3,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$2,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,1 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$8,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$8,8 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$2,3 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$3,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,8 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$3,4 \times 10^{-4}$

Tabela 61: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F11.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$1,8 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,2 \times 10^1$
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$3,0 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,1 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$3,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$2,3 \times 10^{-4}$

Tabela 61: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F11.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$1,5 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,0 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$8,9 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$5,0 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$3,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$3,0 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,1 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$8,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,3 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$4,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$3,3 \times 10^{-4}$

Tabela 62: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F12.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,3 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$3,2 \times 10^1$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,5 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$5,4 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$6,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$6,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,8 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$2,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$2,3 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$2,7 \times 10^{-2}$

Tabela 62: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F12.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$9,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$9,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$5,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$2,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$8,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,5 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$8,7 \times 10^{-4}$

Tabela 63: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F13.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$1,4 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,7 \times 10^1$
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$2,3 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,8 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$2,6 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$1,2 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$9,9 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$3,8 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$4,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$2,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,8 \times 10^{-2}$

Tabela 63: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F13.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$9,5 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$2,5 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$3,7 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,3 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$4,5 \times 10^{-4}$

Tabela 64: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F14.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$1,0 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,2 \times 10^1$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$1,7 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,0 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$2,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$2,3 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$8,8 \times 10^{-6}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$9,8 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$7,5 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$8,7 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$8,6 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$2,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$3,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$1,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$7,2 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$8,4 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$1,9 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$2,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$3,3 \times 10^{-4}$

Tabela 65: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F15.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$9,9 \times 10^0$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,2 \times 10^1$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$1,7 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,0 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$1,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$2,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$8,4 \times 10^{-6}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$9,5 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$7,2 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$8,5 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$8,2 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$9,7 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$2,8 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$3,3 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$1,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$6,9 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$8,2 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$1,8 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$2,7 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,6 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$3,2 \times 10^{-4}$

Tabela 66: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F16.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,4 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$4,5 \times 10^1$
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,7 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$7,6 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$6,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$8,6 \times 10^{-4}$

Tabela 66: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F16.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,9 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$3,7 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$3,3 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,8 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$3,8 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$9,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$1,3 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$7,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$3,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,3 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$9,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$6,4 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$1,2 \times 10^{-3}$

Tabela 67: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F17.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,7 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$5,1 \times 10^1$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$6,2 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$8,6 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$7,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$9,7 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$3,1 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$4,2 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,7 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$3,7 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$3,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$4,3 \times 10^{-2}$

Tabela 67: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F17.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$1,0 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$1,4 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$6,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$8,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,6 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$3,6 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,8 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$1,0 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$7,2 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$1,4 \times 10^{-3}$

Tabela 68: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F18.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,3 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$4,7 \times 10^1$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,5 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$8,0 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$6,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$9,0 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,8 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$3,8 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$3,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$3,9 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$9,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$1,3 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$7,9 \times 10^{-2}$

Tabela 68: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F18.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$3,3 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,0 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$8,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$6,7 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$1,3 \times 10^{-3}$

Tabela 69: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F19.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$5,4 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,0 \times 10^2$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$9,1 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,7 \times 10^0$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$1,0 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,9 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$4,6 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$5,77 \times 10^{-8}$		$8,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$3,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$5,17 \times 10^{-7}$		$7,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$4,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$5,92 \times 10^{-5}$		$8,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$1,5 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,9 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$9,1 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,7 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$3,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$4,98 \times 10^{-7}$		$7,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,0 \times 10^2$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$1,5 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,8 \times 10^{-3}$

Tabela 70: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F20.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$5,9 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$7,12 \times 10^{-2}$		$9,8 \times 10^1$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$1,0 \times 10^0$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,7 \times 10^0$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$1,1 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,9 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$5,0 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$5,77 \times 10^{-8}$		$8,0 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$4,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$5,17 \times 10^{-7}$		$7,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$4,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$5,92 \times 10^{-5}$		$8,2 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$1,7 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,8 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$1,0 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,6 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$4,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$4,98 \times 10^{-7}$		$6,9 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,1 \times 10^2$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$1,6 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^3$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,7 \times 10^{-3}$

Tabela 71: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F21.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$4,4 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$6,9 \times 10^1$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$7,3 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,2 \times 10^0$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$8,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,3 \times 10^{-3}$

Tabela 71: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F21.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$3,7 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$5,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$3,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$5,0 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$3,6 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$5,7 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$1,2 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$1,9 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$7,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,1 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$3,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$4,8 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$1,2 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$9,6 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$1,9 \times 10^{-3}$

Tabela 72: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F22.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$7,5 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,2 \times 10^2$
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$1,3 \times 10^0$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,1 \times 10^0$
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$1,4 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$1,35 \times 10^{-6}$		$2,3 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$6,3 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,0 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$5,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$5,17 \times 10^{-7}$		$9,0 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$6,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,0 \times 10^{-1}$

Tabela 72: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F22.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$2,1 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$1,99 \times 10^{-4}$		$3,5 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$1,2 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,1 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$5,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$4,98 \times 10^{-7}$		$8,7 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$1,4 \times 10^2$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$2,0 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,7 \times 10^3$	$1,93 \times 10^{-6}$		$3,4 \times 10^{-3}$

Tabela 73: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F23.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,0 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$2,6 \times 10^1$
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,0 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$4,3 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$5,6 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$4,8 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,5 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$2,1 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,9 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$2,1 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$8,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$7,1 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,0 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$4,3 \times 10^{-2}$

Tabela 73: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F23.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,8 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$5,5 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$8,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$3,6 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$6,9 \times 10^{-4}$

Tabela 74: atividades dos RC e dos RDM do filtro T1F24.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$4,4 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$7,12 \times 10^{-2}$		$7,4 \times 10^1$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$7,4 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,3 \times 10^0$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$8,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,4 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$3,7 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$5,77 \times 10^{-8}$		$6,0 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$3,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$5,17 \times 10^{-7}$		$5,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$3,6 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$5,92 \times 10^{-5}$		$6,2 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$1,2 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,1 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$7,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,2 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$3,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$4,98 \times 10^{-7}$		$5,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$8,1 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$1,2 \times 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,0 \times 10^3$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,0 \times 10^{-3}$

Tabela 75: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F1.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$1,6 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$8,3 \times 10^0$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$2,7 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,4 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$3,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,6 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$1,4 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$6,7 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$6,0 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$6,9 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$4,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,3 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$2,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$5,8 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,0 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$4,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,2 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,2 \times 10^{-4}$

Tabela 76: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F2.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,3 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,0 \times 10^1$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$3,9 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,7 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$4,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,9 \times 10^{-4}$

Tabela 76: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F2.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,0 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$8,1 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,7 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$7,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$8,3 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$6,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,8 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$3,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,7 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,6 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$7,0 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$6,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,7 \times 10^{-4}$

Tabela 77: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F3.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,6 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$2,0 \times 10^1$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$4,4 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$3,4 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$5,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,9 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,2 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,5 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,7 \times 10^{-2}$

Tabela 77: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F3.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$7,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$5,7 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$4,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$3,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$7,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,9 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$5,5 \times 10^{-4}$

Tabela 78: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F4.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,0 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$9,7 \times 10^0$
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$3,4 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,6 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$3,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,8 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$1,7 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$7,9 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$7,0 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$8,1 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$5,6 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$1,7 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$3,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,6 \times 10^{-2}$

Tabela 78: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F4.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$6,8 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,7 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$5,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,4 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,6 \times 10^{-4}$

Tabela 79: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F5.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,1 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$9,1 \times 10^0$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$3,6 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,5 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$4,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,7 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$1,8 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$7,3 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$6,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,8 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$7,5 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$5,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$3,6 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$6,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,9 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$5,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,5 \times 10^{-4}$

Tabela 80: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F6.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$1,6 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$8,1 \times 10^0$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$2,6 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,4 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$3,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,5 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$1,3 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$6,5 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$5,9 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$6,7 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$4,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,3 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$2,6 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,3 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$5,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$2,9 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$4,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,1 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,2 \times 10^{-4}$

Tabela 81: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F7.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,2 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$9,0 \times 10^0$
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,4 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,5 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$6,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,7 \times 10^{-4}$

Tabela 81: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F7.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,7 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$7,3 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$6,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$7,5 \times 10^{-3}$
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$8,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$6,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$5,9 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$8,7 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,4 \times 10^{-4}$

Tabela 82: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F8.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,6 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$9,5 \times 10^0$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$4,4 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$1,6 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$5,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$1,8 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,2 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$7,7 \times 10^{-6}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$6,9 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$7,9 \times 10^{-3}$

Tabela 82: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F8.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$7,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$2,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$4,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$1,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$6,6 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$7,2 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$1,3 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$2,6 \times 10^{-4}$

Tabela 83: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F9.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$3,3 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,5 \times 10^1$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$5,6 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,5 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$6,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$2,9 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,8 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,2 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$2,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,8 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,3 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$9,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$4,2 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$5,6 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,5 \times 10^{-2}$

Tabela 83: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F9.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$2,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$6,1 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$9,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,1 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$4,1 \times 10^{-4}$

Tabela 84: atividades dos RC e dos RDM do filtro T2F10.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,6 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,6 \times 10^1$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$4,3 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,7 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$4,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,0 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,2 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,3 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,3 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$7,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$4,4 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$4,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,6 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,1 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,8 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$7,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,2 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$4,3 \times 10^{-4}$

Tabela 85: atividades dos RC e dos RDM do filtro T3F1.

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,3 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$2,4 \times 10^1$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$3,9 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$4,0 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$4,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$4,5 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,0 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,9 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,7 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,7 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$2,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$6,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$6,7 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$3,9 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$4,0 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,6 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,7 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,3 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$6,3 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$3,3 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$6,5 \times 10^{-4}$

Tabela 86: atividades dos RC e dos RDM do filtro T3F2.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,6 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$3,3 \times 10^1$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$4,4 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$5,5 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$5,0 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$6,2 \times 10^{-4}$

Tabela 86: atividades dos RC e dos RDM do filtro T3F2.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$2,2 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$2,7 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$2,4 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$2,2 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$2,7 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$7,3 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$9,1 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$4,4 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$5,5 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,8 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$2,3 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$4,9 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$7,1 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$4,6 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$8,9 \times 10^{-4}$

Tabela 87: atividades dos RC e dos RDM do filtro T3F3.

(continua)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$5,42 \times 10^{-1}$	⁶³ Ni	$2,1 \times 10^1$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$7,12 \times 10^{-2}$		$1,7 \times 10^1$
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$9,12 \times 10^{-3}$	⁹⁰ Sr	$3,5 \times 10^{-1}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$1,20 \times 10^{-3}$		$2,9 \times 10^{-1}$
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$1,03 \times 10^{-5}$	²³⁴ U	$3,9 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$1,35 \times 10^{-6}$		$3,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$4,60 \times 10^{-7}$	²³⁵ U	$1,8 \times 10^{-5}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$5,77 \times 10^{-8}$		$1,4 \times 10^{-5}$
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$3,94 \times 10^{-6}$	²³⁸ U	$1,5 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$5,17 \times 10^{-7}$		$1,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$4,51 \times 10^{-4}$	²³⁸ Pu	$1,7 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$5,92 \times 10^{-5}$		$1,4 \times 10^{-2}$

Tabela 87: atividades dos RC e dos RDM do filtro T3F3.

(conclusão)

RC	Atividade RC (Bq/cm ³)	Fator de Escala	RDM	Atividade RDM (Bq/cm ³)
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$1,51 \times 10^{-3}$	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$5,8 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$1,99 \times 10^{-4}$		$4,8 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$9,09 \times 10^{-4}$	²⁴¹ Am	$3,5 \times 10^{-2}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$1,19 \times 10^{-4}$		$2,9 \times 10^{-2}$
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$3,79 \times 10^{-6}$	²⁴² Cm	$1,4 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$4,98 \times 10^{-7}$		$1,2 \times 10^{-4}$
^{108m} Ag	$3,8 \times 10^1$	$1,47 \times 10^{-5}$	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm	$5,6 \times 10^{-4}$
⁶⁰ Co	$2,4 \times 10^2$	$1,93 \times 10^{-6}$		$4,6 \times 10^{-4}$

De modo geral, tanto as atividades dos RC entre si como dos RDM entre si estão em ordens de grandeza próximas, ao se comparar filtro a filtro.

De acordo com a tabela 1, as melhores correlações dos RDM são com o ⁶⁰Co, exceto para o ⁹⁰Sr, que se correlaciona melhor com a ^{108m}Ag. Assim, a atividade total (AT) dos filtros cartucho foi calculada somando-se os valores dos dois RC com os valores dos RDM que possuem a melhor correlação em relação aos RC.

Tabela 88: atividades totais de todos os filtros (soma RC + RDM)

(continua)

Filtro	AT (Bq/cm ³)	AT (Bq)	Filtro	AT (Bq/cm ³)	AT (Bq)
T1F1	$3,6 \times 10^2$	$2,1 \times 10^5$	T1F11	$2,2 \times 10^2$	$7,5 \times 10^4$
T1F2	$3,7 \times 10^2$	$2,2 \times 10^5$	T1F12	$5,5 \times 10^2$	$1,9 \times 10^5$
T1F3	$3,4 \times 10^2$	$2,0 \times 10^5$	T1F13	$2,8 \times 10^2$	$2,1 \times 10^5$
T1F4	$3,7 \times 10^2$	$2,1 \times 10^5$	T1F14	$2,0 \times 10^2$	$1,5 \times 10^5$
T1F5	$3,6 \times 10^2$	$2,1 \times 10^5$	T1F15	$1,9 \times 10^2$	$1,5 \times 10^5$
T1F6	$3,2 \times 10^2$	$1,9 \times 10^5$	T1F16	$7,4 \times 10^2$	$5,6 \times 10^5$
T1F7	$2,4 \times 10^2$	$1,4 \times 10^5$	T1F17	$8,4 \times 10^2$	$6,3 \times 10^5$
T1F8	$3,1 \times 10^2$	$1,8 \times 10^5$	T1F18	$7,7 \times 10^2$	$5,8 \times 10^5$
T1F9	$4,8 \times 10^2$	$1,6 \times 10^5$	T1F19	$1,6 \times 10^3$	$1,2 \times 10^6$
T1F10	$2,1 \times 10^2$	$7,3 \times 10^4$	T1F20	$1,6 \times 10^3$	$1,2 \times 10^6$

Tabela 88: atividades totais de todos os filtros (soma RC + RDM)

(conclusão)

Filtro	AT (Bq/cm³)	AT (Bq)	Filtro	AT (Bq/cm³)	AT (Bq)
T1F21	$1,1 \times 10^3$	$8,3 \times 10^5$	T2F6	$1,5 \times 10^2$	$2,0 \times 10^5$
T1F22	$2,0 \times 10^3$	$1,5 \times 10^6$	T2F7	$2,0 \times 10^2$	$2,6 \times 10^5$
T1F23	$4,4 \times 10^2$	$3,3 \times 10^5$	T2F8	$1,9 \times 10^2$	$2,5 \times 10^5$
T1F24	$1,2 \times 10^3$	$9,0 \times 10^5$	T2F9	$2,9 \times 10^2$	$3,8 \times 10^5$
T2F1	$1,5 \times 10^2$	$2,0 \times 10^5$	T2F10	$2,9 \times 10^2$	$3,8 \times 10^5$
T2F2	$1,9 \times 10^2$	$2,5 \times 10^5$	T3F1	$4,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^5$
T2F3	$3,5 \times 10^2$	$4,7 \times 10^5$	T3F2	$5,4 \times 10^2$	$4,1 \times 10^5$
T2F4	$1,8 \times 10^2$	$2,4 \times 10^5$	T3F3	$3,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^5$
T2F5	$1,8 \times 10^2$	$2,3 \times 10^5$			

Tendo em vista que a ^{110m}Ag provavelmente já decaiu nas amostras analisadas, a ordem de grandeza da atividade dos filtros mostra-se consistente com os trabalhos anteriores, que resultaram em atividades na ordem de MBq.

5. CONCLUSÕES

A detecção e quantificação dos emissores gama nos filtros funcionou de forma satisfatória através dos métodos utilizados. Os resultados das atividades mostraram-se consistentes entre *Falcon* e *Kromek*, validando o método. Portanto, o *Kromek* é o suficiente para o objetivo proposto.

Um adendo que precisa ser dito é que se os filtros forem recebidos em um menor intervalo de tempo em relação aos que foram medidos, pode ser necessário considerar a ^{110m}Ag no processo de estimativa da atividade. Isto depende também de o IPEN documentar o momento em que o filtro foi empregado na operação do reator, depois quando foi retirado para secagem e armazenamento e quando foi transportado ao SEGRR.

Seria interessante testar outras blindagens de concreto para verificar se as medidas de taxa de dose continuam com comportamento parecido com o obtido (estando mais próximas nas fatias centrais e mais distantes nas fatias extremas). Outra possibilidade seria criar uma espécie de blindagem móvel, em que pudesse se adequar o diâmetro da blindagem aos diâmetros dos filtros sem correr risco de eles entalarem na blindagem.

Para os filtros não homogêneos, seria necessário pensar em outra estratégia de medição, já que mesmo com a blindagem de chumbo (tabela 43) continuou-se observando medidas de taxa de dose bem distintas para cada fatia. Em geral, eles tendem a ser os filtros com as maiores taxas de dose. Talvez a mudança da blindagem de concreto poderia fazer diferença nesse sentido também.

O protocolo criado é simples e objetivo e pode ser implementado no trabalho rotineiro de caracterização de rejeitos radioativos do SEGRR.

ANEXO A – BIBLIOTECA “FILTROS IEA-R1”

Tabela 89: biblioteca completa “Filtros IEA-R1”.

Radionuclídeo	Meia-vida	Energia (keV)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa
²⁴¹ Am	432,6 a	59,541	35,7%	47,15%
^{108m} Ag	438 a*	433,937	90,3%	0%
		614,276	90,8%	0%
		722,907	90,9%	0%
^{110m} Ag	249,83 d	657,760	94,7%	0%
		884,678	72,9%	0%
		937,485	34,3%	0%
⁵⁷ Co	271,74 d	122,061	85,6%	52,07%
		136,474	10,6%	6,52%
⁶⁰ Co	1925,28 d	1173,228	99,9%	49,96%
		1332,492	100%	50,03%
¹³⁷ Cs	30,08 a	661,657	89,80%	91,63%
⁵⁴ Mn	312,20 d	834,848	100%	79,21%
²³⁷ Np	2,144×10 ⁶ a	86,484	12,6%	12,6%
²³⁵ U	7,04×10 ⁸ a	143,765	10,5%	9,32%
		185,713	54,0%	48,57%
⁶⁵ Zn	243,93 d	1115,539	50,7%	55,17%
Fonte	[13]	[13]	[17]	<i>Kromek</i> (biblioteca interna)

*O valor de meia vida da ^{108m}Ag varia entre 418 e 438 anos de acordo com a fonte consultada. Provavelmente o valor mais confiável é o de 418 anos, que foi o utilizado na biblioteca criada no *Falcon* (figura 14).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Radioactive waste management glossary**. 4. ed. Viena: IAEA, 2003. STI/PUB/1155.

[2] AMAZÔNIA AZUL TECNOLOGIAS DE DEFESA S.A. – AMAZUL. **Portal Saber Nuclear: Quem é quem**. São Paulo: AMAZUL, [s. d.]. Disponível em: <https://www.amazul.mar.mil.br/portal-saber-nuclear/quem-e-quem>. Acesso em: 19 out. 2025.

[3] TESSARO, A. P. G. **Desenvolvimento de métodos radiométricos para a caracterização de rejeitos radioativos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2015.

[4] TERREMOTO, L. A. A. **Fundamentos de Tecnologia Nuclear – Reatores**. Apostila da disciplina TNR5764 (Pós-graduação). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), São Paulo, 2004.

[5] TADDEI, M. H. T. **Determinação de fatores de escala para estimativa do inventário de radionuclídeos em rejeitos de média e baixa atividade do reator IEA-R1**. 2013. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear – Reatores). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares: São Paulo, 2013.

[6] GERALDO, Bianca. **Caracterização radioisotópica dos filtros de purificação da água do circuito primário do reator IEA-R1, e efluentes líquidos eventualmente liberados, por meio de técnicas radioanalíticas de separação para a determinação dos radionuclídeos de difícil medição e fatores de escala**. 2018. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear – Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2018.

[7] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – CNEN. **Critérios de aceitação para deposição de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação**. CNEN NN 6.09. Rio de Janeiro, 2002.

[8] COSTA, Priscila. **Desenvolvimento de uma metodologia para caracterização do filtro cunho do reator IEA-R1 utilizando o método de Monte Carlo**. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2014.

[9] KROMEK. **RayMon10 radiation detectors**. Sedgefield, [s.d.]. Disponível em: <https://www.kromek.com/detection/civil-nuclear/raymon10-radiation-detectors/>. Acesso em: 29 out. 2025.

[10] MIRION TECHNOLOGIES. **Falcon 5000 Operations**. Atlanta, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mirion.com/discover/training/falcon-5000-operations>. Acesso em: 29 out. 2025.

[11] ROCKWELL, T. III (ed.). **Reactor shielding design manual**. Washington, DC: USAEC, 1956. DOI: 10.2172/4360248.

[12] MICROSIELD. **MicroShield® Pro and MicroShield® LT**. Lynchburg, [s.d.]. Disponível em: <https://radiationsoftware.com/microshield>. Acesso em: 29 out. 2025.

[13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Live Chart of Nuclides**. Viena, 2025. Disponível em: <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>. Acesso em: 5 set. 2025.

[14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Strategy and methodology for radioactive waste characterization**. Viena: IAEA, 2007. (IAEA-TECDOC-1537).

[15] INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA – IMECC. **Tabela da Distribuição Normal Padrão $P(Z < z)$** . Campinas, [s.d.]. Disponível em: https://www.ime.unicamp.br/~cnaber/tabela_normal.pdf. Acesso em: 10 nov. 2025.

[16] VYSAKH, R. et al. **Experimental determination of thermal neutron fluence around Elekta Versa HD Linear accelerator for various photon energies**. *Biomedical Physics & Engineering Express*, v. 6, n. 2, 2020. DOI: 10.1088/2057-1976/abac90.

[17] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION – ICRP. **Radionuclide Transformations: Energy and Intensity of Emissions**. ICRP Publication 38. *Annals of the ICRP*, v. 11-13, 1983.