



# Análise crítica do programa de garantia da qualidade para ativímetros utilizados em medicina nuclear conforme definida na norma CNEN 3.05

Cunha<sup>1</sup> P.G., Silveira<sup>1</sup> V. V., Rocha<sup>1</sup> I. P e Magalhães<sup>1</sup> L. A. G.

<sup>1</sup> Laboratório de Ciências Radiológicas, Departamento de Ciências Radiológicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 20550-900, Brasil

pcunha.lcr@gmail.com

**Abstract.** Este trabalho analisou criticamente a norma CNEN 3.05, que aborda os testes de garantia da qualidade em ativímetros usados na medicina nuclear. Foram identificadas lacunas e questões que necessitam de revisão. O termo "Repetibilidade" não é adequado para verificar a constância da resposta do ativímetro ao longo do tempo, sugerindo-se o uso do teste "Check source response" IAEA TRS 454. No teste de "Precisão", é necessário atender à condição de repetibilidade de medição. O teste de "Exatidão" exige a comparação dos resultados da medição com o valor declarado no certificado de calibração da fonte padrão. No teste de "Linearidade", é necessário esclarecer o critério de aceitação de  $\pm 10\%$  e seguir as diretrizes dos documentos TRS 454 e AAPM 118. O teste de "Geometria" precisa ser revisto para melhor adequação dos termos utilizados, ressaltando a importância da calibração do instrumento para diferentes geometrias. É essencial aprimorar a norma CNEN 3.05, alinhando-a com as melhores práticas internacionais, a fim de garantir uma aplicação mais precisa e confiável dos testes de garantia da qualidade nos ativímetros da medicina nuclear, contribuindo para resultados mais confiáveis e procedimentos mais seguros.

## 1. Introdução

A medicina nuclear desempenha um papel muito importante no diagnóstico, tratamento e monitoramento de uma ampla gama de doenças. Os equipamentos utilizados nessa área são complexos e altamente sensíveis, exigindo um controle rigoroso para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos. Um dos equipamentos indispensáveis na medicina nuclear são os ativímetros, responsáveis por medir a atividade radioativa dos radiofármacos administrados aos pacientes. É essencial que esses equipamentos sejam compatíveis com as características específicas dos radionuclídeos utilizados no serviço [1, 2].

A Norma CNEN 3.05 estabelece a obrigatoriedade da execução de um programa de controle da qualidade para os ativímetros. De acordo com o Art. 21 dessa norma, o controle da qualidade é definido como um conjunto de testes de segurança e desempenho realizados periodicamente, com o objetivo de avaliar se o instrumento de medição da radiação ou equipamento de diagnóstico continua atendendo aos requisitos das resoluções da CNEN, das demais normas nacionais e internacionais, e aos valores de referência estabelecidos durante os testes de aceitação.

No entanto, é importante observar que as normas da CNEN utilizam terminologias específicas do campo da metrologia, tais como precisão, reprodutibilidade, exatidão e repetibilidade, para avaliar o



desempenho da instrumentação utilizada. Portanto, é necessário seguir as orientações estabelecidas na publicação VIM 2012 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) [3]. Essa publicação tem o objetivo de uniformizar as terminologias utilizadas no campo da metrologia e é uma tradução autorizada do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), elaborado pelo Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) [4].

O objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação crítica das terminologias e conceitos metrológicos presentes na norma CNEN 3.05, com base no documento TRS 454 [2], VIM [3], e AAPM 181 [5]. Com isso, busca-se contribuir para o aprimoramento da terminologia utilizada na área de metrologia em medicina nuclear, promovendo uma maior precisão e uniformidade na comunicação e no entendimento dos resultados obtidos nos testes de garantia da qualidade dos ativímetros

## 2. Materiais e Métodos

A CNEN denomina de “Medidor de Atividade” o instrumento utilizado em medicina nuclear para medir a grandeza atividade contida em um radiofármaco administrado a um paciente. Embora essa denominação não esteja errada, neste trabalho será utilizada a denominação “Ativímetro”. É um termo mais conciso e o sufixo “metro”, do grego métron, transmite a ideia de medição, portanto, o ativímetro é um instrumento que mede atividade. Além disso, na língua espanhola, é conhecido como Activímetro [6], e em francês como Activimètre [7].

Os termos e definições utilizados em regulamentos e publicações técnicas não devem ser dúbios. O seu entendimento deve ser único, independente do fórum ser nacional ou internacional. O Inmetro é membro signatário do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) e, portanto, deve uniformizar a terminologia utilizada no país no campo da metrologia e da instrumentação, utilizando como referência a 1ª edição luso-brasileira do Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados [3], baseada na 3ª edição internacional do VIM – *International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms*, elaborada pelo BIPM em colaboração com diversas organizações internacionais [4].

Os parâmetros (grandezas) a serem avaliados neste artigo serão baseados nos documentos de programas de controle da qualidade das seguintes referências: autoridades regulatórias (CNEN e ANVISA) [1, 8], instituição de classe profissional (AAPM) [5], laboratório de metrologia (NPL) [9] e fabricante de instrumento [10]. Para cada parâmetro é necessário: Definir o parâmetro a ser controlado; Metodologia Experimental e Tolerância (intervalo de variação).

Os documentos referência utilizado neste estudo para comparação com a Norma da CNEN 3.05 são os documentos TRS 454 da IAEA [2] e da AAPM Report N° 181 [5] para avaliação dos limites e metodologia dos testes e o VIM [3] para avaliar as nomenclaturas metrológicas adequadas.

## 3. Resultados e discussão

### 3.1. Repetibilidade

Considerando os conceitos apresentados no VIM [3], a Repetibilidade está relacionada à Precisão. Portanto, a Norma CNEN NN 3.05 [1] ao apresentar dois testes distintos com essas terminologias cria uma dualidade. A definição de precisão apresentada pelo VIM é a seguinte: “Grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas.”

NOTA 1 A precisão de medição é geralmente expressa numericamente por características como o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições especificadas de medição.

NOTA 2 As “condições especificadas” podem ser, por exemplo, condições de repetibilidade, condições de precisão intermediária ou condições de reprodutibilidade.

A Tabela 1 apresenta as condições de medições das avaliações de reprodutibilidade e repetibilidade. Infere-se que para a avaliação da repetibilidade as condições de medida devem ser mantidas as mesmas,

sejam elas extrínsecas ao instrumento, tais como, mesma temperatura e umidade do ambiente, estabilidade da rede elétrica, níveis de radiação de fundo e mesmo operador. E intrínseca, como voltagem de polarização e banco de dados. As medições devem ser realizadas em curto intervalo de tempo.

A reprodutibilidade, por sua vez, é o oposto, pois é a avaliação das medições considerando diferentes cenários, como: condições de operação do instrumento, diversos operadores ou em períodos de tempo distintos.

**Tabela 1.** Condições de Repetibilidade e Reprodutibilidade conforme VIM.

| Avaliação         | Procedimento de medição  |
|-------------------|--|
| Repetibilidade    | Os mesmos operadores, o mesmo sistema de medição, as mesmas condições de operação e o mesmo local, assim como medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares durante um curto período. |
| Reprodutibilidade | Pode incluir: diferentes locais de medição, diferentes operadores, diferentes sistemas de medição e medições repetidas em tempos diferentes no mesmo objeto ou em objetos similares                |

A redação constante no Anexo V da Norma 3.05 para o objetivo do teste de Repetibilidade é a seguinte: “Verificar a constância na resposta do equipamento para diferentes fontes de referência, devendo as medidas estar dentro de um intervalo de  $\pm 5\%$  (cinco por cento)” [1]. Esse teste deve ser realizado diariamente.

Por se tratar de um teste diário é esperado que ao longo do tempo as medições das fontes de referência sejam realizadas sob um conjunto variável de condições, que incluem: diferentes operadores, diferentes condições ambientais e diferentes condições instrumentais. Desse modo, a reprodutibilidade é a terminologia correta para atender o objetivo do teste de avaliar a constância temporal da resposta do ativímetro.

Adicionalmente, de ver observado que o termo constância, no contexto da metrologia, remete a ideia estabilidade de instrumento de medição, definida no VIM como a propriedade do instrumento de manter suas propriedades metrológica em um dado intervalo de tempo. Nos documentos TRS 454 (Apêndice VII) e o AAPM 181, para averiguar a constância na resposta do ativímetro ao longo do tempo, é proposto um teste denominado “Check source response”. Este teste é definido como a reprodutibilidade da resposta do ativímetro obtida pela medição de uma mesma fonte de referência durante longo período. É recomendado o uso de fontes radiativas com meia-vida longas, tal como  $^{137}\text{Cs}$  e o valor da leitura apresente um erro de medição de  $\pm 2\%$ . No Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), o conceito utilizado para avaliar a estabilidade de um instrumento é denominado "Deriva Instrumental" ou, quando relacionado ao tempo, "Deriva Temporal".

### 3.2. Precisão

Na norma CNEN 3.05 [1], o objetivo do teste de precisão possui a seguinte redação: “Verificar a precisão nas medidas de um calibrador de dose através da utilização das fontes de referência, devendo as medidas estar dentro de um intervalo de  $\pm 5\%$  (cinco por cento)”. Este texto não especifica as condições de medição nem esclarece de que modo a tolerância de  $\pm 5\%$  devem ser verificadas, permitindo, assim, interpretação dúbia de repetibilidade ou reprodutibilidade.

Segundo o TRS 454 [2] a precisão tem por objetivo confirmar que a incerteza aleatória de uma única medição é principalmente determinada pela natureza aleatória do decaimento e caso seja obtido um valor maior do que o esperado, pode ser um indicativo de possível presença de outra fonte aleatória de incerteza. O método de cálculo é feito baseado na avaliação do desvio-padrão de 10 medidas consecutivas, repetindo este procedimento em intervalos de tempos distintos. Portanto, ele realiza a avaliação da precisão sob condição de repetibilidade e reprodutibilidade.

A Tabela 2 apresenta os critérios de aceitação estabelecidos pela Norma da CNEN 3.05, TRS 454 e AAPM 181, de acordo com as condições de medição e método de avaliação. É possível observar que por não haver definição do critério de verificação pela CNEN não fica claro o estabelecido de metodologia para avaliação nem qual deve ser referência utilizada.

**Tabela 2.** Comparação entre os limites dos critérios de aceitação para o teste de Precisão, de diferentes publicações.

| Referência | Verificação   | Frequência   | Limite    |
|------------|---------------|--------------|-----------|
| CNEN 3.05  | Não definido  | Semestral    | $\pm 5\%$ |
| AAPM 181   | Variância     | Anual        | $\pm 1\%$ |
| TRS 454    | Desvio-padrão | Mensal/anual | $\pm 1\%$ |

No contexto da Norma 3.05, o teste de "Precisão" deve atender à condição de repetibilidade de medição, ou seja, as medições devem ser realizadas em condições fixas e em um curto espaço de tempo.

### 3.3. Exatidão

Na norma CNEN 3.05, o objetivo do teste de exatidão possui a seguinte redação: “Verificar a exatidão nas medidas de um calibrador de dose através da utilização das fontes de referência, devendo as medidas estar dentro de um intervalo de  $\pm 10\%$  (dez por cento).” [1]

O VIM define exatidão do seguinte modo: “Grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro dum mensurando”. São apresentadas, ainda, as seguintes notas de esclarecimento acerca deste conceito.

NOTA 1 A “exatidão de medição” não é uma grandeza e não lhe é atribuído um valor numérico. Uma medição é dita mais exata quando fornece um erro de medição menor”.

NOTA 2: Deste modo, conceito de “exatidão de medição” está relacionado a grandeza erro de medição.

No VIM, erro de medição é definido como: “Diferença entre o valor medido e o valor de referência”. Não se deve confundir erro de medição com erro de produção ou erro humano. Na realidade, o teste denominado EXATIDÃO tem por objetivo demonstrar que os erros de medição são inferiores a 10 % em relação ao valor de referência.

No caso específico da grandeza atividade, é importante não confundir valor de referência com fonte de referência. O valor de referência, no contexto da metrologia, se refere ao valor da atividade declarada no certificado de calibração de uma fonte padrão. Fonte padrão é a denominação de uma fonte que foi calibrada em relação a um padrão nacional ou internacional. No Brasil, as fontes padrão são produzidas e calibradas pelo Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes – LNMRI/IRD. A fonte de Referência, como definida no Art. 20, § II da norma CNEN NN 3.05, são as fontes seladas de radionuclídeos de meia vida longa utilizadas para realizar os testes de controle da qualidade ( $^{57}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$  e  $^{137}\text{Cs}$ ). Portanto radionuclídeos distintos em forma e geometria dos utilizados no Serviço de Medicina Nuclear (SMN).

Seguindo a terminologia do VIM, a exatidão é traduzida para o inglês como *accuracy*, no documento do TRS 454 e no documento da AAPM 181, a exatidão tem como objetivo garantir que os valores de atividade determinadas pelo ativímetro para os radionuclídeos utilizados na clínica médica sejam rastreáveis a um instituto nacional de metrologia. Sugerindo a realização da exatidão com radionuclídeos e geometrias comumente usadas no SMN.

A realização do Teste de Exatidão pressupõe que o SMN disponha de uma fonte padrão fornecida pelo LNMRI/IRD e realize a medição da grandeza atividade no ativímetro submetido ao teste. O resultado da medição deve ser comparado ao valor da atividade declarada no certificado de calibração da fonte. Naturalmente, para que estes valores sejam comparáveis, é absolutamente necessário que a geometria da fonte de referência seja idêntica à geometria da fonte utilizada para calibrar do ativímetro.

### 3.4. Linearidade

Na norma CNEN 3.05, o objetivo do teste de linearidade possui a seguinte redação: “Verificar a linearidade nas medidas de um calibrador de dose através da utilização de uma fonte de meia vida curta, devendo as medidas estar dentro de um intervalo de  $\pm 10\%$  (dez por cento)”.

Em outras palavras, o objetivo do teste linearidade é verificar se a resposta do ativímetro é de fato proporcional à atividade do radionuclídeo medido, em toda a faixa de atividade dos radionuclídeos utilizados no Serviço de Medicina Nuclear (SMN). Em termos gerais, o intervalo de interesse é de 1 MBq a 10 GBq. Esse intervalo abrange a maioria dos procedimentos utilizados para fins de diagnóstico e terapia.

No TRS 454 e AAPM 181 são apresentadas duas metodologias para realizar o teste de linearidade, considerando o decaimento da fonte ou utilizando blindagem. O método do “tempo de decaimento” é amplamente utilizado. Neste método são realizadas medidas de atividade de fontes utilizada na rotina clínica, geralmente  $^{99m}\text{Tc}$  ou  $^{18}\text{F}$  (para locais com PET-CT), em intervalos de 2 horas entre as medidas. É feita a diferença entre o valor medido da grandeza com um valor de esperado, baseado na atividade inicial e o decaimento radioativo. A Tabela 3 apresenta os métodos de verificação, frequência e limites dos erros de medição da linearidade de diferentes referências

**Tabela 3.** Limites e frequência dos testes de linearidade para diferentes referências

| Referência | Verificação         | Frequência   | Limite     |
|------------|---------------------|--------------|------------|
| CNEN 3.05  | Não definido        | Anual        | $\pm 10\%$ |
| AAPM 181   | Variação Percentual | Anual        | $\pm 5\%$  |
| TRS 454    | Variação Percentual | Mensal/anual | $\pm 5\%$  |

Para o teste de Linearidade na CNEN 3.05 não está claro como deve ser avaliado o critério de aceite de  $\pm 10\%$ , ficando a critério do profissional escolher a metodologia. Os documentos TRS 454 e AAPM 181 propõem a mesma metodologia de execução e avaliação dos resultados, levando em consideração a variação percentual entre o valor medido e o valor esperado devido ao decaimento radioativo da fonte avaliada.

### 3.5. Geometria

Na norma CNEN 3.05, no Art 36 estabelece: “A atividade do radiofármaco a ser administrada ao Paciente Injetado, na forma líquida ou sólida, deve ser previamente aferida no medidor de atividade. Parágrafo único. A geometria adequada deve ser considerada no procedimento para aferição do radiofármaco no medidor de atividade”. Considerando esse texto, o Teste de Geometria objetiva, em termos gerais, avaliar se os fatores de calibração do ativímetro (na maioria dos casos determinados pelo fabricante) são válidos, por exemplo, para as seringas utilizadas para injetar o radiofármaco nos

pacientes. Os fatores de calibração dos ativímetros são válidos apenas para um determinado recipiente (incluindo o tipo de material, as dimensões e a espessura das paredes) e o volume da solução do radionuclídeo. São os Laboratórios Nacionais de Metrologia que estabelecem as características das fontes padrão que produzem para fins de calibração dos ativímetros. A maioria destes laboratórios adota como recipiente a ampola de vidro ou o frasco 10R Schott. As dimensões desses recipientes não muito diferentes, por exemplo: a espessura da parede da ampola é 0,6 mm enquanto a do frasco 10R é de 1 mm; os diâmetros também são diferentes, respectivamente, 17 mm e 24 mm.

Uma grande parte dos ativímetros existentes no Brasil é de origem norte-americana. O Laboratório Nacional que fornece aos fabricantes as fontes padrão é o NIST [10], que utiliza uma ampola como recipiente. Deste modo, a maioria dos ativímetros existentes no país está calibrada para realizar medições de radiofármacos depositados em ampolas. Esta situação não atende, a princípio, a realidade onde a atividade contida nos radiofármacos é medida em seringas. Dependendo do radionuclídeo, os fatores de calibração para seringas podem variar significativamente quando comparados aos fatores de calibração do ativímetro [9,10,11]. No Brasil, o LNMRI/IRD utiliza o frasco 10R Schott.

Na norma CNEN NN 3.05, a redação do Objetivo do Teste de Geometria é a seguinte: “Verificar se os fatores de calibração do equipamento para recipientes e volumes diferentes daqueles usados nos testes usuais estão corretos”. A redação é dúbia. É possível inferir que os “testes usuais” são aqueles definidos na norma (Anexo V). Conforme estabelecido nesse Anexo, os testes devem ser realizados com as fontes de referência ( $^{57}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$  e  $^{137}\text{Cs}$ ). Essas fontes são sólidas, possuem volumes diferentes e os radionuclídeos não são utilizados durante a prática clínica no SMN. Não faz sentido utilizar essas fontes como padrão de comparação no Teste de Geometria. Necessariamente, a referência é a geometria da fonte padrão utilizada para calibrar o ativímetro. Devido a este fato, é improvável que algum SMN execute este teste do modo adequado. A redação do objetivo não contribui para o entendimento claro do pretendido com a execução do teste e os SMN não possuem as fontes padrão dos radionuclídeos necessários à sua execução (radionuclídeos utilizados na prática médica). Além disso, como decidir se os fatores de calibração estariam ou não “corretos”. A norma não apresenta um critério (tolerância) para esta decisão.

A redação mais adequada seria ao invés de “testes usuais” ser “utilizadas pelo fabricante para calibrar o ativímetro”. Outro fato relevante é que para avaliar os “fatores de calibração para diferentes geometrias” o SMN deveria fazer a calibração de seu instrumento para essas geometrias em laboratório habilitado ou utilizar fontes fornecidas pelo LNMRI/IRD.

### 3.6. Comparação das terminologias

A Tabela 4 apresenta a comparação entre as terminologias utilizadas nos testes descritos no Anexo V da Norma 3.05, e seus respectivos níveis de tolerância, com as propostas desse trabalho. As propostas sugeridas estão referenciadas as publicações TRS 435 [2] e VIM [3].

**Tabela 4. Comparação da terminologia e da tolerância dos testes de controle da qualidade utilizadas no Anexo V da Norma 3.05 com as propostas no presente trabalho.**

| Testes             |                    | Tolerância [%] |         |
|--------------------|--------------------|----------------|---------|
| Norma 3.05         | Presente trabalho  | Norma 3.05     | TRS 435 |
| Repetibilidade     | Deriva temporal    | $\pm 5$        | $\pm 5$ |
| Exatidão           | Abolir esse teste  | $\pm 10$       | -       |
| Precisão           | Repetibilidade     | $\pm 5$        | $\pm 1$ |
| Linearidade        | Linearidade        | $\pm 10$       | $\pm 5$ |
| Teste de geometria | Teste de geometria | Não estabelece | $< 5\%$ |

Destaca-se, na Tabela 4, a sugestão de abolir o teste de exatidão da forma como está estabelecida na Norma 3.05 pelo fato dele não avaliar a exatidão pela medição das fontes de referência ( $^{57}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$  e  $^{137}\text{Cs}$ ). Para avaliar a exatidão seria necessário utilizar fontes padrão para cada um dos radionuclídeos utilizados na prática clínica. Esses padrões devem ser fornecidos pelo LNMRI/IRD. Devido ao elevado número de SMN existentes no país e a diversidade de radionuclídeos, o LNMRI/IRD teria dificuldade de atender a demanda. A alternativa para garantir a exatidão das medições é calibrar os ativímetros em laboratório de calibração, devidamente credenciado. O SMN necessitará, apenas, manter os testes de controle da qualidade para comprovar a estabilidade do seu ativímetro.

#### 4. Conclusão

Considerando os resultados da análise crítica das terminologias e conceitos metrológicos presentes no Anexo V da Norma CNEN 3.05, pode-se concluir que eles estão defasados e, por vezes, dúbios e imprecisos quando comparados os conceitos praticados internacionalmente [2, 4, 5 e 9]. Adicionalmente, os níveis de tolerância para alguns dos testes propostos (Tabela 4) são muito superiores aos propostos atualmente pela IAEA [2]. Os testes e níveis de tolerância propostos na Norma 3.05 para o programa de controle da qualidade dos ativímetros parecem ser baseados nos documentos TECDOC 317 [12] e TECDOC 602 [13], emitidos, respectivamente, em 1984 e 1991 pela IAEA. Esses documentos já foram revisados e estão obsoletos.

É importante destacar a importância de calibrar os ativímetros para cada radionuclídeo utilizado nos SMN. Nesse processo será determinado fatores para as diversas geometrias, incluindo seringas, utilizadas nos SMN. A calibração deverá ser realizada em laboratório habilitado. Essa iniciativa irá reduzir os erros de medição da atividade radioativa dos radiofármacos administrados nos pacientes de medicina nuclear

Adicionalmente, considerando os fatos apresentados no presente trabalho pode ser, ainda, concluído que a atualização da Norma 3.05 contribuiria para a melhoria da proteção radiológica dos pacientes de medicina nuclear.

#### Referencias

- [1] CNEN 2014 *Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear* Norma CNEN NN 3.05 Resolução CNEN 159/13 (Brasil)
- [2] Technical reports series, ISSN 0074-1914 ; no. 454 2006 *Quality assurance for radioactivity measurement in nuclear medicine*.(Vienna : International Atomic Energy Agency)
- [3] INMETRO 2012 Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM, Conceitos fundamentais e gerais e termos associados. (Duque de Caxias, RJ)
- [4] JCGM 200 2012 International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd edition (Paris)
- [5] Report of AAPM Task Group 181 2012 The Selection, Use, Calibration, and Quality Assurance of Radionuclide Calibrators Used in Nuclear Medicine (Michigan, USA)
- [6] CIEMAT 2003 Protocolo para la calibración y el uso de activímetros (Madrid)
- [7] LNHB 2006 Guide d'utilisation et de contrôle de qualité des activimètres. (NT/2006/033.)
- [8] ANVISA 2008 *Dispõe sobre a instalação e funcionamento de Serviços de Medicina Nuclear* Resolução N° 38 (Brasil).
- [9] NPL No 93 2006 Protocol for Establishing and Maintaining the Calibration of Medical Radionuclide Calibrators and their Quality Control.
- [10] CAPINTEC Manual Stock N° 9250-0122 2015 Owner's Manual (Pittsburg, PA).
- [11] IAEA 1617 2014 Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students.
- [12] Technical reports series; no. 317, 1984 Quality Control Of Nuclear Medicine Instruments (Austria Vienna).
- [13] Technical reports series, ISSN 1011-4289 ; no. 602 1991 Quality Control Of Nuclear Medicine Instruments (Austria Vienna)

