



The Historical Background of Quality Assurance at Laboratório de Imagem Molecular of the Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

Silva^{a*}, A. V.; Gontijo^{a,b,c}, R. M. G.; Ferreira^a, A. V.

^a CNEN/CDTN, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

^b FM/UFMG, 30130-100, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

^c EBSEH, 30130-190, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

*Correspondence: alexandrevilacasilva@yahoo.com.br

Abstract: The *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear* has a small animals positron emission tomograph in its *Laboratório de Imagem Molecular*. This equipment, the GE HealthCare LabPET SOLO 4 model, is widely used in preclinical studies related to the development of new radiopharmaceuticals or novel applications of conventional radiopharmaceuticals. The “PET Image Quality” subproject, integrated into the *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear* multi-year planning for 2018-2022, proposed actions involving quality assurance and human resources development for the laboratory. This work aims to consolidate the historical trajectory of Quality Assurance at *Laboratório de Imagem Molecular* of the *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear*. A search for documents related to the laboratory was conducted in the institutional quality system, called *d-Qualidade*, while a search for the curricula vitae of laboratory researchers was performed on the *Plataforma Lattes*, with the purpose of identifying the main products generated related to the Quality theme in the laboratory. The scientific production of the laboratory team demonstrates its pioneering role in Brazil in developing studies about the Quality Management applied to the small animals positron emission tomograph. The laboratory history in the field of Quality Management emphasizes its national prominence and reveals the group's commitment over the past decade to significant technical/scientific production.

Keywords: small animals PET scanner, nuclear technology, quality assurance, preclinical studies, historical trajectory.



O Contexto Histórico da Garantia da Qualidade no Laboratório de Imagem Molecular do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

Resumo: O Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear possui um tomógrafo por emissão de pósitrons para pequenos animais em seu Laboratório de Imagem Molecular. Este equipamento, modelo LabPET SOLO 4 da GE HealthCare, é amplamente utilizado em estudos pré-clínicos relacionados ao desenvolvimento de novos radiofármacos ou novas aplicações de radiofármacos convencionais. O subprojeto “Qualidade da Imagem PET”, integrado ao planejamento plurianual 2018-2022 do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear propôs ações envolvendo a garantia da qualidade e desenvolvimento de recursos humanos e este trabalho visa consolidar a trajetória histórica da Garantia da Qualidade no laboratório. Uma pesquisa por documentos relacionados a este laboratório foi realizada no sistema insitucional de qualidade, nomeado *d-Qualidade*, enquanto uma busca pelos currículos dos seus pesquisadores foi realizada na Plataforma Lattes, com o propósito de identificar os principais produtos gerados relacionados ao tema da Qualidade. A produção científica do Laboratório de Imagem Molecular do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear demonstra seu pioneirismo no Brasil no desenvolvimento de estudos sobre a Gestão da Qualidade na imagem tomográfica por emissão de pósitrons de pequenos animais. A história do laboratório no campo da Gestão da Qualidade enfatiza seu papel de destaque nacional e revela o comprometimento do grupo ao longo da última década com uma produção técnico/científica significativa.

Palavras-chave: Tomógrafo PET dedicado a pequenos animais, tecnologia nuclear, garantia da qualidade, estudos pré-clínicos, trajetória histórica.

1. INTRODUCTION

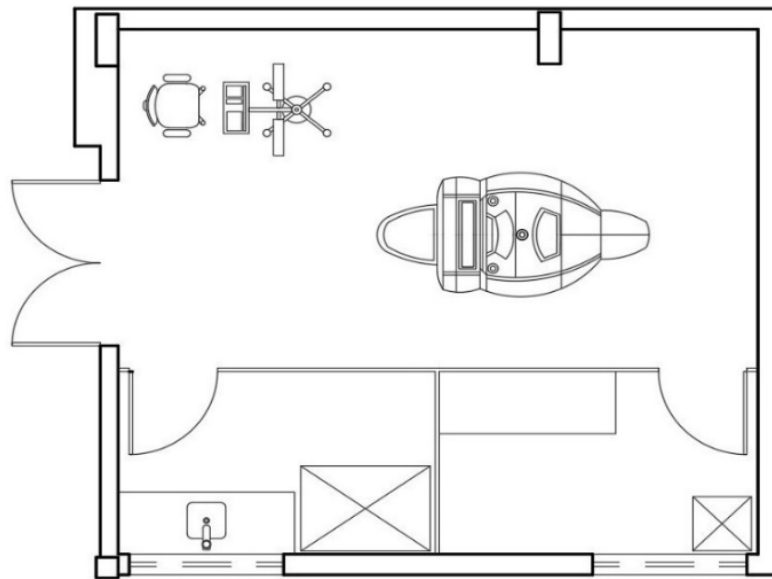
The *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear* (CDTN/CNEN) has a small animal PET (Positron Emission Tomography) scanner in its *Laboratório de Imagem Molecular* (LIM/CDTN). This PET scanner, model LabPET SOLO 4 GE HealthCare, is used routinely in preclinical studies related to the development of new radiopharmaceuticals or new applications of traditional radiopharmaceuticals [1]. The origin of LIM/CDTN is directly linked to the *Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Medicina Molecular* (INCT-MM).

INCT-MM was established from the call for proposals n°15/2008 launched by the *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) with the aim of supporting scientific, technological and innovation research activities in Brazil. This public call selected and financed projects to forming or to consolidating the *Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia* (INCT). In this context, the objective of the INCT-MM was to integrate basic and technological science into clinical practice, focusing on investigating the molecular and cellular bases of serious diseases [2, 3, 4].

INCT-MM was idealized by scientists from three different Brazilian states: *Minas Gerais*, *Rio Grande do Sul* and *Santa Catarina*. The institutions involved were: (i) in *Minas Gerais*: *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear* (CDTN/CNEN), *Fundação Nacional Ezequiel Dias* (FUNED), *Hospital Júlia Kubitschek*, *Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais* (PUC-MG), *Universidade Federal de Minas Gerais* (UFMG), *Universidade Federal de Ouro Preto* (UFOP); (ii) in *Rio Grande do Sul*: *Universidade Federal de Santa Maria* (UFSM); (iii) in *Santa Catarina*: *Universidade do Extremo-sul Catarinense* (UNESC). The INCT-MM host institution was the *Faculdade de Medicina* da UFMG and the institute was coordinated by the UFMG Full Professor Dr. Marco Aurélio Romano-Silva [3].

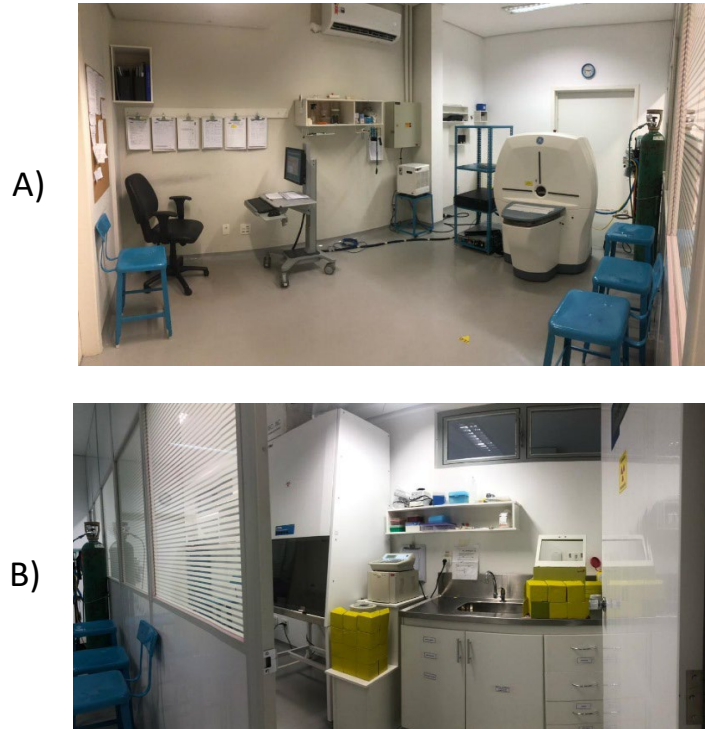
Through INCT-MM, a human PET scanner was acquired in 2011, giving rise to the *Centro de Imagem Molecular* (CIMOL), which later became the *Centro de Tecnologia em Imagem Molecular* (CTMM) at UFMG [5]. Additionally, a small animals PET scanner was acquired, giving rise to the *Laboratório de Imagem Molecular* (LIM) at CDTN. Since then, the LIM/CDTN operates regularly the PET scanner. Figures 1 and 2 presents the LIM/CDTN.

Figura 1: Schematic view of LIM/CDTN.



Source: LIM/CDTN technical collection, 2024.

Figure 2: A) LIM/CDTN main room. B) LIM/CDTN auxiliary room.



Source: authors, 2024.

In 2018, the CDTN/CNEN multi-year planning, PPA-2018 to 2022, included the subproject named PET Image Quality, which brought together all the actions of LIM/CDTN researchers related to Quality Assurance. Research and development actions, human resources training and also implementation of the internal quality management system were included in the subproject – which was a part of the Project 0861.01 Development and Applications of PET Radiopharmaceuticals.

The objective of this work is to investigate and consolidate the historical trajectory of Quality Assurance at LIM/CDTN.

2. MATERIALS AND METHODS

A document search related to LIM/CDTN was carried out in the CDTN d-Qualidade internal system – a system whose objective is to manage the CDTN's quality documentation. In this system, all internal normative documentation can be consulted, such as Institutional Plans and Programs, Quality Manuals, Internal System Procedures, Internal Operational Procedures, and others. Additionally, a search for the curricula vitae of LIM/CDTN researchers was carried out on the *Plataforma Lattes* [7], with the purpose of identifying the main products related to the Quality subject in LIM/CDTN, such as national and international scientific papers, publications of papers in congress proceedings and personnel training.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Tables 1 to 6, presents the main LIM/CDTN products, obtained at CDTN d-Qualidade system and in the *Plataforma Lattes*. It is important to note that the Table does not present the entire LIM/CDTN production. Products such as participation in events, abstracts and expanded abstracts, lectures, guest lectures and others are not listed.

Table 1: LIM/CDTN academic works - Doctoral Theses and Capstone Projects.

ACADEMIC WORKS			
#	Title [original in Portuguese/ English translation]	Type	Year
1	<i>Proposta de programa de garantia da qualidade para imagem molecular pré-clínica [1]/ Proposal for a quality assurance program for preclinical molecular imaging</i>	PhD THESIS	2019
2	<i>Controle de Qualidade em PET para pequenos animais: Cenário Brasileiro / Quality Control in PET for Small Animals: Brazilian Scenario</i>	TCC*	2020
3	<i>Implementação de teste de Resolução Espacial para o Tomógrafo PET para pequenos animais utilizando simulador QRM-Hot Rod e fonte pontual de ²²Na / Implementation of Spatial Resolution test for small animal PET scanner using QRM-Hot Rod phantom and ²²Na point source</i>	TCC	2021
4	<i>Influência dos parâmetros de reconstrução de imagens [¹⁸F]FCH - PET no valor de captação padronizado em imagens pré-clínicas / Influence of image reconstruction parameters on standardized uptake value in preclinical [¹⁸F]FCH-PET images</i>	TCC	2023
5	<i>Qualidade da Imagem do PET utilizando ⁶⁸Ge/ Image quality of PET using ⁶⁸Ge</i>	TCC	2023

* Capstone Project (*Trabalho de Conclusão de Curso* in Portuguese)

Table 2: LIM/CDTN Articles in National and International Conferences.

CONGRESS PROCEEDINGS		
#	Title [original in Portuguese/ English translation]	Year
1	<i>Avaliação dos parâmetros de reconstrução em imagens PET [23] / Avaliation of reconstruction parameteres of PET images</i>	2018
2	<i>Efeito da normalização da eficiência dos detectores na qualidade da imagem PET [24] / Effect of detector efficiency normalization on PET image quality</i>	2018
3	<i>Avaliação da resolução espacial de tomógrafo PET para pequenos animais utilizando simulador QRM-MicroPET Hot Rod [25]/ Evaluation of the spatial resolution of a small animal PET scanner using the QRM-MicroPET Hot Rod phantom</i>	2018
4	<i>Image quality and spatial resolution: Comparative analyses of two PET systems for small animal in Brazil [26]</i>	2021
5	<i>Influência dos parâmetros de reconstrução para o método MLEM na imagem PET pré-clínica com ¹¹C [27]/ Influence of reconstruction parameters for the MLEM method on preclinical PET imaging with ¹¹C</i>	2021
6	<i>Avaliação da sensibilidade de equipamento PET para pequenos animais usando uma fonte não pontual [28]/ Evaluation of the sensitivity of small animal PET equipment using a non-point source</i>	2021
7	<i>Resolução espacial de um tomógrafo PET para pequenos animais [29]/ Spatial resolution of a PET scanner for small animals</i>	2022
8	<i>Influência dos parâmetros de reconstrução de imagens [¹⁸F]FCH - PET no valor de captação padronizado em imagens pré-clínicas [30]/ Influence of image reconstruction parameters on standardized uptake value in preclinical [¹⁸F]FCH-PET images</i>	2022

Table 3: LIM/CDTN Scientific Papers.

PAPERS		
#	Title [original in Portuguese/ English translation]	Year
1	Influence of detectors efficiency normalization on small animal PET image quality [8]	2019
2	Image quality assessment using NEMA NU 4/2008 standards in small animal PET scanner [9]	2019
3	Constancy tests and quality assurance of the activimeters used in a Radiopharmaceutical Production Unit [10]	2019
4	<i>Avaliação dos parâmetros de reconstrução em imagens PET</i> [20]/ Evaluation of reconstruction parameters in PET images	2019
5	<i>Aquisição e análise quantitativa de imagens PET em camundongos saudáveis utilizando o radiofármaco ¹¹C-Metionina</i> [21] / Acquisition and quantitative analysis of PET images in healthy mice using the radiopharmaceutical ¹¹ C-Methionine	2019
6	Image quality evaluation of a small animal PET scanner [11]	2020
7	Quality control of small animal PET scanner: The Brazilian scenario [12]	2020
8	Image quality evaluation for two different positron emitters in a preclinical PET scanner [13]	2020
9	Spatial resolution of a preclinical PET tomograph [14]	2021
10	Influence of image reconstruction protocols on the image quality of a small animal PET scanner using ¹⁸ F and ¹¹ C [15]	2021
11	Performance based on NEMA NU-4 2008 standard of CDTN/CNEN's Small Animal PET Scanner [16]	2022
12	Proposal of Brazilian national program for quality control in the small animal PET scanners [17]	2022
13	Current Brazilian scenario on quality control of small animal PET scanner [22]	2022
14	Influence of the resolution mode on mean and maximum SUV for PET images acquired by a LabPET SOLO 4 scanner [18]	2023
15	Comparative analysis of image quality parameters and spatial resolution of three Small Animal PET scanner in Brazil [19]	2023

Table 4: LIM/CDTN Internal Operational Procedures.

PIO's* [2023]	
#	Title [original in Portuguese/ English translation]
1	PIO UR-LIM 01 <i>Monitoração e controle de condições ambientais</i> [31]/ Monitorin and environmental conditions control
2	PIO UR-LIM 02 <i>Operação do ativímetro</i> [32]/ Operation of the activity meter
3	PIO UR-LIM 03 <i>Testes diários, semestrais e anual do ativímetro</i> [33]/ Daily, semiannual, and annual tests of the activity meter
4	PIO UR-LIM 04 <i>Controle de fontes seladas</i> [34]/ Control of sealed sources
5	PIO UR-LIM 05 <i>Desligamento e religamento dos computadores</i> [35]/ Shutdown and restart of computers
6	PIO UR-LIM 06 <i>Desligamento e religamento do PET para pequenos animais</i> [36]/ Shutdown and restart of the small animal PET
7	PIO UR-LIM 07 <i>Aquisição de imagens com o PET para pequenos animais</i> [37]/ Acquisition of images with the pet for small animals
8	PIO UR-LIM 08 <i>Normalização do PET para pequenos animais</i> [38]/ Normalization of the pet for small animals
9	PIO UR-LIM 09 <i>Calibração do PET para pequenos animais</i> [39]/ Calibration of the PET for small animals
10	PIO UR-LIM 10 <i>Avaliação da sensibilidade do PET para pequenos animais</i> [40]/ Evaluation of the sensitivity of the PET for small animals
11	PIO UR-LIM 11 <i>Avaliação da qualidade da imagem do PET para pequenos animais</i> [41]/ Evaluation of the image quality of the pet for small animals
12	PIO UR-LIM 12 <i>Avaliação da resolução espacial do PET para pequenos animais usando fonte pontual</i> [42]/ Evaluation of the spatial resolution of the PET for small animals using point source
13	PIO UR-LIM 13 <i>Avaliação das taxas de eventos de coincidência no PET para pequenos animais</i> [43]/ Evaluation of coincidence event rates in the PET for small animals
14	PIO UR-LIM 14 <i>Preenchimento do simulador Hot Rod</i> [44]/ Filling of the hot rod simulator
15	PIO UR-LIM 15 <i>Substituição da fonte de ⁶⁸Ge</i> [45]/ Replacement of the ⁶⁸ Ge source
16	PIO UR-LIM 16 <i>Controle de atividade radioativa em fontes abertas de Fluor-18 e Carbono-11</i> [46]/ Radioactive activity control in open sources of fluorine-18 and carbon-11
17	PIO UR-LIM 17 <i>Recebimento, armazenamento em uso, manuseio e descarte final de Flúor 18 e Carbono 11</i> [47]/ Receipt, storage, handling in use, and final disposal of fluorine-18 and carbon-11
18	PIO UR-LIM 18 <i>Recebimento, armazenamento em uso, manuseio e descarte final de Germânio 68 – Gálio 68</i> [48]/ Receipt, storazge in use, handling, and final disposal of germanium 68 – gallium 68
19	PIO UR-LIM 19 <i>Eluição do gerador ⁶⁸Ge - ⁶⁸Ga</i> [49]/ Elution of the ⁶⁸ Ge68 - ⁶⁸ Ga generator
20	PIO UR-LIM 20 <i>Operação do sistema de anestesia para pequenos animais</i> [50]/ Operation of the anesthesia system for small animals
21	PIO UR-LIM 21 <i>Condução de experimentos com animais para obtenção de imagens PET</i> [51]/ Conducting animal experiments to obtain PET images

* Internal Operational Procedure – LIM/CDTN Quality Management System document

Table 5: LIM/CDTN Undergraduate Research Projects.

UNDERGRADUATE RESERCH PROJECT		
#	Title [original in Portuguese/ English translation]	Year
1	<i>Desenvolvimento e Implantação de Testes de Controle de Qualidade para o Equipamento Micro-PET Usando Fonte Pontual e Simulador QRM-MicroPET-HotRod</i> / Development and Implementation of Quality Control Tests for Micro-PET Equipment Using Point Source and QRM-MicroPET-HotRod Phantom	2018
2	<i>Avaliação da resolução espacial de tomógrafo PET para pequenos animais</i> / Evaluation of the Spatial Resolution of a PET Scanner for Small Animals	2019
3	<i>Influência dos Parâmetros de Reconstrução de Imagens nas Análises Semi Quantitativas de Imagens PET de Camundongos Utilizando o Isótopo ^{18}F</i> / Influence of Image Reconstruction Parameters on Semi-Quantitative Analyses of PET Images of Mice Using the ^{18}F Isotope	2020
4	<i>Avaliação da sensibilidade de tomógrafo pet para pequenos animais usando uma fonte não pontual</i> / Evaluation of the Sensitivity of a PET Scanner for Small Animals Using a Non-Point Source	2020
5	<i>Influência dos parâmetros de reconstrução de imagens ^{18}F-PET no valor do $\text{sv}_{\text{máximo}}$ e na relação $\text{sv}_{\text{máximo}} - \text{sv}_{\text{médio}}$ na imagem pré-clínica</i> / Influence of ^{18}F -PET Image Reconstruction Parameters on the Maximum SUV Value and the Maximum SUV - Mean SUV Ratio in Preclinical Imaging	2021
6	<i>Desenvolvimento e implantação de testes para avaliação da qualidade da imagem do tomógrafo labpet solo 4 usando o isótopo cobre-64</i> / Development and Implementation of Tests for Image Quality Assessment of the LabPET Solo 4 Scanner Using the Copper-64 Isotope	2021
7	<i>Influência dos parâmetros de reconstrução de imagens ^{18}F-PET no valor do sv_{max} e na relação $\text{sv}_{\text{max}}/\text{sv}_{\text{médio}}$ na imagem pré-clínica</i> / Influence of ^{18}F -PET Image Reconstruction Parameters on the SUV _{max} Value and the SUV _{max} /SUV _{mean} Ratio in Preclinical Imaging	2022
8	<i>Desenvolvimento e implantação de testes de resolução espacial para o equipamento LabPet Solo 4 usando ^{68}Ga e simulador QRM-MicroPET-HotRod</i> / Development and Implementation of Spatial Resolution Tests for the LabPet Solo 4 Equipment Using ^{68}Ga and QRM-MicroPET-HotRod Simulator	2022
9	<i>Desenvolvimento de Metodologias Alternativas para Normalização do Tomógrafo PET dedicado a pequenos animais do LIM/CDTN</i> / Development of Alternative Methodologies for Normalization of the PET Scanner Dedicated to Small Animals at LIM/CDTN	2022
10	<i>Determinação de curvas de eficiência do espectrômetro gama da unidade de radiobiologia em diferentes geometrias de contagem</i> / Determination of Efficiency Curves of the Gamma Spectrometer at the Radiobiology Unit in Different Counting Geometries	2023
11	<i>Fantoma Zoomórfico para Aplicações em Tomógrafo PET de Pequenos Animais: Testes Iniciais</i> / Zoomorphic Phantom for Applications in Small Animals PET Scanner: Initial tests	2023
12	<i>Resolução espacial de um tomógrafo PET de pequenos animais usando o isótopo ^{68}Ga</i> / Spatial Resolution of a Small Animal PET Scanner Using the ^{68}Ga Isotope	2023

Table 6: LIM/CDTN Seminars and Lectures.

SEMINARS AND LECTURES			
#	Title [original in Portuguese/ English translation]	Event	Year
1	<i>Controle de Qualidade em Tomógrafos PET dedicados a pequenos animais</i> / Quality Control in PET Scanners Dedicated to Small Animals	Strengthening Capabilities for Preclinical and Clinical Trials of New Radiopharmaceuticals for Medical Use – IAEA project meeting	2022
2	<i>Controle de Qualidade: como eu faço</i> / Quality Control: how I do.	2º Encontro Nacional de Usuários de Micro PET/SPECT/CT	2023

The scientific production of LIM/CDTN reveals its pioneering activity in Brazil in the development of works related to Quality Management. A doctoral thesis (2016 to 2019) developed at LIM/CDTN proposed a Preclinical Image Quality Assurance Program as a standardization to be adopted in Brazil [1].

Currently, there are 6 preclinical PET imaging centers in Brazil [22]. Among these, LIM/CDTN is the only one with the Preclinical Image Quality Assurance Program implemented. Comparative studies for the performance of small animal PET scanners at LIM/CDTN and two other centers were carried out in partnership with other laboratories [19], revealing the feasibility of a National Preclinical Image Quality Assurance Program, as proposed [1, 17]. It is important to note that there is no specific national legislation for research laboratories focusing on Quality Assurance of preclinical PET imaging [17].

4. CONCLUSIONS

The analysis of LIM/CDTN products in recent years (2018 to 2023) revealed its team's commitment to quality management, highlighting (i) its regular scientific production, (ii) the implementation of laboratory operational procedures, (iii) the training of undergraduate and postgraduate students. The analysis additionally revealed that in the Brazilian scenario,

LIM/CDTN stands out for its proposal for a National Preclinical Image Quality Assurance Program.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank all the collaborators of LIM/CDTN and researchers from preclinical partner laboratories. We also thank the CNPq, CDTN/CNEN, UFMG.

REFERENCES

- [1] GONTIJO, R.M.G., Proposta de programa de garantia da qualidade para imagem molecular pré-clínica. Tese de Doutorado, Programa de Ciências das Radiações Minerais e Materiais, CDTN/CNEN, Belo Horizonte, 291 pp., 2019.
- [2] INCT. Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia. A concepção dos institutos nacionais de ciência e tecnologia. Available at: <http://inct.cnpq.br/sobre/>. Accessed on: 26 fev. 2024.
- [3] INCT-MM. Instituto Nacional de ciência e Tecnologia de Medicina Nuclear. Available at: <https://11nq.com/iW7Yr>. Accessed on: 26 fev. 2024.
- [4] INCT. Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia. Edital nº15/2008. Available at: <https://fapesp.br/chamadas/inct2008.pdf>. Accessed on: 26/02/2024.
- [5] CTMM. Centro de Tecnologia em Medicina Molecular. Available at: <https://ctmm.medicina.ufmg.br/conheca-o-ctmm/>. Accessed on: 26 fev. 2024.
- [6] UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. Available at: <https://www.ufmg.br/online/arquivos/019444.shtml>. Accessed on: 26 fev. 2024.
- [7] Plataforma Lattes – CNPq, Available at: <https://lattes.cnpq.br>, Accessed on: 26 jan. 2024.
- [8] SANTANA, M.G.C. *et al.*. Influence of detectors efficiency normalization on small animal PET image quality. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 7-03, p. 01-12, 2019.

- [9] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Image quality assessment using NEMA NU 4/2008 standards in small animal PET scanner. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 7-02A, p. 01-13, 2019.
- [10] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Constancy tests and quality assurance of the activimeters used in a Radiopharmaceutical Production Unit. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 7-02A, p. 01-13, 2019.
- [11] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Image quality evaluation of a small animal PET scanner. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 8-01, p. 01-13, 2020.
- [12] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Quality control of small animal PET scanner: The Brazilian scenario. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 8-02, p. 01-09, 2020.
- [13] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Image quality evaluation for two different positron emitters in a preclinical PET scanner. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 8-03, p. 01-13, 2020.
- [14] SOUZA, G.A.C. *et al.*. Spatial resolution of a preclinical PET tomograph. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 9-01A, p. 01-18, 2021.
- [15] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Influence of image reconstruction protocols on the image quality of a small animal PET scanner using ¹⁸F and ¹¹C. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 9-03, p. 01-19, 2021.
- [16] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Performance based on NEMA NU-4 2008 standard of CDTN/CNEN's Small Animal PET Scanner. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 10-03, p. 01-17, 2022.
- [17] GONTIJO, R.M.G., *et al.*. Proposal of Brazilian national program for quality control in the small animal PET scanners. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 10-03B, p. 01-07, 2022.
- [18] BARBOSA, J.V.C., *et al.*. Influence of the resolution mode on mean and maximum SUV for PET images acquired by a LabPET SOLO 4 scanner. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 11-03, p. 01-11, 2023.
- [19] GONTIJO, R.M.G., *et al.*. Comparative analysis of image quality parameters and spatial resolution of three Small Animal PET scanner in Brazil. **Brasilian Journal of Radiation Science**, Belo Horizonte, vol. 11-04, p. 01-15, 2023.

- [20] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Avaliação dos parâmetros de reconstrução em imagens PET. **Curie&Roentgen**, Belo Horizonte, vol. 02-03, p. 10-15, 2019.
- [21] OLIVEIRA, K.E.M. *et al.*. Aquisição e análise quantitativa de imagens PET em camundongos sadios utilizando o radiofármaco ¹¹C-Metionina. **Curie&Roentgen**, Belo Horizonte, vol. 02-03, p. 18-22, 2019.
- [22] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Current Brazilian scenario on quality control of small animal PET scanner. **Revista Brasileira de Física Médica**, Belo Horizonte, vol. 16, 663 pp., 2022.
- [23] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Avaliação dos parâmetros de reconstrução em imagens PET. *In: PROCEEDINGS OF THE 1º ENCONTRO DOS PROFISSIONAIS DAS TECNICAS RADIOLOGICAS*; Florianópolis, 15 a 17 de nov, vol. 1, 2018.
- [24] SANTANA, M.G.C. *et al.*. Efeito da normalização da eficiência dos detectores na qualidade da imagem PET. *In: PROCEEDINGS OF THE IV SENCIR*, Belo Horizonte, 6 a 8 de nov, vol. 1, p. 686-690, 2018.
- [25] SOUZA, G.C.A. *et al.*. Avaliação da resolução espacial de tomógrafo PET para pequenos animais utilizando simulador QRM-MicroPET Hot Rod. *In: PROCEEDINGS OF THE IV SENCIR*, Belo Horizonte, 6 a 8 de Nov, vol. 1, p. 113-119, 2018.
- [26] GONTIJO, R.M.G. *et al.*. Image quality and spatial resolution: Comparative analyses of two PET systems for small animal in Brazil. *In: PROCEEDINGS OF THE V SENCIR*, Belo Horizonte, 24 a 26 de mai, vol. 1, 2021.
- [27] BARBOSA, J.V.C. *et al.*. Influência dos parâmetros de reconstrução para o método MLEM na imagem PET pré-clínica com ¹¹C. *In: PROCEEDINGS OF THE V SENCIR*, Belo Horizonte, 24 a 26 de mai, Vol. 1, 2021.
- [28] SOUZA, G.C.A. *et al.*. Avaliação da sensibilidade de equipamento PET para pequenos animais usando uma fonte não pontual. *In: PROCEEDINGS OF THE V SENCIR*, Belo Horizonte, 24 a 26 de mai, Vol. 1, 2021.
- [29] SOUZA, G.C.A. *et al.*. Resolução espacial de um tomógrafo PET para pequenos animais. *In: PROCEEDINGS OF THE VI SENCIR*, Belo Horizonte, 08 a 10 de nov, Vol. 1, 2022.
- [30] MAIA, M.O.A.G. *et al.*. Influência dos parâmetros de reconstrução de imagens [¹⁸F]FCH/PET no valor de captação padronizado em imagens pré-clínicas. *In: PROCEEDINGS OF THE VI SENCIR*, Belo Horizonte, 08 a 10 de nov, Vol. 1, 2022.

- [31] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 01 Monitoração/control de condições ambientais, Belo Horizonte, 2023.
- [32] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 02 Operação do ativímetro, Belo Horizonte, 2023.
- [33] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 03 Testes diários, semestrais e anual do ativímetro, Belo Horizonte, 2023.
- [34] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 04 Controle de fontes seladas, Belo Horizonte, 2023.
- [35] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 05 Desligamento e religamento dos computadores, Belo Horizonte, 2023.
- [36] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 06 Desligamento e religamento do PET para pequenos animais, Belo Horizonte, 2023.
- [37] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 07 Aquisição de imagens com o PET para pequenos animais, Belo Horizonte, 2023.
- [38] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 08 Normalização do PET para pequenos animais, Belo Horizonte, 2023.
- [39] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 09 Calibração do PET para pequenos animais, Belo Horizonte, 2023.
- [40] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 10 Avaliação da sensibilidade do PET para pequenos animais, Belo Horizonte, 2023.
- [41] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 11 Avaliação da qualidade da imagem do PET para pequenos animais, Belo Horizonte, 2023.
- [42] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 12 Avaliação da resolução espacial do PET para pequenos animais usando fonte pontual, Belo Horizonte, 2023.
- [43] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 13 Avaliação das taxas de eventos de coincidência no PET para pequenos animais, Belo Horizonte, 2023.
- [44] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 14 Preenchimento do simulador Hot Rod, Belo Horizonte, 2023.
- [45] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 15 Substituição da fonte de Ge-68, Belo Horizonte, 2023.
- [46] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 16 Controle de atividade radioativa em fontes abertas de Fluor-18 e Carbono-11, Belo Horizonte, 2023.

- [47] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 17 Recebimento, armazenamento em uso, manuseio e descarte final de Flúor 18 e Carbono 11, Belo Horizonte, 2023.
- [48] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 18 Recebimento, armazenamento em uso, manuseio e descarte final de Germânio68/Gálio68, Belo Horizonte, 2023.
- [49] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 19 Eluição do gerador Ge68/Ga68, Belo Horizonte, 2023.
- [50] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 20 Operação do sistema de anestesia para pequenos animais, Belo Horizonte, 2023.
- [51] CDTN/CNEN, PIO UR-LIM 21 Condução de experimentos com animais para obtenção de imagens PET, Belo Horizonte, 2023.

LICENSE

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.