

Sugestão de nível de referência em diagnóstico nacional para ^{18}F -FDG/PET em procedimentos oncológicos adultos no Brasil*

Suggestion of a national diagnostic reference level for ^{18}F -FDG/PET scans in adult cancer patients in Brazil

Cássio Miri Oliveira¹, Lidia Vasconcellos de Sá², Thêssa Cristina Alonso³, Teógenes Augusto da Silva⁴

Resumo **Objetivo:** Sugerir um valor nacional de “nível de referência em diagnóstico” (NRD), em termos de atividade em $\text{MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$, para procedimentos de medicina nuclear com fluorodeoxiglicose (^{18}F -FDG) em exames de corpo inteiro de pacientes adultos, por meio da tomografia por emissão de pósitron (PET). **Materiais e Métodos:** Um levantamento dos valores das atividades do ^{18}F -FDG administradas nas clínicas brasileiras foi realizado por meio de um questionário, que incluiu informações sobre o número de equipamentos instalados, fabricante, modelo e detector utilizados. O valor sugerido para o NRD foi baseado no cálculo do terceiro quartil da distribuição das atividades reportadas pelas clínicas. **Resultados:** Das clínicas consultadas, 58% responderam totalmente ou parcialmente ao questionário; os resultados demonstraram variações de até 100% nas atividades do radiofármaco administradas. O NRD para a atividade do ^{18}F -FDG/PET sugerido foi de $5,54 \text{ MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($0,149 \text{ mCi}\cdot\text{kg}^{-1}$). **Conclusão:** O estudo demonstrou falta de padronização das atividades administradas nas clínicas brasileiras, justificando a necessidade de oficializar um valor de NRD a ser adotado no País. O valor do NRD sugerido neste trabalho demonstrou que há espaço para a otimização dos procedimentos e das atividades administradas nas clínicas brasileiras, com a intenção em reduzir a dose aos pacientes. Ressalta-se que tal valor deve ser continuamente revisto e otimizado em períodos de pelo menos cinco anos.

Unitermos: Medicina nuclear; Tomografia por emissão de pósitron; Nível de referência em diagnóstico; Radiofármaco ^{18}F -FDG.

Abstract **Objective:** To suggest a national value for the diagnostic reference level (DRL) in terms of activity in $\text{MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$, for nuclear medicine procedures with fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG) in whole body positron emission tomography (PET) scans of adult patients. **Materials and Methods:** A survey on values of ^{18}F -FDG activity administered in Brazilian clinics was undertaken by means of a questionnaire including questions about number and manufacturer of the installed equipment, model and detector type. The suggested DRL value was based on the calculation of the third quartile of the activity values distribution reported by the clinics. **Results:** Among the surveyed Brazilian clinics, 58% responded completely or partially the questionnaire; and the results demonstrated variation of up to 100% in the reported radiopharmaceutical activity. The suggested DRL for ^{18}F -FDG/PET activity was $5.54 \text{ MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($0.149 \text{ mCi}\cdot\text{kg}^{-1}$). **Conclusion:** The present study has demonstrated the lack of standardization in administered radiopharmaceutical activities for PET procedures in Brazil, corroborating the necessity of an official DRL value to be adopted in the country. The suggested DRL value demonstrates that there is room for optimization of the procedures and ^{18}F -FDG/PET activities administered in Brazilian clinics to reduce the doses delivered to patients. It is important to highlight that this value should be continually revised and optimized at least every five years. **Keywords:** Nuclear medicine; Positron emission tomography; Diagnostic reference level; Radiopharmaceutical ^{18}F -FDG.

Oliveira CM, Sá LV, Alonso TC, Silva TA. Sugestão de nível de referência em diagnóstico nacional para ^{18}F -FDG/PET em procedimentos oncológicos adultos no Brasil. *Radiol Bras.* 2013 Set/Out;46(5):284–289.

* Trabalho realizado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN) e na Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Nuclear da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

1. Doutor, Colaborador do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), Discente da Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

2. Doutora, Tecnologista da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Docente da Pós-Graduação do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

3. Doutoranda, Tecnologista da Comissão Nacional de Ener-

gia Nuclear (CNEN), Chefe do Serviço das Radiações Aplicadas à Saúde (SERAS) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), Belo Horizonte, MG, Brasil.

4. Doutor, Pesquisador e Professor do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), Professor da Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

Endereço para correspondência: Dr. Cássio Miri Oliveira. Avenida Antônio Carlos, 6627, Campus UFMG, Pampulha. Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901. E-mail: cmo@cdtn.br.

Recebido para publicação em 26/7/2012. Aceito, após revisão, em 5/6/2013.

INTRODUÇÃO

As exposições médicas são, atualmente, a maior fonte de exposição de origem artificial do homem, e a medicina nuclear é responsável por 1% da dose coletiva anual considerando a população mundial⁽¹⁾. Por este motivo, é essencial que métodos de proteção radiológica sejam continuamente otimizados para assegurar a proteção do

paciente. A proteção radiológica dos pacientes é baseada nos princípios básicos da radioproteção – *justificação e otimização* –, já que o princípio da *limitação da dose individual* não é aplicável às exposições médicas, pois o valor diagnóstico da imagem não deve ser restringido por um limite de dose. Entretanto, há valores denominados “níveis de referência em diagnóstico” (NRDs), que servem como referência para identificar operações atípicas com o intuito de promover a otimização dos procedimentos de radiodiagnóstico e a proteção dos pacientes através da redução das doses.

O conceito “níveis de referência em diagnóstico” (do inglês, *diagnostic reference levels – DRLs*) foi introduzido pela International Commission on Radiological Protection (ICRP), na publicação 73⁽²⁾. É importante destacar que os NRDs não constituem uma linha divisória entre um bom e um mau procedimento radiodiagnóstico. No entanto, estes níveis devem ser revistos e investigados quando forem sistematicamente excedidos em procedimentos padrões⁽²⁾. Desta forma, os NRDs devem ser obtidos para cada país ou região e devem ser implementados pelo governo juntamente com as autoridades regulatórias nacionais e órgãos da classe⁽³⁾.

Em radiologia diagnóstica convencional, os NRDs devem ser baseados em valores de doses mensuradas em diversos hospitais e clínicas, bem equipados ou não, sendo determinados a partir do cálculo do terceiro quartil da distribuição de doses avaliadas⁽⁴⁾. Em medicina nuclear, os NRDs são sugeridos e baseados na atividade administrada necessária para a obtenção de uma boa qualidade de imagem para um determinado procedimento. Desta maneira, deve-se utilizar um valor “ótimo” para um NRD, em vez de um percentil: nível de referência para as administrações de atividades de radionuclídeos suficientes para obter informações para grupos de pacientes específicos. Entretanto, a ICRP em sua publicação 103⁽³⁾ afirma que, na prática, os NRDs em medicina nuclear podem ser determinados por meio do cálculo do terceiro quartil da distribuição das atividades administradas em pacientes. Esta condição baseia-se na premissa de que as atividades administradas nas clínicas promovam exames com imagens de qualidade satisfatória.

Assim, é importante ressaltar que os NRDs em medicina nuclear não constituem níveis de referência que não devem ser excedidos, mas sim um nível de orientação para as atividades administradas⁽⁴⁾.

Atualmente, nota-se o aumento do número de equipamentos de tomografia por emissão de pósitrons (PET), instalados para atender a crescente demanda clínica por exames com o radiofármaco fluorodeoxiglicose (¹⁸F-FDG) no Brasil. Aumento similar já foi verificado em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, onde o ¹⁸F-FDG é utilizado em mais de 1,5 milhão de exames por ano⁽⁵⁾, sendo um dos radiofármacos mais produzidos no mundo⁽⁶⁾. Entretanto, a técnica PET é relativamente nova no Brasil, onde o primeiro tomógrafo PET dedicado foi instalado no início da primeira década de 2000⁽⁷⁾ e, por este motivo, ainda não há normas nacionais específicas relacionadas aos procedimentos de controle de qualidade e protocolos para a realização dos exames, como as recomendações de atividades ou “doses” a serem administradas ao paciente.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), por meio da Resolução RDC nº 38 de 2008, dispõe sobre a “Instalação e o Funcionamento de Serviços de Medicina Nuclear In Vivo”⁽⁸⁾, todavia, fornece somente alguns testes de rotina e suas frequências. Desta forma, o que ocorre, atualmente, é que as clínicas PET seguem recomendações dos fabricantes dos equipamentos ou de diferentes recomendações internacionais que sugerem, por exemplo, a atividade a ser administrada ao paciente.

Assim, esta postura pode conduzir a variação das atividades administradas e dos protocolos de exames realizados nas clínicas ¹⁸F-FDG/PET brasileiras. Na Comunidade Europeia, entre os estados-membros, as atividades administradas apresentam alta variabilidade de país para país⁽¹⁾, pois ainda não existem NRDs recomendados no âmbito europeu em medicina nuclear⁽⁴⁾. A recomendação nacional da atividade a ser administrada ao paciente é um importante parâmetro a ser considerado, pois interfere diretamente na qualidade do exame e, principalmente, no “bem-estar” do paciente que pode estar sendo exposto à radiação ionizante de forma não justificada. Com isto, é primordial a necessidade de se estabele-

cer um método prático para levantamento, estimativa e estabelecimento de NRDs.

O objetivo deste trabalho é realizar o levantamento das atividades administradas aos pacientes oncológicos adultos, para estimar e sugerir o primeiro NRD nacional para procedimentos ¹⁸F-FDG/PET. Além disso, a estimativa do NRD visa a fornecer um valor numérico para servir de parâmetro para padronização e a consequente otimização das atividades administradas nas clínicas brasileiras, ressaltando-se o fato de que os NRDs devem ser continuamente revistos para garantir a qualidade dos procedimentos, de acordo com a evolução desta técnica em plena expansão no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Alguns países europeus têm métodos e orientações diferentes para o estabelecimento dos NRDs. O estabelecimento e a aplicação dos NRDs na Grécia, por exemplo, são baseados na coleta de dados durante inspeções realizadas nos serviços de medicina nuclear, como parte de um programa de licenciamento realizado a cada dois anos. Os NRDs, tanto em radiologia convencional (dose) quanto em medicina nuclear (atividade), são baseados no cálculo do terceiro quartil da distribuição de atividades administradas coletadas, sendo atualizados a cada cinco anos^(9,10).

Na Alemanha, os NRDs também são baseados em levantamentos nacionais e possuem um período de reavaliação de dois a três anos^(10,11). Entretanto, a Itália estabeleceu seus valores com base em revisões na literatura, em particular os guias da Comissão Europeia. Para todos os procedimentos pelos quais os NRDs existem na Itália, os hospitais ou clínicas são os responsáveis em realizar o levantamento de doses ou atividades e compará-las com os níveis de referência nacionais. Os NRDs foram normatizados no Decreto-Legislativo n. 187, de 26 de maio de 2000, que implementou na lei italiana a diretiva europeia 97/43/Euratom. De acordo com este decreto, cada departamento de medicina nuclear ou radiológica deve implementar um programa de controle de qualidade, visando à otimização dos procedimentos. Além disso, as doses administradas aos pacientes em cada procedimento devem ser avaliadas a cada

dois anos, verificando a sua conformidade com os NRDs⁽¹⁰⁾.

Na França, os valores de atividades recomendadas pelas autoridades de comercialização de radiofármacos foram utilizados como primeira aproximação para o estabelecimento dos NRDs^(10,12). Na Bélgica, um questionário foi produzido para a realização de um levantamento das atividades administradas nos diversos centros de medicina nuclear. Os 25 exames mais frequentemente realizados foram selecionados para o estabelecimento dos NRDs⁽¹³⁾.

Como na Itália, os hospitais e clínicas suecas têm a responsabilidade em avaliar as atividades administradas e compará-las com os respectivos NRDs. O levantamento das atividades administradas na Suécia é realizado anualmente. No entanto, a determinação de doses e atividades administradas é obrigatória e deve ser estabelecida a cada dois anos⁽¹⁰⁾. Na Suíça, os NRDs também são sugeridos a partir de levantamentos nacionais das atividades administradas e sua atualização tem previsão de ocorrer a cada cinco ou dez anos⁽¹⁰⁾.

Outros países, como a Irlanda, ainda não publicaram dados sobre os valores de NRDs estudados nos últimos anos. Entretanto, por conveniência, os NRDs do Reino Unido servem como parâmetro para avaliação dos procedimentos de radiodiagnóstico⁽¹⁴⁾.

Em se tratando de NRDs relacionados com os procedimentos ^{18}F -FDG/PET oncológico para adulto, poucos são os países que publicaram seus dados ou já o estabeleceram. Dentre tais países encontram-se Alemanha⁽¹¹⁾, Austrália e Nova Zelândia⁽¹⁵⁾, Finlândia⁽¹⁶⁾, França⁽¹²⁾, Reino Unido⁽¹⁷⁾, Suécia e Suíça⁽¹⁰⁾. A Tabela 1 apresenta os NRDs estabelecidos em cada país.

Assim, para melhor conhecimento do cenário ^{18}F -FDG/PET atual no Brasil, foi

produzido um questionário com perguntas simples e diretas relacionadas com a avaliação do número de equipamentos e tipo de detectores PET, número de exames realizados, recomendações seguidas para a administração de atividades e, principalmente, a atividade administrada pelas diferentes clínicas.

Após a obtenção dos dados, o NRD para exames oncológicos adultos ^{18}F -FDG/PET foi estimado levando-se em consideração o cálculo do terceiro quartil, como realizado em alguns países europeus. Este modo de se obter o NRD é conservador, porém, como no Brasil ainda não há NRD ^{18}F -FDG/PET estabelecido, esta é uma forma adequada de se obter e sugerir um primeiro valor.

Uma vez sugerido o valor do NRD, é necessário torná-lo público, além de estabelecer a frequência com que este nível será revisto. A avaliação contínua do NRD é de extrema importância para a complementação de um programa de garantia de qualidade dos serviços.

A frequência de reavaliação dos NRDs foi baseada na evolução dos equipamentos e das técnicas relacionadas no Brasil, pois, a cada momento, novos métodos, materiais detectores e procedimentos surgem, induzindo a implementação de um processo de otimização contínuo.

RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados do levantamento obtido pelo questionário. A pesquisa realizada iniciou-se em agosto de 2011 e foi finalizada em agosto de 2012. Para as 72 clínicas ^{18}F -FDG/PET, atualmente registradas junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), 42 responderam totalmente ou parcialmente o questionário, correspondendo a 58% do total.

Somente em uma dessas clínicas o equipamento PET encontrava-se em manutenção. Nas 42 clínicas participantes da pesquisa, duas possuem dois equipamentos PET instalados, totalizando 44 equipamentos PET, sendo um deles uma gama câmara híbrida com sistema em coincidência. Ressalta-se que 41 clínicas reportaram as atividades administradas nos procedimentos ^{18}F -FDG/PET oncológico. Considerando a distribuição destas clínicas, 19 são da Região Sudeste, 10 do Nordeste, cinco do Sul, seis do Centro-Oeste e duas do Norte.

Destaca-se o fato que os dados foram fornecidos pelos trabalhadores e/ou responsáveis pelas clínicas ^{18}F -FDG/PET, ressaltando-se que não foi realizado nenhum tipo de alteração ou correção nas respostas obtidas. A Tabela 2 lista o número de equipamentos PET e/ou PET/CT, relacionando-os por fabricante/modelo e tipo de detector. Nota-se que 14 clínicas não informaram o fabricante/modelo do equipamento e/ou não souberam descrever o tipo de detector utilizado. Verificou-se que o maior número de equipamentos PET adquiridos pelo Brasil é fabricado pela Siemens, com 20 equipamentos registrados. A General Electric (GE) contabilizou 11 equipamentos, seguida pela Philips com 8 equipamentos relacionados. Quanto aos tipos de detectores utilizados, 18 das 28 clínicas que forneceram tal informação utilizam o cristal de ortossilicato de lutécio (LSO), todos provenientes de equipamentos fabricados pela Siemens, exceto um da GE. Apenas um equipamento da Siemens utiliza cristais de iodeto de sódio NaI(Tl), que consiste de gama câmara híbrida *single photon emission computed tomography* (SPECT). Além deste, outro equipamento fabricado pela Philips também utiliza cristais de NaI(Tl). Três clínicas utilizam o cristal de germanato de bismuto (BGO). As outras três restantes utilizam detectores de ortossilicato de gadolínio (GSO), patente da Philips.

É importante ressaltar que os equipamentos com detectores BGO foram um dos primeiros adquiridos pelo Brasil no início dos anos 2000. Em 2011, foram adquiridos equipamentos com a tecnologia *time-of-flight* (TOF) com (LYSO).

A Tabela 3 mostra o número de exames realizados e as recomendações seguidas pelas clínicas para aplicação das “doses”.

Tabela 1 NRDs para exames ^{18}F -FDG/PET oncológico adulto.

País	NRDs ^{18}F -FDG		
	MBq	MBq.kg ⁻¹	mCi.kg ⁻¹
Alemanha (2003)	370 (2D) 200 (3D)	2,86 (3D)	0,08 (3D)
Austrália e Nova Zelândia (2009)	385	5,5	0,148
Finlândia (2009)	370	5,3	0,143
França (2012)	350	5,0	0,135
Reino Unido (2006)	400 – tumor e coração	5,7	0,154
Suíça (2007)	350	5,0	0,135
Suécia (2006)	350	5,0	0,135

Tabela 2 Número de equipamentos PET, fabricantes/modelos e tipos de detectores.

Clínicas	Nº de equipamentos	Fabricante/modelo	Detector
1	1	GE/Discovery	–
2	1	GE/Discovery 600	–
3	1 (sendo instalado)	Siemens/Biograph 16 True	LSO
4	1	GE/Discovery 600	–
5	1	Philips/Gemini	LSO
6	1	–	–
7	1	Philips/CPET Plus	Nal(Tl)
8	1	Siemens/Biograph	LSO
9	1	Philips/GXL Gemini 6/16	BGO
10	1	GE/Discovery 600	–
11	1	Philips/Gemini	LSO
12	1	GE/Discovery 690	LYSO
13	1	Siemens/Biograph 6	LSO
14	1	Siemens/Biograph 16	LSO
15	1	GE/Discovery 600	–
16	1	Philips/GXL Gemini	–
17	1	Siemens	–
18	1	Siemens/Biograph 16	LSO
19	1	Siemens	LSO
20	1	Siemens/Biograph 16	–
21	1	Philips/Gemini	GSO
22	2	GE/Discovery STE	BGO
23	1	Siemens/Biograph	LSO
24	1	Siemens/HIREz	LSO
25	1	Siemens/HIREz	LSO
26	1	Siemens	Nal(Tl)
27	1	Siemens/Biograph Duo	–
28	1	Siemens/TruePoint	LSO
29	1	–	–
30	1	Siemens/Biograph 16	LSO
31	1	Philips/Gemini 16 Power	GSO
32	1	GE/Discovery	LSO
33	1	Siemens mCT-40	LSO
34	1	GE/Discovery 600	BGO
35	1	Siemens/Biograph 16	LSO
36	1	Siemens mCT-40	LSO
37	1	Siemens/Biograph	–
38	1	GE/Discovery 600	–
39	2	GE/Discovery 690	LYSO
40	1	Siemens/Biograph Duo	LSO
41	1	Philips/Gemini	GSO
42	1	–	–

Tabela 3 Número de exames e recomendações para administração de atividade.

Clínicas	Nº de exames	Recomendações
1	5/semana	–
2	–	–
3	–	–
4	–	–
5	–	–
6	–	–
7	< 10/semana	Fabricante
8	< 10/semana	Médicos nucleares
9	11/semana	Universidade Sherbrook/Canadá
10	–	–
11	–	–
12	15/semana	Internacionais
13	23/semana	Internacionais
14	8/semana	–
15	–	–
16	Recém-inaugurado	Supervisor de radioproteção
17	–	–
18	–	–
19	–	–
20	–	–
21	–	–
22	42/semana	Internacionais
23	4/semana	–
24	–	–
25	–	–
26	–	–
27	15/semana	Qualidade imagem
28	–	–
29	–	Journal Nuclear Medicine Guide
30	4/semana	Fabricante
31	–	–
32	46/semana	Internacionais
33	–	Internacionais
34	–	–
35	46/semana	Internacionais
36	< 10/semana	–
37	18/semana	–
38	46/semana	Fabricante
39	12/semana	Internacionais
40	15/semana	Fabricante
41	–	–
42	–	–

Em relação ao número de exames, algumas clínicas forneceram um intervalo aproximado de procedimentos realizados; por exemplo, as clínicas nº 32, 35 e 38 apresentaram o intervalo de 41 a 50 exames/semana. Assim, para facilitar a interpretação e descrição, foram calculadas as médias destes intervalos. Dessa forma, é importante destacar que, segundo as informações ob-

tidas, o número total de exames realizados nas 17 clínicas foi igual a 337 procedimentos/semana. Realizando uma estimativa simplificada, ao final de um mês este total se aproximaria de 1.350 procedimentos. Em um ano, este número ultrapassaria 16.000 procedimentos ¹⁸F-FDG/PET. Ressaltando-se que, do total de 72 clínicas, ainda faltam dados relacionados às outras 55, que não se

manifestaram quanto a esta questão ou não responderam o questionário, e supondo que, proporcionalmente, estas clínicas restantes também realizassem o mesmo número de procedimentos, o Brasil totalizaria, por ano, aproximadamente 68.000 exames ¹⁸F-FDG/PET realizados.

As recomendações seguidas para administração de “doses” foram fornecidas por

16 clínicas, das quais 9 apontaram seguir recomendações internacionais e 4 clínicas reportaram seguir as recomendações do fabricante do equipamento. As clínicas n° 8 e 16 informaram seguir as recomendações dos médicos nucleares e do supervisor de radioproteção, respectivamente. A clínica n° 27 informou que a atividade administrada usada foi calculada a partir de testes de qualidade da imagem. Este modo de se avaliar a atividade “correta” a ser administrada é adequado, além de ser recomendado para o estabelecimento dos NRDs. Porém, em relação às outras, a clínica n° 27 não apresentou a menor atividade administrada/peso.

A Figura 1 apresenta os valores de atividades administradas reportadas em $\text{MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cada uma das 41 clínicas, exceto a clínica n° 26, que não o forneceu.

A partir dos dados de 41 clínicas, representando um percentual de 57% das clínicas PET do Brasil, o NRD ^{18}F -FDG/PET nacional sugerido para pacientes adultos oncológicos, representado na Figura 1 pela linha horizontal pontilhada, é de $5,54 \text{ MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ou $0,149 \text{ mCi}\cdot\text{kg}^{-1}$, correspondendo a $387,7 \text{ MBq}$ ou $10,48 \text{ mCi}$, considerando-se o homem padrão de 70 kg .

Foi possível verificar, pela Figura 1, que as atividades administradas em pacientes adultos oncológicos apresentam diferenças significativas, alcançando variações de até 100%. É interessante evidenciar que a variação de atividades administradas ocorre em clínicas que possuem o mesmo fabricante e tipo de detector, como é o caso das clínicas n° 33 e 36, que possuem equipa-

mentos Siemens com detectores LSO, onde a atividade administrada é de $3,7 \text{ MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $7,4 \text{ MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente. Este fato demonstra a falta de padronização e otimização dos procedimentos. Uma menor variação, porém não menos significativa, foi observada para os equipamentos da GE com detectores BGO das clínicas n° 34 e 22, onde diferenças de até 80% entre as atividades administradas foram observadas. As clínicas com equipamentos do fabricante Philips demonstraram a menor variação entre as atividades administradas reportadas, 18,3%, entre as clínicas n° 41 e 7, que possuem detectores LSO.

A partir da avaliação da renovação dos diferentes tipos de equipamentos adquiridos pelo Brasil desde a primeira década de 2000, foi possível sugerir a frequência de reavaliação do NRD. O primeiro PET dedicado com cristais de BGO foi instalado no início de 2000⁽⁷⁾ e, após cinco anos, houve a compra de equipamentos com cristais detectores mais eficazes, como o LSO, e cinco anos depois, o LYSO. Relacionando a renovação dos equipamentos adquiridos no Brasil e a frequência de reavaliação dos NRDs por alguns países europeus, a periodicidade de reavaliação de cinco anos mostrou-se conveniente.

DISCUSSÃO

O “padrão” de atividade administrada pela clínica deve ser função da qualidade da imagem e, por este motivo, os protocolos dos exames devem ser otimizados e es-

tabelecidos em função deste parâmetro. Um método utilizado para otimização é balancear a atividade administrada com a variação dos tempos de aquisição por maca. Assim, o que se pretende é diminuir a atividade administrada compensando-a com o aumento do tempo de aquisição. Este balanceamento pode contribuir para a diminuição das doses aos pacientes, promover economia de material radioativo e, ainda, melhorar a qualidade da imagem. Esta verificação pode ser efetuada com simuladores específicos que avaliam a qualidade da imagem gerada em função do tempo de aquisição.

Outro fato importante, que ocorre em algumas clínicas, é que os trabalhadores responsáveis informaram que a atividade administrada é “função da disponibilidade das doses fornecidas”, e não em função da qualidade da imagem para produção de um exame satisfatório. Este tipo de postura na condução de um exame acarreta doses desnecessárias aos pacientes e não devem ser encorajadas.

Em comparação com os NRDs dos países europeus, o NRD sugerido de $5,54 \text{ MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ é um valor 93,7% maior do que o NRD da Alemanha. Contudo, tal valor está incluído entre o intervalo de $5,0$ a $5,5 \text{ MBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dos outros países listados na Tabela 1. É importante destacar que o NRD superior ao dos outros países não indica que os exames estão sendo conduzidos de forma errônea, mas sim que os procedimentos podem e devem ser otimizados.

CONCLUSÕES

No início deste estudo, o Brasil contabilizava 64 clínicas inscritas na CNEN. Em menos de um ano, este número alcançou 72 clínicas, demonstrando a crescente aquisição de novos equipamentos para suprir o aumento da demanda por exames ^{18}F -FDG/PET. No entanto, a falta de padronização das atividades administradas verificada nas clínicas brasileiras é um fator que requer atenção, embora 12 clínicas tenham apresentado administrar atividades inferiores aos menores NRDs dos países europeus, exceto a Alemanha.

Este estudo poderá contribuir para o melhor conhecimento do cenário ^{18}F -FDG/PET atual no Brasil e, ainda, servir como

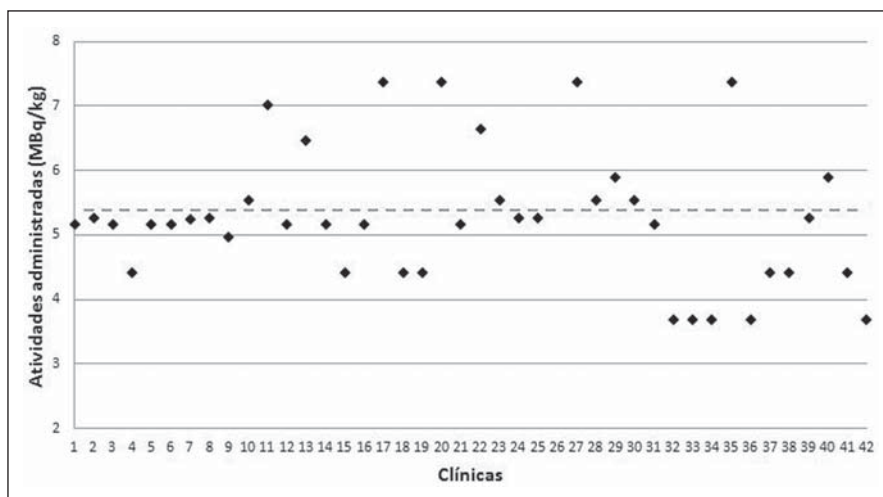


Figura 1. Atividades administradas pelas clínicas ^{18}F -FDG/PET brasileiras.

um instrumento de conscientização, demonstrando que os procedimentos nas clínicas devem ser continuamente otimizados e que a reciclagem e treinamento técnico dos profissionais envolvidos são de suma importância.

A sugestão de um primeiro NRD ¹⁸F-FDG/PET nacional ainda não oficializa este valor como “nível de referência em diagnóstico”, porém serve como um importante valor de referência para incentivar a otimização dos protocolos de exames pelos profissionais responsáveis.

Agradecimentos

O autor Cássio Miri Oliveira agradece à Coordenação de Apoio ao Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de doutorado, e a MRA Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda., pelo apoio financeiro. Os autores agradecem às clínicas que, anonimamente, cooperaram com o fornecimento dos dados. Este trabalho faz parte do projeto do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) – Metrologia das Radiações em Medicina.

REFERÊNCIAS

1. Council Directive 97/43. Euratom on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing. Directive 84/466/Euratom. Official Journal of the European Communities. 1997;180:22–7.
2. International Commission on Radiological Protection. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. Ann ICRP. 1996;26(2).
3. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann ICRP. 2007;37:1–332.
4. European Commission. Radiation Protection 109. Guidance on diagnostic reference levels (DRLs) for medical exposures. Luxembourg: European Commission; 1999.
5. Zigler SS. Instrumentation and radiopharmaceutical validation. Q J Nucl Med Mol Imaging. 2009;53:402–10.
6. International Atomic Energy Agency. Nuclear Technology Review 2006. Vienna, Austria: IAEA; 2006.
7. Robilotta CC. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. Rev Panam Salud Publica. 2006;20:134–42.
8. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução N°. 38, de 4 de junho de 2008. Dispõe sobre a instalação e funcionamento de serviços de medicina nuclear *in vivo*. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 18 de dezembro de 2008. Sec. 1, p. 175.
9. Vogiatzi S, Kipouros P, Chobis M. Establishment of dose reference levels for nuclear medicine in Greece. Radiat Prot Dosimetry. 2011;147:237–9.
10. European ALARA Network Survey. The diagnostic reference levels (DRLs) in Europe, 2007. [acessado em 1º de junho de 2012]. Disponível em: http://www.eu-alara.net/index.php?option=com_content&task=view&id=156&Itemid=53.
11. Nosske D, Minkov V, Brix G. Establishment and application of diagnostic reference levels for nuclear medicine procedures in Germany. *Nuklearmedizin*. 2004;43:79–84.
12. Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire. Niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Journal Officiel de la République Française. 2012. [acessado em 24 de julho de 2012]. Disponível em: http://nrd.irsn.fr/document/site_49/fckfiles/File/Arrete-NRD-24102011.pdf.
13. De Geest E, Jacobs F, Dierckx RA. A multicenter study of the administered activity in nuclear medicine departments in Belgium [Abstract]. In: XI International Congress of the International Radiation Protection Association; 2004 May 23–28; Madrid, Espanha.
14. The Medical Council Regulates the Medical Profession in Ireland. Diagnostic reference levels, 2004. [acessado em 12 de junho de 2012]. Disponível em: <http://www.medicalcouncil.ie/About-Us/Legislation/Medical-Ionising-Radiation/Diagnostic-Reference-Levels-03-12-2004.pdf>.
15. Botros GM, Smart RC, Towson JE. Diagnostic reference activities for nuclear medicine procedures in Australia and New Zealand derived from the 2008 survey. ANZ Nuclear Medicine. 2009;40:2–11.
16. Korpela H, Bly R, Vassileva J, et al. Recently revised diagnostic reference levels in nuclear medicine in Bulgaria and in Finland. Radiat Prot Dosimetry. 2010;139:317–20.
17. Health Protection Agency for the Administration of Radioactive Substances Advisory Committee. Notes for guidance on the clinical administration of radiopharmaceuticals and use of sealed radioactive sources – Part B: Diagnostic procedures positron emission tomography, 2006. [acessado em 25 de julho de 2012]. Disponível em: http://www.arsac.org.uk/notes_for_guidance/documents/ARSACNFG2006Corrected2011.pdf.